

# Unfallfrei tauchen



## Was lernen wir aus Tauchunfällen?



Dr. med. Christian Wölfel

Anästhesiologie FMH

Tauchmedizin SUHMS

Notarzt SGNOR

# Unfälle beim Tauchen



## Verletzungen



# Tauchunfall

**DCI**  
(decompression illness)



**DCS (I, II)**

Decompression Sickness

Inertgasbläschen entstehen bei der Dekompression und verursachen Symptome

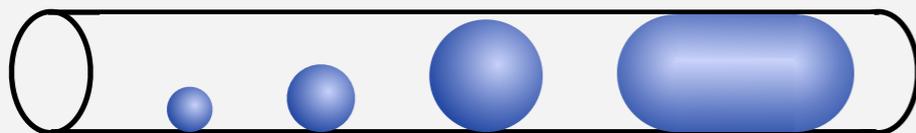
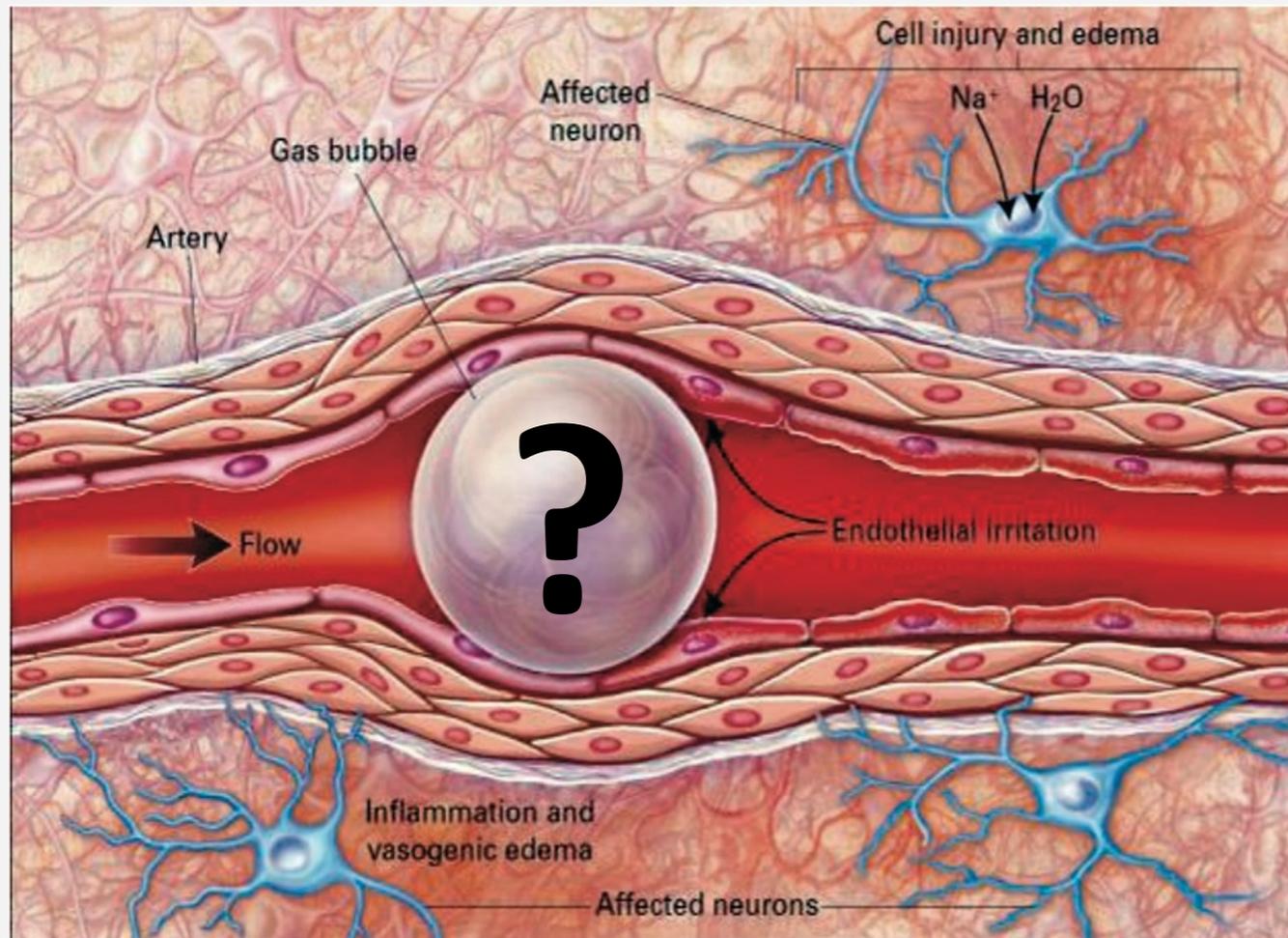
**AGE**

Aterial Gas Embolism

Atemgas wird durch eine Gewebsverletzung in der Lunge in den Kreislauf eingeschwemmt und verursacht Symptome

# Tauchunfall

aus: „Gas Embolism“; Muth CM, Shank ES. N Engl J Med. 2000 Feb 17;342(7):476-82



Courtesy Prof František Novomeský, Martin, SK

- Blutstrom durch Bläschen blockiert
- Gerinnungsaktivierung
  - ▶ verminderte Durchblutung
  - ▶ Sauerstoffmangel / Infarkt
- Aktivierung des Immunsystemes
  - ▶ Entzündungsreaktionen
  - ▶ Beschädigung körpereigener Strukturen
- mechanische Gewebszerstörung
  - ▶ Schäden an Nervengewebe
  - ▶ Beschädigung der Gefäßwand
  - ▶ leckende Blutgefäße
  - ▶ Ödeme
  - ▶ Volumenmangel im Gefässbett
  - ▶ Schock

