

**SCUBAPRO** DEEP DOWN YOU WANT THE BEST



SICHERER UND BESSER TAUCHEN  
MIT HERZFREQUENZMESSUNG

## INHALTSVERZEICHNIS

- 03 - Herzfrequenzmessung beim Tauchen
- 04 - Wie wird die Herzfrequenz gemessen
- 05 - Ruheherzfrequenz - wie wird sie beeinflusst
- 06 - Herzzeitvolumen, Blutdruck und Belastung
- 09 - Einfluss der Herzfrequenz durch Körperlage
- 10 - Veränderung der Herzfrequenz durch Atmung
- 11 - Herzfrequenz unter Apnoe
- 12 - Flüssigkeitshaushalt und Herzfrequenz
- 13 - Herzschlag - Hitze und Kälte
- 14 - Warum rast das Herz bei Aufregung
- 14 - Trainingsindikator Herzfrequenz
- 15 - Fitnesstraining und Trainingstipps
- 18 - Glossar



## HERZFREQUENZMESSUNG BEIM TAUCHEN

Die Herzfrequenz ist ein wichtiger Indikator für auftretende Belastungen. Das ist schon seit langem bekannt. Die Sportindustrie hat darauf reagiert und bietet eine Palette an Produkten an, mit denen jeder ambitionierte Sportler sein Training analysieren und bewerten kann. Ganz gleich ob leidenschaftlicher Freizeitsportler, professioneller Marathonläufer oder gesundheitsorientierter Rentner – ein Herzfrequenz-Messgerät gehört heute fast schon zur Standardausrüstung. Wieso also diese Technik nicht auch für den Tauchsport nutzen? Auch unter Wasser kann man mit einer Pulsuhr den Herzschlag im Blick behalten und hat damit die Möglichkeit, Tauchgänge noch sicherer zu gestalten. Mithilfe der Herzfrequenz können Anstrengungen besser eingeschätzt werden und der Taucher kann frühzeitig auf erhöhte Belastungen reagieren. Zudem ist die Herzfrequenz-Messung ein Mittel, um schon im Vorfeld gezielt die Ausdauerfähigkeit zu trainieren.

Da größere Anstrengung in der Tiefe während eines Tauchganges die Durchblutung fördert und diese wiederum die Stickstoff-Aufnahme verstärkt, kann die Herzfrequenz darüber hinaus genutzt werden, um Dekompressionszeiten noch genauer zu berechnen und das Tauchen noch sicherer zu machen. Deshalb zeigen die Scubapro Computer aus der GALILEO- und MERIDIAN-Serie dem Taucher nicht nur Tauchtiefe, Nullzeiten und Dekostufen an, sondern informieren den Unterwassersportler durchgehend über die eigene Herzfrequenz, also über seine ganz persönliche Belastung, die dann wiederum in die Berechnungen der anderen Tauchparameter einfließt.

Allerdings gibt es verschiedene Aspekte, die man bedenken muss, wenn man die Herzfrequenz beim Tauchen einsetzt. Diese kleine Fibel hilft, die Hintergründe besser zu verstehen und dadurch die richtigen Schlüsse aus den gemessenen Herzfrequenz-Verläufen zu ziehen. Damit soll der Einsatz der innovativen Technik, die sich in den Scubapro Computern aus der GALILEO- und MERIDIAN-Serie befindet, optimiert werden.

Um die Handhabung der Fitness-Fibel einfach und schnell zu gestalten und ihren Inhalt so verständlich wie möglich darzustellen, besteht das Inhaltsverzeichnis aus häufig gestellten Fragen im Zusammenhang mit Herzfrequenz, Fitness und Tauchen. So findet jeder interessierte Taucher nach einem Blick auf das Inhaltsverzeichnis leicht das Kapitel, in dem die Antwort auf seine Frage steht.

Hören sie auf Ihr Herz!  
 Viele erlebnisreiche Tauchgänge:  
 Dr. Uwe Hoffmann,  
 Dr. Tobias Dräger und  
 Jörn Kießler (redaktionelle Bearbeitung)



## WIE WIRD DIE HERZFREQUENZ GEMESSEN

Es gibt viele Möglichkeiten, die Herzfrequenz zu messen. Als Laie kann man zum Beispiel an der Unterarmarterie oder an der Halsschlagader die Herzfrequenz fühlen und für einen festen Zeitraum – meist 15 Sekunden – auszählen. Durch Auflegen des Ohres auf den Brustkorb eines anderen Menschen kann man sie auch hören.

