

M. Goertzen¹, H. Nalbach²; R. Gürtler³

Analyse der Verletzungsproblematik im Nordischen Skisprung

Injury pattern in nordic ski jumpers

¹ Zentrum für Orthopädische Chirurgie, Sporttraumatologie und Rehabilitation Hannover

² Orthopädische Universitätsklinik Düsseldorf

³ Österreichischer Skiverband, Schule für Skisportler, Stams, Österreich

Zusammenfassung

In der sportwissenmedizinischen Literatur finden sich trotz des in den letzten Jahren stark gestiegenen Medieninteresses nur einige wenige, ausnahmslos retrospektiv angelegte Untersuchungen über das sportartspezifische Verletzungsprofil im nordischen Sprungsport. In dieser Studie wird deshalb erstmalig eine zweijährige prospektive Studie in dieser koordinativ sehr anspruchsvollen Wintersportart vorgestellt.

52 Weltcupteilnehmer aus 9 Nationen sowie 59 männliche und 2 weibliche Nachwuchsspringer des österreichischen Skiverbandes wurden über eine 2-Jahresperiode sportmedizinisch betreut. Zur differenzierten Datengewinnung wurden neben vierteljährlichen klinisch-orthopädischen Untersuchungen auch kontinuierliche Fragebogenerhebungen bei Athleten und deren Trainern herangezogen. Während die Weltcupteilnehmer durchschnittlich saisonal 996 Sprünge absolvierten, führten die Junioren im Jahresmittel 876 Sprünge durch. Die Sturzrate bezogen auf 1000 Sprünge war bei den Junioren mit 6.39/1000 Sprünge signifikant höher im Vergleich zu den Weltcupteilnehmern mit 4.24 Stürzen/1000 Sprünge. Konsekutiv betrug die Verletzungsrate 0.41 bei den A-Kader-Athleten im Vergleich zu den Junioren mit 0.23 bezogen auf 1000 Sprünge. Signifikant erhöht war in beiden Teilkollektiven die Verletzungsinzidenz bei Sprüngen auf Winterschanzen im Vergleich zu den im Sommer verwandten Mattenschanzen. 81.1% der beobachteten Verletzungen und Überlastungsschäden konnten auf nicht sportartspezifische Trainingsaktivitäten zurückgeführt werden. Akute Verletzungen waren in erster Linie Weichteilkontusionen sowie Claviculafrakturen und AC-Gelenksverletzungen.

Die Inzidenz von Skisprungverletzungen zeigte die höchste Korrelation zum Auftreten von technischen Fehlern in der Flug- und Landephase sowie von der Präparation der Schanzenanlage. Die Verletzungsinzidenz wird jedoch im Vergleich zu anderen Wintersportarten in der Öffentlichkeit erheblich überschätzt.

Schlüsselwörter: Skispringen, Verletzungsprofil, Prävention,

Im Gegensatz zu den Alpinen Skidisziplinen wird die Zahl der aktiven Skispringer weltweit auf nur ca. 9.000 Sportler (4) geschätzt, die 1998 auf den weltweit vom Internationalen Ski-Verband (FIS) für die Austragung von Wettkämpfen lizenzierten 145 Schanzen ihre Sportart ausübten (6).

Nach den Olympischen Winterspielen in Nagano 1998 und der Vierschanzentournee 1998-99 zeigt sich bedingt

Summary

Purpose of study: Due to the fact that few data are available in the medical literature on nordic ski jumping injuries, we performed a prospective study on types and frequencies of injuries in nordic ski jumpers.

Material and methods: 52 international world-cup participants and 61 elite Austrian junior athletes were examined over a 2-year period (1996-1998). The mean age of the world class athletes was 20.6 yrs., the mean age of the elite junior athletes was 15.6 yrs. Injury questionnaires were used to evaluate specific details on the types, circumstances, and outcomes of their injuries.

Results: 81.1 % of all injuries occurred during non-sports specific training activities. Only 18.9 % of injuries are directly related to falls on the hills. Typical overuse problems were low back pain and anterior knee pain. The most frequent acute injuries were thigh muscle strains, fibular ligament ruptures and shoulder or clavicle fractures. The mean training duration in world cup athletes was 34.1 hours/week, in junior athletes 20.6 hours/week. World cup jumpers averaged 996 jumps, junior athletes 876 jumps/year. The fall rate per 1000 jumps was significantly higher in juniors (6.39 falls/1000 jumps) than in world class athletes (4.24 falls/1000 jumps). The injury rate for juniors and for world cup jumpers was 0.41 and 0.23 injuries per 1000 jumps, respectively. Higher injury rates were seen on winter than on summer mattress slopes.

Discussion: Ski jumping injuries due to falls are strongly related to two factors: technical faults and ramp grooming, which is determined by weather and hill maintenance.

In conclusion, we find that the injury rate in ski jumpers has been greatly overestimated by the public. The injury rate is less than that reported for most other olympic sport disciplines. The results of our survey show that there is still room for improvement in safety.