# Tauchunfall

## DCI I - Symptome - Theorie

**Bimod**  $\times 2 \xrightarrow{\exists?} \text{Bimod}$

$(M, W) \mapsto M \boxtimes W$   
 $(P, Q) \mapsto P \otimes Q$

$O_p \times 2 \xrightarrow{\otimes} O_p$

---

$F_P(V) \otimes F_Q(W)$   
 $\cong F_{P \otimes Q}(V \boxtimes W)$

$(P \circ V \circ P) \square (Q \circ W \circ Q) \xrightarrow{\tau_{V, W}} (P \otimes Q) \circ (V \boxtimes W) \circ (P \otimes Q)$   
 $((p_1, v_1, \dots, v_n, p_1), (q_1, w_1, \dots, w_n, q_1)) \mapsto (p \otimes q, (v_i, w_i)_{i, j}, (p \otimes q, r_{i, j}))$

$\forall a: F_P V \rightarrow F_P V'$      $b: F_Q W \rightarrow F_Q W'$   
 $a^\#: V \rightarrow P \circ V' \circ P$      $b^\#: W \rightarrow Q \circ W' \circ Q$

$\exists V \boxtimes W \xrightarrow{a^\# \square b^\#} (P \circ V' \circ P) \square (Q \circ W' \circ Q) \xrightarrow{\tau_{V', W'}} (P \otimes Q) \circ (V' \boxtimes W') \circ (P \otimes Q)$   
 $=: a \tilde{\otimes} b$

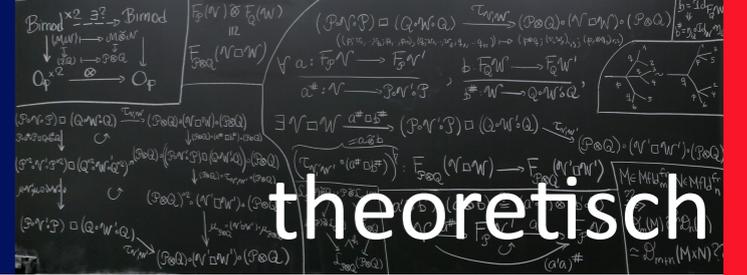
$(\tau_{V', W'} \circ (a^\# \square b^\#))^\flat: F_{P \otimes Q}(V \boxtimes W) \rightarrow F_{P \otimes Q}(V' \boxtimes W')$

$(a' \tilde{\otimes} b') \circ (a \tilde{\otimes} b) \cong (a' \circ a) \tilde{\otimes} (b' \circ b)$

$V \xrightarrow{a^\#} F_P V' \xrightarrow{a'} F_P V''$   
 $(a' \circ a)^\#$

$M \in \text{Mfld}_m^{\text{fr}}, N \in \text{Mfld}_n^{\text{fr}}$   
 $\Rightarrow \mathcal{D}_m(M) \tilde{\otimes}^h \mathcal{D}_n(N) \cong \mathcal{D}_{m+n}(M \times N)?$

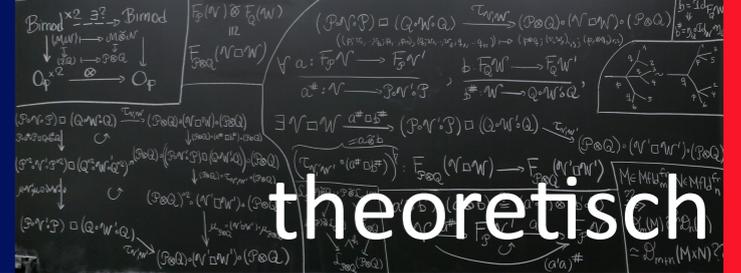
*Diagram: A tree structure with nodes labeled p, q, 1, 2, 3, 4, 5, 6 and arrows indicating relationships between them.*



## DCI I - Symptome („milde Symptome“)

- ▶ extreme Müdigkeit
- ▶ Taucherflöhe

**zur Behandlung der DCI I reicht  
100% Sauerstoffatmung ohne  
Druckkammerbehandlung aus**



## DCI II - Symptome

(„schwere Symptome“)

- ▶ Schmerzen
- ▶ Hautsymptome
- ▶ Lähmungen
- ▶ Gefühlsstörungen
- ▶ Seh-, Hör-, Sprachstörungen
- ▶ “Chokes” (Dyspnoe, Husten)
- ▶ Schwindel, Übelkeit
- ▶ Bewusstseinsstörung



**DCI II erfordert zwingend eine Druckkammerbehandlung**

# Tauchunfall

## DCI I - Symptome - Praxis



## Probleme

- ▶ welche Art von Schmerzen?
  - ▶ klassische *Bends* müssen nicht zwingend in der Druckkammer behandelt werden
- ▶ Hautsymptome
  - ▶ erfordern wenn sie isoliert auftreten nicht unbedingt eine Druckkammerbehandlung
- ▶ uneindeutige Symptome
  - ▶ harmlose Nervensymptome (isoliertes leichtes Kribbeln)
  - ▶ allgemeines Unwohlsein
- ▶ Symptome verändern sich im Verlauf oft
  - ▶ schwerste Tauchunfälle können mit leichten Symptomen beginnen