In der medizinischen Praxis wird die Herzfrequenz meistens über das sogenannte Elektrokardiogramm (EKG) erfasst. Mit jedem Herzschlag entsteht ein messbares elektrisches Signal. Durch mindestens zwei Elektroden, zwischen denen das Herz liegen muss, kann dieses Signal von außen gemessen werden.

Viele Pulsuhren, die im Sportbereich eingesetzt werden, nutzen diese Technik und bauen solche Elektroden in Brustgurte ein. Die im Brustgurt enthaltene Elektronik sucht nach dem elektrischen Impuls, den jeder Herzschlag verursacht. Der gefundene Impuls wird als Signal an die Empfängereinheit, zum Beispiel eine Pulsuhr, gefunkt und ausgewertet. Für diese Anwendung ist es unverzichtbar, dass die beiden Elektroden ständigen Kontakt zum Brustkorb haben.

### BEIM TAUCHEN

Genau dieses Messprinzip nutzen auch die Scubapro Computer aus der GALILEO- und MERIDIAN-Serie. Mit einem wasserdichten Brustgurt, der mit zwei Elektroden ausgestattet ist, kann der elektrische Impuls des Herzschlags auch unter Wasser erfasst werden.

Die Daten werden dann aber nicht an eine einfache Pulsuhr gesendet, sondern an den Tauchcomputer. Und der macht

genau das gleiche, was eine Pulsuhr beispielsweise beim Joggen macht: Er zeigt die aktuelle Herzfrequenz an, die der Taucher gerade hat. Natürlich speichert er die Daten auch, damit auch nach einem Tauchgang genau nachvollzogen werden kann, wann die eigene Belastung besonders hoch oder niedrig war. Eine Besonderheit der Scubapro Computer aus der GALILEO- und MERIDIAN-Serie, mit der keine gewöhnliche Pulsuhr und auch kein herkömmlicher Tauchcomputer mithalten kann, ist, dass die Herzfrequenz des Tauchers mit in die Berechnungen der Nullzeit, der Deko- und der Austauschzeiten einfließt. Anstatt sich nur auf einen Algorithmus zu verlassen, werden aktuelle persönliche Daten genutzt.

Dafür stellen die Scubapro Computer aus der GALILEO- und MERIDIAN-Serie die mittlere Herzfrequenz über einen definierten Zeitraum, zum Beispiel aller vier Sekunden, dar. Mit dieser Technik wird es möglich, die Herzfrequenz einfach und ohne große Störungen für den Betroffenen in Ruhe und auch während einer körperlichen Belastung zu erfassen.



► **Herzfrequenzmessung auch unter Wasser mit dem Brustgurt für GALILEO und MERIDIAN**

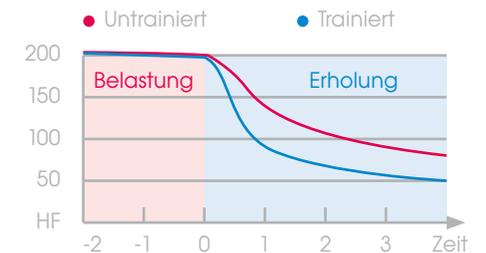
## RUHEHERZFREQUENZ - WIE WIRD SIE BEEINFLUSST

Was ist eigentlich die Ruheherzfrequenz und wie wird sie beeinflusst? Als Ruhefrequenz bezeichnet man die Herzfrequenz, die ein Mensch hat, wenn er sich nicht belastet. Um sie zuverlässig bestimmen zu können, sollte man die Ruhemessungen immer unter vergleichbaren Bedingungen vornehmen. Wichtig sind dabei Zeitpunkt – meist wird sie morgens fünf Minuten nach dem Aufwachen bestimmt – und Körperlage. Ideal wäre, während der Messung noch im Bett liegen zu bleiben. Die verlässlichsten Ergebnisse bekommt man auch hier mit einer Pulsuhr. Hat man keine zur Hand, kann man zur Not 20 Sekunden lang die Herzschläge zählen und dann auf eine Minute hochrechnen, also die Anzahl mal drei nehmen. Wer jedoch selbst die Herzfrequenz zählt, sollte bedenken, dass auch das Zählen die Frequenz beeinflusst. Wichtig ist, dass die Methode der Messung immer die gleiche sein sollte.

