

Technische Möglichkeiten zur Optimierung der Skibindung im Hinblick auf die Prävention von Kniegelenkverletzungen beim Alpinen Skilauf im Freizeitsport

Veit Senner¹, Frank I. Michel^{2,3}, Stefan Lehner¹



¹Technische Universität München, Fachgebiet für Sportgeräte und –materialien, Deutschland
³bfu – Schweizer Beratungsstelle für Unfallverhütung, Sportforschung, Bern, Schweiz

²SCM - Sports Consulting Michel, Toffen, Schweiz

Einführung und Zielsetzung

Das Verletzungsrisiko im alpinen Skisport weist seit den späten 1970er-Jahren eine stetig sinkende Tendenz auf – in Deutschland ein Rückgang um 59% im Vergleich zum Ausgangsjahr 1979/80 und in den USA um 55% seit 1972. Es fällt aber auf, dass der Anteil an Kniegelenkverletzungen von diesem Rückgang nicht im gleichen Masse profitiert [1]. Das Knie ist der am häufigsten verletzte Körperteil im alpinen Skisport (Abb. 1). Basierend auf Literaturangaben liegt der Anteil am Gesamtverletzungsaufkommen zwischen 25% und 59%. Ein guter Anhaltswert für Erwachsene ist ein Drittel [1].

Vordere Kreuzbandverletzungen sowie Distorsionen des medialen Kollateralbandes repräsentieren das häufigste Verletzungsmuster beim alpinen Skifahren im Freizeitsport. Somit stellen Kniegelenkverletzungen

immer noch das zentrale Thema in der Präventionsarbeit im alpinen Skisport dar. Verschiedene Überblickearbeiten, die zwischen 1998 und 2003 veröffentlicht wurden, betonen, dass die (damaligen) Bindungssysteme nur einen unbefriedigenden Beitrag zur Reduzierung von Kniegelenkverletzungen leisten konnten. Daher bestand das Ziel der gegenständlichen Literaturanalyse in der Herausarbeitung und Diskussion von Interventionsmöglichkeiten zur Optimierung der Skibindung, die das Potenzial zur Reduzierung des Verletzungsrisikos von Kniegelenkverletzungen besitzen könnten.

Abb. 1: Verletzungsregionen beim alpinen Skifahren nach UVG-Statistik (Schweiz); © 2006-2010; 16 bis 65-jährige Skifahrer; Summe ergibt 117%, da auf Verletzte (n=128.803) projiziert



Material & Methode

Die in diesem Poster dargestellten Ergebnisse basieren auf einem umfangreichen Forschungsbericht der bfu – Schweizer Beratungsstelle für Unfallverhütung, der neben dem Thema „Skibindung“ auch die technischen Komponenten „Ski & Skischuh“ umfasst [1, 2, 3]. Für eine umfassende Situationsanalyse im Hinblick auf Kniegelenkverletzungen und Skiausrüstung wurden neben wissenschaftlichen Veröffentlichungen und der Analyse der

„Grauen Literatur“ eine Patentrecherche veranlasst sowie internationale Normen hinzugezogen. Für die Literaturanalyse mittels PubMed wurden die folgenden MeSH-Terms benutzt: „skiing AND knee AND injury AND (binding OR boot or ski)“. Es wurden 142 themenbezogene Artikel durch die PubMed-Analyse vorgeschlagen. Zudem wurden alle Literaturverzeichnisse der vorgeschlagenen PubMed-Artikel manuell durchgesehen.