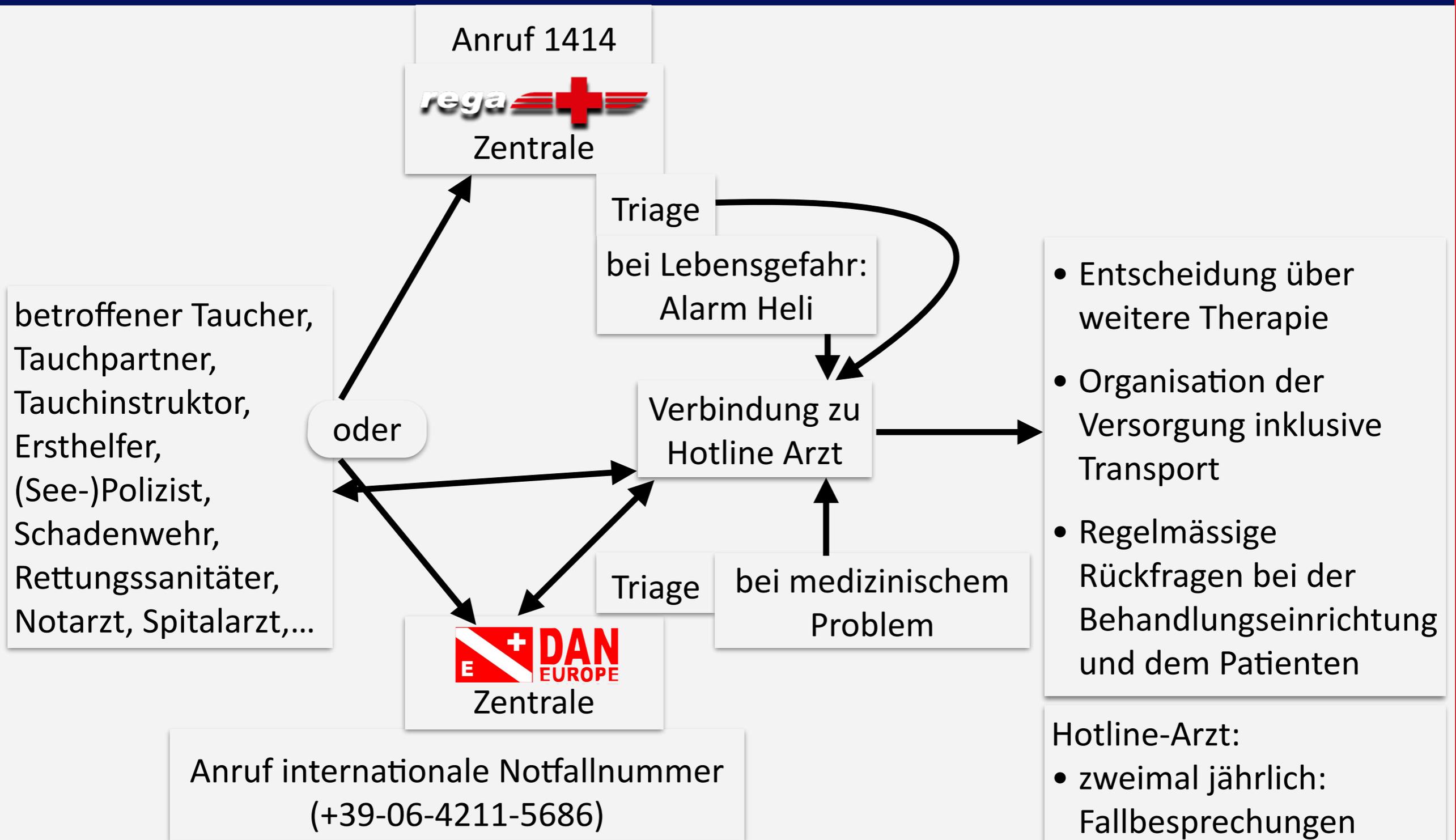
**Die Entscheidung über die Notwendigkeit einer Druckkammerbehandlung erfordert viel Erfahrung**

# Was ist DAN Europe Suisse?

- ▶ nationale Hotline für tauchmedizinische Notfälle im In- und Ausland
- ▶ Team aus Tauchmedizinern
- ▶ alle Landessprachen + Englisch
- ▶ rund um die Uhr erreichbar
- ▶ Unterstützung ab dem Zeitpunkt des Anrufes
  - ▶ während des Transportes
  - ▶ während allfälliger Behandlungen
  - ▶ bis zum Erreichen eines stabilen Zustandes
  - ▶ Qualitätssicherung (wissenschaftliche Auswertung)



# Wie funktioniert die Hotline



# Wer sind die DAN-Ärzte?

- Dr. Jean-Yves Berney
- Dr. Niklaus Gäumann
- Dr. Franz Guala
- Dr. Peter Nussberger
- Dr. Peter Rupp
- Dr. Gian-Luca Sartori
- **Dr. Jürg Wendling**
- (Dr. Christian Wölfel)

## **DAN Europe Suisse**

(Suisse and Liechtenstein)

National Director: Dr.Jürg Wendling M.D.

Address: Faubourg du Lac 67, 2502 Biel, Switzerland

Info Line: +41 32 322 3823

Fax: +41 32 322 3839

Email: [suisse@daneurope.org](mailto:suisse@daneurope.org)



# Bei Anruf... ja was eigentlich?

## Benötigte Informationen

- ▶ Tauchnotfall oder allgemeine medizinische Anfrage?
- ▶ Kontakt (Name, Telefonnummer)
- ▶ wer ist am Telefon? (Anrufer = Betroffener?)
- ▶ wo befindet sich der Betroffene?
- ▶ Zustand des Betroffenen (bei Bewusstsein? orientiert?)
- ▶ laufen bereits Massnahmen (z.B. Wiederbelebung, Sauerstoffatmung?)
- ▶ Kurze Schilderung des Unfalles und der Vorgeschichte
- ▶ Im weiteren Gesprächsverlauf: kurze Beschreibung des Tauchprofiles, Atemgase, Dekostopps, Vorerkrankungen u.v.a.  
DAN-Mitgliedsnummer

# Bei Anruf... ja was eigentlich?

## Entscheidungen und Leistungen des Hotline-Arztes

- ▶ Ist eine telemedizinische Assistenz ausreichend oder sind weitere Rettungskräfte nötig (Sanität, Rega)?
- ▶ Schweregradeinschätzung des Tauchunfalles:

*n*: kein Tauchunfall oder Bagatelle

*+*: Tauchunfall, normobare Sauerstoffatmung ausreichend

*++*: Tauchunfall, Druckkammerbehandlung nötig

*+++*: wie „*++*“ aber zusätzlich akute Lebensgefahr, intensivmedizinische Betreuung notwendig

