

Welche Helme eignen sich zum Schlitteln?

L. Trummler, J. Gross, M. Muser, K.-U. Schmitt
Bern, 2021

Forschung
2.381



Autoren



Linus Trummler

Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, AGU Zürich, linus.trummler@agu.ch
Gesundheitswissenschaften- und Technologie-Studium an der ETH Zürich mit Spezialisierung in Medizintechnik. Arbeitet seit 2020 in der Forschungsabteilung bei der Arbeitsgruppe für Unfallmechanik (AGU) Zürich. Schwerpunkte: Computersimulationen und Verkehrssicherheit.



Jakob Gross

Studium der sportmedizinischen Technik an der Hochschule Koblenz
Hat das Projekt als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschungsabteilung der Arbeitsgruppe Unfallmechanik (AGU) Zürich begleitet.



Markus Muser

Dr. sc. techn., AGU Zürich, muser@agu.ch
Markus Muser studierte Elektrotechnik an der ETH Zürich und promovierte ebenda in biomedizinischer Technik. Er arbeitet seit 25 Jahren im Bereich der Trauma-Biomechanik und ist Mitgründer und Leiter der Arbeitsgruppe für Unfallmechanik (AGU) Zürich. Er ist Lehrbeauftragter der ETH Zürich für Trauma-Biomechanik.



Kai-Uwe Schmitt

PD Dr. sc. techn., AGU Zürich, schmitt@agu.ch
Maschinenbau-Studium an der Universität Karlsruhe und am Imperial College London. Promotion und Habilitation an der ETH Zürich, lehrt dort seit 1998 Trauma-Biomechanik und Biomechanik von Sportverletzungen. Arbeitet heute als Senior Researcher in der Arbeitsgruppe für Unfallmechanik (AGU) Zürich.

Welche Helme eignen sich zum Schlitteln?

Literaturanalyse und Untersuchung der Geschwindigkeit beim Schlitteln

Inhalt

I. Zusammenfassung	5
1. Welche Helme eignen sich zum Schlitteln?	5
2. Quels casques se prêtent à la pratique de la luge?	6
3. Quali caschi sono adatti allo slittino?	7
4. Which helmets are suitable for tobogganing?	8
II. Literaturanalyse	9
1. Einleitung	9
2. Methodik	9
3. Ergebnisse	10
3.1 Verletzungen beim Schlitteln	10
3.2 Kopfverletzungen beim Ski- und Snowboardfahren	10
3.3 Unfallhergang beim Schlitteln und Skifahren	11
3.4 Geschwindigkeiten beim Schlitteln und Skifahren	11
4. Diskussion	13
5. Fazit	14
III. Untersuchung der Geschwindigkeit beim Schlitteln	15
1. Einleitung	15
2. Methodik	15
3. Ergebnisse	17
4. Diskussion	19
5. Fazit	20
6. Ausblick	20
IV. Empfehlung für Konsumentinnen und Konsumenten	21
Quellenverzeichnis	22
Impressum	24

I. Zusammenfassung

1. Welche Helme eignen sich zum Schlitteln?

Beim Schlittenfahren bzw. Schlitteln können schwere Kopfverletzungen erlitten werden. Folglich wird empfohlen, einen Helm zu tragen. Da es keine speziellen Helme zum Schlitteln gibt, stellt sich die Frage, mit welchem verfügbaren Helm man einen zweckmässigen Schutz des Kopfes erreichen kann. Soll man einen Schneesporthelm tragen, oder ist auch das Tragen eines Fahrradhelms zu empfehlen?

Um diese Fragen zu beantworten, wurde in einem ersten Schritt die wissenschaftliche Literatur analysiert. Es wurde zusammengefasst, welche Unfallszenarien beim Schlitteln relevant sind und welche Verletzungen häufig erlitten werden. In einem zweiten Teil wurden Versuche durchgeführt, bei denen die Belastungen beim Schlitteln gemessen wurden. Es wurden Geschwindigkeiten und aufgetretene Beschleunigungen ausgewertet.

Zusammenfassend zeigte sich, dass beim Schlitteln vor allem Kollisionen zu Verletzungen führen. Kopfverletzungen stehen dabei im Mittelpunkt. Sie werden vorwiegend durch Kollisionen mit ortsfesten Gegenständen verursacht.

Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche haben gezeigt, dass selbst auf einem leichten Schlittelweg maximale Geschwindigkeiten von über 40 km/h auch von ungeübten Schlittenfahrern und -fahrerinnen erreicht werden. Die durchschnittlichen Geschwindigkeiten lagen hingegen deutlich tiefer, und vor allen Dingen lagen diese Durchschnittsgeschwindigkeiten in einer Grössenordnung, die auch bei Normprüfungen von Schneesport- und Fahrradhelmen verwendet wird. Die Versuche haben ferner verdeutlicht, dass insbesondere durch Bodenwellen stossartige Beschleunigungen auftreten können; teilweise haben die Schlitten vom Boden abgehoben. Da solche Ereignisse von den Fahrern bzw. Fahrerinnen nicht mehr kontrolliert werden können, besteht hier ein erhöhtes Sturzrisiko.

Basierend auf den in der Literatur beschriebenen Erkenntnissen und den Ergebnissen der Fahrversuche lässt sich somit festhalten: Schlitteln kann zu Stürzen mit einem Kopfanprall führen. Der Schutz des Kopfes ist sehr wichtig. Daher wird empfohlen, beim Schlitteln einen Helm zu tragen. Die gemessenen Geschwindigkeiten zeigen anschaulich auf, dass ein Helm ein wichtiges Element der Verletzungsprävention beim Schlitteln ist. Schneesporthelme eignen sich genauso wie Fahrradhelme. Beide werden für Aufprallgeschwindigkeiten ausgelegt, die auch beim Schlitteln relevant sind. Bei der Benützung des Helms ist auf einen korrekten Sitz des Helms zu achten.

2. Quels casques se prêtent à la pratique de la luge?

Lors de la pratique de la luge, il y a un risque de blessures graves à la tête, si bien qu'il est conseillé de porter un casque. Puisqu'il n'existe pas de casques spécifiques à cette activité, il est légitime de se demander quels casques disponibles sur le marché offrent une protection adéquate. Faut-il porter un casque de sports de neige? Un casque de vélo fait-il aussi l'affaire?

Pour répondre à ces questions, on a dans un premier temps analysé la littérature scientifique afin d'identifier les déroulements d'accidents les plus fréquents et les principales blessures subies. Dans un deuxième temps, on a réalisé des essais de pilotage destinés à évaluer les charges qui s'exercent sur les lugeurs, en se fondant sur les vitesses et les accélérations mesurées.

En résumé, ce sont surtout des collisions – principalement avec des objets fixes – qui sont à l'origine des blessures subies par les lugeurs, et en particulier des blessures à la tête.

Les résultats des essais ont montré que même sur les pistes de luge faciles, les lugeurs peu expérimentés peuvent atteindre des vitesses de pointe supérieures à 40 km/h. En revanche, les vitesses moyennes sont nettement plus faibles. Surtout, elles sont du même ordre de grandeur que celles qui interviennent dans les essais normalisés réalisés sur les casques de sports de neige ou de vélo. Les essais de pilotage ont par ailleurs révélé que ce sont surtout les bosses du terrain qui provoquent des accélérations brutales susceptibles de faire décoller les luges. Ces dernières deviennent alors incontrôlables, si bien que le risque de chute est élevé.

Sur la base des conclusions de la littérature scientifique et des essais réalisés dans le cadre de la présente étude, on retiendra que luger peut occasionner des chutes avec un risque d'impact de la tête. Il est donc primordial pour les lugeurs de protéger leur

tête. Aussi, il est conseillé de porter un casque lors de la pratique de la luge. Les vitesses mesurées montrent en effet clairement que le casque constitue un élément essentiel pour prévenir les blessures à la tête des lugeurs et que tant les casques de sports de neige que les casques de vélo conviennent à la pratique de cette activité. Les deux types de casques sont en effet conçus pour faire face aux vitesses d'impact mesurées lors de descentes en luge. Soulignons par ailleurs qu'il est important que le casque soit bien adapté à la tête de son porteur et que ce dernier le mette correctement.