Ergebnisse

Tab. 1: Interventionsmöglichkeiten für die Skibindung zur Reduzierung von Kniegelenkverletzungen beim alpinen Skilaufen im Freizeitsport

Designparameter	Interventionsmöglichkeit
Verminderung des Einflusses von Zwangskräften auf das Auslöseverhalten	Entsprechend gestaltete Gleitelemente und Lagerungen
Weitere Freiheitsgrade (zusätzliche Auslöserichtungen)	Berücksichtigung der Querkräfte insbesondere an der Innenkante im hinteren Skibereich Horizontalauslösung (technisch bislang noch nicht realisiert) (Abb. 2) Vertikalauslösung des Vorderbackens Zusätzliche Drehauslösung: "Double/floating pivot concept" (variabler Momentanpol) (Abb. 3) Asymmetrische Drehsturzauflösung
Verbesserung des dynamischen Verhaltens (Rückstellverhalten/Impakttoleranz)	Einführung eines Mindeststandards (ISO-Norm) für dynamisches Verhalten des Fersenelements Anheben der Auslöseschwelle bei höherem Fahrtempo Anheben der Auslöseschwelle bei Auftreten energiereicher Kraftstöße
Bindungseinstellung	Periodische Überprüfung der Bindungseinstellung Abstufung der Z-Werte für bestimmte Zielgruppen Fahrstilabhängige individualisierte Skibindungseinstellung
Einführung mechatronischer Bindungskonzepte nach dem Prinzip "Notwendige Festhaltekräfte" (Abb. 4, 5) («Pragmatischer Ansatz»)	Valide und ausreichend genaue Ermittlung der Schnittlasten zwischen Schuh und Bindung Besseres Verständnis des Zusammenhangs zwischen Fahrverhalten/externen Bedingungen und den resultierenden Belastungen/Kräften an der Bindung Suche nach Detektionsalgorithmen, die untypische Lastzustände zuverlässig erkennen und Entwicklung der Ansteuerungs- bzw. Auslösealgorithmen Umfangreiche Erprobungsphase mit konventioneller Bindung als "Backup-Lösung" Einleiten entsprechender Normungsinitiativen
Einführung mechatronischer Bindungskonzepte nach dem Prinzip "Vermeidung von Überlasten an Strukturen des Knies" (Abb. 4, 5) («Biomechanischer Ansatz»)	Weitere Präzisierung der kinematischen und kinetischen Randbedingungen für Knieverletzungen Entwicklung und Erprobung körpfernah getragener Sensorik für die Erfassung der Kinematik der unteren Extremität Eventuell: Valide und ausreichend genaue Ermittlung der Schnittlasten zwischen Schuh und Bindung Festlegung der Beobachtungsparameter und deren Grenzwerte sowie Entwicklung der Ansteuerungs- bzw. Auslösealgorithmen Umfangreiche Erprobungsphase mit konventioneller Bindung als "Backup-Lösung"

Abb. 3: Darstellung der Doppeldrehpunktfunktion (Quelle: Line Skis, LLC)

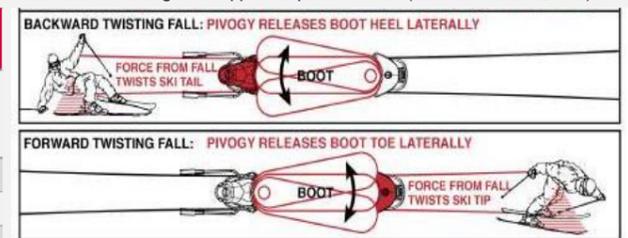


Abb. 4: Kniewinkel als Eingangsgröße für die mechatronische Skibindung (Quelle: US Patent No 5,295,704-1994)

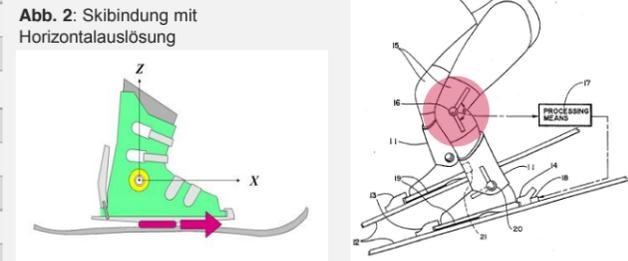
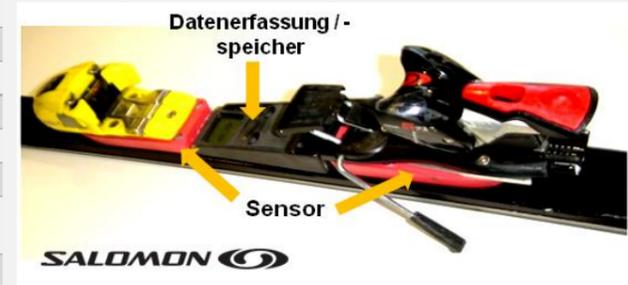