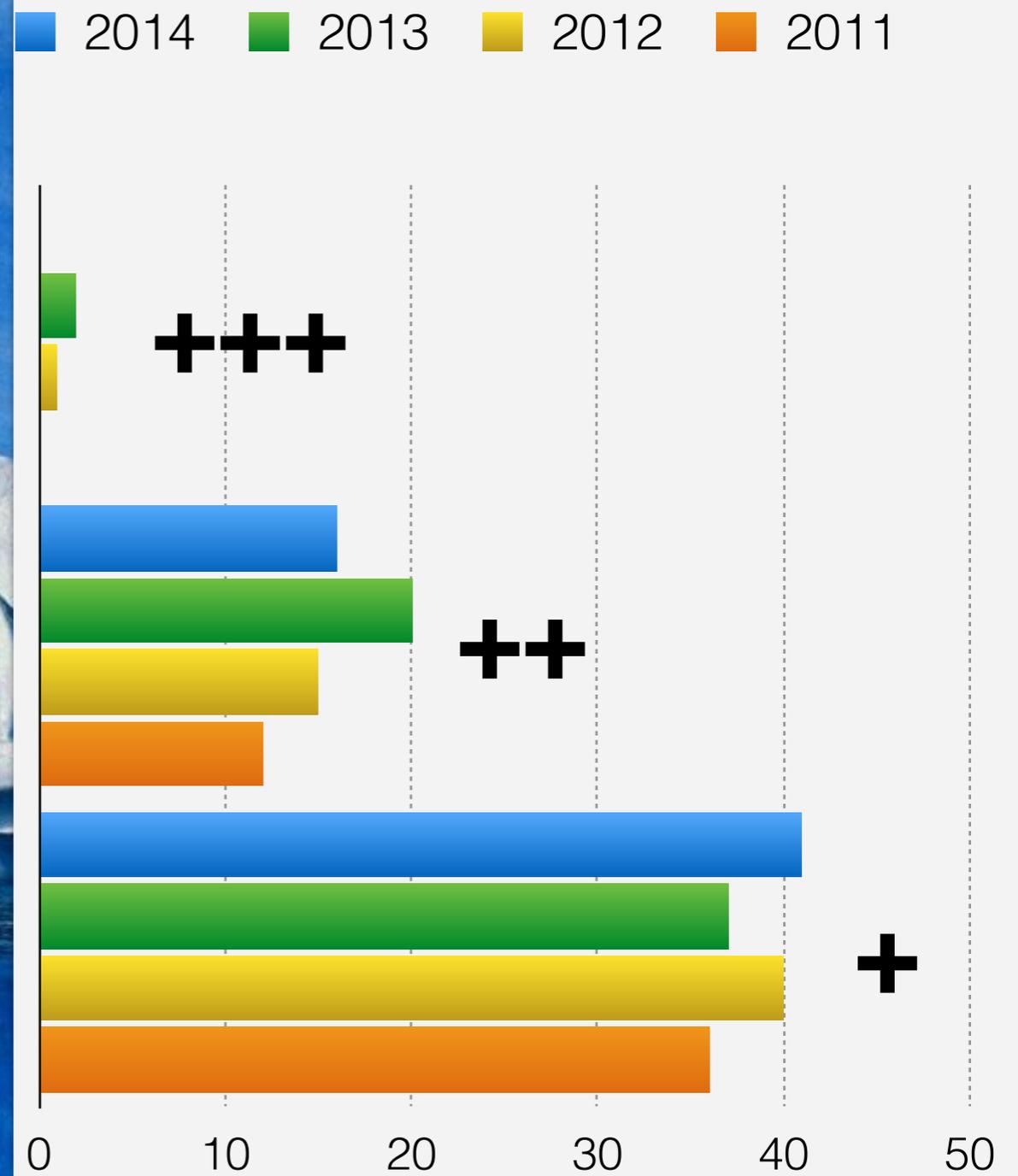
- ▶ Organisation der Hilfeleistung je nach Voraussetzungen und Schweregrad

