

Inzidenz von Verletzungen, Überbelastungen und Krankheiten im Schweizer Nationalkader Skilanglauf:

Einfluss des Erholungs-Belastungsempfinden & Training Load auf Verletzungen und Krankheiten

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften Option Unterricht

eingereicht von

Thomas Tschurr

an der
Universität Freiburg, Schweiz
Mathematisch-Naturwissenschaftliche und Medizinische Fakultät
Abteilung Medizin
Department für Neuro- und Bewegungswissenschaften

in Zusammenarbeit mit der
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent
PD Dr. Silvio Lorenzetti

Betreuer
Elias Bucher
Dr. Stephan Horvath

Baden, November 2020

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Zusammenfassung | 3 |
| 1 Einleitung | 4 |
| 1.1 Training | 4 |
| 1.2 Monitoring..... | 7 |
| 1.3 Charakteristiken des Langlaufsports | 11 |
| 1.4 Studienvergleiche | 13 |
| 1.5 Ziel der Arbeit | 17 |
| 2 Methode..... | 18 |
| 2.1 Studiendesign | 18 |
| 2.2 Untersuchungsgruppe..... | 18 |
| 2.3 Instrumente..... | 19 |
| 2.4 Datenauswertung | 20 |
| 3 Resultate | 22 |
| 3.1 Verlaufsbalancen Training Load & EBF-Bilanz | 22 |
| 3.2 Häufigkeiten der Negativevents | 24 |
| 3.3 Unterschiede der Ausfälle in den Saisonphasen..... | 25 |
| 3.4 Dauer von Ausfällen..... | 26 |
| 3.5 Interindividuelle Unterschiede der Ausfalldauer | 27 |
| 3.6 Unterschiede von Negativevents & gesunden Events..... | 28 |
| 4 Diskussion | 30 |
| 4.1 Präsentation & Interpretation der Resultate | 30 |
| 4.2 Kritische Betrachtung der Studie | 32 |
| 4.3 Bedeutung für die Praxis | 33 |
| 4.4 Ausblick | 35 |
| 5 Schlussfolgerung | 37 |
| Literatur | 38 |
| Dank | 42 |

Zusammenfassung

Einleitung. Das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Training, Belastung und Monitoring ist für Athleten, Trainer und Sportwissenschaftler gleichermaßen interessant. Speziell in Ausdauersportarten mit hohem Trainingsvolumen ist die Balance zwischen Belastung und entsprechender Erholung entscheidend. Gewisse Parameter für die Überwachung der Beanspruchung von Athleten haben sich dabei als besonders geeignet herausgestellt. Diese Studie soll im Rahmen des Langlaufsports den potenziellen Nutzen vom Training Load aus dem Trainingstagebuch und der EBF-Bilanz aus dem Erholungs-Belastungs-Fragebogen hinsichtlich des Auftretens von Krankheiten und Trainingsausfällen liefern.

Methoden. Die Daten wurden über eine Saison aus dem Erholungs-Beanspruchungs-Fragebogen (EBF) und aus dem Trainingstagebuch (TTB) von 13 Athletinnen und Athleten des Swiss-Ski Skilanglauf Nationalkaders erhoben. Alle negativen Events, die zu einer Phase von reduziertem Training oder zu einem Trainingsausfall geführt haben, wurden quantifiziert. Ab dem Vortag eines Negativevents wurde vom Training Load und der EBF-Bilanz über 14 Tage der Mittelwert berechnet. Jedem einzelnen negativen Event eines Athleten wurde ein "gesunder Event" mit den entsprechenden Mittelwerten (Training Load und EBF-Bilanz) der vorhergehenden 14 Tagen gegenübergestellt. Für den Gruppenvergleich (gesunde Events / Negativevents) wurden gepaarte Vergleichstests verwendet. Unterschiede in den Saisonphasen wurden mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt.

Resultate. Der Training Load in den gesunden Events wies einen durchschnittlich höheren Wert auf als in den Negativevents ($p = 0.70$), wenn auch marginal. Die EBF-Bilanz wies hingegen in den Negativevents einen höheren Wert auf als in den gesunden Events. ($p = 0.42$). Es konnte keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Training Load und Verletzungen / Krankheiten sowie EBF-Bilanz und Verletzungen / Krankheiten festgestellt werden.

Diskussion & Schlussfolgerung. Entgegen den Erwartungen zeigten weder der Training Load aus den Trainingstagebüchern noch die EBF-Bilanz aus dem Fragebogen einen signifikanten Unterschied zwischen gesunden Events und negativen Events (Krankheiten / Verletzungen) auf. Somit hatten weder Training Load noch das subjektive Belastungsempfinden einen Einfluss auf Verletzungen / Krankheiten. Dabei gab es grosse individuelle Unterschiede zwischen den Probanden in Bezug auf die Häufigkeiten von Verletzungen und Krankheiten. Trainerinnen und Trainer müssen ein grösseres Augenmerk auf einzelne Athleten richten und Strategien entwickeln, um eine angemessene Balance zwischen Erholung und Beanspruchung auf individueller Ebene herzustellen.

1 Einleitung

Das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Training, Belastung und Monitoring ist für Athleten, Coaches und Sportwissenschaftler gleichermaßen interessant. Speziell in Ausdauersportarten mit hohem Trainingsvolumen ist die Balance zwischen Belastung und entsprechender Erholung entscheidend. Gewisse Parameter für die Überwachung der Beanspruchung von Athleten haben sich dabei als besonders geeignet herausgestellt. Diese Studie soll im Rahmen des Langlaufsports weitere Hinweise auf die Nützlichkeit des Erholungs-Belastungsempfindens & Training Load als Monitoring-Parameter liefern. Für das theoretische Verständnis wird das sportliche Training, das Monitoring von Athleten und besondere Eigenschaften des Langlaufsports beleuchtet. Weiter werden ähnliche Studien aufgezeigt und schliesslich die konkreten Fragestellungen formuliert.

1.1 Training

Mit zunehmender Professionalität im Sport ist das Interesse an wissenschaftlichen Ansätzen für das sportliche Training sowie die Erholung der Sportlerinnen und Sportler gewachsen. Die Anwendung der geeignetsten Trainingsmethoden und -Belastungen, gepaart mit einer optimalen Erholung soll zu einer bestmöglichen Anpassung im Körper führen und gleichzeitig das Risiko von nicht-funktionellen Überbelastungen, Übertrainingssyndrom, Verletzungen und Krankheiten minimieren (Hamlin, Wilkes, Elliot, Lizamore & Kathiravel, 2019).

Kellmann, Kölling und Pelka (2018) bezeichnen die Belastung als Teil eines komplexen Zusammenspiels von physiologischen-, psychologischen- und Verhaltensreaktionen auf umweltbezogene und situative Reize. Darauf aufbauend ist die Beanspruchung die persönliche subjektive Wahrnehmung von Belastung. Demnach resultiert die Beanspruchung aus der Belastung und kann interindividuell zu unterschiedlichen Beanspruchungszuständen führen. Verschiedene Faktoren können diese Beanspruchung beeinflussen. Kenttä und Hassmén (2002) haben die Faktoren in zwei Gruppen eingeteilt, wobei sie zwischen physiologischen (trainingspezifischen) und psychosozialen (nicht trainingspezifischen) Faktoren unterschieden haben. Einerseits ist das Training am körperlichen Leistungslimit wichtig: Diese trainingspezifischen Reize wie Wettkampf und Training sollten mittels einer optimalen Periodisierung eine bestmögliche Adaption im Körper hervorrufen, welche wiederum das Leistungsniveau der Athletinnen und Athleten, nachfolgend Athleten genannt, steigert (Meeusen et al., 2013). Belastungen ausserhalb des Sports und ungenügende Erholung können diese langfristigen Prozesse des

Trainings stören. Einflussreiche Bestandteile sind unter anderem Trainerinnen / Trainer, Eltern, Partnerin/Partner, Teammitglieder oder Sponsoren. (Gustafsson, Kenttä & Hassmén, 2011). Beispiele sind finanzielle Aspekte (Verdienst, Druck der Sponsoren), Misskommunikation zwischen Athleten / Trainer und Betreuer, persönliche Probleme in der Mannschaft oder im Kader. Ein entscheidender Faktor in der Entwicklung und Leistungserbringung der Athleten ist der Umgang mit den auftretenden Belastungen. Trotz der möglichen Auswirkungen der einzelnen Belastungen müssen diese nicht zwangsläufig zu Problemen (psychischer und/oder physischer Natur) führen. Von grosser Wichtigkeit ist die Art und Weise, wie die Belastungen wahrgenommen werden und wie mit ihnen umgegangen wird. Dazu spielen wieder verschiedene Faktoren eine Rolle: Persönlichkeit, Konstitution, Erfahrung, Ressourcen, Ausgangszustand (Kallus, 2016). Somit führen nicht nur die trainingsspezifischen und trainingsunspezifischen Belastungen, sondern auch der Umgang mit den Belastungen zu unterschiedlichen Beanspruchungszuständen.

Die Erholung ist nicht nur ein auf physiologischer Ebene ablaufender Prozess zur Wiederherstellung von Leistungsfähigkeit und Homöostase, sondern ist wiederum mehrschichtig (psychologisch, physiologisch, sozial und emotional). Darüber hinaus ist Erholung fest an Umweltbedingungen gebunden und hat einen kumulativen und sukzessiven Charakter. Wenn Sportler nach einem harten Wettkampf beispielsweise schlecht schlafen, wird der gesamte Erholungsprozess beeinträchtigt. Hauptsächlich hängt die Erholung von der Reduzierung und/oder Unterbrechung einer Belastung ab (Kellmann & Kölling, 2018). Die an Reduzierung und/oder Unterbrechung gekoppelte Erholung hat ebenfalls eine proaktive Komponente, zum Beispiel können selbstbestimmte Aktivitäten systematisch zur Optimierung situativer Bedingungen und zum Aufbau persönlicher Ressourcen genutzt werden. Die Erholung sollte immer bewusst geschehen, obwohl die Wahrnehmung stark von Definitionen abweicht. Für gewisse Athleten ist Erholung nur die Zeit, in denen nicht körperlich belastet wird. (Gustafsson, Kenttä, Hassmén, Lundqvist & Durand-Bush, 2007). Eine optimale Leistung ist also nur dann erreichbar, wenn Athleten sich nach Trainingseinheiten und/oder einem Wettkampf individuell angemessen erholen und zudem eine optimale Balance zwischen Belastung/Beanspruchung und adäquater Erholung herstellen können (Kellmann & Kölling, 2018).

Wenn man vor diesem Hintergrund die Interaktion von Belastung und Erholung genauer betrachtet, erkennt man, dass in diesem Bereich sowohl grosse Möglichkeiten wie auch grosse Risiken vorhanden sind. Wenn beispielsweise die zuvor beschriebenen Phasen mit Pausen und gezielter Erholung kombiniert werden, kann ein gut periodisierter Trainingsplan positive

Effekte nach sich ziehen und Übertraining vorbeugen. Falls Belastung nicht mit angemessener Erholung einhergeht, sind negative Konsequenzen für Athleten vorprogrammiert. Wenn Athleten bei zunehmender Beanspruchung den erhöhten Erholungsbedarf ignorieren bzw. nicht nachkommen können, erhöht sich der Beanspruchungszustand. Wird zu diesem Zeitpunkt nicht der steigenden Erholungsanforderung nachgekommen, so steigt die Beanspruchung weiter. Dieses Zusammenspiel kann bis zu dem Zeitpunkt aufrechterhalten werden und ohne nennenswerte Konsequenzen bleiben, bis die eigenen Ressourcen aufgebraucht sind. Ausserhalb dieses Rahmens kann Beanspruchung nicht mehr ohne zusätzliche Erholungsmassnahmen ausgeglichen werden (Kellmann & Kölling, 2018). Daraus kumuliert sich die Beanspruchung und die Wahrscheinlichkeit von Verletzungen steigt an (Brink et al., 2010).

Eine hohe Beanspruchung zieht daher nicht zwangsläufig negative Konsequenzen nach sich, solange den Erholungsanforderungen entsprechend nachgekommen wird. Meeusen et al. (2013) stellen die Konsequenzen des Missverhältnisses zwischen Erholung und Belastung über einen Verlauf dar. Wettkampfpausen (off-season) und Taperphasen (Zeiträume mit reduzierter Trainingsbelastung vor Wettkämpfen zur Leistungsoptimierung) sind Zeitfenster, in denen das Verhältnis zwischen Erholung und Belastung deutlich zu Gunsten der Erholung ausfällt. In intensiven Trainings- und Wettkampfphasen ist dieses Verhältnis oft umgekehrt. Falls die Erholung in diesen Phasen zu kurz, unterbrochen oder gestört ist, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit von Untererholung. Kurze Phasen dieser Untererholung können durch Interventionen von Erholungsstrategien kompensiert werden. Spontane Interventionen reichen aber bei chronischer Untererholung meist nicht mehr aus, um einen angemessenen Erholungszustand zu erreichen. Untererholung ist eine Vorstufe von sich entwickelndem Übertraining, welches einen Bedarf an Ruhephasen über mehrere Wochen oder sogar Monate nach sich ziehen kann und medizinische und / oder psychologische Betreuung benötigt. Übertraining kann im Vergleich zur Untererholung als Resultat von zu hoher Belastung in Kombination mit unzureichender Erholung angesehen werden. Symptome sind unter anderem stagnierende oder schlechter werdende Leistungen sowie physiologische Veränderungen, Stimmungsschwankungen, Erschöpfung und/oder Schlafprobleme (Meeusen et al., 2013).

