




**baromedizin** 

**THE ISOBARIC (OXYGEN WINDOW) PRINCIPLE OF DECOMPRESSION**

**Albert R. Koehn, M.D.**  
Captain, MC, U.S.N. (Ret.)

*vakanter Parti*

**Oxygen window**

*inherent unders*

*Inhärente  
Untersättigung*

**Sauerstoff-Fenster**

1967

http://baromedizin.de

Tauchersymposium 2007

**Über etwas Physik...**

**...und etwas Physiologie...**

**Über die Natur  
Lösung der Gase im Blut und in seinen Bestandteilen.  
(Vorläufige Mitteilung.) 1907  
Von Wolfgang Ostwald.)**

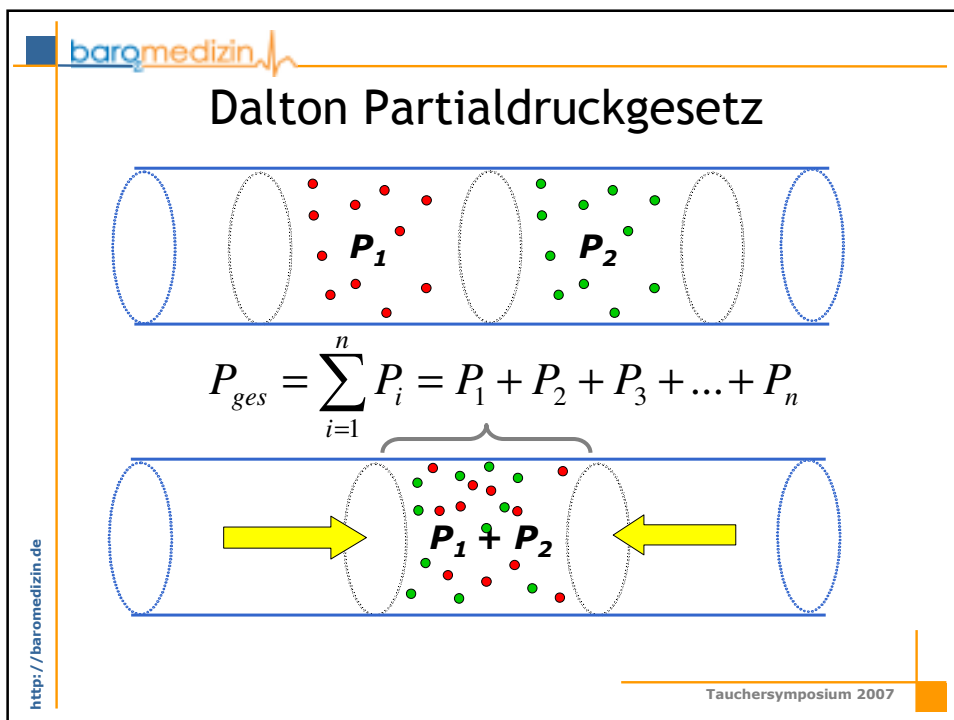
**...zum oxygen window!**

<http://baromedizin.de>

Tauchersymposium 2007



**Dalton Partialdruckgesetz**



$$P_{ges} = \sum_{i=1}^n P_i = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

$$P_1 + P_2$$

<http://baromedizin.de>

Tauchersymposium 2007

baromedizin

## Partialdruck bei gelösten Gasen

**Der Partialdruck eines in einer Flüssigkeit gelösten Gases ist derjenige Partialdruck, den dieses Gas ausüben würde, falls es im Lösungsgleichgewicht wäre.**

$P_{He} = 50 \text{ kPa}$   
 $P_{He} = 0 \text{ kPa}$   
 $t = 0$

$P_{He} = 50 \text{ kPa}$   
 $P_{He} = 50 \text{ kPa}$   
 $t = 0 + x$

http://baromedizin.de

Tauchersymposium 2007

baromedizin

## Partialdruck bei gelösten Gasen

- Die Diffusionsrichtung ist abhängig von der individuellen Partialdruckdifferenz, nicht vom Gesamtgasdruck
- Eine gleiche gelöste Stoffmenge eines gut löslichen Gases übt einen geringeren Partialdruck aus als die eines schlecht löslichen Gases

$P_{He} = 50 \text{ kPa}$   
 $P_{N_2} = 50 \text{ kPa}$

$P_{He} = 0 \text{ kPa}$   
 $P_{N_2} = 1000 \text{ kPa}$

http://baromedizin.de

Tauchersymposium 2007

baromedizin

## Dalton gilt nicht für gelöste Gase

$$P_{ges} \neq \sum_{i=1}^n P_i = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$