# Spitze des Eisberges

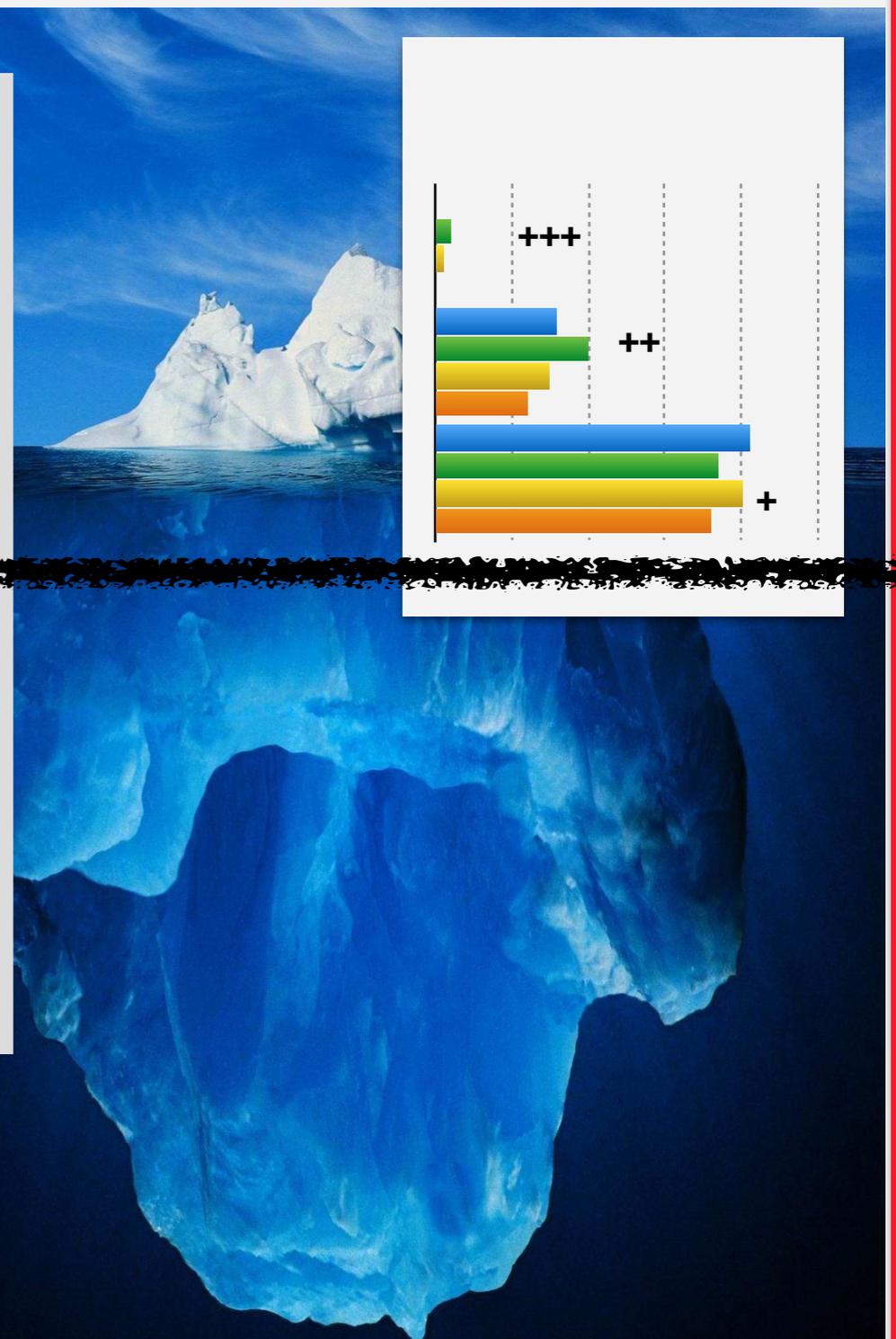
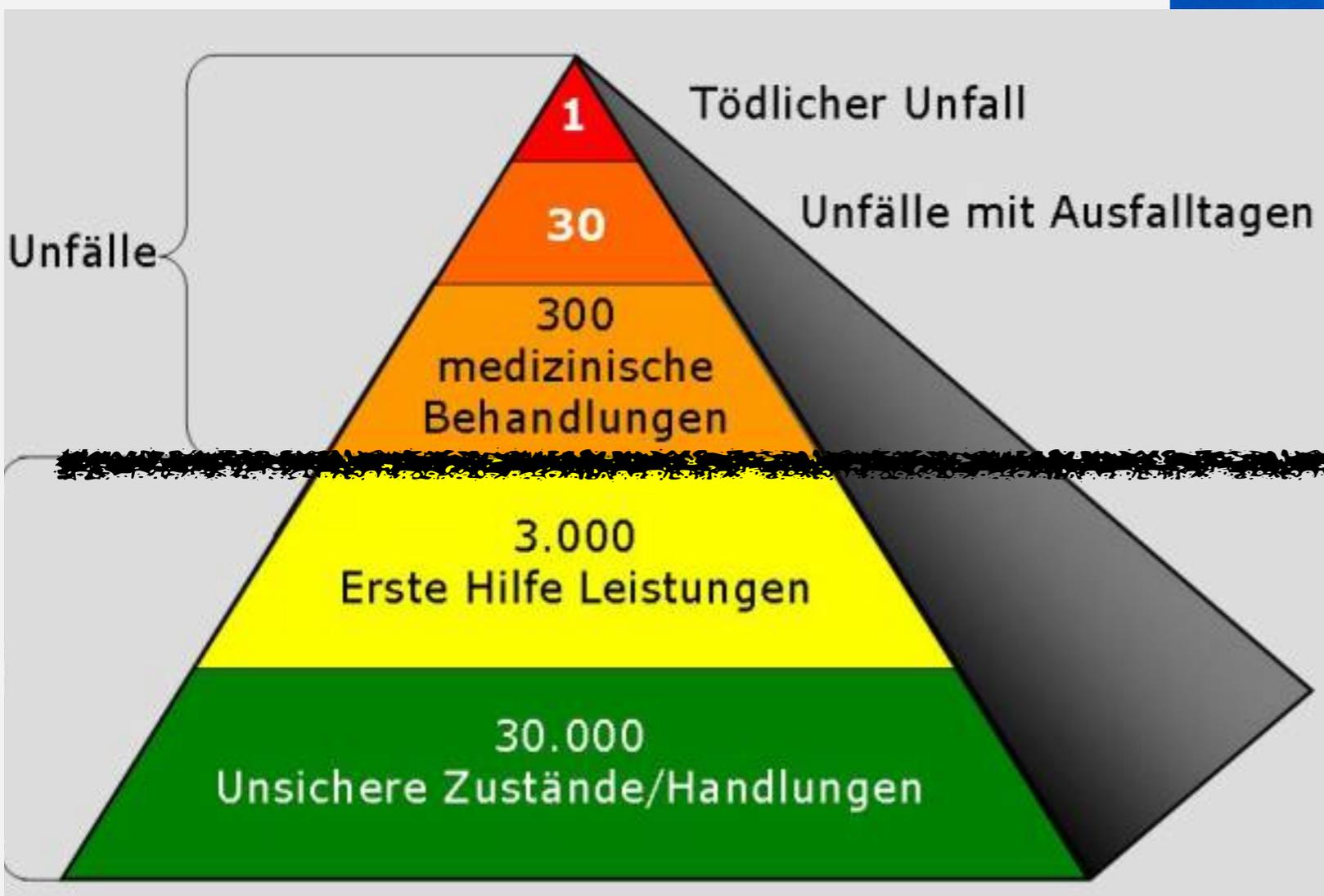
## Hotline-Anrufe 2011 bis 2014

Schweregrad	2014	2013	2012	2011
+++		2	1	
++	16	20	15	12
+	41	37	40	36
0	8	11	7	13