Key-words: Ski jumping, injury profile, injury prevention

durch das internationale Medieninteresse eine deutliche Popularitätssteigerung dieser traditionsreichen Nordischen Wintersportdisziplin.

In der sportwissenschaftlichen und medizinischen Literatur fand man bisher nur vereinzelte Darstellungen dieser koordinativ äußerst anspruchsvollen Sportart, trotz des kontinuierlichen Wandels der Sprungstile, der Veränderungen im

Bereich des Materialsektors, der Schanzenprofile und letztlich auch der Wettkampfordnung.

Zudem existieren nur einige wenige, ausnahmslos retrospektiv angelegte Untersuchungen (1,18,21-27) über das sportartspezifische Verletzungsprofil in dieser Sportart, die allgemein in der Bevölkerung auf Grund ihrer hohen Dynamik als sehr verletzungsanfällig eingeschätzt wird.

Diesem Sachverhalt Rechnung tragend verfolgte diese bisher erstmalig prospektiv angelegte Studie die Zielsetzung, einen Beitrag zur sportwissenschaftlichen Analyse von Unfallereignissen und Sturzmechanismen im Nordischen Skisprung zu leisten und so als Grundlage für zukünftige Präventivmaßnahmen dieser anspruchsvollen technisch-kompositorischen Sportart zu dienen.

Material und Methode

Im Rahmen einer im Zeitraum von 1996-98 durchgeführten prospektiven Studie wurde sowohl das Verletzungsspektrum der 61 Nachwuchskaderathleten des Österreichischen Skiverbandes als auch das der in der Saison 1997-98 aktiven 52 Spitzenathleten von 9 Nationalmannschaften im Rahmen des Nordischen Ski-Weltcup-Wettbewerbes analysiert.

Das untersuchte Kollektiv von Nachwuchsspringern setzte sich aus 42 Spezialspringern und 19 Nordischen Kombiniern zusammen, wohingegen alle Weltcup-Teilnehmer international erfahrene Spezialspringer waren.

Zur Datengewinnung wurden sowohl vierteljährlich klinisch-orthopädische Untersuchungen als auch kontinuierliche Fragebogenerhebungen bei Athleten und Trainern herangezogen. Erfasst wurden neben den jeweiligen anthropometrischen Parametern, die sportliche u. gesundheitliche Anamnese der Probanden, begleitende nicht sportartspezifische Sport- und Freizeitverletzungen sowie wetter- und schanzenspezifische Begleitfaktoren, die zu Unfällen geführt hatten.

Statistische Analysen wurden mit Hilfe des Students-T-Test für unverbundene Stichproben auf dem Signifikanzniveau $p < 0.05$ durchgeführt.

Ergebnisse

Anthropometrische Daten:

Im Rahmen der Studie wurden 59 männliche und 2 weibliche Nachwuchsspringer sowie 52 Weltcupspringer aus 9 Nationen untersucht.

Das mittlere Alter der Junioren betrug $15,6 \pm 1,4$ Jahre, das der Weltcupathleten $20,6 \pm 2,8$. Es fand sich eine durchschnittliche Körpergröße der Junioren von $169,2 \pm 7,9$ cm bei einem mittleren Körpergewicht von $55,6 \pm 7,9$ kg. Die Weltcupspringer wiesen im Vergleich dazu eine mittlere Körpergröße von $178,5 \pm 4,7$ cm bei einem Durchschnittsgewicht von $63,5 \pm 4,7$ kg auf.

In Hinblick auf die Analyse der Sturzverletzungen war die quantitative Erfassung der Sprünge von Bedeutung. Die Weltcupathleten wiesen dabei eine mittlere jährliche Sprungfrequenz von 996 Sprüngen auf, davon 437 Sprünge

auf Winterschanzen und 559 Sprünge auf Mattenschanzen. Die Junioren führten durchschnittlich 876 Sprünge pro Jahr durch, wovon 382 auf Winterschanzen und 494 auf Mattenschanzen im Sommer entfielen.

Übereinstimmend zeigte sich eine signifikant erhöhte Verletzungsinzidenz ($p < 0.01$) in beiden Kollektiven bei Wettkämpfen gegenüber einer Trainingssituation. Tendentiell wurden Stürze auf Winterschanzen häufiger als auf Mattenschanzen beobachtet (Tab.1-2).

Wettkampfparameter

Die durchschnittliche Wettkampffzahl der untersuchten Weltcup-Springer lag bei 40,3 Veranstaltungen pro Jahr. Die Wettkampffrequenz war in den Wintermonaten mit 29,9

Tabelle 1: Anzahl der Stürze und Sturzinzidenz (Junioren) im Untersuchungszeitraum 1996-1998

Kriterium	1996/97 Stürze pro 1000 Sprünge	1997/98 Stürze pro 1000 Sprünge	1996-1998 Stürze pro 1000 Sprünge
Training	5,8	5,8	5,8
Wettkampf	12,4	16,2	14,4
Winterschanze	6,9	7,1	7,0
Sommerschanze	5,7	6,0	5,8
Stürze	267	326	593
Gesamtinzidenz	6,1	6,5	6,4

Tabelle 2: Anzahl der Stürze und Sturzinzidenz (Weltcupspringer) im Untersuchungszeitraum 1997-1998

Kriterium	1997/1998 Stürze pro 1000 Sprünge
Training	3,6
Wettkampf	9,3
Winterschanze	4,7
Sommerschanze	3,7
Stürze	134
Gesamtinzidenz	4,2

dreimal so hoch wie in den Sommermonaten mit durchschnittlich 10,4 Einsätzen.