Meeusen et al. (2013) verdeutlichen in ihrer Studie, dass viele unterschiedliche Parameter genutzt werden, um Erholung und Beanspruchung zu messen. Allerdings kann kein einzelner Parameter den Zustand von Athleten exakt darstellen. So scheint die Balance zwischen Erholung und Beanspruchung ein individueller Zustand zu sein, der nur im Zusammenspiel mit verschiedenen Anzeichen erfasst werden kann.

1.2 Monitoring

Einerseits ist demnach eine richtig dosierte Trainingsbelastung mit anschliessender Ermüdung erforderlich, die wiederum zu einer Anpassung von verschiedenen Körpersystemen führt (Smith, 2003). Andererseits ist auch die Erholung von dieser Trainingsbelastung wichtig, um die körperliche Ermüdung zu überwinden, die Anpassung zu optimieren und damit eine Leistungssteigerung zu erreichen. Wenn dieses Gleichgewicht zwischen Belastung und Erholung nicht gegeben ist, ist das Training und damit die Leistungsanpassung nicht optimal ausgereizt. Daher ist das Überwachen von Belastung, Beanspruchung und Erholung bei Athleten von entscheidender Bedeutung. Das Ziel ist es, so früh wie möglich ein Ungleichgewicht des Erholungs- und Beanspruchungszustandes aufzudecken, um ungeplante Leistungseinbussen zu vermeiden (Meeusen et al., 2013). Halson (2014) unterstreicht die Wichtigkeit des Monitorings ebenfalls. Viele der gewonnenen Erkenntnisse stützen sich aber auf persönliche Erfahrungen und obwohl im Leistungssport breit überwacht wird, bleiben viele dieser Daten unveröffentlicht.

Monitoring-Tools lassen sich in objektive und subjektive Verfahren einteilen. Weiter gibt es Mischformen von beiden Verfahren. Mit objektiven Verfahren werden physiologische-, biochemische- oder Leistungsparameter erfasst. Subjektive Verfahren zielen auf psychologische Parameter wie z.B. Wohlbefinden und Anstrengung (Saw, Main & Gastin, 2016).

1.2.1 Subjektive Verfahren. Das subjektive Verfahren bzw. die innere Belastung ist das individuelle Empfinden der physiologischen sowie der psychologischen Beanspruchung. Gerade vor dem Hintergrund, dass Adaptationen / Reaktionen auf Trainingsreize sehr individuell sind, ist die Erfassung der subjektiven Befindlichkeit der Athleten von hoher Wichtigkeit.

Der Vorteil psychometrischer Verfahren liegt insbesondere in der Einsatzmöglichkeit für das Monitoring größerer Gruppen, da diese eine zeitökonomische Anwendung, geringe Störung im Trainingsalltag sowie eine objektive Auswertung gewährleisten (Kellmann & Kölling, 2018). Gemäss Halson (2014) existieren folgende Parameter: Rating of perceived exertion (RPE), Session rating of perceived exertion (Session-RPE), Herzfrequenz-Messung, Herzfrequenz zu RPE Ratio, TRIMP, Laktatkonzentration-Messung im Blut, Laktat zu RPE Ratio, Herzfrequenz / Erholung, Herzfrequenz-Variabilität, biochemische und hormonelle Daten, Fragebögen und Tagebücher, Schlaf und psychomotorische Reaktionszeiten.

1.2.2 Objektive Verfahren. Die objektiven Verfahren bzw. die externe Belastung beschreibt Halson (2014) als die von Athleten geleistete Arbeit, die unabhängig von den inneren Parametern gemessen wird. Diese Belastung ist wichtig für das Verständnis der geleisteten Arbeit und um die Fähigkeiten und Kapazitäten der Athleten einzuordnen. Leistungstests stellen einen bedeutenden Indikator für die Belastung und Belastbarkeit dar. Solche Tests sind allerdings für ein tägliches Monitoring wenig geeignet. Ebenfalls besteht bei vielen physiologischen Markern wie Hormonkonzentrationen oder Entzündungswerten die Schwierigkeit darin, anormale Veränderungen beziehungsweise Anzeichen für Übertraining von normalen Reaktionen auf intensive Trainingsreize abzugrenzen. Auch wenig praktikabel im Alltag sind durch Labore erfasste Werte wie z.B. maximale Sauerstoffaufnahme (VO₂max) oder Laktatschwelle (Kellmann & Kölling, 2018).

1.2.3 Studienrelevante Verfahren. Nachfolgend werden zuerst die für diese Arbeit relevanten Methoden und danach diejenigen Methoden, die im Kapitel 1.4 zu einem ähnlichen Kontext gesetzt werden können, vorgestellt:

RPE

Die Bewertung der wahrgenommenen Anstrengung (rating of perceived exertion - RPE) ist eine der üblichsten Mittel zur Beurteilung der Beanspruchung. Dabei geben Athleten rückwirkend Informationen über die wahrgenommene Anstrengung während des Trainings oder Wettkampfs (Halsen, 2014). Mit der sogenannten Borg-Skala (Borg, 1998) wird die Trainingsintensität und die dabei empfundene Beanspruchung zwischen 6 (sehr sehr leicht) bis 20 (sehr sehr schwer) erfasst. Damit wird eine subjektive Beanspruchung infolge eines spezifischen Reizes anhand des Wohlbefindens des Athleten dargestellt.

Session-RPE

Foster et al. (2001) entwickelte die Session-RPE-Methode zur Quantifizierung einer einzelnen Trainingsbelastung, bei der die RPE eines Athleten auf einer Skala von 0 (Ruhe) - 10 (extrem hart) mit der Dauer des Trainings/Wettkampfs multipliziert wird. Dieser Output ist der Training Load, welcher eine Mischform zwischen subjektivem (Session-RPE) und objektivem Verfahren (Dauer) darstellt. In die Bewertung der Trainingseinheit können nicht nur physische, sondern auch psychische Aspekte einfließen. Daraus lässt sich die individuelle Beanspruchung von einzelnen Athleten während derselben Trainingseinheit einer Trainingsgruppe bereits auslesen. Der Vorteil liegt auf der Hand: Mit vergleichsweise wenig Aufwand können interindividuelle Unterschiede in der Beanspruchung einfach herausgelesen werden. Wie unter Kapitel 1.3 genauer beschrieben wird, ist Langlauf ein Sport, der ein hohes Trainingsvolumen erfordert,

was teilweise mehrere Trainings pro Tag nach sich zieht. Aus der Session-RPE Methode (einzelne Belastung) kann der sogenannte Foster-RPE Tagesload (mehrere Belastungen am Tag) akkumuliert werden. Dies erhöht die Vergleichbarkeit und bietet Raum für die individuelle Gestaltung der Trainingspläne. So haben Athleten A, B und C komplett unterschiedliche Belastungen an einem Tag. Jedoch sehen die Trainerinnen und Trainer durch den Foster-RPE Tagesload jeweils die individuelle Beanspruchung der Athleten A, B und C.

Fragebögen und Tagebücher

Fragebögen und Tagebücher sind ein einfaches und nützliches Mittel, um das subjektive Erholungs-Belastungsempfinden eines Athleten zu bestimmen. Wichtig ist, dass die Häufigkeit der Fragebogenverwaltung und die Länge des Fragebogens berücksichtigt werden sollten, um die Anwendbarkeit zu maximieren und ein nachlässiges Ausfüllen des Fragebogens zu vermeiden. Vorsicht geboten ist unter anderem auch bei der Manipulation der Daten und eine Über- bzw. Unterschätzung der Athleten. In der Literatur existieren einige validierte Fragebögen, die im Hochleistungssport verwendet werden: Das sind der "Profile of Mood States" (POMS), der "Recovery-Stress Questionnaire" (REST-QSport), der "Daily Analysis of Life Demands for Athletes" (DALDA), und die "Total Recovery Scale" (TQR) (Halson, 2014).

Beispielsweise ist der "REST-QSport" (zu Deutsch Erholungs-Belastungs-Fragebogen, kurz EBF-Sport) ein Verfahren, das physiologische, psychologische sowie soziale und verhaltensrelevante Aspekte von Erholung und Beanspruchung umfasst. Der EBF-Sport besteht aus insgesamt 76 Items, die in 19 Items zu 4 Skalen unterteilt wurden. Jedes Item wird auf einer Skala von 0 (nie) bis 6 (immer) bewertet. Verschiedene Aspekte der allgemeinen Belastung sind in den ersten 7 Skalen enthalten, es gibt 5 allgemeine Erholungsskalen, 3 sportartspezifische Belastungsskalen und 4 sportartspezifische Erholungsskalen (Kellmann & Kallus, 2001). Die Skalen lassen sich in einem Profil darstellen, welches den Erholungs-Beanspruchungszustand von Athleten widerspiegelt. Über gewisse Zeitabstände kann ein Ungleichgewicht im Profil als Indikator für Untererholung, Überbelastung sowie Übertrainingsserscheinungen aufgedeckt werden. In zahlreichen Untersuchungen zur Prävention von Übertraining und zum Trainingsmonitoring hat sich dieses Instrument daher etabliert (Kellmann & Kölling, 2018). Es gilt allerdings zu beachten, dass der EBF-Sport mit 76 Items sehr lange ist. Die Motivation der Athleten zur Mitarbeit könnte bei zu häufiger Benutzung beeinträchtigt werden (Kellmann & Kölling, 2018). 2016 haben Kellmann und Kallus (2016) daher einen verkürzten EBF-Sport entwickelt, der zur erhöhten Compliance der Athleten führte.

Fragebögen und Tagebücher liefern Daten, die direkt vom Athleten eingetragen werden. Tagebücher werden häufiger (am besten täglich) ausgefüllt als Fragebögen. Sie werden verwendet, um die körperlichen Aktivitäten in der vergangenen Woche, im vergangenen Monat oder sogar in den vergangenen Jahren zu untersuchen (Borresen & Lambert, 2009). Diese Tagebücher sind einfache und günstige Mittel, einen guten Überblick über die individuelle Beanspruchung der Athleten zu gewinnen. Dabei können sie individuelle Bemerkungen protokollieren, die unter Umständen sehr wichtige Informationen beinhalten können. Je nach Komplexität des Tagebuchs können weitere Parameter, wie z.B. die Session-RPE eingetragen und zum Foster-RPE-Tagesload berechnet werden. Bourdon et al. (2017) sehen Tagebücher als nützliches Tool, damit junge Athleten die Quantität der Trainingsbelastung sehen und deren Auswirkungen auf Leistung und Gesundheit verstehen. Ein Nachteil gemäss Borresen und Lambert (2009) ist die Fehlermarge in den subjektiv ausgefüllten Daten. Beispielsweise neigen gerade junge Athleten zur Über- oder Unterschätzung der Trainingsdauer, was die Trainingsplanung erheblich beeinflussen kann (Bourdon et al., 2017).

Herzfrequenz

Die Überwachung der Herzfrequenz ist ebenfalls ein gängiges Mittel zur Bestimmung der Beanspruchung. Die Anwendung der Herzfrequenz-Überwachung basiert auf der linearen Beziehung zwischen Herzfrequenz und der Rate des Sauerstoffverbrauchs im Sauerstoff-Steady-State (Aerobe Energiegewinnung). Der Prozentsatz der maximalen Herzfrequenz wird jedoch häufig sowohl zur Überwachung als auch zur Steuerung der Intensität verwendet (Halson, 2014).

TRIMP

TRIMP ist ähnlich der Session-RPE-Methode, eine Mischung zwischen objektivem und subjektivem Verfahren. Es berechnet die Trainingsbelastung aus der Dauer und maximaler, ruhen-der und durchschnittlicher Herzfrequenz während einer Trainingseinheit (Banister & Calvert, 1980). Während beim Session-RPE mit der subjektiven Wahrnehmung der Beanspruchung gerechnet wird, nutzt das TRIMP-Verfahren die Herzfrequenz zur Berechnung. Es gibt verschiedene Variationen des ursprünglichen TRIMP's, z.B. Edwards' TRIMP, der die akkumulierte Zeit in fünf willkürliche Herzfrequenz-Zonen mit einem Gewichtungsfaktor multipliziert. Lucias' TRIMP ist dem von Edwards ähnlich; Es gibt drei Herzfrequenz-Zonen, die auf individuell bestimmten Laktatschwellenwerten und auf dem Beginn von Blutlaktat-Akkumulation basieren. Weiter gibt es noch iTRIMP, das speziell für Läufer entwickelt wurde und Probleme mit willkürlichen Herzfrequenz-Zonen unterbindet (Halson, 2014).