# Spitze des Eisberges



# Spitze des Eisberges



# FTU und DAN ergänzen sich

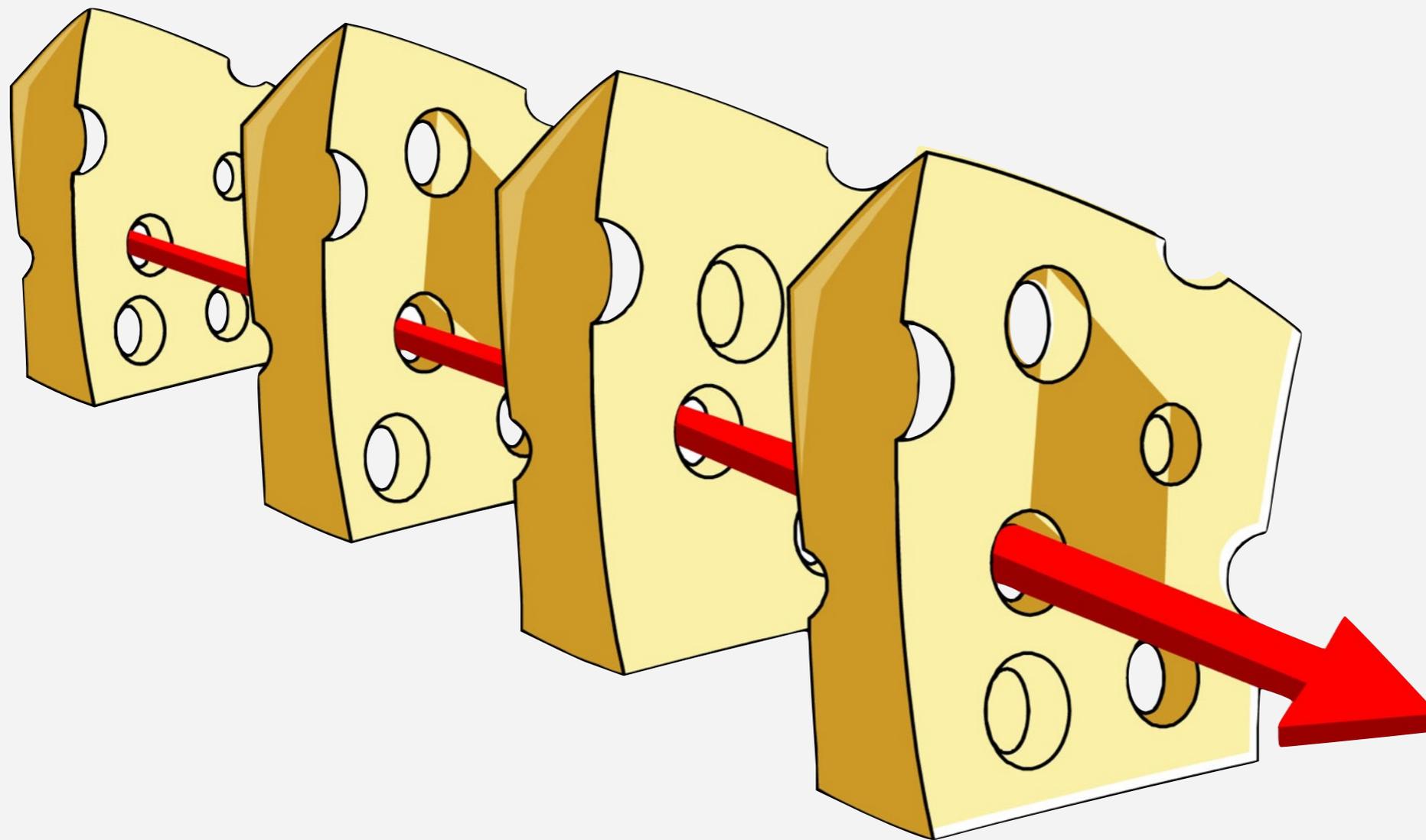


DAN liefert medizinische Expertise zur Unfallanalyse und verfügt über einen grossen systematisch archivierten und wissenschaftlich ausgewerteten Erfahrungsschatz

# von Käse und Tauchunfällen



# von Käse und Tauchunfällen

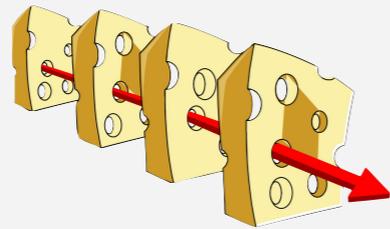


**Unfall**

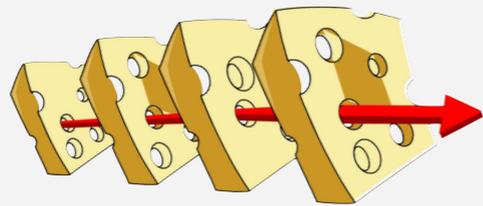
# von Käse und Tauchunfällen



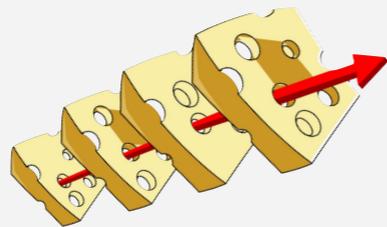
Technik



Medizin



Verhalten



**Unfall** → **Report**



# Beispiel

## Anruf bei der DAN-Hotline

- ▶ Ein Hausarzt ruft wegen eines Patienten an
- ▶ 66jährig
- ▶ über 17 Stunden nach einem Tauchgang sucht ihn der Taucher auf wegen:
  - ▶ Schwierigkeiten beim Gehen
  - ▶ Gefühlsverminderung in beiden Beinen
  - ▶ teilweise Lähmung des rechten Beines mit positivem Babinski-Zeichen

