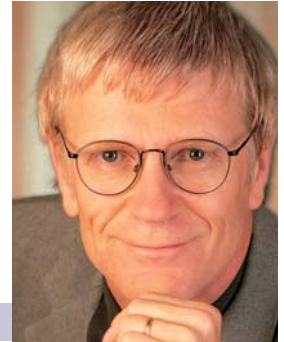


# Höhenverträglichkeit bei kardiovaskulären Erkrankungen



Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Domej

## Alpinmedizinische Beratung

Beratung und Behandlung von Menschen mit Vorerkrankungen und dem Wunsch eines Höhengaufenthaltes stellen eine wichtige präventivmedizinische Herausforderung für jeden praktizierenden Arzt dar und sollten das individuelle gesundheitliche Risiko erfassen helfen. Höhen zwischen 1.200 und 2.200 m gelten als therapeutisch wirksam (therapeutische Höhe), wobei die arterielle Sauerstoffsättigung in Ruhe noch im Normalbereich liegt. Beratungen bezüglich Höhenexpositionen sollten Höhenprofil, körperliche Anforderungen, Leistungsfähigkeit, Höhenanamnese sowie die Auslotung der regional zu erwartenden medizinischen Infrastruktur berücksichtigen. Ein Restrisiko, das vor dem Hintergrund eingeschränkter Hilfsmöglichkeiten in großer Höhe bei Menschen mit

Abbildung 1



Grundsätzlich besteht kein Einwand gegen alpinistische Betätigung von Patienten mit chronischen Vorerkrankungen und stabilem Verlauf.

gesundheitlichen Problemen zu erwarten ist, bleibt jedoch bestehen (Abb. 1).

## Physiologie

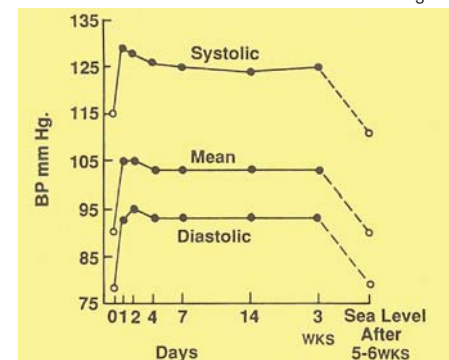
Mit steigender Höhe ist der Organismus einem zunehmenden Grad an hypobarer Hypoxie ausgesetzt. Dadurch werden Anpassungsvorgänge in Gang gesetzt, die zur Aufrechterhaltung vitaler Funktionen während eines akuten oder länger dauernden Höhengaufenthaltes erforderlich sind. Das Verständnis komplexer Akklimatisationsvorgänge reicht heute bis auf die molekulare Ebene. Es ist unrichtig zu glauben, nur völlig Gesunde seien höhentauglich. Wie die Praxis zeigt, können Menschen mit stabilen chronischen Krankheitsbildern wie arterieller Hypertonie, koronarer Herzkrankheit, Diabetes mellitus, metabolischem Syndrom oder obstruktiven Atemwegserkrankungen ebenso alpine Sportarten wie Wandern, Bergsteigen und Alpinschifahren weitgehend risikolos ausüben (Abb. 1). Physiologische Effekte großer Höhen unterscheiden sich bei Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen grundsätzlich nicht von jenen gesunder Alpinsportler, wobei Ausmaß und Dauer der Veränderungen individuell unterschiedlich sein können. Der Hypoxiereiz der Höhe führt über eine adrenerge Stimulation zu Puls- und Blutdruckanstieg, Anstieg des zirkulierenden Blutvolumens sowie gesteigertem Atemtrieb (Adaptation). Im Rahmen der dauerhaften Höhenanpassung (Akklimatisation) kommt es beim Gesunden zeitabhängig zu einer Nivellierung des arteriellen Blutdruckes über dem Ausgangswert auf Nor-

malhöhe; letzterer wird erst nach Rückkehr in Tallage wieder erreicht (Abb. 2). Auch die gleichzeitig stattfindende pulmonalarterielle Druckerhöhung bleibt für die Zeit des gesamten Höhengaufenthaltes infolge hypoxischer pulmonaler Vasokonstriktion bestehen.

