



**THE INTERNATIONAL MOUNTAINEERING AND CLIMBING FEDERATION**  
**UNION INTERNATIONALE DES ASSOCIATIONS D'ALPINISME**

Office: Monbijoustrasse 61 • Postfach  
CH-3000 Berne 23 • SWITZERLAND  
Tel.: +41 (0)31 3701828 • Fax: +41 (0)31 3701838  
e-mail: office@uiaa.ch

---

# **EMPFEHLUNGEN DER MEDIZINISCHEN KOMMISSION DER UIAA**

## **Nr. 3**

### **Portable Hyperbare Kammern**

Für Ärzte, interessierte Nicht-Mediziner und Trekking-  
oder Expeditionsveranstalter und deren Mitarbeiter

**Th. Küpper, U. Gieseler, J. Milledge**

**2008**

### Einleitung

Portable hyperbare Kammern wurden als leichte Ausrüstung zur Akutbehandlung schwerer Fälle von Höhenkrankheit (acute mountain sickness (AMS), Höhenlungenödem (high altitude pulmonary oedema, HAPE) und Höhenhirnödem (high altitude cerebral oedema, HACE) entwickelt. In den Kammern wird mittels Hand- oder Fußpumpen Überdruck erzeugt, was für den Patienten einen schnellen Abstieg um 1.500 bis 2.500m simuliert (Zunahme des Sauerstoffpartialdruckes).

### Grundsätze und Sicherheitsmanagement hinsichtlich Höhenkrankheiten

- Prävention von Höhenkrankheiten ist der "Gold Standard"!
  - Prävention ist besser als die beste Behandlung!
  - Berücksichtige bei der Tourenplanung ein sinnvolles Höhenprofil, um gute Akklimatisation zu erreichen!
- Hyperbare Kammern sollten nicht in Fällen leichter AMS eingesetzt werden (weder zur Prävention noch zur Behandlung)
  - Dies würde die Akklimatisation eher behindern!
- Es steht außer Zweifel, daß hyperbare Kammern die Symptome schwerer Höhenkrankheit (AMS, HAPE, HACE) bessern
  - Aber sie tun dies nur für einen begrenzten Zeitraum.
    - Nutze diesen Zeitraum zum Abstieg!
    - Achte auf mögliche erneute Verschlechterung nach der Behandlung! Falls möglich, sollte der Patient nicht selbst gehen – auch nicht über kurze Entfernungen – oder sich anderweitig anstrengen, außer es kann nicht vermieden werden um abzustiegen und er/sie möglichst beschwerdefrei ist.
  - Es handelt sich ausschließlich um eine Notfallbehandlung!
    - Sie soll keinesfalls die Evakuierung des Patienten oder den Abstieg in geringere Höhe ersetzen.
- Folgende Strategie sollte bei der Anwendung der hyperbaren Kammern verfolgt werden:
  1. Abstieg oder Transport in geringere Höhe, mindestens auf die Höhe, in der sich der Patient zuletzt beschwerdefrei gefühlt hat.
  2. Sauerstoff / Medikamente (in Kombination mit 1.)
  3. Hyperbare Kammer (in Kombination mit 1. & 2.)
  4. Nur Medikamente, falls 1.-3. unmöglich sein sollte
- Voraussetzungen, die die Personen erfüllen müssen, die eine Behandlung mit einer hyperbaren Kammer durchführen:
  - Ausschließlich solche Personen, die in der Anwendung unterwiesen sind, dürfen die Kammer benutzen! In Einzelfällen wurde über schwere Komplikationen (z.B. schwere Hyperkapnie, Trommelfellrupturen usw)

berichtet, wenn nicht ausreichend kompetente Personen die Kammer benutzt haben.

- Die Kammer sollte vor Höhengang allen Teilnehmern gezeigt werden, danach sollten alle die Anwendung unter Aufsicht durch erfahrene Personen üben.
- Die Anwendung der hyperbaren Kammer ist anstrengend, insbesondere in großer Höhe. Daher dürfte die Maximalhöhe der Anwendung bei etwa 7.000m liegen. Oberhalb sollte der Erstbehandlung mit Sauerstoff der Vorzug gegeben werden.