Demgegenüber betrug die jährliche Wettkampffzahl der Junioren 23,0 Veranstaltungen, wobei im Mittel 15,8 Einsätze im Winter und 7,2 Wettkämpfe in den Sommermonaten erfolgten.

Ausgleichssportarten

Die Erhebung des sportlichen Freizeitverhaltens und der im Training praktizierten Ausgleichssportarten ergab, dass in beiden Kollektiven ca. 1/4 der Sportler regelmäßig Fußball spielten. Auf den nachfolgenden Rängen plazierte sich Tennis, alpines Skifahren, Rad- bzw. Mountainbikefahren, Schwimmen, Laufen, nordischer Langlauf, Klettern und Inlineskaten.

Sturzanalyse

Während die Weltcup-Athleten am häufigsten bereits im 1. Sprungversuch stürzten, zeigte sich bei den Junioren der 2. Sprung als der sturzgefährlichste.

Annähernd die Hälfte (48,3 %) aller Sprünge, die zu Verletzungen bei den Weltcupspringern führten, traten nachmittags auf. Am Vormittag ereigneten sich 34,5 % und mittags 17,2 % der Unfälle. Bei den Junioren zeigte sich eine ähnliche Tageszeitverteilung mit 42,9% der Stürze am Vormittag, 33,3 % am Nachmittag und 23,8% Mittags.

Das Verletzungsprofil zeigte in beiden untersuchten Kollektiven Unfallsitzen in den Sommermonaten und am Anfang sowie am Ende der Wintersaison (Abb. 1a-b).

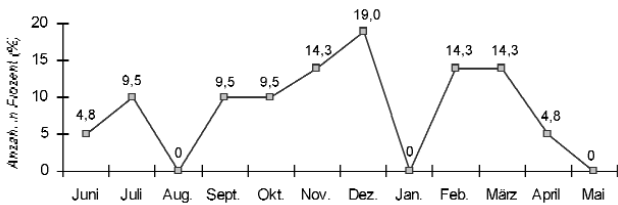


Abbildung 1a: Monatsverteilung der Stürze (Junioren) (n= 593)

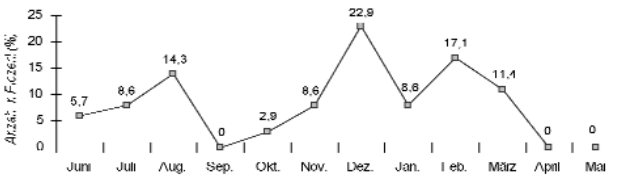


Abbildung 1b: Monatsverteilung der Stürze (Welt-Cup-Sprinter) (n= 134)

Die Sturzverteilung bezogen auf die Schanzengröße wird in Abbildung 2 dargestellt. Die Junioren verunfallten im arithmetischen Mittel auf Schanzenanlage von einer Größe von 77,5 m, während die Weltcupspringer auf Anlagen von 105,4 m am häufigsten stürzten.

Bei genauer Analyse der Unfälle zeigte sich, dass die Hälfte aller bei den Weltcupspringern analysierten Sturzergebnisse auf Fehler in der Flugphase zurückzuführen waren. Ein Viertel aller Sturzergebnisse konnten auf Fehler in der Landephase zurückgeführt werden. In der Absprung- und Auslaufphase verletzten sich demgegenüber mit 14,3 % und 10,7 % die wenigsten Springer. Bei den Junioren dagegen war die Landephase mit 52,4 % aller Stürze die unfallträchtigste Phase, gefolgt von der Flugphase (23,8%), der Absprungphase (14,3%) und der Auslaufphase mit 9,5%. (Abb. 3),

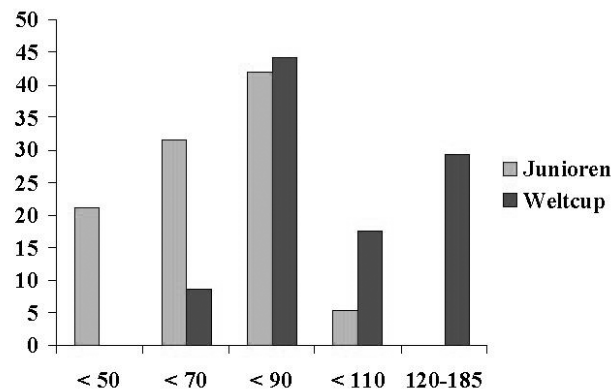


Abbildung 2: Sturzverteilung nach Schanzengröße (Stürze Junioren, n= 593; Stürze Weltcup-Springer, n= 134)

Wetterverhältnisse

In beiden Kollektiven verunglückten die meisten Sportler bei sonnigen bis bewölkten Wetterverhältnissen. Widrige Rahmenbedingungen zum Zeitpunkt des Unfalls mit Schneefall oder Regen traten in beiden Kollektiven dagegen in weniger als 20 % der Fälle auf.

