

Diplomarbeit

**Sequenzielle Abstriche der Füße und Schuhe bei
Bergsteigern unter besonderer Berücksichtigung
von Hautläsionen**

eingereicht von

Julia Johanna Maria Evangelist

Mat.Nr.: 0210503

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz (MUG)

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Innere Medizin
und am**

Human Performance Research ^{Graz}

unter der Anleitung

Univ. Prof. Dr. Wolfgang Domej

Ass. Dr. Thomas Valentin

Diplomarbeit

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am.....

Unterschrift:

Danksagung

Ich bedanke mich bei Univ. Prof. Dr. Wolfgang Domej für die ausgezeichnete, kontinuierliche Betreuung, bei Ass. Dr. Thomas Valentin für fachliche Ratschläge und die Betreuung im Labor, meiner Mutter und meinem Vater, die mir das Studium ermöglicht haben, dem gesamten Team des Schiestlhauses, insbesondere Christian, Wolfgang und Gernot, sowie, Peter Tember von der Erzherzog Johann – Hütte, Dr. Peter Putz und meinen Freunden, Mag. Tanja Veitschegger, David Halmdienst und Mag. Verena Kaiser für die Unterstützung.

Inhaltsverzeichnis

<u>Danksagung.....</u>	<u>II</u>
<u>Inhaltsverzeichnis.....</u>	<u>1</u>
<u>Abkürzungsverzeichnis.....</u>	<u>2</u>
<u>Abbildungsverzeichnis.....</u>	<u>3</u>
<u>Tabellenverzeichnis.....</u>	<u>4</u>
<u>1 Abstract.....</u>	<u>5</u>
<u>2 Zusammenfassung.....</u>	<u>6</u>
<u>3 Einleitung.....</u>	<u>7</u>
<u>3.1 Hautprobleme im Sport.....</u>	<u>7</u>
<u>3.2 Diabetiker und Fußprobleme im Sport.....</u>	<u>12</u>
<u>4 Methoden.....</u>	<u>13</u>
<u>4.1 Allgemeines zu den Probanden.....</u>	<u>15</u>
<u>4.2 Zum Schuhwerk.....</u>	<u>17</u>
<u>4.3 Feuchtigkeit der Schuhe.....</u>	<u>17</u>
<u>4.4 Abnutzung und Tragehäufigkeit der Bergschuhe.....</u>	<u>18</u>
<u>5 Ergebnisse.....</u>	<u>22</u>
<u>5.1 Kultivierung auf Agarplatten.....</u>	<u>22</u>
<u>5.2 Keimwachstum bezogen auf Probandenkollektiv.....</u>	<u>25</u>
<u>5.3 Weitere seehöhenabhängige Unterschiede der bakteriellen Besiedelung.....</u>	<u>28</u>
<u>5.4 Studienteilnehmer mit Diabetes und Varikose.....</u>	<u>28</u>
<u>5.5 Unterschiede nach Lokalisation der Abstriche.....</u>	<u>29</u>
<u>5.6 Gleiches Wachstum in Schuhen und im Zehenzwischenraum.....</u>	<u>30</u>
<u>5.7 Keime in Volllederbergshuhen.....</u>	<u>30</u>
<u>5.8 Entwicklung von Infektionen.....</u>	<u>31</u>
<u>6 Diskussion.....</u>	<u>34</u>
<u>Referenzen.....</u>	<u>43</u>
<u>Anhang.....</u>	<u>47</u>

Abkürzungsverzeichnis

KB	Kochblut
LF	Luftfeuchtigkeit
MCK	MacKonkey Agar
MRSA	Methicillin resistenter Staphylococcus aureus
NH	Hautflora
PAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PS	Pseudomonas aeruginosa
S	Schuh
SA	Staphylococcus aureus
sp.	species
SSTI	skin and soft tissue infection
W	Hautläsion
Z	Zehenzwischenraum

Abbildungsverzeichnis

<u>Abbildung 1:Schiestlhaus/ Hochschwab.....</u>	<u>13</u>
<u>Abbildung 2:Erzherzog Johann Hütte auf der Adlersruhe.....</u>	<u>13</u>
<u>Abbildung 3:Synthetiklaufschuh (aus Gruppe I).....</u>	<u>17</u>
<u>Abbildung 4:Gore-Tex≅ Bergschuh.....</u>	<u>17</u>
<u>Abbildung 5:Starke Abnutzungserscheinungen.....</u>	<u>20</u>
<u>Abbildung 6:Anzahl kulturell nachgewiesener Keimgruppen im Gruppenvergleich</u>	<u>24</u>
<u>Abbildung 7:Keimnachweise nach Probandenzahl.....</u>	<u>26</u>
<u>Abbildung 8:Keimnachweise nach Probandenzahl im Gruppenvergleich.....</u>	<u>27</u>
<u>Abbildung 9:Keimgruppenzuordnung nach Probandenzahl</u>	<u>27</u>
<u>Abbildung 10:Strapazierter Volllederbergschuh, mittlerer Abnutzungsgrad.....</u>	<u>30</u>
<u>Abbildung 11:Erodierte Fersenblase</u>	<u>31</u>
<u>Abbildung 12:Druckstelle und Hautrötung am medialen Fußrand.....</u>	<u>32</u>
<u>Abbildung 13:Blasenbildung über dem Großzehengrundgelenk.....</u>	<u>32</u>

Tabellenverzeichnis

<u>Tabelle 1:Probandenkollektive.....</u>	<u>16</u>
<u>Tabelle 2:Allgemeine Inspektionsbefunde der Füße nach Gruppenzugehörigkeit</u>	<u>16</u>
<u>Tabelle 3:Orthopädische Fußbefunde.....</u>	<u>16</u>
<u>Tabelle 4:Schuhfeuchtigkeit.....</u>	<u>18</u>
<u>Tabelle 5:Verwendungshäufigkeit der Bergschuhe.....</u>	<u>19</u>
<u>Tabelle 6:Verwendungshäufigkeit nach Schuhmaterialien.....</u>	<u>20</u>
<u>Tabelle 7:Ergebnisse Gruppe I, Keimwachstum auf Nährmedien.....</u>	<u>23</u>
<u>Tabelle 8:Ergebnisse Gruppe II: Keimwachstum auf Nährmedien.....</u>	<u>24</u>
<u>Tabelle 9:Kein Keimwachstum.....</u>	<u>24</u>
<u>Tabelle 10:Keimnachweise nach Probandenzahl und Gruppenzugehörigkeit</u>	<u>26</u>
<u>Tabelle 11:Keimvorkommen an unterschiedlichen Abstrichlokalisationen.....</u>	<u>29</u>
<u>Tabelle 12:Keimnachweise aus Volllederbergschuhen.....</u>	<u>31</u>
<u>Tabelle 13:Charakteristik der beiden Touren.....</u>	<u>33</u>

1 Abstract

Background: Soft tissue infections are common and may cause severe infections, which in turn may prevent athletes from taking part in competitions. Trekkers, wilderness hikers and soldiers may be hindered in their activities when inflammation or pressure causes severe pain.

We investigated the bacterial growth on human feet, especially on blisters, during prolonged walking in hiking boots, and differences depending on altitude. Risk factors for developing infections were investigated.

Methods: In a prospective study of sequential volunteers, swabs were taken from the first interdigital space, inside the shoes and from blisters and pressure points. Humidity within the boots was measured with a hygrometer.

Results: Of 80 individuals tested, 16 developed blisters or a painful area. Up to 2.153 m, *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* were found twice. At 3.451 m, *Staphylococcus aureus* occurred nine times, group A streptococci four times, *Pseudomonas aeruginosa* 8 times and *Candida glabrata* once. In the group at 2.153 m, neither Streptococci nor fungi were found. Most bacteria were derived from the boots. Although the humidity in the footwear was lower in the group at 3.451 m, there were more pathogens than in the group at 2.153 m. None of the participants who developed blisters or skin defects subsequently developed a skin infection.

Conclusion: The variety of bacterial species depends on the altitude. No other factors were found to explain the large number of pathogens at 3.451 m. Regardless of their material composition, hiking boots are the preferred area for bacterial growth, though moisture inside the boots does not increase growth. Overall, there is no great risk of infection.

Keywords

foot blister, boots, bacterial skin infections, foot problems in marathon, sports dermatology, bacterial growth and altitude

2 Zusammenfassung

Weichteilinfektionen sind häufig und können zu schweren Entzündungen führen. Sportler können so an einer Wettkampfteilnahme gehindert werden. Trekker, Wanderer und Soldaten können ihren Aktivitäten nicht nachkommen, wenn Entzündungen und Druckstellen zu starke Schmerzen verursachen.

Wir untersuchten das Bakterienwachstum der Haut menschlicher Füße unter besonderer Berücksichtigung von Druckstellen und Blasen. Dazu wurden Bergsteiger in einer Höhe von 2.153 m, sowie 3.451 m untersucht.

Prospektiv wurden bakteriologische Abstriche des ersten Zwischenzehenraums, ggf. von Druckstellen und Blasen sowie vom Fußbett der Schuhe bei insgesamt 80 freiwilligen Probanden abgenommen. Darüber hinaus wurde der Feuchtigkeitsgehalt in den Schuhen mit einem Hygrometer gemessen.

Von 80 getesteten Teilnehmern hatten 16 Probleme mit schmerzenden Druckstellen sowie Blasen. Dabei konnten auf 2.153 m Höhe *Staphylococcus aureus* einmal, *Pseudomonas aeruginosa* zweimal, auf 3.451 m *Staphylococcus aureus* 9 Mal, *Pseudomonas aeruginosa* 8 Mal, und *Streptokokken der Gruppe A* 4 Mal nachgewiesen werden, in einem Fall wurde eine *Candidaspezies (Candida glabrata)* detektiert. In der Gruppe I auf 2.153 m Höhe wurden weder *A-Streptokokken* noch Pilze gefunden.

Die meisten Keime wurden aus Schuhen isoliert. Obwohl die Feuchtigkeit der Schuhe in der Gruppe II (3.451 m) durchschnittlich geringer war als die der Gruppe I (2.153 m), kamen qualitativ und quantitativ in Gruppe II mehr Pathogene vor. Keiner der Probanden mit Druckstellen oder Blasen entwickelte nachträglich eine lokale Infektion.

Es konnten keine kausalen Faktoren gefunden werden, welche die größere Anzahl an Pathogenen innerhalb der Gruppe II erklären könnten. Unabhängig vom Material wuchsen Bakterien bevorzugt im Schuhinnenraum. Das bakterielle Wachstum wurde durch den Feuchtigkeitsgehalt der Schuhe allerdings nicht gesteigert, das resultierende Infektionsrisiko blieb gering,

3 Einleitung

3.1 Hautprobleme im Sport

Bei Sportlern, insbesondere bei Bergsteigern, sind Füße bzw. Haut in der Regel mehr oder weniger großen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Dazu tragen auch erhöhte Schweißneigung, ein hoher Feuchtigkeitsgehalt der Schuhe, ggf. orthopädische Fehlstellungen der Füße oder rigides, unpassendes Schuhwerk bei.

In diesem Zusammenhang haben Marathonläufer, Soldaten und Sportler ein stark erhöhtes Risiko für das Auftreten von *Tinea pedis* verglichen mit der Normalbevölkerung. So wiesen europäische Marathonläufer in 45% aller Fälle makroskopisch sichtbare Hautdefekte auf, wobei in 31% *Dermatophyten* isoliert werden konnten (1). In einer weiteren Untersuchung wurden auch vermehrt *Dermatomykosen* im Anschluss an einen Marathon festgestellt. Die Ursache dafür dürfte im dichten Abschluss der Füße im Schuh selbst über einen längeren Zeitraum liegen, wodurch es schweißbedingt zu einer oberflächlichen Aufweichung der Haut kommt. Zu einer bakteriellen Besiedelung können auch kleinere Verletzungen ggf. auch eine gemeinsame Benützung von hygienisch nicht einwandfreien Waschanlagen beitragen.

Maßnahmen wie gute Belüftung und Trocknung des Schuhwerkes sowie häufiges Wechseln der Socken können *Dermatomykosen* der Füße vorbeugen (2). In diesem Kontext wird vermutet, dass Bakterien innerhalb feuchter Zwischenzehenräumen durch die Produktion eines antifungalen Agens eine pilzhemmende Wirksamkeit haben könnten.

Dermatophyten können Haut und Hautanhangsgebilde befallen. Dabei stellen Traumen bzw. Mikrotraumen der Füße, respektive aufgeweichte Haut, Eintrittspforten für *Dermatophyteninfektionen* dar. In Industrieländern ist *Tinea rubrum* für 80% der *Dermatophyteninfektionen* verantwortlich. Erhöhtes Personenalter sowie gemeinschaftliche Sanitäranlagen wurden dabei als begünstigende Faktoren gefunden (1). Die Situation erscheint allerdings nicht ganz klar, da es dazu auch Untersuchungen gibt, die kein erhöhtes Risiko für *Dermatophyteninfektionen* bei Sportlern objektivieren konnten. Abgesehen davon, wurden geschlechtsspezifische Unterschiede gefunden, wobei Männer häufiger von *Dermatophyten* betroffen sind als Frauen; letztere leiden auch seltener an Nagelpilzkrankungen (*Onychomycosis*) (3).