3. Quali caschi sono adatti allo slittino?

La pratica della slitta o dello slittino può provocare gravi lesioni alla testa. Per questo si raccomanda di usare il casco. Dato però che non esistono caschi specifici, è legittimo chiedersi quali dei modelli disponibili sul mercato offrono una protezione adeguata. Il casco da sci è l'opzione migliore? O anche il casco da bici può servire allo scopo?

Per rispondere a queste domande, in una prima fase i ricercatori hanno analizzato la letteratura scientifica. Su questa base hanno stilato gli scenari d'infortunio più frequenti e le lesioni che ne conseguono. Nella seconda fase sono stati condotti dei test allo scopo di determinare, misurando le velocità e le accelerazioni, le sollecitazioni cui gli utenti sono esposti durante la pratica della slitta o dello slittino.

Dalla ricerca è scaturito che gli infortuni in slitta e slittino sono dovuti soprattutto a collisioni. Le lesioni più frequenti interessano la testa e sono causate prevalentemente dall'impatto con oggetti fissi.

I risultati dei test mostrano che anche sulle piste più facili gli utenti inesperti possono raggiungere velocità massime superiori ai 40 km/h. Le velocità medie sono invece decisamente più basse e si allineano a quelle considerate nei test di omologazione dei caschi da sci e da bici. I test hanno inoltre evidenziato che, soprattutto sulle piste con dossi, le accelerazioni avvengono a scatti e che la slitta perde il contatto con il suolo. In questi casi gli utenti non possono controllare il proprio mezzo, per cui il rischio di caduta è elevato.

In base alle informazioni reperite nella letteratura scientifica e ai risultati dei test si può affermare che la pratica della slitta o dello slittino espone al rischio di cadere e battere la testa. È quindi fondamentale proteggere la testa. Le velocità misurate mostrano chiaramente che il casco è importante per prevenire le lesioni in slitta e slittino. Vanno bene sia i caschi da sci che i caschi da bici, visto che entrambi sono progettati per resistere a velocità d'impatto che si

osservano anche nel caso della slitta e dello slittino. È comunque essenziale che il casco sia della misura giusta e regolato correttamente.

4. Which helmets are suitable for tobogganing?

Tobogganing can result in serious head injuries. Wearing a helmet is therefore recommended. Since there are no special helmets for tobogganing on the market, this raises the question which type of existing and available helmet can provide adequate head protection. Is it better to wear a snowsports helmet, or can bicycle helmets also be recommended?

The first step towards answering these questions was to analyse the scientific literature. We reviewed the accident scenarios that are pertinent to tobogganing and the most frequently sustained injuries. In a second step, tests were conducted to measure the impact sustained in tobogganing, evaluating both the speeds and occurring acceleration.

In summary it was found that collisions are the main cause of injuries in tobogganing – the most common being head injuries. They are mainly caused by collisions with stationary objects.

The test results demonstrated that even on an easy toboggan run, inexperienced riders can reach maximum speeds of over 40 km/h. The average speeds, on the other hand, were considerably lower, and above all, these average speeds were in a range that is also used in the standard testing of snowsports and bicycle helmets. The tests also clearly showed that surface bumps in particular can cause jolt-induced acceleration; in some cases, the toboggans were lifted off the ground. As such events are no longer in the rider's control, a heightened fall risk occurs here.

Based on the findings in the literature and the test results, it can be concluded that tobogganing can potentially lead to falls with a head impact. Protecting the head is of utmost importance. We therefore recommend wearing a helmet while tobogganing. The measured speeds clearly show that helmets are an indispensable injury prevention tool in tobogganing. Snowsports helmets and bicycle helmets are equally suitable. Both are designed to withstand impact

speeds that are also relevant to tobogganing. It is important to ensure that the helmet is worn properly.

II. Literaturanalyse

1. Einleitung

Die BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung, berichtet in ihrer Studie «Sicherheitsanalyse des Schlittens und Rodelns in der Schweiz» von jährlich ca. 10 000 Verletzten im Zusammenhang mit Schlittelfällen [1]. Zwar resultieren aus dem Grossteil der Unfälle nur leichte Verletzungen wie zum Beispiel Verstauchungen oder Zerrungen, dennoch treten immer wieder schwere und vereinzelt tödliche Verletzungen auf. So starben im Zeitraum von 2009 bis 2019 acht Personen bei Schlittelfällen. Besonders relevant sind Kopfverletzungen, da diese einen Grossteil der schweren Verletzungen ausmachen [2–4]. Es wird empfohlen, sich durch Tragen eines Ski- bzw. Snowboardhelms vor Kopfverletzungen zu schützen. Verschiedene Erhebungen zu den Helmtragquoten in der Schweiz zeigen, dass 93 % der Skifahrerinnen und Skifahrer einen Helm tragen, während es bei den Schlittlerinnen und -fahrern durchschnittlich etwa 50 % sind [5,6]. Aus biomechanischer Sicht ist es derzeit unklar, ob die bei den Schlittelfällen auftretenden Kopfbelastungen mit denjenigen von Skiunfällen vergleichbar sind und ob ein Schneesporthelm oder ein anderer Kopfschutz (z. B. Fahrradhelm) einen geeigneten Schutz bieten kann.

Schneesporthelme müssen die Prüfnorm EN 1077 erfüllen [7]. Darin wird zwischen Schneesporthelmen der Kategorien A und B unterschieden. Bei Helmen der Kategorie A spricht man auch von Vollschalenhelmen, die im Vergleich zu den Helmen der Kategorie B einen grösseren Bereich des Kopfes abdecken und weniger Lüftungsspalte aufweisen. Für die Prüfung der Helme beider Kategorien wird der Helm mit einem Prüfkörper belastet und auf einen flachen Amboss fallengelassen, wobei für Helme der Kategorie A die Aufprallgeschwindigkeit (27,8 km/h) höher ist als für Helme der Kategorie B (19,5 km/h). Der Prüfkörper darf für beide Helmarten beim Anprall eine definierte Beschleunigung nicht überschreiten. Helme, die als Wettkampfausrüstung des Internationalen Skiverbands FIS zugelassen sind, müssen zusätzliche Anforderungen erfüllen [8]. Die Prüfung der Dämpfungseigenschaften von Fahrradhelmen erfolgt

nach Prüfnorm EN 1078+A1 [9]; diese umfasst neben einem Fallversuch analog zur Prüfung von Schneesporthelmen der Kategorie B auch einen Fallversuch auf einen keilförmigen Amboss, der eine Bordsteinkante darstellen soll. Bei einer Kollision mit dem Schlitten gegen einen ortsfesten Gegenstand ist vorstellbar, dass ein Kopfanprall gegen ein kantiges oder pfahlförmiges Objekt auftritt.

In einer Analyse der aktuellen wissenschaftlichen Literatur zum Thema Schlittel- und Skiunfälle wurde daher untersucht, welche Unfallszenarien häufig zu Kopfverletzungen beim Schlitteln und Skifahren führen und ob es Hinweise zu den auftretenden Belastungen gibt. Ziel der Arbeit war es, Anhaltspunkte für einen geeigneten Kopfschutz für das Schlittenfahren abzuleiten.

2. Methodik

Neben bekannten Quellen aus Fachbeiträgen der BFU zum Thema Schlitteln wurden die Online-Bibliothek der ETH Zürich, PubMed, Google Scholar sowie die Quellenverzeichnisse ausgewählter Studien nach wissenschaftlichen Beiträgen im Zusammenhang mit Schlitteln und Rodeln durchsucht.