Die meisten Weltcup-Springer (62,2 %) stürzten bei Windstille oder kaum messbaren Windströmungen.

Verletzungsarten

Kontusionen stellten insbesondere bei den Junioren mit einem Anteil von 48,1 % die häufigste Verletzungsart dar, gefolgt von Frakturen mit 22,2%. Die Weltcupspringer verzeichneten demgegenüber eine höhere Frakturgefährdung (38,9%), gefolgt von Kopfverletzungen mit begleitender Commotio (22,2%) (Abb. 4).

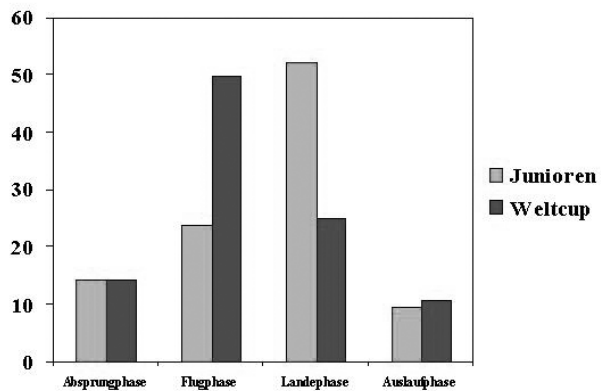


Abbildung 3: Sturzursachen nach Sprungphasen in Prozent (Junioren, n=61; Weltcup-Springer, n=52)

Diskussion

Bedingt durch den überwiegenden Wettkampfcharakter des Skispringens und die weltweit sehr limitierte Sportlerzahl, existieren nur wenige repräsentative und ausschließlich retrospektiv gewonnene sportmedizinische Studien mit teilweise nur kleinen Probandenzahlen.

Basierend auf einer über den Zeitraum von 1934 bis 1950 geführten Unfallstatistik (3) auf der Skiflugschanze von Planica/Jugoslawien errechneten wir eine extrem hohe Sturzinzidenz von 122,4 Stürze pro 1000 Sprünge und eine Verletzungsinzidenz von 9,0 Verletzungen pro 1000 Sprünge. Wright et al. (24) dokumentierten Unfallereignisse über einen Zeitraum von 1980 bis 1985 auf dem olympischen Schanzekomplex von Lake Placid/USA. Die Sturzinzidenz aller dort abgehaltenen Wettbewerbe, mit Ausnahme von Weltcup-Veranstaltungen, lag bei 8,46 Stürze pro 1000 Sprünge. Die dazu vorgelegte Verletzungsinzidenz von 2,05 pro 1000 Sprünge verdeutlicht die insgesamt rückläufige Tendenz der Unfallproblematik seit Beginn der 80-iger-Jahre nach Homologierung der Schanzennormen durch die FIS. Yamamura et al. (27) beschrieben über einen Zeitraum von 1985 bis 1990 auf der japanischen Schanzenanlage von Sapporo/Japan wieder eine erhöhte Sturzinzidenz von 9,07 Stürze pro 1000 Sprünge und eine Verletzungsinzidenz von 5,04 Verletzungen pro 1000 Sprünge.

Unsere eigene aktuelle Untersuchung bestätigte dagegen die Entwicklung zu weiterhin rückläufigen Unfallzahlen im Skisprung mit 6,39 Stürzen pro 1000 Sprünge unter den

österreichischen Nachwuchsspringern und 4,24 Stürze pro 1000 Sprünge unter den Weltcup-Springern. Als mögliche Gründe für das höhere Sturzaufkommen unter den Junioren dürften die weniger ausgereiften sprungtechnischen und körperlichen Eigenschaften, sowie die geringeren sprungspezifischen Erfahrungswerte angeführt werden. Die gegenwärtige Verletzungsinzidenz von 0,41 bzw. 0,23 Verletzungen pro 1000 Sprünge für die Junioren bzw. die Weltcup-Athleten spiegeln in der Gesamtbetrachtung das derzeitige äußerst niedrige Unfallniveau wider.

Die spezifische Verteilung des Sturzaufkommens auf Sommer- und Winterschanzentypen wurde bereits von *Gehler* (3) dokumentiert. Historische Vergleichszahlen von 1958 bis 1962 aus Klingenthal-Aschberg belegten eine höhere Sturzinzidenz auf der Winterschanze. 92,3 % aller Verletzungen wurden auf der Winterschanze und lediglich 7,7% auf der Mattenanlage beobachtet.