Fußpilz kann in den verschiedensten Ausprägungsformen in Erscheinung treten: Schuppungen mit oder ohne Rötung meist am lateralen Fußrand, entzündete Vesikel oder erythematöse Plaques. Frühe Stadien können wie eine Kontaktdermatitis, aber auch wie eine bakterielle oder virale Infektionen imponieren (4).

Blasenbildungen zählen zu den häufigsten beeinträchtigenden Läsionen im Sport. So gehören Fußprobleme beispielsweise unter den Extrembedingungen eines Ultramarathons, mit Ausdehnung über mehrere Tage, zu den häufigsten Gründen für die Inanspruchnahme medizinischer Versorgung. Bei Inspektionen der Füße machen Blasenbildungen 50% aller Läsionen, die medizinisch behandelt werden müssen, aus (5). Haut-, Weichteil- oder Knochenverletzungen traten bei Besuchern, die sich in kalifornischen Nationalparks aufhielten, in über 70%, meist an den unteren Extremitäten, auf, wobei die häufigste sportliche Aktivität reines Wandern darstellte; dabei kam es folglich auch zu den meisten Verletzungen (6).

Das häufigste Problem bei Marathonläufern sind ebenfalls Blasen. Sie treten vor allem an den Zehenspitzen, Fersen und Fußballen auf. Durch Scherkräfte wird die epidermale Hautschicht von der darunter liegenden abgehoben. Dabei kann Gewebsflüssigkeit oder Blut in den entstandenen Zwischenraum eindringen. Begünstigende Faktoren dafür sind darüber hinaus Hitze, Feuchtigkeit, unpassende Schuhe und extreme oder ungewohnte Belastungen, wie sie beispielsweise im Sport in frühen Trainingsphasen entstehen können (2).

Die Verwendung des richtigen Sockenmaterials trägt wesentlich zur Blasenfreiheit bei. In einer Studie mit 357 amerikanischen Marinerekruten wurden drei unterschiedliche Schuh-Socken-Kombinationen getestet. Eine Gruppe trug die üblichen Militärsocken bestehend aus einer Wolle- Baumwolle- Nylon- Spandex- Kombination, eine zweite die selben aber darunter dünne Polyestersocken, die dritte Gruppe war mit einem speziellen sehr dicken Wolle- Polypropylen- Socken ausgestattet und musste darunter ebenfalls dünne Polyestersocken tragen. Durch die Sockenkombination in der letzten Gruppe konnte vergleichsweise die Häufigkeit von Blasen speziell in den ersten drei Trainingswochen deutlich gesenkt werden, während die Unterschiede später immer undeutlicher wurden. Rekruten mit Standardmilitärsocken zeigten eine größere Häufigkeit an medizinisch zu behandelnden Blasenbildungen. Unter den beiden anderen Gruppen zeigte sich kein wesentlicher Unterschiede in Bezug auf die Häufigkeit behandlungsnotwendiger Blasenbildungen. Das Tragen dünner Untersocken dürfte einen protektiven Hauteffekt im Fußbereich haben (7).

Weiters ergibt sich die Frage, ob die Verwendung desinfizierender und schweißhemmender Cremes, Öle, Balsame, Sprays die Entstehung von Blasen verhindern bzw. das Bakterienwachstum verringern kann. In einer Kasuistik wurde auf einen bakteriostatischen Effekt im Fußbereich durch ein spezielles antimikrobielles Öl (bestehend aus Pfeilwurz, Backpulver, Basilikumöl, Salbeiöl, Teebaumöl und Nelkenöl) hingewiesen (8). Bei Kadetten einer amerikanischen Militärakademie wurden die Auswirkungen eines schweißhemmenden Mittels, nämlich *Aluminiumchloridhexahydrat*, plazebokontrolliert getestet. Dazu mussten die Probanden eine 21 km lange Testwanderung absolvieren. Dabei verwendeten alle gut eingegangenes Schuhwerk, das bereits erprobt war. Als zusätzliche Belastung wurden 30 kg standardisiert. Letztlich fanden sich in der Plazebogruppe nach dem Testmarsch deutlich häufiger Blasenbildungen als in der Verumgruppe, bei der in 57% Hautirritationen auf Grund des schweißhemmenden Mittels registriert wurden (9).

Bei Alpinsportlern kann es durch die lang andauernde hohe mechanische Beanspruchung der Füße leicht zu Druckstellen und infolgedessen Blasenbildung kommen. Auf dieser Basis können auch entzündliche Hautveränderungen entstehen.

Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen Erregerspektrum und höhenatmosphärischen Bedingungen. Es ist bereits bekannt, dass durch höhenklimatische Bedingungen andere Keime vorherrschend sein können als in Tallagen resp. Meeresspiegelniveau. Auch die Keimzahl kann sich mit zunehmender Höhe ändern (10).

Bei Läufern kommt es oft zu Schwielenbildungen (Clavus). Diese entstehen als Schutz an mechanisch hoch beanspruchten Stellen, die wiederholt zu erhöhtem Druck, Stößen bzw. Friktion ausgesetzt sind (2).

Ist der für die Zehen bestimmte Raum innerhalb des Schuhs zu klein, kann es beim Bergablaufen und Gehen zum so genannten Jogger's Toe kommen. Eine oder mehrere Zehen, meist die Großzehe und die zweite Zehe, oder die dritte bis fünfte Zehe können am lateralen Rand betroffen sein. Durch wiederholte Stöße entsteht unterhalb des Nagels ein Hämatom, das ähnlich einer *Onychomykose* oder einem Melanom imponieren kann. Der Nagel erscheint schwarz. Bei diesem harmlosen Krankheitsbild ist keine weitere Behandlung notwendig. Der Nagel fällt irgendwann von selbst ab (2).

Bei Haut- und Weichteilinfektionen sind oftmals Gram-positive Bakterien vorherrschend, vor allem *Staphylococcus aureus* und *Beta-hämolyisierende Streptokokken der Gruppe A* aber auch *Enterobacteriaceae* kommen vor. Risikofaktoren für das Auftreten von Hautinfektionen durch verschiedene Spezies sind personengebundene Risikofaktoren

sowie Verletzungsvorgänge. So sind Diabetiker beispielsweise besonders anfällig für Hautinfektionen mit *Staphylococcus aureus*, *Gruppe-A-Streptokokken*, *Anaerobiern* und Gram-negativen Keimen.

Im Allgemeinen entstehen mikrobiologische Unterschiede in Abhängigkeit von klimatischen und genetischen Faktoren, Alter, Geschlecht, Stress, Hospitalisation, Ernährung und Hygiene. Es gibt jedoch auch individuelle prädisponierende Faktoren, die zu schweren Weichteilinfektionen durch Gram-negative Erreger prädisponieren. Dazu gehören männliches Geschlecht, Leberzirrhose, Alkoholismus und Malignome (11).

Pilze begünstigen weiters das Auftreten von Haut - Weichteilinfektionen der unteren Extremitäten. Dermatophyten können die Hautbarriere durchbrechen, wodurch eine Eintrittspforte für Keime gebahnt werden kann. So konnten bei 23% der Individuen mit Haut - Weichteilinfektionen *Dermatomykosen* als einziger Risikofaktor identifiziert werden (12).

Auch kleine, unauffällige Verletzungen der Haut können schwerwiegende Folgen verursachen. Blasen entstehen durch horizontale Scherkräfte, die die Epidermis von der darunter liegenden Dermis ablöst (2).

Haut- und Weichteilinfektionen (skin and soft tissue infections, SSTI's) können ein breites Spektrum an Erscheinungsformen aufweisen und von milden Follikulitiden bis hin zu lebensbedrohlichen nekrotisierenden Faszitiden reichen. Männer im Alter zwischen 45 und 64 Jahren sind am häufigsten betroffen. Zu den patientengebundenen Risikofaktoren gehören weiters kritische Erkrankungen, vor allem der Leber und Nieren, Immunsuppression, sowie vaskuläre Insuffizienz. Die Besiedelung mit *Staphylococcus aureus* und *Streptococcus pyogenes* begünstigt das Auftreten dieser Infektionen (11).

Auch Bagatellverletzungen können zu Infektionen wie SSTI's oder Erysipel führen. Als dazugehörige Symptome können Rötung, Schwellung, Überwärmung und Schmerzen angesehen werden. Darüberhinaus kann es zu Fieber und einer Erhöhung der Leukozytenzahl kommen. Haut- und Weichteilinfektionen können an jeder Stelle des Körpers auftreten (13). Beine und Füße gehören jedoch zu den Prädilektionsstellen. Die unteren Extremitäten sind in 70% der Fälle betroffen. Meist wird die Entzündung durch *Streptococcus pyogenes* und *Staphylococcus aureus* ausgelöst, gefolgt von nicht zur *Gruppe A* gehörenden β -hämolisierenden *Streptokokken* und Gram-negativen Erregern. Ist die Hautbarriere durchbrochen können Krankheitserreger leicht in tiefere Schichten eindringen.

Dermatomykosen und Intertrigo der Zehenzwischenräume sowie Nagelwuchsstörungen begünstigen daher das Auftreten fortgeleiteter Infektionen. Alle die lokale Abwehr herabsetzenden Faktoren, wie Diabetes mellitus, PAVK oder Varikose gelten als weitere Risikofaktoren (14).

Beim Erysipel kommt es ebenfalls zu Rötung und Schwellung, gegebenenfalls in Kombination mit Fieber. Als bevorzugte Lokalisationen gelten ebenfalls die unteren Extremitäten gefolgt vom Gesicht. Der befallene Bereich ist in der Regel scharf gegen die Umgebung abgegrenzt. Kinder und alte Menschen sind neben Immungeschwächten, Diabetikern und Alkoholikern bevorzugt betroffen, wobei *β-hämolyisierende Streptokokken der Gruppe A* die häufigsten auslösenden Erreger darstellen (13).

Bei Sportlern kommen auch Formen von Hautinfektionen vor, die von Mensch zu Mensch übertragen werden können. Dazu gehören Infektionen durch Pilze, häufig *Tinea corporis gladiatorum*, Viren wie beispielsweise *Herpes simplex*, und Bakterien, wie *Streptokokken* und *Staphylokokken*. *Streptokokken* können *Impetigo contagiosa* verursachen, *Staphylokokken* können für Furunkel verantwortlich sein. Selten können sie auch schwerwiegende Folgen nach sich ziehen, wie z.B. eine *Poststreptokokkenglomerulonephritis* (4) oder rheumatische Erkrankung. Alle Athleten, die Kontaktsportarten wie Judo oder Wrestling ausüben, sowie Schwimmer und Sportler, die gemeinsame Waschräume benützen, sind in diesem Zusammenhang besonders gefährdet (15).

Warzen treten häufig an der Fußsohle auf und stellen Infektionen durch das *humane Papillomavirus* dar. *Veruccae* können bei mangelhafter Hygiene ähnlich einer Fußpilzinfektion in gemeinschaftlichen Waschanlagen und Bädern übertragen werden (4).

Eine weitere bakterielle Infektion ist *Keratolysis sulcata*, die vor allem durch Okklusion und Feuchtigkeit entstehen kann. Die Einwirkung von Druck- und Scherkräften auf die Haut spielen dabei eine entscheidende Rolle. Die Erkrankung kommt in gemäßigten Breiten seltener vor als in tropischen und subtropischen Regionen und präsentiert sich in Form multipler punktförmiger Substanzverluste innerhalb der Hornhaut, die sich auch großflächig ausbreiten können. Als Verursacher werden bestimmte *Corynebakterien* oder *Mikrokokken* verantwortlich gemacht. Betroffene zeigen starken Fußgeruch, erhöhte Schweißneigung und eigentümliches Kleben der Socken an den Füßen (16). Präventiv wird das Tragen synthetischer Socken und die Meidung von Okklusion und Nässe im Schuhwerk empfohlen (4).

Durch mechanische Reize können *Akne mechanica* und *Follikulitis* ausgelöst werden. Diese Hautirritationen entstehen beispielsweise unter Stirn – und Schweißbändern. Nach dem Ablösen von Tapes oder Bandagen können ebenfalls Hautirritationen vorkommen. Eine ekzematöse Dermatitis kann ggf. durch Handschuhe gefördert werden. In diesem Zusammenhang können Kunststoffe, Pflaster, Metalle aber auch Salben, Kosmetika und pflanzliche Essenzen eine Kontaktdermatitis auslösen. Eine Laufschuhdermatitis kann durch sämtliche Materialien des Schuhs verursacht werden, unter anderem durch Gummi, Kleber oder Farben (15).

3.2 Diabetiker und Fußprobleme im Sport

Der diabetische Fuß steht häufig im Zusammenhang mit bakteriellen Infektionen. So fand man beispielsweise in einer Studie, in der 103 Diabetiker mit *Ulcus cruris* untersucht wurden, 143 aerobe Keime, von denen 76% Gram-negativ und 24% Gram-positiv waren. Die dominierenden Keime waren *Pseudomonas aeruginosa* gefolgt von *Staphylococcus aureus*. Gram-negative Bakterien sind im Zusammenhang mit dem diabetischen Fuß als vorherrschende Pathogene anzusehen. In 9% aller Fälle wurden Pilze isoliert, wobei *Candida species* am häufigsten vorkamen. Durchschnittlich wurden pro Wunde 1,5 Organismen gefunden (17).

