

Adrenalin-Kick und grosse Höhe

# Herz-Kreislauf-Anpassung – ein Erfahrungs-Bericht vom Paratrekking Himalaya 2011

BASEL – Gleitschirmfliegen ist ab einer gewissen Höhe nur mit Sauerstoff möglich. Was es zu beachten gilt, zeigt dieser Erfahrungsbericht von Dr. Moritz Dau. Empfehlungen aus medizinischer Sicht.

Grundsätzlich können Sauerstoffmangel-Auswirkungen in zwei Gruppen aufgeteilt werden: Folgen eines akuten Mangels während eines Fluges in extremer Höhe sowie verzögerte Auswirkungen eines Aufenthalts in einer Höhe mit vermindertem Sauerstoffgehalt. Beide Gruppen betreffen den Gleitschirm-Piloten, der in extremer Höhe fliegt.

**Höhenadaptation und Höhenkrankheit**

Auf einer Höhe von 2500 m.ü.M. ist die Luft bereits deutlich dünner. Auf 5500 m.ü.M. hat sich die Sauerstoff-Dichte halbiert. Da die Höhenkrankheit ab einer Höhe von 2500 m.ü.M. auftreten kann, müssen beim weiteren Anstieg die Akklimatisations-Regeln eingehalten werden. Am wichtigsten ist, dass die durchschnittliche Steigerung der Schlafhöhe 300 bis 500 Höhenmeter pro 24 Stunden nicht übersteigen darf. Um hierbei den Körper noch mit dem nötigen Sauerstoff versorgen zu können, müssen bei gleicher Anstrengung viel grössere Luftmengen ein- und ausgeatmet werden. Das heisst, man muss viel mehr und tiefere Atemzüge pro Minute machen. Aber auch so kann man nicht den vollen Sauerstoff-Partialdruck im Blut erreichen. Als Folge gerät man schneller ausser Atem. Die körperliche Leistungsfähigkeit sinkt.

Es gibt eine Reihe von Mechanismen, die dazu dienen, einen ausreichenden Sauerstoffgehalt im Gewebe aufrecht zu erhalten. Hierzu gehören die schnellere und tiefere Atmung, eine vermehrte Lungendurchblutung, Steigerung der Herzarbeit, verbesserte Sauerstoff-Bindung an das Hämoglobin und Sauerstoff-Abgabe ins Gewebe. Ausserdem wird das Blut basischer, da durch die vermehrte Atmung auch vermehrt CO<sub>2</sub> aus dem Blut abgeatmet wird. Die Niere versucht dies auszugleichen, indem sie mit dem Urin Basen ausscheidet. Diese Mechanismen setzen sofort ein. Bei einem längeren Aufenthalt

kommen weitere Anpassungsmechanismen hinzu.

Das wichtigste Beispiel ist die Vermehrung der roten Blutkörperchen, die für den Sauerstoff-Transport verantwortlich sind. Die meisten Anpassungsmechanismen setzen in den ersten Tagen ein. Die nahezu vollständige Anpassung ist allerdings erst nach ein bis zwei Monaten erreicht.

**Was passiert bei einem zu schnellen Aufstieg?**

Bei einem zu schnellem Aufstieg sind die Anpassungs-Systeme überfordert, und der Sauerstoffmangel im Gewebe nimmt zu. Der Elektrolyt-Haushalt der Zellen ist gestört. Der Wassergehalt steigt (Ödeme).

Am anfälligsten auf diese Veränderungen ist das Gehirn. Es kommt zur akuten Bergkrankheit (AMS), die meist mit Kopfschmerzen beginnt (siehe Tabelle unten links). Als schwere und lebens-



Gleitschirm-Pilot Mike Küng vor dem Thamserku (6618 m).