### **Wann sollte eine hyperbare Kammer mitgeführt werden?**

- Es gibt keine Daten, die die Einstellung, eine hyperbare Kammer sollte auf jeder Tour in große Höhen mitgenommen werden, unterstützen. Das gilt insbesondere für kommerzielle Touren. Auch gibt es keinerlei gesetzliche Vorschriften, die das Vorhandensein von Kammern fordern, noch irgendwelche sonstige bindenden Regelungen.
- Über eine hyperbare Kammer sollte nachgedacht werden, wenn man Gebiete großer Höhe besucht, aus denen ein schneller und leichter Rückzug in niedrigere Höhen oder die Möglichkeit der Evakuierung mittels Helikopter schwierig oder unmöglich ist.
  - Beispielsweise sollte eine Kammer ins Kalkül gezogen werden, wenn ein Lager in einem Sattel oder einem Hochtal liegt, von wo in Abstieg ohne ein Anstieg nicht möglich ist.
  - Wenn eine Kammer mitgeführt wird, ist der beste Ort sie zu lagern aus mindestens zwei Gründen das jeweils höchste Lager:
    1. Die Wahrscheinlichkeit für Höhenkrankheiten ist hier am größten und
    2. der Transport der Kammer bergab in ein niedriger gelegenes Lager ist viel leichter und schneller möglich als der Aufstieg mit dieser Ausrüstung in ein höher gelegenes Lager. Allerdings wird diese Entscheidung von zahlreichen anderen Faktoren beeinflusst und muß integraler Bestandteil des gesamten Sicherheitsmanagements der Expedition sein.

### **Wie werden hyperbare Kammern benutzt?**

- Die Behandlung in einer hyperbaren Kammer sollte folgendermaßen durchgeführt werden:
  - Kombination mit medikamentöser Therapie (Dexamethason bei schwerer AMS oder HACE, Nifedipin retard im Falle eines HACE)
  - Vor Beginn der Drucktherapie Überprüfung, ob der Patient zum Druckausgleich der Ohren in der Lage ist. HNO-Probleme sind in der Höhe häufig. Druck langsam aufbauen und überprüfen, ob Ohrenschmerzen auftreten (falls ja, langsamer pumpen!).

- Falls der Patient über Ohrenprobleme berichtet, abschwellende Sprays großzügig anwenden, bevor der Patient in die Kammer gelegt wird. 5-10 Minuten warten, bevor die Kammer geschlossen und der Druck aufgebaut wird, damit der Spray seine Wirkung entfalten kann. Spray mit in die Kammer geben.
- Der Patient sollte (falls nötig) urinieren, bevor er in die Kammer gelegt wird.
- Lege den Patienten so in die Kammer, daß er Dich sehen kann und Du das Pulsoximeter ablesen kannst (falls eines zur Verfügung steht).
- Die Patienten sollten angewiesen werden, in der Kammer normal zu atmen und regelmäßig bei geschlossener Nase und Mund auszuatmen, um einen Druckausgleich in ihren Ohren herbei zu führen ("Plopp-Geräusch" und subjektives Gefühl der Druckentlastung), während der Druck in der Kammer aufgebaut wird. Falls dieser Druckausgleich nicht gelingt, Patient anweisen, abschwellende Sprays anzuwenden (z.B. Xylometazolin Spray).
- Der Patient sollte für 60 – 120 Minuten unter Druck liegen. Nach 120 Minuten ist keine weitere Besserung der Symptome zu erwarten. Halte den Kammerdruck aufrecht, indem gepumpt wird, bis das Überdruckventil abbläst.
- Achte immer darauf, daß ständig weitere Frischluft in die Kammer gepumpt wird (etwa 40 l/min. bzw. 8-12 Pumpvorgänge pro Minute!). Dadurch wird nicht nur konstanter Druck aufrecht gehalten, sondern auch ein hoher Sauerstoff- und niedriger CO<sub>2</sub>-Partialdruck, um einer CO<sub>2</sub>-Vergiftung vorzubeugen.
- Überwache die Sauerstoffsättigung (SaO<sub>2</sub>) des Patienten mittels Pulsoximeter (falls eines zur Verfügung steht). Das Gerät sollte durch das Fenster der Kammer sichtbar sein
- HAPE-Patienten tolerieren möglicherweise Flachlagerung nicht. Nutze das Terrain um eine Lagerung mit leicht erhöhtem Oberkörper (ca. 30° Hanglage) zu erreichen.
- In schweren Fällen kann zusätzliche Sauerstoffatmung in der Kammer sinnvoll sein (etwa 4 – 6 l/min). Innerhalb der Kammer wird hierdurch keine erhöhte Brand- oder Explosionsgefahr verursacht.
- Sobald die Symptome innerhalb von 60 – 120 Minuten deutlich gebessert sind, versuche den Abstieg. Kammer mitnehmen, falls unterwegs die Symptome wieder schlimmer werden sollten!
- Falls die Symptome nach 120 Minuten nicht gebessert sein sollten oder falls Komplikationen eingetreten sind, müssen weitere Diagnosen bedacht werden (Thromboembolie, Infektionen, Sonnenstich, Unterkühlung, schwere Dehydratation und andere).
- Im Zweifel kann eine Therapie mit der hyperbaren Kammer versucht werden, denn es gibt außer Herz-Lungen-Wiederbelebung keine Kontraindikation.