Für die Anwendungsmöglichkeiten im praktischen Bereich empfehlen Saw et al. (2016) die subjektiven vor den objektiven Verfahren:

Subjective and objective measures of athlete well-being generally did not correlate. Subjective measures reflected acute and chronic training loads with superior sensitivity and consistency than objective measures. Subjective well-being was typically impaired with an acute increase in training load, and also with chronic training, while an acute decrease in training load improved subjective well-being. (Saw et al, 2016, S. 281)

1.3 Charakteristiken des Langlaufsports

Gerade junge Athleten sollte man behutsam an das grosse Trainingspensum gewisser Sportarten heranführen. Einerseits um akute Verletzungen sowie Überbelastungen möglichst zu verhindern, andererseits um der Entwicklung bis an die Spitze einen bestmöglichen Rahmen zu bieten. Nach Sandbakk & Holmberg (2014) ist Langlauf eine der anspruchsvollsten Ausdauersportarten. Weltklasse-Langläufer haben die höchsten Werte bei der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}), die Werte liegen zwischen 80 bis 90 $ml \cdot kg^{-1}$ bei Männern und zwischen 70 bis 80 $ml \cdot kg^{-1}$ bei Frauen. Die aerobe Kapazität (Ausdauerfähigkeit mit Sauerstoffaufnahme) bei norwegischen und schwedischen Spitzenathleten liegen dabei im Rahmen von früheren Olympiagewinnern. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die anaerobe Kapazität (Ausdauerfähigkeit ohne Sauerstoff), maximale Kraftentwicklung im Oberkörper, Technik und taktische Flexibilität weiter. Holmberg (2015) führt aus, dass Skilanglaufrennen ein Drittel bergauf, ein Drittel flach und ein Drittel bergab verlaufen. Jedoch wird aber mehr als 50% der Gesamtzeit mit Skifahren bergauf verbracht. Das bedeutet die Leistung im Bergauf fahren ist eine Hauptdeterminante des Erfolgs. Das unterschiedliche Terrain mit Steigungen bis zu 20% und Gefällen bis zu 20% und einer grossen Variation der Geschwindigkeit (5-70 km/h) erfordern häufige Wechsel zwischen den neun Haupttechniken von klassischer- und Skatingtechnik. Während eines 1,5 km langen Sprintrennen wechseln die Langläufer etwa 30 Mal zwischen diesen Teiltechniken, während längere Distanzen mit mehreren hundert Übergängen verbunden sind (Andersson, Supej, Sandbakk, Sperlich, Stöggl & Holmberg, 2010). Top-Langläufer erzeugen Spitzen-Stockkräfte von bis zu 430 N (etwa die Hälfte ihres Körpergewichts) mit jedem Arm innerhalb von nur 0,05s, mit Abdruckkräften von 1600 N in den Beinen (das Doppelte des Körpergewichts) (Stöggl & Holmberg, 2011). Langlauf ist eine komplexe Sportart, die das hohe Trainingsvolumen nicht nur bei der Steigerung der Ausdauerfähigkeiten rechtfertigt, sondern auch eine hohe anaerobe Kapazität, bestmögliche Kraftentwicklung im Oberkörper, Sprinttechniken und taktische Flexibilität voraussetzt.

Losnegard (2019) führt weiter aus, dass der aerobe Anteil am Gesamtenergieaufwand im Durchschnitt vergleichbar mit anderen Sportarten mit ähnlichen Rennzeiten ist. Allerdings ist sowohl während Sprint- ($\leq 1,8$ km) als auch während Distanzrennen (≥ 10 und 15 km) ein hoher aerober Anteil mit sehr hohen Arbeitsraten bei ~ 120 bis 160% des VO_{2max} vorhanden. Dies vor allem bei Steigungen. Aufgrund der Natur des Skilanglaufs können sich Athleten während den intermittierenden Abfahrten erholen, was die wiederholten Intensitätsschwankungen erklärt. Daher unterscheidet sich das Langlaufen von den meisten anderen Ausdauersportarten durch die Kombination von hohem und anhaltendem aeroben Energieumsatz und wiederholten Arbeitsraten über VO_{2peak} , unterbrochen von kurzen Erholungsphasen.

Laut Sandbakk & Holmberg (2017) trainieren norwegische Elite-Langläufer 750 bis 950 Stunden jährlich, davon 700 bis 850 Stunden Ausdauer bei 80% niedriger Intensität, 4% bis 5% moderates und 5% bis 8% hochintensives Ausdauertraining und 10% Training von Kraft und Schnelligkeit. Umgerechnet sind das 2.1 bis 2.6 Stunden täglich. Ein hoher Anteil an Training mit niedriger Intensität steigert die Trainingseffizienz und die Toleranz gegenüber hohen Trainingsbelastungen, indem eine schnellere Erholung ermöglicht wird. Ein Problem des hohen Trainingsvolumens ist die Anfälligkeit gegenüber Infektionen. Nach Brink et al. (2010) ist es bekannt, dass hartes körperliches Training zu einer Immunsuppression (Vorgang, der die immunologische Aktivität des Immunsystems unterdrückt) und zu einer erhöhten Anfälligkeit für Infekte führt. Deshalb sollte dem Verhältnis von Belastung und genügend Erholung eine grosse Beachtung geschenkt werden, insbesondere beim Skilanglauf.

In Ausdauersportarten werden eine Vielzahl von subjektiven - und, subjektiven / objektiven Mischformen verwendet: RPE / Session-RPE, TRIMP, psychologische Fragestellungen und physiologische Messungen wie Herzfrequenz, Laktat und Sauerstoffverbrauch. Auch objektive Belastungsparameter wie Geschwindigkeit, maximale Kraftausgabe, Trainingszeit und Distanz werden eingesetzt (Bourdon et al., 2017). Das gleichzeitige Monitoring spezifischer Belastungen ermöglicht eine Beurteilung von physiologischer und psychologischer Beanspruchung und erlaubt es den Ermüdungs-/Erholungszustand zu bewerten, Trainings anzupassen und eine optimale Beziehung zwischen Belastung und Erholung zu erreichen. Die Wichtigkeit des hohen Trainingsvolumens und Monitoring von Ausdauersportarten - speziell Langlauf - wird hier aufgezeigt. Ein Trainingsausfall kann die Entwicklung von (jungen) Athleten behindern, insbesondere, wenn aus akuten Verletzungen chronische Verletzungen entstehen. Daher ist ein Erholungs- und Beanspruchungsmonitoring gerade in Sportarten mit hohen Trainingsvolumen

wichtig, um die Reduktion von Trainingsausfällen zu vermindern, oder im besten Fall ganz zu verhindern. Bourdon et al. (2017) unterstreichen diese Wichtigkeit speziell für junge Athleten:

These studies clearly indicate that when dealing with young athletes, planning appropriate training loads and the management of loading patterns is important to guarantee a long sporting career. In addition, load monitoring may be more effective in preventing lost days of training, which is extremely important for training development and exposure to progressive increases in training volume. (Bourdon et al., 2017, S. 163 - 164)

1.4 Studienvergleiche

In der vorliegenden Arbeit werden zwei Monitoring-Tools (Fragebogen + Tagebuch) in Bezug auf Häufigkeiten der Trainingsausfälle bzw. reduziertes Training untersucht. Weiter werden die zwei Parameter Training Load und EBF-Bilanz und ihren Einfluss auf Verletzungen und Krankheiten getestet.

Das Interesse die Verknüpfung zwischen Belastung und Verletzungen zu verstehen, zu erklären und präventive Massnahmen zu ergreifen, scheint schon ein älteres Anliegen zu sein: Ein Paper aus dem Jahr 1988 (Kuipers & Keizer, 1988) untersucht Merkmale von Übertraining bei Spitzenathleten. Vergleichbar wenig bestehende Literatur gibt es zur Vorhersage von Verletzungen aufgrund von Beanspruchung und die Benennung von zuverlässigen Monitoring-Parameter. Laut einem Literatur-Review wurden viele von diesen Studien im Umfeld der Sportart Rugby und anderen Mannschaftssportarten gemacht. Der häufigste verwendete Parameter war Session-RPE bei 19 von 35 Studien (Drew & Finch, 2016).

Während Trainingsbelastung und daraus resultierende Verletzungen, Ausfälle und Übertraining schon etwas länger Gegenstand der Forschungen in der Sportwissenschaft sind, hat das effektive Monitoring der Trainingsbelastung- und Beanspruchung von Athleten immer mehr an Wichtigkeit gewonnen. Das bestätigt das Consensus-Statement von Bourdon et al. (2017).

Vogel et al. (2001) versuchten schon vor 19 Jahren in einer Prospektivstudie mit Spitzenathleten aus dem Ausdauerbereich, mittels Kombinationen aus verschiedenen Monitoring-Tools (orthostatischer Herzfrequenztest, psychologischem Fragebogen und einigen Trainingscharakteristika) möglichst frühzeitig ein drohendes Overreaching (OR) zu erkennen. Erfasst wurden das Trainingsvolumen, der Quotient vom effektiv absolvierten Trainingspensum und dem ursprünglich geplanten Pensum (ΔTr), die Ruheherzfrequenz am Morgen (RHF), die beim morgendlichen Aufstehen ermittelte Herzfrequenzdifferenz stehend-liegend (Orthostasetest; ΔHF),

sowie psychologische Parameter mittels POMS und EBF-Sport. Die Resultate zeigten folgendes Bild: Es gab einen Fall von Overreaching, in der Summe waren weder EBF- noch POMS Gesamtscores in eindeutig interpretierbarer Weise prädiktiv, während sich beide Scores unter reduziertem Training verbesserten. Weder Ruheherzfrequenz am Morgen noch der Orthostasetest zeigten einen Zusammenhang mit der müdigkeitsbedingten Trainingsreduktion. In den Einzelfällen hingegen waren Beobachtungen zu machen, wie z.B. einen oder mehrere Zusammenhänge zwischen einen oder mehreren Parametern und einem definierten Endpunkt. Die erfassten hypothetischen Prädiktoren von Overreaching zeigten somit einen gewissen Zusammenhang mit dem Einzelfall des OR, gingen aber diesem nicht eindeutig voraus. Die gemessenen Marker waren eher generelle Indikatoren eines Ungleichgewichts zwischen Belastung und Erholung, ohne allerdings Frühwarnsymptome zu sein. Diese Resultate deuteten darauf hin, dass es nicht möglich ist, Overreaching in allgemein gültiger Weise in einem Frühstadium zu erkennen. Auf der anderen Seite schien es, dass auf einer individuellen persönlichen Ebene fast jeder der untersuchten Parameter dann als Prädiktor dienen kann, wenn er in Relation zu einem individuellen Referenzwert, Baseline, gesetzt werden kann. Die Wichtigkeit des individuellen Monitorings sowie einer optimalen Belastungs-Erholungs-Balance wird damit unterstrichen.

Eine neuere Studie von Gabbett (2010) hatte ein Verletzungsvorhersagemodell auf der Grundlage von geplanter und tatsächlicher Trainingsbelastung entwickelt. Professionelle Rugbyspieler nahmen an einer prospektiven Vier-Jahres-Studie teil, welche in zwei Phasen durchgeführt wurde: In einer ersten Phase wurden Trainingsbelastung und Verletzungsdaten über zwei Wettkampfsaisons aufgezeichnet. In einer zweiten Phase wurden wiederum über zwei weitere Saisons die Trainingsbelastung und Verletzungsdaten derselben Spieler aufgezeichnet. Aufgrund der Daten der ersten zwei Jahre wurde ein Verletzungsvorhersagemodell entwickelt und dabei wurden folgende Erkenntnisse gewonnen: Es bestand eine 50-80%ige Wahrscheinlichkeit, dass die Athleten eine Vorsaison-Verletzung innerhalb des Trainingslastbereichs von 3.000 bis 5.000 Einheiten erleiden würden. Diese "Schwellenwerte" für die Trainingsbelastung wurden in der späten Wettkampfphase der Saison erheblich reduziert (1.700-3.000 Einheiten). In den letzten beiden Saisons wurden insgesamt 159 relevante Verletzungen notiert. Der Prozentsatz der wahren positiven (vorhergesagte Verletzung und Spieler erlitt tatsächlich Verletzung) Vorhersagen betrug 121, 62,3%. Die Gesamtzahl der falsch positiven (vorhergesagte Verletzung und Spieler erlitt keine Verletzung) und falsch negativen (keine vorhergesagte Verletzung, Spieler erlitt aber Verletzung) Vorhersagen betrug 20 bzw. 18. Bei Athleten, die die Trainingsbelastungsschwelle überschritten, war die Wahrscheinlichkeit, einer

Verletzung zu erleiden 70-mal höher als bei Athleten, die die Trainingsbelastungsschwelle nicht überschritten. Diese Ergebnisse gaben also Aufschluss über die Dosis-Wirkungs-Beziehung im Training und zeigten auf, dass ein gut dosiertes Training Verletzungen verhindern kann.

Einen etwas anderen Ansatz verfolgten Rogalski, Dawson, Heasman und Gabbett (2013), die Trainings- und Spielbelastungen (Session-RPE multipliziert mit der Dauer in min) und Verletzungen aufzeichneten, wenn ein Athlet eine Trainingsbelastung ausübte. Die Wochensummen und wöchentlichen Belastungsänderungen wurden dann anhand von Verletzungsdaten akkumuliert. Für jeden Tag, an dem ein Spieler an einer Trainingseinheit oder einem Spiel teilgenommen hat, wurden die vorhergehenden 1, 2, 3 und 4-wöchentlichen individuellen Belastungswerte berechnet. Die Beziehungen zwischen Trainings- und Spielbelastungen und Verletzungen wurden auf zwei Arten untersucht. Erstens wurde die Wahrscheinlichkeit, dass eine Akkumulation von Belastungen zu einem späteren Zeitpunkt zu einer Verletzung beitragen könnte durch die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen 1, 2, 3 und 4-wöchentlichen kumulativen Belastungen und der anschliessenden Verletzung ermittelt. Zweitens wurde auch untersucht, ob eine starke Zunahme der Belastung zwischen den Wochen zu einer Verletzung beiträgt. Dazu wurde die wöchentliche Veränderung zwischen den Gesamtwerten der laufenden und der vorhergehenden Woche analysiert. Die Intensität der Trainingseinheiten und Spiele wurde von jedem Spieler mit Hilfe der modifizierten Borg-Skala geschätzt. Die Trainings- und Spielbelastungseinheiten (AU) für jeden Spieler wurden dann mit dem Session-RPE multipliziert. Die Resultate deuten darauf hin, dass das Verletzungsrisiko bei Spielern, die vor dem Anstieg in der laufenden Woche ($>1250\text{AU}$) grössere 1 ($>1750\text{AU}$) und 2 wöchentliche Belastungen ($>4000\text{AU}$) oder eine grössere Anzahl von Belastungen ($>1250\text{AU}$) ausüben, im Vergleich zu niedrigeren Trainings- und Spielbelastungsbereichen ($<1250\text{AU}$, $<2000\text{AU}$, $<250\text{AU}$) signifikant höher ist. Die Studie von Gabbett (2010) bestätigt ebenfalls, dass erhöhte Trainingsbelastungen in der Folge tendenziell eher zu Verletzungen führen können. Dies ist vor allem hinsichtlich des hohen Trainingsvolumens im Langlauf wichtig.

