

Klinik und Poliklinik für
Orthopädie und Sportorthopädie
Klinikum rechts der Isar
der Technischen Universität München
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. R. Gradinger)

Kinematische und muskuläre Aspekte der Oberkörperbewegung im Snowboardsport im Vergleich zum alpinen Skilauf

Peter Kramny

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. Privatdozent Dr. P.S.J. Schaff
2. Univ.-Prof. Dr. A. Imhoff

Die Dissertation wurde am 06.03.2002 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 17.07.2002 angenommen.

Meinen Eltern
gewidmet

Inhalt:

	Seite
1. Einleitung	
1.1 Bedeutung und Entwicklung des Snowboardsports	1
1.2 Aktuelle Erkenntnisse	3
1.3 Anlaß und Zielsetzung der Studie	5
2. Methodik	
2.1 Grundkonzept	6
2.2 Messtechnik	7
2.2.1 Winkelmessung	7
2.2.2 Muskelaktivitätsmessung	8
2.2.3 Video und Synchronisation	10
2.3 Vorversuche	11
2.4 Versuchsdurchführung	13
2.5 Datenauswertung	
2.5.1 Verarbeitung der Rohdaten	17
2.5.2 Deskriptivstatistische Auswertung	21
2.5.3 Interferenzstatistische Auswertung	26
3. Ergebnisse	
3.1 Bewegungsumfänge	27
3.2 Muskelaktivität	30
4. Diskussion	
4.1 Diskussion der messtechnischen und methodischen Probleme	32
4.2 Diskussion der Störfaktoren	35
4.3 Diskussion der Ergebnisse	37
4.4 Ausblick	38
5. Zusammenfassung	39
6. Literaturverzeichnis	40
7. Anhang	
7.1 Probandenkollektiv	44
7.2 Mittelwerte für alle Kanäle der ausgewerteten Fahrten	45
7.3 Mediane aller verwertbaren Bewegungsumfänge	51
7.4 Interferenzstatistische Auswertung mittels Wilcoxon-Test	
7.4.1 LWS-Torsion	54
7.4.2 LWS-Seitneigung	57
7.4.3 LWS-Flexion	59
7.4.4 BWS-Seitneigung	61
7.4.5 Bildung der Aktivitätsdifferenz innerhalb der Muskelpaare	63
7.4.6 Aktivitätsdifferenz Rückenmuskulatur	64
7.4.7 Aktivitätsdifferenz Bauchmuskulatur	66

1. Einleitung

1.1 Bedeutung und Entwicklung des Snowboardsports

Die vom Wellenreiten und Skateboardfahren Mitte der 60er-Jahre in den USA abgeleitete Wintersportart Snowboarden erfreut sich auch in Europa seit mehr als zehn Jahren zunehmender Beliebtheit. Was als Winteralternative für oben genannte Sportarten begann, hat sich längst zum Breitensport entwickelt und nimmt auf den Pisten neben dem alpinen Skilauf seinen festen Platz ein. Die Zahl der Aktiven steigt stetig, es werden kontinuierlich technische Neuerungen entwickelt und verschiedene Sparten mit entsprechend unterschiedlichen Materialien, Zielgruppen und Ansprüchen aufgebaut. Die Umsatzzahlen des Sportfachhandels auf diesem Sektor steigen ebenfalls kontinuierlich mit jährlich zweistelligen Zuwachsraten. Abb. 1 gibt einen Überblick über die Verkaufszahlen der letzten Jahre (45, S. 48; 47, S. 33; 48 S. 19, 49, S.10; 51, S. 46; 52, S. 21).

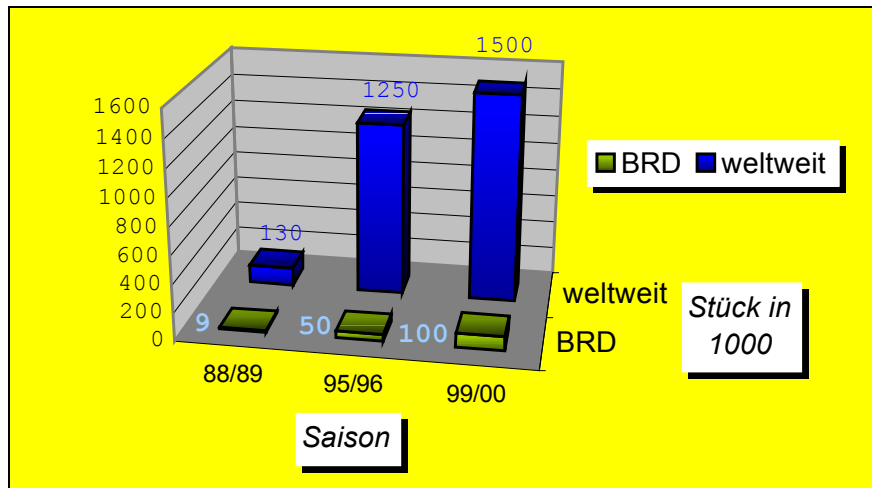


Abbildung 1: Verkaufszahlen der Snowboardindustrie

Wie aktuelle Umfragen bestätigen und in Abb. 2 dargestellt, ist Snowboarding hinter dem alpinen Skilauf mittlerweile die zweitbeliebteste Wintersportart (46).

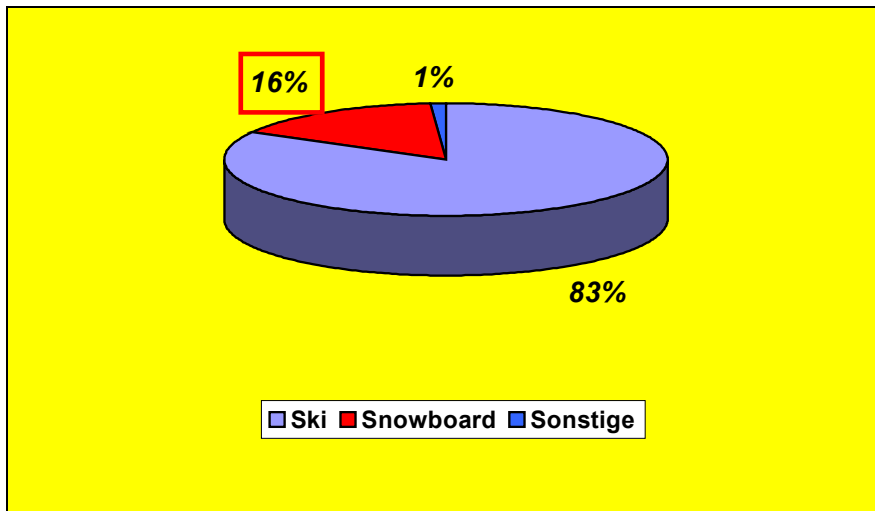


Abbildung 2: Verteilung der Wintersportaktiven

Die Wintersportorte kamen nicht umhin, sich diesem Trend anzupassen und ihre Angebotspalette auch auf diese Sportart abzustimmen. Nationale und internationale Snowboardvereinigungen wurden gegründet, rund um den Globus finden Profiwettkämpfe in allen Formen des Snowboardsports statt und erweisen sich als Publikumsmagnet. 1998 bei den Winterspielen im japanischen Nagano wurde das Snowboarden schließlich olympisch.

1.2 Aktuelle Erkenntnisse

Mit zunehmender Beliebtheit bei Wintersportlern zieht das Snowboarden auch das Interesse der Sportmedizin auf sich. Das Hauptaugenmerk der Untersuchungen fällt bisher auf die Arten akuter Verletzungen und deren Lokalisationen. Es wurden Verletzungsstatistiken von Krankenhäusern oder Pistendiensten sowie Fragebögen verletzter Snowboarder ausgewertet. Im Folgenden ist eine Auswahl bisheriger Arbeiten zum Thema Verletzungen im Snowboardsport in zeitlicher Reihenfolge ihres Erscheinens, mit Aufführung der jeweils am häufigsten registrierten Verletzungslokalisation, zusammengestellt.

1989	Pino (36, S. 779)	Untere Extremität	1995	Dann (8, S. 237)	Obere Extremität
1990	Berghold (2, S. 465)	Oberes Sprunggelenk	1995	Oberthaler (35, S. 120)	Obere Extremität
1991	Gabl (18, S. 173)	Untere Extremität	1996	Dann (9, S. 259)	Untere Extremität
1993	Campell (4, S. 48)	Obere Extremität	1996	Jerosch (25, S. 564)	Obere Extremität
1993	Heim (23, S. 24)	Obere Extremität	1997	Shealy (44, S. 53)	Handgelenk
1994	Gorschewsky (20, S. 111)	Obere Extremität	1998	Dingerkus (13, S. 21)	Obere Extremität
1994	Zollinger (59, S. 34)	Obere Extremität	1999	Boldrino (3, S. 170)	Obere Extremität
1995	Dingerkus (12, S. 227)	Obere Extremität	1999	Schrank (42, S. 9)	Obere Extremität
1995	Wambacher (54, S. 231)	Obere Extremität	1999	Machold (30, S. 2)	Handgelenk

Als Grund für die Verschiebung der Verletzungslokalisation von den unteren Extremitäten zu den oberen werden Veränderungen bei der Snowboardausrüstung angegeben. So besteht beim Fahren mit herkömmlichen Skistiefeln, was zu Beginn des Snowboardbooms häufig der Fall war und bei Quereinsteigern aus dem Skisport noch ist, ein erhöhtes Verletzungsrisiko der unteren Extremitäten gegenüber speziellen Snowboardschuhen und -bindungen (2, S. 466; 3, S. 171; 4, S. 48; 8, S. 235; 54, S. 233; 59, S. 33). Diese unterscheiden sich wiederum dadurch, dass es bei Verwendung von Softboots und Schalenbindungen vermehrt zu Verletzungen des oberen Sprunggelenkes kommt, während in Hardboots das Risiko von Kniegelenksverletzungen erhöht ist (2, S. 465; 8, S. 236; 20, S. 111; 25, S. 569; 42, S. 11; 54, S. 133). Auch die durch Änderungen des Fahrstils im Durchschnitt gesteigerte Geschwindigkeit ist ein weiterer Grund für die Verschiebung hin zu den oberen Extremitäten (8, S. 236). Anfänger verletzen sich bevorzugt die Handgelenke beim Abfangen eines Sturzes mit den Händen (30, S. 3; 35, S. 122), fortgeschrittene Fahrer erleiden ihre Handgelenkstraumata im Rahmen von Sprungmanövern (30, S. 3; 42, S. 11), zudem Schulterverletzungen bzw. Verletzungen der Hände und Finger durch Schneekontakt mit den Armen bei hohen Geschwindigkeiten oder an Slalomstangen (9, S. 260; 42, S. 11). Bei Könnern und Profis treten daneben vermehrt Rumpf- bzw. Wirbelsäulen- und Kopfverletzungen auf (2, S. 466; 9, S. 260; 59, S. 37). Bei allen Autoren sind Einzelstürze durch Selbstverschulden die Hauptursache für Verletzungen, ebenso sind sich die meisten Autoren über ein erhöhtes Verletzungsrisiko der nach vorne gerichteten Körperhälfte einig (30, S. 5; 36, S. 779), zumindest jedoch des vorderen Beines (2, S.

465; 12, S. 228; 20, S. 111; 25, S. 567; 35, S. 121; 54, S. 233). Lediglich Dann und Berghold berichten über eine erhöhte Verletzungsrate der nach hinten gerichteten oberen Extremität (9, S. 259; 2, S. 466).

Ob Snowboarden mit einem höheren Verletzungsrisiko oder tendenziell schwereren Verletzungen als der alpine Skilauf einher geht, ist in der Literatur umstritten. Beim Skilauf treten, im Vergleich zum Snowboarden, Verletzungen vermehrt an den unteren Extremitäten auf (3, S. 170; 19, S. 144; 44, S. 54), mit einer Verschiebung der häufigsten Verletzungslokalisationen von distal nach proximal während der letzten 20 Jahre (19, S. 147; 23, S. 25; 38, S. 75). Die hier typischen Kreuzbandläsionen werden auf dem Snowboard durch die feste Fixierung beider Beine stark vermindert (8, S. 239; 35, S. 121), wohingegen in den festen Skistiefeln kaum Verletzungen des oberen Sprunggelenks auftreten (2, S. 466).

Nach Schrank (42, S. 10) litten 12,6% der befragten Profiboarder unter chronischen Beschwerden, wobei die Wirbelsäule mit einem Drittel den Hauptanteil ausmachte. Laut Dingerkus klagten vor allem Freestylefahrer mit Schalenbindungen über Rückenprobleme (13, S. 24). Dann berichtet davon, dass Profis an Dauerbeschwerden an den Kniegelenken leiden, gefolgt von Schuhdruckproblem und Schmerzen der HWS und LWS (9, S. 260). Überlastungssyndrome wie Knorpel-, Band- und Sehnenschäden werden zum Großteil an den unteren Extremitäten angegeben (13, S. 21; 42, S. 10). Hier verhält es sich im Skisport ganz ähnlich. In seiner Arbeit über ehemalige Skiprofis berichtet Stöhr über während der aktiven Zeit und darüber hinaus auftretende Überlastungsbeschwerden mit Schwerpunkt an Rücken und Kniegelenken (50, S. 280).

In allen angegebenen Veröffentlichungen werden auch Präventionsmaßnahmen diskutiert. So wird allseits empfohlen einen Snowboardkurs inklusive Sturztraining zu belegen, Schutzausrüstung zu tragen und den Sportlern einen verantwortungsvollen Umgang mit ihrem Snowboard nahe zu legen. Des weiteren wird v.a. die Notwendigkeit für ein Training der Rumpf- und Bauchmuskulatur hervorgehoben (12, S. 228; 42, S. 10) sowie die Entwicklung von Sicherheitsbindungen gefordert. (13, S. 24; 18, S. 174; 20, S. 111).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die bisherigen sportmedizinischen Auseinandersetzungen mit dem Snowboardsport nahezu ausschließlich mit dem Thema der Akutverletzungen beschäftigen. Lediglich die Studie von Knörringer geht der Frage nach, ob das Snowboarden aufgrund möglicherweise asymmetrischer Muskelbelastung kritisch zu bewerten ist. Bei seinen Messungen an der Beinmuskulatur konnte er jedoch phasische, an beiden Beinen abwechselnde Aktivität und damit über die Gesamtdauer gleichseitige Belastung nachweisen (26, S. 209). Eine Langzeitforschung wie im alpinen Skilauf, mit der Möglichkeit retrospektiver Auswertung hinsichtlich der Dauerfolgen dieser noch relativ jungen Sportart, wird erst in einigen Jahren durchführbar sein, wenn ausreichend Datenmaterial vorliegt. Es bleiben, um die Auswirkungen des Snowboardens auf den menschlichen Körper abseits von Unfallfolgen zu untersuchen, zum momentanen Zeitpunkt nur die Möglichkeiten prospektiver Langzeitstudien und die Untersuchung der Sportart an sich mit ihren physikalischen und biomechanischen Gegebenheiten, um aus den daraus gewonnenen Erkenntnissen Prognosen abzuleiten. Erste Hinweise geben die oben erwähnten Aussagen von Snowboardern bezüglich Dauerbeschwerden.

1.3 Anlaß und Ziele der Studie

Die asymmetrische Körperhaltung auf einem Snowboard ist offensichtlich. Die Tatsache, dass Rückenschmerzen zu den am häufigsten von Sportlern angegebenen Beschwerden gehören (32, S. 134), was aus Reihen von Snowboardern bei Fragen nach verletzungsunabhängigen Problemen bestätigt wurde, hat die Aufmerksamkeit dieser Studie auf die Wirbelsäule bzw. die Rumpfmuskulatur gelenkt. Nach Müller beträgt die Häufigkeit von Rückenschmerzen während einer sportlichen Laufbahn zwischen 40 und 70% und wird oft muskulären Dysbalancen angelastet, ohne dass diese jedoch genauer definiert oder objektiv nachgemessen worden wären (32, S. 135). Hier setzt ein Ziel der vorliegenden Arbeit an, die Muskelaktivität während der Ausübung der Sportart direkt zu betrachten.

Insgesamt sollen folgende Fragen im Rahmen dieser Untersuchung geklärt werden:

- Tendieren die Bewegungen sowohl hinsichtlich ihres Ausmaßes als auch hinsichtlich der Häufigkeit ihres Auftretens im Gegensatz zum Skilauf mehr zu einer Körperseite hin?
- Werden manche Muskelgruppen öfter und in größerem Ausmaß aktiviert als andere?
- Wenn ja, lassen sich dadurch angegebene Dauerbeschwerden im Oberkörperbereich erklären, sind weitere Folgen daraus abzuleiten und Maßnahmen notwendig, um diesen vorzubeugen?

2. Methodik

2.1 Grundkonzept

Um einen Einblick in die tatsächlich stattfindende Kinematik und Muskelaktivität des Oberkörpers im Snowboardsport zu erhalten, wurden im März und April 1997 in der Skiregion Garmisch-Partenkirchen Messungen auf der Piste durchgeführt. Das Probandenkollektiv bestand aus 7 weiblichen und 23 männlichen Freizeitfahrern im Alter zwischen 18 und 40 Jahren, mit 1 bis 9 Jahren Snowboarderfahrung (siehe Anhang 7.1), wobei letztere Angaben nicht mit dem Fahrkönnen korrelierten (siehe Diskussion 4.2). Es fanden sowohl Plattenbindungssysteme mit Hardboots als auch Schalenbindungen mit Softboots Verwendung. Es wurden die Muskelaktivität bestimmter Rücken- und Bauchmuskeln sowie die Bewegungsumfänge der Wirbelsäule registriert, sowohl während Ski- als auch Snowboardfahrten. Hierzu mußte jeder Proband jeweils 3 Fahrten durch einen standardisierten Slalomparcours auf Ski und Snowboard absolvieren. Die Reihenfolge, ob zuerst die drei Ski- oder drei Snowboardfahrten durchzuführen sind, wurde mittels Münzwurf randomisiert. Es erfolgte die Aufzeichnung der Oberkörperbewegung in allen Ebenen durch Winkelmesser, also Flexion/Extension, Seitneigung und Rotation. Mit der schrägen Bauchmuskulatur und den paravertebralen Rückenmuskeln wurden mittels Elektromyographie (EMG) Muskelgruppen erfasst, die in all diese Bewegungen involviert sind. Parallel dazu fand eine Videoaufzeichnung statt. So sollte optisch, elektromyographisch und über Winkelgradmessung festgestellt werden, ob der Oberkörper im Snowboardsport einseitig bewegt oder muskulär belastet wird.

2.2 Messtechnik

Das Messprinzip dieser Studie beinhaltete die in Abb. 3 dargestellten Schritte. Zunächst erfolgte die Aufzeichnung von Bewegungen bzw. Muskelaktivitäten am Körper durch entsprechende Sensoren. Diese Daten wurden durch ein ebenfalls am Körper mitgeführtes, mit Chipkarten bestückbares Aufzeichnungsgerät der Firma Paromed auf acht Kanälen mit einer Aufzeichnungsfrequenz von 500 Hz gespeichert. Von dort erfolgte die Übertragung der auf der Chipkarte gespeicherten Messdaten auf einen PC, wo sie durch ein Grafikprogramm im Zeitverlauf dargestellt werden können. Hierzu fand eine Software Verwendung, die vom BASIS-Institut der TÜV-Product Service GmbH speziell für solche Anwendungen entwickelt wurde.

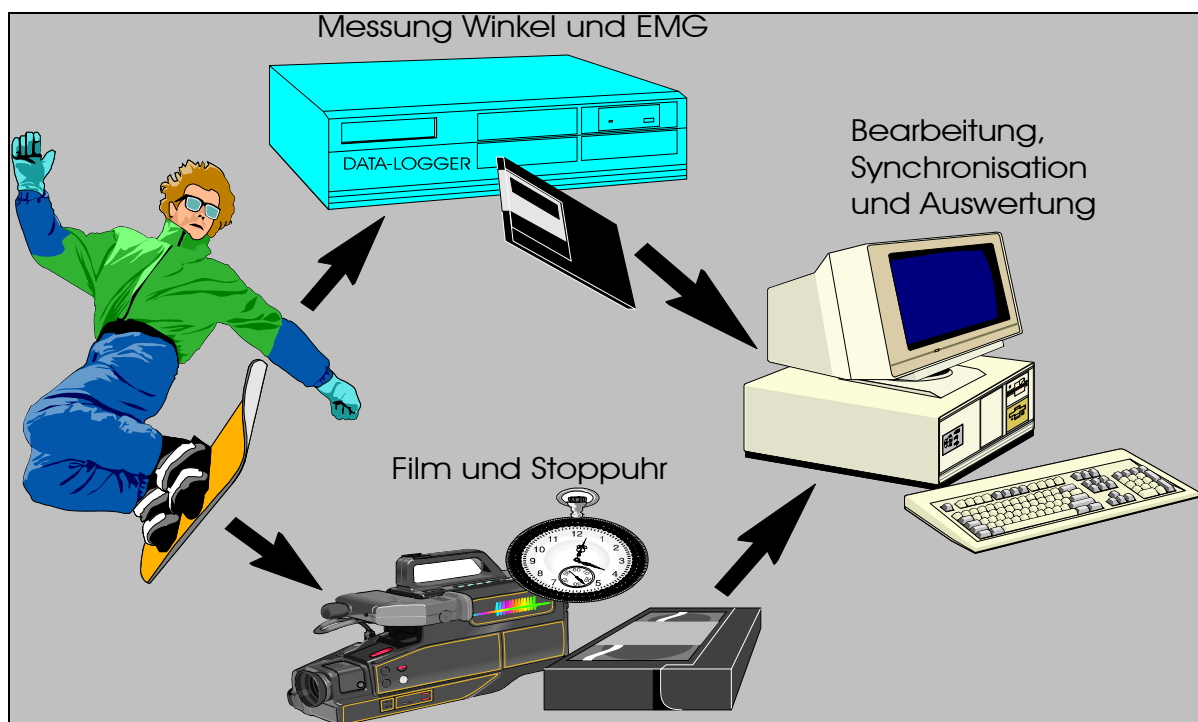


Abbildung 3: Messprinzip

Ein gleichzeitig aufgenommener Videofilm mit eingblendeter Stoppuhr wurde ebenfalls an den Rechner übermittelt, um die Messgrafiken einfügen zu können.

2.2.1 Winkelmessung

Die Bewegungen des Oberkörpers wurden durch in Abb. 4 gezeigten Winkelsensoren der Firma Penny & Giles aufgezeichnet. Mit dem vorliegenden Goniometer können Winkelbewegungen in zwei verschiedenen Ebenen gleichzeitig aufgezeichnet werden. Der Torsiometer registriert die Verdrehung um seine eigene Achse. Bei dieser Studie wurde über den unteren Goniometer die Neigung der LWS in Frontal- und Sagitalebene gemessen, sowie durch den Torsiometer die Rotationsbewegung der LWS. Im Anschluß nach kranial war ein weiterer Goniometer angebracht, der nochmals Bewegungen

zur Seite registrierte. Genauere Erläuterungen zur Befestigung der Winkelsensoren sind in Kap. 2.4 gegeben. Die Winkeldaten wurden in die ersten vier Kanäle des Loggers eingespeist.

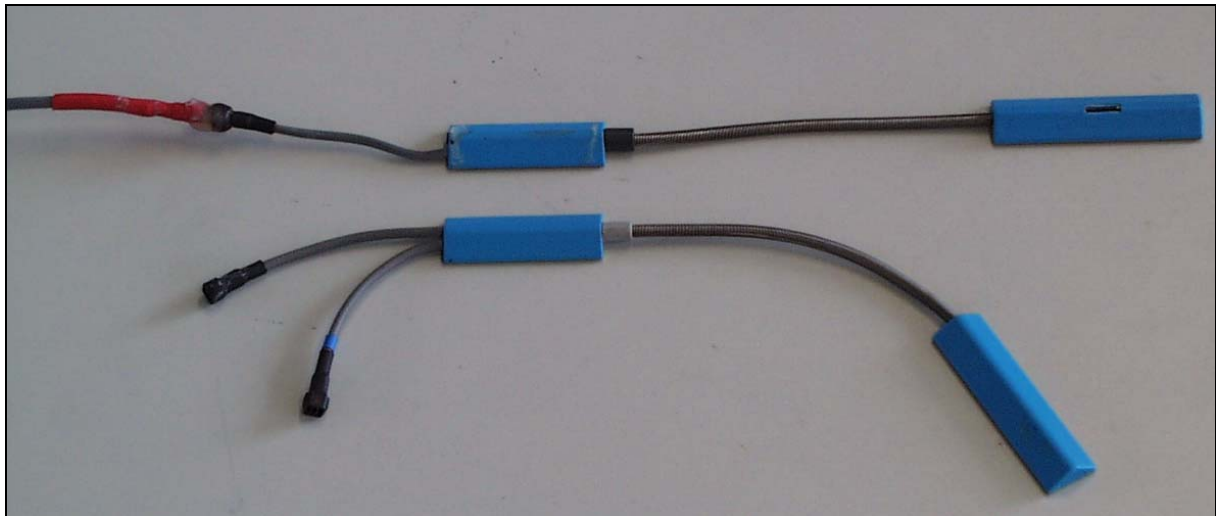


Abbildung 4: Winkelmesser, Torsionsmeter mit einem Kanal (oben), Goniometer mit zwei Kanälen

Hansson hat die verwendeten Goniometer ausführlich untersucht und festgestellt, dass sowohl ein Übersprechen der Messwerte beider Ebenen aufeinander, als auch ein Abweichen der Messwerte vom tatsächlichen Winkel nur bei ausgeprägten Verwindungen der Sensoren innerhalb ihrer Längsachse, bei gleichzeitig starker Auslenkung, in relevantem Maße auftreten (22, S. 27). Eine solche Kombination war an der LWS nicht zu erwarten.

2.2.2 Muskelaktivität

Über das Prinzip der EMG-Messung und der zu Grunde liegenden Physiologie kann in den Lehrbüchern nachgelesen werden. Eine Zusammenfassung der messtechnischen Grundlagen und typischen Anwendungsverfahren der Elektromyographie bieten Schaff und Senner (41, 43).