**Probleme in grosser Flughöhe**

Während des Fluges sind die Folgen des akuten Sauerstoffmangels gefährlich. Hier stellt die Unterversorgung des Gehirns

in grosser Höhe «nur» eine Sauerstoff-Unterversorgung besteht, ist die Bewusstseinsveränderung, die der Bewusstlosigkeit vorangeht, entscheidend. Hier sind allerlei Zustände beschrieben: Müdigkeit, Euphorie, Halluzinationen, Selbstüberschätzung usw. Auf jeden Fall nimmt die Hirnleistung zunehmend ab.

In Militärversuchen wurde gezeigt, dass selbst leichte Rechenaufgaben bei sogar steigender Selbsteinschätzung nicht mehr gelöst werden konnten. Die durchschnittliche Zeit, die in einer gewissen Höhe bleibt, um noch klar denken und richtige Entscheidungen treffen zu können, wurde ebenfalls durch Versuche in Unterdruckkammern ermittelt. Sie beträgt auf 5486 m.ü.M. 20 bis 30 Minuten und auf 7620 m.ü.M. etwa 4 Minuten.<sup>1,2,3</sup> Diese Angaben gelten für gesunde Menschen. Raucher beispielsweise zeigen deutlich verkürzte Zeiten. Körperliche Anstrengung verkürzt ebenfalls diese Zeitangaben. Kurze Flüge (bis 20 Min.) in Höhen unter 5500 m.ü.M. sollen demnach eine geringe Gefahr darstellen. Darüber hinaus ist die Zugabe von Sauerstoff empfehlenswert. Bei einer guten Akklimatisierung nimmt die tolerierbare Höhe entsprechend zu. Es ist zu beachten, dass die Höhenverträglichkeit individuellen Schwankungen unterliegt. Ebenfalls bewirkt der verminderte Luftdruck in grossen Höhen Veränderungen. Es kommt zu Wasser-Einlagerungen und Schwellungen besonders am Gesicht und Kopf sowie an den Händen. Dies ist ungefährlich. Doch in Höhen über 7000 Meter sollte der Helm eine Nummer zu gross oder flexibel sein.

**Probleme mit den Sauerstoff-Masken**

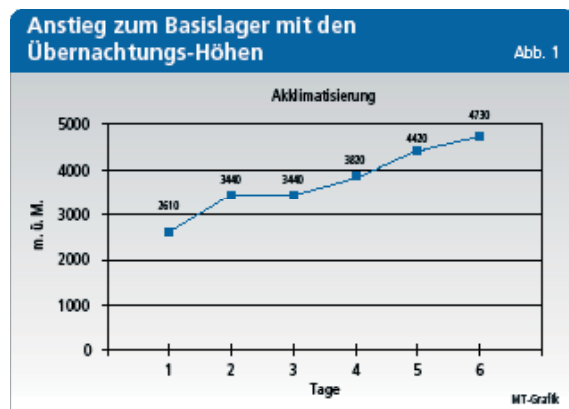
Die vor Ort ausleihbaren Sauerstoff-Systeme POISK werden in Russland hergestellt und üblicherweise zur Besteigung des Mount

Everest benutzt.<sup>4</sup> Hierfür haben sie sich bewährt. Für Gleitschirm-Piloten stellen diese Masken allerdings aus verschiedenen Gründen ein Problem und sogar ein grosses Risiko dar. Während bei Gebrauch der Masken als Bergsteiger Unterbrechungen der Sauerstoff-Zufuhr erkannt und beseitigt – also toleriert werden können, besteht beim Fliegen hingegen nahezu keine Möglichkeit, einen Abbruch der Sauerstoffsubstitution zu erkennen. So können unbemerkt die gefährlichen akuten Veränderungen des Bewusstseins eintreten und zu folgensweren Fehleinschätzungen und -entscheidungen bei den Piloten führen.