$P_{CO_2} > P_{CO_2}$

$t_0$   $t_{0+x}$

Tauchersymposium 2007

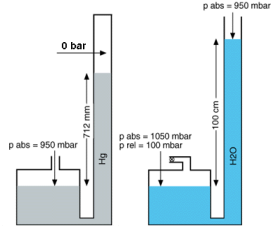
http://baromedizin.de

baromedizin

## Entschuldigung...

- Im Folgenden verwende ich keine SI-Einheiten mehr...
  - Drücke in der Medizin: **Torr [mmHg]**

100 kPa x 7,6 = 760 mmHg  
760 mmHg / 7,6 = 100 kPa



Tauchersymposium 2007

http://baromedizin.de

baromedizin

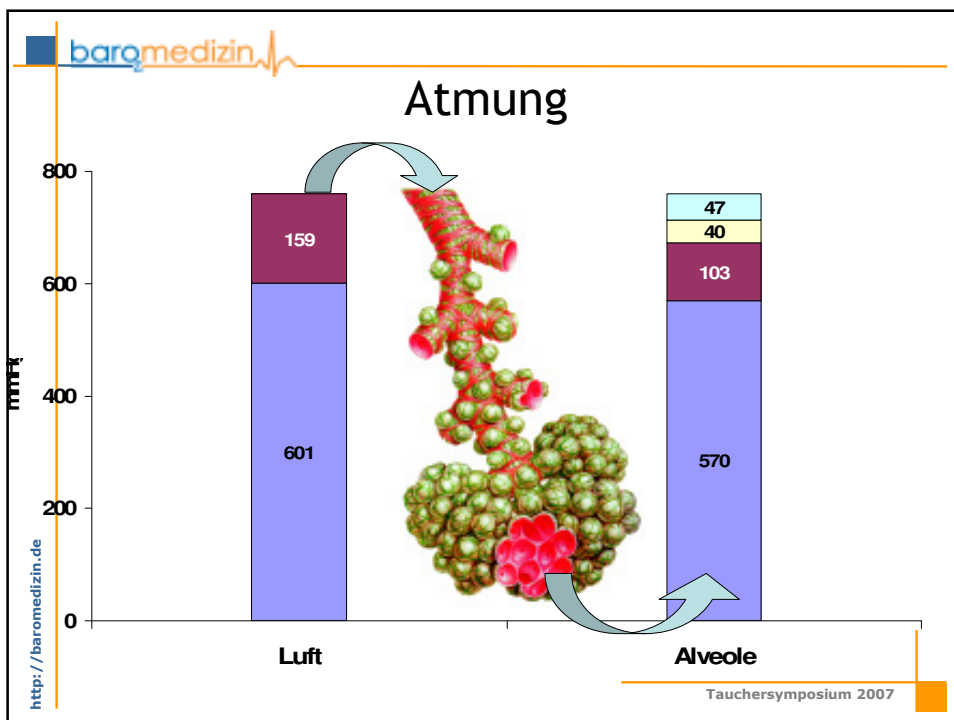
## Gesetz nach Henry

- Definition:
  - $[C_x] = a_x \times P_x$
  - $a_x$  ist der Bunsensche Löslichkeitskoeffizient