Vier bipolare AG/AgCl-Elektroden dienten zur Aufzeichnung der Muskelaktivität bei Bewegungen des Oberkörpers. Die Auswahl der zu untersuchenden Muskelgruppen wurde von zwei zwingenden Voraussetzungen bestimmt. Die jeweiligen Muskeln mussten erstens an der Körperoberfläche liegen, damit ihre Aktivität durch auf die Haut aufzuklebende Elektroden messbar ist. Zweitens war sicherzustellen, dass die gemessenen Muskeln ausschliesslich bei Rumpfbewegungen zum Einsatz kommen, wenn möglich bei asymmetrischen. An der Bauchwand fällt die Auswahl nicht schwer. Der M. obliquus externus abdominis liegt an der Körperoberfläche und dient zur Drehung des Oberkörpers zur Gegenseite, sowie zur Seitneigung nach ipsilateral. Ihrem Faserverlauf entsprechend beschreibt Mirka (31) die ventralen Anteile des Muskels als die bei Rotationsbewegungen aktiveren, während der laterale Bereich eher Stabilisierungsaufgaben wahrnimmt und erst in gebeugten Positionen vermehrte Aktivität zeigt. Die EMG-Elektroden waren also, wie in Abb. 5 ersichtlich, am rechten und linken Unterbauch, im schrägen Verlauf des Muskels, nahe dem M. rectus abdominis anzubringen.



Abbildungen 5 und 6: EMG-Elektroden

Am Rücken gestaltete sich die Auswahl nicht so eindeutig. Die Oberfläche des Rückens wird hauptsächlich vom M. latissimus dorsi und dem M. trapezius geformt, die jedoch beide der Bewegung von Armen und Schulterblättern dienen. Die tiefer gelegene und für die Bewegung der Wirbelsäule zuständige autochthone Rückenmuskulatur verbirgt sich, für oberflächliche EMG-Elektroden nicht erreichbar, darunter. Im LWS-Bereich findet sich die Fascia thoracolumbalis, Ursprung des M. latissimus dorsi. In dieser rautenförmigen Region wird der M. erector spinae nur von einer Sehnenplatte überlagert, die über keine eigenen und somit für unsere Zwecke störenden Muskelpotentiale verfügt. Der darunter gelegene oberflächliche laterale Anteil der Rückenstrecker dient jedoch in erster Linie der Aufrichtung des Oberkörpers und wird somit symmetrisch eingesetzt. Es ist fraglich, ob die Aktivität der tieferen medialen Anteile, zu deren Aufgaben auch die Seitneigung und Drehung des Oberkörpers gehören, von unseren EMG-Elektroden registriert werden kann. Mangels Alternativen blieben aber die paraspinalen Muskelwülste an der LWS als Befestigungspunkt der dorsalen Elektroden die einzige Möglichkeit zu Aktivitätsmessung an rumpfbewegender Rückenmuskulatur (Abb. 6). Folgende Tabelle veranschaulicht die Positionierung der Elektroden nochmals im Überblick.

	Muskel	Position
Bauch	M. obliquus externus abdominis	Bilateral, über den Beckenschaufeln, nahe des M. rectus abdominis, im schrägen Verlauf des Muskels
Rücken	M. erector spinae	Bilateral, an den paraspinalen Muskelwülsten der LWS

Die EMG-Daten wurden über die verbleibenden Kanäle 5 bis 8 in den Logger übermittelt.

Abb. 7 zeigt noch einmal das gesamte Aufzeichnungsgerät.

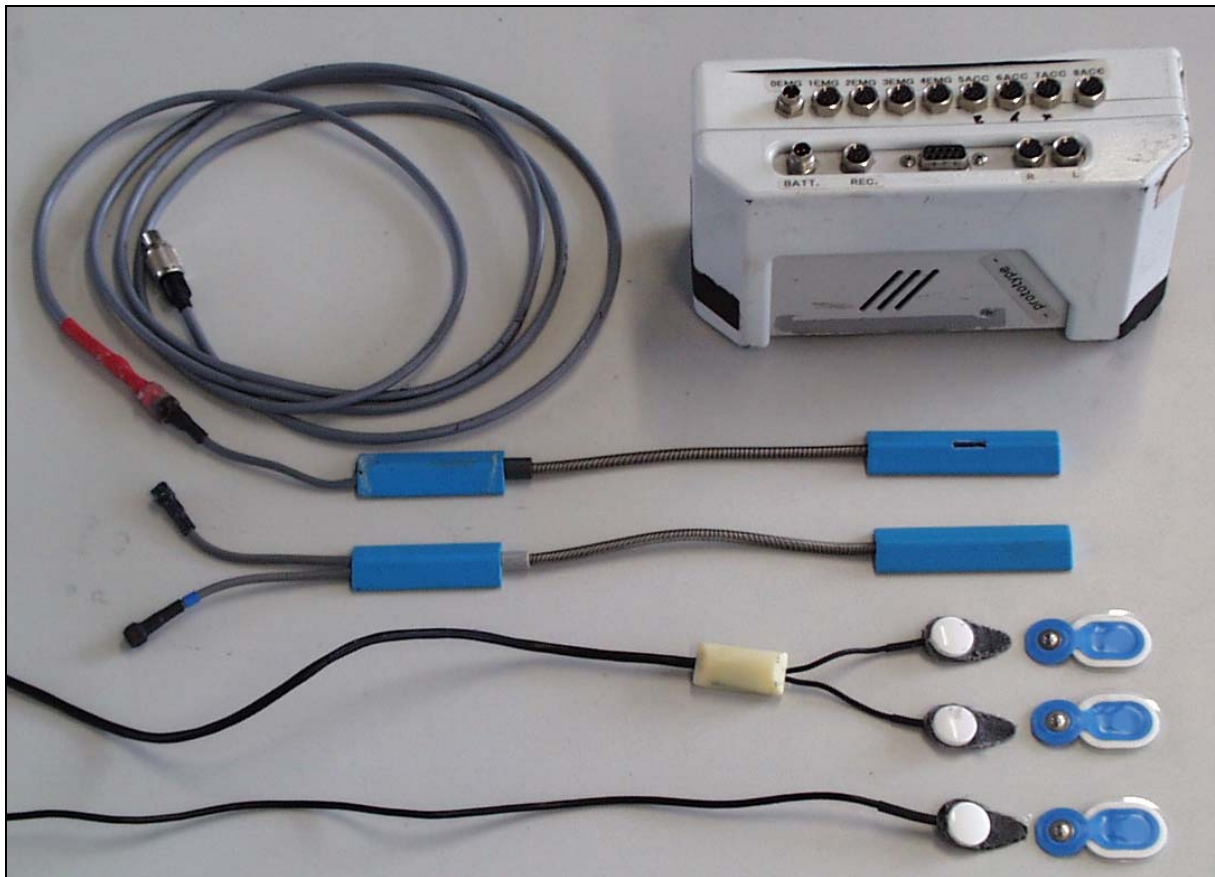


Abbildung 7: Datalogger, Torsiometer, Goniometer, bipolare EMG-Elektrode, monopolare Referenzelektrode (von oben)

2.2.3 Video und Synchronisation

Alle Ski- und Snowboardfahrten wurden mit einer Frequenz von 50 Hz auf Video aufgezeichnet. Um eine Synchronisierung der gemessenen Daten und des Videofilms zu ermöglichen, war die Kamera mit einer digitalen Stoppuhr verbunden, die in den Film eingeblendet werden konnte. Mittels einer Fernsteuerung erfolgte die gleichzeitige Auslösung von Zeitnehmung und Datenaufzeichnung durch den Logger. Dies ermöglicht die Zuordnung von Messdaten und Videobild auf 0,02 Sekunden genau.

2.3 Vorversuche

Im Vorfeld der Pistenmessungen waren eingehende Vorversuche notwendig, um die bestmögliche Anbringung der Sensoren am Körper zu ermitteln und um sicherzustellen, dass diese die gewünschten Parameter korrekt aufzeichnen. Hierfür war es hilfreich, dass das Aufzeichnungsgerät direkt mit dem PC verbunden werden kann, um so die eingehenden Messdaten im Onlinemodus sofort grafisch darzustellen. So konnte beispielsweise erkannt werden, dass der direkt auf den Rücken geklebte Sensor zur Aufzeichnung der Wirbelsäulentorsion durch eine Verschiebung der Haut, von der Wirbelsäule nach lateral auf die erhabene Rückenmuskulatur wanderte. Dadurch erfuhr der Torsiometer eine Kippbewegung, die der Drehung des Oberkörpers entgegengesetzt war. Durch Befestigung der Sensoren auf einem um den Oberkörper geschnallten Klettband, wie in Abb. 8 ersichtlich, konnte dieses Problem beseitigt werden. Hansson konnte ein Abweichen von

linearem Messverhalten der Goniometer bei extremer negativer Flexion durch ein Aufbuckeln der Sensoren feststellen (22, S. 31). Die Vorversuche zeigten zumal, dass die direkt auf die Haut geklebten Winkelsensoren der unteren LWS bei starken Beugungen des Rumpfes bis auf Anschlag ihrer eigenen Längenflexibilität gedehnt werden. Deshalb wurden die kaudalen Enden des Torsiometers und des LWS-Goniometers nicht direkt auf den Hüftgurt aufgeklebt, sondern konnten frei in darauf befestigten Plexiglasschlitten gleiten. Das kraniale Ende des LWS-Goniometers sowie der gesamte obere Goniometer waren direkt auf die Haut aufgeklebt. Das kraniale Ende des Torsiometers fand sich auf einem weiteren Gurt fixiert, der auf Höhe des Kontaktpunktes der beiden hintereinander geschalteten Goniometer um den Rumpf gewickelt wurde.

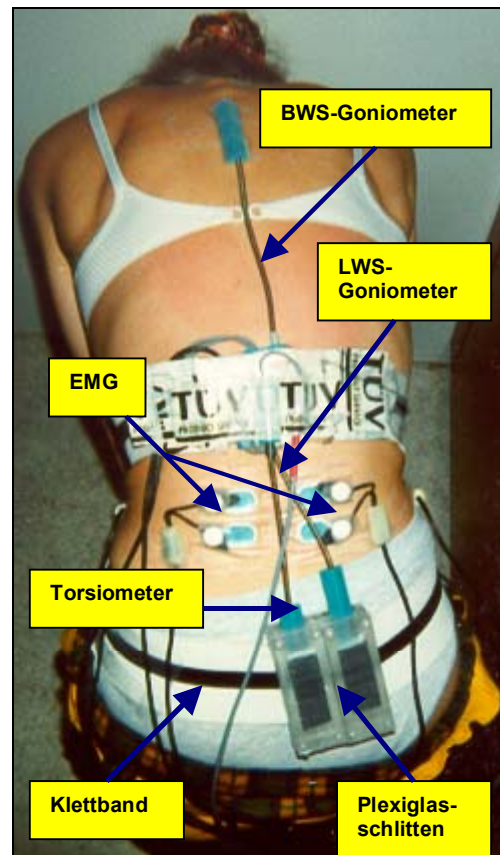


Abbildung 8: Sensoren am Rücken

Den Abschluß der Vorversuche bildeten Trockenmessungen am auf dem Snowboard stehenden Probanden im Labor, unter gleichzeitiger Videoaufzeichnung, wobei nochmals die registrierten Bewegungsdaten mit den gefilmten Abläufen verglichen wurden (Abb. 9).

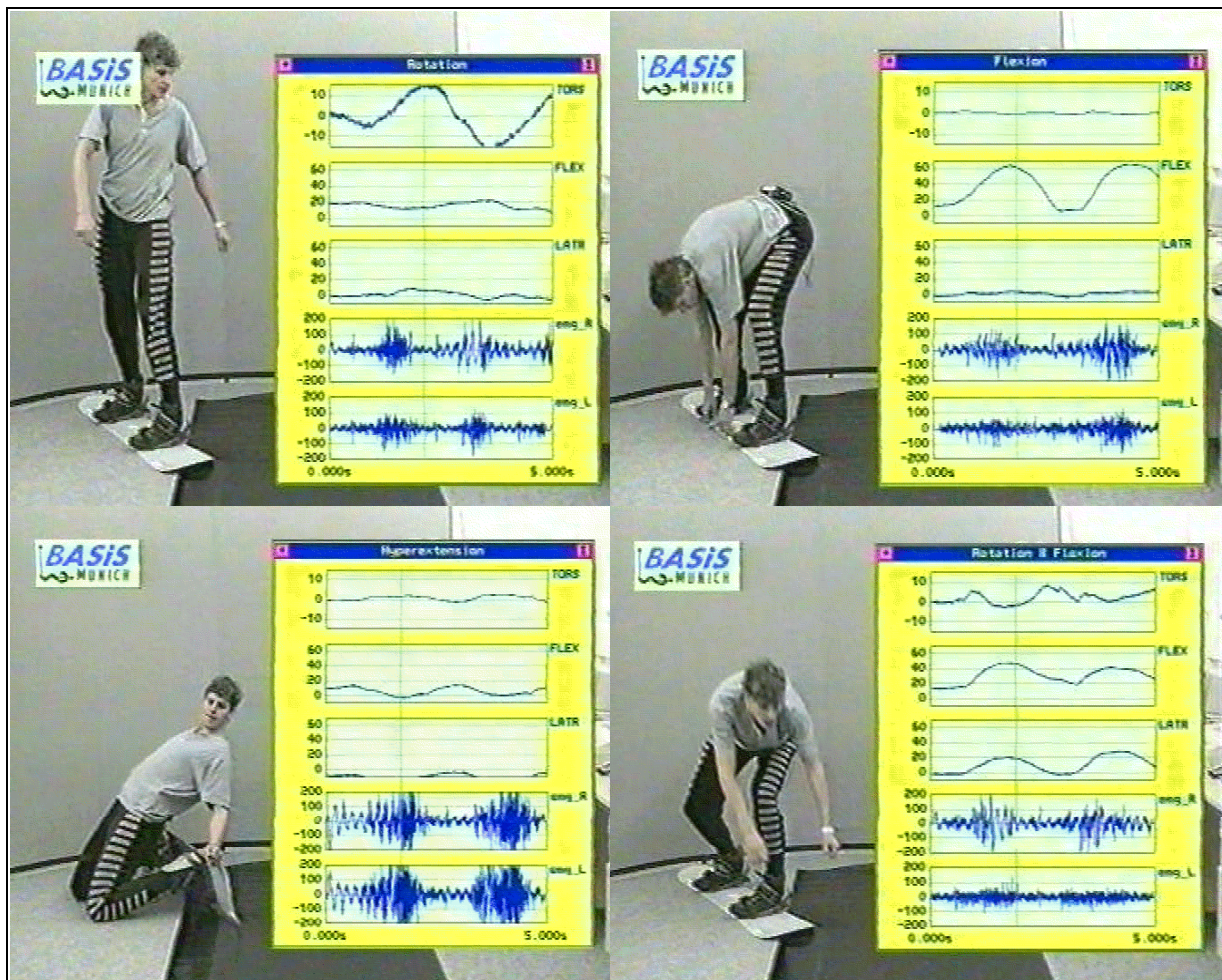


Abbildung 9: Vorversuche im Labor, verschiedene Bewegungsebenen

2.4 Versuchsdurchführung

Nachstehende Abb. 10 zeigt den gesamten Versuchsablauf im Überblick. Die darin aufgeführten Arbeitsschritte wurden bei jedem Probanden durchgeführt und werden nachfolgend einzeln erläutert.

Versuchsablauf:	
1.	Einstellung des Offsets
2.	Kalibrierungsmessung
3.	Anbringung EMG-Elektroden
4.	Messung Maximalkontraktion
5.	Anbringung Winkelmesser
6.	Online Korrektur des Offsets
7.	Messung in Neutralnull
8.	Pistenmessungen
9.	Kontrollmessungen (Punkt 4 und 7)

Einstellung des Offsets

Auf einer speziell für diesen Zweck konstruierten Leiste wurden die Bewegungssensoren in Neutralnull-Position angelegt. Im Onlinemodus kann das eingehende Signal am Bildschirm des mit dem Aufzeichnungsgerät verbundenen Laptops kontrolliert werden. Bei Bedarf wurde mittels eines dem Sensor nachgeschalteten Potentiometers das eingehende Signal auf den Nullwert angeglichen.

Abbildung 10: Versuchsablauf

Kalibrierungsmessung

Die Kalibrierungsmessungen für die beiden Goniometer und den Torsiometer sind Voraussetzung für die spätere Umrechnung der gewonnenen Bewegungsdaten in Grad. Die Kalibrierung der einzelnen Bewegungssensoren erfolgte auf der oben erwähnten Leiste, die für alle benötigten Bewegungsebenen standardisierte Auslenkungspositionen in 45° ermöglichte. Es erfolgte eine Datenaufzeichnung über 5 Sekunden, wobei der Sensor aus der Neutralnull-Stellung nach 45° ausgelenkt wurde. Der Torsiometer wurde um 45° nach rechts gedreht, die Goniometer gleichzeitig um 45° nach vorne und rechts gebeugt. Die zwischen den Anfangs- und Endgeraden der so erhaltenen Kurven gelegenen Messeinheiten wie in Abb. 11 dienten später als Eichwert.

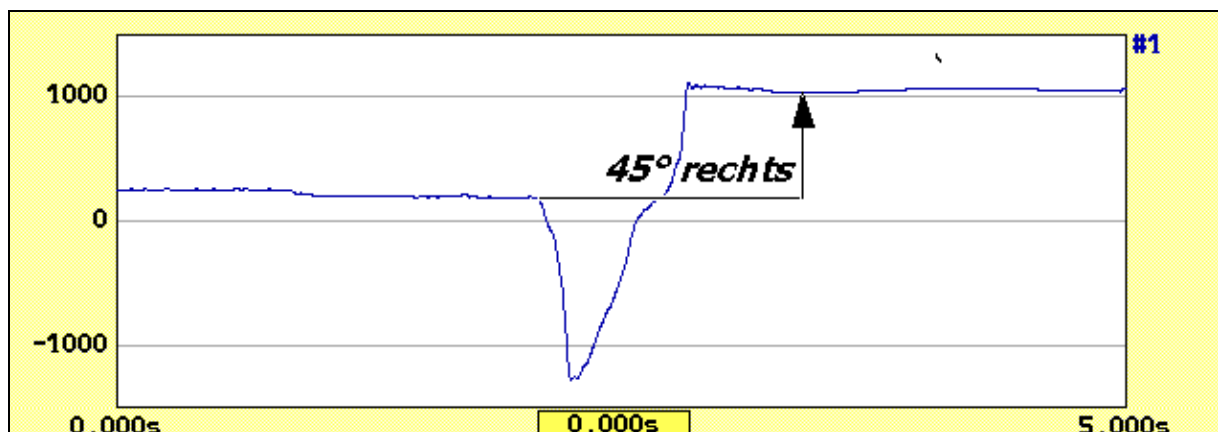


Abbildung 11: Kalibrierung des Torsiometers

Anbringung der EMG-Elektroden

Nachdem die Haut mit Alkoholtupfern gereinigt und ggf. rasiert worden war, wurden die Elektroden an den in Kap. 2.2.2 herausgearbeiteten Muskeln angebracht. Der Abstand zwischen den Elektroden betrug 1 cm, die Referenzelektrode wurde auf die linke Spina iliaca anterior superior geklebt.

Messung der Maximalkontraktion

Nach einer Kontrolle der eingehenden Muskelsignale im Onlinemodus, erfolgte die Aufzeichnung der willkürlichen Maximalkontraktionen (MVC) der einzelnen Muskeln. Knutson bezeichnet dies als die Methode zur Normierung der EMG-Aktivität mit der höchsten Reproduzierbarkeit (28, S. 55). Hierzu begab sich der Proband in die für Bauchmuskelübungen typische Position, auf dem Rücken liegend, bei in 90° gebeugten Knien, die Fersen auf der Unterlage abgestellt, die Hände seitlich an die Schläfen gehalten. Er wurde aufgefordert, den Oberkörper von der Unterlage abzuheben und eine Schulter zur Gegenseite zu drehen, wobei der Versuchsleiter über dem Probanden stehend Gegendruck auf die Schulter ausübte. Nach dem subjektiv eine Maximalkontraktion der Bauchmuskulatur erreicht worden war, galt es den Oberkörper, noch während der Datenaufzeichnung, wieder abzulegen und alle Muskeln zu entspannen. Die gleiche Messung erfolgte dann bei der entsprechenden Bewegung auf die Gegenseite. Abb. 12 zeigt ein Beispiel für die MVC der Bauchmuskeln eines Probanden, wobei die Messungen beider Seiten zu einer Grafik zusammengefügt sind.

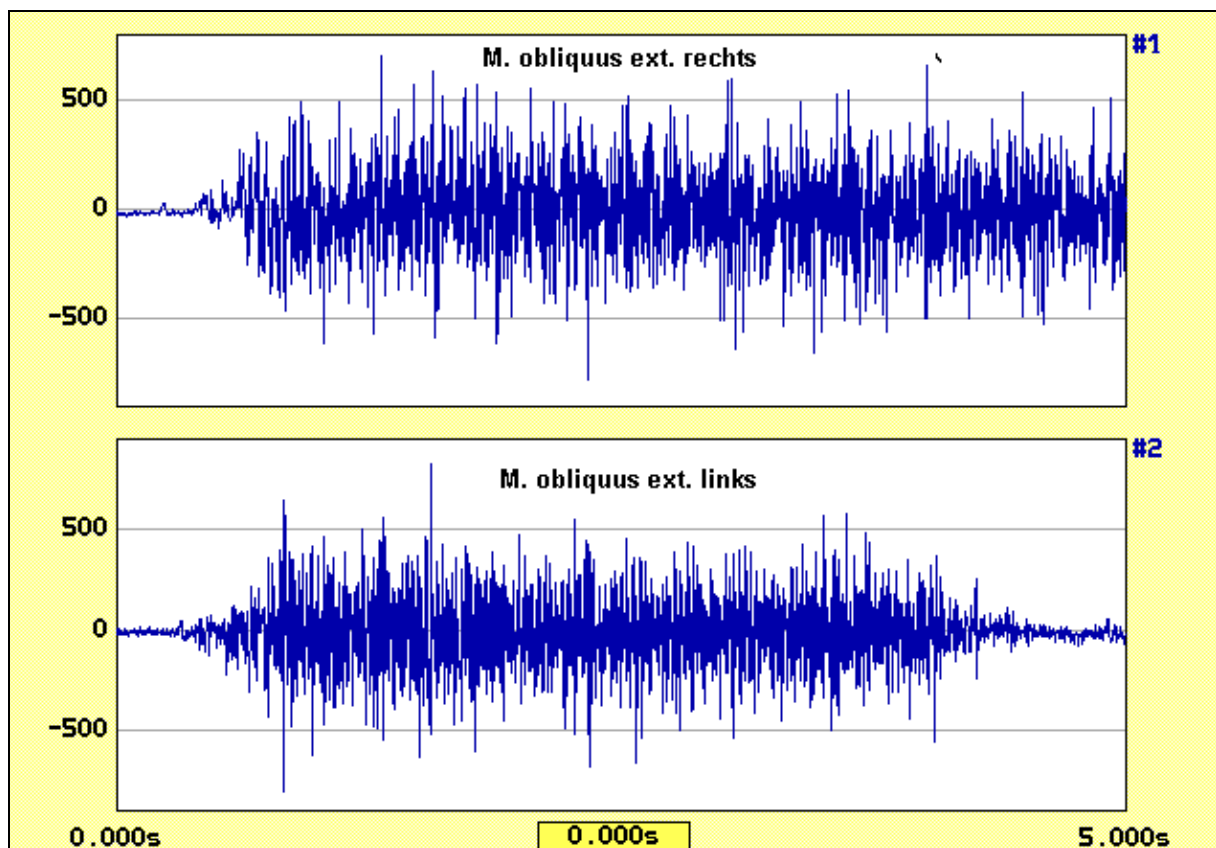


Abbildung 12: MVC der Mm. obliquus ext.

Nach Durchführung der MVC der Bauchmuskulatur begab sich der Proband in Bauchlage, die Beine gestreckt, die Hände im Nacken. Bei der anschließenden Messung war, aus entspanntem Zustand heraus, wiederum bei Gegendruck auf die Schultern, die Brust von der Unterlage gerade deckenwärts abzuheben und nach kurzer Maximalkontraktion der Rückenmuskulatur wieder abzulegen. Bei all diesen Aufzeichnungen waren die Beine bewußt nicht fixiert, um eine unterstützende Bewegung der Hüftbeuge- und -streckmuskulatur zu unterbinden. Die hierdurch gewonnenen Daten sollten in der Auswertungsphase als Vergleichswert zu den auf der Piste registrierten Muskelaktivitäten dienen.

Anbringung der Winkelmesser

Die Winkelmesser wurden in der aus den Vorversuchen (Kap. 2.3) ermittelten optimalen Art und Weise am Rücken des Probanden befestigt.

Nullmessung

Am in Neutralnull-Position stehenden Probanden wurden die eingehenden Daten im Onlinemodus kontrolliert, über die Potentiometer erneut auf Null angeglichen und anschließend in Ruhe in Neutralnull über 5 Sekunden aufgezeichnet (Abb. 13). Die dadurch erhaltenen Geraden wurden später als Nullwerte der Bewegungsdaten verwendet.