Bei Testflügen konnten unsere Piloten verschiedene mögliche Fehlerquellen erkennen: Ursächlich für ein Versagen der kontinuierlichen Sauerstoffzufuhr waren beispielsweise Ventilvereisungen, Löcher im Reservoir, poröse sich lösende Schläuche, leere Flaschen usw. Auch gestaltete sich die Flaschenbefestigung schwierig. Die Flaschen waren schwer (ca. 4 kg) und reduzierten die Bewegungsfreiheit. Das Gesichtsfeld wurde insbesondere beim anspruchsvollen Thermikflug durch die Maske zu sehr eingeschränkt.

Ein Maskensystem, das für einen Gleitschirmflug in extremer Höhe taugen soll, muss also mindestens eine gute Bewegungsfreiheit, grosse Verlässlichkeit und eine Überwa-

Fortsetzung auf Seite 28



gefährliche Komplikationen gelten das Höhen-Lungenödem (HAPE) und -Hirnödem (HACE), die ein sofortiges medizinisches Eingreifen und einen Abstieg in tiefere Höhen erfordern.

Die Symptome der Höhenkrankheit treten mit einer Verzögerung von einigen Stunden auf und sind daher auch nach einem Flug zu beachten.

entscheidende Gefahr dar. Das Gehirn benötigt pausenlos Sauerstoff, um zu funktionieren. Bricht im Extremfall die Versorgung ab, kommt es nach Unterbrechung der Blutversorgung (nach wenigen Sekunden) und nach Unterbrechung der Atmung (nach wenigen Minuten) zur Bewusstlosigkeit, anschliessend zum Absterben von Gehirnzellen und zum Tod. Da aber

Symptome der Höhenkrankheiten		
Acute Mountain Sickness AMS (Akute Bergkrankheit)	High Altitude Pulmonary Edema HAPE (Höhen-Lungenödem)	High Altitude Cerebral Edema HACE (Höhen-Hirnödem)
Kopfschmerzen	Husten	sehr starke Kopfschmerzen
Übelkeit, evtl. Erbrechen	evtl. mit blutigem Auswurf	Doppelbilder
Müdigkeit, Schwäche	sehr schneller Puls und Atmung in Ruhe	Benommenheit, zunehmender Bewusstseins-Verlust
Schlafstörungen	Lungenrasseln	Gangunsicherheit (Ataxie)
Appetitlosigkeit	Blaufärbung (Zyanose)	zunehmendes Erbrechen



**Angaben zum Autor**

Dr. Moritz Dau, Facharzt für Allgemeinmedizin FMH, unterstützte die Gruppe der Piloten im Himalaya als ausgebildeter Gebirgsmediziner und Notarzt. Er ist selbst Gleitschirmpilot und stand als begeisterter Bergsportler bereits auf vielen hohen Gipfeln der Alpen. Als Expeditionsarzt hat er die Besteigungen von mehreren 6000ern in den Anden begleitet.

Dr. Dau arbeitet an der Schmerzklinik Basel mit dem Schwerpunkt Behandlung von Schmerzen am Bewegungsapparat. Seine Zusatzausbildungen: Sportmedizin SGSM, Manuelle Medizin SAMM und Interventionelle Schmerztherapie SSIPM. [www.schmerzklinik.ch](http://www.schmerzklinik.ch)

## Kardiale Marker

## Wichtige Entscheidungshilfen im Praxis-Alltag

BASEL – Kardiopulmonale Erkrankungen machen einen wesentlichen Teil der Diagnosen in einer Hausarzt-Praxis aus. In der Regel handelt es sich um folgenschwere Diagnosen, bei denen eine schnelle Behandlung essenziell ist. Den in den letzten Jahren neu entwickelten labordiagnostischen Parametern kommt für die Diagnose eine wesentliche Rolle zu. Welche Auswirkungen die Verfügbarkeit und Durchführung dieser Tests in der Hausarzt-Praxis haben, sagt Professor Dr. Christian Müller im Interview.