Der diabetische Fuß sollte durch gut passende Schuhe unterstützt und stabilisiert werden, um die entstehenden Stoß- und Scherkräfte dadurch zu verringern. Unter guter Passform versteht man eine korrekte Schuhlänge und angepasste Schuhform (18).

Bei einer Untersuchung von 100 Diabetikern zwischen 24 und 89 Jahren wurde bestätigt, dass vielfach zu enges Schuhwerk getragen wird, dies aber auf Grund der sensorischen Neuropathie häufig nicht bemerkt wird. Dadurch kann es in der Folge zur Blasen- und Schwielenbildung und auch zu Ulzerationen kommen. Schuhlänge und Passform wurden im Sitzen und Stehen untersucht, wobei sich stehend die Fußlänge um eine halbe Schuhnummer vergrößert und auch die Breite des Fußes zunimmt. Nur 17% der Untersuchten trugen Schuhe, die in beiden Positionen entsprachen. Allerdings inspizierten nur 29% der untersuchten Diabetiker ihre Füße täglich, 49% weniger als 1 Mal pro Woche und 22% gaben an, ihre Füße nie zu kontrollieren (18).

4 Methoden

Für die Untersuchung der Bergsteiger wurden zwei Berghütten auf unterschiedlicher Höhe über dem Meeresspiegel ausgewählt. Dabei sollte jeweils ein Stützpunkt in großer und einer in mittlerer Höhe gelegen sein.

Der erste Teil der Untersuchung fand am *Schiestlhaus am Hochschwab* (2.153 m) statt.



Abbildung 1: *Schiestlhaus/ Hochschwab*

Eine zweite Gruppe wurde auf der *Erzherzog-Johann-Hütte* auf der Adlersruhe (3.451 m), der höchst gelegenen österreichischen Berghütte nahe dem Gipfel des *Großglockners*, untersucht.



Abbildung 2: *Erzherzog Johann Hütte* auf der Adlersruhe

Beiden Schutzhütten gemeinsam ist, dass sie nur zu Fuß durch einen mehrstündigen Aufstieg erreichbar sind.

Alle Probanden waren freiwillige, sequentielle Ankömmlinge auf der jeweiligen Schutzhütte. Nach Ankunft erfolgte eine kurze Information über das Studienziel, die Methodik und Durchführung der Untersuchung.

Im Anschluss wurden Abstriche der jeweiligen Schuhe und Füße durchgeführt. Mit einem kommerziell erhältlichen Abstrichtupfer wurde je eine Probe vom ersten Zwischenzehenraum, eine vom Fußbett des Schuhs und, sofern Blasen oder gerötete Druckstellen vorhanden waren, auch von geschädigten Hautarealen gewonnen. Die Proben wurden fortlaufend nummeriert, um sie später wieder einem Probanden zuweisen zu können. Zudem wurde mit einem Hygrometer die Luftfeuchtigkeit innerhalb der Schuhe gemessen (Hygro-Therm / Eschenbach-Optik, Messgrenzen von 10% bis 99%, Temperaturbereich 0°-50°C, Variation +/- 5%). Anhand eines Fragebogens wurden anschließend sämtliche für die Auswertung relevante Daten der Personen erfasst. Die Fragen bezogen sich auf Alter, Gewicht, Größe, Geschlecht, die Aufstiegszeit, Aufstiegsroute, das Alter und das Material der Schuhe und auf die durchschnittliche Häufigkeit durchgeführter Bergtouren; letztere wurde in 3 Kategorien unterteilt: „seltener als zweimal pro Monat“, „zweimal pro Monat bis zweimal pro Woche“ und „öfter als zweimal pro Woche“. Für den Zustand der Schuhe wurden ebenfalls 3 Kategorien gewählt: „neu“, „getragen“ und „stark abgenützt“. Wichtig war dabei auch die Frage nach der Behandlung der Schuhe respektive der Füße mit Desinfektionsmittel, sowie nach dem Schuh - und Sockenmaterial.

Anschließend wurden die Füße begutachtet, etwaige Fußfehlstellungen, Nagelpilzbefall, variköse Veränderungen sowie Knöchelödeme vermerkt. Diabetiker wurden als solche extra dokumentiert.

Ein bis zwei Tage nach Abnahme wurden alle Abstriche im Labor weiter bearbeitet. Dabei wurde jede einzelne Probe auf je zwei verschiedene Nährmedien - *MacConkey Agar* (MCK) und *Kochblut Agar* (KB) - übertragen. Die Proben wurden 18 bis 24 Stunden bei 35°C inkubiert. Die Keimidentifizierung erfolgte mittels Gramfärbung, Koagulase-Katalasereaktion, chromogener Nährmedien und biochemischer Methoden (API[®] 20 E, API[®] 20 NE/ Bio Merieux, Wien, Österreich).

Zuletzt wurden alle Probanden, die bereit waren ihre Adresse oder Telefonnummer bekannt zu geben, nach 2 Wochen kontaktiert und befragt, ob in der Zwischenzeit infektiöse

Veränderungen an den Füßen aufgetreten sind respektive Symptome wie Rötung, Schmerz, Schwellung, Überwärmung beobachtet wurden.

4.1 Allgemeines zu den Probanden

Insgesamt nahmen 80 Freiwillige an der Untersuchung Teil, pro Stützpunkt 40 Personen.

58 der Studienteilnehmer waren Männer, 22 Frauen.

Das Durchschnittsalter aller Probanden betrug 38,9 Jahre. Der jüngste war 7 der älteste Proband 66 Jahre alt. Ihre Größe betrug im Mittel 174 cm, das Gewicht 71,2 kg, wobei sich die beiden Gruppen nur unwesentlich unterschieden.

Die durchschnittliche Aufstiegszeit lag bei 4,9 Stunden. Der kürzeste Hüttenzustieg am *Hochschwab* betrug 2 Stunden, der längste am *Großglockner* 8 Stunden.

Je ein Typ I- und Typ II- Diabetiker nahmen an der Untersuchung teil (beide Gruppe II *Großglockner*).

16 der insgesamt 80 Probanden wiesen mehr oder weniger starke Druckstellen im Bereiche der Füße auf, davon 11 unilokulär, 5 multilokulär.

In 15 Fällen wurden zusätzlich Abstriche von Blasen bzw. geröteten Hautarealen gewonnen, wobei 4 dieser Probanden mit Lederbergschuhen unterwegs waren.

8 dieser Probanden, die Probleme mit unpassendem Schuhwerk hatten und für die die Bergtour eine ungewohnte Belastung darstellte, waren weniger als zweimal pro Monat im Gebirge unterwegs.

Bei 8 der insgesamt 80 untersuchten Personen konnten bei der Inspektion variköse Veränderungen, bei 4 Testpersonen auch eine *Onychomykose* festgestellt werden. Beide Gruppen unterschieden sich jedoch bezüglich der Häufigkeit von Varizen und Nagelpilzbefall nicht wesentlich von einander. (Tab. 2)

Abbildung 1: Probandenkollektive

	Gruppe I: Hochschwab	Gruppe II: Großglockner
Frauen	12	10
Männer	28	30
Alter (J)	38 ± 12	39 ± 12
Größe (cm)	171 ± 13	176 ± 10
Gewicht (kg)	70 ± 13	73 ± 14
Aufstiegszeit (h)	4,6 ± 1,3	5,3 ± 1,4

Tabelle 2: Allgemeine Inspektionsbefunde der Füße nach Gruppenzugehörigkeit

	Gruppe I: Hochschwab	Gruppe II: Großglockner
Druckstellen	10	6
Varizen	3	5
Onychomykose	3	1

Bei der Inspektion der Füße konnten bei den meisten Probanden keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Einige Probanden wiesen nachfolgende Fußfehlstellungen auf: Pes transversoplanus, Pes planus, Hallux valgus, Exostosen, Digitus malleus, Pes cavus, Pes planovalgus, St.p. Polyfrakturierung von Fußwurzelknochen (keine genauen Angaben) und Arthrodesen. (siehe Tab. 3)

Abbildung 3: Orthopädische Fußbefunde

	Gruppe I: Hochschwab (2.153 m)	Gruppe II: Großglockner (3.451 m)
keine Auffälligkeiten	19	27
Pes transversoplanus	15	5
Pes planus	4	3
Hallux valgus	2	4
Pes planovalgus	3	1
Sonstige*	3	1

*Exostosen, Digitus malleus, st. p. Polyfrakturierung der Fußwurzelknochen

4.2 Zum Schuhwerk



Abbildung 3: Synthetiklaufschuh (aus Gruppe I)

Von den insgesamt an den beiden Stützpunkten untersuchten 80 Probanden trugen 19 Volllederschuhe; damit waren 12 am *Großglockner* und 7 am *Hochschwab* unterwegs. Von den verbleibenden 61 Personen bevorzugten 39 Bergschuhen aus kombinierten Materialien (Gore-Tex[®] /Synthetik/Leder). 13 Probanden trugen reine Gore-Tex[®] -Schuhe, 9 Schuhen aus anderen synthetischen Materialien.



Abbildung 4: Gore-Tex[®] Bergschuh

4.3 Feuchtigkeit der Schuhe

Unmittelbar nach dem Aufstieg erwiesen sich Volllederbergschuhe nicht feuchter als Schuhe aus synthetischen oder gemischten Materialien. Die innerhalb der Schuhe

gemessene Luftfeuchtigkeit (LF) lag für die Ledermodelle (71,4%) sogar etwas unter dem Durchschnitt (77.6%).

In der Gruppe I (*Hochschwab*) konnte ein deutlicher Unterschied im Vergleich zur Gesamtgruppe beobachtet werden. Während bei Lederschuhen der Gruppe I 71,1% und in Gruppe 2 68,5% LF gemessen wurden, lag der jeweilige Gesamtgruppenschnitt bei 81,1% (Gruppe I) und 69,2 % (Gruppe II). Der Durchschnittswert der LF des gesamten Probandenkollektivs lag bei 77,6% im Inneren der Schuhe.

Aufgrund von zu starker Nässeinwirkung auf 3.451 m konnte bei 12 Studienteilnehmern die LF nicht korrekt gemessen werden. Am *Hochschwab* war das Klima wegen starken Niederschlages an einem der beiden Untersuchungstage sehr feucht, was sich auch auf die LF innerhalb der Bergschuhe auswirkte, wobei in vielen Schuhen eine LF von über 80% gemessen wurde. In Gruppe II (*Großglockner*) wurde in den Schuhen von 5 Probanden eine LF unter 60% gemessen; dagegen lagen in Gruppe I (*Hochschwab*) sämtliche LF-Werte darüber. (Tab. 4)

Tabelle 4: Schuhfeuchtigkeit

	Gruppe I: <i>Hochschwab</i>	Gruppe II: <i>Großglockner</i>
Schuhalter (J)	2.8 ± 3.1	3.6 ± 2.4
Schuhfeuchtigkeit	81 ± 5	69 ± 10
50 - 65 (%)	0	9
66 - 80 (%)	14	15
> 80 (%)	26	4
Keine Angaben	0	12

4.4 Abnutzung und Tragehäufigkeit der Bergschuhe

Die Frage der Abnutzung des Schuhwerks erfolgte nach 3 dazu festgelegten Kategorien: „neu (Kat. 1)“, „verwendet“ (Kat. 2), „stark abgenutzt“ (Kat. 3). Die meisten Bergschuhe entsprachen durchschnittlicher Abnutzung mit leichten Verschleißerscheinungen (Kat. 2). In der ersten Gruppe (*Hochschwab*) wurden 33, in der zweiten (*Großglockner*) 36 in Kat. 2 eingestuft. Kat. 3 kam in der ersten Gruppe dreimal, in der zweiten Gruppe nur einmal vor. Am *Hochschwab* trugen 4, am *Großglockner* 3 Personen „neue“ Schuhe (Kat. 1).

Für die Häufigkeit mit der die Testpersonen die Schuhe durchschnittlich tragen, wurden ebenfalls drei Kategorien festgelegt: „weniger als zweimal pro Monat“ (Kat.1), „zweimal pro Woche bis zweimal pro Monat“ (Kat.2), „Mehr als zweimal pro Woche“ (Kat.3) getragen (Tab. 5). Am *Großglockner* trug ein Bergsteiger seine neuen Bergschuhe überhaupt das erste Mal. Viele der am *Hochschwab* in die Studie einbezogenen Probanden (Gruppe I) waren in ihren Bergschuhen wesentlich seltener unterwegs als die Teilnehmer am *Großglockner* (Gruppe II). Der Großteil der Gruppe II gab an durchschnittlich 2 Mal pro Woche bis 2 Mal pro Monat damit in den Bergen unterwegs zu sein. Eine Minderheit der Teilnehmer in der Gruppe I benutzte ihre Schuhe mit der gleichen Häufigkeit wie die meisten Teilnehmer aus der Gruppe II. Insgesamt verwendeten nur wenige Probanden ihre Schuhe häufiger als zwei Mal pro Woche.