Wright et al. (24) hingegen zeigten in den Jahren 1983 bis 1985 in Lake Placid/USA eine gegenläufige Tendenz auf. Demnach verletzten sich 69 % der Springer auf Mattenschanzen und nur 31 % auf Winterschanzen. Die Verletzungsinzidenz erreichte auf Mattenschanzen den Wert 5,92

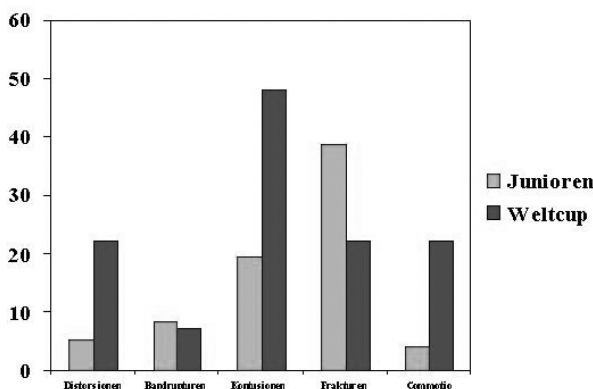


Abbildung 4: Verletzungsarten in Prozent (Junioren, n=61; Weltcup-Springer, n=52)

und nur 1,24 Verletzungen pro 1000 Sprünge auf Winterschanzen. Das höhere Sturzrisiko für beide Untersuchungskollektive unserer prospektiv-angelegten Studie lag demgegenüber eindeutig auf Seiten der Winterschanzen, wobei die Junioren auf beiden Schanzentypen mit 7,0 Stürzen pro 1000 Sprünge im Winter und 5,8 Stürze pro 1000 Sprünge in der Sommersaison die höheren Unfallzahlen aufwiesen im Vergleich zu den Weltcup-Athleten. Stürze mit ernsthaften Verletzungen ereigneten sich in beiden Gruppen in einem sehr ähnlichen Verteilungsmuster. 70 % der analysierten Verletzungen geschahen auf schneepräparierten Schanzen und nur 30 % auf kunststoffbelegten Anlagen. Die Verletzungsinzidenz zeigte in diesem Fall jedoch für die Weltcup-Springer mit 0,6 Verletzungen pro 1000 Sprünge auf Winter- und mit 0,24 Verletzungen /1000 Sprünge auf Mattenschanzen ein mehr als doppelt so hohes Verletzungsaufkommen.

Wir konnten beobachten, dass die Junioren durchschnittlich zwar mehr Stürze erlitten, aber diese möglicherweise aufgrund kleinerer Schanzengrößen mit weniger schwerwie-

genden Verletzungsfolgen assoziiert waren. Reziprok prä-sentierete sich dieser Zusammenhang für die Spitzenspringer, die im Falle einer eingetretenen Sturzsituation schwerwie-gendere Verletzungen erlitten.

Unfallinzidenz im Training und Wettkampf

Eine um 250 % höhere Sturzinzidenz wurde in Wettkampfsituationen gegenüber den Trainingssprüngen für beide Probandengruppen innerhalb unseres Studienverlaufes beobachtet. Besonders sturzanfällig zeigte sich der Nachwuchskader mit einer enorm hohen Sturzinzidenz von 14,4 Stürzen pro 1000 Sprünge im Wettkampf und nur 5,8 Stürzen pro 1000 Sprünge im Training. Das Sturzniveau für die Elitespringer von 9,3 Stürzen und 3,6 Stürzen pro 1000 Sprünge im Wettkampf bzw. Training lag eindeutig niedriger. Im Wettkampf zeigte sich eine Verletzungsinzidenz 0,97 Verletzungen pro 1000 Sprünge und im Training einen signifikant geringeren Zahlenwert von 0,35 Verletzungen pro 1000 Sprünge. Es bleibt anzunehmen, dass auch hier die weitaus größeren Schanzenanlagen, extremere Flughaltungen und eine vermehrte Risikobereitschaft der Weltcupteilnehmer gegenüber den Junioren ursächlich für die höhere Verletzungsinzidenz waren.

Schanzengröße

Bedingt durch die Altersstruktur und die Leistungsunterschiede der beiden untersuchten Kollektive, bestanden in der errechneten Durchschnittsgröße der Unfallschanzen signifikante Unterschiede. Die verunfallten Nachwuchskaderathleten stürzten im arithmetischen Mittel auf Schanzenanlagen einer Größe von 77,5 m, die Weltcupathleten auf Anlagen von 105,4 m.

Tendenziell verunfallten die jüngsten Skispringer innerhalb ihres jeweiligen Schanzenspektrums eher auf den kleineren Skisprunganlagen. *Yamamura et al.* (27) begründete diesen Umstand mit dem sturzintensiveren Training unerfahrener Springer auf zunächst kleineren Schanzen, bis bei entsprechender sprungtechnischer Weiterentwicklung von den Trainern das Springen auf größeren Schanzen zugelassen wird.