### NT-proBNP – Herzinsuffizienz

Frühe Diagnose und frühzeitige Therapie einer Herzinsuffizienz sind

prognostisch wichtig. Oftmals ist jedoch die klinische Symptomatik eher unspezifisch. Welchen Nutzen hat die Bestimmung des NT-proBNP oder BNP in dieser Situation?



Prof. Dr. Christian Müller  
Leitender Arzt  
Kardiologie  
Universitätsklinikum  
Basel

Foto: www.unibas.ch

Prof. Christian Müller: Natriuretische Peptide wie z.B. NT-proBNP und BNP sind aussagekräftige diagnostische

und prognostische Marker für die akute und chronische Herzinsuffizienz. Natriuretische Peptide werden vom Myokard bei einem Dehnungsreiz aufgrund der erhöhten Wandspannung freigesetzt und können so als quantitative Herzinsuffizienz-Marker angesehen werden. ProBNP wird zunächst als Prohormon synthetisiert und nach Stimulation der Kardiomyozyten in NT-proBNP und BNP gespalten.

Für beide Biomarker wurde ihr Nutzen in mehreren grossen Studien v.a. für folgende Situationen dokumentiert: erstens haben sie eine hohe diagnostische Genauigkeit für die Unterscheidung zwischen Herzinsuffizienz versus pulmonalen Ursachen bei akuter Atemnot, zweitens erhöht die Verwendung von natriuretischen Peptiden zusätzlich zu allen ande-



### ▶ Herz-Kreislauf ... Fortsetzung der Seite 26

chungsmöglichkeit der kontinuierlichen Sauerstoffzufuhr bieten. So kann der Pilot im Notfall rechtzeitig Höhe abbauen.

### Akklimatisierung während der Expedition

Nach einer Nacht in Kathmandu landeten wir in Lukla und starteten so die Akklimatisierung auf 2700 m.ü.M. (siehe Abb. 1 auf Seite 26). Dort verkürzten wir unseren Aufstieg um einen Tag, damit wir unser Basislager so früh wie möglich erreichen konnten. Wir übernachteten in Phakding (2610 m.ü.M.). Die nächsten zwei Nächte verbrachten wir in Namche Bazar auf 3440 m.ü.M. mit einem Extra-Tag zur Höhenanpassung und zur Materialkontrolle. Bei einem noch schnelleren Aufstieg wäre das Risiko, schwere Höhenkrankheits-Symptome zu provozieren, unverhältnismässig stark angestiegen.

Nach einer Übernachtung in Deboche (3820 m.ü.M.) überschritten wir die Baumgrenze und erreichten unsere beiden Basislager Dingboche (4420 m.ü.M.) und Chhukung (4730 m.ü.M.). Von dort aus unternahmen unsere Piloten die ersten Thermikflüge. Auf dieser Höhe zeigte ein Teil der Gruppe Symptome der akuten Bergkrankheit AMS wie Kopfschmerzen, Übelkeit und Schlafstörungen. Ein Aufsteigen mit dem Gleitschirm auf 6000 m.ü.M. ohne Sauerstoff-Substitution wäre in diesem Stadium der Höhenanpassung sicher kritisch gewesen. Nach weiteren fünf Tagen Akklimatisierung hätten kurze Flüge bis 7000 m.ü.M. mit einem nur geringen Risiko eines Sauerstoffmangels durchgeführt werden können. Auf noch grösseren Höhen hätte jeder Flug nur mit kontinuierlicher Sauerstoffzugabe erfolgen dürfen.

