

# Barotrauma



## Definition und Einführung

Der Begriff des Barotraumas wird in der Literatur gelegentlich nicht klar verwendet, indem man alle druckbedingten Erkrankungen hier zusammengefasst werden. Im engeren Sinne beschreibt das Barotrauma jedoch einen Gewebeschaden durch Schwankungen eingeschlossener Druckvolumina. Diese haben ihre Ursache wiederum in der Boyle´ - und Mariottschen Druck-/Volumenbeziehung.

Bei ansteigendem Druck verkleinert sich das Gasvolumen in einem Hohlraum, bei fallendem Druck vergrößert sich das Gasvolumen.

Beide Gegebenheiten können zu gesundheitlichen Problemen führen. Im klassischen Sinne versteht sich der Begriff des „**Barotraumas**“ ohne weiteren Zusatz als Barotrauma des Abstiegs bzw. der Kompression. Dementsprechend werden Barotraumata des Aufstiegs/der Dekompression oft als „**inverses Barotrauma**“ bezeichnet.

## Tauchphysik

### Druck

#### Grundwissen

Der Druck ist definiert als

$$\text{Druck (p)} = \frac{\text{Kraft (F)}}{\text{Fläche (A)}}$$

*Das bedeutet:* Auf jeden Körper (auf der Erde) wirkt die Schwerkraft, d.h. er wird angezogen. Diese Kraft nennen wir Gewichtskraft oder kurz, sein Gewicht, ein Körper der Masse 1 kg hat auf der Erde die Gewichtskraft von etwa 10 Newton.

Der Druck wird gemessen in

$$\frac{1 \text{ Newton (N)}}{1 \text{ qm}}$$

Im Tauchsport und der Medizin ist die Einheit 1 bar gebräuchlicher, was etwa dem Normaldruck entspricht (mal abgesehen von Bergen und Tälern).

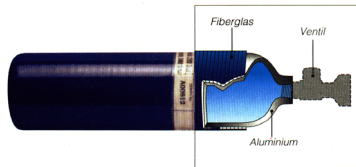
#### Beispiel:

Der Druck den der Pfennigabsatz eines Damenschuhs erzeugt, kann größer sein als der eines Elefantenfußes. Das Gewicht der Schuhträgerin ist wesentlich kleiner als das des Elefanten, jedoch ist die Fläche des Pfennigabsatzes erheblich geringer als der Fuß des Elefanten.



## Beispiel:

Eine Sauerstoffflasche für ein Beatmungsgerät wird mit einem Kompressor gefüllt und hat einen Fülldruck von 200bar. In der Flasche sind 2 Liter Luft unter einem Druck von 200 bar.

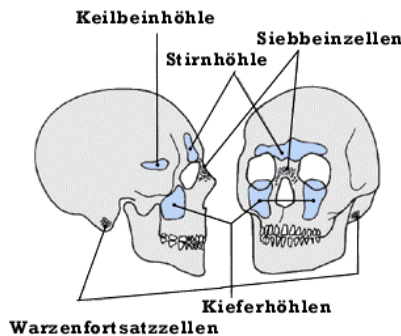


*Welches Sauerstoffvolumen musste komprimiert werden, um diesen Druck zu halten?*

**Wir rechnen:**  $200 \text{ bar} \times 2 \text{ l} = 400 \text{ bar} \times \text{Liter}$ , d.h. 400 Liter Sauerstoff von 1 bar Druck wurde komprimiert, um die Flasche zu füllen.