# Beispiel

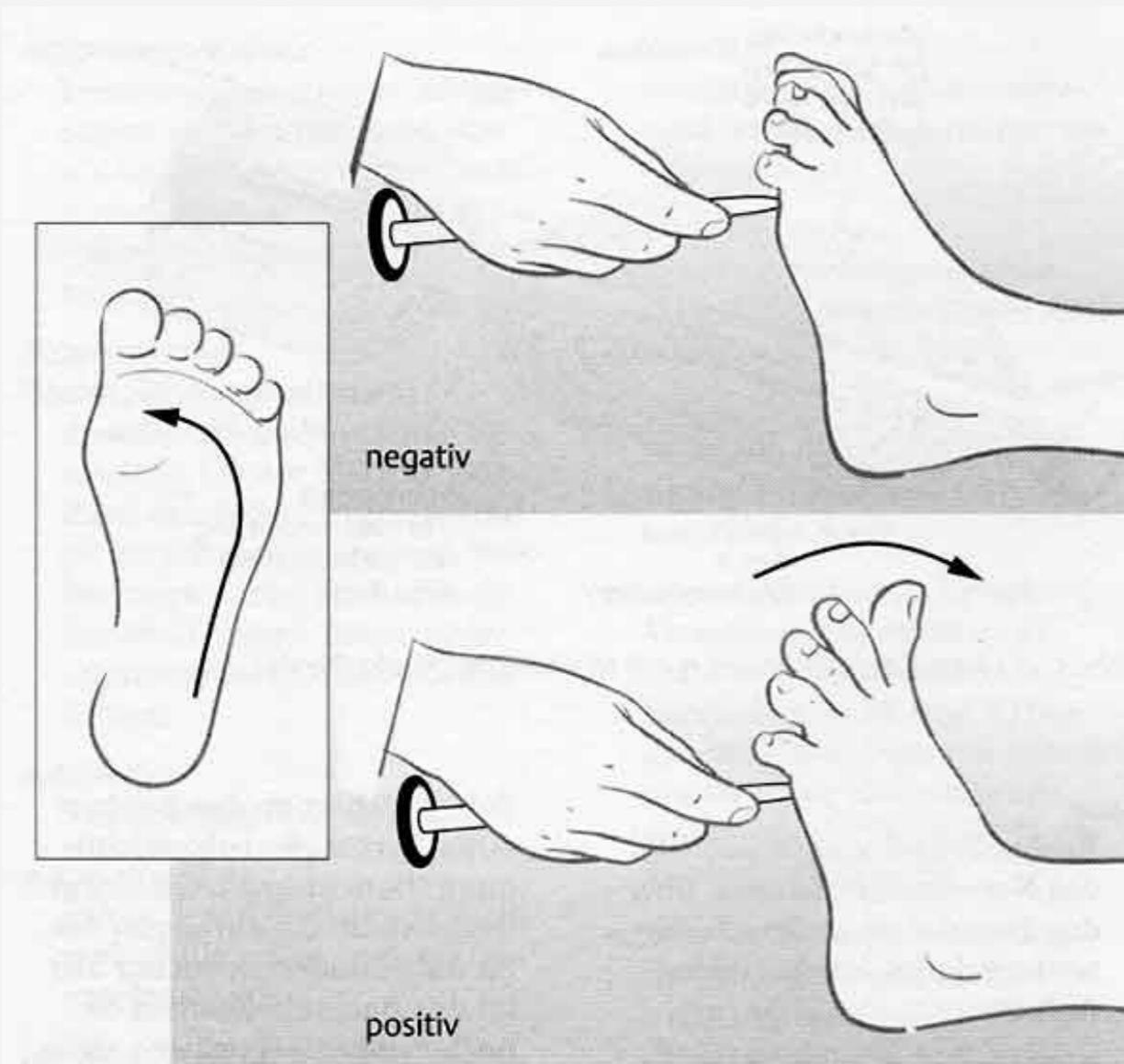


Abb. 4 Babinski-Zeichen



# Beispiel

## Entscheidung des Hotline-Arztes

- ▶ ++
- ▶ Druckkammerbehandlung (hyperbare Oxygenation, HBO) indiziert

# Beispiel

## Vorgeschichte

- ▶ etwa 20 Minuten nach Erreichen der Oberfläche:
  - ▶ Gehschwäche
  - ▶ zunehmende Gefühllosigkeit am rechten Oberschenkel

## Erstmassnahmen

- ▶ bekommt im Tauchshop vom Instruktor 100% Sauerstoff zu atmen, worauf sich die Probleme fast vollständig zurückbilden
- ▶ Diskussion mit dem Tauchpartner und dem Instruktor: alle halten DCI für unwahrscheinlich
- ▶ Abbruch der Sauerstoffatmung

# Beispiel



# Beispiel



## Fehler 1

- ▶ Gesundheitliche Probleme nach einem Tauchgang sind bis zum Beweis des Gegenteiles tauchbedingt
- ▶ Lieber einmal zu viel bei der Hotline anrufen als einmal zu wenig

## Fehler 2

- ▶ Wenn sich gesundheitliche Probleme nach einem Tauchgang unter Sauerstoffatmung bessern, ist DCI hochgradig wahrscheinlich

# Beispiel

## Weiterer Verlauf

- ▶ geht nach Hause und legt sich schlafen
- ▶ 10 Stunden nach Erreichen der Oberfläche erwacht er, weil er Wasser lösen muss
- ▶ kann kaum laufen, auch das Wasser Lösen gelingt nicht
- ▶ sucht den Hausarzt am nächsten Morgen auf

# Beispiel





## Fehler 3

- ▶ spätestens jetzt ist klar, dass es sich um einen Notfall handelt
- ▶ fachmedizinische Hilfe müsste ohne weiteren Zeitverlust in Anspruch genommen werden

# Beispiel

## Weiterer Verlauf

- ▶ der Hausarzt will tauchmedizinischen Rat einholen, kennt aber die DAN Hotline nicht
- ▶ der Patient kennt sie und weist den Arzt darauf hin

# Beispiel

## Diagnose

- ▶ Schwere zunehmende spinale DCS



FIG. 2—Transverse section of cervical spinal cord from goat 6 showing distribution of GDEV in the white matter. H&E,  $\times 12$ .

# Beispiel

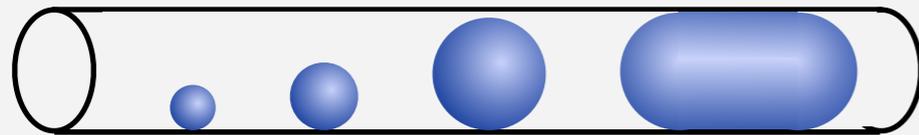
## Behandlung und weiterer Verlauf

- ▶ Einer ersten Notfallbehandlung in der Druckkammer (Druck entsprechend 30m Wassertiefe, 7 Stunden Dauer) folgen
- ▶ 14 weitere kürzere Behandlungen (15m, 1.5 Stunden)



# Beispiel

## Behandlungsprinzipien der HBO



- ▶ Wirkung von Überdruck nur bei sofortiger Anwendung
- ▶ Sauerstoff mit Partialdrücken über 2,4bar kann Blaseneffekte teilweise rückgängig machen



- Blutstrom durch Bläschen blockiert
- Gerinnungsaktivierung
  - ▶ verminderte Durchblutung
  - ▶ Sauerstoffmangel / Infarkt
- Aktivierung des Immunsystemes
  - ▶ Entzündungsreaktionen
  - ▶ Beschädigung körpereigener Strukturen
- mechanische Gewebszerstörung
  - ▶ Schäden an Nervengewebe
  - ▶ Beschädigung der Gefäßwand
  - ▶ leckende Blutgefäße
  - ▶ Ödeme
  - ▶ Volumenmangel im Gefäßbett
  - ▶ Schock