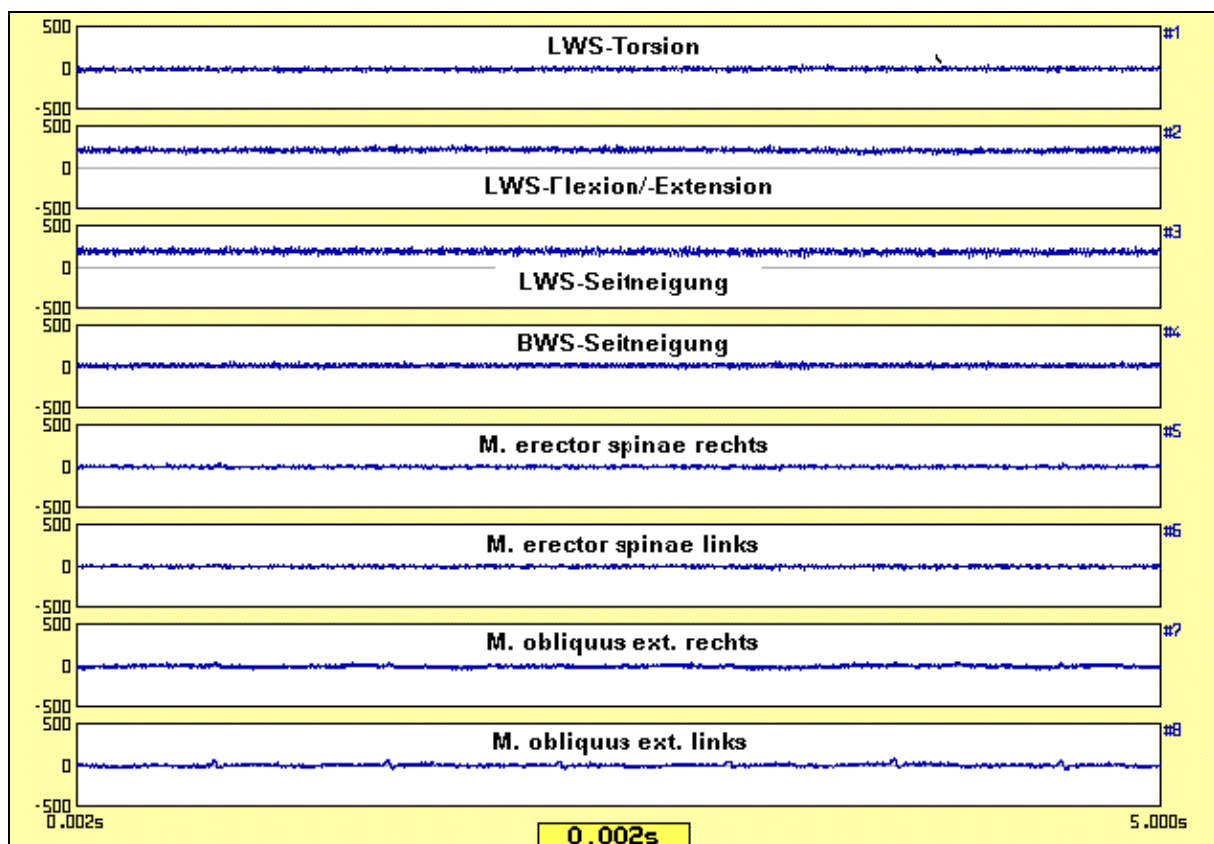


Abbildung 13: Nullmessung

Pistenmessungen

Die Versuchsfahrten wurden an Hängen mittleren Gefälles durchgeführt. Um die Probanden zu definierten Richtungsänderungen zu bringen, war ein Slalomparcours zu durchfahren. Dieser wurde an jedem Messtag gleichartig aufgebaut, in dem ein Seil, an dem die Stellen der Tore markiert waren, in der Falllinie zwischen Start- und Zieltor gespannt wurde. Die Tore wurden dann immer 2 Meter links und rechts des Seiles gesteckt, von oben mit rechts beginnend. In der durch Münzwurf ermittelten Reihenfolge fanden jeweils drei Fahrten mit Ski und Snowboard statt. Gemessen wurde über eine Zeitspanne von 20 Sekunden, die Datenaufzeichnung und Zeitnehmung im Videofilm wurden über eine Fernsteuerung bei Durchfahrt des Starttores per Hand ausgelöst. Abb. 14 zeigt einige Abschnitte einer Pistenmessung.



Abbildung 14: Pistenmessung

Kontrollmessungen

Nach Durchführung der Pistenmessungen erfolgten im Rahmen der Demontage der Sensoren Kontrollmessungen wie während des Anbringens in entsprechend umgekehrter Reihenfolge. Nach Dokumentation einer Nullmessung wurden also die Winkelmesser abgenommen und abschließend nochmals die MVC aufgezeichnet.

2.5 Datenauswertung

2.5.1 Verarbeitung der Rohdaten

Die aus den Pistenmessungen erhaltenen Daten bestehen aus 4 Kanälen mit Winkelkurven der Oberkörperbewegung und 4 Kanälen mit Muskelpotentialen. Abb. 15 zeigt einen typischen Rohdatensatz, der dann nach den in Abb. 16 dargestellten Schritten verarbeitet wurde.

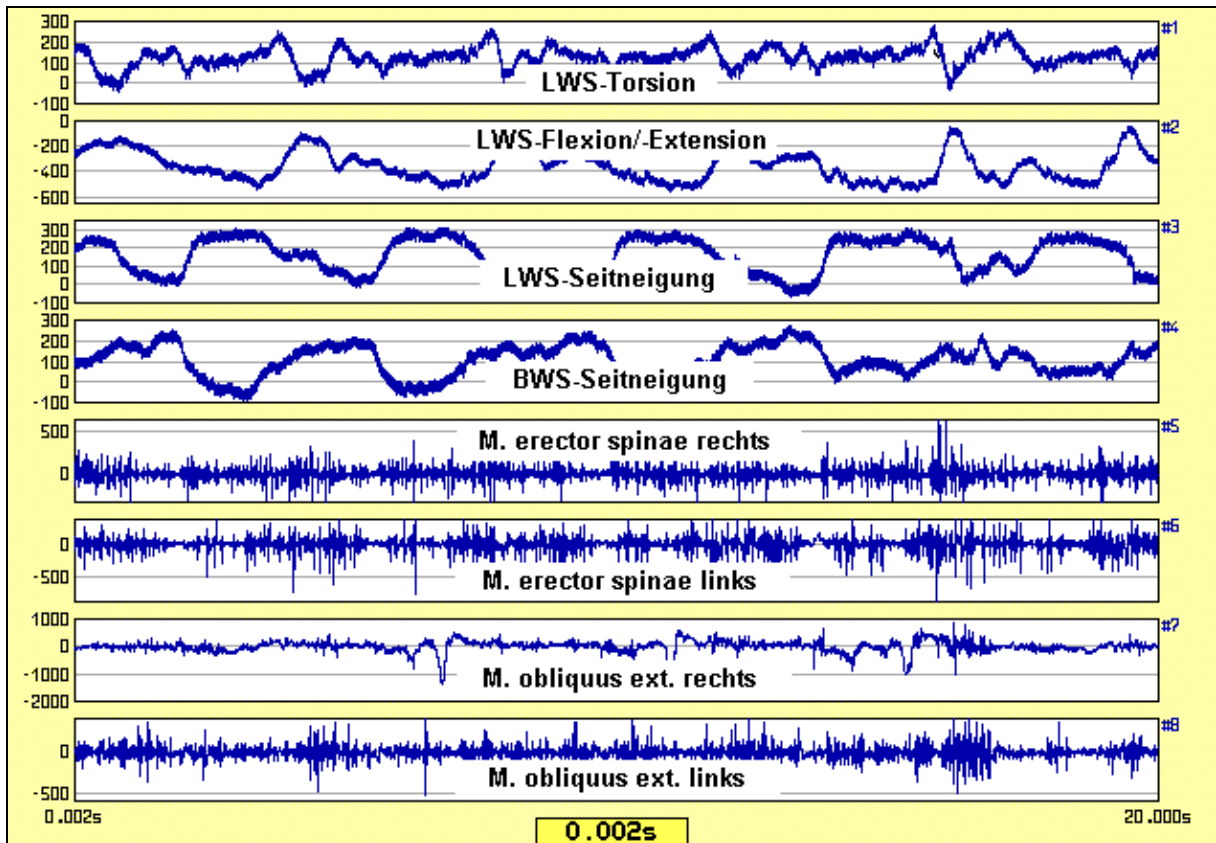


Abbildung 15: Rohdaten einer Snowboardfahrt

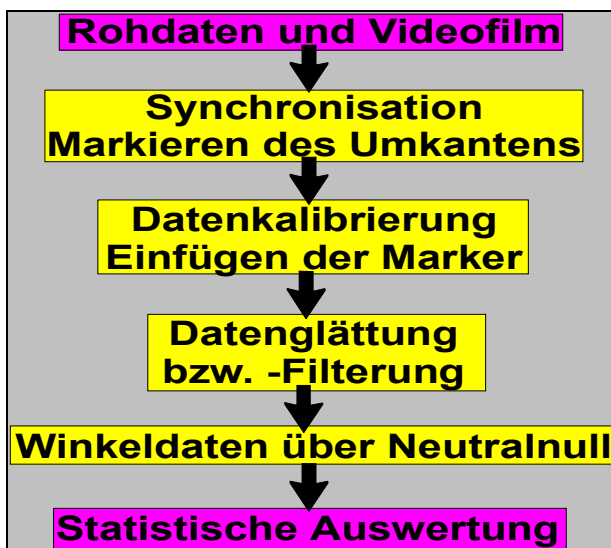


Abbildung 16: Schritte der Datenaufbereitung

Synchronisation

Der parallel zu den Messungen aufgezeichnete Videofilm diente zur Feststellung der Momente des Umkantens. Diese bis auf 0,02 Sekunden genau angegebenen Zeitpunkte wurden notiert um sie später als Markierungen in die Zeitdiagramme der Pistenmessungen einzufügen. Abb. 17 zeigt einen Moment des Umkantens aus obiger Messfahrt, im eingblendeten Rohdatensatz ist dieser Zeitpunkt markiert.

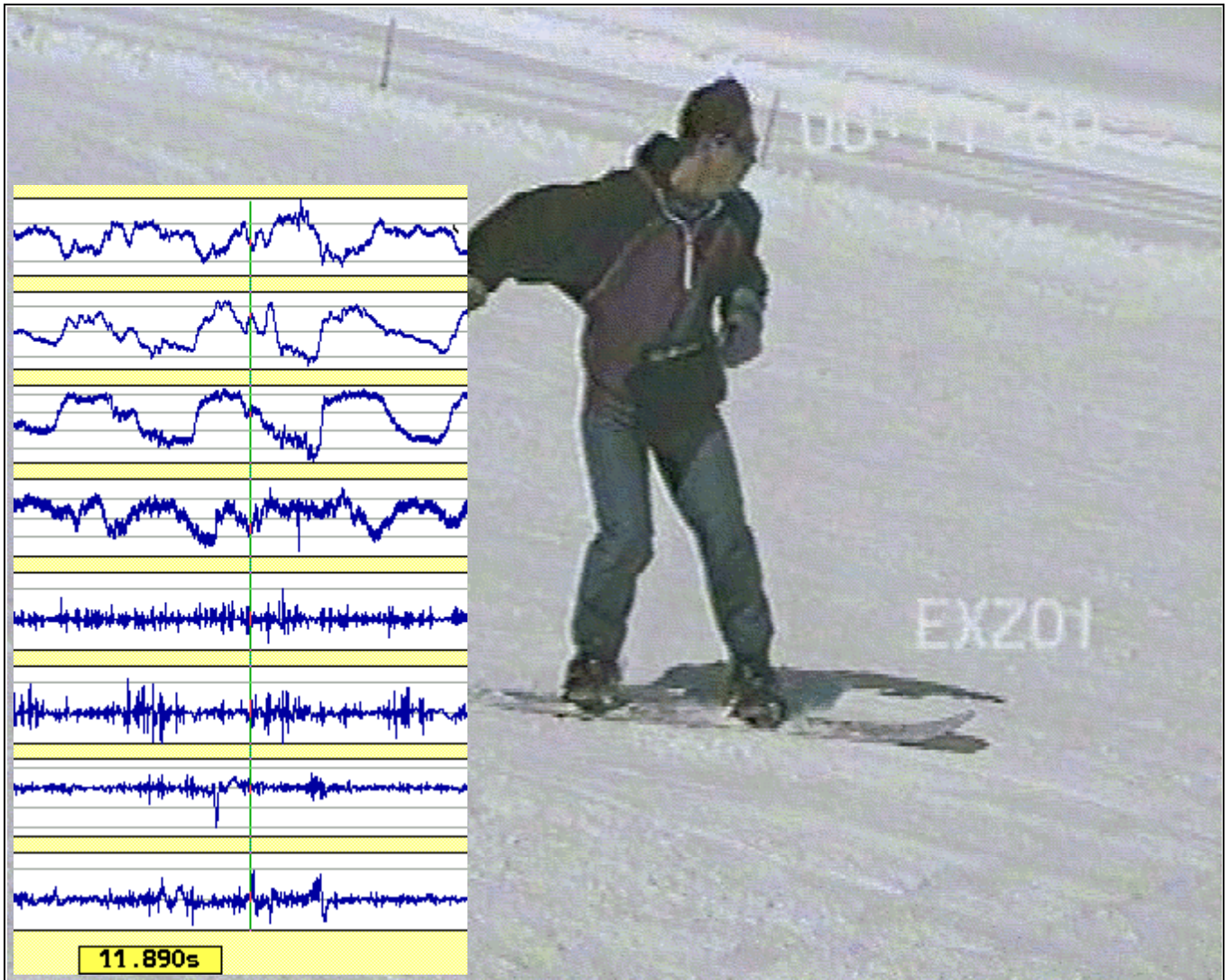


Abbildung 17: Synchronisation, Zeitpunkt des Umkantens in den eingeblendeten Messdaten markiert

Datenkalibrierung

Im folgenden Arbeitsschritt wurden die Winkeldaten mit den aus den Kalibrierungsmessungen erhaltenen Faktoren in Grad umgerechnet und die Markierungen des Umkantens eingefügt. Die in Abb. 18 dargestellten ersten 4 Kanäle enthalten die gewonnenen Bewegungskurven in Grad mit den markierten Zeitpunkten (1 bis 10) des Umkantens.

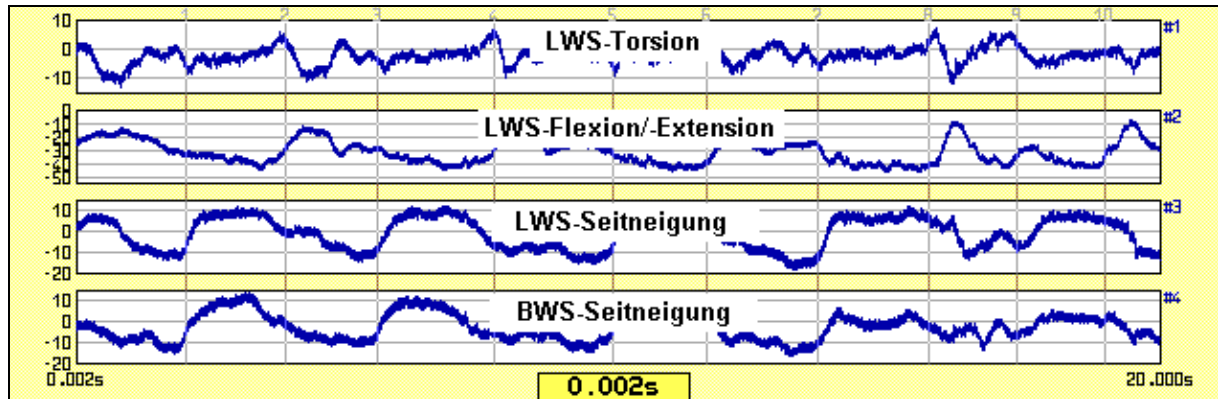


Abbildung 18: Kalibrierte Winkeldaten mit Markern

Datenglättung bzw. -filterung

Winkeldaten:

Da für die vorliegende Untersuchung sehr kleine und sehr kurzzeitige Bewegungen nicht von Interesse sind, können die dadurch verursachten Signalanteile aus dem Datenmaterial eliminiert werden. Dies wurde durch die Anwendung eines 2Hz-Tiefpassfilters erreicht.

EMG-Daten:

Im Gegensatz zu den Winkeldaten stellen beim EMG-Signal eher die niederfrequenten Anteile, wie sie z.B. durch Hautverschiebungen, Kabelartefakte, mechanische Stöße etc. entstehen, Störungen dar. Durch Anwendung eines 5Hz-Hochpassfilters wurden diese Störanteile aus dem Datenmaterial entfernt. Im Rahmen dieser Datenbearbeitung erfolgte eine Zentrierung der Rohsignale bezüglich der Nulllinie und nach der Filterung die für die EMG-Darstellung übliche Gleichrichtung. Abb. 19 illustriert das Ergebnis dieses Auswertungsschrittes.

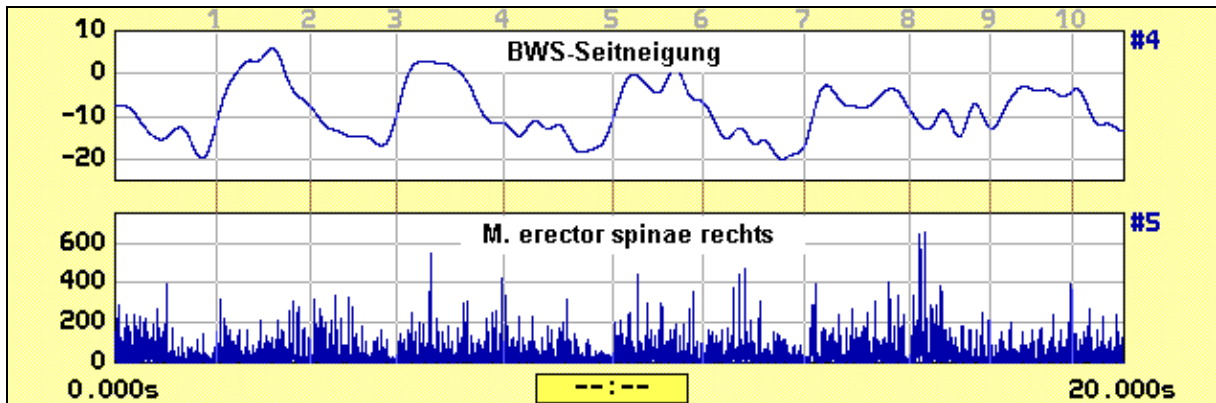


Abbildung 19: Daten gefiltert, EMG zentriert und gleichgerichtet

Winkeldaten über Neutralnull

Zuletzt wurden in den Winkelkurven die durch die Nullmessungen gewonnenen Offsetwerte abgezogen, wie im Vergleich zwischen Abb. 19 und 20 ersichtlich.

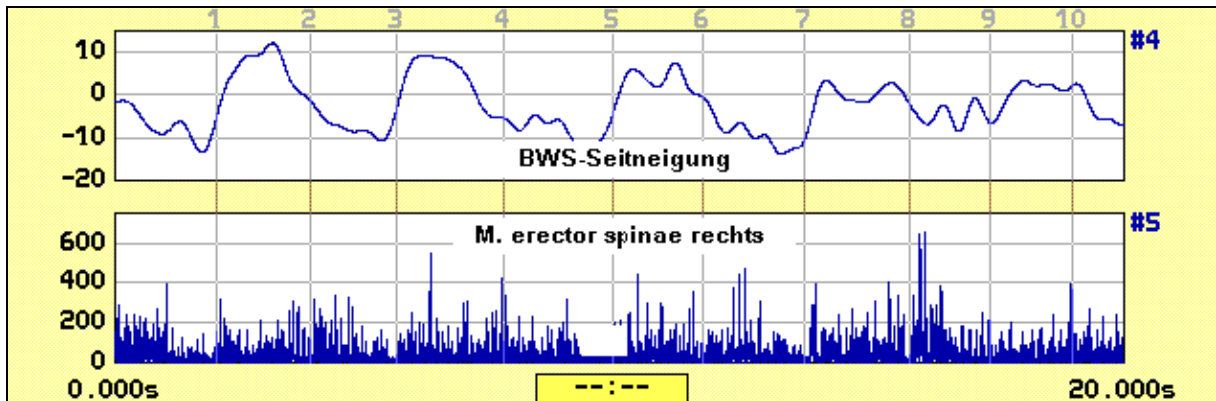


Abbildung 20: Winkeldaten mit eingerechneter Nullmessung

Jeder dieser Prozesse wurde durch spezielle Unterprogramme realisiert, die nacheinander einzeln auf die zu bearbeiteten Daten angewendet wurden. Lediglich die Subtraktion der Werte aus der Nullmessung erfolgte einzeln per Hand mit einer Kontrolle der Ergebnisse.

Damit war die Behandlung der Rohdaten abgeschlossen und die bearbeiteten Daten wurden der statistischen Auswertung zugeführt.

2.5.2 Deskriptivstatistische Auswertung

In Abb. 21 sind die einzelnen Schritte der deskriptivstatistischen Auswertung der erhobenen Daten schematisiert.

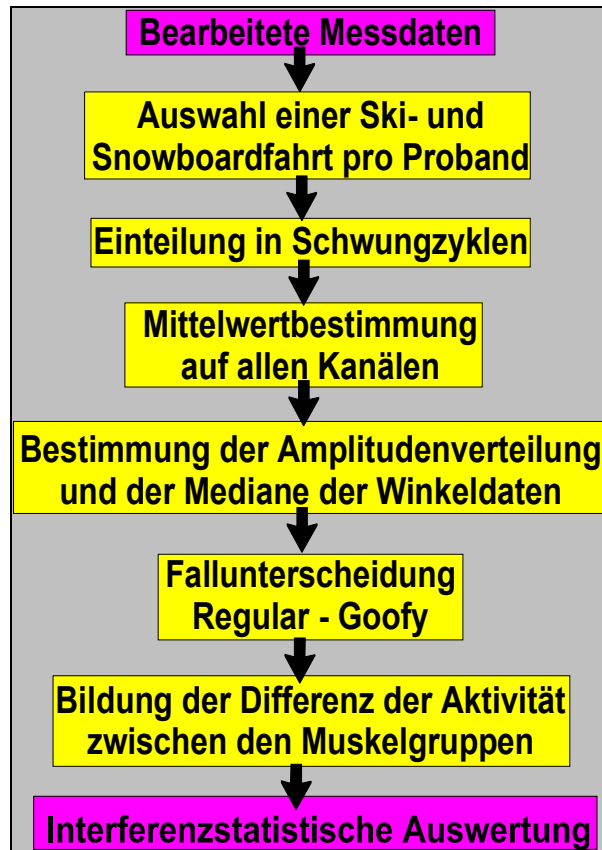


Abbildung 21: Deskriptivstat. Auswertung

Auswahl je einer Fahrt

Die jeweils drei Pistenmessungen mit Ski und Snowboard wurden durchgeführt, um sicherzustellen, dass im Falle etwaiger Messfehler oder Pannen mindestens eine Fahrt pro Testperson mit jedem Sportgerät für die statistische Auswertung zur Verfügung steht. Trotz dieser Wiederholungsmessungen lagen in Einzelfällen Datensätze vor, bei denen nicht alle 8 Aufzeichnungskanäle auswertbar waren. Nach Sichtung der bearbeiteten Daten wurde für jede Person jeweils die Ski- und Snowboardfahrt mit den wenigsten Messartefakten und Kanalausfällen ausgewählt. Bei mehreren messtechnisch fehlerfreien Fahrten wurde die jeweils letzte verwendet, weil davon auszugehen war, dass die Probanden bei der dritten Messung den Kurs routinierter und somit mehr ihrem gewohnten Fahrstil entsprechend durchfahren.

Sollte durch eine Verschiebung der Sensoren auf dem Rücken im Skilift einem Kanal oder einer Messfahrt kein Nullwert zuzuordnen gewesen sein, mussten diese verworfen werden. Es sollten insgesamt 120 Kanäle mit Bewegungsdaten in die Auswertung gelangen (4 Kanäle à 30 Probanden) wovon 45 verworfen werden mussten. Bei 7 Probanden gelangten keinerlei Bewegungsdaten zur Auswertung. Bei einer Person kam es zu einem Bruch eines EMG-Elektrodenkabels am Rücken. Daraus resultierten für die deskriptivstatistische Auswertung für

- die LWS-Torsion 21 Datensätze
- die LWS-Seitneigung 21 Datensätze
- die LWS-Flexion 20 Datensätze
- die BWS-Seitneigung 14 Datensätze
- die Rückenmuskelaktivität 29 Datensätze
- die Bauchmuskelaktivität 30 Datensätze.

Einteilung in Schwungzyklen

Die statistische Auswertung erfolgte jeweils für eine Serie von Schwungzyklen. Als Schwungzyklus wurden zwei aufeinanderfolgende Schwünge, also ein Paar aus einem Rechts- und einem Linksschwung, definiert, was im Datensatz jeweils einem Bereich drei aufeinanderfolgender Zeitmarker entsprach (Abb. 22). Aus der ausgewählten Ski- und Snowboardmessung eines Probanden wurden jeweils gleich viele vollständige Schwungzyklen zur weiteren Analyse zusammengefasst. Gelang es also einem Probanden, mit dem Snowboard während der Messzeit von 20 Sekunden 10 Schwünge bzw. 5 Schwungzyklen zu fahren, so wurden auch bei der Skimessung nur die ersten 10 Schwünge berücksichtigt. So konnten mindestens 3 Schwungzyklen zusammengefasst werden bis maximal acht, je nach Proband.

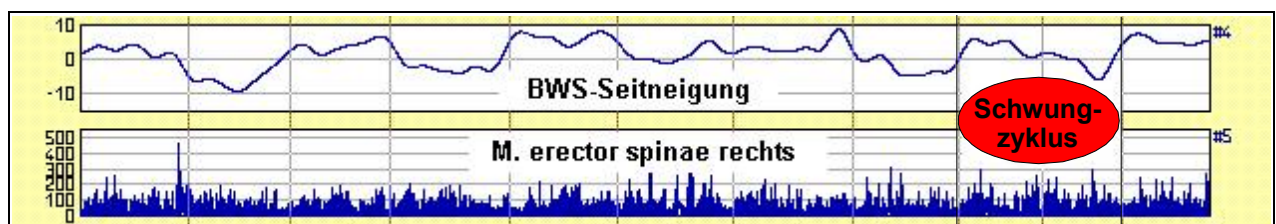


Abbildung 22: Einteilung in Schwungzyklen

Mittelwerte

Mit Hilfe der in der Auswertungssoftware integrierten Rechenfunktionen konnten, wie in Abb. 23 dargestellt, im Bereich der ausgewählten Serie von Schwungzyklen schnell die Mittelwerte für alle acht Kanäle abgerufen werden. Diese Mittelwerte stellen die zentralen Parameter für die weitere Auswertung und Datenanalyse dar und wurden deshalb in eine Tabellenkalkulation übernommen.

