

APNOETAUCHEN

– Rekorde „beyond limits“

Wahnsinn oder kalkuliertes Risiko?

Das Tauchen mit Anhalten der Luft gehört wohl zu den ältesten Aktivitäten der Menschheit, um Fische zu jagen (Speerfischen) und Meeresfrüchte zu sammeln. Auch heute noch wird das Sammeln von Meerestieren von den Amas in Japan und Naturvölkern in Südostasien durch Apnoetauchen betrieben.

Aus dieser Jagd- und Sammeltechnik entwickelte sich die Sportart Apnoetauchen (['a:pnɔ:ə], aus griechisch ἀπνοια ἄπνοια ‚Nicht-Atmung bzw. ohne Luft‘). Hierbei versteht man das Abtauchen ins Wasser ohne Luftzufuhr von der Oberfläche oder durch Pressluftgeräte. In den letzten Jahren ist Apnoetauchen zu einer beliebten Sportart geworden, die auch vereinsmäßig betrieben wird und zunehmend Anhänger gewinnt. Weitere Unterwasser-Sportarten, die ebenfalls in Apnoe getaucht werden, sind z.B. Unterwasser-Rugby und Unterwasser-Hockey, bei denen nur mit ABC Ausrüstung (Maske, Flossen, Schnorchel) und einem Atemzug Luftreserve unter Wasser gespielt wird.

WAS PASSIERT NUN PHYSIKALISCH BEIM APNOETAUCHEN?

Wenn ein Körper vollständig in einer Flüssigkeit (in der Regel Wasser) eintaucht, so wirkt Druck von allen Seiten auf ihn. Zusätzlich zum Luftdruck von ca. 1 bar (= 15 km Luftsäule) addiert sich der hydrostatische Umgebungs-Druck dazu, der pro 1 m Wassertiefe (WT) um 0,1 bar zunimmt. (Abb. 1) Dies bedeutet, dass man bereits in 10 m WT auf (Meeresniveau von 0 m) einem absoluten Druck von ca. 2 bar ausgesetzt ist. Wenn man nun in 1 m WT (1,1 bar) aus einem Rohr zu atmen versuchen würde, so entstünde in der Lunge ein Unterdruck von 0,1 bar, der ein Einatmen nicht mehr erlaubt. Weiters würde es durch Vergrößerung des Totraumes zu einer Pendelluft-Atmung kommen, die sich immer mehr

mit CO₂ anreichert, bis man bewusstlos wird. Beim Abtauchen in die Tiefe, kommt noch dazu, dass luftgefüllte Räume im Körper (Lunge, NNH, luftgefüllte Darmschlingen) durch den umgebenden Wasserdruck komprimiert werden. Wird kein Druckausgleichsmanöver gemacht, kommt es zum Unterdruck-Barotrauma. Lange Zeit dachte man, dass die maximal erreichbare Tiefe durch Apnoetauchen sich nach folgender Formel errechnet:

TLC : RV = maximal erreichbare Tiefe in bar
 TLC...Total Lung Capacity, RV...Residual Volume
Beispiel: 10 Liter TLC : 2,3 Liter RV= 4,3 bar

Das hieße, dass man max. ca. 33 m tief tauchen könnte ohne eine tödliche Lungenkompression zu erleiden. Der kubanische Apnoetaucher Francisco „Pipin“ Ferreras tauchte jedoch in den 90ern 133 m! tief, ohne Schaden zu nehmen, was man sich vorerst nicht erklären konnte. Schließlich fand man heraus, dass sich durch eine Umverteilung von Blut aus der Peripherie in Richtung Herz und in die Lungenvenen und -arterien eine steigende Blutfülle der Lunge ergab, die der drohenden Kompression und somit Destruktion der Lunge entgegenwirkte. Eine weitere physiologische Besonderheit ist der Tauchreflex: Beim Eintauchen des Gesichtes in Wasser (besonders bei kaltem Wasser) kommt es zu einer passageren Bradykardie, die den Sauerstoffverbrauch drosselt. Bei tieftauchenden Meeressäugern wie z.B. Walen und Robben, kann sich der Puls bis auf wenige Schläge/Minute beim Abtauchen reduzieren. Gleichzeitig kommt es zu Milzkontraktionen, wodurch vermehrt Blut in den Körperkreislauf gelangt. Der niedrigste beim Menschen gemessene Puls beim Apnoetauchen war 9/min! Schwierig ist beim Apnoetauchen jedoch der Druckausgleich der Nasen-Nebenhöhlen (NNH) (Abb. 2) und des Mittelohres. Meeressäuger haben in den NNH und der Paukenhöhle einen Schwellkörper, der sich mit Blut füllen kann, so dass sie keine Luft zum Ausgleich aufwenden müssen. Anders läuft es beim Menschen:

Dieser muss beim Abtauchen regelmäßig die Luft aktiv über die Eustachische Röhre in die Paukenhöhlen drücken, um vor und hinter dem Trommelfell gleiche Druckverhältnisse zu schaffen, bzw. durch ein enges Ostium im Nasenraum Luft in die NNH pressen. Die Geschwindigkeit, mit der man dies vollziehen kann, entscheidet auch wie tief man tauchen kann und hat zu kuriosen Auswüchsen in der Apnoe-Wettkampf-Szene geführt. (siehe weiter unten).

WETTKÄMPFE IN APNOETAUCHEN (TAB. 1):

Apnoetauchen wird seit vielen Jahren auch wettkampfmäßig betrieben mit vielen Disziplinen, rasch purzelnden Rekorden und leider auch tödlichen Unfällen. Wenn man in völliger Ruhe im Wasser liegend die Luft anhält, so lassen sich mit der Zeit deutliche Zuwächse an Apnoezeiten trainieren. Der Weltrekord (WR) in Static Apnea (STA) liegt derzeit bei 11 min. 35 sec (Stephane Mifsud, F). Beim Streckentauchen wiederum wird durch die Beinbewegung mehr O₂ verbraucht und die Apnoezeiten sind daher viel geringer (Wettkampfdisziplinen: Dynamic with fins (WR Männer 273 m) and without fins (WR Männer 218 m) Die erreichte Strecke ist limitiert durch den Anstieg des pCO₂ im Blut, der der stärkste Atemreiz ist und der zu krampfartigen Kontraktionen der Atemmuskulatur führt und zum Auftauchen zwingt. Streckentaucher (und leider auch Laien) versuchen das Einsetzen des Atemreizes hinauszuzögern, indem sie durch Hyperventilation vor dem Tauchgang den pCO₂ drastisch senken. Problematisch wird es dann, wenn während des Tauchganges durch den niedrigen pCO₂ kein Atemreiz einsetzt und der Taucher schlagartig ohne den Drang auftauchen zu müssen, durch die Hypoxie bewusstlos wird. (Abb. 3) Beim Tieftauchen in Apnoe kann dies bei der Rückkehr zur Wasseroberfläche durch den raschen Abfall des pO₂ (Hypoxie) in den letzten Metern zur Oberfläche passieren (sog. „Samba“) und zum Ertrinken eines un-

beobachteten Apnoetauchers führen. Die Tieftauchdisziplinen (CWF=Constant weight with Fins, CW = Constant weight without fins, Free Immersion und „No limits“) haben in den letzten Jahren eine Fülle an Rekorden gebracht. Der Österreicher Herbert Nitsch ist der erfolgreichste unter ihnen und hält mit 42 Jahren derzeit (2012) die Weltrekorde in Constant Weight with Fins (CWF) mit 124 m, Variable Weight (VWT) mit 142 m und „No limits“ mit sagenhaften 214 m WT!. Dies gelang ihm bereits 2007 in Speetse, GR und konnte bis jetzt nicht unterboten werden.

„No limits“ (NLT): In dieser Disziplin ist alles an technischen Hilfsmitteln erlaubt, jedoch nur die Atemluft, die man vor dem Tauchgang in die Lunge aufnehmen ist entscheidend. Dies hat nun dazu geführt, dass versucht wird, mit glossopharyngealen Manövern vermehrt Luft in die Lunge zu pressen (Buccal pumping, lung packing), um mehr Sauerstoff zur Verfügung zu haben. Dies erhöht die Vitalkapazität um mehrere Liter, führt

Wie kann ein Mensch ohne Luftversorgung mit nur einem Atemzug von der Oberfläche in eine Tiefe von 214 m (= 700 feet) kommen?

jedoch zu einer Überblähung der Lunge. (Herbert Nitsch hat z.B. 10 l FVC und kann weitere 5 l Luft durch buccal pumping in die Lungen bringen!) Ständiges Training (z.B. auch am Fahrradergometer mit Radeln in Apnoe!) verbessert die Toleranz gegenüber der Hyperkapnie beträchtlich (Herbert konnte bei einem unserer Versuche im Herbst 2007 spielend einen SpO₂ von nur 70% tolerieren). Herbert Nitsch, erzielte frühere Rekorde durch Fluten seiner NNH mit Wasser! Er hat sich nun eine andere ausgeklügelte Technik zurechtgelegt, die ihm den raschen Druckausgleich bei seinem WR Tauchgang auf 214 m WT er-

möglichte und benützt sogar statt einer Tauchmaske nur starke Glaslinsen.