Svendsen, Gleeson, Haugen & Tønnessen (2015) untersuchten in ihrer Studie mit Langlaufathleten die Effekte einer intensiven Wettkampfperiode auf nachfolgende Krankheits-Häufigkeiten, den Einfluss auf Training und Leistung und ob es Unterschiede zwischen den Geschlechtern gibt. Insgesamt nahmen 44 Probanden (Elite-Langlaufathleten) über zehn Jahre an dieser Studie teil. Für das Monitoring wurde ein angepasstes Trainingstagebuch verwendet, bei dem die Trainingsdauer und die Intensität des Trainings notiert wurde. Die Verletzungen wurden

dann als schwer beurteilt, wenn kein Training mehr möglich war; als leicht, wenn ein reduziertes Training möglich war. 48% Prozent der Sportler wurden während oder in den Tagen unmittelbar nach der Wettkampfperiode krank. Von den Sportlern, die nicht an dieser Wettkampfperiode teilgenommen haben, wurden 16% krank. Die Krankheitsinzidenz bei Frauen war etwas niedriger. Bei den männlichen Athleten war die Rennleistung nach der Wettkampfperiode sechs Wochen lang signifikant schlechter als davor. Die Teilnahme an dieser Wettkampfperiode führt dazu, dass das Krankheitsrisiko in diesem Zeitraum um das Dreifache gestiegen ist. Männliche Athleten scheinen anfälliger für Krankheiten zu sein und berichten von Leistungseinbussen in anderen Rennen nach dieser Wettkampfperiode. Das ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Trainingsbelastungen vor und nach der Wettkampfperiode unterschiedlich waren. Diese Studie liefert einen weiteren Hinweis auf die Verknüpfung von Trainingsbelastung und Infektionsanfälligkeit und dass eine intensive Wettkampfphase zu einer erhöhten Krankheitsinzidenz führt. Dies insbesondere auch bei Spitzenlangläufern, die bereits an eine sehr hohe Trainingsbelastung gewohnt sind.

Alle drei neueren Studien zeigten zwar einen Zusammenhang zwischen Belastung - seien diese objektiv oder subjektiv - und Verletzungsraten. Jedoch kann aber keine dieser Studien ein zuverlässiges Modell zur Vorhersage von Verletzungen aufzeigen. Dieser Konsens ist auch im Literatur-Review von Drew und Finch (2015) zu finden. Das Ziel dieser Studie ist es, das Erholungs-Belastungsempfinden und die Trainingsbelastung vom Schweizer Nationalkader Langlauf über eine Saison zu quantifizieren und analysieren.

1.5 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, den potenziellen Nutzen vom Training Load aus dem Trainingstagebuch und der EBF-Bilanz aus dem Erholungs-Belastungs-Fragebogen hinsichtlich des Auftretens von Krankheiten und Trainingsausfällen im Schweizer Nationalkader Skilanglauf zu analysieren.

Dafür wurden folgende konkrete Fragestellungen formuliert:

Deskriptives / Prävalenz

1. Wie hoch ist die Häufigkeit von Trainingsausfällen /reduziertem Training während einer Saison?
2. Gibt es quantitative Unterschiede der Ausfälle während den verschiedenen Saisonphasen?
3. Wie lange dauert ein durchschnittlicher Trainingsausfall / eine Phase von reduziertem Training?
4. Gibt es quantitative Unterschiede in der Dauer der Ausfälle unter den Probanden?

Inferenz-Statistik

5. Gibt es Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Training Load- und EBF-Werten von negativen Events und gesunden Events?

Folgende Hypothesen wurden formuliert, um die Fragestellung wissenschaftlich zu überprüfen:

Hypothese 1: Training Load hat einen Einfluss auf Trainingsausfälle.

Hypothese 2: Training Load hat einen Einfluss auf reduziertes Training.

Hypothese 3: EBF-Bilanz hat einen Einfluss auf Trainingsausfälle.

Hypothese 4: EBF-Bilanz hat einen Einfluss auf reduziertes Training.

Hypothese 5: Der Training Load vor Negativevents (Verletzungen / Krankheiten) ist höher als vor gesunden Events (verletzungsfrei).

Hypothese 6: Die EBF-Bilanz vor Negativevents (Verletzungen / Krankheiten) ist höher als die EBF-Bilanz vor gesunden Events (verletzungsfrei).

2 Methode

2.1 Studiendesign

Die Datenerhebung startete am 1.5.2019 und endete am 16.3.2020. Die Studienteilnehmer füllten über diese Zeitspanne regelmässig ein angepasstes Trainingstagebuch (TTB) und eine verkürzte Version des Erholungs-Belastungs-Fragebogens aus. Die Dateneingabe in das TTB sollte täglich erfolgen, die Beantwortung des EBF ein- bis zweimal pro Woche. Die Datenübertragung der EBF-Daten in eine zentralisierte Datenbank erfolgte alle 2 Wochen durch den Studierenden. Die TTB's wurden im März 2020 vom Studienleiter eingesammelt und vom Studierenden in einer Längsschnittstudie analysiert.

2.2 Untersuchungsgruppe

Die Daten wurden zum einen aus dem Erholungs-Beanspruchungs-Fragebogen (EBF) und zum anderen aus dem Trainingstagebuch (TTB) von 13 Athletinnen und Athleten des Swiss-Ski Skilanglauf Nationalkaders erhoben.

Von ursprünglich 20 Probanden wurden nur Athleten berücksichtigt, die ein vollständig ausgefülltes TTB vorweisen konnten, sowie regelmässig (mindestens ein- bis zweimal pro Woche) den Fragebogen ausgefüllt haben.

Tabelle 1

Mittelwerte (\pm SD) für Alter, Performance Level (FIS-Punkte Sprint & Distanz) und Trainingsvolumen über eine Saison der 13 Probanden (8m, 5w).

| | Männer | Frauen | Zusammen |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|
| Alter | 20.1 \pm 2.1 | 18.8 \pm 0.7 | 19.6 \pm 1.8 |
| FIS-Punkte Distanz | 70.7 \pm 20.1 | 68.0 \pm 15.8 | 69.7 \pm 18.9 |
| FIS-Punkte Sprint | 139.9 \pm 29.0 | 180.4 \pm 19.6 | 155.5 \pm 32.5 |
| Trainingsvolumen [h] | 697 \pm 70 | 672 \pm 42 | 687 \pm 62 |

Anmerkung: Die FIS-Punkte sind der 8th Cross-Country List 2019/20 per (25-03-2020) entnommen.

2.3 Instrumente

Zur Erhebung des Training Load wurde ein modifiziertes Swiss-Ski Langlauf Trainingstagebuch mit Performance Manager auf Excel-Basis (Microsoft Excel 2016, Microsoft Corporation, Redmond, USA) benutzt. Das subjektive Belastungs-/Erholungsbefinden wurde mit der Kurzform des Erholungs-Belastungs-Fragebogens in der Erholungs-Beanspruchungs-Bilanz erfasst. Diese Bilanz ist ein z-normierter Wert, der Vergleiche innerhalb eines Kaders / Teams zulässt (Turner, 2014). Für die Errechnung dieser Bilanz wurde der Mittelwert der absoluten EBF-Werte, die der Fragebogen generiert, über die Erhebungszeitspanne pro Athlet berechnet. Dieser errechnete Mittelwert wird nun von den aktuellen absoluten EBF-Werten abgezogen und durch die Standardabweichung geteilt:

$$z = \frac{(\text{Aktueller Absoluter EBFWert} - \text{Mittelwert EBFAbsolut})}{\text{Standardabweichung}}$$

Um die Interpretation des EBF zu vereinfachen wurde die Bilanzskala aufgrund von bereits gemachten Erfahrungswerten in eine grüne, gelbe und rote Zone eingeteilt: Grün: > 0.5, Gelb: -1.5 bis 0.5, Rot: < -1.5. Hintergrund ist die oben beschriebene z-Normierung. Diese Einteilung erlaubte eine subjektive Beurteilung des Erholungs-Belastungszustands.

Die EBF-Erfassung erfolgte an individuell von den Athleten gewählten Zeitpunkten innerhalb eines sinnvollen zeitlichen Abstands, was ungefähr ein- bis zweimal pro Woche sein sollte.

Um den Fragebogen praxisnaher abzubilden, wurden 3 Kurzversionen mit je sieben Fragen benutzt. Die Kurzversionen stammen aus dem bekannten EBF-Sport, der insgesamt aus 76 Items besteht. Diese Items sind wieder in 4 Skalen zu je 19 Items unterteilt. Diese EBF-Kurzversionen korrelieren hoch mit der EBF-Langversion (Horvath, Messerli & Birrer, 2015). Der EBF-Sport Kurzversion enthält folgende Skalen aus der EBF-Sport Langversion: Allgemeine Beanspruchung, allgemeines Wohlbefinden, Verletzungsanfälligkeit, Müdigkeit, In-Form-Sein, somatische Erholung und Schlafqualität, wobei Schlafqualität nicht in den Gesamtscore einfließt. Ein Item wird auf einer Skala von 0 (nie) bis 6 (immerzu) bewertet.

Im Trainingstagebuch wurden täglich die Dauer der Intensitäten, die Trainingsmittel, Krafteinheiten und Diverses (beispielsweise Ausgleichssport) eingetragen. Dazu wurde die Session-RPE pro Trainingseinheit durch die Athleten eingetragen. Zusammen mit der Dauer wurde der Foster-RPE Tagesload akkumuliert. Der Einfachheit halber wird dieser Wert in den Resultaten und Diskussionen als Training Load bezeichnet.

2.4 Datenauswertung

2.4.1 Definition Negativevents / gesunde Events. Aus den TTB's wurden alle Events, die zu einer Phase von reduziertem Training oder zu einem Trainingsausfall geführt haben, markiert. Es wurden alle Events miteinbezogen, die die Athleten gehindert haben, ein normales Trainingspensum zu absolvieren oder eine Unterbrechung von diesem erzwungen haben. Beispielhafte Events sind: Grippe, Erkältung, Zerrungen usw. Unabsehbare Events wie Insektenstiche, Unfälle und deren Folgen werden nicht in der Datenaufbereitung berücksichtigt. Ab dem Vortag eines Events wurde vom Training Load und der EBF-Bilanz über 14 Tage der Mittelwert berechnet.

Jedem einzelnen negativen Event eines Athleten wurde ein "gesunder Event" mit den entsprechenden Mittelwerten (Training Load und EBF-Bilanz) der vorhergehenden 14 Tagen gegenübergestellt. Das Datum des gesunden Events wurde dabei zufällig bestimmt. Einzige Voraussetzung war, dass der gesunde Event in der gleichen Saisonphase wie der negative Event stattfindet und sich nicht mit einem negativen Event überschneidet.

Terminologisch werden in den nachfolgenden Kapiteln immer "gesunde Events" von Negativevents (Events) unterschieden.

2.4.2 Datenaufbereitung. Für die Datenaufbereitung wurde das Tabellenkalkulationsprogramm Excel (Microsoft Excel 2016, Microsoft Corporation, Redmond, USA) verwendet.

Der Zeitraum der Datenerhebung wurde in 3 Saisonphasen unterteilt:

- Phase 1: Allgemeine Vorbereitungsphase (Mai, Juni, Juli, August 2019)
- Phase 2: Spezifische Vorbereitungsphase (September, Oktober, November 2019)
- Phase 3: Wettkampfphase (Dezember 2019, Januar, Februar, März, April 2020)

Dabei wurden alle relevanten Items, die aus dem EBF-Fragebogen generiert wurden, in eine zentralisierte Datenbank im Excel eingetragen. Weiter wurden alle gesammelten Daten nach Negativevents sortiert und die jeweiligen Saisonphasen, dazugehöriger Athlet und Klassifikation des Events (Ausfall / reduziertes Training) aufbereitet. In einem weiteren Schritt wurden die Mittelwerte der EBF-Bilanz sowie auch der Training Load einzelner Events in Excel berechnet, dies wird im obigen Kapitel ausführlich beschrieben.

Danach folgte der Übertrag der Daten in das Statistikprogramm SPSS 22 (IBM SPSS Statistics 22, IBM Corporation, Armonk, USA) für die statistische Auswertung.

Alle deskriptiven Statistiken wie Anzahl Events, Dauer der Ausfälle / reduziertes Training und Häufigkeiten der Ausfälle innerhalb der Probanden wurden mit SPSS ausgewertet.

Für den Gruppenvergleich (gesunde Events / Negativevents) wurden gepaarte Vergleichstests (gepaarter t-test bei Normalverteilung, Wilcoxon-Test bei verteilungsfreien Daten) verwendet. Damit wurden Unterschiede hinsichtlich der zentralen Tendenz beider Gruppen getestet. Unterschiede in den Saisonphasen wurden mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Für alle statistischen Tests wurde ein p -Wert < 0.05 als signifikant angenommen.

Die Verlaufsbilanzen wurden wiederum im Excel aufbereitet, berechnet und graphisch dargestellt. Die Werte der EBF-Bilanz aller Athleten über eine Saison wurden alle sieben Tage gemittelt. Dasselbe Vorgehen wurde mit dem Training Load gemacht.

3 Resultate

3.1 Verlaufsbilanzen Training Load & EBF-Bilanz

Die Abbildungen 1 und 2 geben einen Überblick über die beiden Verläufe des Training Load und der EBF-Bilanz aller Probanden über eine Saison.

Der durchschnittliche Training Load, berechnet mit einer Zeitkonstante von sieben Tagen, betrug 315 ± 54.01 Einheiten während der Untersuchungsperiode von Mai 2019 bis März 2020.