Studien wurden analysiert, wenn sie Informationen zu Schlittelfällen, Verletzungen beim Schlitteln, Geschwindigkeiten beim Schlitteln / Ski- bzw. Snowboardfahren oder zu Kopfverletzungen im Wintersport enthielten.

3. Ergebnisse

3.1 Verletzungen beim Schlitteln

In einzelnen Studien wurden beim Schlitteln erlittene Verletzungen anhand der klinischen Dokumentation zusammengefasst. Weber et al. [3] analysierten Verletzungen beim Schlitten-, Ski- und Snowboardfahren, die im internationalen Traumaregister DGU, zu welchem auch die Schweiz beiträgt, gemeldet wurden. Für den Zeitraum von 1993 bis 2012 untersuchten die Autoren die im Traumaregister verzeichneten Verletzungen im Schneesport unter anderem hinsichtlich Verletzungsschwere und Art der Verletzung. In den 40 gemeldeten Schlittelfällen waren Verletzungen des Kopfes und des Gesichts am häufigsten registriert worden (52,5 % der Fälle). Gehirnerschütterungen wurden bei 27,5 % der Verunfallten diagnostiziert, 22,5 % erlitten eine Schädelfraktur (8 Schädelbasisfrakturen). Anzumerken ist, dass im Traumaregister ausschliesslich schwere Verletzungen (AIS 2+¹) mit anschließender Behandlung auf einer Intensivstation registriert werden. Unfälle, nach denen die Patientinnen und Patienten nicht intensivmedizinisch versorgt werden mussten, also beispielsweise nur eine ambulante Behandlung benötigten, wurden nicht berücksichtigt.

Andere Autoren berichten über die Häufigkeit von Verletzungen auf Basis der in einer Klinik in einem gewählten Zeitraum behandelten Patientinnen und Patienten. Herman et al. (2015) [10] konnten zeigen, dass neben Kopfverletzungen auch Verletzungen der Extremitäten und der inneren Organe Folgen von Schlittelfällen sein können. Die Autoren analysierten für den Zeitraum von 2003 bis 2011 alle Behandlungen von Kindern nach Schlittelfällen im Trauma Center des Universitätsspitals von Michigan (Mott Hospital). Kopfverletzungen und Frakturen waren am häufigsten; sie traten in je 20 der 52 dokumentierten Fälle auf. Frakturen der oberen und unteren Extremitäten wurden in 15 Fällen diagnostiziert; Verletzungen der inneren Organe in 10 der 52 Fälle.

Eine Auswertung der US-Datenbank NEISS (National Electronic Injury Surveillance System) zeigte ebenfalls, dass Kopfverletzungen häufig erlitten wurden – von Kindern häufiger als von Erwachsenen [11].

Unter Einbezug von leichten und mittelschweren Verletzungen wurde durch Coenen (2006) [12] beobachtet, dass in der Notaufnahme des Spitals Rosenheim (DE) vorwiegend Verletzungen der unteren Extremitäten nach Schlittelfällen behandelt wurden (ca. 70 %). Kopfverletzungen machten mit 9,3 % einen deutlich geringeren Teil des hier untersuchten Samples aus.

3.2 Kopfverletzungen beim Ski- und Snowboardfahren

Die Auswahl an wissenschaftlicher Literatur zum Thema Kopfverletzungen im Ski- und Snowboardsport ist gross. Die BFU hat in der Erhebung «Unfallgeschehen beim Ski- und Snowboardfahren in der Schweiz» bereits eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt [13]. Dabei konnte gezeigt werden, dass sich jährlich knapp 76 000 Personen auf Schweizer Skipisten (Ø 2009–2013, davon beinahe 59 000 Ski- und gut 16 000 Snowboardfahrende) so schwer verletzen, dass sie eine ärztliche Behandlung benötigten. Verletzungen des Kopfes konnten bei 15 % der Ski- und 16 % der Snowboardfahrenden beobachtet werden. Beim Ski- und Snowboardfahren sind Verletzungen, anders als beim Schlitteln, vorwiegend Folgen von Stürzen (80 %) und in 11 % von Stürzen nach einem Sprung. Verletzungen durch Kollisionen mit einer Person machen auf den Schweizer Skipisten nur 6 %, Kollisionen mit einem stationären Objekt gar nur 2 % der Fälle aus.

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass Kollisionen mit stationären Objekten beim Ski- und Snowboardfahren weniger häufig als Unfallhergang genannt werden als beim Schlitteln.

¹ Abbreviated Injury Scale – Wikipedia

3.3 Unfallhergang beim Schlitteln und Skifahren

Häufige Unfallhergänge beim Schlitteln sind Kollisionen mit Gegenständen auf oder neben der Fahrbahn [10,11,14–16]. Eine Studie von Ruedl et al. (2017) [17] bestätigte dies. Eine Umfrage unter Freizeitrodler an einer Rodelbahn in der Umgebung von Innsbruck ergab, dass von 3612 befragten Rodlern 328 schon einmal eine Verletzung beim Schlitteln erlitten hatten. Dabei war in 23 % der Fälle eine Kollision mit einem Gegenstand und in 22 % eine Personenkollision die Verletzungsursache. Auch andere Autoren konnten aufzeigen, dass Kollisionen mit Gegenständen eine häufige Ursache für Verletzungen sind, ebenso Stürze [18,19].

Im Gegensatz zum Schlitteln entstehen Kopfverletzungen beim Skifahren primär durch Stürze mit dem Kopf auf die Piste [20]. Anpralle mit dem Kopf auf dem Boden rufen beim Schlitteln vermutlich geringere Belastungen hervor als beim Skifahren, da die Fallhöhe wesentlich tiefer ist. Schlitteln wird meist in einer sitzenden oder liegenden Position ausgeführt, der Kopf befindet sich somit in einer tieferen Position als bei einem (aufrecht fahrenden) Skifahrer. Auch Kollisionen mit Gegenständen haben beim Skifahren vermutlich andere Belastungen auf den Kopf zur Folge als beim Schlittenfahren. Skipisten werden üblicherweise so gestaltet, dass Gegenstände am Fahrbahnrand durch Polsterungen gesichert sind (Abbildung 1) oder gut umfahren werden können. Bei offiziellen Schlittelwegen werden diese Massnahmen in der Regel zwar ebenfalls umgesetzt, nicht jedoch bei einfachen Schlittelhängen. 10 der 13 tödlichen Unfälle in den Jahren 2000 bis 2019 waren Kollisionen mit einem stationären oder einem bewegten Objekt [2]. Hindernisse wie Bäume oder Zäune befinden sich oft ungeschützt in unmittelbarer Nähe oder sogar auf der Fahrbahn und Gefahrenstellen sind teilweise nicht als solche zu erkennen (z. B. kreuzende Strassen, Schlaglöcher). Beim Skifahren werden Kollisionen mit Hindernissen abseits der Piste, also auf inoffiziellen Wegen, hingegen sehr selten beobachtet [13]. Erschwerend kommt hinzu, dass Schlitten auf

eisigem Untergrund nur schwer gelenkt werden können und ein sicheres Abbremsen so nicht immer möglich ist.