ABLAUF DES WR VERSUCHES NO LIMITS AUF 214 M

Voraussetzung ist wie bei jeder Sportart jahrelanges Training und besondere körperliche Voraussetzungen, aber auch eine ausgeklügelte Logistik und Technik des Schlittens, der den Taucher in die Tiefe bringt. (Abb. 4). Herbert Nitsch war ständig an der Weiterentwicklung seines „Schlittens“ und verschiedener Back-up Systeme beteiligt, um den Tauchgang in die Tiefe schneller und sicherer zu machen. So konstruierte er einen Schlitten auf dem er stehend mit den Beinen vor-

an in die Tiefe saust, eine Seilbremse, die ihm Stopps erlaubt und schließlich einen Auftriebskörper aus Styropor, der nicht in der Tiefe aufgeblasen werden muss, um den Taucher wieder an die Oberfläche zu bringen. Früher wurde dies durch Aufblasen eines Hebeballons bewerkstelligt, was bereits einmal zu einem tödlich endenden Rekordversuch geführt hatte (Audrey Mestre-Ferreras bei ihrem Weltrekordversuch auf 171 m).

Mentale Vorbereitung mit Atemübungen, Dehnungsübungen und Übungen, die die Elastizität der Bauchdecke und des Zwerchfells erhöhen, stehen am Beginn eines solchen Versuches. Ein Heer

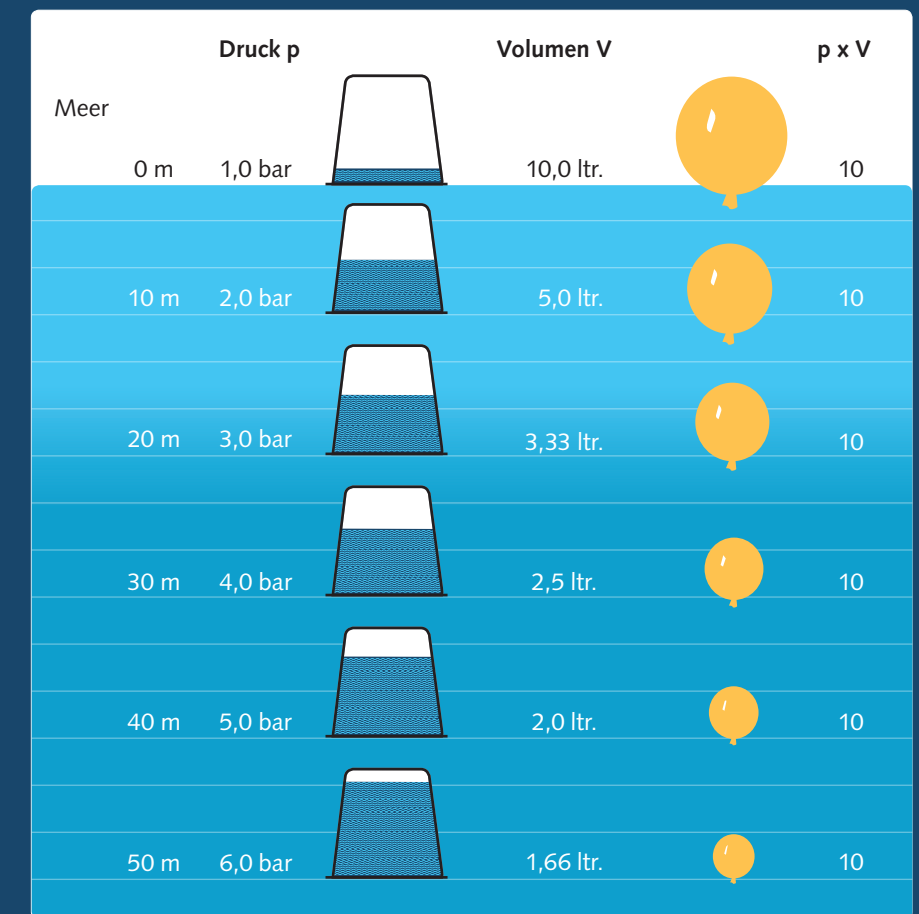


Abb1.: Volumenabnahme von Luft bei Eintauchen in Wasser unter Druck und Ausdehnung des Volumens beim Auftauchen aus dem Wasser nach dem Gesetz von Boyle-Marriott: p.V = const (bei const. Temperatur)