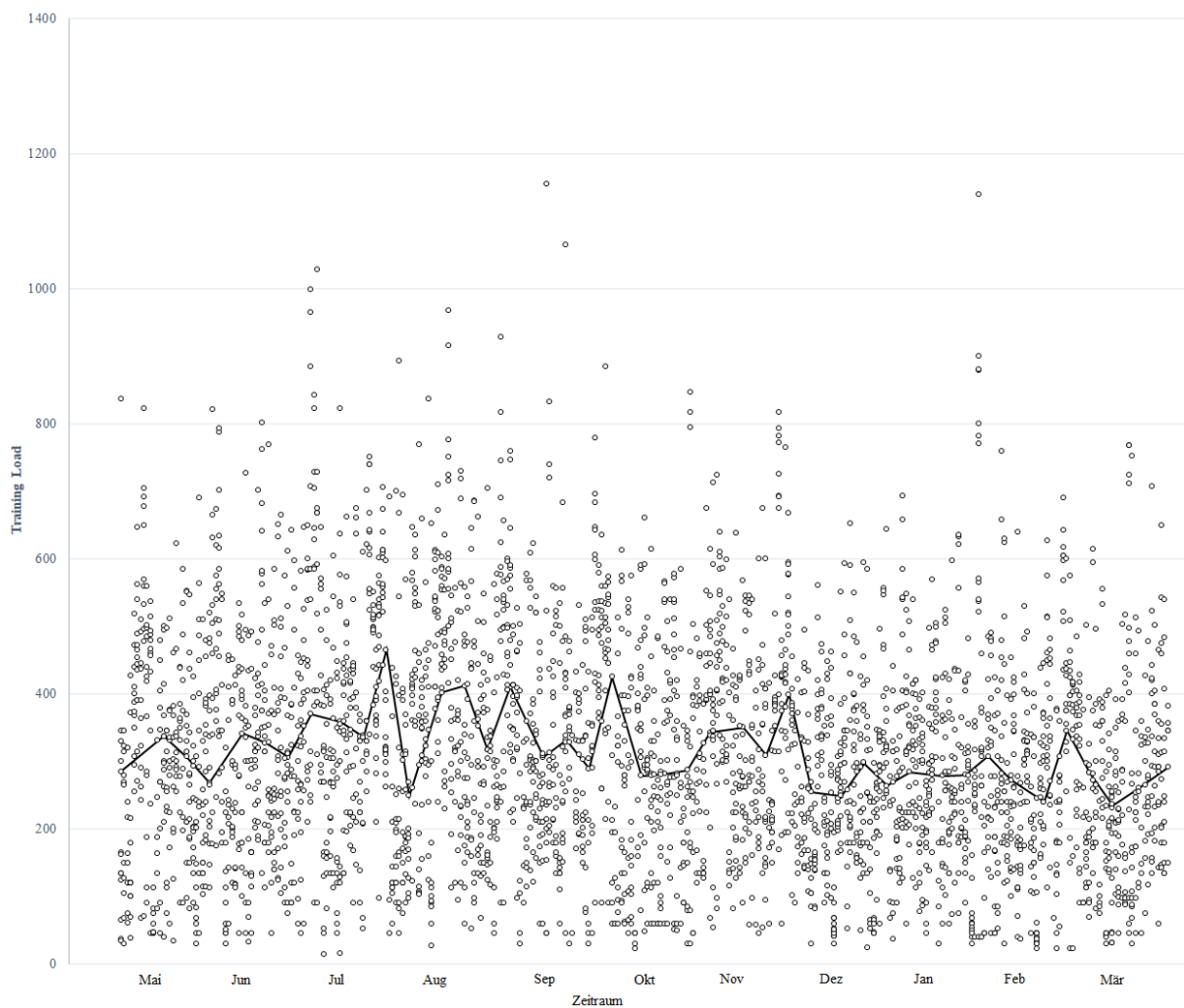


Abbildung 1. Verlauf des Training Load berechnet nach Foster et al. (2001) und einer Zeitkonstante von sieben Tagen, der Langläuferinnen und Langläufer des Swiss-Ski Nationalkaders ($n = 13$) während der Untersuchungsperiode von Mai 2019 bis März 2020. Die schwarze Linie zeigt den Mittelwert der Untersuchungsgruppe.

Die durchschnittliche EBF-Bilanz, berechnet mit einer Zeitkonstante von sieben Tagen, betrug 0.0 ± 0.31 Einheiten.



Abbildung 2. Verlauf der z-normierten EBF-Bilanz mit einer Zeitkonstante von sieben Tagen, der Langläuferinnen und Langläufer des Swiss-Ski Nationalkaders ($n = 13$) während der Untersuchungsperiode von Mai 2019 bis März 2020. Die schwarze Linie zeigt den Mittelwert der Untersuchungsgruppe.

3.2 Häufigkeiten der Negativevents

Fragestellung 1: Wie hoch ist die Häufigkeit von Trainingsausfällen /reduziertem Training während einer Saison?

Die Häufigkeiten der Negativevents (Ereignisse, die zu einem Trainingsausfall oder Reduktion des Trainingspensums geführt haben) werden in Tabelle 2 dargestellt. Die 13 Athleten beklagten insgesamt 38 Negativevents über eine Saison gesehen. Weiterführende Details können ebenfalls der Tabelle 2 entnommen werden.

Tabelle 2

Anzahl, Mittelwerte, Median, Standardabweichung, Minimum und Maximum [Negativevents]& Inzidenz pro 1000h Training der Kategorien Trainingsausfälle, reduziertem Training und gemischt.

| | Events Ausfall | Events red. Training | Events Gemischt |
|---------------------------|----------------|----------------------|-----------------|
| Anzahl Events | 26 | 20 | 38 |
| Mittelwert | 3.27 | 3.95 | 4.32 |
| Median | 2.50 | 2.00 | 3.00 |
| Standardabweichung | 2.07 | 4.42 | 3.74 |
| Minimum | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Maximum | 7.00 | 20.00 | 20.00 |
| Inzidenz / 1000h Training | 4.76 | 5.75 | 6.29 |

Anmerkung. Events Ausfall umfasst Verletzungen und Krankheiten, bei denen kein Training möglich war. Events red. Training umfasst Verletzungen und Krankheiten, die ein reduziertes Trainingspensum zuliessen. Events gemischt ist eine Mischform, die reduzierte Trainings, Ausfälle oder Kombinationen aus beiden berücksichtigt.

3.3 Unterschiede der Ausfälle in den Saisonphasen

Fragestellung 2: Gibt es quantitative Unterschiede der Ausfälle während den verschiedenen Saisonphasen?

Nachfolgend werden die quantitativen Unterschiede der Ausfälle während den verschiedenen Saisonphasen verglichen. Tabelle 3 zeigt den quantitativen Vergleich zwischen den Ausfällen in den drei verschiedenen Saisonphasen.

Tabelle 3

Vergleich der Negativevents in den drei verschiedenen Saisonphasen.

| Phase | Ausfälle [n] | Prozentual [%] |
|-------|--------------|----------------|
| 1 | 13 | 34.21 |
| 2 | 12 | 31.58 |
| 3 | 13 | 34.21 |
| Total | 38 | 100 |

Anmerkung. 1 = Allgemeine Vorbereitungsphase (Mai, Juni, Juli, August 2019), 2 = Spezifische Vorbereitungsphase (September, Oktober, November 2019), 3 = Wettkampfphase (Dezember 2019, Januar, Februar, März, April 2020).

Ein ANOVA-Test zwischen den Mittelwerten der Anzahl Ausfälle in den verschiedenen Saisonphasen ergab keine signifikanten Unterschiede: $F(2/25 = 2.43, p = 0.10)$

3.4 Dauer von Ausfällen

Fragestellung 3: Wie lange dauert ein durchschnittlicher Trainingsausfall / eine Phase von reduziertem Training?

In der nachfolgenden Abbildung 3 werden die drei Kategorien Dauer Ausfall, Dauer red. Training und Dauer gemischt und die entsprechende Anzahl Tage der Ausfälle / red. Trainingspensum / gemischte Ausfälle über eine ganze Saison graphisch dargestellt.

Die meisten Verletzungen / Krankheiten in den drei Kategorien zogen 1 - 4 Tage Ausfallzeit / red. Trainingspensum nach sich:

Ausfälle: [$n = 17$ von 26] = 1 - 3 Tage

Red. Trainingspensum: [$n = 13$ von 20] = 1 - 3 Tage

Gemischte Ausfälle: [$n = 26$ von 38] = 1 - 4 Tage.

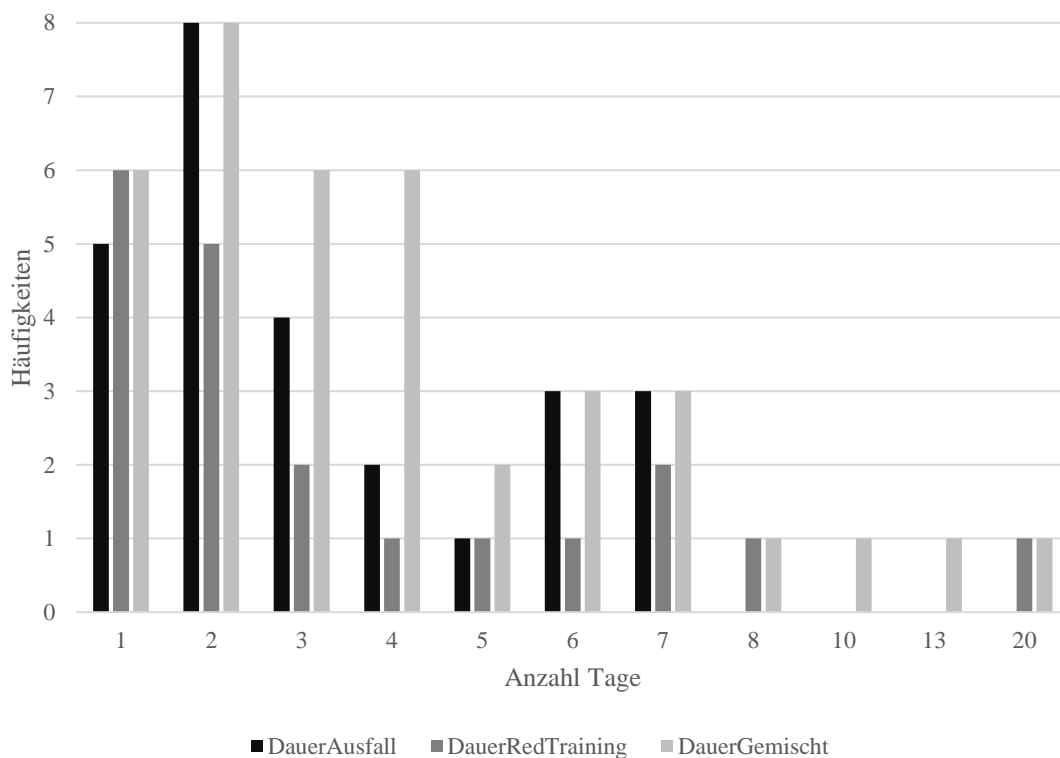


Abbildung 3. n Total [Anzahl Ausfälle über eine Saison] = 26, n Total [Anzahl red. Training über eine Saison] = 20, n Total [Anzahl Dauer Gemischt über eine Saison] = 38.

y-Achse: Häufigkeit der Ausfälle. x-Achse: Dauer des Ausfalls in Tage.

3.5 Interindividuelle Unterschiede der Ausfalldauer

Fragestellung 4: Gibt es quantitative Unterschiede in der Dauer der Ausfälle unter den Probanden?

In Abbildung 4 sieht man die totale Anzahl Ausfälle in Tagen über eine ganze Saison gesehen der einzelnen Probanden. Acht Athleten erlitten zusammen weniger als zehn Tage Ausfall, die restlichen fünf Probanden fielen zusammengerechnet 138 Tage aus.