## Barotrauma des Ohres

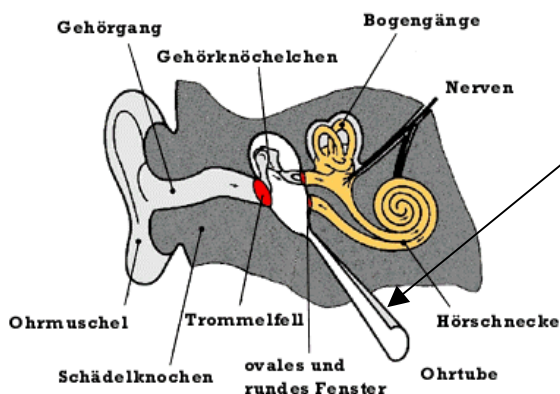
Barotrauma ist der Fachausdruck für alle Verletzungen (=trauma), die durch Druck (baro)-unterschiede entstehen. Im Körper gibt es eine Vielzahl luftgefüllter Hohlräume. Einige davon haben bewegliche Umhüllungen wie z.B. Magen, Darm, Brustkorb.



Andere sind fest und knöchern umschlossen wie die Nasennebenhöhlen. Neben Stirn-, Kiefer- und Keilbeinhöhle ist das Mittelohr für die Vorgänge beim Tauchen eine wichtige Höhle. Sie ist durch einen Gang mit dem Nasen- und Rachenraum (=Eustachische Röhre) verbunden. Zum Gehörgang und Ohr ist das Mittelohr, oder auch Paukenhöhle genannt, durch das luftundurchlässige Trommelfell begrenzt. Vom Trommelfell werden Schwingungen, die durch den auf das Ohr treffenden Schall verursacht werden, über die Gehörknöchelchenkette (Hammer, Amboß, Steigbügel)

zum Innenohr weiter getragen.

Entsteht im Mittelohr ein Unterdruck durch Erhöhung des Umgebungsdruckes, so wölbt sich das Trommelfell ins Mittelohr und würde im Extremfall einreißen/platzen.

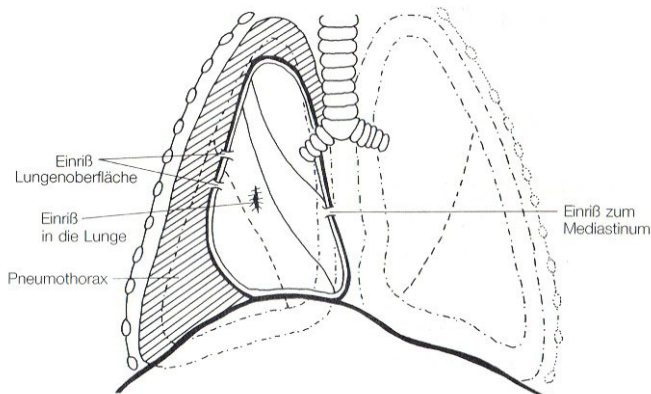


Um dieser Verletzungsgefahr vorzubeugen, kann durch Hineinpressen von Luft in den Nasen-Rachenraum ein Druckausgleich über die Eustachische Röhre herbeigeführt werden (=Valsalva Manöver). Damit gleicht sich die Wölbung des Trommelfells wieder aus, was im Ohr durch ein zischendes Geräusch wahrzunehmen ist. Schleimhäute der Nase und des Mittelohres und Gehörgang müssen daher beim Taucher gesund sein.

## Lungenüberdruckunfall

---

Der Lungenüberdruckunfall ist ein Tauchunfall der Dekompressionsphase, also in der Zeit des Aufstiegs. Nach dem Gesetz von Boyle-Mariotte dehnt sich die Luft bei nachlassendem Umgebungsdruck aus. Wird diese Luft vom Taucher nicht ausgeatmet, so bewirkt sie in der Lunge, speziell in den kleinen Bronchien und Lungenbläschen (Alveolen), eine Überdehnung oder gar Zerreißung von Gewebe. Damit wird für kleinste Luftbläschen der Weg frei in verschiedene Organsysteme. Die danach eintretenden Krankheitserscheinungen richten sich nach dem Ort der Gewebezerrigung innerhalb des Brustkorbes:



1. Ein Lungenbläschen (Alveolen) reißt an der Lungenoberfläche, dem Lungenfell. Dringt freie Luft in den Spaltraum zwischen Lungen- und Rippenfell, so löst die Lunge sich aus ihrer Verbindung mit dem Brustkorb: Es entsteht ein **Pneumothorax**.