von Helfern, Technikern und Begleitern ist am Werk, um die Voraussetzungen für den Rekordtauchgang zu schaffen. Die Schwierigkeiten möglichst tief zu tauchen, liegen an der Fähigkeit, möglichst rasch den Druckausgleich in den luftgefüllten Körperhöhlen (NNH, Paukenhöhle) zu schaffen. Die größten Druckunterschiede liegen hierbei in den

ersten 20 Metern WT. Ein ausgeklügelter Trick, den Herbert entwickelt hatte, war, beim Abstieg auf 25 m WT kurz anzuhalten und alle Luft, die noch in den Lungen war, in eine 1,5 Liter Colaflasche zu atmen. Auf diese Weise wird schneller das Residualvolumen der Lunge erreicht (Kompensation durch Bloodshift) und er kann durch die nun zur Verfügung ste-

hende Luft aus der Flasche leichter den Druckausgleich in den NNH machen.

Auch hier hat er sich die Natur zum Vorbild genommen: Tieftauchende Robben atmen vor dem Abtauchen aus! um schneller den Druck ausgleichen zu können. Bis zur vorher bestimmten Marke von 214 m saust dann der Schlitten mit dem Taucher hinab, Herbert muss trotz der Tiefe und der beginnenden kognitiven Beeinträchtigung durch die Stickstoff-Narkose, ein Foto machen, die Beweismarke aufnehmen, das Gewicht vom Schlitten abkoppeln und den Aufstieg in Angriff nehmen.

In dieser Tiefe (22,4 bar!) ist seine Lunge maximal komprimiert und wird nur durch die enorme Blutfülle in den erweiterten Lungengefäßen vor einem tödlichen Barotrauma bewahrt. Der Aufstieg aus der Tiefe wird nun so rasch wie möglich durch den Auftriebskörper bewerkstelligt (4 m/sec) und bei 55 Meter WT vom Taucher abgebremst. Um eine Dekompressionserkrankung möglichst zu vermeiden, löst Herbert sich nun von seinem Schlitten und schwimmt frei bis in eine Tiefe von 10 m. Dort verweilt er 1 Minute, um den Stickstoff aus den Geweben und Blut abzuatmen. Die letzten 10 m bergen nun ein hohes Risiko für die Hypoxie in sich. Durch das Hinabgleiten mit dem Schlitten und das Auftauchen mit dem Auftriebskörper wird zwar möglichst bewegungsarm und sauerstoffsparend getaucht, aber der

nachlassende Umgebungsdruck verringert auch den Sauerstoff-Partialdruck sehr rasch und Bewusstlosigkeit durch Hypoxie droht.

Ein Rekordversuch ist nur dann gültig, wenn der Taucher innerhalb von 15 sec. nach dem Auftauchen sagen kann: „I am ok“ und das ok - Zeichen gibt. (Abb. 5)

GEFAHREN DES REKORD-APNOETAUCHENS

Die Kräfte, die auf den Taucher wirken sind ein hoher Umgebungsdruck, Dunkelheit und Kälte von 4°C. Die Gefahren aus physiologischer Sicht sind das Barotrauma der Paukenhöhle, der NNH und der Lunge beim Abstieg. In der Tiefe die Stickstoff-Narkose (Tiefenrausch) und beim Aufstieg der Dekompressionsunfall und die Hypoxie. Zukünftige Ziele: Interessant ist, dass man beim Apnoetraining sehr rasch seine Grenzen in die Tiefe erweitern kann. Herbert Nitsch wurde Staatsmeister mit 36 m! und taucht heute bis 214 m! Sein Ziel ist es 1000 ft. (ca. 305 m WT) zu erreichen und obwohl viele Tauchmediziner dies für unverantwortlich halten und ihm davon abraten, ist Herbert überzeugt, dass es gelingen könnte ohne Schaden zu nehmen.