## Leistungseinschränkung in der Höhe

Bereits für Gesunde bedeutet ein rascher Höhengewinn über 2.500 m einen Hypoxämiegrad, der sich in einer zunehmenden Einschränkung der aeroben Leistungsfähigkeit niederschlägt. Bei Untrainierten beginnt die höhenbedingte Abnahme der  $VO_{2max}$  bereits in einer Höhe von 1.500 m und fällt bei weiterem Höhenanstieg um etwa 10% für jeweils weitere 1.000 Höhenmeter ab (Abb. 3). In diesem Zusammenhang sind für Patienten mit ischämischen Krankheitsbildern gerade die ersten Tage nach einem akti-

Abbildung 2



Blutdruckverhalten im Zeitverlauf während eines Höhengaufenthaltes gesunder Probanden zwischen 3.500 m und 4.000 m bei (Alpinmedizinisches JB, 1998).

ven oder passiven Höhengewinn von Bedeutung. Die Ausdauerleistungsfähigkeit kann bei Gesunden wie auch bei Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen durch Höhentaining gesteigert werden (Abb. 4). Es bleibt allerdings weiterhin unbeantwortet, warum das klassische Höhentaining nicht generell zu einer Leistungssteigerung führt.

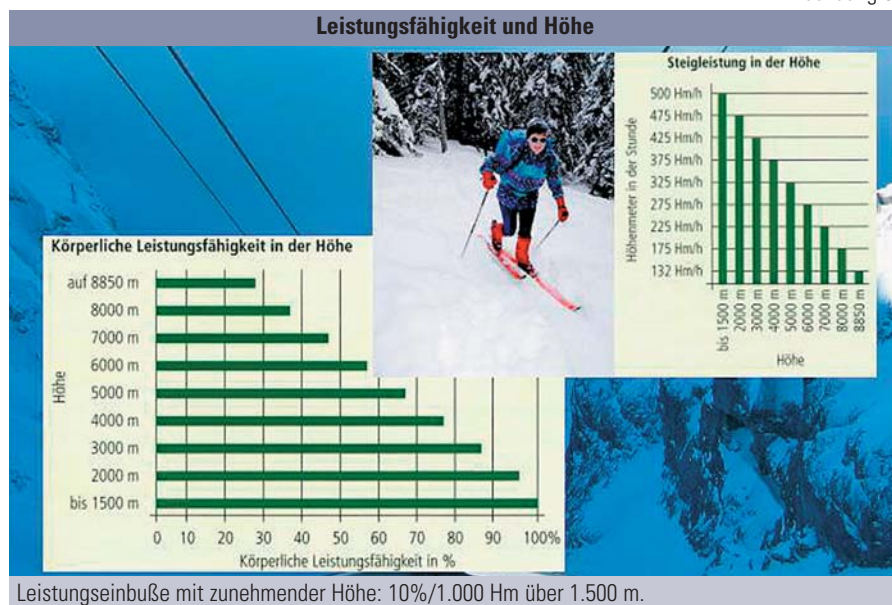
### Herzinsuffizienz und Höhe

Bei Herzinsuffizienzpatienten sollte man berücksichtigen, dass für jede gegebene Höhe die Abnahme der maximalen aeroben Belastbarkeit bei mäßig-moderater Herzinsuffizienz doppelt, bei schwerer bis zu viermal so groß sein kann wie bei Herzgesunden. Obwohl die myokardiale Kontraktilität unter der Hypoxämie mittlerer Höhen kaum beeinträchtigt ist, kann eine Neigung zu Flüssigkeitsretention im Rahmen einer beginnenden Höhenunverträglichkeit (AMS, akute Bergkrankheit) zur Zunahme einer latenten Herzinsuffizienz führen. Im Rahmen einer Höhenstudie unter Belastungsbedingungen konnte echokardiographisch bei Patienten mit anginösen Beschwerden eine Abnahme der linksventrikulären Auswurfleistung bei gleichzeitiger Zunahme des enddiastolischen und systolischen Volumens beobachtet werden, was in erster Linie auf eine Flüssigkeitsretention infolge akuter Hypoxieeinwirkung zurückgeführt wurde.