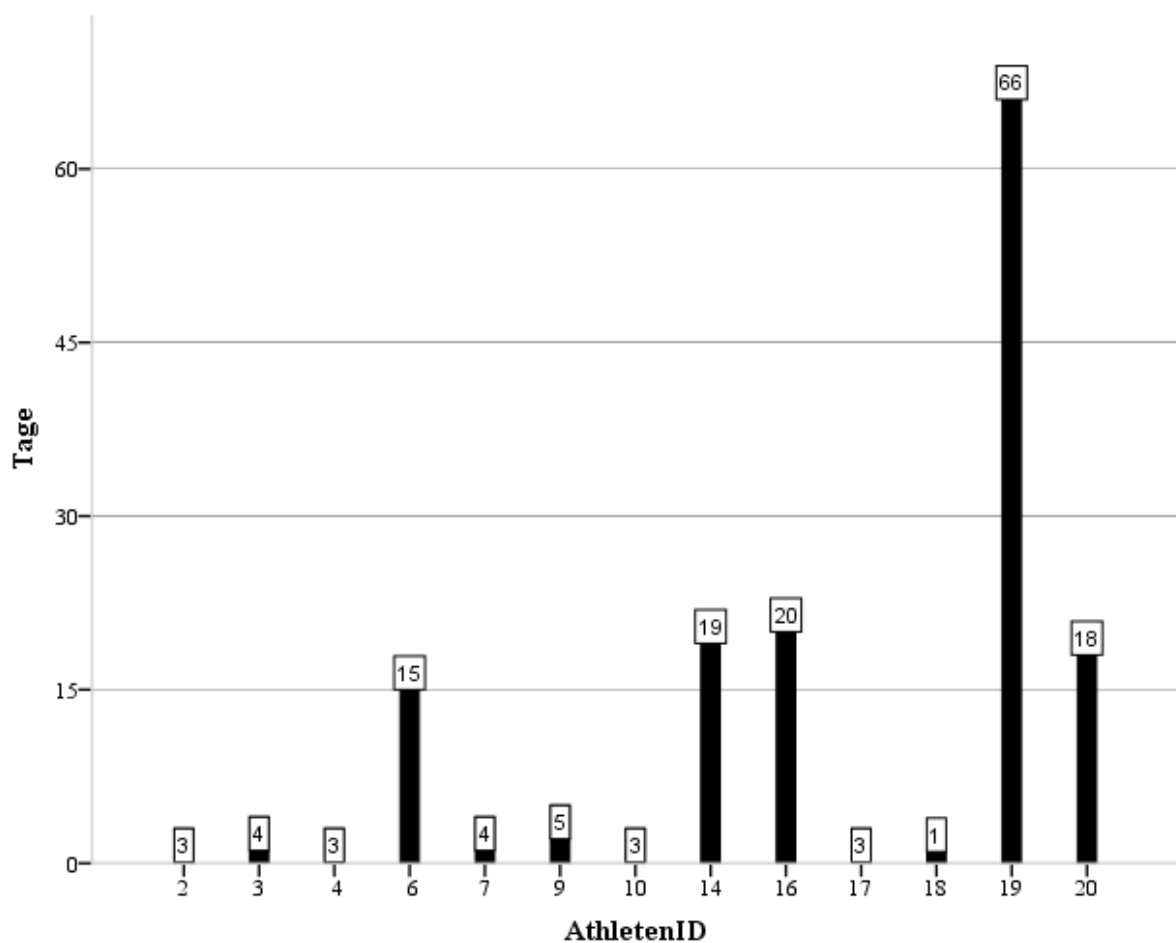


Abbildung 4. Total Tage = 164, $M = 12,62$ Tage, $SD = 17,54$ Tage. y-Achse = Anzahl Tage Ausfall über eine Saison, x-Achse = Probanden.

3.6 Unterschiede von Negativevents & gesunden Events

Fragestellung 5: Gibt es Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Training Load- und EBF-Werten von negativen Events und gesunden Events?

Hypothesen 5 & 6 besagen einen höheren Training Load beziehungsweise eine höhere EBF-Bilanz vor Negativevents gegenüber gesunden Events.

Gesunde Events wiesen beim Training Load ($M = 654.42$, $SD = 141.69$, $n = 38$) tendenziell höhere Werte auf als Negativevents beim Training Load ($M = 641.68$, $SD = 167.25$, $n = 38$). Graphisch dargestellt in Abbildung 5.

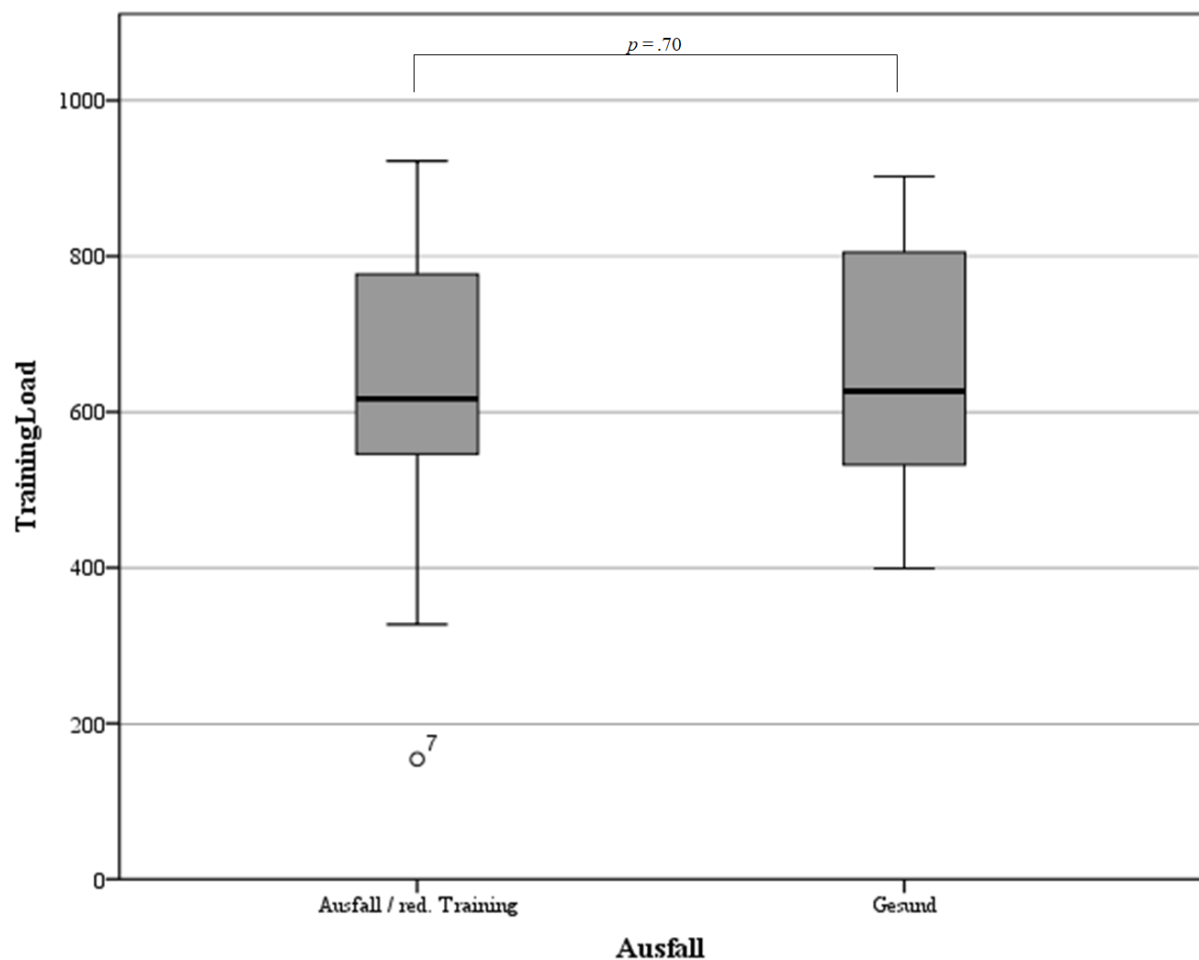


Abbildung 5. x-Achse: Variable Ausfall = "gesunde" Events [$M = 654.42$, $SD = 141.69$] oder Ausfall / red. Training [$M = 641.68$, $SD = 167.25$]. y-Achse: Mittelwert Training Load über eine Saison (Mai 2019 - April 2020).

Mittels einem gepaarten t-Test wurden die mittleren Training Loads der Negativevents mit den mittleren Training Loads der gesunden Events verglichen und unterscheiden sich dabei nicht signifikant: ($t = -.391, p = 0.70$)

Bei der EBF-Bilanz hingegen wiesen negative Events ($M = .17, SD = .72, n = 38$) tendenziell tiefere Werte auf als bei gesunden Events ($M = .28, SD = .51, n = 38$). Graphisch dargestellt in Abbildung 6. Bei der z-normierten EBF-Bilanz gilt: Je tiefer der Wert, desto höher die Beanspruchung, siehe Kapitel 2.3.

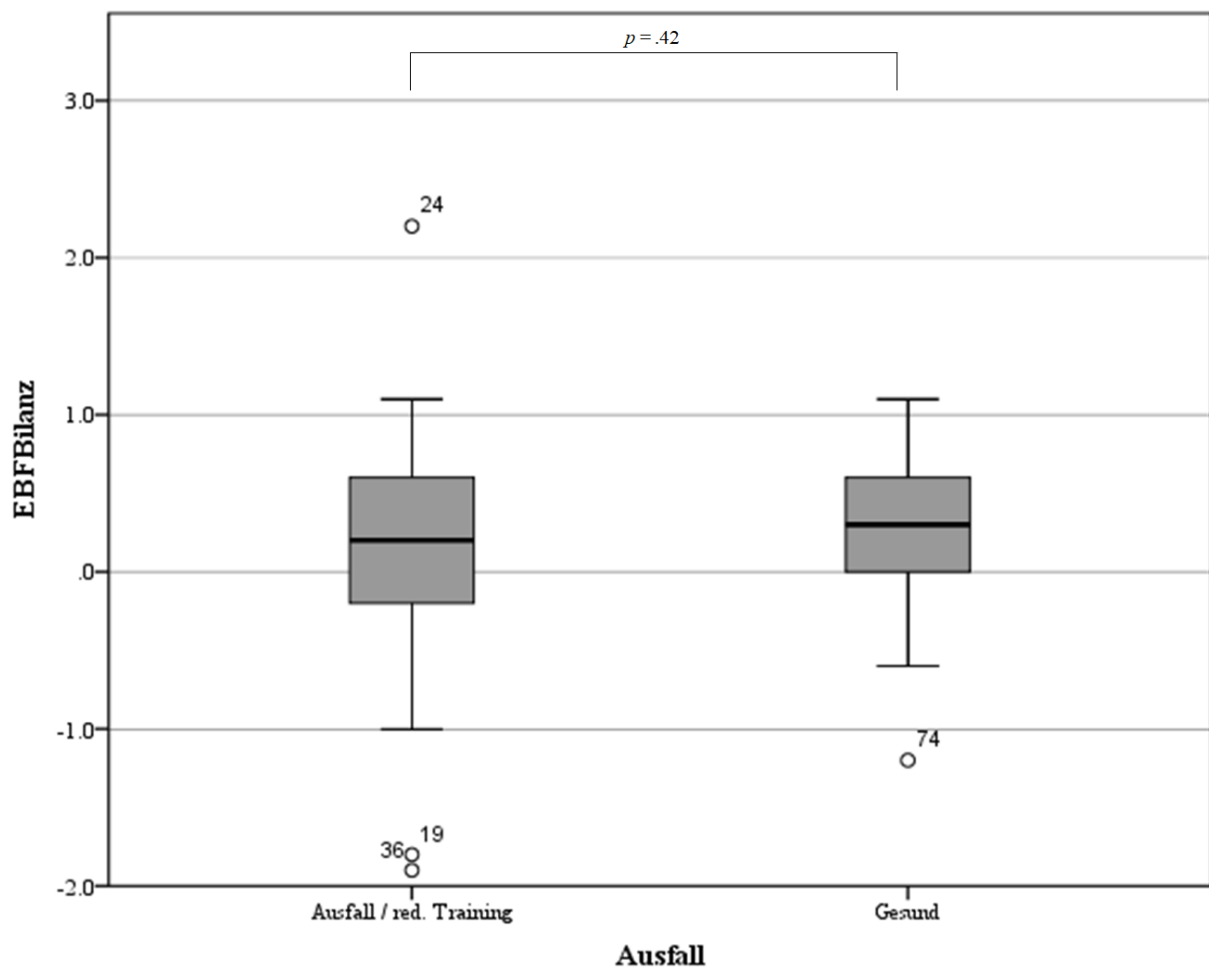


Abbildung 6. x-Achse: Variable Ausfall = "gesunde" Events [$M = .28, SD = .51$] oder Ausfall / red. Training [$M = .17, SD = .72$]. y-Achse: Mittelwert EBF-Bilanz über eine Saison (Mai 2019 - April 2020).

Ebenfalls nicht signifikant unterschied sich die mittlere EBF-Bilanz der Negativevents mit der mittleren EBF-Bilanz der gesunden Events: ($t = -.816, p = 0.42$).

4 Diskussion

4.1 Präsentation & Interpretation der Resultate

Ziel dieser Arbeit war es, den potenziellen Nutzen von Training Load und EBF-Bilanz hinsichtlich des Auftretens von Krankheiten und Trainingsausfällen zu analysieren. Die Ergebnisse zeigten ein eindeutiges Bild: Weder der Training Load in den Trainingstagebüchern noch die EBF-Bilanz aus dem Fragebogen hatten einen signifikanten Unterschied zwischen gesunden Events und negativen Events (Krankheiten / Verletzungen) aufzeigen können.

Insgesamt wurden 38 Events während einer Saison, die zu einer Krankheit und Verletzung geführt haben, gezählt. Auf 1000h Trainingsbelastung / Saison hochgerechnet ergab das eine durchschnittliche Inzidenz von 4.76 Verletzungen in einer Saison. Eine vergleichbare Studie mit Elite-Langläuferinnen und Langläufern von Worth, Reid, Howard und Henry (2019) dokumentierten 3.81 Verletzungen pro 1000h Trainingsbelastung während einer Saison. Interessant wird der Vergleich zu zwei anderen Studien: Ristolainen et al. (2010) dokumentierten 2.1 Verletzungen pro 1000h Trainingsbelastung, während von Rosen, Floström, Frohm und Heijne (2017) ähnliche 2.5 Verletzungen pro 1000h Trainingsbelastung beobachteten. Der Wert von 4.76 scheint also im Rahmen einer normalen, zu erwartenden Inzidenz von Verletzungen im Langlaufsport zu sein, obwohl er doch etwas höher ist als in den anderen drei Studien. Die Erklärungen dafür können unterschiedlich sein, am naheliegendsten ist jedoch der Unterschied im Training Load: Das durchschnittliche Trainingsvolumen dieser Studie von 687h / Saison - mit Inzidenz 4.76 war höher als jenes von Ristolainen et al. (2010): (552h - 2.1), Worth et al. (2019): (600h - 3.81) und von Rosen et al. (2017): (509h - 2.5).