Tabelle 5: Verwendungshäufigkeit der Bergschuhe

Tragehäufigkeit	Gruppe I: <i>Hochschwab</i>	Gruppe II: <i>Großglockner</i>
Kat. 1: < zweimal/Monat	21	13
Kat. 2: zweimal/Monat bis zweimal/Woche	13	23
Kat. 3: > zweimal/Woche	6	3

1 Proband aus Gruppe II wegen erstmaligen Gebrauches neuer Schuhe in Tab. 5 nicht enthalten

Von denen, die Lederschuhe trugen, gingen 42%, von jenen Personen, die Schuhe aus Mischmaterialien trugen, 44%, regelmäßig zwischen zweimal pro Woche bis zweimal pro Monat in die Berge. Probanden, die sehr häufig ihre Schuhe gebrauchten (> zweimal pro Woche), waren zu gleichen Teilen mit Schuhen aus Leder, Leder/*Gore-Tex*® oder rein synthetischen Materialien unterwegs (Tab. 6). Der oben bereits erwähnte Bergsteiger, der seine Lederbergschuhe das erste Mal getragen hat, wurde von der Kalkulation ausgenommen, da er keiner der Kategorien zuzuordnen war.



Abbildung 5: Starke Abnutzungserscheinungen

Table 6: Verwendungshäufigkeit nach Schuhmaterialien

	< 2/Mo	2x/Wo - 2x/Mo	> 2/Wo	Gesamt
Gore-Tex®	5	8	0	13
Volleder	7	8	3	18
Leder/Gore-Tex®	4	9	3	16
Synthetik	3	3	3	9
Synthetik/Leder	15	8	0	23

1 Proband mit Volllederschuh aus Gruppe II wegen erstmaligen Gebrauches neuer Schuhe in Tab. 6 nicht enthalten

Die Frage, ob die Verwendung antimikrobieller Mittel zur Schuhdesinfektion oder desinfizierender Hautpflegemittel das Keimwachstum in Bergschuhen beeinflussen könnte, konnte mittels dieser Untersuchung nicht schlüssig beantwortet werden, da nur ein Teilnehmer anführte seine Schuhe 3 bis 4 Mal pro Jahr mit Desinfektionsmittel zu behandeln. Alle anderen negierten eine Desinfektion des Schuhinneren. Lediglich 4 Probanden in der Gruppe I gaben an, dass sie zum Hautschutz Hirschtalg auf die Füße auftragen, was zwar als Hautpflegemittel aber nicht als Desinfiziens zu werten ist. Antibakteriellen Fußbalsam oder vergleichbare Präparate hatte keiner der Teilnehmer zuvor verwendet.

62 Probanden waren mit Socken bekleidet, die ausschließlich aus synthetischen Geweben bzw. aus Wolle/Baumwolle/Synthetik-Fasern bestanden. Aus Reinwolle waren in Gruppe I nur die Socken einer Testperson, in Gruppe II trugen 5 Probanden Wollsocken. Zudem

waren in Gruppe I acht Personen mit einfachen Baumwollsocken unterwegs; im Gegensatz dazu war das in Gruppe II bei 4 Testpersonen der Fall.

5 Ergebnisse

5.1 Kultivierung auf Agarplatten

Von jedem Probanden wurden mindestens 2 Abstriche abgenommen, einer aus dem ersten Zwischenzehenraum sowie einer aus dem Fußbett. Da bei 15 Personen zusätzliche Abstriche von Blasen respektive Druckstellen genommen wurden, betrug die Gesamtzahl aller Abstriche 175. Etwaige Keime wurden auf 350 Nährmedien verteilt, wobei je 175 auf *MacKonkey*- und Kochblutagarplatten aufgebracht (Doppelbestimmung) und zwischen 18 und 24 Stunden inkubiert wurden. 91 (26%) Kulturplatten blieben negativ, d.h. es konnten keine Keime angezüchtet werden (Tab. 9). 78 (86%) der negativen Kulturen stammten vom *MacKonkey*-Agar, was 45% aller *MCK*-Kulturen entsprach. Von sämtlichen Kochblutkulturen wiesen nur 13 (7%) kein Keimwachstum, was 14% aller negativen Kulturen entsprach. Von den insgesamt 259 positiven Kulturen wurden schließlich 190 möglicherweise infektionsrelevante Keime detektiert, von denen 114 als potentiell pathogen identifiziert wurden. Die restlichen 76 Keimnachweise entsprachen Bakterien der physiologischen Hautflora. Diese setzt sich aus einer Vielzahl unterschiedlicher Keime zusammen. Einige wichtige Vertreter sind beispielsweise verschiedene *Staphylokokken* wie *Staphylococcus epidermidis* und *Staphylococcus saprophyticus*, *Corynebakterien* (*C. minutissimum*, *C. jeikeium* etc.), Propionibakterien, Brevibakterien und *Mikrokokken*. Sie wurden nicht näher bestimmt.

Von allen Kochblut-Agar Platten (175) zeigten sich auf 135 nur Hautkeime (77%). Weiters konnten einmal *Staphylococcus aureus* und 4 Mal *Streptokokken* der Gruppe A angezüchtet werden.

Wegen Verunreinigungen mussten 22 Isolate von *MacKonkey*-Agarplatten verworfen werden. Auf den übrigen *MCK*-Platten zeigte sich ein breites Spektrum verschiedener Gram-negativer Spezies. Am häufigsten wurden Bakterien aus der Familie *Acinetobacter* isoliert. Darunter wurde am häufigsten *Acinetobacter baumannii* angezüchtet (19 Mal). Drei weitere *Acinetobacter*-Stämme waren sehr häufig vertreten: *Acinetobacter lwoffii* und *Acinetobacter radioresistens* kamen je 5 Mal, *Acinetobacter junii* 4 Mal vor.

Die zur Familie der *Pseudomonaden* gehörenden Bakterien bildeten die zweitgrößte Gruppe mit 27 Nachweisen nach der *Acinetobacter*-familie; darunter waren *Pseudomonas aeruginosa* 10 Mal, *Pseudomonas luteola* 5 Mal, *Pseudomonas oryzihabitans* 5 Mal und

Pseudomonas stutzei einmal nachweisbar. Andere *Pseudomonaden* wie *Burkholderia cepacia*, *Ralstonia pickettii* und *Stenotrophomonas maltophilia* kamen je 2 Mal vor. *Bazillus species* fanden sich auf 16 Platten beider Medien.

Insgesamt fand sich 5 Mal *Enterobacter cloacae*, *Streptokokken* der Gruppe A waren 4 Mal vertreten, 3 Mal wurden *Pantoea species* und *Pasteurellaarten* detektiert. Alle im Folgenden erwähnten Keime wurden nur zweimal nachgewiesen: *Agrobacter radiobacter*, *Alcaligenes dentrificans* und *Citrobacter species*. Nur wenige Bakterien wurden ein einziges Mal isoliert: dazu gehörten *Buttiauxiella agrestis*, *Ochrobacter anthropii* und *Leclercia adecarboxylata*.

Ebenfalls nur in einem einzigen Abstrich wurde eine Pilzart, nämlich *Candida glabrata*, nachgewiesen. (Tab. 7,8,11)

Weiters wurden die Keime in übergeordnete Gruppen eingeteilt, um die Unterschiede besser darzustellen: *Gram-positive Bakterien*, *Nonfermenter* und *Enterobacteriazeaen* (siehe dazu Abb. 6 und Abb. 9). *Pasteurella* war keiner dieser drei Gruppen zuzuordnen und wurde daher in diesem Zusammenhang nicht berücksichtigt.

Tabelle 7: Ergebnisse Gruppe I, Keimwachstum auf Nährmedien

Keime	S	Z	H	Gesamt
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	1	0	1
<i>Pseudomonas</i>	1	0	1	2
<i>A-Streptokokken</i>	0	0	0	0
<i>Acinetobacter</i>	5	4	0	9
<i>Bazillus sp.</i>	3	3	1	7
Hautflora	39	39	4	82
Andere	11	10	0	21
Negative	17	22	12	51

S: Schuh/Fußbett, Z: 1. Zwischenzehenraum, H: Hautläsionen
im Vergleich zur Häufigkeit in der *Großglocknergruppe*

Abbildung 8: Ergebnisse Gruppe II: Keimwachstum auf Nährmedien

Keime	S	Z	H	Gesamt
<i>Staphylococcus aureus</i>	4	5	1	10
<i>Pseudomonas</i>	6	2	0	8
<i>A-Streptokokken</i>	3	1	0	4
<i>Acinetobacter</i>	15	9	0	24
<i>Bazillus sp.</i>	8	1	0	9
<i>Hautflora</i>	22	33	2	57
<i>Candida glabrata</i>	1	0	0	1
Andere	9	3	0	12
Negative	10	23	7	40

S: Schuh/Fußbett, Z: 1. Zwischenzehenraum, H: Hautläsionen

Abbildung 9: Kein Keimwachstum

	MCK	KB	Gesamt
Gruppe I	45	6	51
Gruppe II	33	7	40

MCK: *McKonkey*-Agar, KB: Kochblut-Agar

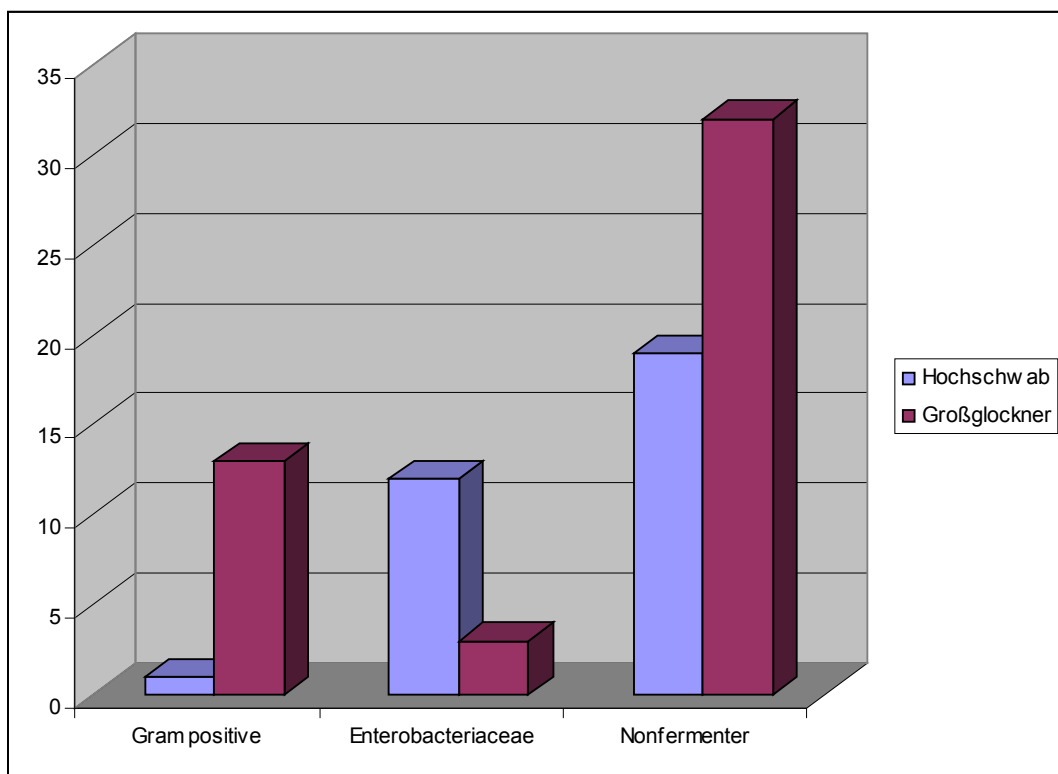


Abbildung 6: Anzahl kulturell nachgewiesener Keimgruppen im Gruppenvergleich

5.2 Keimwachstum bezogen auf Probandenkollektiv

Durchschnittlich konnten pro Proband 3 - 4 Keime gezüchtet werden. Bei allen Teilnehmern konnte mindestens auf einer der Agarplatten ein Keim kultiviert werden. Bei 17 Personen wurden ausschließlich Keime der physiologischen Hautflora gefunden. Bei 33 Untersuchten waren zumindest 2 oder mehr nicht zur Hautflora zählende Keime in den Abstrichen. Die besonders häufig gefundenen *Acinetobacter*arten wurden bei insgesamt 30 Personen isoliert (siehe Abb. 7). Bei 17 dieser 30 Personen wurde *Acinetobacter baumannii* gefunden, nur 3 dieser Probanden stammten aus der Gruppe I. *Acinetobacter lwoffii* und *Acinetobacter radioresistens* wurden bei 5 und *Acinetobacter junii* bei 3 Probanden ausschließlich in Gruppe II (*Großglockner*) gefunden. *Bazillus species* kamen bei 14 Probanden vor. Unter allen Gram-negativen Bakterien war *Pseudomonas aeruginosa* bei 10 Personen nachweisbar. Des weiteren enthielten Abstriche von je 5 Studienteilnehmern *Pseudomonas oryzihabitans* und *Pseudomonas luteola*. Ausschließlich bei einer Person fand sich *Pseudomonas stutzeri*.

Der häufigste Gram-positive pathogene Erreger war *Staphylococcus aureus*, welcher bei 8 Studienteilnehmern isoliert werden konnte. Darüber hinaus wurde 4 Mal *Streptococcus pyogenes* in den Proben nachgewiesen. Bei einer Testperson kamen *Staphylococcus aureus* und *Streptokokken* der Gruppe A nebeneinander im Abstrich des Schuhinnenraumes vor.