Herzinsuffizienzpatienten mit verminderter myokardialer Kontraktilität, die auf Flüssigkeitsüberladung besonders empfindlich reagieren, sollten in großen Höhen besondere Vorsicht und Aufmerksamkeit an den Tag legen und auf mögliche AMS-Symptome achten. In diesem Zusammenhang benötigen Patienten mit Herzinsuffizienz eine Intensivierung ihrer diuretischen Therapie, bevor sie in ungewohnte Höhe vordringen und sollten besonders auf Blutdruck, periphere Ödeme, Harnmenge und thorakale Kongestion achten. Als prophylaktische Gabe sollte die Verabreichung des Diuretikums Acetazolamid (Diamox®) in Betracht gezogen werden, zumal es auch den Akklimatisationsvorgang beschleunigen und akuter Bergkrankheit vorbeugen kann.

### Blutdruck und Höhe

Die Inzidenz der KHK und arteriellen Hypertonie ist unter südamerikanischen Hochlandbewohnern sehr gering, was je-



doch nicht impliziert, dass sich diese Krankheitsbilder bei Flachländern unter dem Einfluss der Höhe bessern. Immerhin konnte bei Patienten mit milder arterieller Hypertonie nach aktivem Aufstieg und längerem Aufenthalt in 3.000 m Höhe eine Abnahme des systolischen und diastolischen Blutdruckes registriert werden. Bei sehr kurzzeitiger Höhenexposition steigt der arterielle Blutdruck in Ruhe kaum an, da eine akute Hypoxie antagonistisch zum Sympathikus und zur Vasodilatation führt. Kardiovaskuläre Risikofaktoren können durch große Höhe beeinflusst werden. So kann unter adrenerger Stimulation auf 4.300 m auch der Blutdruck gesunder Individuen um mehr als 10 mmHg gesteigert werden. Es ist nicht bekannt, ob höhenbedingte Blutdruckänderungen bei Patienten mit hypertensiver Kreislaufregulation höher oder niedriger ausfallen als bei normotensiven Individuen. Für Trekking bis 5.000 m ist neben klinischer Stabilität eine solide körperliche Leistungsfähigkeit erforderlich (Abb. 4). Ausdauertrainierte Hypertoniker mit medikamentös stabilisiertem Blutdruck sind durchaus in der Lage an einem Höhentrekking ohne gesundheitliche Gefährdung teilzunehmen. Sie sollten jedoch zu Blutdruck-Selbstmessungen angehalten werden und über Erfahrung bei der Dosisanpassung und Notfallmedikation verfügen.

### Metabolisches Syndrom und Höhe

Bei adipösen Patienten kann ein Aufenthalt in großer Höhe zu einer Gewichtsabnahme beitragen, da unter Hö-

henhypoxie der Grundumsatz ansteigt. Dieser ist in 4.300 m gegenüber dem Meeresspiegel um 20% erhöht. Für mittlere Höhen konnte die AMAS-2000-Studie bei Patienten mit metabolischem Syndrom klar aufzeigen, dass der blutdrucksenkende Effekt eines dreiwöchigen Trainingsprogramms die Auswirkungen der Hypoxie auf das Gefäßsystem übertrifft.

### Koronares Risiko von Höhenbewohnern

Es gibt Hinweise, dass die Inzidenz der KHK und auch die Zahl letaler kardialer Ereignisse bei Höhenbewohnern geringer ist als in niedrigen Höhen bzw. auf Normalhöhe. Sichere Rückschlüsse sind jedoch auf Basis der wenigen vorliegenden Daten und auf Grund meist unberücksichtigter Variabler wie Alter, Geschlecht, Genetik, Rauchgewohnheiten, Ernährung, körperliche Belastung oder erkrankungsbedingtem Verzug in tiefere Lagen nicht zulässig. In keiner Untersuchung konnte jemals eine erhöhte KHK-Inzidenz bei Höhenbewohnern nachgewiesen werden. Sequenzielle Autopsien von 300 andischen Hochlandbewohnern zeigten in keinem einzigen Fall eine myokardiale Infarzierung. Im Vergleich zu gemachten Kontrollen auf Meeressniveau konnte bei postmortalen Untersuchungen zudem eine verstärkte Kapillarisation des Myokards als mögliche Erklärung für die niedrige Inzidenz ischämischer Ereignisse in der Höhe dokumentiert werden. Das kardiale Risiko von Patienten mit stabiler, therapiekon-