Abbildung 1: Sicherung eines Liftmasts mit einer Polsterung



3.4 Geschwindigkeiten beim Schlitteln und Skifahren

Heckman et al. (2010) [21] bestimmten die Geschwindigkeit beim Schlitteln, in dem sie Geschwindigkeitsmessungen mit einer Radarpistole an zwei für das Schlitteln ausgewiesenen Hängen in zwei amerikanischen Skigebieten durchführten [21]. Die gemessenen Durchschnittsgeschwindigkeiten für alle Abfahrten betrugen 18,9 km/h (1. Schlittelhang) und 23,5 km/h (2. Schlittelhang). Es wurde eine maximale Geschwindigkeit von 35,2 km/h gemessen. Auch Cimpello et al. (2009) [22] ermittelten ähnliche maximale Geschwindigkeiten beim Schlittenfahren von 22 bis 40 km/h. Die Autoren führten ihre Messungen an einem Schlittelhang durch und verwendeten zum Messen der Geschwindigkeiten ebenfalls eine Radarpistole. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass die von Heckman et al. (2010) [21] und Cimpello et al. [22] durchgeführten Messungen an vergleichsweise kurzen Schlittelhängen mit ca. 150 m Länge erfolgten. Die alpinen Schlittelwege der Schweiz sind oftmals deutlich länger (bis zu mehreren Kilometern). Es

wurden keine wissenschaftlichen Arbeiten gefunden, in denen die Geschwindigkeiten auf alpinen Schlittenwegen gemessen wurden.

Die Geschwindigkeiten, die beim Skifahren erreicht werden, können deutlich höher liegen als die Geschwindigkeiten beim Schlitteln. Das zeigten unter anderem die Untersuchungen von Schmitt et al. (2010) [23]. Die Autoren konnten in 6821 Geschwindigkeitsmessungen auf einer Skipiste in den Schweizer Alpen maximale Geschwindigkeiten von bis zu 112 km/h feststellen. Die durchschnittlich gefahrenen Geschwindigkeiten der Skifahrerinnen und Skifahrer lagen jedoch zwischen 16 und 32 km/h und liegen somit in einem ähnlichen Bereich wie die von Heckman et al. (2010) [21] und Cimpello et al. [22] gemessenen Geschwindigkeiten beim Schlitteln. In einer Untersuchung von Bailly et al. (2017) [24] wurde mit 43,4 km/h eine etwas höhere durchschnittliche Geschwindigkeit beim Skifahren beobachtet. Die Studie hat jedoch gezeigt, dass Kopfverletzungen beim Skifahren vorwiegend von Anfängerinnen und Anfängern erlitten wurden. Diese fahren eher mit niedrigeren Geschwindigkeiten und auf einfachen Pisten, bei denen sehr hohe Geschwindigkeiten in der Regel nur schwer erreicht werden können.

4. Diskussion

Der Vergleich der durchschnittlichen Geschwindigkeiten im Ski- und Schlittelsport zeigt, dass die Geschwindigkeiten in einer ähnlichen Grössenordnung liegen. Dies bedeutet, dass die Belastungen, die auf Grund der kinetischen Energie entstehen können, vergleichbar sind.

Aus der Literatur geht hervor, dass Schlittenfahrerinnen und -fahrer besonders häufig durch Kollisionen mit Objekten eine Verletzung erleiden. Solche Kollisionen sind vor allem deswegen gefährlich, weil die Objekte – z. B. Bäume, Steine, Pfosten – meist hart sind und der Anprall somit praktisch nicht gedämpft wird. Das Kollisionsrisiko ist besonders auf inoffiziellen Wegen hoch, da Hindernisse nicht gesichert werden. Zudem kann ein Schlitten je nach Bodenbeschaffenheit schlecht gesteuert werden.

Verschiedene Arbeiten wiesen auf eine eher niedrige Helmtragquote beim Schlitteln hin. Die geringe Anzahl an bekannten Kopfverletzungen nach einem Anprall gegen einen Baum o. Ä., bei dem ein Helm getragen wurde, lassen die Vermutung zu, dass ein Helm vor Kopfverletzungen durch diese Belastungen schützen kann. In keiner der in der Analyse gefundenen epidemiologischen Studien wurde auf die Art der Helme hingewiesen, die bei den Unfällen getragen wurden. Hingegen konnten Smit et al. die Schutzwirkung eines Fahrradhelms beim Aufprall beim Schlitteln auf einen Baum in einer Computersimulation (Finite Elemente Methode) darstellen [16]. Die Berechnung ergab, dass das Tragen eines Helms das Risiko für eine Kopfverletzung bei Kollisionen mit einem pfahlförmigen Hindernis erheblich verringern kann, selbst bei Aufprallgeschwindigkeiten von nur 10 km/h.

Manche Studien beschreiben, dass die auftretenden Verletzungen beim Schlittenfahren mit solchen vergleichbar sind, die bei Fahrradunfällen erlitten werden [25]. Demnach wäre es denkbar, dass auch ein Fahrradhelm ein zweckmässiger Kopfschutz beim Schlittenfahren ist. Dies insbesondere, da die Fallhöhen beim Schlitteln geringer sind als beim Skifahren.

Der grundsätzliche Nutzen eines Helms beim Skifahren wie auch beim Fahrradfahren ist hinreichend bekannt (u. a. [26–29]). Ob ein Fahrradhelm oder ein Schneesporthelm besser vor den Belastungen bei einem Anprall gegen einen starren Gegenstand schützt, kann nicht eindeutig beantwortet werden. Vergleicht man die Bauweise eines Fahrradhelms mit derjenigen eines Schneesporthelms der Kategorie B, kann auf den ersten Blick kein wesentlicher Unterschied festgestellt werden. Beide Helmtypen bestehen in der Regel aus einer Styroporschale, die von einer äusseren Plastikschaale ummantelt und von innen gepolstert ist. Die wärmende Ohrenbedeckung der Schneesporthelme ist der einzige markante Unterschied, wobei anzunehmen ist, dass diese keinen Einfluss auf das Schutzpotenzial der Helme hat. Gross et al. (2020) [30] zeigten, dass zumindest unter Fahrradhelmen getragene (wärmende) Kopfbedeckungen keinen messbaren Einfluss auf die Schutzfunktion haben.

Unter Betrachtung der Prüfnormen für Helme kann die Hypothese aufgestellt werden, dass ein Fahrradhelm vor Anprallen gegen einen kantigen Gegenstand schützen kann, da dieser speziell für ein solches Szenario getestet wird. Dies gilt ebenfalls für Schneesporthelme, die als Wettkampfausrüstung des Internationalen Skiverbands zugelassen wurden; auch diese werden mit unterschiedlichen Ambossen (flach bzw. keilförmig) geprüft. Aus den dokumentierten Schlittenunfällen geht allerdings nicht hervor, ob die Verletzungen durch einen Anprall mit einem pfahlförmigen oder flachen Gegenstand entstanden. Bei einem Anprall gegen einen Baum oder Zaun sind beide Möglichkeiten vorstellbar. Auch lässt sich nicht sagen, ob ein Schneesporthelm nach EN 1077 tatsächlich schlechter vor einem Anprall mit einem kantigen Gegenstand schützen kann als ein Fahrradhelm. Versuche, in denen beide Helmartentypen verglichen werden, könnten Aufschluss darüber geben.

Die bei der Prüfung von Schneesporthelmen wie Fahrradhelmen verwendeten Anprallgeschwindigkeiten sind mit den beim Schlitteln beobachteten Geschwindigkeiten zu vergleichen. In dieser Hinsicht scheinen alle

Helme gleich gut für eine Anwendung beim Schlitteln geeignet zu sein.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass es derzeit recht wenige Arbeiten gibt, die sich spezifisch mit Verletzungen bzw. Unfällen beim Schlitteln auseinandersetzen. Die Grundlage betreffend Prävalenz von Verletzungen, Verletzungsmechanismen und geeignetem Kopfschutz ist eher schwach.