Abb. 5: Salomons Prototyp einer mechatronischen Skibindung, eingesetzt für wissenschaftliche Voruntersuchungen in den Wintersaisons 2005/06 bis 2007/08 (Quelle: Merino et al., 2009)



Diskussion & Schlussfolgerung

Die dargestellten Interventionsmöglichkeiten umfassen verschiedene Ansätze, die von technischen Lösungen, über Normierungsprozesse bis hin zu Sensibilisierungs-/Aufklärungsarbeit reichen können.

Die grösste Herausforderung, aber wahrscheinlich auch die vielversprechendste Interventionsmöglichkeit zur Reduzierung von Kniegelenkverletzungen, scheint in der Entwicklung von mechatronischen Bindungssystemen zu liegen. Den mechatronischen Systemen gemeinsam ist, dass sie sowohl mechanische Bauteile als auch elektronische Komponenten enthalten. Letztere können vergleichsweise einfache Funktionen erfüllen, wie beispielsweise das Registrieren und Anzeigen, Transferieren und Speichern von Informationen (z. B. Bindungskräfte und -momente, Gelenkwinkel (Abb. 4), Muskelstatus von bestimmten Muskeln usw.). Bei komplexeren mechatronischen Bindungssystemen ist neben einer Informationsdarstellung eine

mechatronische Auslösefunktion elementarer Bestandteil der Bindung (z.B. Steuerbefehl zur Auslösung, wenn Ist-Zustand von festgesetzten Grenzwerten abweicht (Abb. 5)).

Im Hinblick auf eine mögliche Realisierung ist ein Zusammenspiel zwischen Industrie und Handel, akademischen Bereichen (Engineering, Biomechanik, Materialwissenschaft, Medizin, Sportwissenschaft) und öffentlichen Institutionen wie beispielsweise aus dem Public-Health-Sektor oder Normierungswesen sowie Medien und Sportverbände auf nationaler und internationaler Ebene notwendig. Für die mögliche Realisierung der beschriebenen Interventionsmöglichkeiten stellt es eine unabdingbare Voraussetzung dar, auch die Forschungsarbeit zur Analyse und Beschreibung der Verletzungsmechanismen intensiv fortzusetzen. Gegenwärtig wird von einem internationalem Expertenpanel eine Evaluation der vorgeschlagenen Interventionsmöglichkeiten durchgeführt.

Quellenverzeichnis

- ¹Senner, V., Lehner, S., Nusser, M., Michel, F.I. (2014). *Skiausrüstung und Knieverletzungen beim alpinen Skifahren im Freizeitsport – Eine Expertise zum gegenwärtigen Stand der Technik und deren Entwicklungspotenzial*. Bern: Beratungsstelle für Unfallverhütung, bfu-Report 69.
- ²Senner, V., Michel, F.I., Lehner, S., Brügger, O. (2013). Technical possibilities for optimising the ski-binding-boot functional unit to reduce knee injuries in alpine skiing. *Sports Engineering*, 16 (4), 211-228.
- ³Senner, V., Michel, F.I., Lehner, S., Brügger, O. (2013). *Ski equipment-related measures to reduce knee injuries – Review of the potential for further technical improvements in recreational alpine skiing*. Berne: bfu – Swiss Council for Accident Prevention, bfu knowledge base.



Dieses Projekt wurde unterstützt durch die bfu und der ISSS. INTERNATIONAL SOCIETY FOR SKIING SAFETY