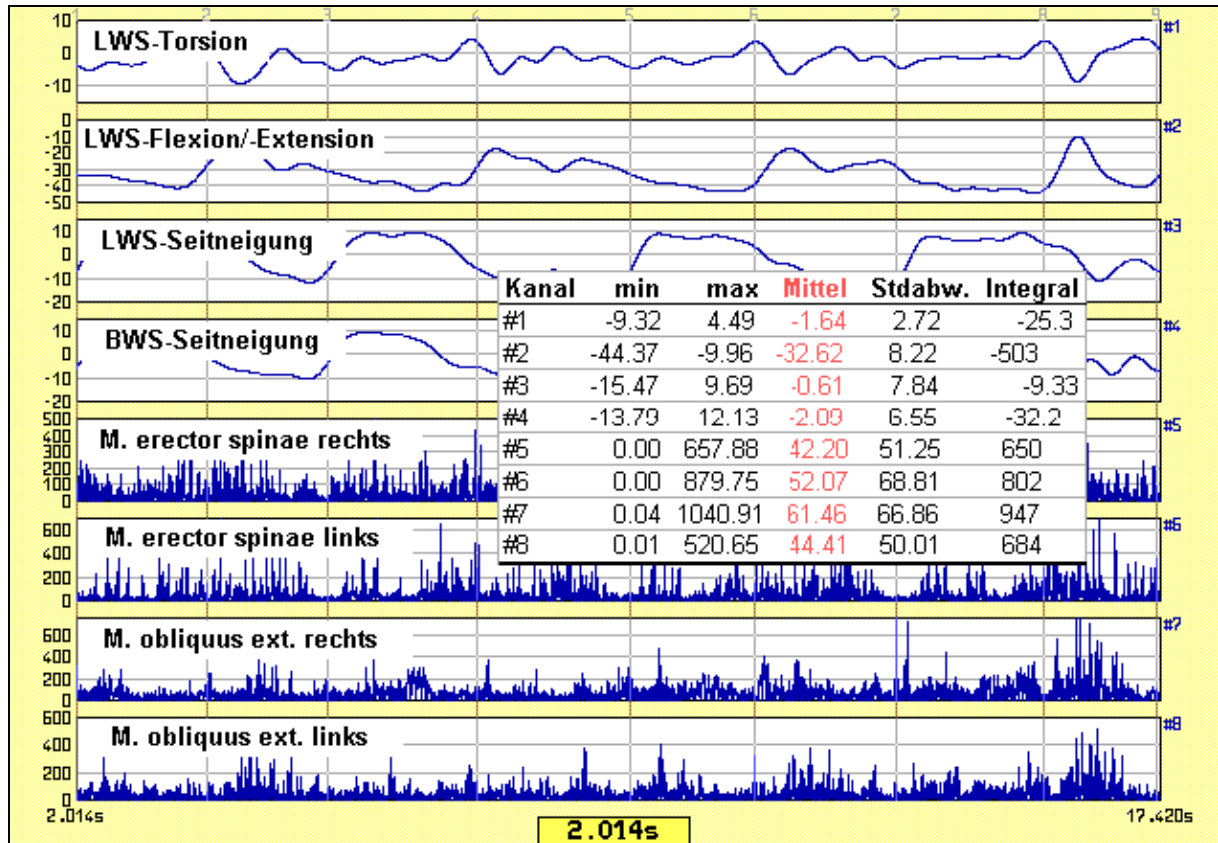


Abbildung 23: Mittelwerte aller Kanäle

Mediane

In einem weiteren Auswertungsschritt sollten die Mediane der einzelnen Bewegungsdaten untersucht werden. Dazu wurde die Amplitudenverteilung eines jeden Kanals der Winkelmessungen, also die Häufigkeit des Auftretens eines jeden Wertes, bestimmt. Dies erfolgte im Rahmen ganzer Zahlen. Der Median, auch Zentralwert, teilt die Integralfläche der jeweiligen Verteilungskurve in zwei gleiche Hälften. Es kommt also zu beiden Seiten die gleiche Anzahl von ermittelten Positionswerten zu liegen. In Abb. 24 sind solche Verteilungskurven dargestellt.

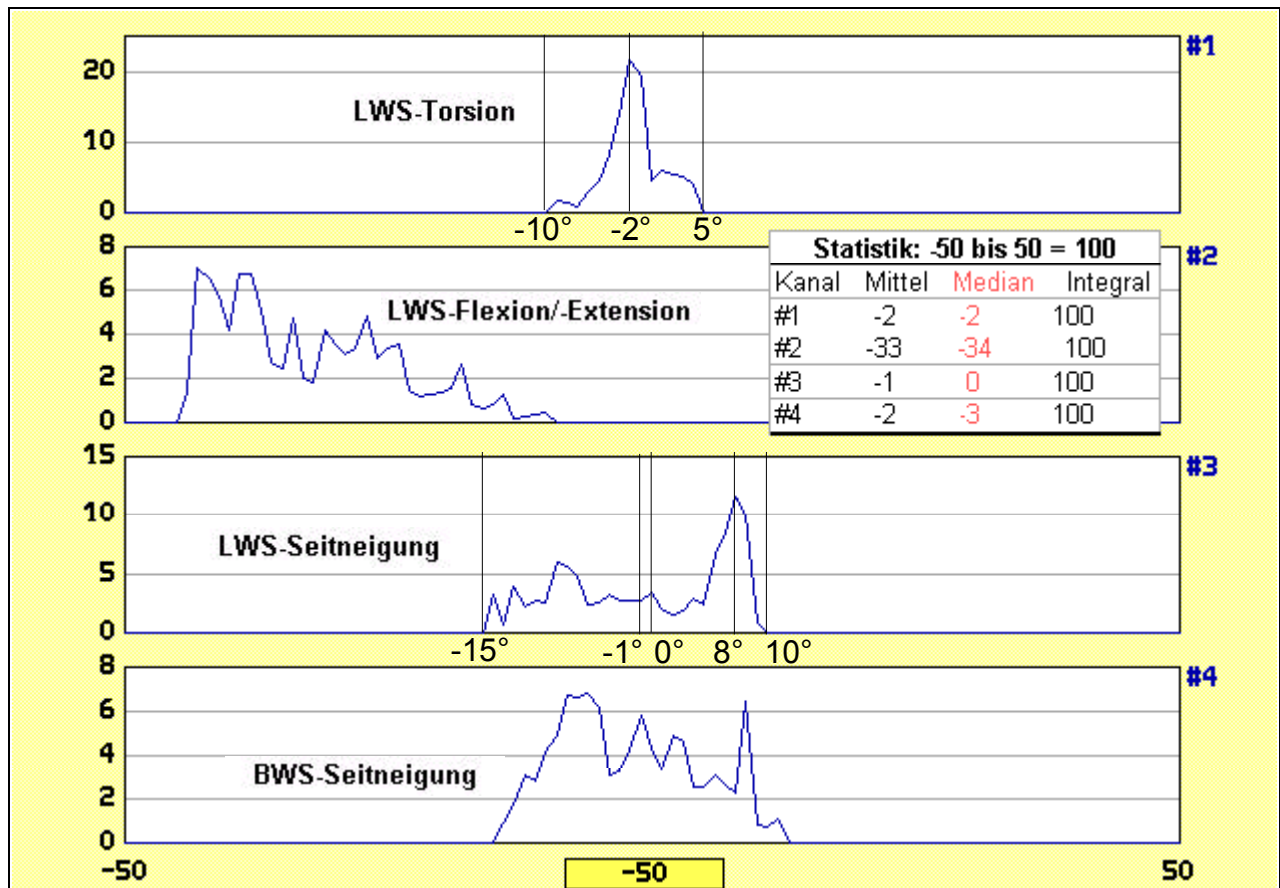


Abbildung 24: Mediane der Winkelmessung

Beispiel:

Die LWS-Torsion bewegt sich, wie in Kanal #1 ersichtlich, zwischen -10° und 5°. Der Median liegt bei -2°, was gleichzeitig der am häufigsten erreichten Winkelposition entspricht. Auch der Mittelwert über die gesamte Messung kommt hier zu liegen.

Anders verhält es sich bei der Seitneigung der LWS in Kanal #3. Hier erfolgen Bewegungen zwischen -15° und 10°, am häufigsten wird ein Winkel von 8° erreicht. Der Median liegt jedoch bei 0°, das arithmetische Mittel bei -1°.

Die Drehung des Oberkörpers ist in diesem Fall, im Gegensatz zur Seitneigung, annähernd gleichmäßig, zu beiden Seiten ihres Mittelpunktes, verteilt. Symmetrisch wäre die Bewegung, wenn der Mittelpunkt bei 0° läge und die Torsion gleich oft und gleich weit zu beiden Körperseiten hin erfolgte.

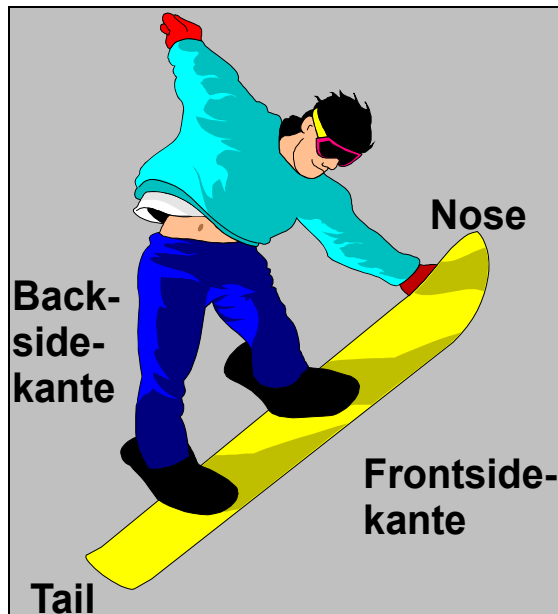


Abbildung 25: Einteilung der Körperseiten

Beim Snowboard sind zwei verschiedene Fahrpositionen zu unterscheiden, mit dem linken oder rechten Fuß in der vorderen Bindung ("goofy" und "regular"). Daher war es nicht möglich, die linke Körperseite aller Skifahrer mit der linken aller Snowboarder zu vergleichen. Es wurde statt dessen die Einteilung in "in Fahrtrichtung zeigende" und "gegen die Fahrtrichtung zeigende" Körperseite vorgenommen.

Beispiel: Bei einem Snowboarder in "Regular-Stellung" zeigt die linke Körperhälfte in Fahrtrichtung zur "Nose" bzw. zur Backsidekante, die rechte Körperhälfte zum "Tail" (Abb. 25).

Bei der Untersuchung der seitwärts gerichteten Bewegungsumfänge wurden bei allen Probanden mit dem rechten Fuß in der vorderen Snowboardbindung die Vorzeichen der Torsionswerte und Werte der Seitneigung umgekehrt. Dadurch entstand rechnerisch ein Kollektiv aus reinen "Regular-Fahrern", was die statistische Weiterverarbeitung der gewonnenen Zahlenkolonnen vereinfachte. Bezüglich der Standposition beim Snowboarden bzw. der Fahrtrichtung beim Skifahren linksgerichteten Bewegungen wurde durch die Kalibrierung ein negatives Vorzeichen zugeordnet, rechtsgerichteten ein positives.

Differenz zwischen den Muskelgruppen

Hinsichtlich der Muskelarbeit unterstellten wir dem Snowboardfahrer eine Asymmetrie, behaupteten also, die Aktivität der Muskulatur der beim Snowboarden in Fahrtrichtung zeigenden Körperseite müsse sich von der der Gegenseite unterscheiden. Wir erwarteten also auf dem Snowboard eine Differenz zwischen der Muskelaktivität des vorderen und des hinteren Muskels. Für die Skifahrt wurde erwartet, dass es, die gleichen Muskeln betreffend, keinen Unterschied geben sollte. Im Idealfall gelten also folgende Gleichungen:

$$D(\text{Snowboard}) = \text{Muskelaktivität vorne} - \text{Muskelaktivität hinten} \neq 0$$

$$D(\text{Ski}) = \text{Muskelaktivität links} - \text{Muskelaktivität rechts} = 0$$

Sowohl für die Bauch- als auch die Rückenmuskeln wurden entsprechend dieser Gleichung die Differenzen $D(\text{Snowboard})$ und $D(\text{Ski})$ gebildet. Dieser Differenzwert stellt den zentralen Parameter der Muskelaktivitätsbetrachtung dar und wird interferenzstatistisch ausgewertet.

2.5.3 Interferenzstatistische Auswertung

Die erhobenen Bewegungs- und Muskelparameter wurden hinsichtlich etwaiger Unterschiede zwischen Ski und Snowboard auf ihre statistische Signifikanz hin überprüft.

Bezüglich der Oberkörperbewegung wurden dazu

- die **Mediane der Torsionsbewegung der LWS**,
- die **Mediane der Flexion der LWS**,
- die **Mediane der Seitneigung der LWS**,
- die **Mediane der Seitneigung BWS**

verglichen,

hinsichtlich der Muskelaktivität wurden

- die **Aktivitätsdifferenz zwischen beiden Seiten der Bauchmuskulatur** und
- die **Aktivitätsdifferenz zwischen beiden Seiten der Rückenmuskulatur**

betrachtet.

Für diesen Vergleich kam der Wilcoxon-Test zur Anwendung (57, S. 172). Dieser parameterfreie Test ist besonders effizient für die Analyse von Paardifferenzen, wie sie im Falle der vorliegenden Wiederholungsmessungen an einem Probanden entstehen. Im zweiseitigen Test wurde geprüft, ob ein Unterschied zwischen Ski- und Snowboardwerten besteht (gleich / ungleich). Wenn dem so war, zeigte die anschließende einseitige Testung, welcher Art dieser Unterschied war (größer / kleiner). Ein Beispiel der genauen Berechnung findet sich im Anhang unter 7.4.1.

3. Ergebnisse

3.1 Bewegungsumfänge

Folgende Tabelle fasst die Unterschiede der erhobenen Winkeldaten zwischen Ski und Snowboard zusammen. Sie werden im folgenden einzeln graphisch veranschaulicht.

Parameter	MW-Ski ± Standardabw.	MW-Snowboard ± Standardabw.	Unterschied	Signifikanzniveau
LWS-Torsion	-1,05° ± 2,87°	-5,10° ± 5,11°	signifikant	0,05
LWS-Seitneigung	0,52° ± 3,77°	4,71° ± 7,60°	signifikant	0,05
LWS-Flexion	26,20° ± 10,41°	22,70° ± 8,34°	nicht signifikant	0,05
BWS-Seitneigung	0,14° ± 1,73°	-0,57° ± 6,33°	nicht signifikant	0,05

Drehung der LWS

Die Verdrehung des Oberkörpers ist zwischen Ski und Snowboard bei einem Signifikanzniveau von 5% unterschiedlich (Abb. 26).

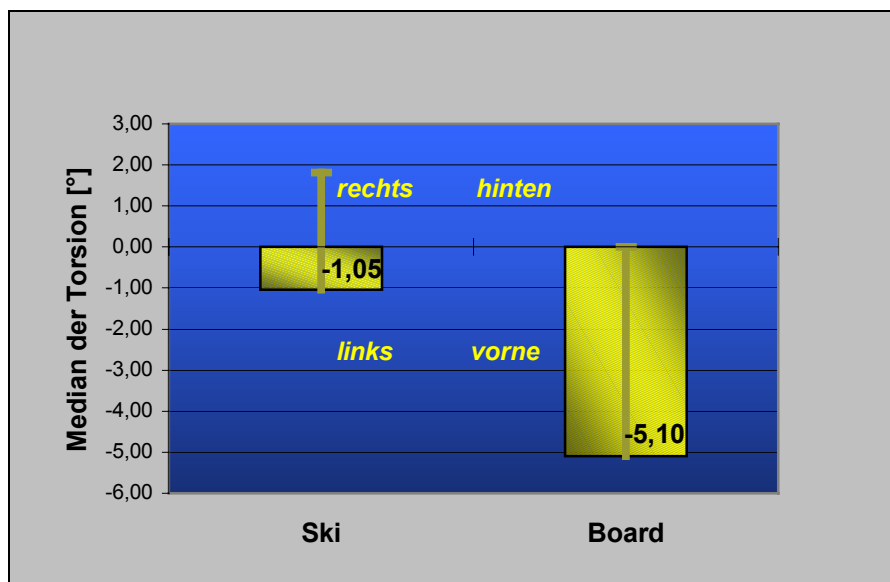


Abbildung 26: LWS-Torsion

Die Verdrehung des Oberkörpers auf dem Snowboard findet bei einem Signifikanzniveau von 1% mit der Schulerebene aus Frontalebene heraus statt, in Richtung der Snowboardspitze. Ein Snowboarder mit dem linken Bein in der vorderen Bindung hat also den Mittelpunkt seiner Oberkörperdrehbewegungen auf der linken Seite. (Siehe Anhang 7.4.1)

Seitneigung der LWS

Bei der Seitneigung der LWS ergab sich ein ebenso signifikanter Unterschied zwischen Ski und Snowboard (Abb. 27), wobei auf dem Snowboard bei einem Signifikanzniveau von 1% eine Neigung innerhalb der Frontalebene aus dem Lot entgegen der Fahrtrichtung bzw. hin zur Frontsidekante vollzogen wird. Oben genannter "Regular-Boarder" hat den Mittelpunkt seiner LWS-Neigung rechts von der Körpermitte. (Siehe Anhang 7.4.2)

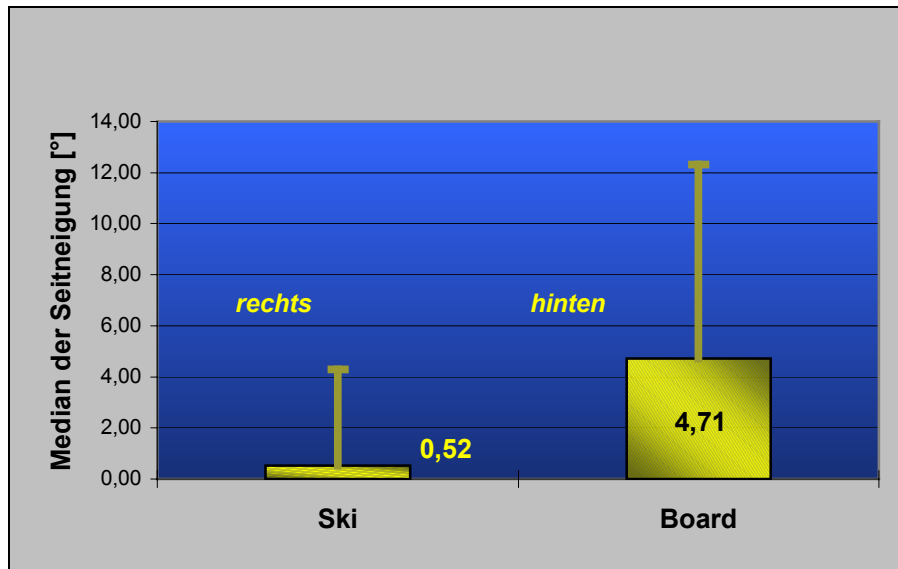


Abbildung 27: LWS-Seitneigung

Flexion der LWS

Bei der Flexion der LWS besteht bei einem Signifikanzniveau von 5% kein Unterschied zwischen Ski und Snowboard. (Abb. 28, siehe Anhang 7.4.3)

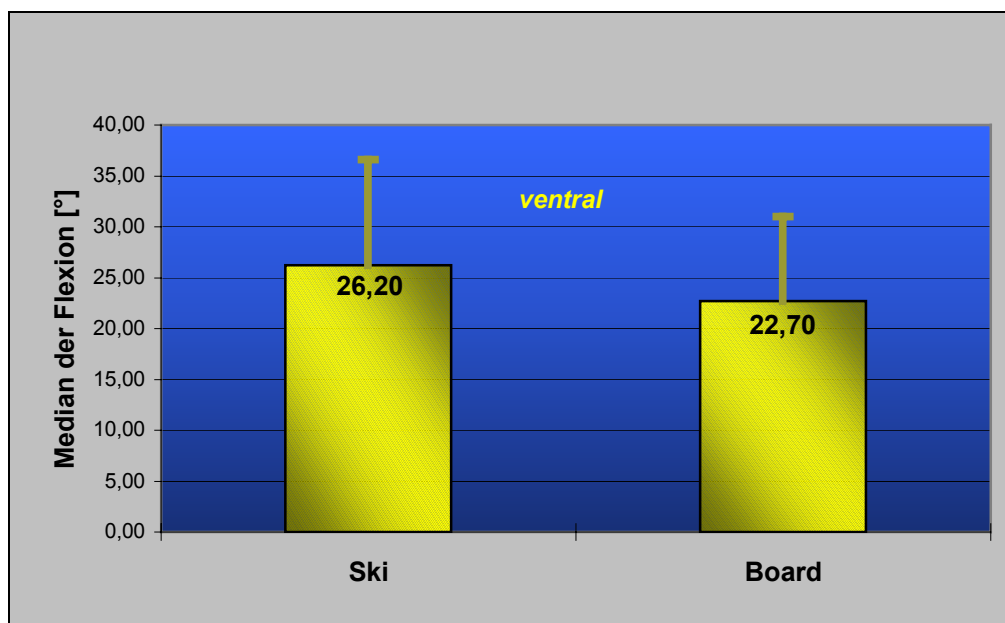


Abbildung 28: LWS-Flexion

Seitneigung des BWS

Die Seitneigung der BWS betreffend ließ sich bei gleichem Signifikanzniveau ebenfalls kein Unterschied zwischen Ski und Snowboard feststellen. (Abb. 29, siehe Anhang 7.4.4)

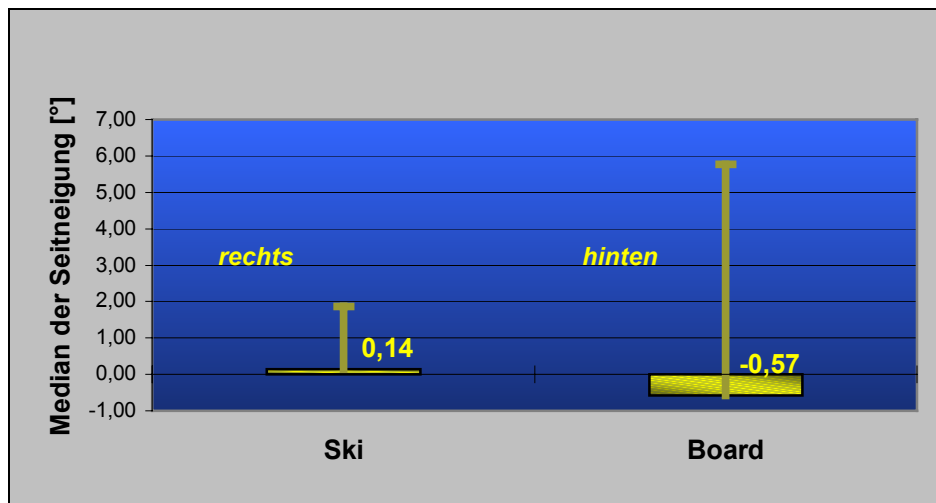


Abbildung 29: BWS-Seitneigung

3.2 Muskelaktivität

Bezüglich der Muskelaktivität ergaben sich folgende Differenzwerte aus linken und rechten bzw. vorderen und hinteren Muskeln bei Ski und Snowboard:

Parameter	MW-Ski ± Standardabw.	MW-Snowboard ± Standardabw.	Unterschied	Signifikanzniveau
Rückenmuskeln	22,43 ± 46,19	19,33 ± 46,16	nicht signifikant	0,05
Bauchmuskeln	18,21 ± 18,11	15,37 ± 12,15	nicht signifikant	0,05

Rückenmuskulatur

Für den M. erector spinae konnte bei einem Signifikanzniveau von 5% somit kein signifikanter Unterschied zwischen Ski und Snowboard hinsichtlich der Aktivitätsdifferenz innerhalb eines Muskelpaares ermittelt werden. (Abb. 30, siehe Anhang 7.4.6)

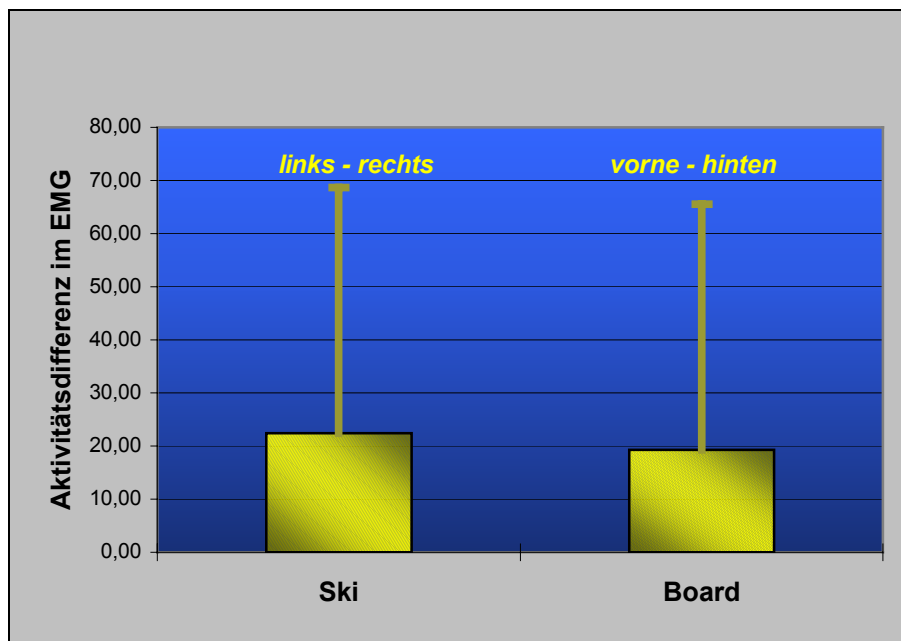


Abbildung 30: Aktivitätsdifferenz der Rückenmuskulatur

Bauchmuskulatur

Auch die Unterschiede in der Aktivität beider Seiten des M. obliquus externus abdominis sind bei selbem Signifikanzniveau auf dem Snowboard nicht größer als auf Ski. (Abb. 31, siehe Anhang 7.4.7)

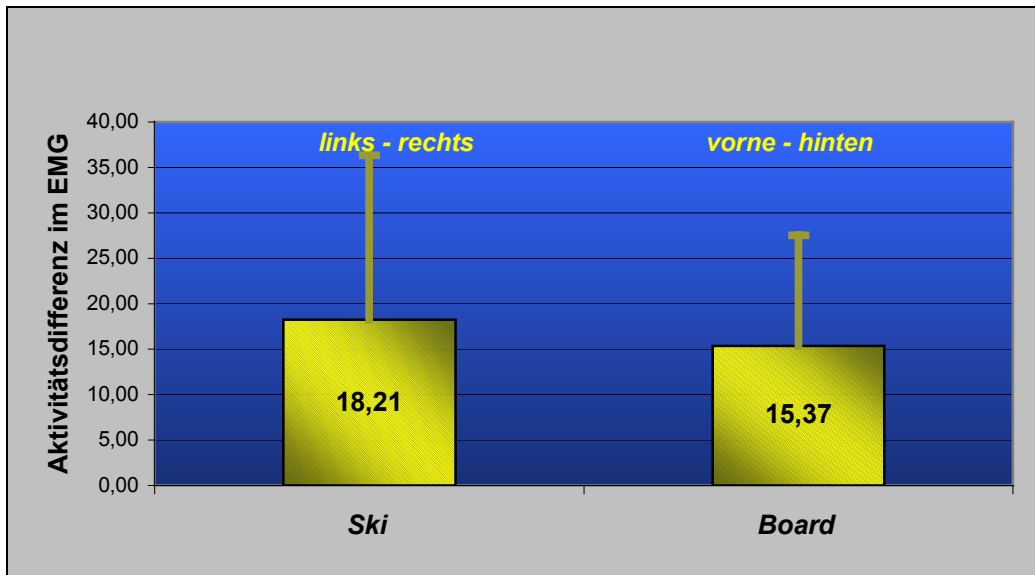


Abbildung 31: Aktivitätsdifferenz der Bauchmuskulatur

Da sich innerhalb eines Muskelpaares der Aktivitätsunterschied vom Snowboard zum Ski nicht veränderte, konnte auf die Untersuchung einzelner Muskeln und die Normierung ihrer Aktivität mittels der Maximalkontraktion verzichtet werden.