$$ml \times ml^{-1} \times mmHg (P_x) \times mmHg^{-1} (P_{amb})$$

http://baromedizin.de

Tauchersymposium 2007



**Gasaustausch**

http://baromedizin.de

Tauchersymposium 2007

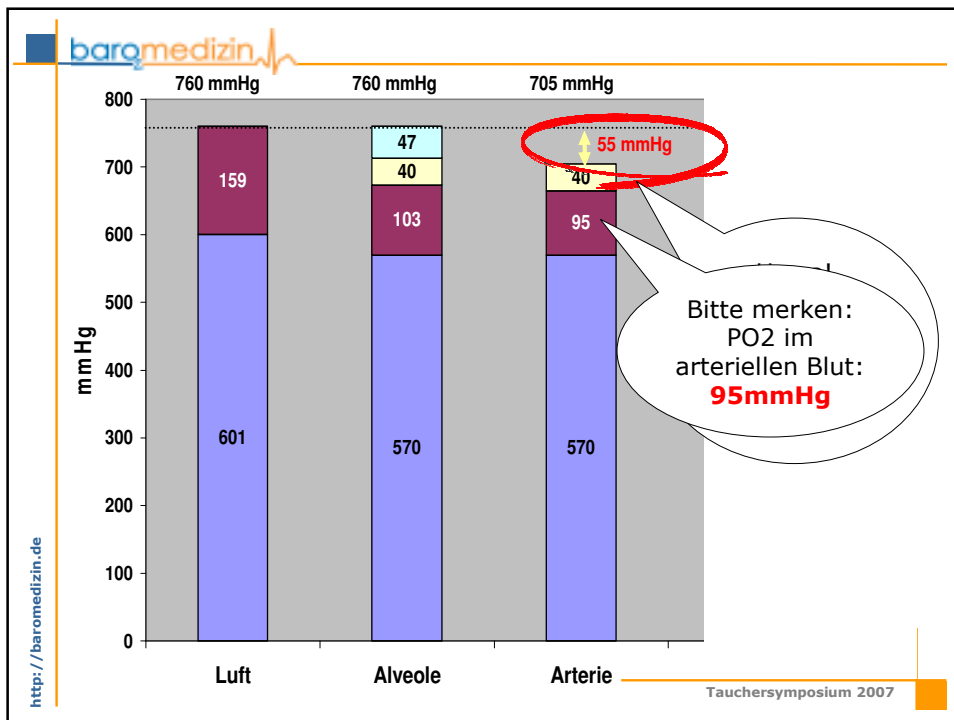
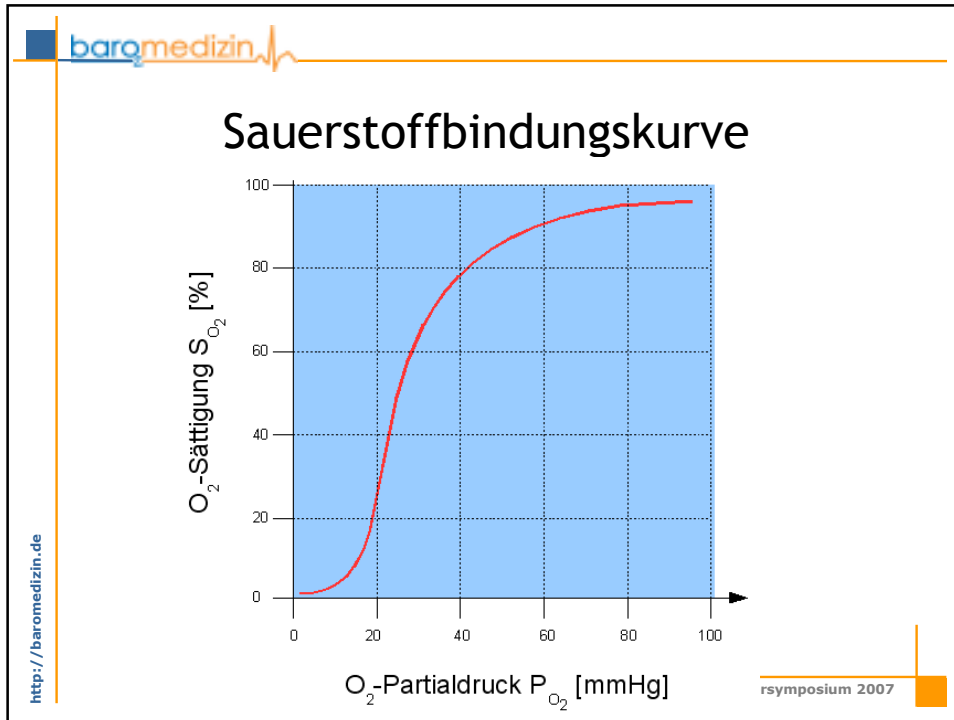
**O<sub>2</sub>-Bindungskapazität des Blutes**

- Max. Bindungsvermögen des Hb:
  - $\text{Hb} + 4 \text{O}_2 \leftrightarrow \text{Hb} (\text{O}_2)_4$ ,
  - d. h. 1g Hb bindet 1,39 ml O<sub>2</sub>
  - In vivo (Hüfnersche Zahl):

$[\text{O}_2]_{\text{Hb}} = 1,34 \text{ ml O}_2/\text{g Hb} \cdot 150 \text{ g Hb/l} = 0,2 \text{ l O}_2/\text{l}$   
(bei vollständiger O<sub>2</sub>-Sättigung)

http://baromedizin.de

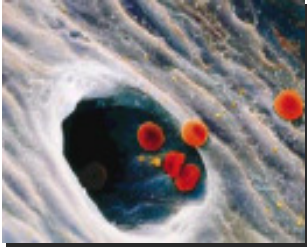
Tauchersymposium 2007



baromedizin

## Physikalische Löslichkeit von O<sub>2</sub>

- $\alpha_{O_2} = 0,024$ 
  - P<sub>O<sub>2</sub></sub> in der Lungenvene: **95mmHg**