Abbildung 4

Richtmasse für Steigleistung & VO <sub>2max</sub>		
Leistungsgruppe	Steigleistung	VO <sub>2max</sub>
• Untrainierte	300–400 m/h	42–52 ml/kg/min
• Trekking und Hochtouren (3.000–5.000 m)	500 m/h	52–55 ml/kg/min
• Expeditionsbergsteiger (< 5.000 m)	600 m/h	55–64 ml/kg/min
• Extrembergsteiger (> 5.000 m)	600 m/h	65 ml/kg/min

Voraussetzungen für den Alpinsport: Steigleistung und maximale Sauerstoffaufnahme in Normalhöhe bei unterschiedlichen Leistungsgruppen.

trollierter Erkrankung kann bis zur Schwellenhöhe von 2.500 m als gering eingestuft werden. Höhen zwischen 2.500 und 3.500 m sind allerdings nur dann zumutbar, wenn Belastungstests für eine stabile Krankheitsphase sprechen. Dabei sollten eine linksventrikuläre Auswurfleistung > 40% und eine symptomfreie Belastungskapazität ≥ 2 Watt/kg KG ohne signifikante Arrhythmien zur Bedingung gemacht werden.

**Pulmonale Hypertonie und Höhe**

Von obiger Empfehlung sind Patienten mit pulmonaler Hypertonie sowie einseitiger Pulmonalarterienagenese ausgenommen. Bei Überschreitung von 2.000 m haben diese Patienten eine hohe Disposition für ein Höhenlungenödem (HAPE) bzw. eine akute Rechtsherzdekompensation. In Anbetracht der besonderen Stellung der pulmonalen Hypertonie in der Pathogenese der HAPE stellt jedes mit pulmonalarterieller Drucksteigerung einhergehende Krankheitsbild eine relative Kontraindikation für einen Aufenthalt in großen Höhen dar, da die hypoxische pulmonale Vasokonstriktion einen überschießenden Druckanstieg im kleinen Kreislauf mit allen nachteiligen Konsequenzen auslösen kann. Hypoxische Atemluftgemische bei gleichzeitiger Rechtsherzkatheteruntersuchung können zur Abklärung einer individuellen Hypoxietoleranz beitragen.

**Angeborene Herzfehler und Höhe**

Unter hypobarer Hypoxie kommt es infolge erhöhter Resistance der Pulmonalgefäße zu einem Anstieg des pulmonalarteriellen Druckes. Angeborene Herzfehler wie Vorhof- (ASD) oder Ventrikelseptumdefekte (VSD), offenes Foramen ovale (PFO) oder Fallot' Tetralogie zeigen unter diesen Bedingungen einen verstärkten Rechts-Links-Shunt. Die Frage, ob Patienten mit ASD oder VSD auf Grund ihres Shuntvolumens

auch eine höhere Sauerstoffsättigung in der Höhe zeigen, hängt vom Grad der pulmonalarteriellen Druckerhöhung ab. In großer Höhe geborene Kinder mit ASD weisen höhere Druckwerte im Lungenkreislauf auf als vergleichsweise höhengeborene Kinder ohne ASD bzw. in niedrigen Höhen geborene ASD-Kinder. Ob ASD/VSD-Patienten nach operativer Korrektur und Persistenz der pulmonalen Hyperonie weiter häufige Höhenanpassungsprobleme haben, ist anzunehmen, jedoch durch keine Untersuchungen untermauert. Neuere alpinmedizinische Untersuchungen weisen darauf hin, dass auch Menschen mit persistierendem Foramen ovale (PFO) zu dieser Risikogruppe gehören. So fand sich bei HAPE-anfälligen Bergsteigern viermal häufiger ein offenes Formane ovale als bei nichtanfälligen Bergsteigern, wobei der Hypoxämiegrad bei großen PFO in der Höhe höher als bei Gesunden ausfiel. Unbeantwortet bleibt die Frage, ob Defekte, die zu einem verminderten pulmonalen Blutfluss führen (z.B. Pulmonalstenose), einen protektiven Effekt gegenüber HAPE darstellen.