4. Diskussion

4.1 Diskussion der messtechnischen und methodischen Probleme

Bewegungsmessungen

Bei der Beurteilung der angewandten Messtechnik spielt deren Geländetauglichkeit eine große Rolle. Die Bewegungssensoren waren auf der Piste völlig anderen Belastungen ausgesetzt als im Labor. Während dort nur die zu messenden Bewegungen auf die Sensoren wirkten, wurden diese während einer Ski- oder Snowboardfahrt mannigfaltig beeinflusst. Die Bewegungen waren abrupt, der Wechsel verschiedener Körperhaltungen erfolgte schneller und es wurden Extrempositionen eingenommen, die in den Vorversuchen willkürlich nicht zu erlangen waren. Zudem traten Erschütterungen auf, die zusätzlichen Bewegungen entsprachen bzw. die Auslenkungen in der zu untersuchenden Bewegungsebene beeinflussten. Die bei den Pistenmessungen erhaltenen Kurven zeigten trotzdem eine gute Reproduktion der Oberkörperbewegungen, verbleibende Vibrationsartefakte konnten durch die in 2.5.1 dargestellte Datenverarbeitung eliminiert werden.

Die am Rücken der Probanden getragene Sensorik war jedoch im Sessel- und Schlepplift besonders beansprucht. Es kam wiederholt zu Ausfällen eines oder mehrerer Aufzeichnungskanäle, in einem Fall wurde ein Goniometer komplett zerstört. Durch das Liftfahren konnte es auch zu Verschiebungen der auf den Klettgurten fixierten Winkelmesser kommen. Hier war es hilfreich, dass zwei Nullmessungen pro Testperson durchgeführt worden waren. So war beispielsweise bei einem Probanden die Nullmessung vom Beginn des Messtages für die zuerst durchgeführten Snowboardfahrten gültig, die abschließende Nullmessung für die anschließenden Skifahrten. Eine Drift der Sensoren und somit der dokumentierten Daten innerhalb einer Pistenmessung konnte nicht festgestellt werden.

Die hier verwendeten ursprünglich für Messungen an den Extremitäten konzipierten Winkelsensoren erwiesen sich insgesamt als auch am Oberkörper gut anwendbar und ermöglichten eine realistische Abbildung der Bewegungen in allen interessierenden Ebenen.

Muskelaktivitätsmessung

Bei den Muskelaktivitätsmessungen gab es Ausfälle durch vereinzelt aufgetretene Kabelbrüche, die wohl durch die häufige Anbringung und Demontage der Elektroden bedingt waren.

Des Weiteren gab es durch die Konstitution der Versuchspersonen hervorgerufene Einflüsse auf das Signal. Je korpulenter die Testperson, desto stärker wurde das EMG-Signal während der Fahrt durch Vibrationsartefakte und Faltenbewegungen der Haut gestört, wie es so bei den statischen Messungen der MVC nicht der Fall war. Diese Artefakte wurden ebenfalls durch die in 2.5.1 erwähnten Filtermethoden eliminiert, was durch die folgenden zwei Abbildungen veranschaulicht wird. Abb. 32 zeigt zunächst einen Satz Rohdaten der Bauchmuskelaktivität, mit deutlichen Bewegungsartefakten, die in ihrer Amplitude die Ausschläge der Muskelströme überragen.

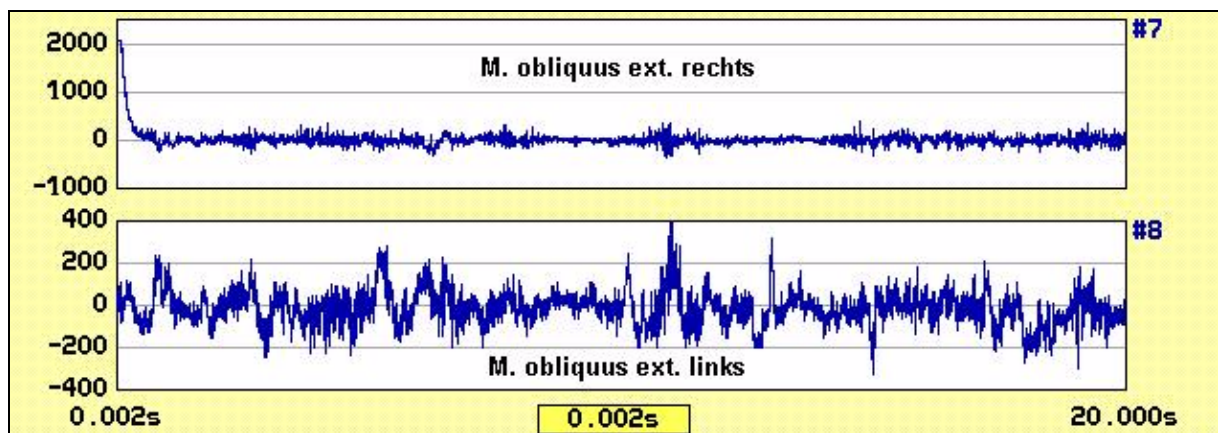


Abbildung 32: Rohdaten der Muskelaktivität mit Bewegungsartefakten

In Abb. 33 ist derselbe Datensatz nach der Bearbeitung zu sehen. Die wenigen noch vorhandenen weißen Stellen im gleichgerichteten Signal sind die unbedeutenden "Überreste" der Bewegungsartefakte.

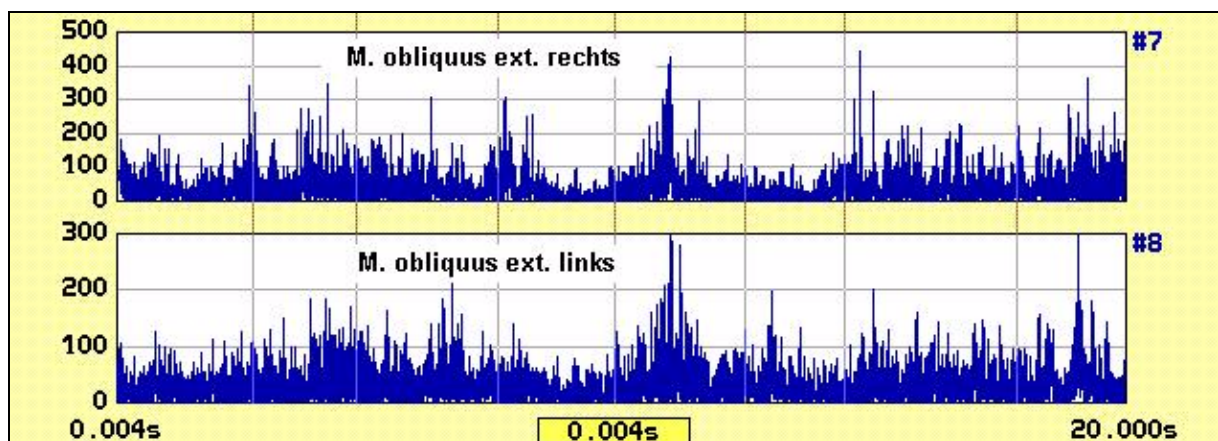


Abbildung 33: Die selben Daten nach Herausfiltern der Bewegungsartefakte

Die in Abb. 33 beispielhaft dargestellten EMG-Daten entsprechen in Form und Struktur in der Literatur gezeigter Signale. Dies bestätigt, dass die Daten und damit die daraus gezogenen Ergebnisse zuverlässig sind.

In der Literatur finden sich zahlreiche Arbeiten zu EMG-Messungen an den Mm. erector spinae und Mm. obliquus externus, bei denen unter Verwendung fast identischer Messvorrichtungen

interindividuelle (34, S. 225) und intraindividuelle (6, S. 132; 10, S. 1330; 21, S. 290; 29, S. 713) Vergleiche der Muskelaktivität vorgenommen wurden. Hierbei erfolgte jedoch eine Datenaufzeichnung nur über kurze Zeiträume bzw. eine Auswertung im Rahmen einzelner Bewegungsphasen. Eine kontinuierliche Aufzeichnung von EMG-Daten über einen längeren Zeitraum und deren Auswertung als Durchschnittswert über diesen Zeitraum, wie es mit dem Procedere dieser Studie vergleichbar wäre, fand sich nur bei Knörringer (26, S. 208). Watson verglich in seiner Studie ebenfalls Muskelaktivitäten miteinander, ohne sie jedoch mittels MVC zu normieren. Er bildete vielmehr den Quotienten aus der Aktivität der paravertebralen Muskulatur während der Beugung des Rumpfes und der Aktivität während einer Ruheposition in maximal gebeugter Stellung (55, S. 168).

Auch in der vorliegenden Arbeit konnte auf eine Normierung der EMG-Daten mittels der Maximalkontraktionen verzichtet werden, da schon die Differenz der durchschnittlichen Muskelaktivitäten beider Körperhälften bei Ski- und Snowboardfahrten keine signifikanten Unterschiede aufwies. Daran würde sich auch durch eine Normierung nichts ändern. Ein ungenügendes Ansprechen der EMG-Elektroden kann ausgeschlossen werden, da vor und nach den Messungen die MVC der zu untersuchenden Muskelgruppen aufgezeichnet wurde und damit das EMG-Signal kontrolliert werden konnte.

4.2 Diskussion der Störfaktoren

Probandenkollektiv

Eine Reihe von Problemen traten hinsichtlich des Probandenkollektivs auf. So war es nicht leicht Testpersonen zu finden, die sowohl über ausreichende Skikenntnisse als auch über genügend Erfahrung auf dem Snowboard verfügten. Viele Wintersportler haben sich inzwischen auf eine Sportart konzentriert, wodurch die Anzahl der möglichen Testpersonen eingeschränkt wurde. Es muss auch auf die unterschiedlichen Arten des Snowboardens hingewiesen werden, die sich auf Fahrstil und Material auswirken (einige Probanden verwendeten asymmetrische, taillierte Raceboards, andere breitere und kürzere Freestyleboards mit entsprechend unterschiedlichem Schuh- und Bindungswerk sowie Fußpositionen). Dadurch entstand hinsichtlich des Erfahrungsgrades in Ski- und Snowboardsport und der Snowboardtechnik ein inhomogenes Kollektiv. Bei 30 Testfahrern erschien es jedoch nicht sinnvoll, eine Einteilung in verschiedene Könnernstufen vorzunehmen.

Slalomparcours

Um Ski- und Snowboard auf der Piste miteinander vergleichen zu können, war ein einheitlicher Parcours notwendig, innerhalb dessen die Probanden zu vorgegebenen Richtungswechseln veranlasst wurden. Gleichzeitig sollten alle Versuchspersonen in der Lage sein, die Strecke mit dem Ski und auf dem Snowboard flüssig und sturzfrei zu durchfahren. Auf Grund des unterschiedlichen Erfahrungsgrades der Fahrer, sowohl untereinander als auch hinsichtlich der verschiedenen Sportgeräte, war dies innerhalb einer standardisierten Strecke nicht einheitlich realisierbar. Während einige Probanden auf Ski und Snowboard zügig durch den Slalom mit mittleren Radien fanden, hatte der ein oder andere mit dem von ihm seltener benutzten Wintersportgerät durchaus seine Mühe. Zu Stürzen kam es jedoch nur äußerst selten, und im Rahmen der drei Wiederholungsmessungen pro Sportgerät fand jede Testperson mindestens einmal auf eine für die Messungen verwertbare Art und Weise ins Ziel.

Fahrgeschwindigkeit

Auf Grund der verschiedenen Erfahrungsgrade der Testpersonen wurde der Slalomparcours mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten durchfahren. Die daraus resultierenden unterschiedlichen Stauchungs-, Beschleunigungs- oder Fliehkräfte waren jedoch nicht das Ziel der Datenerfassung und konnten sich nur in Form von Messartefakten auf die registrierten Daten auswirken, welche, wie oben beschrieben, im Rahmen der Datenaufbereitung eliminiert werden konnten.

Wetter- und Pistenbedingungen

Bei Messungen über einen Zeitraum von zwei Monaten traten natürlich unterschiedliche Wetter- und Schneeverhältnisse auf. Manche Messungen fanden bei Sonne und optimal präparierter Piste statt, an anderen Tagen herrschten jedoch Niederschläge oder eingeschränkte Sicht. Vereinzelt traten Temperaturen auf, bei denen die Piste vereist war, zu anderen Zeiten konnte sie auch sehr weich sein.

Die Messungen konnten auch nicht auf ein und derselben Piste erfolgen. Die Untersuchung wurde auf insgesamt drei verschiedenen Hängen durchgeführt. Obwohl auf ein möglichst ähnliches Profil geachtet wurde, war, im Gegensatz zu Abstand und Folge der Slalomhütchen, eine Standardisierung des Gefälleverlaufs innerhalb des Messparcours nicht möglich.

Alle diese Störfaktoren sind jedoch weitgehend durch den gewählten Versuchsplan (Wiederholungsmessungen, siehe Kap. 2.4 und 2.5.3) kontrolliert.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

Bewegungsumfänge

Die bezüglich des Bewegungsumfanges des Oberkörpers gefundenen Unterschiede zum Skifahren erklären sich leicht aus der Beschaffenheit des Snowboardsports. Durch die in bis zu 90° quer zur Fahrtrichtung ausgerichteten Bindungen sind die Fahrer gezwungen, sich mit dem Oberkörper in Fahrtrichtung zu drehen. Zu dem ist es nicht unüblich, bei Frontsideturns mit der Innenhand in den Schnee zu greifen. Könner tun dies bei ausreichender Schräglage und gestrecktem Oberkörper, weniger geübte Fahrer aus Unsicherheit heraus zur Abstützung, was meist dazu führt, dass sie den Oberkörper zur Piste hin neigen. Ein weiterer häufiger Reflex des Anfängers ist, sich bei subjektiv zu hoher Geschwindigkeit mit dem Oberkörper in Richtung Snowboardheck in eine vermeidlich bremsende Position zu beugen. All dies führt zu Bewegungen großen Umfanges, wie sie beim Skifahren in der Regel nicht zu beobachten sind.

Muskelaktivität

Die doch unerwartete Gleichgültigkeit der Rumpfmuskulatur gegenüber der offensichtlich einseitigen Körperhaltung auf dem Snowboard könnte sich dadurch erklären, dass auch in asymmetrischen Ruhepositionen ein gleichseitiger Haltetonus greift und nur bei Positionsänderungen die Muskelaktivität der jeweiligen Seite kurzzeitig zunimmt. Hinzu kommt die Möglichkeit passiver Haltearbeit durch die elastischen Kräfte eines Muskels in gedehntem Zustand, wie von Hof ⁽²⁴⁾ am Beispiel des M. erector spinae veranschaulicht. Es wurde zudem schon oben darauf hingewiesen, dass die eher asymmetrisch benutzten schrägen Wirbelsäulenrotatoren in der Tiefe liegen und somit ihre elektrischen Potentiale von den gleichseitig aktivierten oberflächlicher gelegenen longitudinalen Streckern überlagert werden. Die Bauchmuskulatur, ein bei vielen Menschen vernachlässigter Teil der Rumpfstabilisatoren, kommt vielleicht weder beim Snowboarden noch beim Skifahren zum Einsatz, was sich in beiden Sportarten negativ auf die Rückenmuskulatur auswirken dürfte.

Insgesamt wird die Rumpfmuskulatur durchschnittlich nicht einseitig aktiviert, trotz im Mittelwert teilweise asymmetrischer Bewegungsumfänge. Muskuläre Dysbalancen zwischen den bei beiden Körperhälften sind somit auch auf Dauer nicht zu erwarten.

4.4 Ausblick

Da die Belastungsunterschiede zwischen Ski und Snowboard sicherlich über die hier dargelegten Ergebnisse hinaus gehen, sollten noch weitere Untersuchungen dieser Art stattfinden. Eine Verbesserung der vorliegenden Arbeit wäre bereits, wenn die Fahrer in beiden Sportarten in unterschiedliche Könnertufen eingeteilt und die Auswirkungen verschiedener Techniken beurteilt würden. Dazu wären interindividuelle Vergleiche von Gruppen aus guten Snowboardern mit solchen guter Skifahrer aber auch mit Gruppen aus Snowboardanfängern sinnvoll. Die hier bei Freizeitsportlern erhobenen Resultate lassen sich nicht auf professionell aktive Snowboarder übertragen. Eine nach Geschlecht getrennte Untersuchung wäre ebenfalls interessant. So hat Denner, die Rumpfmuskulatur betreffend, erhebliche Unterschiede im Gebrauch und Kräfteverhältnis einzelner Muskelgruppen bei Mann und Frau feststellen können (11, S. 3). Das gleiche gilt für die verschiedenen Varianten des Snowboardsports. So kommen sicherlich im Riesenslalom andere Bewegungsabläufe und Belastungen zum Tragen als im Freestylebereich, wo durch die Sprünge und bei den Landungen Extremwerte zu erwarten sind. Recknagel listet eine Reihe von Sportarten mit erhöhtem Spondyloserisiko der LWS auf (37, S. 214). Genannt werden u.a. Kunst- und Turmspringer, Kunstturner, Speerwerfer und Fallschirmspringer. Betrachtet man einen Wettbewerb in der Snowboard-Halfpipe, so erscheinen hinsichtlich der Extrembewegungen und Stoßbelastung der Wirbelsäule Vergleiche mit erwähnten Risikosportarten zulässig. Messungen mit Bewegungs-, aber auch mit den von Recknagel verwendeten Beschleunigungssensoren wären sicherlich sehr aufschlussreich.

Komplettiert werden müssen solche Studien durch die Befragung und körperliche Untersuchung von Profi- oder semiprofessionellen Snowboardern im Rahmen von retrospektiven Studien und Langzeitstudien. Van der Linden konnte so bei einer Befragung von Orientierungsläufern eine im Vergleich zur Normalbevölkerung verringerte Lifetime-Prävalenz von Rückenschmerzen feststellen (53, S. 479), während Sabo bei jungen Sportlern unter hohen axialen Belastungen eine Erhöhung der Mineraliendichte an Wirbelsäule und Hüften nachweisen konnte, deren Zustandekommen als Folge von Mikrofrakturen für möglich gehalten wird (39, S. 4).

Letztendlich könnten so diverse Snowboarding-Techniken hinsichtlich ihrer Beanspruchung der Wirbelsäule und der Muskulatur des Oberkörper kontrolliert und gegebenenfalls geändert werden. An bestimmten Schwachpunkten, durch die das Snowboarden der Gesundheit abträglich sein könnte, wären Präventivmaßnahmen zu entwickeln, wie zum Beispiel die gezielte Stärkung bestimmter Muskelgruppen.

Für die in dieser Studie betrachtete Gruppe aus Freizeitsportlern lassen sich aus den erhobenen Daten keine kritischen Befunde ableiten, die zu besonderen Empfehlungen oder Präventionsmaßnahmen Anlass bieten. Der Nutzen einer prinzipiellen Kräftigung der Rumpfmuskulatur bleibt jedoch für beide Formen des Wintersports unumstritten.

5. Zusammenfassung

Im Gegensatz zu zahlreichen Untersuchungen hinsichtlich Akutverletzungen im Snowboardsport gab es bisher noch kaum Untersuchungen, die sich dem Thema Dauerschäden widmen. In dieser Studie sollte die Kinematik und Muskelaktivität des Oberkörpers zwischen Ski- und Snowboardsport verglichen werden, um daraus Aussagen zu dieser Problematik abzuleiten.

Hierfür wurden mit 30 Probanden Messungen auf der Piste durchgeführt. Bei jeweils drei Fahrten mit Ski und Snowboard durch einen standardisierten Slalomkurs, wurden mittels Winkelmesssensoren die Rotationsbewegung, Seitneigung und Flexion im LWS-Bereich, sowie die Seitneigung der BWS aufgezeichnet. Zudem erfolgte die bilaterale Registrierung der Muskelaktivität des M. obliquus externus abdominis und des M. erector spinae durch Elektromyographie. Alle Fahrten wurden parallel auf Video aufgezeichnet.

Die Auswertung erfolgte für jeden Fahrer in jeweils einer ausgewählten Ski- und Snowboardfahrt im Bereich der gleichen Anzahl vollständiger Schwungzyklen. Betrachtet wurden die Amplitudenverteilung und Mediane der vier registrierten Bewegungsparameter sowie die Aktivität der vier Muskeln, jeweils gemittelt über eine Serie mehrerer Schwünge.

Die interferenzstatistische Auswertung ergab für das Snowboard eine signifikant aus der Frontalebene hin zur Brettspitze gedrehte Bewegungsmittelpunkt und eine signifikant größere Seitneigung der LWS über dem hinteren Bein ($\alpha = 0,01$).

Signifikante Unterschiede in Bezug auf die Beugung von LWS und die Seitneigung der BWS konnten nicht festgestellt werden. Auch die Differenz zwischen den beiden Seiten der Bauch- bzw. Rückenmuskeln unterschied sich nicht zwischen Snowboard- und Skifahrten.

Die so gewonnenen Ergebnisse bestätigten weitgehend die vermuteten einseitigen Bewegungsumfänge auf dem Snowboard.

Dysbalancen in der für die Bewegung und Stabilisierung des Oberkörpers zuständigen Muskulatur konnten in dieser Studie jedoch nicht nachgewiesen werden.

6. Literaturverzeichnis

1. *Anderson E.A., Ma Z., Thorstensson A.*
Relative EMG levels in training exercises for abdominal and hip flexor muscles.
Scand. J. Rehabil. Med. 30 (1998), 175 - 183
2. *Berghold F., Seidl A.M.*
Snowboardunfälle in den Alpen.
Dtsch Z Sportmed 41 (1990), 460 -467
3. *Boldrino C., Furian G.*
Riskfaktors in skiing and snowboarding in Austria.
in "Skiing Trauma and Safety: Twelfth Volume ASTM STP 1345", Johnson R.J. (Hrsg.), American Society for Testing and Materials, West Consohocken, PA, 1997, 166 - 174
4. *Campell L., Skolic P., Ziegler W., Matter P., Fenner A., Noesberger B., Rigo M.*
Snowboardunfälle.
in "20 Jahre Wintersport und Sicherheit - Davos ", Matter P., Holzach P., Heim D. (Hrsg.), Hans Huber Verlag Bern/Göttingen/Toronto/Seattle, 1993, 43 - 53
5. *Clarys J.P., Cabri J.*
Electromyography and the study of sports movements: a review.
J. Sports Sci. 11 (1993), 379 - 448
6. *Clarys J.P., Van Puymbroeck L., Publie J., Bollens E., Cabri J., De Witte B.*
Influence of ski materials on muscle activity.
J. Sports Sci. 4 (1986), 129 - 139
7. *Dalichau S., Scheele K., Reissdorf C., Huebner J.*
Die kinematische Ganganalyse unter besonderer Berücksichtigung von Lendenwirbelsäule und Becken.
Dtsch. Z. Sportmed. 49 (1998), 340 - 346
8. *Dann K., Kristen K.-H., Ring G.*
Über den Wandel des Verletzungsmusters beim Snowboarden in Abhängigkeit vom Fahrkönnen.
Sportorthop. Sporttraumatol. 11 (1995), 235 - 240
9. *Dann K., Kristen K.-H., Boldrino C.*
Verletzungen von Snowboard-Profis.
Sportorthop. Sporttraumatol. 12 (1996), 257 - 260
10. *Delitto R.S., Rose S.J., Apts D.W.*
Electromyographic analysis of two techniques for squat lifting.
Phys. Ther. 67 (1987), 1329 - 1334
11. *Denner A.*
Die wirbelsäulenstabilisierende Muskulatur, Analysemethoden, Referenzdaten und trainingsbedingte Anpassungserscheinungen.
Deutscher Orthopädenkongress Wiesbaden, 20.10.1996
12. *Dingerkus M.L., Öttl G., Martinek V.*
Snowboarden - eine gefährliche Sportart?
Sportorthop. Sporttraumatol. 11 (1995), 225 -229
13. *Dingerkus M.L., Öttl G., Elhardt K.*
Verletzungen und Überlastungen beim Snowboarden.
Sportorthop. Sporttraumatol. 14 (1998), 19 - 24
14. *Eggers C., Stahlenbrecher A.*
Verletzungen der BWS und LWS.
Unfallchirurg 101 (1998), 779 -790
15. *Engelhardt M., Freiwald J.*
EMG-kontrollierte Muskelrehabilitierung - Knieverletzungen.
Sportverl. Sportschad. 11 (1997), 87 - 99