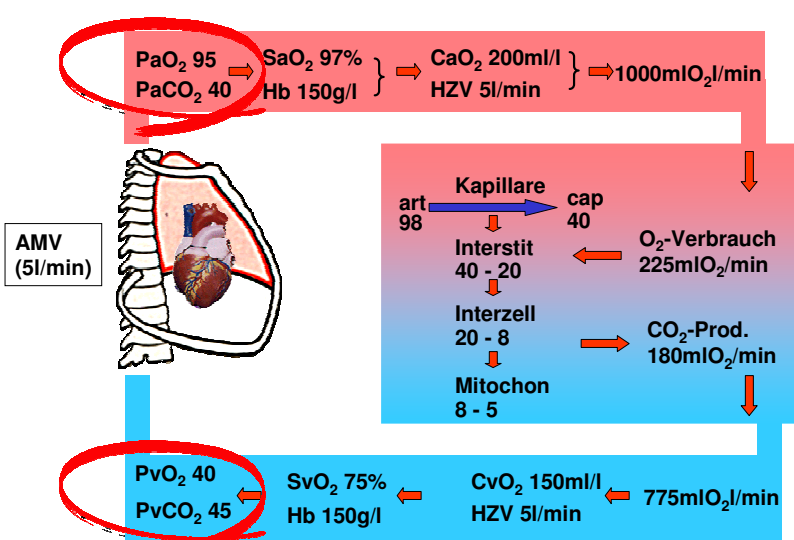
$$[O_2] = (0,024/760\text{mmHg}) \times 95\text{mmHg} = 0,003 \text{ l O}_2/\text{l}$$

$$[O_2]_{\text{max}} = [O_2]_{\text{Hb}} + [O_2]_{\text{phys}} = 0,203 \text{ l O}_2/\text{l}$$

http://baromedizin.de

Tauchersymposium 2007

baromedizin



AMV (5l/min)

**PaO<sub>2</sub> 95** → SaO<sub>2</sub> 97% } → CaO<sub>2</sub> 200ml/l } → 1000mlO<sub>2</sub>/min  
**PaCO<sub>2</sub> 40**      Hb 150g/l      HZV 5l/min

art 98 → Kapillare → cap 40  
 Interstit 40 - 20 ← O<sub>2</sub>-Verbrauch 225mlO<sub>2</sub>/min  
 Interzell 20 - 8 → CO<sub>2</sub>-Prod. 180mlO<sub>2</sub>/min  
 Mitochon 8 - 5