Bei 18 Probanden wurden, abgesehen von Bakterien der gewöhnlichen Hautflora, ausschließlich Keime gefunden, die weder zu den *Acinetobacter*arten, in die *Pseudomonas*familie, zu den *Bazillen* oder den Gram-positiven Pathogenen zu rechnen sind. Unter den restlichen Gram-negativen Bakterien war *Enterobacter cloacae* mit 5 Isolaten bei gleicher Probandenzahl, der am häufigsten nachgewiesene Keim. *Pantoea* und *Pasteurella* konnten je 3 Studienteilnehmern zugeordnet werden. Alle anderen Gram-negativen Arten wurden nur bei 1 oder 2 Probanden isoliert, zweimal fanden sich die Nonfermenter *Stenotrophomonas maltophilia*, *Burkholderia cepacia* und *Ralstonia pickettii* sowie weiters *Citrobacter koseri*, *Agrobacter radiobacter* und *Alcaligenes dentrificans*. *Buttiauxiella agrestis*, *Leclercia adecarboxylata* und *Ochrobacter anthropii* konnten nur jeweils einer Person zugeordnet werden, dasselbe gilt auch für den einzigen Pilznachweis, nämlich *Candida glabrata*.

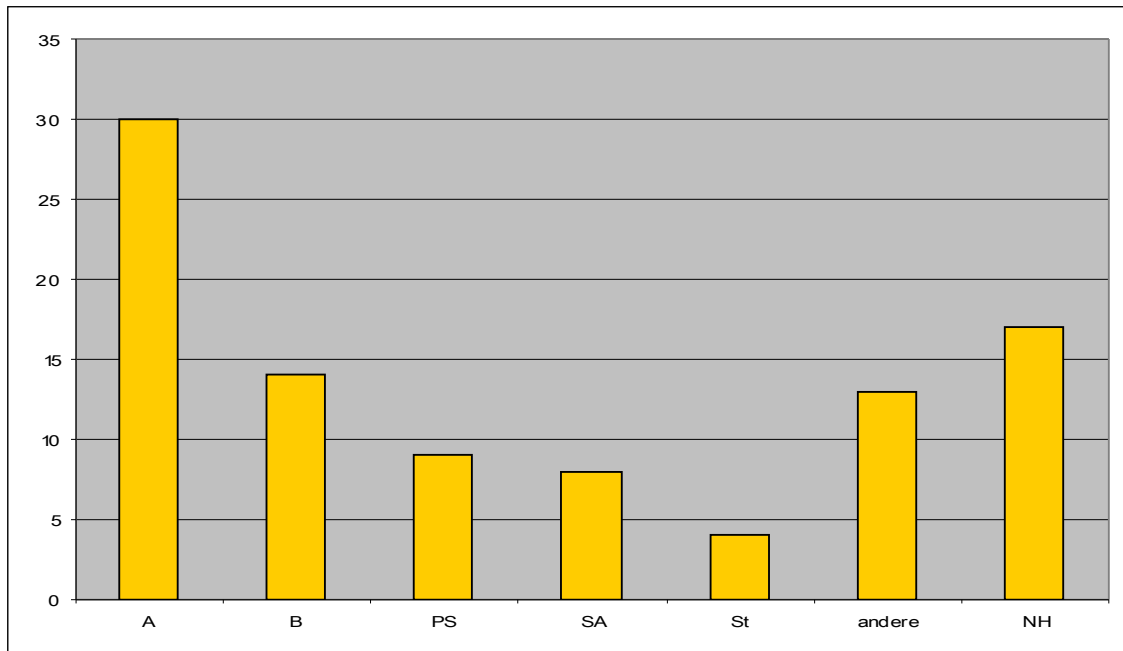


Abbildung 7: Keimnachweise nach Probandenzahl

A: *Acinetobacterarten*, B: *Bacillus sp.*, PS: *Pseudomonas aeruginosa*, SA: *Staphylococcus aureus*, St: A - *Streptokokken*, NH: Probanden, bei denen ausschließlich Bakterien der Hautflora gefunden wurden

Tabelle 10: Keimnachweise nach Probandenzahl und Gruppenzugehörigkeit

	<i>Gruppe I</i>	<i>Gruppe II</i>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	7
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	7
<i>Streptokokken</i>	0	4
<i>Acinetobacterarten</i>	9	21
<i>Bazillen</i>	7	7
<i>ausschließlich Hautkeime</i>	13	4
<i>Pilze</i>	0	1
<i>ausschließlich andere</i>	11	2

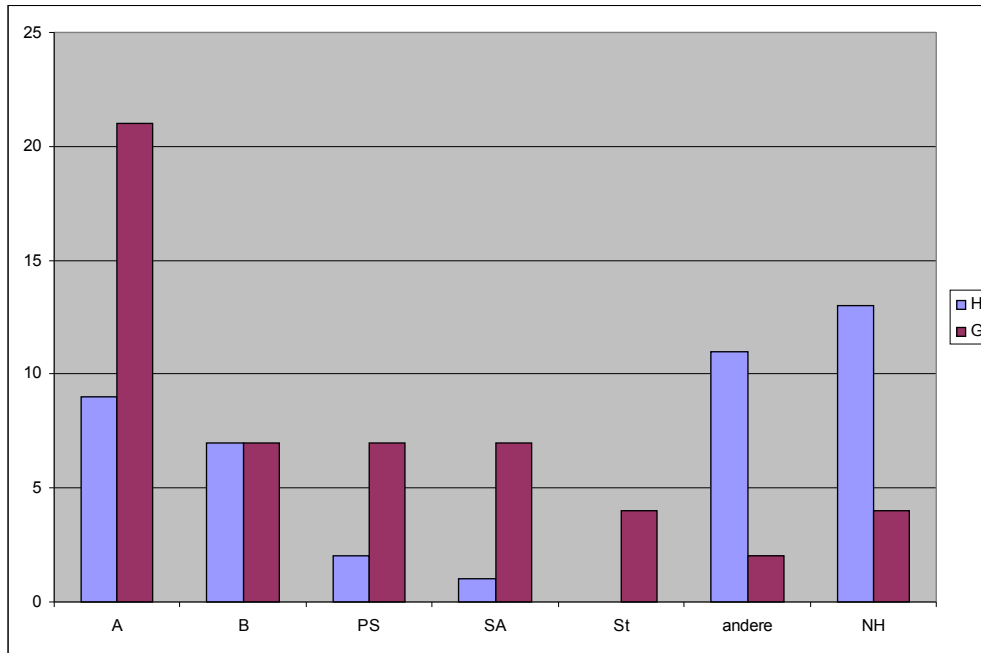


Abbildung 8: Keimnachweise nach Probandenzahl im Gruppenvergleich

SA: *Staphylococcus aureus*, PS: *Pseudomonas aeruginosa*, B: *Bacillus*, A: *Acinetobacter*, St: A - Streptokokken, NH: normale, ubiquitäre Hautflora

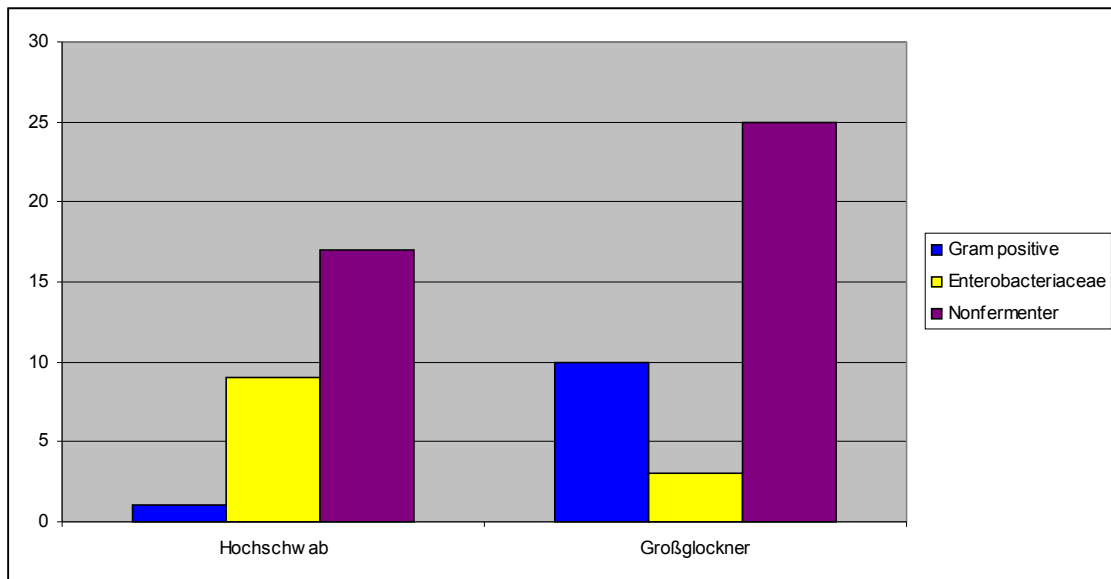


Abbildung 9: Keimgruppenzuordnung nach Probandenzahl

5.3 Weitere seehöhenabhängige Unterschiede der bakteriellen Besiedelung

112 nicht zur Hautflora des Menschen zugehörige Keime wurden isoliert. Davon waren 70 aus Gruppe 2, 42 aus der Gruppe I. *Acinetobacter baumannii* wurde 3 Mal in der Gruppe I, und 16 Mal in Gruppe II gefunden.

Im Vergleich des 1. Zehenzwischenraumes mit dem Fußbett wurden in Gruppe II deutlichere Unterschiede gefunden als in Gruppe I. In Gruppe II enthielten mehr als doppelt so viele Kulturen der Fußbettabstriche nicht zur Hautflora gehörige Keime als Kulturen des 1. Zehenzwischenraumes. Dabei waren die Differenzen unter den Gram-positiven Pathogenen noch stärker ausgeprägt. Die Ergebnisse geben den Hinweis auf bessere Wachstumsbedingungen der Hautflora in der Gruppe I. 81 Kochblutkulturen aus der Gruppe I und 52 aus der Gruppe II enthielten ausschließlich physiologische Hautflora. Von 17 Teilnehmern, deren Abstriche bis auf die Hautkeime negativ blieben, waren 13 aus der Gruppe I, 4 aus der Gruppe II (Abb. 8).

5.4 Studienteilnehmer mit Diabetes und Varikose

Zwei der Probanden waren Diabetiker. Die bakterielle Besiedelung der Füße und Schuhe unterschied sich in den beiden Fällen nicht von den anderen Probanden. Es wurde bei beiden Individuen *Acinetobacter baumannii* isoliert. Bei einem der beiden Probanden wurde zusätzlich *Pseudomonas aeruginosa* im Fußbett und *Stenotrophomonas maltophilia* im 1. Zwischenzehenraum gefunden.

Bei den 8 Studienteilnehmern mit Varikose wurden 2 der 4 gefundenen *Gruppe-A-Streptokokken* isoliert. Bei einem der beiden kam im gleichen Abstrich *Staphylococcus aureus* vor. Drei Abstriche enthielten Gram-negative Pathogene, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Acinetobacter radioresistens* und *Acinetobacter baumannii*.

Bei den 4 Probanden, bei denen Nagelpilz zu erkennen war, gab es keine Unterschiede in der Keimbesiedelung. Wie bei den meisten anderen Probanden wurden auch hier keine Pilze entdeckt.

5.5 Unterschiede nach Lokalisation der Abstriche

Im Weiteren sollen nun die Unterschiede zwischen Fußbett, Zehenzwischenraum und Hautläsionen erläutert werden. Von den 160 Agarplatten der Fußbettabstriche blieben 27 negativ (16,9 %), wovon Je 23 von *MacKonkey*-Agar- und 4 von KB-kulturen stammten. Dagegen blieben 45 (44 der MCK- und 1 der KB-Kulturen) der 160 ursprünglich aus Zehenzwischenräumen stammenden Abstriche negativ (28,1%). Auf 57 Medien der Fußbettabstriche (35,6 %) und auf 70 der Interdigitalabstriche (43,8 %) wurden ausschließlich Bakterien der Hautflora kultiviert. Von den 15 Wundabstrichen waren 19 Agarplatten kulturell negativ (63,3%). Im Fußbettbereich war vergleichsweise die Frequenz jener Keime deutlich höher, die üblicherweise nicht auf der Haut vorkommen. In 62 Kulturen von Fußbettabstrichen (44 der MCK-, 18 der KB- Kulturen) wurden fakultative Pathogene gefunden. Dagegen fanden sich in 36 Kulturen (27 MCK, 9 KB) von Interdigitalabstrichen potentiell infektionsrelevante Keime. Der zahlenmäßige Unterschied in den Kulturergebnissen zwischen Fußbett und Interdigitalraum der 1. Zehe war in Gruppe II größer als in Gruppe I (Tab. 7, 8, 11).

