

Zusammenfassung

Die Idee zu diesem Forschungsvorhaben basierte auf der zunehmenden Unfallhäufigkeit im Sommer in deutschen Alpen (vgl. Deutscher Alpenverein e.V. (DAV), 2020a). Rund 150 Millionen Gäste besuchen jährlich die deutschen Alpen (vgl. DAV 2020d) und die regionalen Einschränkungen durch die Corona-Pandemie haben diese Tendenz im vergangenen Jahr verstärkt. In diesem Kontext berichten der DAV (2020a) und das Österreichische Kuratorium für Alpine Sicherheit (2021) von einer Zunahme der Notrufe von unverletzten Personen, die sich verlaufen haben oder zu erschöpft sind, um die Tour zu beenden. Eine Übersicht konkreter Abbruchgründe ist nicht bekannt, jedoch liegt die Annahme nahe, dass die Zusatzlast in Form eines Rucksacks zu den Erschöpfungssituationen beigetragen hat. So wurde im Rahmen dieses Forschungsprojekts die „Belastung und Beanspruchung“ (in Anlehnung an das Modell von Schnabel et al. (2014) und Hohmann et al. (2014)) unter Berücksichtigung des Einflusses verschiedener Zusatzlasten auf ausgewählte kardiopulmonale Parameter während eines standardisierten Laufbandtests im Labor untersucht, mit dem Ziel, den Einfluss von Zusatzlasten bei Frauen und Männern zu quantifizieren. Dies ermöglicht die Spezifizierung der Belastungsintensität und der Regenerationszeit beim Tragen von Zusatzlasten, um eine vergleichbare Beanspruchung mit und ohne Zusatzlasten zu erfahren und das Risiko einer Überbeanspruchung und ermüdungsbedingter Stürze zu verringern. **Methodik:** Insgesamt 135 Probandinnen und Probanden ($23,6 \pm 2,7$ J; $174,2 \pm 8,7$ cm; $71,5 \pm 10,0$ kg) wurden in drei sukzessive durchgeführten experimentellen Studien mit jeweils zwei Laufbandtests im Labor untersucht. An zwei separaten Tagen absolvierten die Probandinnen und Probanden jeweils einen identischen Laufbandtest in einem Rampenprotokoll (4 km/h // 1 km/h // 1 min; 1 %) ohne und mit Zusatzlasten von 15 kg (Studie I), 40 kg (Studie II) oder relativen Zusatzlasten von 15 %, 30 % oder 50 % des individuellen Körpergewichts (Studie III). Für Studie III wurde ein experimentelles Design mit Randomisierung eingesetzt, um die Probandinnen und Probanden den einzelnen Versuchsgruppen zuzuordnen. Die Probandinnen und Probanden waren regelmäßig sportlich aktiv ($8,1 \pm 4,5$ h/Wo) und frei von akuten und chronischen Erkrankungen. Kardiopulmonale Parameter waren die Herzfrequenz, die Sauerstoffaufnahme, die Kohlendioxidabgabe und die respiratorische Gasaustauschrate. Als Zeitpunkte der Datenerfassung wurden die Ausgangswerte, die ventilatorischen Schwell-