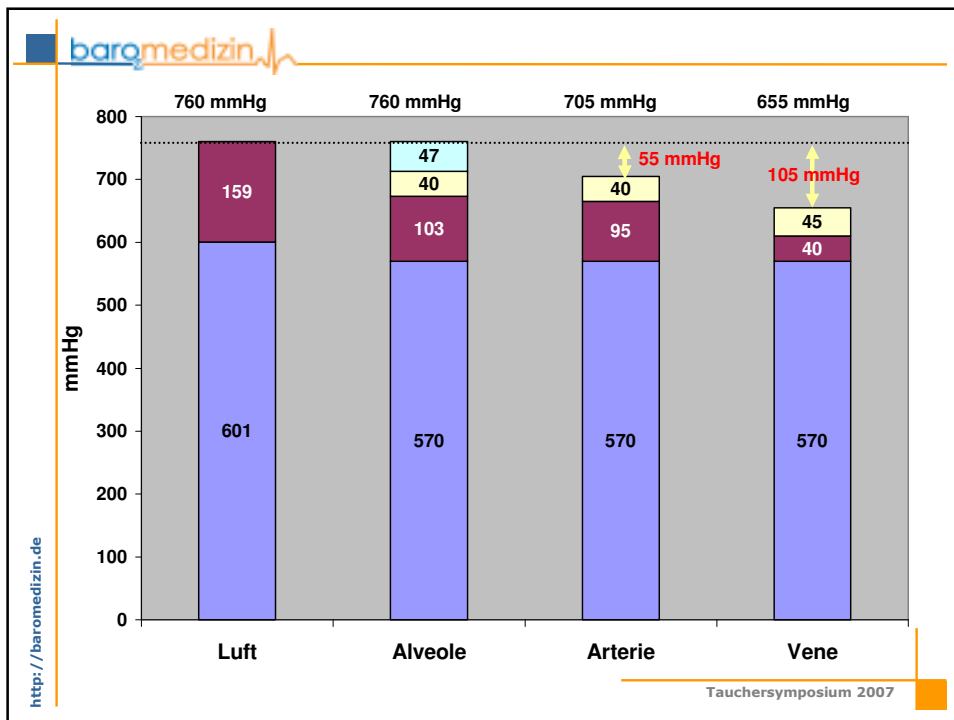
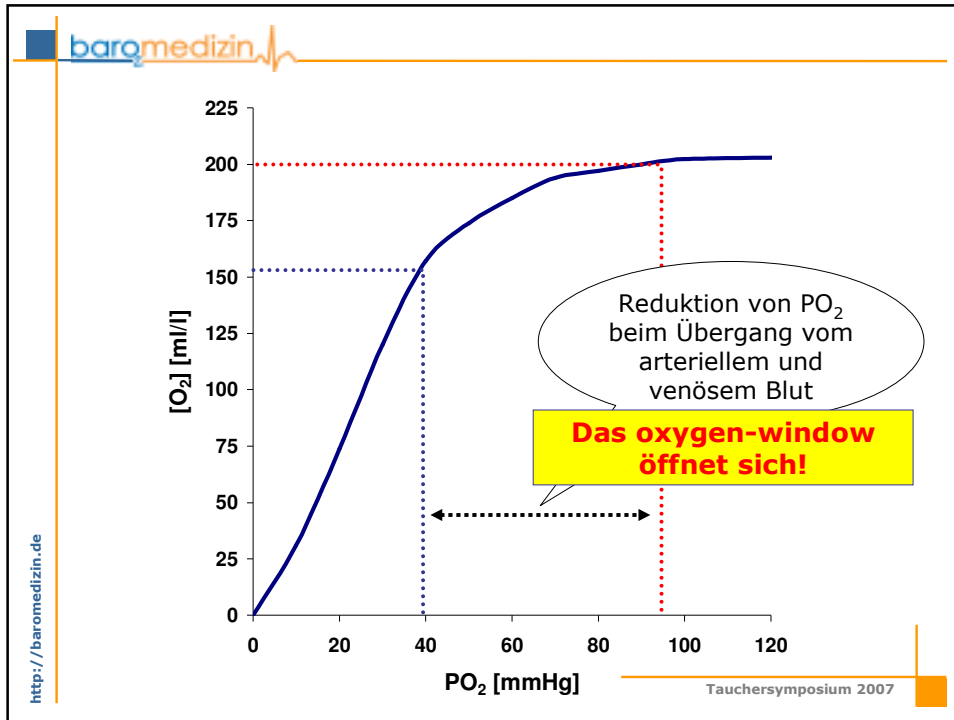
**PvO<sub>2</sub> 40** ← SvO<sub>2</sub> 75% ← CvO<sub>2</sub> 150ml/l } ← 775mlO<sub>2</sub>/min  
**PvCO<sub>2</sub> 45**      Hb 150g/l      HZV 5l/min