5. Fazit

Die Analyse der wissenschaftlichen Literatur im Hinblick auf Verletzungen beim Schlitteln zeigt, dass Kopfverletzungen bei dieser Sportart häufig vorkommen. Nicht selten resultieren diese aus Kollisionen mit Gegenständen am Fahrbahnrand. Bei der Mehrheit der dokumentierten Kopfverletzungen wurde kein Helm getragen. Die beim Schlitteln gefahrenen Geschwindigkeiten scheinen in ähnlicher Grössenordnung wie die bei der Prüfung von Schneesport- und Fahrradhelmen vorgegebenen Anprallgeschwindigkeiten zu liegen. Es ist daher grundsätzlich zu empfehlen, auch beim Schlitten einen Helm zu tragen. Ob ein Schneesport- oder Fahrradhelm besser vor den Kopfbelastungen bei Schlittelfällen schützen kann, kann aus der Literatur nicht eindeutig abgeleitet werden. Auch andere (Sport-)Helme könnten geeignet sein. Die U.S. Consumer Product Safety Commission empfiehlt für das Schlitteln beispielsweise das Tragen eines Ski-, Fahrrad- oder Skateboardhelms.

III. Untersuchung der Geschwindigkeit beim Schlitteln

1. Einleitung

Zum Skifahren oder Snowboarden wird das Tragen eines gemäss Prüfnorm EN 1077 zugelassenen Schneesporthelms empfohlen. Zum Radfahren werden Helme nach Prüfnorm EN 1078 vorgeschrieben bzw. empfohlen. Beide Normen sehen eine Prüfung des Helms durch einen vertikalen Anprall auf einen flachen Amboss vor. Der Prüfkörper darf dabei eine definierte Beschleunigung nicht überschreiten. Der Test der Dämpfungseigenschaften der Fahrradhelme (EN 1078) beinhaltet zusätzlich einen Fallversuch auf einen keilförmigen Amboss, der eine Bordsteinkante darstellen soll. Die Anprallgeschwindigkeit der Helme ist bei den Prüfungen für Schneesporthelme im selben Bereich wie für Fahrradhelme. Demnach werden beide Helmtypen für sehr ähnliche Anprallszenarien ausgelegt.

Wie die Literaturanalyse im ersten Teil des Projekts gezeigt hat, stehen Kopfverletzungen im Fokus, wenn man Verletzungen beim Schlitteln analysiert. Manche Studien berichten, dass die auftretenden Verletzungen beim Schlittelfahren mit denen von Fahrradunfällen vergleichbar seien [25]. Es ist somit denkbar, dass auch ein Fahrradhelm gut vor den Belastungen beim Schlittelfahren schützt.

Um die Belastungen beim Schlitteln besser einordnen zu können, wurden in diesem Projekt Fahrversuche unternommen, bei denen die gefahrene Geschwindigkeit und die Belastungen des Schlittens gemessen wurden. Die Auswertung dieser Messungen soll in erster Linie einen Anhaltspunkt geben, welche Helme für das Schlitteln zu empfehlen sind. Im Sinne einer ergänzenden Fragestellung wurde zudem die vertikale Belastung durch Stösse während des Schlittelns analysiert.

2. Methodik

Es wurde ein experimentelles Studiendesign gewählt; bei Testfahrten auf einem ausgeschilderten Schlittelweg wurden Geschwindigkeiten und Beschleunigungen gemessen. Die Abfahrten wurden mit Schlitten

des Typs «Davos» (auch Davoser Schlitten genannt) und einem Rodel durchgeführt (Abbildung 3).

Abbildung 3: Links Schlittentyp «Davos», rechts Schlittentyp «Rodel»



Die Schlitten wurden mit Beschleunigungssensoren (Xsens Dot, Xsens Technologies B.V, Niederlande) ausgestattet. Die Sensoren zeichnen die Beschleunigung in allen drei Raumrichtungen auf. Die Daten wurden mit einer Frequenz von 60 Hz aufgenommen. Die Sensoren wurden am hinteren Ende der Schlitten bzw. Rodel angebracht (Abbildung 2). Die Befestigung wurde zusätzlich durch Klebeband verstärkt, um zu verhindern, dass sich der Sensor vom Schlitten löst.

Abbildung 2: Befestigung eines Xsens-Dot-Sensors (roter Kreis) auf einem Davoser Schlitten



Die Geschwindigkeiten wurden mittels GPS-Messung auf Mobiltelefonen bestimmt. Die Teilnehmenden trugen während der gesamten Abfahrten ein

Mobiltelefon bei sich (möglich nah am Körper, z. B. in der Hosentasche). Die Aufnahme­frequenz der Geschwindigkeitsmessung betrug 0,5–1 Hz. Diese Variation der Aufnahme­frequenz ist Folge des nicht kontinuierlich empfangenen GPS-Signals.

Die Auswertung der Daten erfolgte hinsichtlich der maximalen und durchschnittlichen Geschwindigkeit sowie der vertikalen Beschleunigung. Zur Bestimmung der durchschnittlichen Geschwindigkeiten wurden nur Werte über 5 km/h berücksichtigt, sodass Pausen oder Passagen zu Fuss nicht in die Berechnung eingeflossen sind. Ebenso wurden bei der Auswertung der vertikalen Beschleunigung nur Werte über 1 g (= 9,81 m/s²) berücksichtigt. Ergänzend wurden Ereignisse analysiert, bei denen der Schlitten vom Boden abhebt und sich im freien «Flug» befindet. Bei solchen Ereignissen wirkt kurzzeitig keine Beschleunigung, d. h., es entsteht ein Messwert von 0 g. Alle Beschleunigungswerte wurden mit einer Frequenz von 1 Hz gefiltert. Die Geschwindigkeiten wurden wegen der tiefen Aufnahme­frequenz nicht zusätzlich gefiltert. Die Bearbeitung, Auswertung und grafische Darstellung der Messdaten erfolgten mit Hilfe der Software Python (Python Software Foundation, USA).

Zusätzlich zu den Messungen wurden subjektive Eindrücke der Teilnehmenden erhoben. Nach jeder Abfahrt haben die Teilnehmenden die subjektiv empfundene Geschwindigkeit auf einer Skala von 1 (sehr langsam) bis 5 (sehr schnell) bewertet. Das Erleben der Teilnehmenden kann somit zur gemessenen Geschwindigkeit in Bezug gesetzt werden. Dies erlaubt eine Einordnung der gemessenen Geschwindigkeiten, also eine Aussage darüber, ob die Abfahrten als «typisches» Schlitteln betrachtet werden können.

Die Testfahrten haben am 11.1.2021 im Bergsportgebiet Rigi stattgefunden. Es nahmen fünf Erwachsene am Testtag teil, zwei Frauen und drei Männer. Das Alter variierte zwischen 26 und 60 Jahren. Die Teilnehmenden können als «Freizeit-Schlittler» bezeichnet werden, die keine besondere Schlittel-Erfahrung aufwiesen. Vier Personen fuhren einen

Davoser Schlitten, eine Person einen Rodel. Zwei Teilnehmende benützten abwechselnd einen Skihelm und einen Fahrradhelm, um einen Eindruck zum Tragekomfort beider Helme zu gewinnen. Die restlichen Teilnehmenden trugen während allen Abfahrten einen Skihelm. Alle Teilnehmenden absolvierten vier Abfahrten auf einem ausgeschilderten Schlittelweg. Alle Messungen wurden erfolgreich ausgeführt und konnten ausgewertet werden, d. h., die Versuchsreihe umfasst insgesamt 20 Abfahrten.

Es wurde die Strecke von Rigi-Kulm über Schwändi nach Rigi-Klösterli ausgewählt. Der Schlittelweg wird vom Betreiber als leicht eingestuft, er ist ca. 3,5 km lang, besteht aus ausgeschilderten, präparierten Wegen und weist nur wenige gerade und schnelle Abschnitte auf. Nichtsdestotrotz besteht ein kurzer Abschnitt mit mehreren hohen Bodenwellen. Die erste Abfahrt begann um ca. 10.30 Uhr und die letzte Abfahrt um ca. 14.40 Uhr. Während dieser Zeit waren die Wetterbedingungen hervorragend zum Schlitteln geeignet. Die Sicht war optimal und der Schnee hatte eine eher feste Beschaffenheit ohne eisige Abschnitte (Abbildung 4).