**Flachländer in ungewohnter Höhe**

Nach entsprechender Akklimatisation kann das gesunde Myokard selbst extreme Hypoxämiegrade tolerieren, ohne dass Ischämiezeichen oder Funktionseinschränkungen zu befürchten sind. Bei KHK-Patienten kann zumindest theoretisch eine Einschränkung der Koronarperfusion in ungewohnter Höhe auftreten, indem sich einerseits die Herzarbeit in Ruhe erhöht, andererseits die erforderliche Steigerung der kardialen Perfusion unter Umständen nicht ausreicht. Für Patienten mit KHK bedeutet diese Einschränkung der Belastungsfähigkeit in der Höhe, dass die AP-Symptomatik bereits bei geringen Belastungsgraden auftreten kann. Tatsächlich können atheromatös/arteriosklerotisch veränderte Koronarien unter mäßiger bis auf-

gehobener Vasodilatationsfähigkeit und gestörter vasomotorischer Kontrolle zu einer ungehinderten adrenergen Vasokonstriktion führen und damit eine myokardiale Ischämie in ungewohnter Höhe auslösen. Kälte und Höhenhypoxie können dabei synergistisch wirksam werden und die AP-Symptomatik verstärken.

**Demaskierung einer KHK**

Es gibt sicherlich eine nicht unbedeutliche Zahl an Menschen, die eine signifikante jedoch stumme KHK aufweisen. Bei älteren, körperlich weitgehend inaktiven Personen mit kardiovaskulärem Risikoprofil ist es durchaus denkbar, dass Stenokardien erstmals im Rahmen eines anstrengenden Höhenanstieges auftreten. Es gibt Hinweise, dass eine unverzügliche Belastungsaufnahme in ungewohnter Höhe bei untrainierten nicht akklimatisierten Flachländern mit myokardialer Vorschädigung ein erhöhtes gesundheitliches Risiko darstellt.

Eine KHK wird mit viel größerer Wahrscheinlichkeit durch körperliche Belastung unter Hypoxiebedingungen demaskiert als durch alleinige Hypoxieeinwirkung unter Ruhebedingungen oder Belastung unter Normoxie. In spezialisierten Zentren lässt sich durch ergonomische Belastung unter normobarer Hypoxie (Hypoxiekammer) die ischämische Herzfrequenzschwelle bestimmen. Darunter versteht man jene Herzfrequenz, bei der eine AP-Symptomatik oder eine signifikante ST-Senkung über mindestens 0,5 mm in den Extremitäten- oder 1 mm in den Brustwandableitungen auftritt. Eine gute Höhenverträglichkeit ist zu erwarten, wenn die Herzfrequenz in der Höhe nicht mehr als 70–85% der ischämischen Herzfrequenzschwelle beträgt. Mehrere Studien haben allerdings gezeigt, dass die Herzfrequenz an der ischämischen Herzfrequenzschwelle in geringer als auch großer Höhe nicht sehr unterschiedlich ist.

**Erhöhtes Myokardinfarktrisiko, plötzlicher Herztod?**

Die Datenlage lässt heute kein erhöhtes Risiko für KHK-Patienten bis zu einer Höhe von 2.500 m erkennen. Das Risiko einer akuten Myokardischämie ist auch in großer Höhe gering und zumindest nicht höher als in einer vergleichbaren Alters- und Risikogruppe auf Meeressniveau. Was den plötzlichen Herztod

bzw. akuten Myokardinfarkt in der Höhe betrifft, reichen die heute verfügbaren Daten für sichere Rückschlüsse nicht aus.