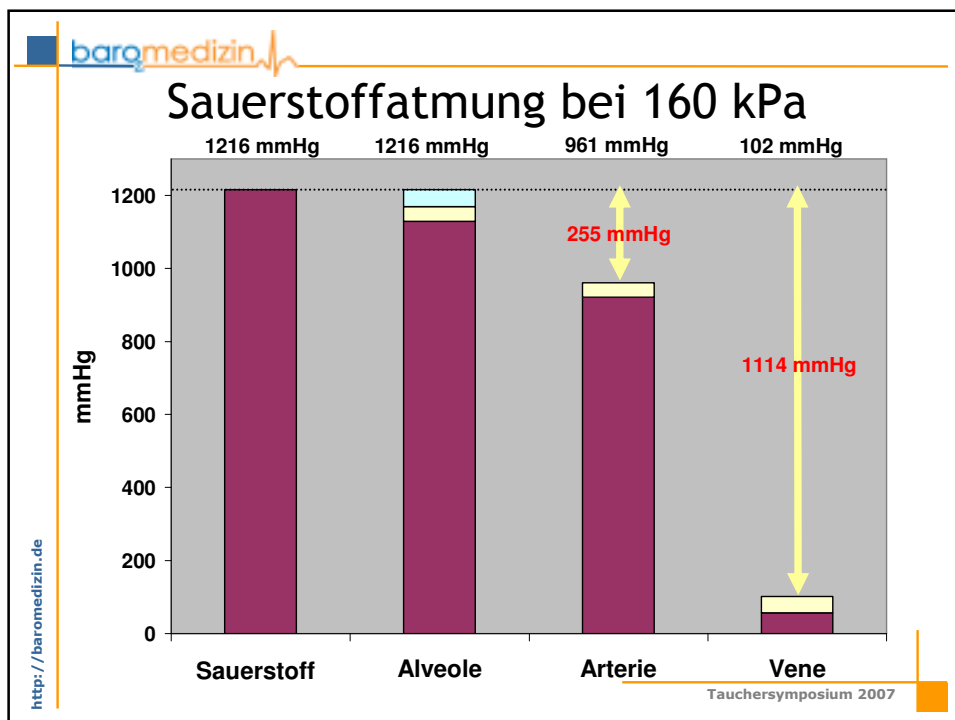
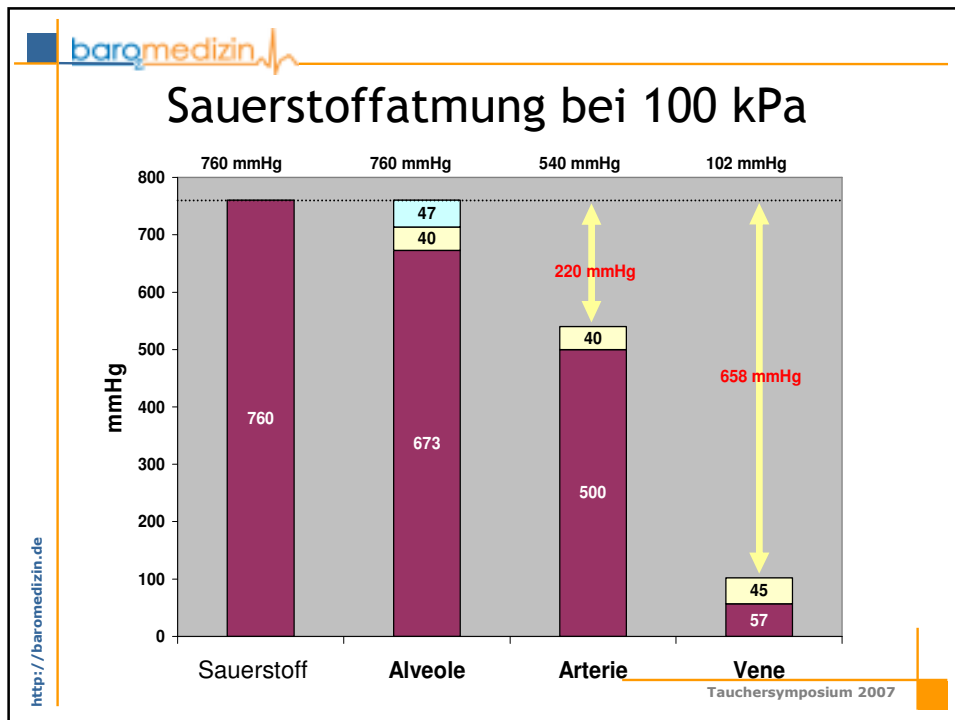
Nach: Treacher DF, Leach RM (1998) BMJ 317:1302-1306