16. *Ferguson S.A., Marras W.S.*
A literature review of low back pain disorders surveillance measures and risk factors.
Clin. Biomech. 12 (1997), 211 - 226
17. *Froböse J., Hardelauf U., Güttge C.*
Elektromyographische Beobachtung zur Muskelermüdung bei exzentrischer und konzentrischer Kontraktionsform im Rahmen des postoperativen isokinetischen Aufbaustrainings.
Dtsch. Z. Sportmed. 6 (1992), 262 - 271
18. *Gabl M., Lang T., Pechlaner S., Sailer R.*
Snowboardverletzungen.
Sportverl. Sportschad. 5 (1991), 172 - 174
19. *Geyer M., Beyer M.*
Skisportverletzungen: Analyse aus einem deutschen Skigebiet.
Sportverl. Sportschad. 3 (1989), 143 - 148
20. *Gorschewsky O., Goertzen M., Zollinger H.*
Snowboardverletzungen.
Dtsch. Z. Sportmed. 45 (1994), 109 - 112
21. *Hall S.J., Kent J.A., Dickinson V.R.*
Comparative assessments of novel sailing trapeze harness designs.
Int. J. Sport Biomech. 5 (1989), 289 - 296
22. *Hansson G.-A., Balogh I., Ohlsson K., Rylander L., Skerfving S.*
Goniometer measurements and computer analyses of wrist angles and movements applied to occupational repetitive work.
J. Electromyogr. Kinesiol. 6 (1996), 23 - 35
23. *Heim D., Weymann A., Loelinger U., Matter P.*
Epidemiologie der Wintersportunfälle.
in "20 Jahre Wintersport und Sicherheit - Davos ", Matter P., Holzach P., Heim D. (Hrsg.), Hans Huber Verlag Bern/Göttingen/Toronto/Seattle, 1993, 17 - 31
24. *Hof A.L.*
The relationship between electromyogram and muscle force.
Sportverl. Sportschad. 11 (1997), 79 - 86
25. *Jerosch J., Bachmann B., Linnenbecker S., Thorwesten L.*
Snowboarden: Typische Verletzungen - Ursachen - Prophylaktische Maßnahmen.
Dtsch. Z. Sportmed. 47 (1996), 562 - 569
26. *Knörringer M., Schaff P., Rosemeyer B.*
Zur Frage einer einseitigen Muskelbelastung im Snowboardsport.
Sportorthop. Sporttraumatol. 14 (1998), 206 - 210
27. *Koller A., Haid C., Hörtnagl H.*
Muskuläre Beanspruchung im alpinen Skilauf vom Breiten- zum Spitzensport.
Sportorthop.- Sporttraumatol. 13 (1997), 213 - 216
28. *Kuntson L.M., Soderberg G.L., Ballantyne B.T., Clarke W.R.*
A study of various normalisation procedures for within day electromyography data.
J. Electromyogr. Kinesiol. 4 (1994), 47 - 59
29. *Louie J.K., Kuo C.Y., Gutierrez M.D., Mote C.D. jr.*
Surface EMG and torsion measurements during snow skiing: Laboratory and field tests.
J. Biomech. 17 (1984), 713 - 724
30. *Machold W., Kolonja A., Kwasny O., Fuchs M.*
Verletzungsrisiken beim Snowboarden.
Sportverl. Sportschad. 13 (1999) 1 - 7
31. *Mirka G., Kelaher D., Baker A., Harrison A., Davis J.*
Selective activation of the external oblique musculature during axial torque production.
Clin. Biomech. 12 (1997), 172 - 180

32. Müller G., Hille E., Szpalsky M.
Die Funktion der Rumpfmuskulatur bei Hochleistungsrunderern.
Sportverl. Sportschad. 8 (1994), 134 - 142
33. Nägerl H., Kubein-Meesenburg D., Cotta H., Fanghänel J., Rossow A., Spierling S.
Biomechanische Prinzipien in Diarthrosen und Synarthrosen, Teil IV: Zur Mechanik der
Wirbelsäule im Lendenbereich. Eine Pilotstudie.
Z. Orthop. 133 (1995), 481 - 491
34. Noe D.A., Mostardi R.A., Jackson M.E., Porterfield J.A., Askew M.J.
Myoelectric activity and sequencing of selected trunk muscles during isokinetic lifting.
Spine 17 (1992), 225 - 229
35. Oberthaler G., Primavesi Ch., Niederwiese B., Hertz H.
Snowboardunfälle 1991 bis 1994 - Eine Analyse.
Sportverl. Sportschad. 9 (1995) 118 - 122
36. Pino E.C., Colville M.R.
Snowboard injuries.
Am J Sports Med 17 (1989), 778 - 781
37. Recknagel S., Witte H.
Landungen nach Sprüngen, falsche Technik begünstigt Spondylose.
Z. Orthop. 134 (1996), 214 - 218
38. Röhrl S., Hauser W., Schaff P., Rosemeyer B.
Verletzungsmuster beim Skifahren weltweit.
Sportverl. Sportschad. 8 (1994), 73 - 82
39. Sabo D., Reiter A., Pfeil J., Gießbacher A., Niethart F.U.
Beeinflussung der Knochenqualität durch extreme körperliche Belastung.
Z. Orthop. 134 (1996), 1 - 6
40. Saur P., Koch D., Steinmetz U., Straub A., Ensink F.-B. M., Kettler D., Hildebrandt J.
Die isokinetische Kraftleistungsfähigkeit der Rumpfmuskulatur von Patienten mit chronischen
Rückenschmerzen.
Z. Orthop. 135 (1997), 315 - 322.
41. Schaff P., Senner V.
Elektromyographie (EMG), Grundlagen für das Verständnis und die Anwendung in der
Biomechanik und Sportorthopädie.
Sportorthop. Sporttraumatol. 15 (1999), 34 - 36
42. Schrank C., Gaulrapp H., Rosemeyer B.
Verletzungsmuster und -risiken von Profisportlern im Snowboardsport.
Sportverl. Sportschad. 13 (1999) 8 - 13
43. Senner V., Schaff P.
Elektromyographie (EMG), Physiologie des EMG-Signals, dessen messtechnische Erhebung und
Auswertung.
Sportorthop. Sporttraumatol. 15 (1999), 160 - 165
44. Shealy J.E., Ettliger C.F., Buonomo V.
Epidemiology of snowboarding injuries 1988 to 1995.
in "Skiing Trauma and Safety: Eleventh Volume ASTM STP 1289"
Johnson R.J., Mote Jr. C.D., Ekeland A. (Hrsg.), American Society for Testing and Materials, West
Consohocken, PA, 1997, 49 - 59
45. Snow, 1/1989, 48 - 49
46. Soltmann J.
Verletzungsmuster im alpinen Skilauf, konventionelle vs. Carvingstechnik.
Medizinische Dissertation an der Technischen Universität München, in Vorbereitung
47. Sport+Mode, 10/1989, 33
48. Sport+Mode, 23/2000, 18 - 19
49. Sport+Mode, 8/2000, 10

50. *Stöhr H., Geyer M., Münch E.O., Hörterer H.*
Werden Weltklasse-Skirennläufer zu Sportinvaliden?
Sportorthop. Sporttraumatol. 12 (1996), 279 - 283
51. *Süddeutsche Zeitung*, 26.1.1996, 46
52. *Süddeutsche Zeitung*, 6.2.1996, 21
53. *Van der Linden S.M., Fahrer H.*
Occurrence of spinal pain syndromes in a group of apparently healthy and physically fit sportsmen (orienteers).
Scand. J. Rheumatol. 17 (1988), 475 - 481
54. *Wambacher M., Benedetto K.P., Gabl M., Wischatta R.*
Verletzungsmuster beim Snowboarden.
Sportorthop. Sporttraumatol. 11 (1995) 230 - 234
55. *Watson P.J., Booker C.K., Main C.J., Chen A.C.N.*
Surface electromyography in the identification of chronic low back pain patients: the development of the flexion relaxation ratio.
Clin. Biomech. 12 (1997), 165 - 171
56. *Weiß C.*
"Snowboarding know-how"
BLV München, 1995, 2. Auflage
57. *Werner J.*
"Medizinische Statistik"
Urban & Schwarzenberg, München - Wien - Baltimore, 1984
58. *Wetz H.-H., Schuchardt E.*
Instabilitätsprobleme der Wirbelsäule im Sport.
Sportverl. Sportschad. 4 (1990), 186 - 192
59. *Zollinger H., Gorschewsky O., Cathrein P.*
Verletzungen beim Snowboardsport - eine prospektive Studie:
Sportverl. Sportschad. 8 (1991) 31 - 37

7. Anhang

7.1 Probandenkollektiv

	Geschlecht	Alter [Jahre]	Fussposition [regular/goofy]	Bindungssystem [Hard-/Softboots]	Erfahrung [Jahre]
vpa	w	28	r	h	2
vpb	m	26	r	h	3
vpc	m	22	r	h	1
vpd	m	27	r	s	1
vpe	m	23	r	s	4
vpf	m	23	g	s	5
vpg	m	18	r	s	4
vph	m	26	g	s	4
vpi	m	26	g	h	7
vpk	m	22	g	h	2
vpl	w	40	g	h	1
vpm	m	25	r	s	5
vpn	w	26	r	s	3
vpo	w	23	r	s	1
vpq	m	26	r	s	7
vpr	m	27	g	s	9
vps	w	25	g	h	3
vpt	m	24	r	h	5
vpu	m	28	g	h	2
vpv	m	23	r	s	1
vpw	m	25	g	s	7
vpx	m	23	r	s	7
vpy	w	37	r	h	2
vpz	m	22	r	s	6
vpza	m	22	g	h	9
vpzb	m	35	r	h	6
vpzc	m	33	r	h	5
vpzd	w	23	r	h	6
vpze	m	23	r	s	7
vpzf	m	22	g	s	7

7.2 Mittelwerte aller Kanäle der ausgewerteten Fahrten

vpa-Board3 (exp04) neu2

Statistik: 2.686s bis 17.846s = 15.160s
 Kanal min max Mittel Stdabw. Integral
 #1 -12.04 1.14 -5.17 2.87 -78.3
 #3 -10.92 10.30 1.25 5.79 19
 #4 -17.26 11.71 -4.46 6.48 -67.6
 #5 0.00 720.37 79.14 77.85 1.2E+03
 #6 0.00 1099.37 105.23 104.40 1.6E+03
 #7 0.00 442.72 43.04 44.54 652
 #8 0.01 365.57 33.03 29.38 501

vpa-Ski1 (exp05) neu2

Statistik: 1.592s bis 14.524s = 12.932s
 Kanal min max Mittel Stdabw. Integral
 #1 -5.77 8.32 -0.07 3.39 -0.855
 #3 -8.56 11.30 -0.86 5.01 -11.1
 #4 -8.53 11.10 0.30 4.75 3.85
 #5 0.00 822.99 66.87 67.32 865
 #6 0.00 1258.66 99.37 108.67 1.29E+03
 #7 0.00 360.11 35.95 36.55 465
 #8 0.00 725.56 35.65 45.55 461

vpd-board3 (exd05) neu2

Statistik: 2.968s bis 19.648s = 16.680s
 Kanal min max Mittel Stdabw. Integral
 #1 -25.71 33.85 -0.78 11.17 -12.9
 #2 -38.80 -7.98 -22.56 6.25 -376
 #3 -3.88 15.12 5.86 5.84 97.7
 #5 0.01 622.22 54.72 59.20 913
 #6 0.01 502.58 50.99 49.36 851
 #7 0.00 310.84 23.07 24.38 385
 #8 0.00 39.78 3.53 2.79 58.9

vpd-ski1 (exd06) neu2

Statistik: 2.792s bis 17.740s = 14.948s
 Kanal min max Mittel Stdabw. Integral
 #1 -10.25 9.23 -0.63 4.20 -9.45
 #2 -42.68 -16.26 -25.52 4.76 -381
 #3 -11.15 7.93 -0.60 6.24 -8.91
 #5 0.01 1811.30 99.41 152.99 1.49E+03
 #6 0.00 522.49 32.35 36.53 484
 #7 0.00 458.89 16.84 20.15 252
 #8 0.00 28.59 1.48 2.13 22.1

vpe-board3 (exe05) neu2

Statistik: 2.226s bis 16.468s = 14.242s
 Kanal min max Mittel Stdabw. Integral
 #1 -10.50 0.17 -4.97 3.12 -70.7
 #2 -28.84 -4.13 -17.22 7.79 -245
 #3 1.22 10.87 5.73 1.98 81.6
 #5 0.01 484.38 44.60 53.70 635
 #6 0.00 397.64 33.68 38.41 480
 #7 0.00 464.63 23.81 23.72 339
 #8 0.01 196.70 15.85 15.25 226

vpe-ski1 (exe06) neu2

Statistik: 1.802s bis 13.250s = 11.448s
 Kanal min max Mittel Stdabw. Integral
 #1 -3.94 4.74 0.13 1.79 1.44
 #2 -28.99 -9.14 -18.13 4.21 -208
 #3 -7.93 8.16 0.37 4.04 4.3
 #5 0.01 626.18 49.04 55.68 561
 #6 0.01 430.07 44.49 46.89 509
 #7 0.00 368.91 25.29 28.87 289
 #8 0.00 402.32 26.17 33.56 300

vpf-board3 (exf03) neu2

Statistik: 1.942s bis 15.690s = 13.748s
 Kanal min max Mittel Stdabw. Integral
 #1 -9.52 18.23 2.21 6.91 30.4
 #2 -27.97 22.07 -4.69 15.36 -64.5
 #3 -18.59 4.77 -7.88 6.68 -108
 #5 0.00 545.47 35.05 45.39 482
 #6 0.00 424.32 34.85 40.88 479
 #7 0.00 790.27 30.09 53.08 414
 #8 0.02 1020.81 46.27 79.58 636

vpf-ski1 (exf05) neu2

Statistik: 0.212s bis 11.944s = 11.732s
 Kanal min max Mittel Stdabw. Integral
 #1 -2.88 7.32 2.92 2.51 34.3
 #2 -18.94 -2.83 -9.55 3.72 -112
 #3 -13.23 6.43 -3.92 6.04 -46
 #5 0.01 404.54 36.47 38.90 428
 #6 0.01 381.50 40.68 40.99 477
 #7 0.00 374.00 32.41 39.86 380
 #8 0.02 286.96 24.31 27.30 285

vpg-board1 (exg06) neu2

Statistik: 0.532s bis 15.830s = 15.298s
 Kanal min max Mittel Stdabw. Integral
 #1 -13.16 5.71 -6.37 3.76 -97.4
 #2 -31.34 4.95 -15.39 10.61 -235
 #3 -7.04 16.08 5.51 6.68 84.3
 #4 -21.64 1.55 -9.77 7.24 -149
 #5 0.01 420.38 47.09 47.15 720
 #6 0.00 578.78 51.31 54.37 785
 #7 0.00 624.11 55.97 57.58 856
 #8 0.00 555.21 33.50 40.07 513

vpg-ski3 (exg05) neu2

Statistik: 0.458s bis 18.516s = 18.058s
 Kanal min max Mittel Stdabw. Integral
 #1 -14.99 7.36 -4.34 6.29 -78.3
 #2 -37.21 -12.40 -21.94 5.14 -396
 #3 -16.83 13.31 -0.32 6.07 -5.81
 #4 -10.97 10.72 0.23 4.32 4.11
 #5 0.01 2061.68 65.31 86.92 1.18E+03
 #6 0.00 408.41 38.88 40.10 702
 #7 0.00 510.53 30.43 32.28 549
 #8 0.00 438.40 33.60 35.43 607

vpk-board1 (exk05) neu2

Statistik: 0.424s bis 16.748s = 16.324s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-9.37	9.25	-1.94	3.38	-31.7
#2	-31.15	-6.24	-19.92	7.35	-325
#3	-23.61	7.09	-7.59	9.55	-124
#4	-11.17	12.58	0.07	5.93	1.15
#5	0.02	540.82	46.44	49.83	758
#6	0.01	517.34	46.84	49.16	765
#7	0.00	610.56	52.43	56.99	856
#8	0.00	725.31	36.86	46.98	602

vpk-ski3 (exk03) neu2

Statistik: 1.910s bis 17.066s = 15.156s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-10.52	12.48	-0.39	6.37	-5.92
#2	-31.58	-6.75	-21.14	6.20	-320
#3	-12.11	19.52	2.63	11.19	39.9
#4	-9.14	8.80	1.20	4.20	18.1
#5	0.00	307.81	37.99	36.84	576
#6	0.01	477.18	39.54	40.32	599
#7	0.01	527.93	50.45	51.65	765
#8	0.00	984.66	32.09	43.84	486

vpl-board3 (exl03) neu2

Statistik: 3.152s bis 19.470s = 16.318s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	0.40	19.89	8.59	4.47	140
#2	-39.56	-13.07	-26.92	7.63	-439
#3	-16.73	2.40	-7.85	4.98	-128
#5	0.00	600.27	50.80	61.23	829
#6	0.00	1697.27	40.05	76.62	654
#7	0.01	358.93	41.28	39.38	674
#8	0.00	959.85	42.77	57.27	698

vpl-ski1 (exl04) neu2

Statistik: 1.908s bis 12.192s = 10.284s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-2.40	17.77	6.15	6.26	63,4
#2	-36.84	-12.28	-23.77	5.47	-244
#3	-16.96	9.11	-5.47	6.03	-56.3
#5	0.00	211.73	19.88	21.59	204
#6	0.00	272.11	15.21	16.89	156
#7	0.02	315.07	47.35	40.81	487
#8	0.00	769.62	61.89	69.57	636

vpm-board3 (exm07) neu2

Statistik: 2.016s bis 17.350s = 15.334s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-9.32	4.49	-1.66	2.71	-25.4
#2	-44.37	-9.96	-32.61	8.23	-500
#3	-15.47	9.69	-0.58	7.85	-8.85
#4	-13.79	12.13	-2.07	6.56	-31.7
#5	0.00	657.88	42.27	51.32	648
#6	0.00	879.75	51.92	68.73	796
#7	0.04	1040.91	61.51	66.98	943
#8	0.01	520.65	44.53	50.08	683

vpm-ski1 (exm01) neu2

Statistik: 1.448s bis 15.152s = 13.704s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-7.96	6.14	-0.70	2.17	-9.56
#2	-46.69	-17.54	-36.56	6.64	-501
#3	-6.41	18.50	7.31	7.89	100
#4	-12.20	12.68	-0.70	6.49	-9.51
#5	0.01	739.49	45.23	59.17	620
#6	0.00	841.51	43.65	53.82	598
#7	0.00	975.37	68.12	84.11	934
#8	0.00	868.36	47.72	55.95	654

vpn-board1 (exn02) neu2

Statistik: 0.778s bis 18.940s = 18.162s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-6.93	8.51	-0.12	2.59	-2.22
#2	-53.12	-17.70	-31.68	8.32	-575
#3	-5.66	17.94	4.93	5.61	89.6
#4	-2.24	20.58	8.38	4.82	152
#5	0.00	405.75	35.99	39.98	654
#6	0.00	984.63	47.83	66.97	869
#7	0.01	281.81	20.90	24.55	379
#8	0.01	669.42	18.54	28.85	337

vpn-ski1 (exn06p.ad) neu2

Statistik: 2.122s bis 17.878s = 15.756s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-5.73	11.12	3.00	4.29	47.3
#2	-49.16	-23.25	-35.83	6.85	-564
#3	-10.53	11.95	0.98	6.31	15.4
#4	-9.24	8.34	1.09	4.12	17.1
#5	0.00	562.08	48.98	52.63	772
#6	0.00	316.09	38.57	38.29	608
#7	0.00	218.00	16.37	17.62	258
#8	0.00	132.06	15.52	13.55	245

vpo-board3 (exo08) neu2

Statistik: 3.110s bis 13.780s = 10.670s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-19.14	11.18	-3.81	6.28	-40.6
#2	-38.44	-13.97	-23.83	6.44	-254
#3	18.23	41.90	28.92	7.81	309
#4	2.78	25.20	11.67	5.07	124
#5	0.00	227.63	20.85	22.62	223
#6	0.01	293.93	31.65	33.24	338
#7	0.01	123.11	17.42	16.15	186
#8	0.01	343.47	22.42	26.39	239

vpo-ski3 (exo03) neu2

Statistik: 2.078s bis 9.506s = 7.428s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-13.73	10.69	-1.86	4.98	-13.8
#2	-31.69	-4.33	-16.30	5.86	-121
#3	-7.96	17.72	4.66	6.68	34.6
#4	-8.12	11.50	2.07	4.86	15.4
#5	0.00	563.88	46.60	51.62	346
#6	0.01	545.24	45.79	46.95	340
#7	0.01	323.75	27.08	34.52	201
#8	0.00	712.27	32.61	52.81	242

vpq-board3 (exq03) neu2

Statistik: 1.094s bis 8.974s = 7.880s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-11.55	6.41	-3.84	3.34	-30.2
#2	-32.68	-6.15	-16.08	6.95	-127
#3	-1.85	21.68	10.77	8.24	84.8
#4	0.20	21.93	9.19	7.12	72.4
#5	0.02	306.58	33.29	33.27	262
#6	0.01	539.13	45.77	48.60	361
#7	0.00	365.07	26.72	32.06	211
#8	0.01	176.67	19.44	18.55	153

vpr-board3 (exr03) neu2

Statistik: 1.096s bis 16.430s = 15.334s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-2.64	34.22	17.95	6.62	275
#3	-12.19	14.72	0.75	6.47	11.6
#4	-5.55	10.41	3.71	4.19	57
#5	0.01	559.74	30.86	33.16	473
#6	0.00	300.21	27.48	28.05	421
#7	0.00	376.11	30.46	32.36	467
#8	0.00	344.54	31.69	30.76	486

vps-board3 (exs03) neu2

Statistik: 2.508s bis 17.032s = 14.524s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#2	-31.79	-6.71	-23.16	6.09	-336
#3	-5.67	14.88	3.29	6.47	47.8
#4	-5.45	1.86	-2.09	1.61	-30.3
#5	0.01	415.44	54.40	47.87	790
#6	0.02	370.61	47.90	46.95	696
#7	0.00	515.42	60.64	58.78	881
#8	0.01	255.39	23.56	23.81	342

vpw-board1 (exw06) neu2

Statistik: 2.298s bis 17.916s = 15.618s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-2.47	22.48	8.91	4.13	139
#2	-40.49	-5.60	-23.73	9.38	-371
#3	-13.33	15.11	-0.36	8.09	-5.7
#4	-17.19	29.76	7.85	12.52	123
#5	0.00	737.81	56.15	58.22	877
#6	0.03	1035.16	76.14	94.48	1.19E+03
#7	0.00	598.47	32.93	45.39	514
#8	0.00	84.06	8.64	8.35	135

vpx-board2 (exx08) neu2

Statistik: 2.192s bis 17.702s = 15.510s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-13.75	-0.94	-7.17	3.00	-111
#5	0.00	427.46	44.01	46.17	683
#6	0.00	474.57	37.92	40.97	588
#7	0.00	318.18	10.68	13.31	166
#8	0.00	53.59	6.63	6.61	103

vpy-board2 (exy12) neu2

Statistik: 1.910s bis 19.222s = 17.312s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-14.54	2.24	-6.08	3.36	-105
#2	-42.41	-15.06	-29.89	5.77	-517
#3	-8.96	10.88	1.06	5.47	18.4
#4	-17.25	3.77	-7.58	5.67	-131
#5	0.00	184.98	19.74	18.63	342
#6	0.00	515.53	27.34	30.23	473
#7	0.00	54.63	6.22	5.63	108
#8	0.00	73.81	8.32	7.54	144

vpq-ski1 (exq04) neu2

Statistik: 1.308s bis 12.788s = 11.480s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-7.07	5.71	-0.10	2.86	-1.12
#2	-41.06	-7.19	-20.08	7.49	-231
#3	-7.21	16.66	4.36	7.13	50
#4	-1.83	10.32	3.78	2.94	43.4
#5	0.01	520.81	47.40	47.08	544
#6	0.02	970.81	82.95	102.42	952
#7	0.01	901.24	71.77	86.03	824
#8	0.01	408.68	44.62	46.35	512

vpr-ski1 (exr04) neu2

Statistik: 0.352s bis 14.346s = 13.994s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-44.38	19.75	-8.86	21.69	-124
#3	-13.25	9.88	-0.99	5.89	-13.8
#4	-15.23	7.05	-3.67	6.25	-51.4
#5	0.02	439.72	38.52	43.20	539
#6	0.01	592.13	36.37	40.51	509
#7	0.02	3042.18	92.39	284.02	1.29E+03
#8	0.02	328.27	34.42	32.10	482

vps-ski1 (exs05) neu2

Statistik: 1.942s bis 14.736s = 12.794s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#2	-31.10	-11.01	-23.86	5.37	-305
#3	-7.56	10.85	3.27	6.27	41.9
#4	-5.10	5.46	-0.08	2.56	-0.996
#5	0.01	255.08	31.75	30.43	406
#6	0.01	452.09	43.59	43.73	558
#7	0.00	2820.88	67.42	183.82	863
#8	0.00	144.68	9.37	8.99	120

vpw-ski2 (exw03) neu2

Statistik: 1.698s bis 16.608s = 14.910s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-7.84	12.62	2.03	4.26	30.3
#2	-31.04	-3.50	-19.50	6.87	-291
#3	-12.61	15.40	-0.04	7.55	-0.584
#4	-13.33	19.91	1.82	6.90	27.1
#5	0.00	518.59	56.23	62.33	839
#6	0.01	726.30	61.54	72.79	918
#7	0.00	266.96	26.22	28.24	391
#8	0.00	171.05	15.56	16.40	232

vpx-ski3 (exx03) neu2

Statistik: 1.724s bis 16.322s = 14.598s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-12.85	11.35	0.08	5.74	1.11
#5	0.00	575.96	51.48	56.40	752
#6	0.02	437.06	47.16	46.66	688
#7	0.00	338.33	22.33	22.94	326
#8	0.01	300.06	29.04	29.94	424

vpy-ski3 (exy07) neu2

Statistik: 1.838s bis 12.862s = 11.024s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-11.96	8.62	-1.04	6.13	-11.4
#2	-67.15	-44.89	-56.20	5.33	-620
#3	-6.58	11.50	0.52	4.51	5.77
#4	-5.89	5.26	-0.22	2.98	-2.41
#5	0.02	518.38	39.86	43.92	439
#6	0.01	216.13	24.02	22.89	265
#7	0.01	222.33	23.53	24.33	259
#8	0.01	79.54	10.18	8.86	112

vpz-board1 (exz01) neu2

Statistik: 2.050s bis 19.362s = 17.312s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-35.94	0.08	-17.93	7.97	-310
#2	-34.73	35.07	-2.43	17.20	-42
#3	-46.67	9.34	-10.85	15.63	-188
#4	-11.08	8.90	-2.99	3.85	-51.8
#5	0.00	1068.66	71.58	85.26	1.24E+03
#6	0.00	1100.05	78.00	106.99	1.35E+03
#7	0.04	1176.34	79.60	99.14	1.38E+03
#8	0.00	803.53	69.69	79.38	1.21E+03

vpza-board1 (eza02) neu2

Statistik: 0.452s bis 18.586s = 18.134s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-7.21	9.61	2.05	3.86	37.2
#2	-35.94	-5.79	-24.24	6.30	-440
#3	-16.90	20.16	0.65	12.33	11.7
#4	-17.05	11.59	-4.34	6.41	-78.7
#5	0.01	705.96	66.01	72.06	1.2E+03
#6	0.02	571.11	70.64	78.83	1.28E+03
#7	0.01	800.93	60.84	73.43	1.1E+03
#8	0.00	675.35	32.81	38.40	595