# Beispiel

## Analyse

### Taucherfahrung

- ▶ taucht seit 8 Jahren, CMAS \*\*\*
- ▶ während dieser Zeit mehr als 500 Tauchgänge

### Tauchgang

- ▶ als Plausch-Tauchgang im See geplant
- ▶ Sommer
- ▶ kein Wiederholungstauchgang

# Beispiel

## Analyse

### Tauchgangsprofil

- ▶ 34 Meter, 37 Minuten
- ▶ zu Beginn des Aufstieges zeigt der Tauchcomputer noch 4 Minuten Nullzeit an
- ▶ Sicherheitsstop während einiger Minuten zwischen 7m und 3m

### Atemgas

- ▶ Pressluft

# Beispiel

## Analyse

### Gesundheitszustand

- ▶ fit, trainiert
- ▶ beidseits künstliches Hüftgelenk

# Aus Tauchunfällen lernen

**Häufige Ursachen für scheinbar unerklärliche DCI  
(d.h. DCI trotz Tauchverhalten gemäss allgemein gültiger Regeln,  
Tauchcomputer, etc.)**

- ▶ tiefe Tauchgänge
  - ▶ Dekotauchgänge
  - ▶ Tauchgänge am Rande der Nullzeit
- ▶ ungünstiges Tauchprofil
- ▶ Wiederholungstauchgänge
- ▶ Risikofaktoren

# Aus Tauchunfällen lernen

**Wenn es nicht gelungen ist, das Auftreten einer DCI zu verhindern, dann sind...**

- ▶ ... das Erkennen der Symptome,
- ▶ ... die richtige Beurteilung,
- ▶ ... die geeignete Behandlung
- ▶ und der kleinstmögliche Zeitverlust...

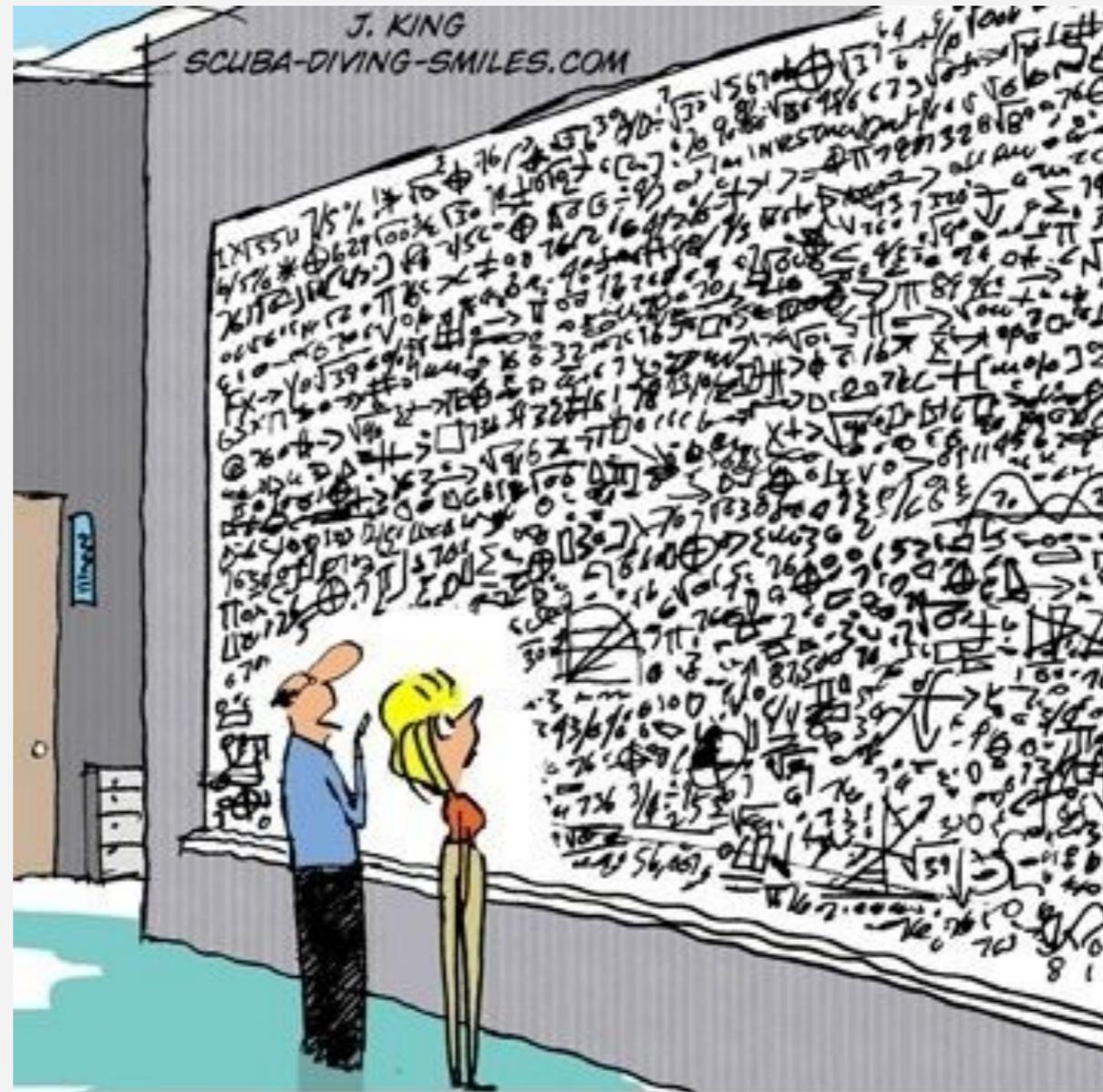
**... entscheidend**

# Aus Tauchunfällen lernen

**Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit**

**Fragen?**

**Diskussion?**



*“...And that, in simple terms, is what happens  
when you come up from your dive too quickly.  
Any questions?”*