## UIAA MedCom Empfehlung Nr.3: Portable hyperbare Kammern

---

- Bewußtlosigkeit ist keine Kontraindikation, wenn der Patient in stabiler Seitenlage gelagert wird.
- Falls der Patient beim Ablassen des Kammerdruckes über Ohrenschmerzen klagt, Druck deutlich langsamer ablassen.
- Die Therapie mit Sauerstoff und Medikamenten sollte grundsätzlich bevorzugt werden, insbesondere falls der Patient bewußtlos ist (leichtere Überwachung des Patienten!).
  - **Achtung:** Der verfügbare Sauerstoff ist begrenzt. Im Gegensatz dazu kann die Kammer beliebig oft eingesetzt werden, da sie lediglich aufgepumpt werden muß.
- Achte auf angenehme Temperatur in der Kammer!
  - Isoliere die Kammer immer gegen den Untergrund sowie gegen alle kalten oder gefrorenen Flächen! In kalter Umgebung sollte der Patient in warmer Kleidung oder in einem Schlafsack in der Kammer liegen.
  - Benutze keine Daunenkleidung zur Isolation des Patienten in der Kammer, denn innerhalb der Kammer tritt eine erhebliche Feuchtigkeitsentwicklung auf. Daher sollte Fleece-Material bevorzugt werden.
  - Vermeide direkte Sonneneinstrahlung oder Sorge für Schatten! Sonnenschein kann die Kammer unangenehm aufheizen.
- Im Falle, daß die Kammer plötzlich und ungeplant ihren Druck verlieren sollte, sollte der Patient ausatmen und keinesfalls die Luft anhalten.
- Bleibe in ständigem Kontakt zum Patienten in der Kammer. Der Aufenthalt in dieser kann psychisch stark belastend sein. Der Patient sollte immer darüber unterrichtet sein, was um ihn herum und mit ihm vorgeht.
- Stelle ausreichende Frischluftzufuhr sicher. Benutze die Kammer nicht in kleinen oder geschlossenen Zelten, insbesondere dann nicht, wenn gleichzeitig Kocher oder Benzin- oder Petroleumlampen benutzt werden.

### Behandlungsergebnisse und weiteres Vorgehen

- Kontrollierte und nicht kontrollierte Studien haben gezeigt, daß eine deutliche Symptomverbesserung eintritt, die mehrere Stunden anhält.
- Allerdings wird eine erneute Verschlechterung bei den meisten Patienten, die in den Höhe bleiben, innerhalb von 12 Stunden eintreten.
- Bislang fehlen kontrollierte Studien zur Behandlung schwerer Fälle von HAPE oder HACE, aber Beobachtungen bei notgedrungen durchgeführten Behandlungen haben auch bei solchen schweren Fällen gute Ergebnisse gezeigt.
- Nach einigen Tagen vollständiger Beschwerdefreiheit kann ein Wiederaufstieg vorsichtig versucht werden (z.B. [1]).
  - Achte auf perfekte Akklimatisation. Das Höhenprofil sollte "defensiver" sein als beim letzten Aufstieg.

## UIAA MedCom Empfehlung Nr.3: Portable hyperbare Kammern

---

- Beobachte jegliches Symptom, welches auf Höhenkrankheit hinweisen könnte. Steige umgehend auf die letzte Höhe ab, in der Wohlbefinden herrschte, falls wieder Höhenbeschwerden auftreten sollten.
- Steige niemals erneut auf, solange irgendwelche Medikamente eingenommen werden, die die Symptome der Höhenkrankheit maskieren könnten.

### Probleme mit hyperbaren Kammern

- CO<sub>2</sub>-Vergiftung durch zu geringe Frischluftzufuhr
  - Stelle ausreichende Frischluftzufuhr sicher (>40 l/min, siehe oben)!
- AMS / HACE: Übelkeit und Erbrechen in der Kammer.
  - Nimm eine Plastiktüte mit in die Kammer
  - Antiemetika können vor der Kammertherapie eingenommen werden, insbesondere bei starker Übelkeit
- HAPE: Die Patienten tolerieren Flachlagerung nicht.
  - Nutze das Terrain (Hanglage, ca. 30°) zur (Oberkörper-) Hochlagerung.
- Angst / Platzangst (Klaustrophobie)
  - Bleibe in ständigem Sicht- und Sprechkontakt mit dem Patienten.
  - Lagere die Kammer so, daß der Patient leicht und bequem heraus schauen kann.
  - Versuche ihm zu erklären, daß die Situation in der Kammer durchaus psychisch belastend sein kann, jedoch kann die Höhenkrankheit lebensgefährlich verlaufen und daher ist die Kammer die bessere von zwei Möglichkeiten.
- Das ständige Pumpen verlangt von den Helfern in großer Höhe eine erhebliche körperliche Belastbarkeit, um ausreichende Belüftung zu gewährleisten. Ggf. unter mehreren Helfern abwechseln!
- Leck von Reißverschluß, Ventilen oder der Kammer selbst.
  - Transportiere den Sack vorsichtig und wende sie zweckmäßig an.
  - Überprüfe die Kammer vor der Abreise auf einwandfreie Funktionalität.
  - Nimm Gewebeklebeband (duct tape / gaffer tape) für kleinere Reparaturen mit.