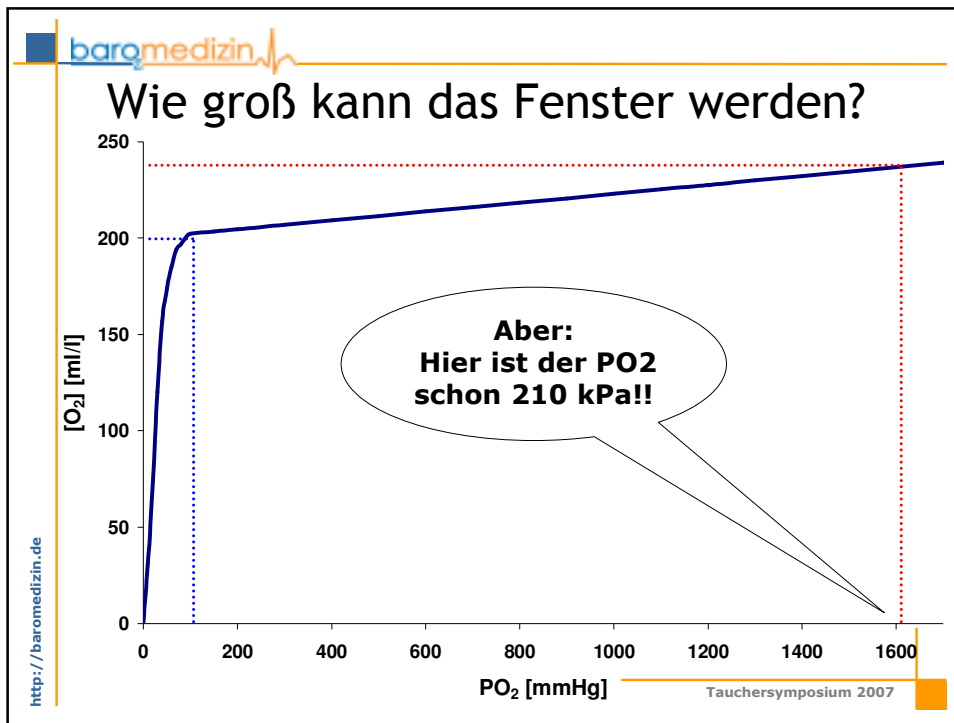
http://baromedizin.de

Tauchersymposium 2007









- Ja gut,  
aber wie hilft das beim Tauchen??
- Sauerstoff als ideales Dekompressionsgas
  - Sauerstoff verringert Gewebe-Übersättigung
  - Sauerstoff bringt Blasen zum Schrumpfen
- http://baromedizin.de
- Tauchersymposium 2007