vpzb-board2 (ezb06) neu2

Statistik: 0.920s bis 18.268s = 17.348s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-9.07	7.13	-1.70	3.71	-29.6
#2	-42.65	-17.97	-30.79	5.62	-534
#3	-8.88	22.82	7.97	9.09	138
#4	-16.50	21.02	1.35	12.08	23.3
#5	0.01	818.52	66.06	73.09	1.15E+03
#6	0.01	603.32	61.74	63.57	1.07E+03
#7	0.00	736.22	43.43	54.85	753
#8	0.00	609.33	34.06	44.14	591

vpzc-board3 (ezc03) neu2

Statistik: 2.970s bis 19.542s = 16.572s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-17.23	8.73	-4.85	6.07	-80.3
#2	-53.53	-5.60	-29.14	11.77	-483
#3	-36.84	-1.52	-19.84	9.55	-329
#4	6.33	8.79	7.67	0.59	127
#5	0.00	502.63	50.56	53.79	838
#6	0.04	2418.26	307.72	317.52	5.1E+03
#7	0.01	504.43	38.06	44.35	631
#8	0.00	156.24	11.87	11.74	197

vpzd-ski3 (ezd03) neu2

Statistik: 2.050s bis 17.916s = 15.866s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-21.98	5.79	-8.20	6.25	-130
#2	-50.99	-13.82	-35.66	8.45	-566
#3	-15.62	15.99	-0.74	9.63	-11.8
#5	0.02	569.78	77.79	76.43	1.23E+03
#6	0.00	1490.58	162.12	176.57	2.57E+03
#7	0.00	577.47	58.89	63.38	934
#8	0.00	1317.49	50.26	65.87	797

vpz-ski1 (exz06) neu2

Statistik: 0.566s bis 15.832s = 15.266s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-14.00	18.78	-0.12	6.29	-1.84
#2	-40.42	-18.37	-28.76	4.45	-439
#3	-21.29	19.12	0.82	11.77	12.5
#4	-8.16	5.62	-1.57	2.70	-23.9
#5	0.00	1075.56	87.17	102.19	1.33E+03
#6	0.00	827.14	90.66	92.14	1.38E+03
#7	0.00	815.59	54.76	60.43	836
#8	0.01	715.57	68.29	65.51	1.04E+03

vpza-ski2 (eza09) neu2

Statistik: 0.532s bis 15.548s = 15.016s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-16.58	6.39	-1.03	4.92	-15.5
#2	-33.59	-12.81	-24.71	4.41	-371
#3	-14.56	14.23	0.63	7.01	9.4
#4	-8.37	10.09	0.88	4.20	13.2
#5	0.00	734.06	79.45	82.38	1.19E+03
#6	0.00	636.41	72.66	68.57	1.09E+03
#7	0.01	471.05	54.59	56.29	820
#8	0.01	796.12	24.08	27.45	362

vpzb-ski3 (ezb04) neu2

Statistik: 1.730s bis 18.302s = 16.572s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-6.91	3.82	-1.56	2.30	-25.8
#2	-44.96	-21.55	-31.85	4.66	-528
#3	-12.79	13.36	-0.98	8.72	-16.2
#4	-12.43	15.87	1.15	8.21	19.1
#5	0.01	749.17	55.84	64.04	925
#6	0.01	955.57	62.89	72.61	1.04E+03
#7	0.00	298.40	27.08	30.39	449
#8	0.00	522.48	34.28	39.49	568

vpzc-ski1 (ezc05) neu2

Statistik: 1.486s bis 19.328s = 17.842s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-11.72	8.67	-0.57	4.95	-10.1
#2	-40.31	-14.39	-27.10	5.79	-484
#3	-25.26	4.30	-10.64	8.27	-190
#4	-2.37	16.08	6.20	5.44	111
#5	0.01	2606.99	175.01	289.89	3.12E+03
#6	0.06	3660.06	419.84	428.88	7.49E+03
#7	0.00	1226.73	68.75	95.83	1.23E+03
#8	0.00	266.26	28.15	31.03	502

vpzd-board1 (ezd04) neu2

Statistik: 1.838s bis 14.840s = 13.002s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-10.23	17.28	-1.70	7.24	-22.2
#2	-66.26	26.61	-22.46	21.74	-292
#3	-10.82	26.43	10.06	9.33	131
#5	0.01	1569.89	171.27	186.22	2.23E+03
#6	0.03	1634.80	223.42	219.66	2.91E+03
#7	0.00	795.88	81.77	85.40	1.06E+03
#8	0.01	875.67	49.04	60.46	638

vpze-board3 (eze04) neu2

Statistik: 2.016s bis 17.312s = 15.296s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#2	-56.91	15.19	-27.81	16.07	-425
#3	-26.29	10.48	-8.07	8.03	-123
#5	0.00	795.54	75.32	82.13	1.15E+03
#6	0.01	1311.54	84.70	92.57	1.3E+03
#7	0.00	116.97	12.13	11.03	186
#8	0.00	1113.06	68.76	88.54	1.05E+03

vpze-ski1 (eze05) neu2

Statistik: 1.132s bis 17.348s = 16.216s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#2	-55.63	-22.35	-37.77	7.71	-612
#3	-21.88	13.46	-5.29	9.10	-85.7
#5	0.01	1097.98	82.98	91.44	1.35E+03
#6	0.00	950.17	77.34	85.97	1.25E+03
#7	0.00	486.53	18.90	25.45	306
#8	0.00	1253.44	59.78	89.56	969

vpzf-board1 (ezf05) neu2

Statistik: 3.074s bis 18.976s = 15.902s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-24.45	10.22	-3.86	6.62	-61.3
#2	-15.84	-0.36	-9.66	2.83	-154
#3	-10.57	5.77	-4.29	4.69	-68.2
#5	0.00	1421.14	107.57	111.70	1.71E+03
#6	0.01	748.97	91.25	84.57	1.45E+03
#7	0.00	488.57	32.02	36.63	509
#8	0.00	311.04	17.66	21.09	281

vpzf-ski1 (ezf02) neu2

Statistik: 2.684s bis 14.912s = 12.228s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-19.12	12.36	-1.31	9.47	-16
#2	-22.49	-3.34	-12.11	5.97	-148
#3	-12.70	6.28	-3.32	5.12	-40.7
#5	0.00	932.29	84.60	91.82	1.03E+03
#6	0.04	1065.28	90.68	93.33	1.11E+03
#7	0.01	316.67	39.19	39.22	479
#8	0.02	306.86	26.13	25.53	320

Bei folgenden Fahrten waren nur die Kanäle 5 - 8 verwertbar (EMG)

vpb-board2 (exb15) neu2

Statistik: 0.814s bis 17.528s = 16.714s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	5.99	19.15	12.31	2.61	206
#2	-50.70	-6.39	-29.83	8.51	-499
#3	-30.37	9.04	-8.50	11.78	-142
#5	0.00	446.15	37.65	46.44	629
#6	0.00	448.71	37.04	42.57	619
#7	0.00	2043.27	76.46	152.61	1.28E+03
#8	0.00	878.51	52.70	61.14	881

vpb-ski2 (exb06) neu2

Statistik: 0.178s bis 17.060s = 16.882s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-5.09	9.54	3.75	4.00	63.4
#4	0.25	17.13	7.65	3.66	129
#5	0.01	271.07	27.71	29.83	468
#6	0.01	270.76	34.78	32.08	587
#7	0.00	292.45	16.14	19.77	272
#8	0.01	320.04	24.29	25.21	410

vpc-board1 (exc06) neu2

Statistik: 1.094s bis 14.946s = 13.852s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-46.66	3.74	-20.15	9.27	-279
#2	-37.05	9.76	-11.15	11.69	-155
#3	-11.50	17.18	5.72	5.63	79.3
#5	0.01	92.72	12.63	9.87	175
#6	0.00	723.22	37.32	48.70	517
#7	0.01	1274.41	56.90	75.83	788
#8	0.02	986.23	69.16	82.31	958

vpc-ski2 (exc03) neu2

Statistik: 1.484s bis 11.132s = 9.648s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-29.99	-5.33	-13.64	5.92	-132
#2	-28.91	-11.03	-20.91	4.62	-202
#3	-10.20	4.87	-2.05	3.38	-19.8
#5	0.00	76.73	9.82	8.95	94.7
#6	0.03	220.42	30.42	28.51	294
#7	0.01	373.61	22.17	25.53	214
#8	0.01	434.80	24.11	30.36	233

vph-board3 (exh04) neu2

Statistik: 2.616s bis 17.392s = 14.776s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-20.83	5.62	-5.95	5.36	-87.9
#2	-30.51	11.99	-10.77	12.77	-159
#3	-5.81	6.15	0.73	3.04	10.8
#4	-4.43	10.18	3.32	3.99	49.1
#5	0.01	234.96	26.94	26.66	398
#6	0.00	259.58	26.48	25.30	391
#7	0.00	34.30	5.94	4.82	87.7
#8	0.01	278.04	24.17	23.83	357

vph-ski2 (exh06) neu2

Statistik: 0.320s bis 12.898s = 12.578s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-11.91	12.28	1.21	7.07	15.2
#2	-69.16	-21.83	-42.27	7.61	-532
#3	-23.76	4.74	-9.22	9.62	-116
#4	16.99	32.57	23.36	3.33	294
#5	0.01	293.50	26.75	27.20	337
#6	0.01	429.14	30.78	31.05	387
#7	0.00	242.84	45.98	35.59	578
#8	0.01	233.14	34.04	34.43	428

vpi-board2 (exi02) neu2

Statistik: 0.000s bis 20.000s = 20.000s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-3.78	14.42	3.97	3.62	79.3
#2	-35.06	3.45	-18.14	9.11	-363
#3	-16.32	17.23	0.51	10.28	10.3
#4	-7.57	13.86	2.63	5.06	52.6
#5	0.02	638.96	61.24	64.81	1.22E+03
#6	0.00	359.43	37.65	38.47	753
#7	0.01	1263.91	49.16	72.08	983
#8	0.00	456.09	33.47	39.42	669

vpt-board2 (ext03) neu2

Statistik: 2.510s bis 16.290s = 13.780s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-15.88	0.59	-8.25	3.68	-114
#2	-39.01	-2.76	-18.81	7.08	-259
#3	-22.74	-2.51	-13.27	5.90	-183
#4	-10.69	6.80	-2.49	5.13	-34.3
#5	0.00	520.18	56.64	54.39	781
#6	0.00	449.27	60.52	62.17	834
#7	0.00	250.28	15.25	17.15	210
#8	0.00	91.43	13.14	11.39	181

vpu-board2 (exu08) neu2

Statistik: 2.798s bis 17.068s = 14.270s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-14.55	3.50	-3.85	3.69	-55
#2	-16.02	6.92	-5.21	7.36	-74.4
#3	-6.09	25.11	6.08	7.72	86.8
#4	-12.80	1.87	-6.32	3.51	-90.2
#5	0.02	434.45	34.38	33.65	491
#6	0.01	461.66	46.05	44.41	657
#7	0.00	133.02	17.07	14.85	244
#8	0.01	234.95	25.50	23.13	364

vpv-board2 (exv03) neu2

Statistik: 3.250s bis 17.242s = 13.992s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-15.86	4.96	-5.04	6.24	-70.5
#2	-29.22	-5.84	-16.66	7.26	-233
#3	-18.67	-6.49	-11.53	2.93	-161
#4	-18.60	0.01	-8.93	5.25	-125
#5	0.00	228.44	32.11	29.51	449
#6	0.00	61.58	12.63	10.33	177
#7	0.02	543.89	39.62	42.22	554
#8	0.00	392.84	29.57	42.42	414

vpi-ski1 (exi07) neu2

Statistik: 0.000s bis 20.000s = 20.000s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-2.27	15.54	5.85	3.65	117
#2	-34.32	-4.39	-24.33	4.74	-487
#3	-10.27	8.53	0.58	4.77	11.7
#4	-3.70	12.87	4.36	3.46	87.2
#5	0.01	379.12	32.55	33.16	651
#6	0.00	391.22	38.97	38.37	779
#7	0.00	1069.99	40.65	59.50	813
#8	0.00	99.20	10.55	8.40	211

vpt-ski2 (ext06) neu2

Statistik: 2.440s bis 13.252s = 10.812s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-7.69	8.88	0.02	4.71	0.182
#2	-55.07	-24.96	-39.35	7.93	-425
#3	-23.08	8.78	-7.32	9.22	-79.1
#4	-11.17	15.04	4.08	6.17	44.1
#5	0.00	655.56	74.88	76.60	809
#6	0.01	482.54	51.13	51.19	553
#7	0.00	220.85	16.24	17.20	176
#8	0.00	206.56	18.22	19.57	197

vpu-ski2 (exu10) neu2

Statistik: 1.274s bis 12.864s = 11.590s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-2.27	5.32	1.69	1.58	19.6
#2	-21.49	-5.97	-15.14	3.66	-176
#3	9.57	29.91	20.42	6.15	237
#4	-13.67	-8.28	-11.07	1.12	-128
#5	0.00	347.24	39.37	38.22	456
#6	0.01	410.01	37.79	37.75	438
#7	0.01	93.00	14.02	11.88	162
#8	0.00	189.92	21.47	20.49	249

vpv-ski1 (exv07) neu2

Statistik: 2.934s bis 15.794s = 12.860s

Kanal	min	max	Mittel	Stdabw.	Integral
#1	-5.32	12.03	4.22	3.73	54.2
#2	-33.88	-16.69	-25.05	3.50	-322
#3	-20.20	-3.81	-11.50	4.98	-148
#4	-14.71	4.67	-6.18	4.20	-79.5
#5	0.02	479.01	41.10	41.78	529
#6	0.01	1935.30	106.18	201.77	1.37E+03
#7	0.00	48.57	5.42	4.64	69.7
#8	0.01	1325.32	74.44	84.67	957

7.3 Mediane aller verwertbaren Bewegungsumfänge

P{vpa-board3 (exp04) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -5 -5 100
 #3 1 1 100
 #4 -4 -4 100

P{vpa-ski1 (exp05) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -0 -1 100
 #3 -1 -2 100
 #4 0 -1 100

P{vpd-board3 (exd05) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -1 -2 100
 #2 -23 -25 100
 #3 6 6 100

P{vpd-ski1 (exd06) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -1 -0 100
 #2 -26 -26 100
 #3 -1 -0 100

P{vpe-board3 (exe05) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -5 -5 100
 #2 -17 -19 100
 #3 6 5 100

P{vpe-ski1 (exe06) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 0 0 100
 #2 -18 -17 100
 #3 0 1 100

P{vpf-board3 (exf03) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 2 1 100
 #2 -5 -10 100
 #3 -8 -9 100

P{vpf-ski1 (exf05) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 3 3 100
 #2 -10 -9 100
 #3 -4 -3 100

P{vpg-board1 (exg06) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -6 -7 100
 #2 -15 -19 100
 #3 5 7 100
 #4 -10 -8 100

P{vpg-ski3 (exg05) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -4 -4 100
 #2 -22 -22 100
 #3 -0 1 100
 #4 0 0 100

P{vpk-board1 (exk05) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -2 -2 100
 #2 -20 -21 100
 #3 -8 -10 100
 #4 0 -1 100

P{vpk-ski3 (exk03) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -0 -1 100
 #2 -21 -22 100
 #3 3 2 100
 #4 1 2 100

P{vpl-board3 (exl03) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 9 8 100
 #2 -27 -25 100
 #3 -8 -8 100
 #4 20 21 100

P{vpl-ski1 (exl04) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 6 7 100
 #2 -24 -24 100
 #3 -6 -5 100
 #4 8 8 100

P{vpm-board3 (exm07) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -2 -2 100
 #2 -33 -34 100
 #3 -1 0 100
 #4 -2 -3 100

P{vpm-ski1 (exm01) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
 Kanal Mittel Median Integral
 #1 -1 -1 100
 #2 -37 -38 100
 #3 7 9 100
 #4 -1 0 100

P{vpr-board1 (exn02) neu2 }

Statistik: -55 bis 55 = 110
Kanal Mittel Median Integral
#1 -0 0 100
#2 -32 -30 100
#3 5 5 100
#4 8 8 100

P{vpr-ski1 (exn06p.ad) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 3 4 100
#2 -36 -34 100
#3 1 1 100
#4 1 1 100

P{vpo-board3 (exo08) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -4 -5 100
#2 -24 -22 100
#3 29 29 100
#4 12 10 100

P{vpo-ski3 (exo03) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -2 -1 100
#2 -16 -15 100
#3 5 4 100
#4 2 2 100

P{vpq-board3 (exq03) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -4 -4 100
#2 -16 -14 100
#3 11 11 100
#4 9 8 100

P{vpq-ski1 (exq04) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -0 0 100
#2 -20 -19 100
#3 4 3 100
#4 4 3 100

P{vpr-board3 (exr03) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 18 18 100
#3 1 0 100
#4 4 3 100

P{vpr-ski1 (exr04) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -9 -4 100
#3 -1 0 100
#4 -4 -4 100

P{vps-ski1 (exs05) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#2 -24 -26 100
#3 3 6 100
#4 -0 -0 100

P{vps-board3 (exs03) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#2 -23 -24 100
#3 3 2 100
#4 -2 -2 100

P{vpw-board1 (exw06) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 9 9 100
#2 -24 -24 100
#3 -0 0 100
#4 8 11 100

P{vpw-ski2 (exw03) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 2 2 100
#2 -19 -20 100
#3 -0 -2 100
#4 2 1 100

P{vpx-board2 (exx08) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -7 -8 100

P{vpx-ski3 (exx03) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 0 2 100

P{vpy-board2 (exy12) neu2}

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -6 -7 100
#2 -30 -30 100
#3 1 -0 100
#4 -8 -9 100

P{vpy-ski3 (exy07) neu2 }

Statistik: -70 bis 70 = 140
Kanal Mittel Median Integral
#1 -1 -1 100
#2 -56 -56 100
#3 0 0 100
#4 -0 0 100

P{vpz-board1 (exz01) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -18 -17 100
#2 -2 -1 100
#3 -11 -9 100
#4 -3 -4 100

P{vpz-ski1 (exz06) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -0 0 100
#2 -29 -28 100
#3 1 1 100
#4 -2 -2 100

P{vpza-board1 (eza02) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 2 2 100
#2 -24 -25 100
#3 1 -3 100
#4 -4 -4 100

P{vpza-ski2 (eza09) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -1 -0 100
#2 -25 -25 100
#3 1 2 100
#4 1 1 100

P{vpzb-board2 (ezb06) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -2 -2 100
#2 -31 -31 100
#3 8 8 100
#4 1 1 100

P{vpzb-ski3 (ezb04) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -2 -2 100
#2 -32 -31 100
#3 -1 -4 100
#4 1 -1 100

P{vpzc-board3 (ezc03) neu2 }

Statistik: -60 bis 60 = 120
Kanal Mittel Median Integral
#1 -5 -6 100
#2 -29 -32 100
#3 -20 -21 100
#4 8 8 100

P{vpzc-ski1 (ezc05) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -1 -0 100
#2 -27 -27 100
#3 -11 -10 100
#4 6 5 100

P{vpzd-board1 (ezd04) neu2 }

Statistik: -70 bis 70 = 140
Kanal Mittel Median Integral
#1 -2 -4 100
#2 -22 -28 100
#3 10 11 100

P{vpzd-ski3 (ezd03) neu2 }

Statistik: -70 bis 70 = 140
Kanal Mittel Median Integral
#1 -8 -8 100
#2 -36 -36 100
#3 -1 -3 100

P{vpze-board3 (eze04) neu2 }

Statistik: -70 bis 70 = 140
Kanal Mittel Median Integral
#2 -28 -30 100
#3 -8 -7 100

P{vpze-ski1 (eze05) neu2 }

Statistik: -70 bis 70 = 140
Kanal Mittel Median Integral
#2 -38 -37 100
#3 -5 -6 100

P{vpzf-board1 (ezf05) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -4 -3 100
#2 -10 -10 100
#3 -4 -7 100

P{vpzf-ski1 (ezf02) neu2 }

Statistik: -50 bis 50 = 100
Kanal Mittel Median Integral
#1 -1 3 100
#2 -12 -12 100
#3 -3 -3 100

7.4 Interferenzstatistische Auswertung mittels Wilcoxon-Test

7.4.1 LWS-Torsion

Bei "Goofy"-Snowboardern mit dem rechten Bein in der vorderen Bindung wurde das Vorzeichen des Bewegungsmedians umgekehrt.

Vp.Nr.	Kürzel	--- Median ---		vorn	Differenz		Rang	VZ	negative	positive
		Ski	Board		di (Ski-Board) /di/					
1	vp_a	-1,00	-5,00	links	4	4	10	1	0	10
4	vp_d	0,00	-2,00	links	2	2	5	1	0	5
5	vp_e	0,00	-5,00	links	5	5	13	1	0	13
6	vp_f	-3,00	-1,00	rechts	-2	2	5	-1	5	0
7	vp_g	-4,00	-7,00	links	3	3	7	1	0	7
10	vp_k	1,00	2,00	rechts	-1	1	2	-1	2	0
11	vp_l	-7,00	-8,00	rechts	1	1	2	1	0	2
12	vp_m	-1,00	-2,00	links	1	1	2	1	0	2
13	vp_n	4,00	0,00	links	4	4	10	1	0	10
14	vp_o	-1,00	-5,00	links	4	4	10	1	0	10
15	vp_q	0,00	-4,00	links	4	4	10	1	0	10
16	vp_r	4,00	-18,00	rechts	22	22	20	1	0	20
21	vp_w	-2,00	-9,00	rechts	7	7	17	1	0	17
22	vp_x	2,00	-8,00	links	10	10	18	1	0	18
23	vp_y	-1,00	-7,00	links	6	6	15	1	0	15
24	vp_z	0,00	-17,00	links	17	17	19	1	0	19
25	vp_za	0,00	-2,00	rechts	2	2	5	1	0	5
26	vp_zb	-2,00	-2,00	links						
27	vp_zc	0,00	-6,00	links	6	6	15	1	0	15
28	vp_zd	-8,00	-4,00	links	-4	4	10	-1	10	0
30	vp_zf	-3,00	3,00	rechts	-6	6	15	-1	15	0
		Ski	Board		Kontrollwert T		210	o.K.		
MW		-1,05	-5,10							
Stabw		2,87	5,11					T _{minus}	32	
Min		-8,00	-18,00					T _{plus}		178
Max		4,00	3,00							

Rechenbeispiel

Am Beispiel der Oberkörperdrehung soll das Zustandekommen der Ergebnisse veranschaulicht werden. Es wird für jeden Probanden einzeln zwischen Ski- und Snowboardwert die Differenz ($d = x_1 - x_2$) ermittelt und diese innerhalb eines Parameters nach der Größe ihres absoluten Betrages ($|d|$) geordnet und mit Rangzahlen versehen. Danach wird die Summe (T^+) aller Ränge, die von positiven Differenzen stammen gebildet, ebenso die Summe (T^-) von Rangplätzen negativer Werte.

Zunächst wird zweiseitig geprüft, ob ein Unterschied zwischen Snowboard und Ski besteht. Wenn dies der Fall ist, wird eine anschließende einseitige Hypothese formuliert, in der man die vermutete Art des Unterschiedes testet. Die zweiseitige Prüfung wird bei einem Signifikanzniveau von 5%, die einseitige bei einem von 1% durchgeführt.

Verwertet werden können auf diesem Aufzeichnungskanal die Messwerte von 21 Probanden, da bei einem keine Differenz zwischen dem Median der LWS-Torsion der Ski- und der Snowboardfahrt besteht, verringert sich die Fallzahl nochmals auf 20.

Die Summe der Rangzahlen aller negativer Differenzen (T^-) zwischen Ski und Snowboard beträgt 32, die Summe aller positiven Differenzen (T^+) 178.

Es wird nun die Nullhypothese aufgestellt, dass zwischen Ski und Snowboard hinsichtlich des Torsionsmedians keine Unterschiede bestehen ($H_0: \mu_1 = \mu_2$). Bei einer zweiseitigen Prüfung mit einer Fallzahl $n = 20$ und einem Signifikanzniveau von 5% ergibt sich die Quantile $T^*(20; 0,05) = 52$.

Da $T^- < T^*$ kann die Nullhypothese verworfen werden, d.h. es besteht ein Unterschied zwischen der Rumpfdrehung bei Ski- und bei Snowboardfahrten.

Um die Art des Unterschiedes festzustellen wird in der nun folgenden einseitigen Prüfung die Nullhypothese erstellt, bei den Skifahrten sei der Torsionsmedian kleiner oder gleich dem der Snowboardfahrten ($H_0: \mu_1 \leq \mu_2$). Die Alternativhypothese lautet somit, dass der Torsionsmedian auf dem Ski größer ist als auf dem Board ($H_1: \mu_1 > \mu_2$). Dies entspräche unseren Erwartungen, da wir durch die Vorzeichenumkehr ein reines Kollektiv aus Snowboardfahrern mit dem linken Fuß in der vorderen Bindung erhalten haben und Bewegungen nach links wiederum durch negative Zahlenwerte ausgedrückt werden.

Bei $n = 20$ und einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% ergibt sich $T^*(20; 0,01) = 43$ für die einseitige Prüfung. Da somit wiederum $T^- < T^*$ wird auch hier die Nullhypothese verworfen. Es ergeben sich also in Bezug auf das Snowboarden signifikant kleinere Werte für die Torsionsmediane.

Zusammenfassend ist die Oberkörperhaltung auf dem Snowboard weiter aus der Sagitalebene heraus gedreht als es auf Ski der Fall ist und zwar in Richtung des beim Boarden vorderen Beines.

Auswertung der LWS-Torsion

Zweiseitige Prüfung

H_0 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es keine Unterschiede hinsichtlich des Torsionsmedians.