len (VT1/VT2), die subjektive Erschöpfung und die Nachbelastungsphase verwendet. Zudem wurden die Laktatwerte aus dem hyperämisierten Kapillarblut des Ohrläppchens (vgl. Röcker, 2013; Roecker & Dickhuth, 2001) unmittelbar nach Belastungsende und in der Nachbelastungsphase erhoben und in der Auswertung berücksichtigt. **Ergebnisse:** Die Ergebnisse stellen die physischen und metabolischen Reaktionen bei ausgewählten Zusatzlasten dar. In Studie I mit 15 kg Zusatzlast bei Frauen wurde gezeigt, dass eine Reduzierung der Geschwindigkeit an der aeroben Schwelle (VT1) um -20 % ($p < .05$) und an der anaeroben Schwelle (VT2) um -21 % ($p < .05$) notwendig ist, um eine vergleichbare Beanspruchung zu erzeugen. Zusatzlasten von 15 kg können von den Frauen durch eine Verringerung der Belastungsintensität kompensiert werden, ohne dass eine Verlängerung der Regenerationszeit ($p > .05$) nach Belastungsende erforderlich ist. Zusatzlasten von 40 kg, wie sie in Studie II bei Männern untersucht wurden, erfordern eine Reduktion der Geschwindigkeit von -29 % ($p < .05$) an der aeroben Schwelle (VT1) und -32 % ($p < .05$) an der anaeroben Schwelle (VT2). Darüber hinaus ist eine Verlängerung der Regenerationszeit nach Belastungsende um 13 % erforderlich, da eine aktive Erholung von fünf Minuten nicht ausreicht. 40 kg Zusatzlast können von Männern daher nur durch eine Reduzierung der Belastungsintensität bei gleichzeitiger Verlängerung der Regenerationszeit kompensiert werden. Um eine vergleichbare Beanspruchung zu erreichen, wurden in Studie III relative Zusatzlasten von 15 %, 30 % und 50 % des individuellen Körpergewichts verwendet. Es bestätigte sich, dass 50 % Zusatzlast bereits nach einer Minute Stehen zu einem Anstieg der Herzfrequenz ($p < .05$) und damit zu einer Erhöhung der Beanspruchung führt, woraus sich die Empfehlung ableiten lässt, hohe Zusatzlasten in Pausen oder Stehphasen abzusetzen. Zudem ist eine Reduzierung der Geschwindigkeit an der aeroben (VT1) und anaeroben (VT2) Schwelle von bis zu -36 % bei Männern ($p < .05$) und bis zu -32 % bei Frauen ($p < .05$) proportional zur Höhe der Zusatzlast notwendig, um eine vergleichbare Beanspruchung ohne und mit Zusatzlast zu erzielen. Zudem kann bestätigt werden, dass Belastungen mit 15 % und 30 % Zusatzlast durch eine Reduktion der Belastungsintensität reguliert werden können und keine längere Regenerationszeit erfordern ($p > .05$). Nur für 50 % Zusatzlast ist eine 12 % längere Regenerationszeit nach Belastungsende erforderlich ($p < .05$). Darüber hinaus kann bestätigt werden, dass ein Einfluss der individuellen Konstitution auf die Leistungsfähigkeit mit Zusatzlasten besteht. Mit zunehmender Körpergröße wechseln die Probandinnen und Probanden geschlechterübergreifend bei höherer Geschwindigkeit vom Gehen ins Laufen ($p < .05$) und

erreichen die anaerobe Schwelle (VT2) und ihre subjektive Erschöpfung bei höheren Geschwindigkeiten ($p < .05$). Im Gegensatz dazu wurden negative Korrelationen zwischen der Körpergröße und der weitgehend aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit ermittelt ($p < .05$), was bedeutet, dass eine höhere aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit erforderlich ist, um eine geringere Körpergröße zu kompensieren. Ein weiterer Aspekt ist, dass eine Erhöhung der Grundlagenausdauer zu einer höheren Geschwindigkeit an der aeroben Schwelle (VT1) mit 15 % Zusatzlast führt ($p < .05$). Für Zusatzlasten von 30 % und mehr reicht alleine die Grundlagenausdauer nicht aus ($p > .05$), sondern es ist zudem eine hohe maximale Sauerstoffaufnahme ($p < .05$) erforderlich (ACSM; vgl. Riebe et al. 2018), um hohe Zusatzlasten zu kompensieren. Für die sportliche Anwendung bedeutet dies, dass beim Tragen von 30 % Zusatzlast über eine Distanz von 10 km bis zu 32 % längere Laufzeiten eingeplant werden müssen ($p < .05$). **Fazit:** Zusammenfassend konnten die Studien bestätigen, dass neben der Adaptation der Belastungsintensität ein Fokus auf die bewusste Regeneration und das Absetzen der Zusatzlasten in Stehphasen und Pausen gelegt werden sollte, um einer zusätzlichen Ermüdung entgegenzuwirken. Das Tragen von Zusatzlasten ist mit einer Leistungsminderung und einer Erhöhung der Regenerationszeit verbunden, die sich proportional zur Höhe der getragenen Zusatzlast verhalten. Zudem konnte belegt werden, dass für sportlich aktive Menschen bis zu 30 % Zusatzlast tolerierbar sind, wenn die aerobe Schwelle als Maß für die Belastungsintensität herangezogen wird. Zur Vorbereitung auf das Tragen von Zusatzlasten empfiehlt sich ein strukturiertes Training der Grundlagenausdauer sowie eine Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme (ACSM vgl. Riebe et al. 2018) bei mehr als 30 % Zusatzlast, das individuell nach den Belastungsvorgaben und der individuellen Leistungsfähigkeit gestaltet wird. Um die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit auf sportliche Aktivitäten wie Wandern und Bergtouren zu übertragen, sollten weitere Studien mit zusätzlichen Belastungen unter Feldbedingungen konzipiert werden, um die Belastung und Beanspruchung im Feld weiter zu spezifizieren und die gegebenen Empfehlungen für Belastungsintensität und Regeneration unter Feldbedingungen zu verifizieren.