Sturzverteilung nach Sprunganzahl am Tage

Unsere Untersuchung stützt den von *Wester* (21) formulierten Zusammenhang, dass sich der Unfallsprung statistisch in den ersten Skisprüngen des Tages ereignet. Die von uns untersuchten Junioren stürzten statistisch am häufigsten beim zweiten Sprung (28,6 %), während die Weltcup-Springer sich überwiegend schon beim ersten Sprung des Wettkampftages verletzten. *Wester* (21) führt wechselnde Schneebedingungen, fehlendes Gefühl für die Schanze und mangelnde Konzentrationsfähigkeit als mögliche Ursachen hierfür an.

Monatsverteilung

Das Verletzungsprofil zeigte in beiden untersuchten Kollektiven Unfallsitzen in den Sommermonaten und am Anfang bzw. am Ende der Wintersaison. Besondere Aufmerksamkeit verdient der plötzliche Unfallrückgang zum Wettkampf-

höhepunkt der Wintersaison im Januar. Der zunächst steile Anstieg der Sturzzahlen mit Beginn der Wintersaison lässt auf noch nicht optimal präparierte Schanzen und das für die Springer noch ungewohnte Gefühl auf diesem Schanzentyp unter Wettkampfbedingungen zu springen schließen. Der fast verletzungsfreie Saisonabschnitt im Januar spiegelt die verbesserten Schanzenzustände und den nun guten Sprungrhythmus der Athleten wider. Der Ende Februar und im März erneute Anstieg der Unfallzahlen könnte bedingt sein durch erste konditionelle Ermüdungserscheinungen der Springer und wiederum abnehmende schneebedingte Präparationsqualität der Schanzenanlagen.

Tageszeit

Die Untersuchung der Sturzverteilung nach Tageszeiten zeigte unter den Teilkollektiven ein nahezu identisches Unfallprofil. Der Schwerpunkt der ausgewerteten Stürze konzentrierte sich auf den Nachmittag. Die wenigsten Unfälle ereigneten sich in der Mittagszeit.

Analyse der Sturzumstände

Die Analyse der Sturzumstände zeigte, dass in erster Linie sprungtechnische Mängel unter den Junioren als häufigster Unfallauslöser zu beobachten waren. In einer differenzierten Betrachtung traten bei den Junioren die meisten Fehler in der Landephase auf. Die Weltcup-Springer verunglückten vorrangig durch Fehler in der Flugphase. Die viel diskutierte Sturzgefahr durch unkontrollierbare Windverhältnisse zeigte sich bei der Unfallanalyse unserer Studie als nebensächlich. Den höchsten Anteil an Skisprungunfällen, die in der Flugphase durch schlechte Windbedingungen zum Sturz führten, manifestierten sich unter den Weltcup-Springern mit 17,2 %. In über 60 % der Unfallsprünge herrschte allerdings völlige Windstille. Lediglich in 9,5 % aller Sprünge bei den Junioren und 3,4 % bei den Weltcup-Athleten waren plötzliche Windböen vorhanden.

Verletzungstopographie

Das Spektrum der Skisprungverletzungen wies in den beiden Kollektiven deutliche Differenzen auf. Beiden Springerkollektiven gemeinsam waren jedoch häufige Verletzungen der Schulter insbesondere Schulterreckgelenkssprengungen und Claviculafrakturen.

Die von den Weltcup-Springern erlittenen Verletzungen fanden sich am häufigsten an der Schulter und im Kopfbereich. Die Nachwuchsspringer verletzten sich dagegen nahezu gleichrangig an der Hand, dem Thorax und der Schulterregion. Auffallend war, dass die Anzahl der Kopfverletzungen mit 3,7 % bei den Junioren eher unbedeutend war. Die entsprechende Vergleichsliteratur zeigt ein eher heterogenes Verteilungsbild der Verletzungslokalisationen und lässt keine Rückschlüsse über die Differenzen zu unserer Studie zu. In der von *Wright et al.* (26) durchgeführten Studie manifestierten sich 24,6 % der Verletzungen an der Schulter, 18,8 % am Kopf und 12,9 % am Fuß bzw. Sprunggelenk. Das Springerkollektiv von *Yamamura et al.* (27) wies in 30,2 % Kopfverletzungen auf. Stürze auf die Rücken- und Nacken-

region entstanden in 25,6 % der Unfälle. Schulterverletzungen waren hingegen mit 16,3 % nur drittrangig.

Präventivmaßnahmen

Seit der Etablierung des V-Stils Anfang der neunziger Jahre wurde eine Vielzahl von präventiven Maßnahmen eingeführt, um den stilbedingten Anstieg der Sturzverletzungen zu reduzieren. *Innauer* (10) führte die initial erhöhte Unfallhäufigkeit darauf zurück, dass die Kombination des neuen V-Sprungstils mit dem wachsenden Einfluss der Windverhältnisse, der tragflächen-ähnliche Effekt der neuen Sprungski und dem Aufkommen leichtgewichtiger Springer in Verbindung zu bringen sei. In der Weltcup-Saison 1993/94 verunglückten 10 V-Stil-Springer durch plötzliche Vorwärtsrotation in der Flugphase zum Teil schwer.