Abbildung 4: Abschnitt des gewählten Schlittelweges mit Bodenwellen



3. Ergebnisse

Tabelle 1 fasst die Ergebnisse der gemessenen Geschwindigkeiten und vertikalen Beschleunigungen zusammen.

Tabelle 1: Messergebnisse nach Teilnehmenden und Abfahrten

Person	Abfahrt	Max. Geschwindigkeit [km/h]	Durchschnittliche Geschwindigkeit [km/h]	Subjektive Geschwindigkeit [5 Punkte-Skala von 1 (sehr langsam) bis 5 (sehr schnell)]	Max. vertikale Beschleunigung (gefiltert) [g]
A	1	35.4	21.7	4	2.2
	2	34.7	20.4	4	1.9
	3	37.5	22.2	4	2.1
	4	39.3	23.3	4	2.4
B	1	41.6	19.2	2.5	2.2
	2	43.7	21.3	3	2.5
	3	46.4	21.9	3	2.3
	4	47.5	21.4	3	2.1
C	1	42.9	20.1	3	2.1
	2	40.2	17.6	4	2.5
	3	41.8	17.8	4	2.2
	4	40.4	17.7	4	2.3
D	1	34.9	22.3	3.5	1.2
	2	38.3	22.6	4	1.3
	3	42.3	24.6	4	2.1
	4	45.6	26.7	4	2.0
E	1	36.0	19.0	4	2.1
	2	35.9	18.9	4.5	2.2
	3	43.9	22.1	4	2.8
	4	42.0	22.5	3	2.2
Maximalwert		47.5	26.7	4.5	2.8
Minimalwert		34.7	17.6	2.5	1.2
Mittelwert (SA)		40.5 (±3.8)	21.2 (±2.3)	3.7 (±0.5)	2.1 (±0.4)

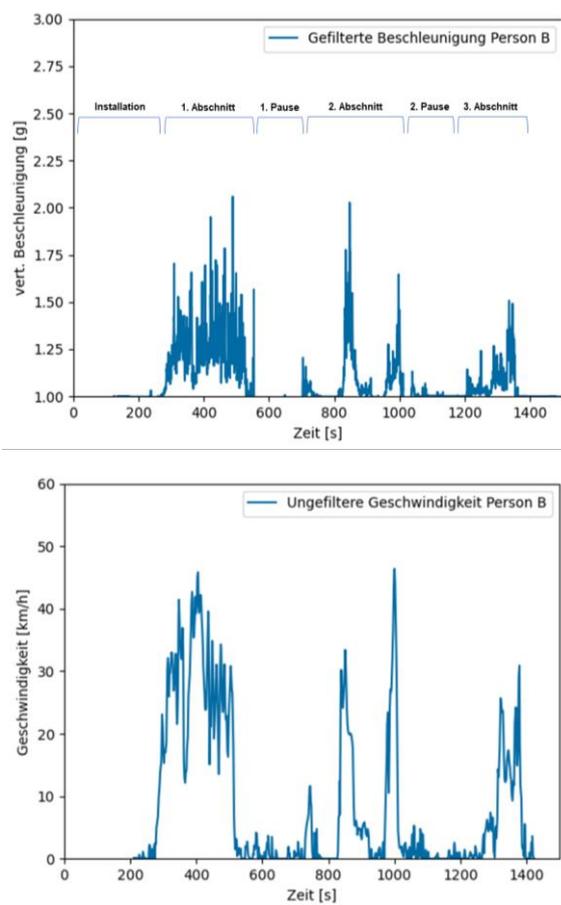
Person D benutzte einen Rodel, alle anderen einen Davoser Schlitten.

Die maximale Geschwindigkeit betrug 47,5 km/h, bei einem Mittelwert von 40,5 km/h und einer Standardabweichung (SA) von $\pm 3,8$ km/h. Die durchschnittliche Geschwindigkeit betrug 21,2 km/h (Mittelwert) bei einer Standardabweichung von $\pm 2,3$ km/h. Die höchste Durchschnittsgeschwindigkeit wurde von Person D erreicht, die den Rodel benutzt hat. Mit Ausnahme von Person C sind bei den Teilnehmenden die maximalen und durchschnittlichen Geschwindigkeiten von der ersten bis zur letzten Abfahrt gestiegen. Subjektiv wurde die Geschwindigkeit im Durchschnitt mit 3,7 Punkten (von 5 Punkten) bewertet.

Die gefilterte vertikale Beschleunigung zeigte maximale Belastungen von bis zu 2,8 g. Der Mittelwert betrug 2,1 g mit einer Standardabweichung von $\pm 0,4$ g.

Im Folgenden sind exemplarisch die Geschwindigkeits- und die Beschleunigungsmessung der 3. Abfahrt von Person B dargestellt Abbildung 5. Die ersten Minuten der kontinuierlichen Zeitachse wurden für die korrekte Anbringung und Initialisierung der Sensoren sowie das Starten der GPS-Applikation genutzt. Die Fahrt unterteilte sich weiterhin in drei Abschnitte, die jeweils durch zwei kurze Pausen getrennt waren.

Abbildung 5: Messdaten der 3. Abfahrt von Person B



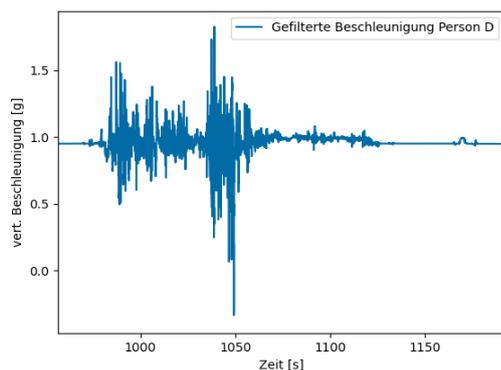
Oben: gefilterte vertikale Beschleunigung

Unten: ungefilterte Geschwindigkeit

Beide Diagramme zeigen eine kontinuierliche Zeitachse von Start bis Ende der Abfahrt, worin zwei Pausen enthalten sind.

Während einzelner Abfahrten kam es zu Momenten, bei welchen eine Beschleunigung von 0 g auftrat, d. h., der Schlitten ist vom Boden abgehoben. Abbildung 6 zeigt beispielhaft eine Abfahrt von Person D, bei der ein solches Abheben in Zusammenhang mit einer Bodenwelle aufgetreten ist.

Abbildung 6: Ausschnitt aus der 3. Abfahrt von Person D



Bei einer Zeit von ca. 1050 s durchläuft die vertikale Beschleunigung den Wert von 0 g, was auf ein Abheben des Schlittens vom Boden hinweist.

4. Diskussion

Die in den Testfahrten gemessene Geschwindigkeit ist eine wichtige Grundlage für die Diskussion, welcher Helm für das Schlitteln geeignet ist. Bei einem Sturz vom Schlitten bzw. einem Kopfanprall ist die gefahrene Geschwindigkeit ein relevanter Parameter hinsichtlich des Verletzungsrisikos. Die Geschwindigkeit kann primär durch den Nutzer, die Nutzerin bestimmt werden. Die vertikale Beschleunigung, d. h. eine stossartige Belastung während des Schlittelns, hat hingegen vor allem einen direkten Bezug zu Belastungen im Bereich der Wirbelsäule bzw. des Rückens. Ferner kann eine starke vertikale Beschleunigung zu einer nicht mehr beherrschbaren Situation führen und geht daher mit einem Sturzrisiko einher. Die Analyse der vertikalen Beschleunigung weist

somit auch einen Zusammenhang mit der Gestaltung bzw. dem Zustand der Schlittelstrecke auf.