2. Zerreißen eines Lungenbläschens mitten im Lungengewebe und Öffnung von Blutgefäßen: Die Luft kann nunmehr in das Blutgefäß eindringen, wird zum Herzen transportiert und von dort in andere Organe, wo es zu einer **Luftembolie** (=Verschluss eines Blutgefäßes) kommt. Der Ausfall der Durchblutung in dem betreffenden Organ bewirkt die verschiedenen schweren Krankheiten wie Lähmungen, Schwindel und Hörverlust, Herzinfarkt oder Empfindungsstörungen usw..
3. An der Lungenoberfläche zum Brustmittelraum hin (=Mediastinum) zerreißt ein Lungenbläschen: Luft tritt in den Mittelraum ein und steigt zum Hals hoch. Diese Luftansammlung nennt man **Haut- oder Mediastinalemphysem**.

### Hinweis:

Der Lungenüberdruckunfall ist eine der häufigsten Ursachen von schweren Tauchunfllen. Das **Hauptsymptom** ist der **Schmerz hinter dem Brustbein und Luftnot**, in allen Fllen tritt eine Kreislaufdepression ein.

### Caisson- (Dekompressions)krankheit

---

Der früher genutzte Begriff Caisson stammt aus dem Französischen und bedeutet „Kasten“. Die ersten Arbeiten unter Wasser wurden in großen Ksten (Taucherglocken) verrichtet, die mit der Öffnung nach unten ins Wasser gesenkt wurden. Die Arbeiter konnten in dem Kasten stehend arbeiten und atmeten in einem Luftdruck, der der umgebenden Wassertiefe entsprach. Beim Auftauchen kam es noch zu Beginn des Jahrhunderts zu schweren Erkrankungen z.T. mit Todesfolge. Die Ursache war die vermehrte Ansammlung von Stickstoff (N<sub>2</sub>) in den Geweben und der plötzlich abfallende N<sub>2</sub>-Druck beim Auftauchen. Es kommt dadurch zur Bläschenbildung von



Stickstoffen in den Geweben oder der Blutbahn mit den entsprechenden Ausfallserscheinungen der Organe, ähnlich wie wir dieses bei der Luftembolie durch Lungenüberdruckunfall kennen.

Ein Taucher muss, je nach Länge und Tiefe seines Aufenthaltes, einen kontrollierten Aufstieg durchführen um diesem Notfall vorzubeugen.

**Kurz gesagt:** Die Zeit für das Herauslösen des Stickstoffes aus den Geweben reicht nicht aus, es kommt zum Sektflaschen Mechanismus – dem „**Ausperlen**“ des Stickstoffes und somit den daraus resultierenden Komplikationen.

### **Pathophysiologie**

- Mit zunehmender Tauchtiefe steigen die Umgebungsdrücke, dadurch entsteht eine Partialdruckerhöhung der Atemgase.
- Durch rasche Druckänderungen beim Ab- und Auftauchen, entsteht eine Kompression bzw. Dekompression luftgefüllter Hohlräume im Körper.
- Bei zu rascher Entsättigung der Gasaufsättigung d. Gewebe kommt es zum „Ausperlen“ des Gases Stickstoff.

### **Dekompressionskrankheit**

---

#### **Ursache:**

- zu rasches Auftauchen ohne Einhalten der Dekompressionszeiten nach längerem/oder tiefen Tauchgängen
- Vorkommen bei Tauchern, Arbeitern von Druckluftbaustellen (z.B. Tunnel- und U-Bahnbau)

#### **Folge:**

- zu schneller Abfall des Umgebungsdruckes beim Auftauchen -> Ausperlen (Sektflascheneffekt) des während des Tauchens, besonders in den Körpergeweben angesammelten Gases Stickstoff (bei Tauchen mit Luft)
- Gasblasenbildung im Gewebe, intravasal (V.a. venöse Strombahn)