Müller et al. (12, 13) legten in einer vom Internationalen Ski-Verband in Auftrag gegebenen Studie entsprechende Präventivmaßnahmen vor, um die extrem nach vorne geneigte und entsprechend instabile Flughaltung der Skispringer formell zu unterbinden. Die Festlegung der Skilänge, der Bindungsposition auf dem Sprungski und die Limitierung der Materialstärke von Sprunganzügen, führte in der Saison 1994/95 dazu, dass nur noch ein Weltcup-Springer bei Wettkämpfen verunglückte und die darauffolgende Weltcup-Saison 1995/1996 bereits unfallfrei verlief. Unter dem Einfluss neuer aerodynamischer Erkenntnisse erfolgten 1998 und 1999 weitere Modifikationen der Materialbeschaffenheit von Sprunganzügen, sowie im Verhältnis der Skilänge zur Bindungsposition auf den Sprungski. Das gegenwärtige Reglement zum Thema „Flugstabilität“ scheint in Anlehnung an *Hofer* (9) in einer wirkungsvollen Form zur Sicherheit im Skisprung beigetragen zu haben.

In einem kausalen Zusammenhang scheinen aber auch die äußeren Wetterbedingungen zum Sprungzeitpunkt zu stehen. *Happle* (5, 7) stellte rückblickend fest, dass durch den V-Stil der negative Einfluss der Windverhältnisse auf die Flugphase verstärkt wird. In der Flugphase vergrößerte sich die Anfälligkeit der Springer, insbesondere durch Wechselwinde in eine instabile Flughaltung zu geraten und nachfolgend zu stürzen. Bereits geringfügige Windveränderungen wirken sich bei Verwendung des V-Stils deutlicher in den Sprungweiten aus als bei anderen Flugstilen in der Vergangenheit und führen somit zu Wettbewerbsverzerrungen. *Pulli* (16) zeigte anhand von Computersimulationen, dass auf einer K185-Schanze bei konstantem Gegenwind von 1m/sec es zu einer Weitensteigerung von bis zu 15 Metern gegenüber windstillen Bedingungen kommt. Um dieser Problematik effektiver begegnen zu können, wurden wirkungsvolle, aber kostenintensive Windschutzeinrichtungen installiert. Auf fast allen internationalen Großschanzen, wie auch auf der Schanzenanlage von Hakuba/Japan im Rahmen der Olympischen Spiele 1998, konnten positive Erfahrungen mit Windschutznetzen gesammelt werden. *Yamamura et al.* (27) stellten eine eindeutige Korrelation zwischen Windgeschwindigkeit und der Sturzrate im Skisprung her. Besonders Elitespringer profitierten von den Sicherheitsmaßnahmen,

da sie auf Großschanzen und der damit verbundenen verlängerten Flugphase verstärkt den Windverhältnissen ausgesetzt sind. Der Einzug des V-Stils zog zudem eine von der FIS geforderte Design-Homologierung alter Schanzen nach sich, um der abgeflachteren Flugbahn bei immer weiteren Sprüngen jenseits des K-Punktes Rechnung zu tragen.

Eine weitere durch den V-Stil beschleunigte Entwicklung führte dazu, dass der Einfluss von Körpergröße und Gewicht der Athleten immer größer wurde. Besonders junge Springer mit geringeren Körperlängen und niedrigem Körpergewicht profitieren in der Flugphase des Sprungs von diesen proportionalen Verhältnis. Aktuelle Berechnungen von Pulli (16) konnten nachweisen, dass eine Körpergewichtsreduktion pro Kilogramm die Sprungweite um bis zu 4 Meter verlängern kann. Untersuchungen von Müller (13) und Nørstrud (14) bestätigten diesen anthropometrischen Zusammenhang und fordern hieraus im Sinne der Chancengleichheit Reglementmaßnahmen der FIS mit Einführung eines bestimmten Gewicht-Größe-Quotienten bei Springern, der bei Unterschreitung mit Strafpunkten oder Skilängenverkürzung geahndet werden sollte.

Unabhängig von diesen anthropometrischen Parametern mit Einfluss auf die technische Sprungausführung wurden bereits weitere wichtige Präventivmaßnahmen für die Sprungsicherheit verwirklicht. Die Installation von geschlossenen Sicherheitsgeländern im Anlauf- und Schanzentischbereich schützt die Springer vor unkontrollierten Stürzen in der Anlaufphase. Neuere Normen der FIS sehen zusätzliche Leitgeländer zum Schutz der Aktiven und Zuschauer im Flug- und Aufsprungbereich vor.

Auf Drängen der Medien wurde 1998 eine Verkürzung der Pausenintervalle zwischen den beiden Spungdurchgängen eingeführt. Diese Regeländerung wurde von den meisten Weltcupspringern in unserer Untersuchung im Hinblick auf eine höhere Verletzungsgefährdung kritisiert und sollte von der FIS überdacht werden.