Leider sind in den letzten Jahren 2 der Apnoeweltrekordhalter ums Leben gekommen: Audrey Mestre, Loïc Leferme (beide F) und Benjamin Franz (D) sitzt im Rollstuhl.....Es wird immer ein Grenzgang bleiben. Sportmediziner, Taucher-

ärzte und Notärzte sollten wissen, dass es auch eine Dekompressionserkrankung bei Apnoetauchen gibt, wenn oftmals hintereinander in größere Tiefen abgetaucht wird und dass bei entsprechender Symptomatik so ein Apnoetaucher ebenfalls in die Druckkammer gehört. Lange Zeit galt es als unmöglich, dass ein Nicht-Gerätetaucher einen Deko-Unfall erleiden könnte. Die enormen Tiefen beim Apnoetauchen, die nun erreicht werden, könnten dies aber auch bei Wettkämpfen und Training zum Thema machen.

Apnoetauchen in Tiefen von über 100 m ist mit einem hohen Risiko verbunden und genauso ein Grenzgang wie das Besteigen von Achttausendern ohne Sauerstoff, oder sogar noch gefährlicher. Ob Herbert Nitsch die Grenze von 305 m Wassertiefe (1000 ft) erreichen wird und vor allem wieder gesund, ohne nachhaltige Schäden, zur Wasseroberfläche zurückkehren kann, wird die Zukunft weisen.

Dr. med. Ulrike Preiml,
Präsidentin der Österreichischen Gesellschaft für Unterwasser- und Hyperbarmedizin
Sportärztin, Taucherärztin und selbst begeisterte Taucherin

Sport- und Tauchmedizinische Praxis
Krottenbachstr. 267/1/11
1190 Wien,

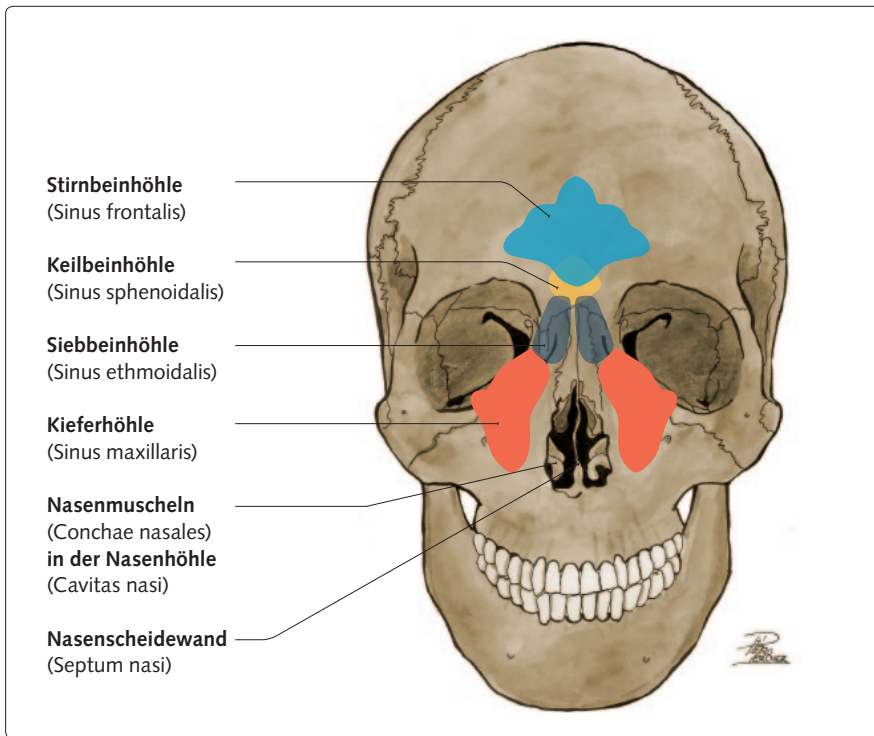


Abb2.: Luftgefüllte Nasennebenhöhlen, die beim Abtauchen mit komprimierter Luft gefüllt werden müssen.