Abbildung 11: Keimvorkommen an unterschiedlichen Abstrichlokalisationen

Keim	G	S	Z	H	Gesamt
<i>Acinetobacter</i>	N	20	13	0	33
<i>PS</i>	N	7	2	1	10
<i>Bacillus</i>		11	4	1	16
<i>Staphylococcus</i>	G+	4	6	1	11
<i>Streptokokken</i>	G+	3	1	0	4
<i>Pasteurella</i>		3	0	0	3
<i>Pantoea</i>	E	2	1	0	3
<i>Citrobacter</i>	E	2	0	0	2
<i>Buttiauxiella</i>	E	1	0	0	1
<i>Ochrobacter</i>	E	1	0	0	1
<i>Leclercia</i>	E	1	0	0	1
<i>Enterobacter</i>	E	2	3	0	5
<i>Agrobacter</i>	E	0	2	0	2
<i>Alcaligenes</i>	E	1	1	0	2
<i>Candida</i>	Pilz	1	0	0	1
<i>Andere</i>		9	8	0	17
Summe		68	41	3	112

G: Gruppenzugehörigkeit, S: Schuh (Fußbett), Z: 1. Zwischenzehenraum, H: Hautläsion, G+: Gram positiv, E: Enterobacterium, N: Nonfermenter, PS: *Pseudomonas aeruginosa*

5.6 Gleiches Wachstum in Schuhen und im Zehenzwischenraum

Nur sehr wenige Keime, abgesehen von Hautkeimen, kamen gleichzeitig sowohl im Fußbett als auch interdigital vor. *Acinetobacter baumannii* wurde bei 2 Probanden der Gruppe II in beiden Abstrichen gefunden. Auch für *Acinetobacter junii* und *Pseudomonas aeruginosa* gelang in Gruppe II ein derartiger Doppelnachweis. Positive Doppelabstriche fanden sich am häufigsten für *Staphylococcus aureus*, welcher bei 2 Probanden im Fußbett und im 1. Zwischenzehenraum, bei einem im 1. Zwischenzehenraum und im Abstrich einer Hautläsion detektiert wurde.

Bei weiteren 14 Probanden blieben die kulturellen Nachweise sowohl interdigital als auch aus dem Fußbett negativ.

5.7 Keime in Volllederbergshuhen

Bei Studienteilnehmern, die Volllederschuhen trugen, wurden die in Tabelle 12 aufgelisteten Keime nachgewiesen. *Pseudomonas aeruginosa* wurde 3 Mal direkt aus Fußbettabstrichen, in 2 Fällen aus dem 1. Zwischenzehenraum, alle aus der Gruppe II isoliert. *Staphylococcus aureus* wurde 2 Mal bei derselben Person, je einmal aus dem Fußbett und aus dem 1. Zwischenzehenraum isoliert. Von den 4 *Bazillusisolaten* stammten 2 von einer Person. Dreimal wurden *Bazillen* von Fußbettabstrichen gewonnen.



Abbildung 10: Strapazierter Volllederbergschuh, mittlerer Abnutzungsgrad

Tabelle 12: Keimnachweise aus Volllederbergshuhen

	Häufigkeit
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5
<i>Staphylococcus aureus</i>	2
Bazillen	4
<i>A.baumannii</i>	6
<i>A.junii</i>	1
<i>A.radioresistens</i>	2
<i>Agrobacter radiobacter</i>	1
<i>Alcaligenes dentrificans</i>	1
<i>Chryseomonas luteola</i>	2
Hautflora o. negativ	3
<i>Candida glabrata</i>	1

5.8 Entwicklung von Infektionen

Von den 80 in die Studie aufgenommen Probanden konnten zwei Wochen nach Abschluss der Untersuchungen 44 kontaktiert und zum Zustand ihrer Füße nach in den folgenden 14 Tagen nach der Tour befragt werden. Je 22 dieser Personen waren aus der Gruppe I und aus Gruppe II. Die telefonisch oder elektronisch kontaktierten Studienteilnehmer wurden ersucht, etwaige Symptome wie Hautrötung, Überwärmung oder Schmerzen im Bereiche der Füße, im Anschluss an die Bergtour aufzulisten. Allerdings wurde von keinem der kontaktierten Probanden über eine Beeinträchtigung im Fußbereich berichtet.



Abbildung 11: Erosierte Fersenblase



Abbildung 12: Druckstelle und Hautrötung am medialen Fußrand

Alle 15 Personen, bei denen auch Abstriche von Hautläsionen genommen wurden, gaben an, dass diese komplikationslos verheilten. Von denen, die schon bei der Untersuchung keine Druckstellen an den Füßen aufwiesen, war der Verlauf ebenfalls unauffällig. Bei keinem der befragten Studienteilnehmer trat im Anschluss an die Bergtour eine Infektion auf.



Abbildung 13: Blasenbildung über dem Großzehengrundgelenk

Tabelle 13: Charakteristik der beiden Touren

	<i>Hochschwab</i>			<i>Großglockner</i>		
Tour						
Ausgangshöhe (m)	800 bis 1.253			1.918 bzw. 2.362		
Zielhöhe (m)	2.153			3451		
Höhenunterschied (m)	900 bis 1353			1.523 bzw. 1.089		
Aufstiegsdauer (h)	4,6			5,3		
Wetter (1.Tag, 2. Tag)	wechselhaft, Regen			Regen/Schneefall, Föhn		
Schuhe						
Alter	3,6			2,8		
Feuchtigkeit	81,1			69,2		
Vollleder	7			12		
Kombiniertes Schumaterial	21			18		
Synthetik	12			10		
Desinfektion	0			1		
Keime						
Gesamtanzahl der Kulturen	90			86		
positive	39			46		
negative	51			40		
	Anzahl Kulturen	Anzahl Isolate	Anzahl Probanden	Anzahl Kulturen	Anzahl Isolate	Anzahl Probanden
<i>A - Streptokokken</i>	0	0	0	4	4	4
<i>Staphylococcus aureus</i>	1	1	1	7	10	10
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	2	2	7	8	8
<i>Acinetobacter</i>	9	9	9	21	24	24
andere <i>Nonfermenter</i>	8	10	8	7	9	9
<i>Bazillus sp.</i>	7	7	7	7	9	9
<i>Enterobakterien</i>	9	12	14	3	3	3
<i>Pasteurella sp.</i>	1	1	1	2	2	2
Pilze	0	0	0	1	1	1
Probanden						
Druckstellen	10			6		
Männer	28			30		
Frauen	12			10		
Alter	38			40		
Gewicht	68,9			73,5		
Größe	171,1			176,9		

6 Diskussion

Viele Infektionserreger kommen ab einer gewissen Höhe deutlich seltener bis gar nicht mehr vor. Daher würde man vermuten, dass bei Bergsteigern auf niedrigerer Seehöhe mehr pathogene Erreger zu finden sind als in großen Höhen. In einer Untersuchung über die Verteilung von Bakterien im Vergleich zu Pflanzen im Gebirge wurde eine lineare Abnahme der Bakterienmenge mit steigender Höhe entdeckt (10). Der höchste Punkt der Messungen lag dabei ähnlich der hier vorliegenden Studie auf 3.400 m Seehöhe. Alpine Räume sind durch extreme klimatische Bedingungen und starke jahreszeitliche Schwankungen gekennzeichnet (19). Bei der Untersuchung der Probanden (Gruppe I) war es am ersten Tag extrem warm, während Tag 2 von starkem Regen gekennzeichnet war. Die *Erzherzog-Johann-Hütte*, wo die Teilnehmer der Gruppe II untersucht wurden, liegt in vergletschertem Gebiet. Die Anzahl und Verteilung der Mikroorganismen sollte erwartungsgemäß von dieser Höhenlage nicht unbeeinflusst bleiben.

Darüber hinaus können sich bei bestimmten Keimarten während des Winters geringere Bakterienmengen finden, wobei die höchsten Keimzahlen im Herbst beobachtet werden. Weiters können sich spezielle Arten besser in rauer Umgebung integrieren. In diesem Zusammenhang konnte in den *Rocky Mountains* an *Pseudomonaden* gezeigt werden, dass es unter diesen kälteresistente Stämme gibt, die alle zum genetischen Cluster *Pseudomonas fluorescens* gehören. Im Gegensatz dazu wurden keine zu *Pseudomonas aeruginosa* zählbaren Stämme gefunden (19). Auch in einer taiwanesischen Studie konnte im Sommer ein höherer organischer Anteil, sowie größere mikrobielle Populationen als im Winter gefunden werden. Die Zahlen waren jedoch nicht signifikant (20). In beiden oben erwähnten Fällen wurden für die Untersuchungen jedoch Bodenproben genommen, wodurch ein direkter Vergleich mit den hier gefundenen Ergebnissen nicht zulässig ist.

Es stellt sich die Frage, warum vor allem in Bergschuhen an der höheren Destination das Keimwachstum im Vergleich zum niedrigeren Stützpunkt deutlich erhöht war. Sowohl bei Gram-positiven als auch bei Gram-negativen Bakterien gab es markante zahlenmäßige Unterschiede, die vermutlich mit der Untersuchungshöhe zusammenhängen. Auf 3.451 m waren unter den Gram-negativen Keimen die verschiedenen *Acinetobacterarten* und die Familie der *Pseudomonaden* bei weitem stärker vertreten. Die dominierenden Arten *Acinetobacter baumannii* und *Pseudomonas aeruginosa* wiesen dabei die größten Unterschiede auf. Letztere waren bei Probanden der Gruppe I am *Hochschwab* nur 3 Mal

(*Acinetobacter baumannii*) sowie 2 Mal (*Pseudomonas aeruginosa*) in Abstrichen vorhanden, während sie in Gruppe II am *Großglockner* 19 Mal, bzw. 8 Mal vertreten waren. Unter den Gram-positiven Bakterien waren die Unterschiede nicht minder ausgeprägt. *Staphylococcus aureus* wurde am *Hochschwab* nur ein einziges Mal isoliert, während dieser am *Großglockner* bei 7 Probanden, bzw. in 10 Abstrichen gefunden wurde. *Streptococcus pyogenes* wurde ausschließlich in Gruppe II am *Großglockner* auf 3.451 m nachgewiesen.

Geographische Höhen bieten eine Reihe Stress erzeugender Faktoren, die sich auf das Keimwachstum negativ auswirken können. Dazu gehören Kälte, hypobare Hypoxie, geringer Feuchtigkeitsgrad und Höhenstrahlung. Bei In-vitro-Untersuchungen über die Wirksamkeit des Antibiotikums *Riboflavin* in Kombination mit UV-Licht konnte das Wachstum von *Staphylococcus aureus* (inklusive *MRSA*) und *Pseudomonas aeruginosa* weitgehend unterbunden werden; wurden die Kulturen nur mit UV-Licht behandelt, ergaben sich deutliche Unterschiede. Während die Wachstumshemmung von UV-Licht auf *Pseudomonas aeruginosa* relativ gering war, konnten keine *Staphylokokken* unter UV-Licht kultiviert werden (21).

Die Sonne stellt im Gebirge eine wichtige, kräftige Strahlenquelle dar, deren Stärke mit steigender Höhe und Oberflächenreflexion (Schnee, Eis) noch vervielfacht wird. Die genannten Einflüsse stellen große Anforderungen sowohl für den menschlichen Organismus, speziell für das Immunsystem, aber auch für eine große Anzahl von Mikroorganismen dar.

UV-Licht hat sicherlich eine nicht zu unterschätzende Wirkung auf etliche Komponenten des Abwehrsystems. Beispielsweise kann die Funktion von T-Lymphozyten beeinträchtigt, die Balance zwischen TH1- und TH2-Zellen gestört und das Verhalten von Granulozyten verändert werden. Auch können Makrophagen durch bestimmte Zytokine in hypoxischer Umgebung stimuliert werden (22).

So gesehen herrschte am *Großglockner* mit Sicherheit eine höhere UV-Belastung als am *Hochschwab*. Der Grund dafür ist nicht nur, dass die *Erzherzog-Johann-Hütte* um knapp 1.300 m höher gelegen ist als das *Schiestlhaus*, sondern auch, dass durch den Gletscher und den zu dieser Zeit bereits liegenden Neuschnee das Sonnenlicht noch zusätzlich reflektiert wurde. Das könnte theoretisch zu einer erhöhten Infektanfälligkeit und zur Ausbreitung von Infektionen führen. Es konnte hier aber keine Bestätigung dafür gefunden werden.

Von allen Studienteilnehmern, die im Nachhinein kontaktiert wurden (22 Untersuchte der Gruppe II, 22 der Gruppe I), entwickelte kein einziger eine entzündliche Affektion der Haut, der Weichteile oder des Knochens oder Anzeichen einer systemischen Inflammation. Allerdings traten Unterschiede im Wachstum der bakteriellen Flora auf, welche möglicherweise mit der Höhe im Zusammenhang zu sehen sind. Es wurden in den Abstrichen beider Standorte weitaus mehr Gram-negative als Gram-positive pathogene Erreger gefunden. Auf *KB-Agar* konnte dagegen eine große Anzahl Gram-positiver Hautkeime kultiviert werden. Auffällig war in dem Zusammenhang, dass bei Probanden der Gruppe I auf 2.153 m mehr Hautkeime nachgewiesen werden konnten als bei Studienteilnehmern der Gruppe II auf 3.451 m. Auf *KB-Agar* wuchsen bei 82 der am *Hochschwab* gewonnenen Abstriche nur apathogene Hautkeime, wobei 6 Kulturen ohne Keimwachstum blieben und in einem Abstrich *Staphylococcus aureus* detektiert werden konnte.

Dagegen enthielten nur 57 KB-Kulturen von Abstrichen der Gruppe II ausschließlich Hautflora. Die übrigen Kulturen blieben negativ oder enthielten Erreger, die nicht zur Normalflora zählen. Insgesamt war das Auftreten von Hautkeimen am *Hochschwab* im Vergleich zur *Großglocknergruppe* deutlich erhöht.