Dr. Moritz Dau, Expeditionsarzt,  
Paratrekking Himalaya 2011

1. Wolff M, Cabin Decompression and Hypoxia, 2006
2. [www.theairlinepilots.com/medical/decompressionandhypoxia.htm](http://www.theairlinepilots.com/medical/decompressionandhypoxia.htm)
3. [http://en.wikipedia.org/wiki/Time\\_of\\_useful\\_consciousness](http://en.wikipedia.org/wiki/Time_of_useful_consciousness)
4. <http://peakfreaks.com/oxygen.htm>

**THE POWER OF 3**  
Amlodipin, Valsartan und HCT in einer Tablette

Starke systolische Blutdrucksenkung bis zu 50 mmHg<sup>1</sup>  
in der Hochdosis

Klassischer Wirkstoff

**EXPORSE HCT**  
Amlodipin / Valsartan / Hydrochlorothiazid

**NOVARTIS**

Novartis Pharma AG, 4002 Basel, Tel. 051 2771111, [www.novartis.ch](http://www.novartis.ch)



ren Standarduntersuchungen, wie Anamnese, klinische Untersuchung, EKG und Thorax-Röntgen, die diagnostische Genauigkeit signifikant, und drittens verbessert die Verwendung von natriuretischen Peptiden das Patienten-Management und reduziert die Behandlungskosten. Dies liegt vor allem daran, dass ein niedriger Wert für NT-proBNP oder BNP einen sehr hohen negativ prädiktiven Wert hat, und damit die Herzinsuffizienz ohne weitere Untersuchungen schnell und kostengünstig ausgeschlossen werden kann.

#### Welche Bedeutung hat Ihrer Meinung nach die frühzeitige Diagnostik einer Herzinsuffizienz in der Hausarzt-Praxis?

Die frühe Diagnose der Herzinsuffizienz beim Hausarzt ermög-

#### In welchen Fällen kommt der Bestimmung des NT-proBNP als diagnostischem Marker eine entscheidende Rolle zu?

Bei allen Patienten mit akuter Dyspnoe zur Unterscheidung zwischen Herzinsuffizienz und Lungen-Erkrankung, und auch beim Therapie-Monitoring von Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz.

*Neben der Diagnostik einer chronisch verlaufenden Herzerkrankung erlauben aktuell verfügbare kardiale Marker aber auch wichtige diagnostische Weichenstellungen in Akutsituationen.*

#### Troponin T – Akutes Koronarsyndrom

Troponin T ist ein anerkannter Marker für die Diagnose des akuten Koronarsyndroms. In welchen Fällen ist eine Troponin-T-Bestimmung neben der obligaten EKG-Untersuchung angezeigt?



Medizinische Praxisassistentin bei der Analyse einer Blutprobe.

licht es, frühzeitig in das Krankheitsgeschehen einzugreifen und damit die Prognose des Patienten zu verbessern. Zu diesem Zweck stehen mit den Point-of-Care-Geräten für NT-proBNP und BNP hervorragende Diagnose-Instrumente zur Verfügung.

#### Bei welchen Patienten sollte man eine NT-proBNP- oder BNP-Bestimmung durchführen?

Zum Beispiel bei Patienten mit Diabetes mellitus und Hypertonie. Diese beiden Erkrankungen sind sehr häufig, und die Betroffenen werden hauptsächlich beim Hausarzt betreut. Gleichzeitig sind Diabetes und Hypertonie zwei Hauptursachen für eine Herzinsuffizienz. Ein konsequentes Echo-Screening ist mit den verfügbaren Ressourcen aber kaum möglich, und gelegentlich aufgrund der Schwierigkeit, die diastolische Dysfunktion im Echo gut zu erfassen, auch mit manchen Tücken behaftet. Eine Vorselektionierung durch die Bestimmung von NT-proBNP oder BNP in der Arztpraxis ist deshalb eine effektive Massnahme.

Bei allen Patienten mit Verdacht auf einen akuten Herzinfarkt. Gemäss ESC-Guidelines kann nur durch die Bestimmung von Troponin der Herzinfarkt sicher nachgewiesen bzw. ausgeschlossen werden.

#### Einige Ärzte verzichten auf die Troponin-T-Bestimmung und veranlassen bei Patienten mit Verdacht auf Herzinfarkt direkt eine Hospitalisierung. Was spricht gegen diesen Ablauf?