H_1 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es sig. Unterschiede hinsichtlich des Torsionsmedians.

$$H_0 \quad \mu_{\text{SKI}} = \mu_{\text{BOARD}}$$

$$H_1 \quad \mu_{\text{SKI}} \neq \mu_{\text{BOARD}}$$

Prüfgröße $T = \min(T^+, T^-)$:

$$T^+ = 178, T^- = 32$$

$$\Rightarrow T = T^- = 32$$

Kritische T-Werte $T_{\text{krit}}(\alpha, n)$: Signifikanzniveau 5%

$$n=20 \text{ (wegen 1 Nulldifferenz), zweiseitig} \Rightarrow T_{\text{krit}(0,05;20)} = 52$$

Testentscheidung (Verwerfen der Nullhypothese, falls $T < T_{\text{krit}}$):

$$T = 32 < T_{\text{krit}} = 52$$

d.h. die Nullhypothese muß zurückgewiesen werden.

Erg.: **Es besteht ein signifikanter Unterschied hinsichtlich des Torsionsmedians zwischen den Ski- und den Snowboardfahrten.** (Irrtumswahrscheinlichkeit 5%).

Einseitige Prüfung

Zur Überprüfung der Richtung der zu erwartenden Unterschiede

H_0 Der Torsionsmedian bei den Versuchsfahrten mit Ski ist kleiner oder gleich dem entsprechenden Werte bei den Fahrten mit dem Snowboard.

H_1 Der Torsionsmedian bei den Versuchsfahrten mit Ski ist größer als der entsprechende Werte bei den Fahrten mit dem Snowboard. (\Leftrightarrow stärkere Verdrehung in FR beim Snowboard).

$$H_0 \quad \mu_{\text{SKI}} \leq \mu_{\text{BOARD}}$$

$$H_1 \quad \mu_{\text{SKI}} > \mu_{\text{BOARD}}$$

Prüfgröße $T = T^-$:

$$T^- = 32$$

Kritische T-Werte $T_{\text{krit}}(\alpha;n)$:

$$n=20 \text{ (wegen 1 Nulldifferenzen), einseitig} \Rightarrow T_{\text{krit}(0,01;20)} = 43$$

Testentscheidung (Verwerfen der Nullhypothese, falls $T < T_{\text{krit}}$):

$$T = 32 > T_{\text{krit}} = 43$$

d.h. die Nullhypothese ist zurückzuweisen.

Erg.: **Es besteht eine signifikant stärkere Verlagerung des Torsionsmedians in Richtung Fahrtrichtung bei den Snowboardfahrten.** (Irrtumswahrscheinlichkeit 1%).

7.4.2 LWS-Seitneigung

Bei "Goofy"-Snowboardern mit dem rechten Bein in der vorderen Bindung wurde das Vorzeichen des Bewegungsmedians umgekehrt.

Vp.Nr.	Kürzel	--- Median ---		vorne	Differenz		Rang	VZ	negative	positive
		Ski	Board		di (Ski-Board)	/di/				
1	vp_a	-2,00	1,00	links	-3	3	3,5	-1	3,5	0
2	vp_d	0,00	6,00	links	-6	6	11	-1	11	0
3	vp_e	1,00	5,00	links	-4	4	6,5	-1	6,5	0
4	vp_f	3,00	9,00	rechts	-6	6	11	-1	11	0
5	vp_g	1,00	7,00	links	-6	6	11	-1	11	0
6	vp_k	-2,00	10,00	rechts	-12	12	16,5	-1	16,5	0
7	vp_l	8,00	5,00	rechts	3	3	3,5	1	0	3,5
8	vp_m	9,00	0,00	links	9	9	14	1	0	14
9	vp_n	1,00	5,00	links	-4	4	6,5	-1	6,5	0
10	vp_o	4,00	29,00	links	-25	25	19	-1	19	0
11	vp_q	3,00	11,00	links	-8	8	13	-1	13	0
12	vp_r	0,00	0,00	rechts						
13	vp_s	-6,00	-2,00	rechts	-4	4	6,5	-1	6,5	0
14	vp_w	2,00	0,00	rechts	2	2	2	1	0	2
15	vp_y	0,00	0,00	links						
16	vp_z	1,00	-9,00	links	10	10	15	1	0	15
17	vp_za	-2,00	3,00	rechts	-5	5	9	-1	9	0
18	vp_zb	-4,00	8,00	links	-12	12	16,5	-1	16,5	0
19	vp_zd	-3,00	11,00	links	-14	14	18	-1	18	0
20	vp_ze	-6,00	-7,00	links	1	1	1	1	0	1
21	vp_zf	3,00	7,00	rechts	-4	4	6,5	-1	6,5	0
		Ski	Board		Kontrollwert T		190	o.K.		
MW		0,52	4,71							
Stabw		3,77	7,60					T _{min} us	154,5	
Min		-6,00	-9,00					T _{plus}		35,5
Max		9,00	29,00							

Auswertung der LWS-Seitneigung

Zweiseitige Prüfung

H_0 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es keine Unterschiede hinsichtlich des Medians der Seitneigung der LWS.

H_1 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es sig. Unterschiede hinsichtlich des Medians der Seitneigung der LWS.

$$H_0 \quad \mu_{\text{SKI}} = \mu_{\text{BOARD}}$$

$$H_1 \quad \mu_{\text{SKI}} \neq \mu_{\text{BOARD}}$$

Prüfgröße $T = \min(T^+, T^-)$:

$$T^+ = 35,5, T^- = 154,5$$

$$\Rightarrow T = T^- = 154,5$$

Kritische T-Werte $T_{\text{krit}}(\alpha, n)$: Signifikanzniveau 5%

$$n=19 \text{ (wegen 2 Nulldifferenz), zweiseitig} \Rightarrow T_{\text{krit}(0,05;19)} = 46$$

Testentscheidung (Verwerfen der Nullhypothese, falls $T < T_{\text{krit}}$):

$$T = 35,5 < T_{\text{krit}} = 46$$

d.h. die Nullhypothese muß zurückgewiesen werden.

Erg.: **Es besteht ein Signifikanter Unterschied zwischen den Medianen der LWS-Seitneigung der Ski- und der Snowboardfahrten** (Irrtumswahrscheinlichkeit 5%).

Einseitige Prüfung

Zur Überprüfung der Richtung der zu erwartenden Unterschiede

H_0 Der Median der Seitneigung der LWS bei den Versuchsfahrten mit Ski ist größer oder gleich dem entsprechenden Werte bei den Fahrten mit dem Snowboard.

H_1 Der Median der Seitneigung der LWS bei den Versuchsfahrten mit Ski ist kleiner als der entsprechende Werte bei den Fahrten mit dem Snowboard. (\Leftrightarrow stärkere Seitneigung gegen die FR beim Snowboard).

$$H_0 \quad \mu_{\text{SKI}} \geq \mu_{\text{BOARD}}$$

$$H_1 \quad \mu_{\text{SKI}} < \mu_{\text{BOARD}}$$

Prüfgröße $T = T^+$:

$$T^+ = 35,5$$

Kritische T-Werte $T_{\text{krit}}(\alpha;n)$:

$$n=20 \text{ (wegen 1 Nulldifferenzen), einseitig} \Rightarrow T_{\text{krit}(0,01;20)} = 52$$

Testentscheidung (Verwerfen der Nullhypothese, falls $T < T_{\text{krit}}$):

$$T = 35,5 < T_{\text{krit}} = 52$$

d.h. die Nullhypothese ist zurückzuweisen.

Erg.: **Es besteht eine signifikant stärkere Verlagerung des Medians der Seitwärtsneigung der LWS entgegen die Fahrtrichtung bei den Snowboardfahrten.** (Irrtumswahrscheinlichkeit 1%).

7.4.3 LWS-Flexion

Vp.Nr.	Kürzel	--- Median ---		vorne						
		Ski	Board		Differenz		Rang	VZ	negative	positive
					di (Ski-Board)	/di/			Rangplätze	
1	vp_d	26,00	25,00	links	1	1	2,5	1	0	2,5
2	vp_e	17,00	19,00	links	-2	2	6	-1	6	0
3	vp_f	9,00	10,00	rechts	-1	1	2,5	-1	2,5	0
4	vp_g	22,00	19,00	links	3	3	8	1	0	8
5	vp_k	22,00	21,00	rechts	1	1	2,5	1	0	2,5
6	vp_l	24,00	25,00	rechts	-1	1	2,5	-1	2,5	0
7	vp_m	38,00	34,00	links	4	4	10	1	0	10
8	vp_n	34,00	30,00	links	4	4	10	1	0	10
9	vp_o	15,00	22,00	links	-7	7	14,5	-1	14,5	0
10	vp_q	19,00	14,00	links	5	5	12,5	1	0	12,5
11	vp_s	26,00	24,00	rechts	2	2	6	1	0	6
12	vp_w	20,00	24,00	rechts	-4	4	10	-1	10	0
13	vp_y	56,00	30,00	links	26	26	17	1	0	17
14	vp_z	28,00	1,00	links	27	27	18	1	0	18
15	vp_za	25,00	25,00	rechts						
16	vp_zb	31,00	31,00	links						
17	vp_zc	27,00	32,00	links	-5	5	12,5	-1	12,5	0
18	vp_zd	36,00	28,00	links	8	8	16	1	0	16
19	vp_ze	37,00	30,00	links	7	7	14,5	1	0	14,5
20	vp_zf	12,00	10,00	rechts	2	2	6	1	0	6
		Ski	Board		Kontrollwert T	171		o.K.		
MW		26,20	22,70							
Stabw		10,41	8,34					T _{minus}	48	
Min		9,00	1,00					T _{plus}		123
Max		56,00	34,00							

Auswertung der LWS-Flexion

Zweiseitige Prüfung

H_0 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es keine Unterschiede hinsichtlich des Flexionsmedians.

H_1 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es sig. Unterschiede hinsichtlich des Flexionsmedians.

$$H_0 \quad \mu_{\text{SKI}} = \mu_{\text{BOARD}}$$

$$H_1 \quad \mu_{\text{SKI}} \neq \mu_{\text{BOARD}}$$

Prüfgröße $T = \min(T^+, T^-)$:

$$T^+ = 123, T^- = 48$$

$$\Rightarrow T = T^- = 48$$

Kritische T-Werte $T_{\text{krit}}(\alpha, n)$; Signifikanzniveau 5%

$$n=18 \text{ (wegen 2 Nulldifferenz), zweiseitig} \Rightarrow T_{\text{krit}(0,05;18)} = 40$$

Testentscheidung (Verwerfen der Nullhypothese, falls $T < T_{\text{krit}}$):

$$T = 48 > T_{\text{krit}} = 40$$

d.h. die Nullhypothese muß beibehalten werden.

Erg.: Es besteht kein signifikanter Unterschied bezüglich des Flexionsmedians zwischen den Ski- und Snowboardfahrten. (Irrtumswahrscheinlichkeit 5%)

7.4.4 BWS-Seitneigung

Bei "Goofy"-Snowboardern mit dem rechten Bein in der vorderen Bindung wurde das Vorzeichen des Bewegungsmedians umgekehrt.

Vp.Nr.	Kürzel	--- Median ---		vorne						
		Ski	Board		Differenz		Rang	VZ	negative	positive
					di (Ski-Board)	/di/			Rangplätze	
1	vp_a	-1,00	-4,00	links	3	3	5	1	0	5
2	vp_g	0,00	-8,00	links	8	8	11,5	1	0	11,5
3	vp_k	-2,00	1,00	rechts	-3	3	5	-1	5	0
4	vp_m	0,00	-3,00	links	3	3	5	1	0	5
5	vp_n	1,00	8,00	links	-7	7	9,5	-1	9,5	0
6	vp_o	2,00	10,00	links	-8	8	11,5	-1	11,5	0
7	vp_q	3,00	8,00	links	-5	5	7,5	-1	7,5	0
8	vp_r	4,00	-3,00	rechts	7	7	9,5	1	0	9,5
9	vp_s	0,00	2,00	rechts	-2	2	2	-1	2	0
10	vp_w	-1,00	-11,00	rechts	10	10	14	1	0	14
11	vp_y	0,00	-9,00	links	9	9	13	1	0	13
12	vp_z	-2,00	-4,00	links	2	2	2	1	0	2
13	vp_za	-1,00	4,00	rechts	-5	5	7,5	-1	7,5	0
14	vp_zb	-1,00	1,00	links	-2	2	2	-1	2	0
		Ski	Board		Kontrollwert T		105	o.K.		
MW		0,14	-0,57							
Stabw		1,73	6,33					T _{minus}	45	
Min		-2,00	-11,00					T _{plus}		60
Max		4,00	10,00							

Auswertung der BWS-Seitneigung

Zweiseitige Prüfung

H_0 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es keine Unterschiede hinsichtlich des Medians der Seitneigung der BWS.

H_1 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es sig. Unterschiede hinsichtlich des Medians der Seitneigung der BWS.

$$H_0 \quad \mu_{\text{SKI}} = \mu_{\text{BOARD}}$$

$$H_1 \quad \mu_{\text{SKI}} \neq \mu_{\text{BOARD}}$$

Prüfgröße $T = \min(T^+, T^-)$:

$$T^+ = 60, T^- = 45$$

$$\Rightarrow T = T^- = 45$$

Kritische T-Werte $T_{\text{krit}}(\alpha, n)$; Signifikanzniveau 5%

$$n=14, \text{ zweiseitig} \Rightarrow T_{\text{krit}(0,05;14)} = 21$$

Testentscheidung (Verwerfen der Nullhypothese, falls $T < T_{\text{krit}}$):

$$T = 45 > T_{\text{krit}} = 21$$

d.h. die Nullhypothese muß beibehalten werden.

Erg.: Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Medianen der BWS-Seitneigung bei den Ski- und Snowboardfahrten. (Irrtumswahrscheinlichkeit 5%).

7.4.5 Bildung der Aktivitätsdifferenz innerhalb der Muskelpaare

Vp	ski rü hi	ski rü vo	diff	board rü hinten	board rü vorne	diff	ski bau hinten	ski bau vorne	diff	board bau hinten	board bau vorne	diff	Vp
a	66,87	99,37	32,5	79,14	105,23	26,09	35,95	35,65	0,3	43,04	33,03	10,01	a
b	27,71	34,78	7,07	37,65	37,04	0,61	16,14	24,29	8,15	76,46	52,70	23,76	b
c	9,82	30,42	20,6	12,63	37,32	24,69	22,17	24,11	1,94	56,90	69,16	12,26	c
d	99,41	32,35	67,06	54,72	50,99	3,73	16,84	1,48	15,36	23,07	3,53	19,54	d
e	49,04	44,49	4,55	44,60	33,68	10,92	25,29	26,17	0,88	23,81	15,85	7,96	e
f	40,68	36,47	4,21	34,85	35,05	0,2	24,31	32,41	8,1	46,27	30,09	16,18	f
g	65,31	38,88	26,43	47,09	51,31	4,22	30,43	33,60	3,17	55,97	33,60	22,37	g
h	26,75	30,78	4,03	26,94	26,48	0,46	45,98	34,04	11,94	5,94	24,17	18,23	h
i	38,97	32,55	6,42	37,65	61,24	23,59	10,55	40,65	30,1	33,47	49,16	15,69	i
k	39,54	37,99	1,55	46,84	46,44	0,4	32,09	50,45	18,36	36,86	52,43	15,57	k
l	15,21	19,88	4,67	40,05	50,80	10,75	61,89	47,35	14,54	42,77	41,28	1,49	l
m	45,23	43,65	1,58	42,27	51,92	9,65	68,12	47,72	20,4	61,51	44,53	16,98	m
n	48,98	38,57	10,41	35,99	47,83	11,84	16,37	15,52	0,85	20,90	18,54	2,36	n
o	46,60	45,79	0,81	20,85	31,65	10,8	27,08	32,61	5,53	17,42	22,42	5	o
q	47,40	82,95	35,55	33,29	45,77	12,48	71,77	44,62	27,15	26,72	19,44	7,28	q
r	36,37	38,52	2,15	27,48	30,86	3,38	34,42	92,39	57,97	31,69	30,46	1,23	r
s	43,59	31,75	11,84	47,90	54,40	6,5	9,37	67,42	58,05	23,56	60,64	37,08	s
t	74,88	51,13	23,75	56,64	60,52	3,88	16,24	18,22	1,98	15,25	13,14	2,11	t
u	37,79	39,37	1,58	46,05	34,38	11,67	21,47	14,02	7,45	25,50	17,07	8,43	u
v							5,42	74,44	69,02	39,62	29,57	10,05	v
w	61,54	56,23	5,31	76,14	56,15	19,99	15,56	26,22	10,66	8,64	32,93	24,29	w
x	51,48	47,16	4,32	44,01	37,92	6,09	22,33	29,04	6,71	10,68	6,63	4,05	x
y	39,86	24,02	15,84	19,74	27,34	7,6	23,53	10,18	13,35	6,23	8,32	2,09	y
z	87,17	90,66	3,49	71,58	78,00	6,42	54,76	68,29	13,53	79,60	69,69	9,91	z
za	72,66	79,45	6,79	70,64	66,01	4,63	24,08	54,59	30,51	32,81	60,84	28,03	za
zb	55,84	62,89	7,05	66,06	61,74	4,32	27,08	34,28	7,2	43,43	34,06	9,37	zb
zc	175,01	419,84	244,83	50,56	307,72	257,16	68,75	28,15	40,6	38,06	11,87	26,19	zc
zd	77,79	162,12	84,33	171,27	223,42	52,15	58,89	50,26	8,63	81,77	49,04	32,73	zd
ze	82,98	77,34	5,64	75,32	84,70	9,38	18,90	59,78	40,88	12,13	68,76	56,63	ze
zf	90,68	84,60	6,08	91,25	107,57	16,32	26,13	39,19	13,06	17,66	32,02	14,36	zf

7.4.6 Aktivitätsdifferenz Rückenmuskulatur

Vp.Nr.	Kürzel	MW RÜ vo-hi		vorne	Differenz		Rang	VZ	negative	positive
		Ski	Board		di (Ski-Board)	/di/				
1	vp_a	32,5	26,09	links	6	6	15	1	0	15
2	vp_b	7,07	0,61	links	6	6	16	1	0	16
3	vp_c	20,6	24,69	links	-4	4	11	-1	11	0
4	vp_d	67,06	3,73	links	63	63	29	1	0	29
5	vp_e	4,55	10,92	links	-6	6	14	-1	14	0
6	vp_f	4,21	0,20	rechts	4	4	10	1	0	10
7	vp_g	26,43	4,22	links	22	22	26	1	0	26
8	vp_h	4,03	0,46	links	4	4	8	1	0	8
9	vp_i	6,42	24,16	rechts	-18	18	24	-1	24	0
10	vp_k	1,55	0,40	rechts	1	1	1	1	0	1
11	vp_l	4,67	10,75	rechts	-6	6	13	-1	13	0
12	vp_m	1,58	9,65	links	-8	8	17	-1	17	0
13	vp_n	10,41	11,84	links	-1	1	3	-1	3	0
14	vp_o	0,81	10,80	links	-10	10	19	-1	19	0
15	vp_q	35,55	12,48	links	23	23	27	1	0	27
16	vp_r	2,15	3,38	rechts	-1	1	2	-1	2	0
17	vp_s	11,84	6,50	rechts	5	5	12	1	0	12
18	vp_t	23,75	3,88	links	20	20	25	1	0	25
19	vp_u	1,58	11,67	rechts	-10	10	20	-1	20	0
20	vp_w	5,31	19,99	rechts	-15	15	23	-1	23	0
21	vp_x	4,32	6,09	links	-2	2	4	-1	4	0
22	vp_y	15,84	7,60	links	8	8	18	1	0	18
23	vp_z	3,49	6,42	links	-3	3	7	-1	7	0
24	vp_za	6,79	4,63	rechts	2	2	5	1	0	5
25	vp_zb	7,05	4,32	links	3	3	6	1	0	6
26	vp_zc	244,83	257,16	links	-12	12	22	-1	22	0
27	vp_zd	84,33	52,15	links	32	32	28	1	0	28
28	vp_ze	5,64	9,38	links	-4	4	9	-1	9	0
29	vp_zf	6,08	16,32	rechts	-10	10	21	-1	21	0
		Ski	Board		Kontrollwert T	435	o.K.			
MW		22,43	19,33							
Stabw		46,19	46,16					T _{minus}	209	
Min		0,81	0,20					T _{plus}		226
Max		244,83	257,16							

Auswertung der Aktivitätsdifferenz zwischen linker und rechter Rückenmuskulatur

Zweiseitige Prüfung

H_0 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es keine Unterschiede hinsichtlich der Aktivitätsdifferenz zwischen rechter und linker Rückenmuskulatur.

H_1 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es signifikante Unterschiede hinsichtlich der Aktivitätsdifferenz zwischen rechter und linker Rückenmuskulatur.

$$H_0 \quad \mu_{\text{SKI}} = \mu_{\text{BOARD}}$$

$$H_1 \quad \mu_{\text{SKI}} \neq \mu_{\text{BOARD}}$$

Prüfgröße $T = \min(T^+, T^-)$:

$$T^+ = 226, T^- = 209$$

$$\Rightarrow T = T^- = 209$$

Kritische T-Werte $T_{\text{krit}}(\alpha, n)$; Signifikanzniveau 5%

$$n=29, \text{ zweiseitig} \Rightarrow T_{\text{krit}}(0,05;29) = 126$$

Testentscheidung (Verwerfen der Nullhypothese, falls $T < T_{\text{krit}}$):

$$T = 209 > T_{\text{krit}} = 126$$

d.h. die Nullhypothese muß beibehalten werden.

Erg.: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Differenzen der rechten und linken Rückenmuskulatur bei den Ski- und Snowboardfahrten. (Irrtumswahrscheinlichkeit 5%).

7.4.7 Aktivitätsdifferenz Bauchmuskulatur

Vp.Nr.	Kürzel	MW Bau vo-hi								
		Ski	Board	vorne	Differenz		Rang	VZ	negative	positive
					di (Ski-Board)	/di/			Rangplätze	
1	vp_a	0,30	10,01	links	-10	10	16	-1	16	0
2	vp_b	8,15	23,76	links	-16	16	23	-1	23	0
3	vp_c	1,94	12,26	links	-10	10	17	-1	17	0
4	vp_d	15,36	19,54	links	-4	4	12	-1	12	0
5	vp_e	0,88	7,96	links	-7	7	14	-1	14	0
6	vp_f	8,10	16,18	rechts	-8	8	15	-1	15	0
7	vp_g	3,17	22,37	links	-19	19	25	-1	25	0
8	vp_h	11,94	18,23	links	-6	6	13	-1	13	0
9	vp_i	30,10	15,69	rechts	14	14	22	1	0	22
10	vp_k	18,36	15,57	rechts	3	3	9	1	0	9
11	vp_l	14,54	1,49	rechts	13	13	19	1	0	19
12	vp_m	20,40	16,98	links	3	3	10	1	0	10
13	vp_n	0,85	2,36	links	-2	2	5	-1	5	0
14	vp_o	5,53	5,00	links	1	1	2	1	0	2
15	vp_q	27,15	7,28	links	20	20	26	1	0	26
16	vp_r	57,97	1,23	rechts	57	57	29	1	0	29
17	vp_s	58,05	37,08	rechts	21	21	27	1	0	27
18	vp_t	1,98	2,11	links	0	0	1	-1	1	0
19	vp_u	7,45	8,43	rechts	-1	1	3	-1	3	0
20	vp_v	69,02	10,05	links	59	59	30	1	0	30
21	vp_w	10,66	24,29	rechts	-14	14	20	-1	20	0
22	vp_x	6,71	4,05	links	3	3	8	1	0	8
23	vp_y	13,35	2,09	links	11	11	18	1	0	18
24	vp_z	13,53	9,91	links	4	4	11	1	0	11
25	vp_za	30,51	28,03	rechts	2	2	7	1	0	7
26	vp_zb	7,20	9,37	links	-2	2	6	-1	6	0
27	vp_zc	40,60	26,19	links	14	14	21	1	0	21
28	vp_zd	8,63	32,73	links	-24	24	28	-1	28	0
29	vp_ze	40,88	56,63	links	-16	16	24	-1	24	0
30	vp_zf	13,06	14,36	rechts	-1	1	4	-1	4	0
		Ski	Board		Kontrollwert T		465	o.K.		
MW		18,21	15,37							
Stabw		18,11	12,15					T _{minus}	226	
Min		0,30	1,23					T _{plus}		239
Max		69,02	56,63							

Auswertung der Aktivitätsdifferenz zwischen linker und rechter Bauchmuskulatur

Zweiseitige Prüfung

H_0 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es keine Unterschiede hinsichtlich der Aktivitätsdifferenz zwischen rechter und linker Bauchmuskulatur.

H_1 Zwischen den Versuchsfahrten mit Ski und den Fahrten mit dem Snowboard gibt es signifikante Unterschiede hinsichtlich der Aktivitätsdifferenz zwischen rechter und linker Bauchmuskulatur.

$$H_0 \quad \mu_{\text{SKI}} = \mu_{\text{BOARD}}$$

$$H_1 \quad \mu_{\text{SKI}} \neq \mu_{\text{BOARD}}$$

Prüfgröße $T = \min(T^+, T^-)$:

$$T^+ = 239, T^- = 226$$

$$\Rightarrow T = T^- = 226$$

Kritische T-Werte $T_{\text{krit}}(\alpha, n)$; Signifikanzniveau 5%

$$n=30, \text{ zweiseitig} \Rightarrow T_{\text{krit}(0,05;30)} = 137$$

Testentscheidung (Verwerfen der Nullhypothese, falls $T < T_{\text{krit}}$):

$$T = 226 > T_{\text{krit}} = 137$$

d.h. die Nullhypothese muß beibehalten werden.

Erg.: Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Differenzen der rechten und linken Rückenmuskulatur bei den Ski- und Snowboardfahrten.
(Irrtumswahrscheinlichkeit 5%).

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Herrn PD Dr. med. Peter Schaff und Herrn Dr. ing. Veit Senner für die Vergabe des Themas sowie die intensive Betreuung und Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Reiner Gradinger möchte ich mich für die Möglichkeit der Durchführung der Arbeit an der von ihm geleiteten Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Sportorthopädie der Technischen Universität München bedanken.

Ich danke allen Mitarbeitern des BASiS-Instituts der TÜV Product Service GmbH München, die mir allzeit mit Rat und Tat zur Seite standen, sowie den Werkstudenten, die die Filmaufnahmen auf der Piste durchführten.

Allen Probanden, die mir für Pisten- und Labormessungen zur Verfügung standen ein herzlichen Dankeschön.

Ein besonderer Dank ist an Frau Silke Bauer zu richten für die tatkräftige Assistenz während der gesamten Messphase.

Vor allem aber möchte ich mich bei meinen Eltern für die Ausbildung die sie mir ermöglichten und die Unterstützung die sie mir stets zukommen ließen bedanken.