Die im Verlauf des Testtages beobachteten ansteigenden Geschwindigkeiten könnten dadurch erklärt werden, dass die Teilnehmenden wenig Schlittel-Erfahrung hatten und mit der Schlittelstrecke nicht vertraut waren, so dass zu Beginn mit geringerer Geschwindigkeit gefahren wurde, um ein Gefühl für das Verhalten des Schlittens und die eigenen Fähigkeiten zu erhalten. Mit zunehmender Übung und Selbstvertrauen stiegen die Geschwindigkeiten. Die subjektive Befragung zur Geschwindigkeit zeigte klar, dass die Teilnehmenden sich während der Abfahrt grundsätzlich schnell gefühlt haben, ohne aber die Kontrolle über den Schlitten zu verlieren. Somit scheinen die gemessenen Geschwindigkeiten in einer für das Schlitteln «typischen» Grössenordnung zu liegen; die Teilnehmenden waren nach eigenem Empfinden bereits zügig unterwegs und würden auf diesem Schlittelweg kaum noch schneller fahren.

Die durchschnittlich erreichten Geschwindigkeiten lagen im Bereich der in den Prüfnormen EN 1077 (Kat. B) und EN 1078 verwendeten Geschwindigkeit von 19,5 km/h. Somit kann angenommen werden, dass Schneеспort- und Fahrradhelme, die diese Normen erfüllen, bei entsprechenden Kopfbelastungen nach Stürzen beim Schlitteln einen vergleichbaren Schutz bieten. Sowohl Schneеспort- wie auch Fahrradhelme eignen sich daher hinsichtlich ihrer Schutzwirkung zum Schlitteln. Die gemessenen Maximalwerte machen jedoch deutlich, dass selbst ungeübte Schlittlerinnen und Schlittler deutlich höhere Geschwindigkeiten erreichen können. Die am Testtag vorherrschenden Schneebedingungen war sehr gut, die gemessenen Geschwindigkeiten sind daher auch aus dieser Perspektive als «typisch» zu bezeichnen – wie sich zeigte, können sie auf einer als leicht klassifizierten Strecke problemlos erreicht werden. Dies bestärkt bisherige Empfehlungen, dass beim Schlitteln grundsätzlich Helme getragen werden sollten.

Die gemessene Beschleunigung wies Maximalwerte von deutlich über 2 g auf, d. h., es wirkte rund das

Doppelte des Gewichts auf den Schlitten. Da klassische Davoser Schlitten kaum gedämpft bzw. gepolstert sind, überträgt sich diese Belastung nahezu vollständig auf den Fahrer bzw. die Fahrerin. Einzelne Teilnehmende gaben entsprechend an, dass sie diese Beschleunigungsspitzen als deutlichen Schlag bzw. Stoss in den Rücken erlebt haben. Die Beschleunigungsspitzen schienen vermehrt in Abschnitten mit Bodenwellen aufzutreten; ein kausaler Zusammenhang müsste jedoch in weiteren Studien geklärt werden.

Im Zuge der Bodenwellen erlebten einzelne Teilnehmende ein Abheben des Schlittens. Abgesehen von einem möglichen Stoss bei der Landung ist in solchen Situationen von einem erhöhten Sturzrisiko auszugehen, da sowohl die Flug- wie auch Landephase nicht kontrollierbar sind.

Aufgrund der Rückmeldungen der Teilnehmenden zum Tragekomfort scheinen Schneesporthelm und Fahrradhelm (mit darunter getragener [wärmender] Kopfbedeckung) zum Schlitteln gleich angenehm zu tragen zu sein. Erwähnt wurde, dass der Fahrradhelm weniger gut mit der Skibrille kombiniert werden kann, wobei das Tragen einer Skibrille beim Schlitteln als vorteilhaft betrachtet wurde.

Diese Studie weist verschiedene Limitationen auf. Die Versuche haben nur an einem Ort und an einem Tag, d. h. unter den gleichen Bedingungen stattgefunden. Der von uns gewählte Schlittelweg wird vom Betreiber als «leicht» eingestuft. Es ist anzunehmen, dass sich Ergebnisse von anderen Schlittelwegen, Schlittelhängen oder inoffiziellen Schlittelstrecken von unseren unterscheiden. Die von uns erhobenen Daten decken sich jedoch sehr gut mit Daten aus der Literatur [21]. Zudem haben nur Erwachsene am Versuch teilgenommen, wohingegen auch viele Kinder schlitteln.

5. Fazit

Die durchgeführten Messungen konnten aufzeigen, dass sowohl Schneesport- wie auch Fahrradhelme einen geeigneten Kopfschutz beim Schlitteln

darstellen. Beide Helmarten werden für Anprallgeschwindigkeiten ausgelegt, die auch beim Schlitteln relevant sind. Die in dieser Studie durchgeführten Versuche konnten bestätigen, dass mittlere Geschwindigkeiten von rund 20 km/h beim Schlitteln eine typische Grössenordnung sind.

6. Ausblick

Die Messung der vertikalen Belastung hat gezeigt, dass beim Schlitteln kurzzeitig hohe Beschleunigungsspitzen entstehen können. Stossartige Belastungen auf die Wirbelsäule können unter Umständen zu Schäden führen, sie können aber auch eine Ursache für Stürze darstellen. Dies gilt insbesondere, wenn die Stösse überraschend auftreten, wenn beispielsweise Bodenwellen nicht frühzeitig gesehen werden können, sodass die Geschwindigkeit nicht rechtzeitig reduziert werden kann. Während Ski- oder Snowboardfahrende solche Bodenwellen in den Knien abfedern können, ist dies auf einem Schlitten nicht möglich. Analoges gilt für das Abheben des Schlittens infolge einer Bodenwelle. Auch dies ist mit einem Sturzrisiko behaftet, da der Schlitten in solchen Situationen vom Fahrer bzw. der Fahrerin nicht mehr kontrolliert werden kann.

Wie diese Studie gezeigt hat, lassen sich vertikale Belastungen mit einem einfachen Sensor bestimmen. Neben einer visuellen Bewertung einer Schlittelstrecke könnte mithilfe solcher Messungen eine Strecke recht einfach analysiert und quantifiziert werden. Heikle Stellen könnten identifiziert und durch geeignete Massnahmen (sei es Warnhinweise oder ein Präparieren der Strecke) entschärft werden.

IV. Empfehlung für Konsumentinnen und Konsumenten

Schlitteln kann zu Stürzen mit einem Kopfanprall führen. Der Schutz des Kopfes ist sehr wichtig. Daher wird empfohlen, beim Schlitteln einen Helm zu tragen. Hierzu eignen sich Schneesporthelme genauso wie Fahrradhelme. Beide werden für Aufprallgeschwindigkeiten ausgelegt, die auch beim Schlitteln relevant sind. Ein Fahrradhelm kann in Kombination mit einer (Unterhelm-) Mütze benützt werden. Bei der Benützung des Helms ist auf einen korrekten Sitz des Helms zu achten.