Dieses Vorgehen ist absolut sinnvoll bei Patienten mit hochgradigem Verdacht auf einen akuten Myokard-Infarkt, ebenso wenn der Arzt keine Möglichkeit hat, das Troponin direkt in der Praxis zu bestimmen. Gerade bei Patienten, bei denen der Beginn des Thoraxschmerzes schon mehr als sechs Stunden zurückliegt ist die Point-of-Care-Bestimmung von Troponin in der Praxis aber ein wichtiger Baustein.

Bei niedriger klinischer Vor-test-Wahrscheinlichkeit und verlässlichen anamnestischen Angaben bezüglich Beginn des Thoraxschmerzes sowie unauf-

fälligem 12-Kanal-EKG, erlaubt die Troponin-Bestimmung dem Hausarzt, den Herzinfarkt sicher auszuschliessen und damit unnötige Hospitalisierungen zu vermeiden.

#### Ändert sich das Vorgehen in der Arztpraxis durch den hochsensitiven (hs) Troponin-T-Test, der neu für Grosssysteme zur Verfügung steht?

Die Bestimmung des Troponin T mit Point-of-Care (POC)-Systemen im niedergelassenen Bereich bleibt weiterhin ein wichtiges Hilfsmittel für die rasche Infarkt diagnose. Die Resultate aus der POC-Messung erlauben eine sofortige Einleitung der Behandlung und stellen eine wichtige Entscheidungshilfe für die Patienten-Überweisung dar. Zurzeit existiert kein «hs Troponin T» für die POC-Systeme, aber in vielen Verdachtsfällen ermöglicht die schnelle POC-Troponin-T-Bestimmung eine rasche Weichenstellung in der ärztlichen Praxis.

*Auch bei Verdacht auf Lungenembolie hat das Labor eine zentrale Bedeutung im Entscheidungsprozess.*

#### D-Dimer – Beinvenenthrombose und Lungenembolie

Mit der D-Dimer-Bestimmung steht ein etablierter Marker für thromboembolische Ereignisse zur Verfügung. Wie relevant ist dieser Labor-Test in der Arzt-Praxis?

Tiefe Venenthrombosen und Lungenembolie können aufgrund klinischer Symptome allein oftmals nicht schlüssig diagnostiziert werden, sind aber enorm häufige Differenzialdiagnosen in der Hausarzt-Praxis. Durch die Bestimmung von D-Dimer im Praxislabor können, falls die D-Dimere negativ sind, bei niedriger oder mittelhoher klinischer Vor-test-Wahrscheinlichkeit, diese Erkrankungen ausgeschlossen werden. D-Dimer hat einen sehr hohen negativ prädiktiven Wert, d.h. ein negatives Resultat erlaubt, eine tiefe Venenthrombose und/oder Lungenembolie weitgehend auszuschliessen.

#### Wie sieht der weitere Abklärungsgang bei einem positiven Resultat aus?

Wenn bei einem Patienten mit klinischem Verdacht auf eine Lungenembolie oder tiefe Beinvenenthrombose D-Dimer positiv ist, muss eine bildgebende Untersuchung folgen, in der Regel das Thorax-Röntgen bei Verdacht auf Lungenembolie oder die Kompressions-Sonographie der Beinvenen bei Verdacht auf tiefe Beinvenenthrombose.

#### Aus welchem Grund wird oft empfohlen, eine Troponin-T-Messung durch eine D-Dimer-Bestimmung zu ergänzen?

Es ist nicht sinnvoll, die beiden Marker immer zusammen zu bestimmen. Aber es gibt sicher viele Patienten, bei denen sowohl der akute Herz-



# Sehen Sie einen Unterschied?

INS-10-007

infarkt als auch die Lungenembolie in der Differenzialdiagnose sind. Bei diesen Patienten braucht es die Bestimmung beider Marker.