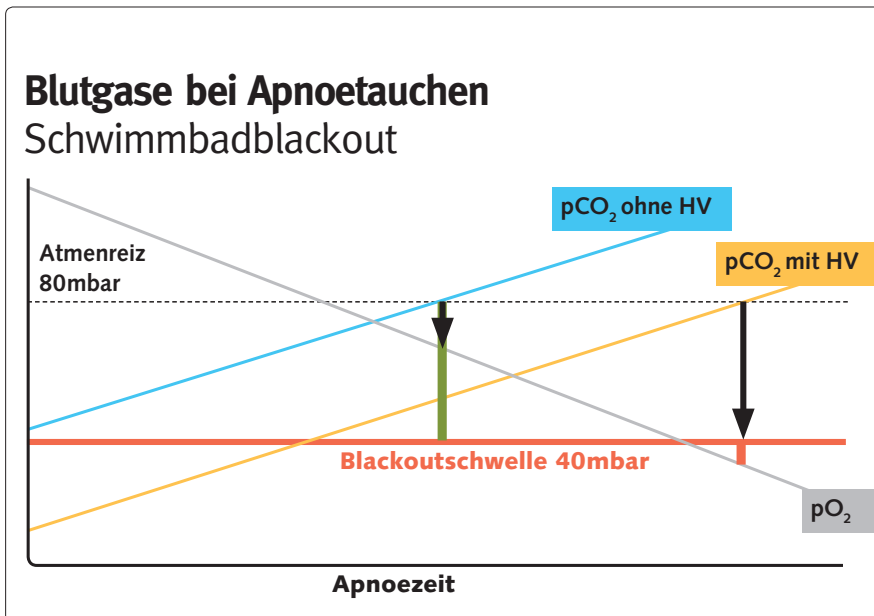


Abb3.: Hypoxie-Entstehung beim Streckentauchen: Durch Hyperventilation wird der pCO₂ so stark gesenkt, dass erst sehr spät der Atemreiz zum Auftauchen einsetzt und schlagartig Bewusstlosigkeit durch Hypoxie eintritt bevor der Taucher die Oberfläche erreicht.



Abb4.: Herbert Nitsch bei seinem Weltrekord Tauchgang auf 214 m Wassertiefe im Juni 2007 auf Speetse, Griechenland

© Foto: Fred Bayle

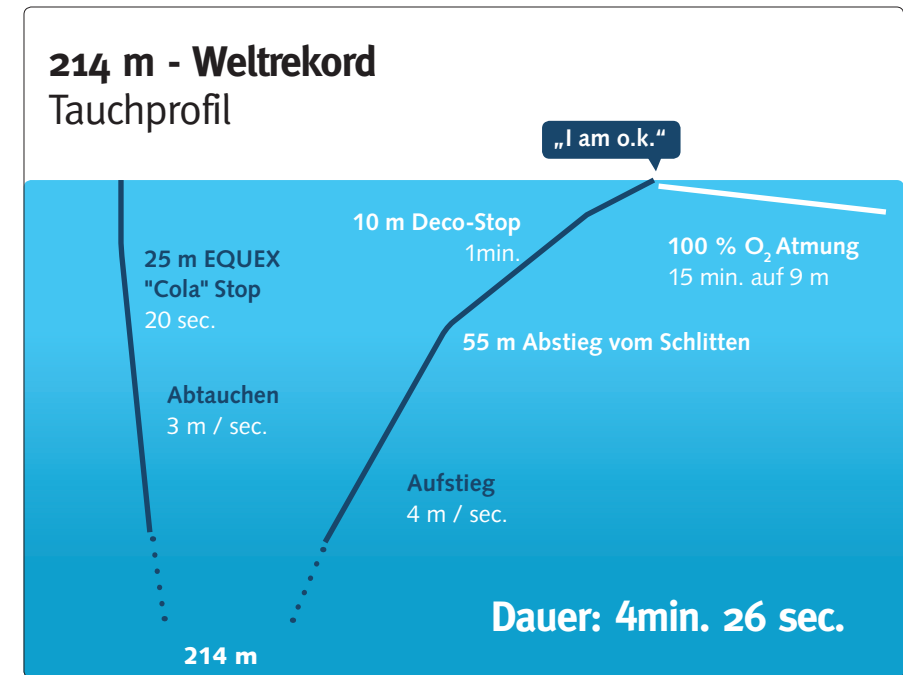


Abb5.: Profil des WR Tauchgangs auf 214 m

(U. Preiml)

Bewegung ist Leben

Dolgit®



- rasche Schmerzlinderung
- Rückgang der Schwellung
- Wiederherstellung der Beweglichkeit



Dolgit steht Ihnen in folgenden Darreichungsformen zur Verfügung:
 Dolgit-Creme 40 g und 100 g
 Dolgit-Dragees 400 mg und 800 mg
 Dolgit-Firmagelen 800 mg