Literaturverzeichnis

1. Bland P.T.: Ski jumping injuries. *Phys. Sports Med.*, 3 (1975), 63 - 66
2. Elmqvist L.G., Johnson R.J., Kaplan M.J., Renström P.: Nordic and alpine skiing. *Sport Injuries Mechanisms*, (1994), 481 - 500
3. Gelehrter G.: Verletzungen beim Wintersport. Enke, Stuttgart, 1966, 102-106
4. Gürtler R.: Aufzeichnungen aus Trainerseminar Vuokatti/Finnland. Aktualisierte Einschätzung von Ganzenhuber P., Hofer W., FIS, (1998)
5. Happle W.: Anpassung der Schanzenbaunormen an die V-Stil-Technik, Verbesserung im Sicherheitsbereich. *FIS-Bulletin*, 127 (1996), 36
6. Happle W.: Neue Schanzenbaunormen haben sich bewährt. *FIS-Bulletin*, 133 (1998) 48
7. Happle W.: Schanzenvergrößerungen liegen im Trend. *FIS-Bulletin*, 139 (2000) 72
8. Hofer W.: Rückblick und Vorschau. *FIS-Bulletin*, 129, (1996) 18
9. Hofer W.: Skispringen - ein Ende der Turbulenzen ?. *FIS-Bulletin*, 132 (1997) 19
10. Innauer T.: Sind Stürze künftig programmiert ?. *Ski-Journal*, 3 (1993), 37 - 38
11. Müller W., De Vaney T.: The influence of body weight on ski jumping performance. Hrsg.: Haake, *The Engineering of Sport*, Balkema, Rotterdam, (1996), 63-69
12. Müller W., Platzer D., Schmölder B.: Scientific approach to ski safety. *Nature*, 375 (1995), 455
13. Müller W., Platzer D., Schmölder B.: Dynamics of human flight on skis: Improvements in safety and fairness in ski jumping. *J. Biomech.*, 29 (1996) 1061 - 1088
14. Nørstrud H.: Evaluation of ski jumping results with emphasis on jumpers weight. *MTF-Reports*, Trondheim, 134 A (1996)
15. Pulli M.: Frischer Wind im Skisprung erforderlich. *FIS-Bulletin*, 133 (1998) 51-52
16. Pulli M.: Auswirkungen des Verhältnisses Skilänge / Körpergröße auf die Weltcup-Platzierung im Skispringen. *FIS-Bulletin*, 139 (2000) 75
17. Raas E.: Doping - Knieverletzungen - Geschlechtskontrollen. *FIS-Bulletin*, 139 (2000) 123 - 124
18. Sandelin J., Kiviluoto O., Santavirta S.: Injuries of competitive skiers in Finland: A three year survey. *Ann. Chir. Gynaecol.*, 69 (1980) 97 - 101
19. Schröder L.: Beschlüsse des Komitees haben sich in der Praxis bewährt. *FIS-Bulletin*, 127 (1996) 8
20. Weinbruch H.: Nach den Olympischen Winterspielen 1998 sind neue Zulassungskriterien geplant !. *FIS-Bulletin*, 131 (1997) 49
21. Wester K.: Serious ski jumping injuries in Norway. *Am. J. Sports Med.*, 13 (1985) 124 - 127
22. Wester K.: Improved safety in ski jumping. *Am. J. Sports Med.*, 16 (1988) 499 - 500
23. Wright J.R.: Nordic ski jumping fatalities in the United States: A 50-year summary. *J. Trauma*, 28 (1988) 848 - 851
24. Wright J.R., Edward G., Hixson E.G., Rand J.J.: Injury patterns in nordic ski jumpers. A retrospective analysis of injuries occurring at the Intervale ski jump complex from 1980 to 1985. *Am. J. Sports Med.*, 14 (1986) 393 - 397
25. Wright J.R., Hixson E.G., Rand J.J.: Ski-jumping injuries. *Winter Sports Medicine*, Philadelphia, (1990) 324 - 330
26. Wright J.R., Mc Intyre L., Rand J.J., Hixson E.G.: Nordic ski jumping injuries. *Am. J. Sports Med.*, 19 (1991) 615 - 619
27. Yamamura T., Sugawara M., Ishii S.: Ski jumping injuries. Skiing trauma and safety. 9th Int. Symp., ASTM STP, 1182. In: *American Society for Testing and Materials*. Hrsg.: Johnson R.J., Mote C.D. Jr., Zelcer J.: Philadelphia, (1993) 262 - 266
28. Yggeseth T.: Neue Ideen und Ziele für 1997. *FIS-Bulletin*, 129 (1996) 14
29. Yggeseth T.: (ohne Titel). *FIS-Bulletin*, 133 (1998) 44 - 45

Anschrift für die Verfasser:

Dr. med. habil. Meinolf Goertzen
Zentrum für Orthopädische Chirurgie
Sporttraumatologie & Rehabilitation Hannover
Georgstr. 19, 30159 Hannover
e-mail: goertzen@TeleMed.de