Unterschiede in den verschiedenen Saisonphasen (allgemeine Vorbereitungsphase, spezifische Vorbereitungsphase und Wettkampfphase) wurden keine beobachtet, die Negativevents waren gleichmässig verteilt (13 - 12 - 13). Wenn man aber die Verlaufsbilanzen in Abbildung 1 betrachtet, so scheint der Training Load in der Wettkampfphase gegenüber dem Training Load in den beiden Vorbereitungsphasen optisch doch abzuflachen. Bei der EBF-Bilanz in Abbildung 2 ist nur eine teilweise Abflachung ersichtlich. Dies ist auch konträr zu den Ergebnissen von von Rosen et al (2017), die in der Vorbereitungsphase signifikant höhere Verletzungsraten beobachteten. Mögliche Erklärungen für das Ergebnis in dieser Studie sind allenfalls kein erhöhtes Trainingsvolumen oder eine ausgeprägtere Trainingsvariation während den Vorbereitungsphasen.

Auf die Dauer der Negativevents bezogen wurden auch interessante Entdeckungen gemacht: Die meisten Verletzungen / Krankheiten zogen nur 1 - 4 Tage Ausfallzeit / reduziertes Trainingspensum nach sich: Ausfälle: [$n = 17$ von 26] Red. Trainingspensum: [$n = 13$ von 20]. So war ein Grossteil der Verletzungen oder Krankheiten innerhalb von maximal vier Tagen überstanden. Bei diesem Punkt ist aber Vorsicht geboten. Worth et al. (2019) fanden in ihrer Studie heraus, dass neu erlittene Verletzungen mit älteren Verletzungen positiv korrelieren. Folgend wiesen Athleten, die bereits früher verletzt waren, ein erhöhtes Risiko für spätere Verletzungen auf. So sollte man einen erhöhten Fokus auf das Monitoring von Athleten legen, die von einer Verletzung zurückkehren, damit das Risiko von Folgeverletzungen verringert werden kann. Auffallend war auch die grosse Streuung der Tage, die ein Ausfall nach sich zieht; acht Athleten erlitten zusammen weniger als zehn Tage Ausfall, die restlichen fünf Probanden fielen zusammen gerechnet 138 Tage aus.

Der Training Load in den gesunden Events wies entgegen den Erwartungen einen durchschnittlich höheren Wert auf als in den Negativevents, wenn auch marginal. Das heisst, es kann keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Training Load und Verletzungen / Krankheiten festgestellt werden. Dies zeigt auch auf, dass der Training Load, zumindest in dieser Studie, keinen Einfluss auf das Auftreten von Verletzungen und Krankheiten hatte.

Die EBF-Bilanz wies hingegen in den Negativevents einen höheren Wert auf als in den gesunden Events. Wenn auch die Tendenz in Richtung eines positiven Zusammenhangs zwischen EBF-Bilanz und Verletzungen / Krankheiten deutete, so war das Ergebnis nicht statistisch signifikant.

Aufgrund der gemachten Erkenntnisse müssen alle Hypothesen verworfen werden:

Hypothese 1: Training Load hat einen Einfluss auf Trainingsausfälle.

Hypothese 2: Training Load hat einen Einfluss auf reduziertes Training.

Hypothese 3: EBF-Bilanz hat einen Einfluss auf Trainingsausfälle.

Hypothese 4: EBF-Bilanz hat einen Einfluss auf reduziertes Training.

Hypothese 5: Der Training Load vor Negativevents (Verletzungen / Krankheiten) ist höher als vor gesunden Events (verletzungsfrei).

Hypothese 6: Die EBF-Bilanz vor Negativevents (Verletzungen / Krankheiten) ist höher als die EBF-Bilanz vor gesunden Events (verletzungsfrei).

Die Hypothesen 5 & 6 besagen, dass höherer Training Load bzw. höhere EBF-Bilanz vor Negativevents im Mittel höher ist als das Mittel vor gesunden Events. Da der Training Load bei

gesunden Events sogar höher als bei Negativevents ist, ist ein Einfluss auf das Auftreten von Verletzungen und Krankheiten nicht anzunehmen.

Bei der EBF-Bilanz weisen die Events zwar höhere Werte auf; die Tendenz zeigt einen Einfluss an, eine statistische Untersuchung zeigt aber keine Signifikanz.

4.2 Kritische Betrachtung der Studie

4.2.1 Stärken. Eine Stärke der Studie war die homogene Verteilung der Probanden. Sowohl das Durchschnittsalter wie auch das Trainingsvolumen innerhalb der Probanden waren vergleichbar und machten die Ergebnisse aussagekräftiger. Des Weiteren war das gewissenhafte Ausfüllen der beiden Monitoring-Tools entscheidend für die Aussagekraft der Ergebnisse. Denn je detaillierter beschrieben wird, desto mehr Informationen können ausgewertet werden wie beispielsweise die Beschreibung der Verletzung /Krankheit, effektive Ausfallzeit, effektive Zeit von reduziertem Training, private Stressoren usw.

Die Verwendung von zwei Monitoring-Parameter ist sinnvoll, was auch Bourdon et al. (2017) bestätigen. Die Wahl der Parameter kann ebenfalls hervorgehoben werden, sowohl Session-RPE x Zeit wie auch der EBF-Fragebogen sind valide Parameter für das Monitoring (Kellmann & Bertollo, 2018).

4.2.2 Schwächen. Die geringe Anzahl Probanden war eine Schwäche der Studie. Mit einer ursprünglichen Anzahl von 20 Probanden mussten sieben aus der Studie gestrichen werden. Zwei davon benutzten ein anderes Trainingstagebuch, mit deren Werten nicht gearbeitet werden konnte, da sich die Daten nicht sinnvoll auslesen und transferieren liessen. Die anderen fünf hatten das Trainingstagebuch nicht gewissenhaft ausgefüllt, sodass keine relevanten Daten ausgelesen werden konnten. Mit einer besseren Instruktion liesse sich dieses Problem ohne Weiteres beheben. Der Umstieg auf ein anderes Trainingstagebuch müsste freiwillig sein, kann aber mit Unterstützung seitens der Trainer / Studienleiter leichter erfolgen. Auch die Dauer des Erfassungs-Zeitraums war eher knapp bemessen. In einer Saison wiesen die Probanden 38 Negativevents, also Ausfälle auf. Da Verletzungen und Krankheiten negative Ereignisse im (Sportler)-Leben eines Athleten sind, wünscht man diese niemandem. Nichtsdestotrotz gehören Verletzungen dazu und je mehr es davon gibt, desto mehr Daten stehen zur Verfügung und desto aussagekräftigere Ergebnisse können gemacht werden. Zum Vergleich die Zahlen einer ähnlichen Studie: Gabbett (2010) untersuchte während seiner Studie 91 Spieler über 4 Jahre und hatte dabei eine Gesamtzahl von 159 Negativevents.

Des Weiteren muss die Erfassung des EBF-Loads genauer beschrieben werden. Einzige Bedingung war ein regelmässiges Ausfüllen des Erholung-Belastung-Fragebogens; ein- bis zweimal wöchentlich. So gab es nicht von jedem Athleten den Erfassungswert immer am gleichen Tag in demselben Intervall. Von gewissen negativen Events existierten mehrere EBF-Werte und von anderen nur einzelne. Manchmal wurden in einem sinnvollen Abstand von einzelnen Tagen mehrere Werte pro Woche eingetragen und manchmal mehrere Werte an gleich darauffolgenden Tagen. Hier würde eine Standardisierung noch genauere Resultate liefern.

Fraglich war auch der Ausschluss der Schlafqualität aus dem Gesamtscore im EBF-Fragebogen (siehe Kapitel 2.3), obwohl Schlaf nach Kellmann und Kölling (2018) einen wichtigen Einfluss auf die Erholung hat.

4.3 Bedeutung für die Praxis

Wie in der Einleitung ersichtlich wird, spielen bei einer Sportverletzung verschiedene Faktoren eine Rolle. Es ist mehr eine Anhäufung von nicht nur physischen, sondern auch psychosozialen Faktoren. Aus Trainer- und Athletensicht sollte sicherlich dem individualisierten Monitoring eine hohe Bedeutung beigemessen werden. Wie in Abbildung 2 der Resultate ersichtlich ist, haben acht Athleten zusammengerechnet weniger als zehn Tage Ausfall, die restlichen fünf Probanden fielen zusammengerechnet 138 Tage aus. Die individuellen Unterschiede sind enorm. Dies zeigt deutlich auf, dass den fünf stark betroffenen Athleten eine höhere Beachtung geschenkt werden muss, damit die Ausfälle erheblich reduziert werden können.

Wenn das Problem allein auf physischer Ebene liegt, kann unter anderem die Trainingsbelastung entsprechend angepasst werden. Gemäss Ivarsson et al. (2016) können diverse psychosoziale Variablen wie die vier unten genannten das Risiko während dem Sport verletzt zu werden, erhöhen:

- "history of stressors" (also einschneidende Ereignisse im Leben, täglicher Stress sowie vergangene sportliche Verletzungen)
- Persönlichkeitsmerkmale
- Coping-Ressourcen (Strategien zur Bewältigung von Stress)
- "stress response" (kognitive und physiologische Antworten des Körpers auf Stress sowie eine veränderte Aufmerksamkeit wie Bedeutungsveränderung)

Diese Analyse zeigt den nicht zu unterschätzenden Anteil der nicht trainingsspezifischen Belastungsfaktoren gemäss Kenttä und Hassmén (2002). Bei psychisch bedingten Problemen können gemäss Ivarsson et al. (2016) psychosoziale Interventionen helfen, um Verletzungen zu

reduzieren. Gemäss dieser Studie spielt es keine Rolle, ob das nun kognitive Verhaltenstherapie, Achtsamkeitstraining oder psychologische Skilltrainings sind. Es wird angenommen, dass all diese Interventions-Formen zur Regulierung des Stress-Levels beitragen, was wiederum das Risiko für Verletzungen senkt. Aber nicht nur die alleinige Reduzierung der Trainingsbelastung ist entscheidend, sondern auch die Qualität und Art der Erholung. Das Consensus-Statement (Kellmann & Bertollo, 2018) unterstreicht das Potential der Erholung folgendermassen:

Furthermore, a range of specific recovery methods are available and could be systematically incorporated into the athlete's training program at various times to foster recovery on different levels. (Kellmann & Bertollo, 2018, S. 243)

Dabei können neben den bereits oben beschriebenen psychologischen Interventionen physiologische Massnahmen getroffen werden. Wissenschaftlich evaluierte Ansätze sind beispielsweise Kaltwasserimmersion (Kaltbad) und Schlaf. Kellmann und Bertollo (2018) unterscheiden weiter zwischen passiver, aktiver und proaktiver Regeneration. Passive Methoden können von der Anwendung äußerer Methoden (z.B. Massage) über die Einhaltung eines Ruhezustands, der durch Inaktivität gekennzeichnet ist, reichen. Aktive Erholung (z.B. leichtes Joggen) umfassen körperliche Aktivitäten, die Stoffwechselreaktionen der körperlichen Müdigkeit anzuregen versuchen. Proaktive Erholung (z.B. soziale Aktivitäten) sieht eine Auswahl von Aktivitäten vor, die allein durch individuelle Bedürfnisse und Vorlieben gekennzeichnet ist.

Obwohl diese Studie gegensätzliche Resultate lieferte, ist die Wahl der Parameter Training Load (Session-RPE x Dauer) und EBF-Fragebogen sehr gut und es kann grundsätzlich daran festgehalten werden. Der Review von Drew und Finch, 2016 zeigt eine häufige Verwendung von Session-RPE x Dauer. Beide Marker sind praxisnah, valide und liefern mit geringem Aufwand viele Informationen über eine grosse Anzahl Athleten. Das Trainingstagebuch gibt auch Hinweise auf eine nicht trainingsspezifische Belastung und die damit verbundene Stresssituation. Diese können dadurch frühzeitig antizipiert werden. Ebenso die Erholungsmassnahmen können im TTB beschrieben und überprüft werden. Wenn man den Zyklus Belastung - Monitoring - Erholung vor Augen führt, können oben genannte Massnahmen unabhängig von der Wahl des Monitoring-Instruments angewendet werden, die Balance zwischen Belastung und Erholung ist entscheidend und müssen in enger Absprache zwischen Trainer und Athleten erfolgen.

4.4 Ausblick

Eine ähnliche Studie, die ebenfalls die Parameter Training Load und EBF-Bilanz verwenden aber auf mehr Teilnehmer zurückgreifen und bei welcher der Zeitraum der Messungen länger ist, wäre aussagekräftiger und könnte unterschiedliche Resultate zu dieser Studie liefern. Bei den Resultaten zeigt die EBF-Bilanz tendenziell einen Einfluss auf negative Ereignisse. Wie unter Kapitel 4.2 - Schwächen ausführlicher beschrieben wird, könnte ein standardisiertes Ausfüllen des Fragebogens deutlichere Ergebnisse liefern. Des Weiteren haben Laux, Krumm, Diers und Flor (2015) in ihrer Studie beschrieben, dass die Skalen Übermüdung, Schlaf, gestörte Pause und Verletzungsanfälligkeit im EBF-Sport-Fragebogen sogar als Prädiktoren für auftretende Verletzungen identifiziert wurden.

Interessant, aber sehr ressourcenaufwendig wäre eine zeitgemässe prädiktive Studie aus der Kombination von physischer sowie psychischer Beanspruchung im Stil von Vogel et al. (2001) sowie dem Studiendesign von Gabbett (2010). Dabei sollten eine grössere Anzahl Probanden in Betracht gezogen werden. Der Zeitraum könnte auch auf zwei bis vier Jahre festgelegt werden. In den ersten zwei Jahren könnten vor allem Daten gesammelt werden und in den beiden letzten Jahren könnten die Wahrscheinlichkeiten aufgrund der zuerst gesammelten Daten berechnet werden. Wichtig ist die Beobachtung mehrerer Marker: Einerseits objektive Marker wie z.B. Distanz oder Zeit und andererseits subjektive Parameter wie z.B. die EBF-Bilanz oder Session-RPE. Auch sinnvolle Mischformen zwischen objektiven und subjektiven Markern, wie in dieser Arbeit genutzt wurde, sind zu empfehlen.