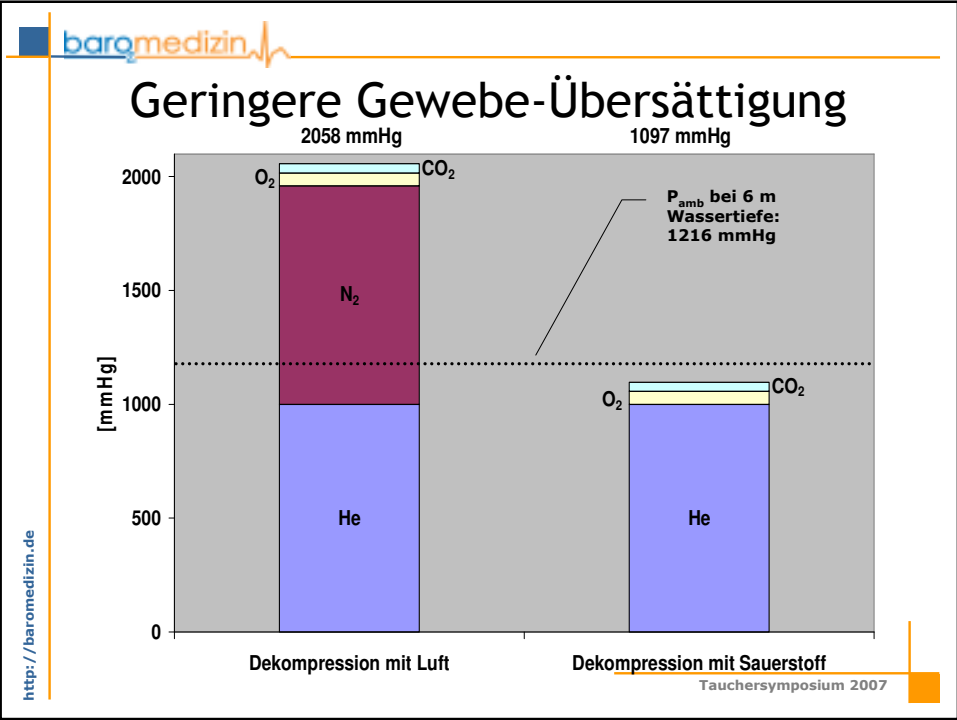
baromedizin

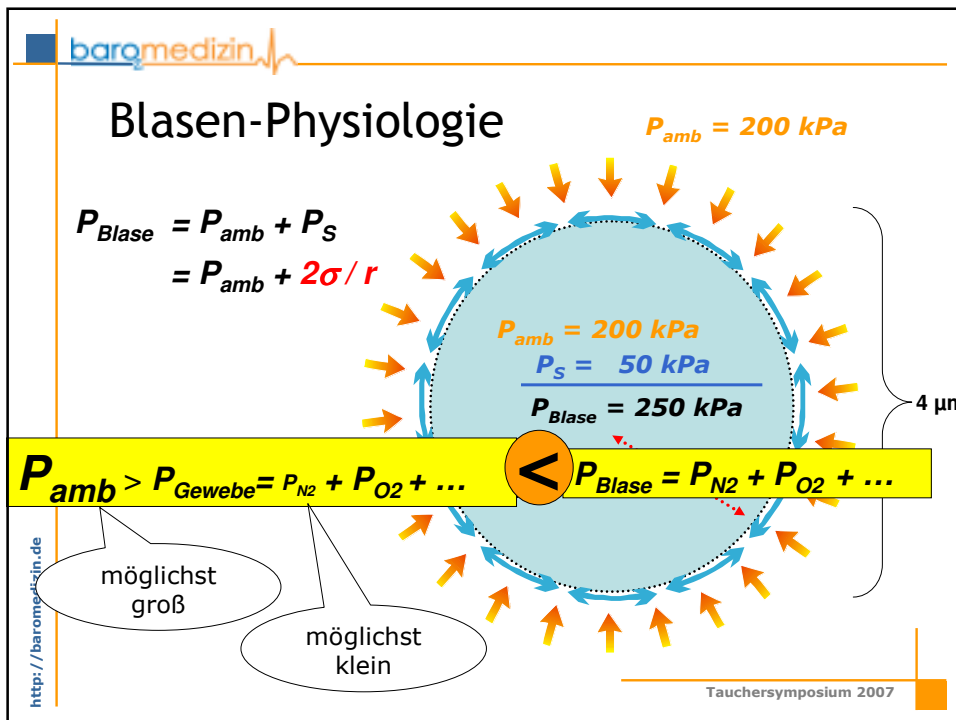
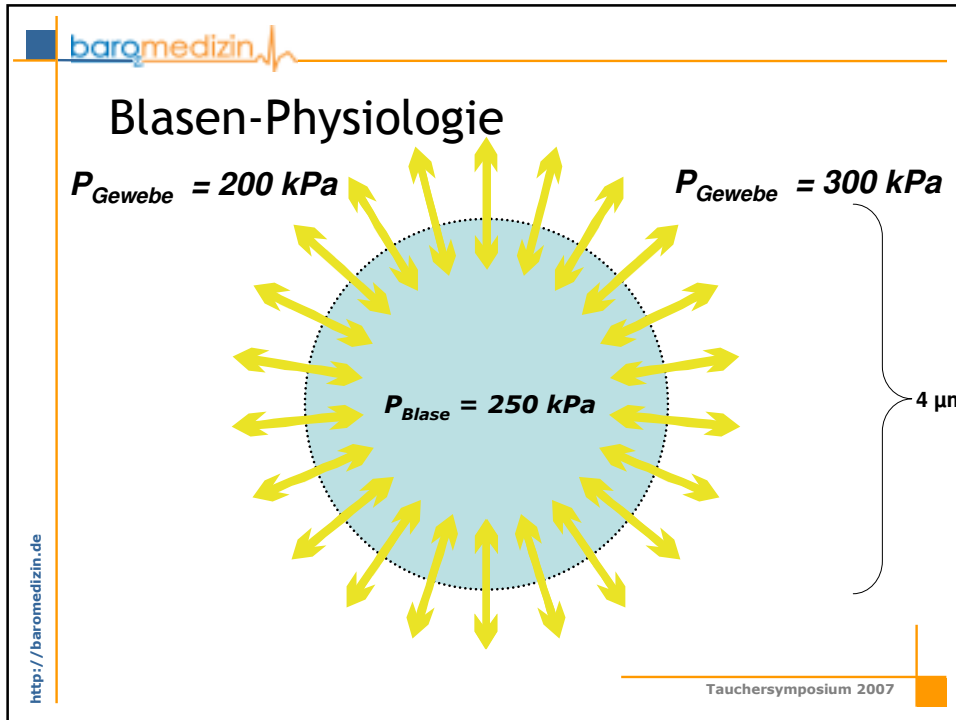
## Sauerstoff als ideales Dekompressionsgas


- Gewebe-PO<sub>2</sub> niedrig
  - (noch niedriger als in der Vene)
- Aufsättigung mit O<sub>2</sub> findet nicht statt
- Die O<sub>2</sub>-Exposition muss für Deko-Berechnungen nicht berücksichtigt werden

http://baromedizin.de

Tauchersymposium 2007







## Fazit

- OW ist die
- OW ist ein
- Vorgänge
  - Reduktion
- Das OW v
- Das OW e
- Das OW h
- Das OW v
  - Summe
  - Summe



orgänge

ch metabol

Gewebe ( $P_{\text{Gewebe}}$ ).

mination aus

odell).

ressionsgas

tigung von

vermeiden

ein gegenüber

ein gegenüber

http://baromedizin.de

Tauchersymposium 2007