Quellenverzeichnis

- [1] Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU. *Erhebung 2020: Tödliche Sportunfälle 2000–2019*. Bern: BFU; 2020. DOI:10.13100/BFU.2.388.01.2020.
- [2] Bianchi G, Brügger O, Kerschbaumer D. *Sicherheitsanalyse des Schlittelns und Rodelns in der Schweiz: Unfall- und Risikofaktorenanalyse sowie Präventionsempfehlungen*. Bern: BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2012. Grundlage Unfallforschung.
- [3] Weber CD, Horst K, Lefering R et al. Major trauma in winter sports: an international trauma database analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016; 42(6): 741–747. DOI:10.1007/s00068-015-0596-7.
- [4] Sterr R, Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit. *Rodeln in Zahlen: Rodeln – Sicherheitsvorkehrungen spielen eine bedeutende Rolle*. www.alpinmesse.info/de/Rodeln-in-Zahlen. 30.04.2020.
- [5] Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU. Entwicklung der Helmtragquote im Schneesport nach Alter, Wintersaisons 2003–2019. In: *Status 2020: Statistik der Nichtberufsunfälle und des Sicherheitsniveaus in der Schweiz*. Bern; 2020: S. 47.
- [6] Beratungsstelle für Unfallverhütung BFU. *Tragquoten von Schutzartikel beim Schlitteln/Rodeln: Erhebung 2019*. Bern: BFU; 2019.
- [7] Schweizerische Normen-Vereinigung SNV. *Helme für alpine Skiläufer und für Snowboarder*. Winterthur: SNV; 2007. SN EN 1077.
- [8] Internationaler Ski Verband FIS. *Spezifikationen der Wettkampfausrüstung und kommerziellen Markenzeichen*. Oberhofen: FIS; 2017.
- [9] Schweizerische Normen-Vereinigung SNV. *Helme für Radfahrer und für Benutzer von Skateboards und Rollschuhen*. Winterthur: SNV; 2013. SN EN 1078+A1.
- [10] Herman R, Hirschl RB, Ehrlich PF. Sledding injuries a practice-based study is it time to raise awareness? *Pediatr Surg Int*. 2015; 31(3): 237–240. DOI:10.1007/s00383-014-3639-y.
- [11] Evans KHC, McAdams RJ, Roberts KJ, McKenzie LB. Sledding-related injuries among children and adults treated in US Emergency Departments from 2008 to 2017. *Clin J Sport Med*. 2020: 1–7. DOI:10.1097/JSM.0000000000000864.
- [12] Coenen S. *Verletzungen beim Schlittensfahren* [Dissertation]. München: Medizinische Fakultät: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2006.
- [13] Bianchi G, Brügger O. *Unfallgeschehen beim Ski- und Snowboardfahren in der Schweiz: Unfallausmass, Risikoabschätzung und Entwicklung*. Bern: BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2016. Grundlage Unfallforschung. DOI:10.13100/bfu.2.286.01.
- [14] Lee F, Osmond MH, Vaidyanathan CP et al. Descriptive study of sledding injuries in Canadian children. *Inj Prev*. 1999; 5(3): 198–202. DOI:10.1136/ip.5.3.198.
- [15] Shorter NA, Mooney DP, Harmon BJ. Childhood sledding injuries. *Am J Emerg Med*. 1999; 17(1): 32–34. DOI:10.1016/S0735-6757(99)90010-4.
- [16] Smit S, Trauner-Karner J, Nader M et al. *Investigation of injury mechanisms in sledging accidents involving children and adults: Proceeding of IRCOBI Conference, 2021, held online*. IRC-21-64.
- [17] Ruedl G, Pocerco E, Raas C et al. Unfallursachen und Risikofaktoren bei erwachsenen Rodeln: Eine retrospektive Studie. *Sportverletz Sportschad*. 2017; 31(1): 45–49. DOI:10.1055/s-0043-101044.

- [18] Ortega HW, Shields BJ, Smith GA. Sledding-related injuries among children requiring emergency treatment. *Pediatr Emerg Care*. 2005; 21(12): 839–843. DOI:10.1097/01.pec.0000190233.27857.6a.
- [19] Maisonneuve E, Roumeliotis N, Basso A et al. Epidemiology of severe paediatric trauma following winter sport accidents. *Acta Paediatr*. 2020; 109(10): 2125–2130. DOI:10.1111/apa.15196.
- [20] Provance AJ, Daoud AK, Tagawa A, Rhodes J. Pediatric and adolescent injury in skiing. *Res Sports Med*. 2018; 26(sup1): 150–165. DOI:10.1080/15438627.2018.1438282.
- [21] Heckman GM, Harley EM, Scher IS, Young DE. Helmet use in sledding: Do users comply with manufacturer warnings? *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet*. 2010; 54(10): 733–737. DOI:10.1177/154193121005401002.
- [22] Cimpello LB, Garcia M, Rueckmann E, Markevicz C. Sledding: How fast can they go? *J Trauma*. 2009; 66(3 Suppl): S23–S26. DOI:10.1097/TA.0b013e318160f856.
- [23] Schmitt K-U, Niemetz P, Muser M. Analyzing the riding behavior of recreational skiers and snowboarders. *J ASTM Int*. 2010; 7(6): 1–8. DOI:10.1520/JAI102814.
- [24] Bailly N, Abouchiche S, Masson C, Donnadieu T. Recorded speed on alpine slopes: How to interpret skier's perception of their speed? In: Scher IS, Greenwald RM, Petrone N, Hg. *Snow sports trauma and safety: Conference Proceedings of the International Society for Skiing Safety: 21st Volume*. Cham: Springer; 2017: 163–174. DOI:10.1007/978-3-319-52755-0_13.
- [25] Juang D, Feliz A, Miller KA, Gaines BA. Sledding injuries: a rationale for helmet usage. *J Trauma*. 2010; 69(4 Suppl): S206–S208.
- [26] Cusimano MD, Kwok J. The effectiveness of helmet wear in skiers and snowboarders: A systematic review. *Br J Sports Med*. 2010; 44(11): 781–786. DOI:10.1136/bjsm.2009.070573.
- [27] Hoye AK. Bicycle helmets – To wear or not to wear? A meta-analysis of the effects of bicycle helmets on injuries. *Accid Anal Prev*. 2018; 117: 85–97. DOI:10.1016/j.aap.2018.03.026.
- [28] Russell K, Christie J, Hagel BE. The effect of helmets on the risk of head and neck injuries among skiers and snowboarders: a meta-analysis. *CMAJ*. 2010; 182(4): 333–340.
- [29] Brügger O, Bianchi G, Schulz D et al. *Snow-sport helmets: Injury prevention, rate of wearers and recommendations*. Berne: Swiss Council for Accident Prevention BFU; EuroSafe Task Force Safety in Sports; 2010.
- [30] Gross J, Murri R, Muser M, Schmitt K-U. *Fahrradhelm und Mütze – verträgt sich das?* Bern: BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2020. Forschung 2.374. DOI:10.13100/BFU.2.374.01.

Impressum

Herausgeberin

BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung
Postfach, 3001 Bern
+41 31 390 22 22
info@bfu.ch
bfu.ch / Bezug als PDF auf bestellen.buf.ch,
Art.-Nr. 2.381

Autoren

- Linus Trummler, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, AGU Zürich
- Jakob Gross, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Forschung, AGU Zürich
- Markus Muser, Dr. sc. techn., AGU Zürich
- Kai-Uwe Schmitt, Prof. Dr. sc. techn., AGU Zürich

Redaktion

- Othmar Brügger, Leiter Forschung Haus und Sport, BFU

BFU-Projektteam

- Roland Grädel, Fachspezialist Produkte, BFU
- Regula Hartmann, Bereichsleiterin Haus und Sport, Stv. Direktorin, BFU
- Fabienne Mangold, Projektassistentin Forschung, BFU
- Abteilung Publikationen / Sprachdienst, BFU

© BFU 2021

Alle Rechte vorbehalten. Verwendung unter Quellenangabe (siehe Zitationsvorschlag) erlaubt. Kommerzielle Nutzung ausgeschlossen.

Zitationsvorschlag

Trummler L, Gross J, Muser M, Schmitt K.-U. *Welche Helme eignen sich zum Schlitteln? Literaturanalyse und Untersuchung der Geschwindigkeit beim Schlitteln*. Bern: BFU, Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2021. Forschung
DOI: 10.13100/BFU.2.381.01.2021

Abbildungsverzeichnis

- Titelbild: BFU
- Abbildung 1: BFU
- Abbildungen 2–4: Markus Muser, AGU Zürich

Die BFU macht Menschen sicher.

Als Kompetenzzentrum forscht und berät sie, damit in der Schweiz weniger folgenschwere Unfälle passieren – im Strassenverkehr, zu Hause, in der Freizeit und beim Sport. Für diese Aufgaben hat die BFU seit 1938 einen öffentlichen Auftrag.