Mujika (2017) gibt zu bedenken, dass es kein genaues quantitatives Mittel gibt, um die Dauer und die Intensität des Trainings vorzuschreiben, die spezifische physiologische Anpassungen erzeugen. Einzelne Athleten werden sich unterschiedlich an identische Trainingsreize anpassen. In den letzten vier Jahrzehnten wurde versucht, Trainingsanpassungen zu beschreiben und Wettkampfleistungen mit Hilfe mathematischer Modelle vorherzusagen, die sich auf Trainingsquantifizierung und Leistungsergebnisse stützen. Dennoch wurde kein einziger physiologischer Marker identifiziert, der die Adaptionen auf das Training genau quantifizieren kann. Dies impliziert, dass sich Sportwissenschaftler wahrscheinlich auf die Messung von Markern konzentrieren müssen, die die globale Fähigkeit eines Athleten auf das Training zu reagieren oder sich daran anzupassen, widerspiegeln.

Visionär für die Sportwissenschaft wäre ein Gold-Standard, der alle gemessenen Parameter zu einem Wert zusammenfasst, an dem die Belastung / Beanspruchung abgelesen werden kann. Individuelle Unterschiede von einzelnen Athleten machen dieses Unterfangen aber sehr

schwierig. Vielleicht stellen sich gewisse Parameter als sehr zuverlässig heraus, mit deren Kombination das Monitoring aussagekräftiger wird. Kellmann und Bertollo (2018) betonen die Wichtigkeit des Individualisierungsprozesses. Dieser ist einer der zentralsten und anspruchsvollsten Aufgaben in der aktuellen Forschung rund um das Monitoring und dessen Transfer in das praktische Umfeld.

Bourdon et al. (2017) unterstreichen die Wichtigkeit der Entwicklung und Validierung von Geräten und Methoden zur Quantifizierung von Ausdauertraining und Wettkampfbelastungen. Zu den Hauptmerkmalen solcher Systeme sollten die Benutzerfreundlichkeit und ein intuitives Design, eine effiziente Ergebnisberichterstattung, die Möglichkeit der Fernsteuerung, die Übersetzbarkeit der Daten in einfache Ergebnisse sowie die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit für verschiedene Sportarten zählen. Eine Studie von Roos, Taube, Brandt, Heyer und Wyss (2013) unterstützt diese These, bei dem sich befragte Trainer ein praktisch anwendbares System zur Sammlung verschieden objektiv messbarer und subjektiv wahrgenommener Parametern, welche jeweils die essenziellsten Daten in einer individuellen Übersicht präsentiert, wünschen. Bourdon et al. (2017) sehen dieses Potenzial in den digitalen Technologien, den tragbaren Analysewerkzeugen und in den Apps. So haben Sportwissenschaftler, Athleten und Trainer in Zukunft Zugang zu mehr sensorischen Lösungen für die Vorhersage und Koordination von Leistungsdaten als je zuvor. Athleten haben bereits jetzt Zugang zu einer Reihe von internen und externen Belastungsmarkern. Mit der Verfeinerung der Technologie wird die Fähigkeit eines integrierten Geräts (oder einer Kleidung), alle Aspekte der mechanischen, physiologischen und psychologischen Belastung in Echtzeit zu erfassen, Realität werden. Dies könnte wahrscheinlich auch nicht-invasive Technologien zur Messung von Blut und epigenetischen Variablen (oder Reaktionen) der Belastung sowie zur Erfassung der Kalorienaufnahme/-abgabe und der Erholungsprozesse (Schlaf usw.) umfassen. Die verwendeten Analysemodelle werden jedoch komplexer werden müssen und wahrscheinlich Verfahren wie Mustererkennung, fortgeschrittene neuronale Netze und maschinelles Lernen umfassen.

Der Sportwissenschaft steht in diesem Feld eine verheissungsvolle Zukunft bevor, die aber mit grossen, insbesondere technologischen Herausforderungen verbunden ist.

5 Schlussfolgerung

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war es, Inzidenz von Krankheiten, Überbelastungen und Verletzungen im Schweizer Nationalkader Skilanglauf und den potenziellen Nutzen vom Training Load aus einem Trainingstagebuch und das subjektive Belastungsempfinden aus dem EBF-Fragebogen hinsichtlich des Auftretens von Krankheiten und Trainingsausfällen zu analysieren. Zur Überprüfung der konkreten Fragestellungen wurden Daten von 13 Langläuferinnen und Langläufer des Schweizer Nationalkaders über ein ganzes Jahr gesammelt.

Die wichtigsten Erkenntnisse dieser Studie waren, dass weder der Training Load noch die EBF-Bilanz einen Einfluss auf Verletzungen / Krankheiten hatten. Beide Vergleiche waren statistisch nicht signifikant. Während das subjektive Belastungsempfinden einen leicht positiven Einfluss auf Verletzungen / Krankheiten zeigte, war der Mittelwert des Training Load der gesunden Events sogar noch höher gegenüber den Negativevents. Somit hatten auch weder Training Load noch das subjektive Belastungsempfinden einen Einfluss auf Verletzungen / Krankheiten. Weiter gab es grosse individuelle Unterschiede zwischen der Probanden in Bezug auf die Häufigkeiten von Verletzungen und Krankheiten.

Der nächste Schritt wäre nun eine weitere Studie mit mehr Probanden, einer längeren Laufzeit und besserer Standardisierung zur Untersuchung der Resultate. Vor allem die Resultate des subjektiven Belastungsempfindens in Form der EBF-Bilanz könnten das Potential zur Vorhersage von Verletzungen und Krankheiten haben. Trainerinnen und Trainer müssen ein grösseres Augenmerk auf einzelne Athleten richten und Strategien entwickeln, um eine angemessene Balance zwischen Erholung und Beanspruchung auf individueller Ebene herzustellen.

Literatur

- Andersson, E., Supej, M., Sandbakk, Ø., Sperlich, B., Stöggl, T. & Holmberg, HC. (2010). Analysis of sprint cross-country skiing using a differential global navigation satellite system. *European Journal of Applied Physiology*, 110(3), 585-595. doi:10.1007/s00421-010-1535-2
- Banister, E. W. & Calvert, T. W. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 5(3), 170–176.
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, Inc
- Borresen, J. & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779-795. doi:10.2165/11317780-0000000000-00000
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C.,...Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 161-170. doi:10.1123/IJSP.2017-0208
- Brink, M. S., Visscher, C., Arends, S., Zwerver, J., Post, W. J. & Lemming, K. A. P. M. (2010). Monitoring stress and recovery: new insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 44(11), 809-815. doi: 10.1136/bjism.2009.06947
- Drew, M. K. & Finch, C. F. (2016). The Relationship Between Training Load and Injury, Illness and Soreness: A Systematic and Literature Review. *Sports Medicine*, 46(6), 861-883. doi:10.1007/s40279-015-0459-8
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S.,...Dodge, C. (2001). A New Approach to Monitoring Exercise Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109–115.
- Gabbett, T. (2010). The Development and Application of an Injury Prediction Model for Non-contact, Soft-Tissue Injuries in Elite Collision Sport Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2593-2603. doi:10.1519/JSC.0b013e3181f19da4
- Gustafsson, H., Kenttä, G., Hassmén, P., Lundqvist C. & Durand-Bush, N. (2007). The process of burnout: A multiple case study of three elite endurance athletes. *International journal of sport psychology*, 38(4), 388-416.

- Gustafsson, H., Kenttä, G. & Hassmén, P. (2011). Athlete burnout: An integrated model and future research directions. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 4,(1), 3–24. doi:10.1080/1750984X.2010.541927
- Halson, L. S. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147. doi:10.1007/s40279-014-0253-z
- Hamlin, J. M., Wilkes, D., Elliot A. C., Lizamore, A. C. & Kathiravel, Y. (2019). Monitoring Training Loads and Perceived Stress in Young Elite University Athletes. *Frontiers in Physiology*, 10(34), 1-12. doi:10.3389/fphys.2019.00034
- Holmberg, HC. (2015). The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(4), 100-109. doi:10.1111/sms.12601
- Horvath, S., Messerli, T. & Birrer, D. (2015). *Erholung und Belastung schnell erfassen um Überlastung/Verletzungen vorbeugen*. Gehalten auf der Magglinger Trainertagung, Magglingen.
- Ivarsson, A., Johnson, U., Andersen, B. M., Tranaeus, U., Stenling, A. & Lindwall, M. (2017). Psychosocial Factors and Sport Injuries: Meta-analyses for Prediction and Prevention. *Sports Medicine*, 47(2), 353-365. doi:10.1007/s40279-016-0578-x
- Kallus, K. W. (2016). Stress and recovery: An overview. In K. W. Kallus & M. Kellmann (Hrsg.), *The Recovery-Stress Questionnaires: User manual* (S. 27–48). Frankfurt: Pearson.
- Kellmann, M. & Kallus, W. (2001). *The recovery-stress questionnaire for athletes: user manual*. Champaign: Human Kinetics Publishers, Inc
- Kellmann, M., & Kallus, K. W. (2016). The Recovery-Stress Questionnaire for Athletes. In K. W. Kallus & M. Kellmann (Hrsg.), *The Recovery-Stress Questionnaires: User manual* (S. 89-134). Frankfurt: Pearson.
- Kellmann, M., Kölling, S. & Pelka, M. (2018). Erholung und Belastung im Leistungssport. In R. Fuchs & M. Gerber (Hrsg.), *Handbuch Stressregulation und Sport* (S. 435-446). Berlin: Springer-Verlag GmbH Deutschland.
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R.,...Beckmann, J. (2018). Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(2), 240-245. doi:10.1123/ijsp.2017-0759

- Kenttä, G., & Hassmén, P. (2002). Overtraining and recovery. A conceptual model. In M. Kellmann (Hrsg.), *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* (S. 57–79). Champaign: Human Kinetics
- Kuipers, H. & Keizer, H. A. (1988). Overtraining in elite athletes. Review and directions for the future. *Sports medicine*, 6(2), 79-92. doi:10.2165/00007256-198806020-00003
- Laux, P., Krumm, B., Diers, M. & Flor, H. (2015). Recovery–stress balance and injury risk in professional football players: a prospective study. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2140-2148. doi:10.1080/02640414.2015.1064538
- Losnegard, T. (2019). Energy system contribution during competitive cross-country skiing. *European Journal of Applied Physiology*, 119(8), 1675-1690. doi:10.1007/s00421-019-04158-x
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D.,...Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186-205. doi:10.1249/MSS.0b013e318279a10a
- Mujika, I. (2017). Quantification of Training and Competition Loads in Endurance Sports: Methods and Applications. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 189-217. doi:10.1123/ijsp.2016-0403
- Ristolainen, L., Heinonen, A., Turunen, H., Mannström, H., Waller, B., Kettunen, A. J. & Kujala, M. U. (2010). Type of sport is related to injury profile: a study on cross country skiers, swimmers, long-distance runners and soccer players. A retrospective 12-month study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(3), 384-393. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00955.x
- Rogalski, B., Dawson, B., Heasman, J. & Gabbett, T. J. (2013). Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 499-503. doi:10.1016/j.jsams.2012.12.004
- Roos, L., Taube, W., Brandt, M., Heyer, L. & Wyss, T. (2013). Monitoring of daily training load and training load responses in endurance sports: What do coaches want? *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 61(4), 30-36.
- Sandbakk, Ø. & Holmberg, HC. (2014). A Reappraisal of Success Factors for Olympic Cross-Country Skiing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(1), 117-121. doi:10.1123/IJSPP.2013-0373

- Sandbakk, Ø. & Holmberg, HC. (2017). Physiological Capacity and Training Routines of Elite Cross-Country Skiers: Approaching the Upper Limits of Human Endurance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(8), 1003-1011. doi:10.1123/ijsp.2016-0749
- Saw, A. E., Main, L. C. & Gastin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 281–291. doi:10.1136/bjsports-2015-094758
- Smith, J. D. (2003). A Framework for Understanding the Training Process Leading to Elite Performance. *Sports Medicine*, 33(15), 1103-1126.
- Stöggl, T. & Holmberg, HC. (2011). Force interaction and 3D pole movement in double poling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), 393-404. doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01324.x
- Svendsen, I. S., Gleeson, M., Haugen, T. A. & Tønnessen, E. (2015). Effect of an intense period of competition on race performance and self-reported illness in elite cross-country skiers. A retrospective 12-month study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(6), 846-853. doi:10.1111/sms.12452
- Turner, A. N. (2014). Total Score of Athleticism: a strategy for assessing an athlete's athleticism. *Professional Strength and Conditioning*, 13-17.
- Von Rosen, P., Floström, F., Frohm, A. & Heijne, A. (2017). Injury patterns in adolescent elite endurance athletes participating in running, orienteering, and cross-country skiing. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 12(5), 822-832.
- Worth, S. G. A., Reid, D. A., Howard, A. B. & Henry, S. M. (2019). Injury incidence in competitive cross-country skiers: a prospective cohort study. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 14(2), 237-252.

Dank

Einen herzlichen Dank gilt meinen Betreuern, Stephan Horvath und Elias Bucher für die Unterstützung und ihre Geduld. Ebenfalls bedanke ich mich bei den Athletinnen und Athleten des Schweizer Langlauf Nationalkaders sowie deren Trainer für die Bereitstellung der Daten. Ein abschliessender Dank gilt allen Gegenlesern, "Gü" für die Statistik-Hilfe und meinen geschätzten Studienkollegen für die inspirierenden Gespräche, den feinen Tee und die auserlesenen Köstlichkeiten.