### Kammertypen

- GAMOW Bag
  - Zylindrische Form, 2,5 x 0,6m
  - Aufpumpen und Frischluftzufuhr mittels Fußpumpe

## UIAA MedCom Empfehlung Nr.3: Portable hyperbare Kammern

---

- 12 Pumpenhübe / min sind zum Aufrechterhalten des Druckes (+104 mmHg / +139 mbar) und zum Vermeiden einer CO<sub>2</sub>-Vergiftung nötig.
- Gewicht: 6,5 kg
- Es ist konstruktionsbedingt problematisch, einen schwer erkrankten oder hilflosen Patienten in den Sack zu bringen!
- Hinsichtlich Details zu Kosten usw. siehe [www.chinookmed.com](http://www.chinookmed.com)
- CERTEC Bag
  - Konische Form, 2,2 x 0,65m
  - Aufpumpen und Frischluftzufuhr mittels Handpumpe
  - 8 Pumpenhübe / min sind zum Aufrechterhalten des Druckes (+165 mmHg / +220 mbar) und zum Vermeiden einer CO<sub>2</sub>-Vergiftung nötig.
  - Gewicht: 4,8 kg
  - Von allen Konstruktionen ist diese diejenige, in die man einen schwer kranken oder hilflosen Patienten am leichtesten in den Sack hinein bringt.
  - Hinsichtlich Details zu Kosten usw. siehe [www.certec.eu.com](http://www.certec.eu.com)
- Portable Altitude Chamber (PAC)
  - Mumienförmig, ansonsten ähnlich dem Gamow bag (Druck, Pumpe), allerdings ohne Überdruckventil.
  - Gewicht: 8 kg
  - Es ist konstruktionsbedingt problematisch, einen schwer erkrankten oder hilflosen Patienten in den Sack zu bringen!
  - Hinsichtlich Details zu Kosten usw. siehe [www.treksafe.com.au](http://www.treksafe.com.au)
- TAR Helm (noch nicht erhältlich, kann zukünftig eine Alternative sein)
  - Kleine Leichtgewichtsausrüstung (komplett weniger als 1 kg), derzeit in der Entwicklung (Prototypen wurden erfolgreich getestet).
  - Da es derzeit noch keine ausreichenden Daten zur Behandlung höhenkranker Patienten gibt, hat die UIAA MedCom beschlossen, diese interessante Entwicklung zunächst aufmerksam zu verfolgen, um zu einem späteren Zeitpunkt eine Empfehlung abzugeben.

### Literatur

1. Litch, J.A. and R.A. Bishop, *Reascent following resolution of high altitude pulmonary edema (HAPE)*. High Alt Med Biol, 2001. 2(1): p. 53-5.

### **Mitglieder der Medizinischen Kommission der UIAA** (in alphabetischer Reihenfolge)

C. Angelini (Italien), B. Basnyat (Nepal, Präsident der Kommission), J. Bogg (Schweden), A.R. Chioconi (Argentinien), S. Ferrandis (Spanien), U. Gieseler (Deutschland), U. Hefti (Schweiz), D. Hillebrandt (Großbritannien), J. Holmgren (Schweden), M. Horii (Japan), D. Jean (Frankreich), A. Koukoutsis (Griechenland), J. Kubalova (Tschechische Republik), T. Küpper (Deutschland), H. Meijer (Niederlande), J. Milledge (Großbritannien), A. Morrison (Großbritannien), H. Mosaedian (Iran), S. Omori (Japan), I. Rotman (Tschechische Republik), V. Schöffl (Deutschland), J. Shahbazi (Iran), J. Windsor (Großbritannien)

### **Historie der vorliegenden Empfehlung**

Die erste Version wurde im Jahre 2000 von P. Bärtsch, F. Berghold, J.P. Herry und O. Oelz geschrieben. Auf der UIAA MedCom Jahressitzung in Snowdonia im Jahre 2006 entschied die Kommission, alle Empfehlungen zu aktualisieren. Die hier vorliegende Version ist die Übersetzung (Th. Küpper) der auf der Jahressitzung 2008 in Adršpach – Zdoňov / Tschechische Republik verabschiedeten englischen Fassung.