Dass die ubiquitäre Bakterienflora der Haut einen wichtigen Beitrag zur Abwehr pathogener Keime leistet, ist unbestritten. In vielen Organsystemen des menschlichen Körpers spielen die dort saprophytär vorkommenden Organismen eine große Rolle in der Elimination schädigender Umwelteinflüsse und krankmachende Erreger (beispielsweise saprophytäre Keime im Respirations-, Darm- oder Genitaltrakt). Diese Organe stellen wie auch die Haut eine direkte Verbindung zur Außenwelt dar. Die hier lebenden Mikroorganismen dienen somit als Schutz und als natürliche Barriere gegen exogene Schädigung. Eine intakte Haut und Hautflora sind daher in der Abwehr pathogener Invasoren von großer Bedeutung.

Auf Grund der bakteriellen Ergebnisse wäre es denkbar, dass sich vor allem das Wachstum gewöhnlicher Hautbakterien in der Höhe verringert. Es ist auch gut vorstellbar, dass aus Gründen einer verminderten bakteriellen Hautschutzbarriere die Anzahl gefundener Pathogene in Gruppe II auf 3.451 m deutlich höher ausfiel als es in der Gruppe I auf 2.153 m der Fall war.

Auf 2.153 m wurden außerdem weitaus mehr *Enterobacteriaceae* als auf 3.451 m gefunden. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass die Probanden am Anstieg zum *Schiestlhaus* längere Zeit über Weidegelände und Wiesen wanderten, wo diese Keime

häufig vorkommen. Der Anstieg zur *Erzherzog-Johann-Hütte* ist dagegen zu einem großen Teil vergletschert, ein Gelände, das für *Enterobacteriaceae* keinen idealen Lebensraum darstellt.

Besonders gut konnten die Unterschiede in Schuhen beobachtet werden. Im Fußbett der Bergschuhe wurden auch die meisten Keime nachgewiesen. Am häufigsten kamen verschiedene *Acinetobacter*arten vor. Die wichtigsten Vertreter dieser Spezies gehören zum *Acinetobacter calcoaceticus-Acinetobacter baumannii* Komplex. Diese kommen ubiquitär in der Umwelt, der Haut und auf Schleimhäuten vor und können Bakteriämien nosokomiale Pneumonien, Harnwegsinfekte, Haut- Weichteilinfektionen vor allem an Kathetereintrittsstellen und Wundinfektionen verursachen (23).

Auch in anderen Studien, wie hier beispielsweise in einer Untersuchung an Kriegsverletzten, wurde *Acinetobacter* in 75% aller Untersuchten auf der Haut nachgewiesen. *Acinetobacter* bevorzugt feuchte Umgebung, daher findet er sich auch häufig in der Mundhöhle und in den Atemwegen (24). *Acinetobacter* kann Verursacher schwerwiegender Infektionen sein, auch Haut- und Weichteilinfektionen (SSTI's) können durch *Acinetobacter* ausgelöst werden. Bei Wundinfektionen im Rahmen von Kriegsverletzungen konnte in dem Zusammenhang auch eine typische Erscheinungsform einer *Acinetobacterinfektion* beobachtet werden. Zu Beginn entwickelte sich eine gut abgegrenzte, gerötete, leicht ödematöse, warme subkutane Entzündung, die sich in der Folge sandpapierartig mit zahlreichen mit klarer Flüssigkeit gefüllten Vesikeln präsentierte. In wenigen Fällen entwickelte sich eine nekrotisierende Inflammation (24).

Es war daher nicht überraschend, dass dieser Keim sehr häufig detektiert wurde. Der Nachweis von *Acinetobacter baumannii* war in der *Großglocknergruppe* vor allem Fußbettbereich häufig. Möglicherweise kann sich diese Keimart auf Grund des verminderten Wachstums schützender Hautbakterien besser ausbreiten. In der hier vorliegenden Untersuchung gab es keine Infektionen, die durch *Acinetobacterarten* hervorgerufen wurden.

In der *Hochschwabgruppe* gab es deutlich häufiger negative Fußbettabstriche. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in der durchschnittlich kürzeren Aufstiegszeit begründet sein.

Eine Überlegung war, dass die Feuchtigkeit der Schuhe für das Keimwachstum eine Rolle spielen könnte, da viele Bakterien, zum Beispiel *Pseudomonaden*, bevorzugt in feuchter

Umgebung vorkommen. Diese Nasseime würde man daher natürlich dort vermuten, wo eine höhere Schuhfeuchtigkeit registriert wird. In der hier vorliegenden Studie war das allerdings nicht der Fall. Man muss dazu sagen, dass kein Proband richtig trockene Schuhe hatte. Am Wochenende, an dem die erste Gruppe auf 2.153 m untersucht worden war, regnete es einen ganzen Tag lang in Strömen, was zur Folge hatte, dass auch der Mittelwert der gemessenen Luftfeuchtigkeit 12% über dem Durchschnittswert der *Großglockner*gruppe lag. Im August war es am *Hochschwab* trotz einer Höhe von über 2.000 m recht warm. Auch der starke Niederschlag änderte daran nicht viel. An den beiden Tagen, an denen die zweite Gruppe untersucht wurde, war es am ersten Tag zwar neblig, dunstig und nass, aber der größere Teil der Probanden wurde bei strahlendem Sonnenschein untersucht. Der Föhn erzeugte sogar auf dieser Höhe ein mildes Klima. Abgesehen davon, dass es für den Aufstieg notwendig war, Gletscher zu begehen, lag hier bereits der erste Schnee, was für das Keimwachstum nicht förderlich sein sollte. Der Zusammenhang zwischen Witterungsbedingungen an den Destinationen und der Schuhfeuchtigkeit ist nachvollziehbar.

Im Vergleich der verschiedenen Schuhmaterialien gab es keine markanten Unterschiede bzgl. der Keimnachweise. Es war für die Keimnachweise nicht relevant, ob die Schuhe aus synthetischem Material oder Vollleder waren.

Aus zahlreichen Studien ist bekannt, dass *Pseudomonas aeruginosa* vorzugsweise in synthetischem Schuhwerk vorkommt. Alle Probanden mussten Angaben zu ihren Schuhen und Socken machen, um einen möglichen Zusammenhang zwischen Material und Art der bakteriellen Besiedelung herzustellen (Tab. 6). Keimnachweise für *Pseudomonas aeruginosa* aus Lederbergschuhen erfolgten zahlenmäßig nahezu gleich häufig wie bei *Gore-Tex*[®], bzw. gemischten Materialien. Wenn man aber bedenkt, dass nur 19 (24%) von 80 Probanden in Volllederschuh unterwegs waren, so war doch der prozentuelle Anteil der Nachweise von *Pseudomonas aeruginosa* aus Lederschuh größer. Von 10 als *Pseudomonas aeruginosa* identifizierten Keimen stammten 5 Isolate von 4 Probanden mit Volllederschuh (21%). Von den 61 Probanden, deren Schuhe aus synthetischem Material oder einem Synthetikgemisch bestanden (Tab. 6), wurde *Pseudomonas aeruginosa* bei 5 Personen gefunden (8%). Demnach könnte es sein, dass *Pseudomonas aeruginosa* materialunabhängig im Schuhinnenraum sehr gute oder bei Vollleder vielleicht eine Spur bessere Bedingungen vorfindet.

Nachteile eines Lederbergschuhs sind geringe Isolation und Schrumpfung bei Nässe. Metallteile im Schuh aber auch Steigeisen können die Bodenkälte bis zur Fußsohle

weiterleiten. Bergstiefel mit Plastikschale und Innenschuh sind ideal für trockenes, kaltes Wetter und wirken sich hemmend auf die Entstehung von Blasen aus. Scherkräfte treten vorwiegend zwischen Schale und Innenschuh auf, weniger zwischen Schuh und Haut. Bis heute gibt es noch keinen idealen Bergschuh für nasses und kaltes Wetter (25).

Für Sportschuhe gilt, dass leichteres, weiches, flexibleres Schuhwerk eine bessere Passform hat und sich positiv auf Mobilität und Fußklima auswirkt (26). Bergschuhe sind meist jedoch steif und von höherem Gewicht. Trotzdem hatten nur wenige Probanden damit Probleme. Fünf Personen, die Blasen entwickelten, trugen Volllederbergschuhe, was im Vergleich zu allen anderen Studienteilnehmern einen relativ großen Anteil ausmachte. Grund der Blasenbildung könnte in diesen Fällen eine mögliche Schrumpfung des Schuhmaterials unter feuchten Bedingungen in Kombination mit feuchter Haut sein.

Bei Messungen des Fußsohlendrucks in unterschiedlichen Bergschuhtypen (Wanderschuh, Trekkingschuh, steigeisenfester Bergschuh) konnte allerdings festgestellt werden, dass die Füße ihre charakteristischen Eigenschaften beim Gehen unabhängig vom Schuhtyp beibehalten. Signifikante Unterschiede wurden jedoch den maximalen Fußsohlendruck betreffend beim Vergleich aller verschiedener Arten von Bergschuhen mit dem Gehen ohne Schuhe gefunden (27). Des Weiteren fand man heraus, dass bei für Blasen anfälligen Menschen die biomechanische Interaktion zwischen Fuß und Schuh anders ist als bei Menschen, die nicht zu Blasen neigen. Auf die Füße blasenanfälliger Menschen wirken größere Druck- und Scherkräfte (28).

Vor allem beim Aufenthalt in extremen aber auch in großen Höhen sowie im alpinen Breitensport stellen Bagatellverletzungen eine nicht zu unterschätzende Gefahr für Bergsteiger dar. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wurde schon des Öfteren am Beispiel von Marathonläufern und Soldaten gezeigt, dass gerade Fußblasen zu den häufigsten Ursachen für einen Abbruch sportlicher Aktivität zählen (2, 29). In seltenen Fällen können sich Entzündungen auf Fußblasen festsetzen und unter Umständen eine längere Hospitalisierung notwendig werden. Hautinfektionen durch Bakterien und Pilze waren laut einer Untersuchung an französischen Nepaltouristen für 6,4% ärztlicher Konsultationen verantwortlich (22). Jedoch trat bei keinem der nach dieser Untersuchung kontaktierten Testpersonen eine entzündliche Komplikation auf. Auch in der hier vorliegenden Untersuchung traten bei keinem der Probanden nachfolgend Probleme auf.

Von allen Probanden wurde in nur einem Fall in Gruppe II am *Großglockner* ein Pilznachweis erbracht (*Candida glabrata*), 5% aller Untersuchten hatten eine klinische *Onychomykose* (Tab. 2).

Auf jeden Fall ist es ratsam besonders im Bergsport auf eine gute Fußhygiene zu achten und wenn möglich Druckstellen von Anfang an zu vermeiden. Die Füße sind meist den ganzen Tag im Schuh eingeschlossen, wodurch Hautschäden lange verborgen bleiben können. Um Kälteschäden, Blasen oder Infektionen schnell und rechtzeitig zu entdecken, sollten die Füße regelmäßig kontrolliert und auf gut passende, trockene Socken geachtet werden. In diesem Zusammenhang sind auch Wechselsocken empfehlenswert (25). Nahezu alle Wanderer tragen Erste Hilfe-Pakete mit sich. Eine schnelle Versorgung von entstandenen Hautdefekten ist somit fast immer gewährleistet. Trotzdem sollten Blasen und Hautläsionen nach Möglichkeit vorweg vermieden werden. (30) Viele Bergsteiger entwickeln aufgrund ihrer eigenen Erfahrungen Methoden, um Blasen und Druckstellen zu vermeiden bzw. diesen vorzubeugen. So kombinieren manche verschiedene Socken, andere schwören auf spezielle Hautpflegemittel oder verwenden Tapes, Blasenpflaster oder Kombinationen. Erfahrene Alpinisten kleben bei Neigung zu Fußblasen gefährdete Stellen bereits prophylaktisch ab und haben so eine zusätzliche Schutzschicht zwischen Schuh und Haut. Im Handbuch für Trekking- und Expeditionsmedizin (31) wird auch ein spezieller Schaumstoff empfohlen, hingegen wird der Verwendung von Tapes abgeraten, da die Haut durch den Luftabschluss darunter aufgeweicht und geschädigt werden kann. Weiters wird vorgeschlagen, gelhaltige Klebefolien, wie zum Beispiel *COMPEED*[®], während des Gehens zu verwenden, sofern bereits wunde Stellen vorhanden sind und erst danach antibiotische Salben zu applizieren. Für Blasen wird ggf. empfohlen, diese mit einer sterilen Nadel oder Lanzette am Rand zur Drainage zu eröffnen. Danach sollten sie mit einem adhäsiven Pflaster bedeckt werden. Zur Prophylaxe von Sekundärinfektionen sollten topische antimikrobielle Mittel verwendet werden (15).

Gesichert ist, dass man sich an Schuhwerk und Belastung gewöhnen kann. Einige Studien belegen, dass Blasen und Druckstellen vor allem bei großen ungewohnten Belastungen auftreten (29). Auch bei den hier untersuchten Probanden war dieser Trend zu erkennen. 9 von 15 Personen, die Blasen entwickelten hatten ihre Schuhe seltener als 2 Mal pro Monat getragen. Einige befragte Bergführer am *Großglockner* berichteten, dass sie niemals Fußblasen bekämen.