#### **Symptome:**

- **häufig:**
  - o Muskel-, Gelenk-, Knochenschmerzen, fleckförmige, juckende Hautrötungen
  - o Neurologische Ausfälle (Muskelschwäche-; lähmungen)
- **selten:**
  - o Kreislaufinsuffizienz
  - o Bewusstseinsstörungen
  - o Hemiparese (Seitenlähmungen)
  - o Hör- und Gleichgewichtsverlust
  - o Lungenembolie (Husten, Dyspnoe, Zyanose)

## Maßnahmen

- BAK
- bei Bewusstlosigkeit „**stabile Seitenlage**“
- Lagerung bei ansprechbaren Patienten
  - o Linksseitenlage (Vermeidung pulmonaler Embolien) oder Flachlagerung
- „**Psychische Betreuung**“
- Kontrolle Blutdruck, Puls, Pulsoximetrie, Atemfrequenz
- Sauerstoffzufuhr 4-6l/min (Wichtigste Maßnahme!!)
- Flüssigkeitszufuhr (Hypovolämie durch Taucherdiurese)
  - o Vorbereiten eines venösen Zugangs incl. Vollelektrolytlösung
- Vorbereitung von Intubation und Beatmung (um möglichst schnell mit 100% Sauerstoff und PEEP beatmen zu können)
- Wärmeerhaltung
- Notarzttruf
- Transport in eine Überdruckkammer
- **Vorsicht** bei Transporten mit dem Hubschrauber!!
- Analgesie durch den Notarzt

## Überdrucktraumen

---

### Ursache:

- rasches Auftauchen auch aus geringer Tiefe mit inadäquater Ausatmung (Luftanhalten beim Auftauchen – häufig unerfahrene Taucher)
- nicht möglicher Druckausgleich beim Abtauchen

### Folge:

- Ausdehnung der Lunge bei nachlassendem Umgebungsdruck
  - o Entwicklung eines relativen Überdrucks in der Lunge mit Lungenüberdehnung- und -verletzungen
  - o Pneumothorax
  - o Spannungspneumothorax
  - o Luftembolie
  - o Husten
  - o Dyspnoe
- Trommelfellperforation
  - o Hörstörungen, Schwindel, Übelkeit, Erbrechen, Ohrgeräusche (Tinnitus)
- Nasennebenhöhlenfrakturen
  - o Schmerzen, Nasenbluten

## Maßnahmen

- BAK
- bei Bewusstlosigkeit „**stabile Seitenlage**“
- Lagerung bei ansprechbaren Patienten
  - o Angehobener Körper
  - o Bei Pneumothrax auf betroffene Seite
- Psychische Betreuung
- Kontrolle Blutdruck, Puls, Pulsoximetrie, Atemfrequenz
- Sauerstoffzufuhr 4-6l/min (**Wichtigste Maßnahme!!**)
- Flüssigkeitszufuhr (Hypovolämie durch Taucherdiurese)
  - o Vorbereiten eines venösen Zugangs incl. Vollelektrolytlösung
- evtl. Vorbereitung von Intubation und Beatmung Wärmeerhaltung
- Notarzttruf
- evtl. Analgesie durch den Notarzt

## Literaturhinweise:

- Notfalltaschenbuch für den Rettungsdienst, 9. Auflage, Rossi/Dobler, Stumpf&Kossendey
- Checkliste Notfallmedizin, 2. Auflage, Ziegenfuß, Stumpf&Kossendey
- Memorix Notfallmedizin, 5. Auflage, Müller, Hippokrates
- Tauchen lernen, 2. Auflage, Fertig/Ramien, Kohlhammer
- Tauchen: Physiologie und Medizin, Plafki, Spitta Verlag
- LPN 2-4, 2. Auflage, Enke/Hündorf/Lipp/Domres/Rupp/Schmidt/Trübenbach, Stumpf&Kossendey