### Benefit von KHK-Patienten

Intermittierende Hypoxieexposition lässt im Tierversuch die VH-flimmerschwelle nach anschließender experimenteller kardialer Ischämie um das Zwei- bis Dreifache ansteigen. Nach experimenteller myokardialer Infarzierung konnte am Rattenmyokard gezeigt werden, dass vorangegangene intermittierende Hypoxieexposition zu einer verbesserten Heilung und deutlich reduzierter Narbenbildung führt. In Peru wurde auf 3.750 m ein kardiologisches Rehabilitationsprogramm größtenteils für Bewohner des Flachlandes installiert. Bei vorbekannter KHK kam es nach Ankunft auf 3.750 innerhalb der ersten 2 Wochen in keinem einzigen Fall zu einem akuten Myokardinfarkt, instabiler Angina oder plötzlichem Herztod. Besonders russische Wissenschaftler propagieren inzwischen intermittierendes Hypoxietraining zur Verbesserung der kardiovaskulären Funktion, vor allem was die Dauer und Resistenz gegenüber schwerer Hypoxie betrifft. Obwohl detaillierte Outcomedaten noch nicht zur Verfügung stehen, betrachten viele Kliniker eine moderate und intervallmäßig durchgeführte hypoxische Stimulation im Rahmen eines kontrollierten Rehabilitationsprogrammes als vorteilhaft.

### Empfehlung für KHK-Patienten

KHK-Patienten tolerieren in ihrer stabilen Krankheitsphase und bei ausreichender Belastungsfähigkeit im Alltag auf Normalhöhe vergleichbare Tagesaktivitäten bis auf 2.500 m ohne wesentliche Erhöhung des Gesundheitsrisikos. Der Stress der Höhenatmosphäre auf die koronare Zirkulation ist in Ruhe gering, allerdings in Verbindung mit körperlicher Belastung deutlich erhöht. Grundsätzlich sollte niemand mit bekannter KHK und/oder kardiovaskulärem Risikobündel ungewohnte körperliche Belastungen in großer Höhe auf sich nehmen. Es gibt Hinweise, dass vor hypoxischer körperlicher Belastung in der Höhe ein Trainingsprogramm auf geringer geographischer Höhe von Vorteil sein kann und das Risiko eines kardialen Ereignisses dadurch gesenkt wird. Als Zielvorgabe sollte eine aerobe Belastungsfähigkeit von 2,5–3 Watt/kg KG

oder eine  $VO_{2max}$  von 0,7 ml/kg KG angestrebt werden. Ein hohes kardiovaskuläres Risiko in der Höhe ist über eine  $EF < 40\%$  in Ruhe, Abfall des Belastungsblutdruckes, ST-Streckensenkung größer als 2 mm bei max. Herzfrequenz sowie einem hohen Ektopiegrad sehr wahrscheinlich. Um sicher zu gehen, sollte die Patientengruppe mit signifikanter kardiovaskulärer Funktionseinschränkung ein Höhenlimit von 3.500 m auf keinen Fall überschreiten und in möglicher Nähe zu medizinischer Versorgung bleiben. Bei belastungsabhängigen Beschwerden, kardiovaskulärem Risikoprofil und unklarem Belastungs-EKG, kann das gesundheitliche Risiko durch Myokardszintigraphie oder Stressechokardiographie weiter abgeschätzt werden. Nach anamnestischem Myokardinfarkt bzw. erfolgreicher Revaskularisierung (ACBG/PTCA) sind Patienten nicht vorweg der Hochrisikogruppe für einen Höhengaufenthalt zuzuordnen, vor allem dann nicht, wenn sie einen weitgehend unauffälligen Belastungstest aufweisen. Selbst bei hoher Belastungsintensität weist diese Patientengruppe erfahrungsgemäß keine erhöhte arrhythmische Aktivität oder Zunahme von Ischämiezeichen in großer Höhe auf.

Diese Überlegungen erscheinen sinnvoll obwohl sie weitgehend nicht durch Studien belegt werden können und damit dem Bereich Praxis und Erfahrung zuzuordnen sind.

### Literatur beim Verfasser

*Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Domej  
ARGE-Alpinmedizin Graz  
Univ.-Klinik für Innere Medizin  
Klinische Abteilung für Lungenkrankheiten  
Auenbruggerplatz 20, A-8036 Graz  
Tel.: 0316/385-22 53, Fax-Dw: -39 30  
wolfgang.domej@meduni-graz.at*