Interessant sind die Ergebnisse einer indischen Studie, in der man herausfand, dass Fußprobleme weitaus häufiger am rechten als am linken Fuß auftreten. Grund dafür könnte eine ungleiche Druckverteilung beim Gehen darstellen. Da die meisten Menschen Rechtshänder sind, ist anzunehmen, dass auch der rechte Fuß stärker belastet wird als der

linke. Das war auch konkordant mit dem Schuhverschleiß. Bei Frauen wurden insgesamt häufiger Fußprobleme beobachtet als bei Männern (26).

Von 16 Personen mit Druckstellen (Tab. 2) waren 9 weiblich, 7 männlich. Immerhin litten Frauen öfter unter Fußblasen als Männer. Allerdings waren fast drei Viertel der gesamten Probanden männlich.

Im Rahmen der gegenständlichen Untersuchungen wurde allerdings nicht festgehalten, ob Blasenbildungen der Füße rechts häufiger als links auftraten.

Einige der Untersuchten hatten prophylaktisch gegen Fußblasenbildungen Hirschtalg-Salbe verwendet. Empirisch macht dieses altbewährte Mittel, wenn es einige Tage zuvor regelmäßig aufgetragen wird, die Haut geschmeidig und schützt vor Druckstellen und Blasenbildung. Unter den 4 Frauen in Gruppe I, die angaben Hirschtalg verwendet zu haben, war allerdings nur eine, die bereits 2 Tage zuvor mit der Behandlung begonnen hatte. Sie bekam dennoch eine Blase. Durch die Hirschtalg-Salbe waren jedoch keine Unterschiede in den bakteriellen Keimnachweisen zu erkennen. Bei einer der 4 Probandinnen wurde allerdings nur Hautflora gefunden. Die Abstriche der anderen drei enthielten *Alcaligenes dentrificans* und eine *Pasteurellaart*.

Von den 5 Personen der Gruppe II, die Hirschtalg verwendet hatten, hatte niemand Blasen. Bei ihnen wurden *Ochrobacter anthropii*, *Staphylococcus aureus* und *Streptococcus pyogenes*, also durchaus Keime die für Infektionen von Relevanz sind, gefunden.

Antibakterielle Mittel, zum Beispiel Fußsprays wurden von niemandem verwendet. Diese stellen wahrscheinlich eine Möglichkeit dar, das Keimwachstum zumindest zu reduzieren. In einer Fallstudie wurde der Einfluss eines neuartigen aromatischen Öls, bestehend aus Pfeilwurz, Backpulver, sowie Basilikum-, Teebaum-, Salbei- und Nelkenöl, auf das Bakterienwachstum getestet. Die Dame musste dazu zuerst die Füße für 48 Stunden im Schuh eingeschlossen lassen, Die zweite Untersuchung war nach dem Waschen der Füße. Zuletzt trug sie Schuhe und Socken für 8 Stunden und zusätzlich wurde die Testsubstanz aufgetragen. Sowohl das Bakterien- als auch das Pilzwachstum konnte deutlich verringert werden. Die antimikrobielle Wirkung blieb auch nachdem Schuhe und Socken 8 Stunden getragen wurden, nachweisbar (8) Viele ähnliche Lotionen scheinen aber nicht so gut verträglich zu sein, vor allem wenn es sich um alkoholische Lösungen handelt. In einer Studie an Marinerekruten wurde vermehrt von Hautirritationen berichtet. Bei der verwendeten Substanz handelte es sich um *Aluminiumchloridhexahydrat*. Das schweißhemmende Mittel konnte die Blasenbildung deutlich reduzieren. Es scheint als könnten die Hautirritationen durch Beimischung eines Weichmachers vermieden werden.

Jedoch geht die schweißhemmende Wirkung dadurch teilweise verloren. Die niedrigere Feuchtigkeit ist jedoch wahrscheinlich für die Reduktion von Blasen verantwortlich (7). Es ist also zu hinterfragen, ob es, solange diese nicht aus hautfreundlicheren Substanzen zusammengesetzt sind, Sinn macht, solche zu verwenden.

Nur ein einziger Proband in unserer Population gab an, seine Schuhe regelmäßig zu desinfizieren. Jedoch blieben auch seine Schuhe nicht keimfrei. Es fanden sich Hautkeime und *Bacillus sp.* Eine solche Behandlung wirkt wahrscheinlich nur eine kurze Zeit. Nach einiger Zeit siedeln sich wieder Keime an.

Sicher ist auf jeden Fall, dass das lange Eingeschlossensein im Schuh, das Bakterienwachstum fördert. Beim Bergsteigen ist das nicht vermeidbar.

Diabetiker müssen auf sorgfältige Fußhygiene und richtige Wundversorgung achten. Passende Schuhe und Socken sind unerlässlich. Blasen und Druckstellen sollten von vornherein vermieden werden. In unserer Untersuchung war die Anzahl an Diabetikern zwar äußerst gering (2 von 80 Probanden), jedoch sind die Folgen fahrlässiger Behandlung und Kontrolle der Füße ungleich schwerwiegender als bei Nichtdiabetikern. Die zwei untersuchten Diabetiker wussten jedoch gut über die Bedeutung einer guten Fußhygiene Bescheid. Keiner der beiden wies Druckstellen oder Blasen auf. Die bakterielle Besiedelung unterschied sich in beiden Fällen nicht von den anderen Teilnehmern. Die geringe Anzahl von zwei Diabetikern ist jedoch nicht ausreichend, um darüber eine Aussage zu treffen.

Insgesamt waren Gram-negative Pathogene weitaus häufiger anzutreffen als Gram-positive Infektionserreger. Am *Großglockner* war die Anzahl der Pathogene weitaus höher. Es wurden keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen gefunden, welche das erklären würden. Die Probanden der beiden Gruppen unterschieden sich in Alter, Größe, Gewicht etc. nur unwesentlich von einander. Einzig die Aufstiegszeit war am *Großglockner* im Schnitt um ca. 42 min länger.

Es gab weiters auch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede. Die Frauenanzahl war aber mit insgesamt nur 22 gering. Viele Keime kamen nur sehr selten vor. Diese betreffend war es daher nicht möglich relevante Unterschiede aufzudecken.

Referenzen

- (1) Lacroix C, Baspeyras M, de La Salmonière P, Benderdouche M, Couprie B, Accoceberry I, et al. Tinea pedis in European marathonrunners. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2002 Mar;16(2):139-42.
- (2) Mailler EA, Adams BB. The wear and tear of 26,2: dermatological injuries reported on marathon day. *Br J Sports Med.* 2004 Jan;38:498-501.
- (3) Alvarez MI, Caicedo LD. Medically important funghi found in hallux nails of university students from Cali, Colombia. *Mycopathologia.* 2007 Jun;163(6):321-5.
- (4) Adams BB. Dermatologic disorders of the athlete. *Sports Med.* 2002;32(5):309-21.
- (5) Townes DA. Wilderness medicine – strategies for provision of medical support for adventure racing. *Sports Med.* 2005;35(7):557-64.
- (6) Montalvo R, Wingard DL, Bracker M, Davidson TM. Morbidity and mortality in the wilderness. *West J Med.* 1998 Apr;168(4):248-54.
- (7) Knapik JJ, Hamlet MP, Thompson KJ, Jones BH. Influence of boot-sock systems on frequency and severity of foot blisters. *Military Med.* 1996 Oct;161:594-8.
- (8) Misner BD. A novel aromatic oil compound inhibits microbial overgrowth on feet: a case study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2007 Jul 13;4:3.
- (9) Knapik JJ, Reynolds K, Barson J. Influence of an antiperspirant on foot blister incidence during cross-country hiking. *J Am Acad Dermatol.* 1998 Aug;39(2):202-6.
- (10) Byrant JA, Lamanna C, Morlon H, Kerkhoff AJ, Enquist BJ, Green JL. Microbes on mountainsides: contrasting elevational patterns of bacterial and plant diversity. Arthur M. Sackler Colloquium of the National Academy of Sciences, “In the Light of Evolution II: Biodiversity and Extinction”. 2007 Dec 6-8; Irvine, Canada.

- (11) Vincent K, Rotstein C. Bacterial skin and soft tissue infections in adults: a review of their epidemiology, pathogenesis, diagnosis, treatment and site of care. *Can J Infect Dis Med Microbiol.* 2008 Mar;19(2):173-84.
- (12) Roujeau JC, Sigurgeirsson B, Korting HC, Kerl H, Paul C. Chronic dermatomycoses of the foot as risk factors for acute bacterial cellulitis of the leg: a case-control study. *Derm.* 2004 Aug;209:301-7.
- (13) Stulberg DL, Penrod MA, Blatny RA. Common bacterial skin infections. *American Fam Physic.* 2002 Jul;66(1):119-124.
- (14) Björnsdóttir S, Gottfredsson M, Thorisdóttir AS, Gunnarsson GB, Ríkardsdóttir H, Kristjánsson M et al. Risk factors for acute cellulites of the lower limb: a prospective case control study. *Clin Infect Dis.* 2005 Nov 15;41(10):1416-22.
- (15) Bergfeld WF, Taylor JS. Trauma, sports, and the skin. *Am J Ind Med.* 1985 Jun 19;8(4-5):403-13.
- (16) Rohrbach D, Die Prävalenz der Keratolysis sulcata (Pitted Keratolysis) bei Leistungssportlern. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Medizin an der Universitätsklinik und Poliklinik für Dermatologie und Venerologie/ Martin Luther Universität Halle Wittenberg. 2000 Dez;1-32
- (17) Bansal E, Garg A, Bhatia S, Attri A, Chander J. Spectrum of microbial flora in diabetic foot ulcers. *Indian J Pathol Microbiol.* 2008 Apr-Jun;51(2):204-8.
- (18) Harrison SJ, Cochrane L, Abboud RJ, Leese GP. Do patients with diabetes wear shoes of the correct size?. *Int J Clin Pract.* 2007 Nov;61(11):1900-4.
- (19) Meyer AF, Lipson DA, Martin AP, Schadt CW, Schmidt SK. Molecular and metabolic characterization of cold tolerant alpine soil *Pseudomonas sensu strictu*. *Appl Environ Microbiol.* 2004 Jan;70(1):483-9.
- (20) Yang SS, Tsai SH, Fan HY, Yang CK, Hung WL, Cho ST. Seasonal variation of microbial ecology in hemlock soil of Tatchia Mountain. *J Microbiol Immunol Infect.* 2006 Jun;39(3):195-205.

- (20) Schrier A, Greebel G, Attia H, Trokel S, Smith EF. In vitro antimicrobial efficacy of riboflavin and ultraviolet light on *Staphylococcus aureus*, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, and *Pseudomonas aeruginosa*. *J Refract Surg*. 2009 Sept; 25:799-802.
- (22) Valentin T, Hoenigl M. Infektionskrankheiten in der Alpin- und Höhenmedizin. Imst (Austria): Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin; 2009. 181-193. (Jahrbuch 2009: Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin).
- (23) Hahn H, Adler K, Schad D, Ulrich T. Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie. 6th ed. Heidelberg: Springer Medizinverlag; 2009. p. 284
- (24) Sebeny BJ, Riddle MS, Petersen K. *Acinetobacter baumannii* skin and soft tissue infection associated with war trauma. *Clin Infect Dis*. 2008 Aug 15;47(4):444-9.
- (25) Ward MP, Milledge JS, West JB. High altitude medicine and physiology. London: Chapman and Hall Ltd; 1989. p. 337-8.
- (26) Manna I, Pradhan D, Ghosh S, Kar SK, Dhara P. A comparative study of foot dimensions between adult male and female and evaluation of foot hazards due to using of footwear. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2001 Jul;20(4):241-6.
- (27) Peters P, Runge J. Electronic plantar pressure measurements in different types of mountaineering boots. *Sportverletz Sportschaden*. 2001 Jun;15(2):40-4.
- (28) Yavuz M, Davis BL. Plantar shear stress distribution in athletic individuals with frictional foot blisters. *Jam Podiatr Med Assoc*. 2010 Mar-Apr;100(2):116-20.
- (29) Knapik JJ, HamletMP, Thompson KJ, Jones BH. Influence of boot-sock systems on frequency and severity of foot blisters. *Military Med*. 1996 Oct; 161:594-8.
- (30) Poretz SL. First-aid supplies for backpacking. *Br J Sports Med*. 1992 Mar;26(1):48-50.

(31) Berghold F, Schaffert W. Handbuch der Trekking- und Expeditionsmedizin: Praxis der Höhenanpassung – Therapie der Höhenkrankheit. 7th ed. München(Germany): DAV Summit Club GmbH; 2009. 60-2.

Anhang

Fragebogen zum Thema infizierte Blasen

Fragen bezüglich der Schuhe:

Wie alt sind die Schuhe?

Aus welchem Material sind die Schuhe?

Leder
Synthetisches Material
Gore Tex
Andere :

Aus welchem Material sind die Socken ?

Wolle
Synthetik
Baumwolle
Andere

Wurden die Schuhe jemals mit Desinfektionsmittel behandelt ? Ja Nein

Wenn ja , wann ?

Wie ist der Zustand der Schuhe ?

Neu
Getragen
(stark) abgenützt

Wie häufig wurden die Schuhe benutzt?

>2x pro Woche
2x pro Woche bis 2x pro Monat
<2x pro Monat

Feuchtigkeit der Schuhe:

Fragen bezüglich der ProbandInnen

Wie lange war der/die ProbandIn unterwegs ?

Welche Strecke hat er/ sie für den Aufstieg benutzt ?