Durch die gemessene Ruhefrequenz erhält man einerseits einen Wert, über den man sich gut mit anderen Menschen vergleichen kann. Viel bedeutender ist jedoch die Rolle der Ruheherzfrequenz als Indikator für die allgemeine Belastung. Bei Anstrengungen unter wie auch über Wasser dient die Ruheherzfrequenz als Richtwert, über den man akute Belastungen einschätzen und einordnen kann.

Natürlich hat nicht jeder Mensch die gleiche Herzfrequenz, da alle Menschen unterschiedlich sind. Und genau diese Unterschiede beeinflussen auch die jeweilige Herzfrequenz. So sind Alter, Körpergröße (nicht nur Körperlänge) und Herzgröße nur drei Merkmale, die Differenzen zwischen den Werten einzelner Menschen erklären. Vorangegangene Beanspruchungen, beispielsweise am Vortag, Ernährung, Flüssigkeitszufuhr,

Tageszeit, Umweltbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Höhe), Körperlage – all das sind Faktoren, die Einfluss auf die Herzfrequenz haben. Doch auch akute Veränderungen wirken auf die Ruhefrequenz. So spielt beispielsweise die Atmung ständig eine Rolle bei der Höhe der Ruheherzfrequenz. Sie beeinflusst durch ihre Wirkung auf den Zu- und Abstrom von Blut zum Herzen die Herzfrequenz. So erhöht sich unter anderem durch eine gesteigerte Atemfrequenz – beispielsweise durch Aufregung – auch die Herzfrequenz. Bei einer ausdauertrainierten Person sinkt die Herzfrequenz nach einer Belastung schneller wieder auf das Ausgangsniveau ab als bei einer untrainierten.



► **Rückkehr zur Ausgangsfrequenz, abhängig vom Trainingszustand**

### BEIM TAUCHEN

Die Ruheherzfrequenz gibt „die untere Grenze“ an, die der Taucher erreichen könnte. Sicherlich wird kein Tauchgang von der „echten“ Ruheherzfrequenz heraus gestartet, schließlich ist das Anlegen der Ausrüstung häufig schon anstrengend genug und treibt damit die Herzfrequenz

in die Höhe. Zusammen mit der maximalen Herzfrequenz ist zumindest der Spielraum definiert, in dem sich die Herzfrequenz bewegt. Auf diese Weise kann man mit einem Blick auf die Scubapro Computer aus der GALILEO- und MERIDIAN-Serie sehen, wie hoch die eigene Anstrengung – auch nach ganz objektiven Kriterien – gerade ist. Dabei gilt jedoch zu bedenken, dass gerade im Wasser vorübergehend

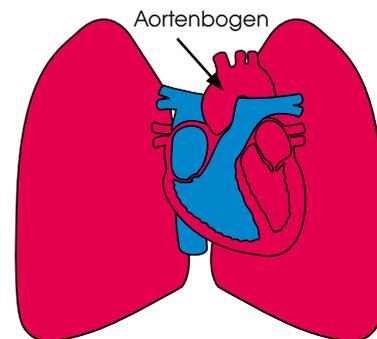
Herzfrequenzen unterhalb der eigentlichen Ruheherzfrequenz denkbar sind. Warum? Ganz einfach, weil sich mit dem Eintauchen in das Wasser grundlegende Umgebungsvariablen ändern und auf den Körper einwirken. Die Summe der Effekte, die wir nachfolgend erklären, sorgt dafür, dass die Herzfrequenz unter Wasser absinkt. Diese Absenkung ist bei der Interpretation von Herzfrequenzveränderungen zu beachten.

## HERZZEITVOLUMEN, BLUTDRUCK UND BELASTUNG

Das Herz ist eingebettet zwischen den beiden Lungenflügeln und arbeitet wie eine Verdrängerpumpe: Blut wird über die rechte Herzhälfte, durch die obere und untere Hohlvene ventilgesteuert angesaugt, über die Lunge mit neuem Sauerstoff beladen und über die linke Herzhälfte durch die große Körperschlagader (Aorta) wieder ausgestoßen.

Für den Körper ist die Herzfrequenz eigentlich eine zweitrangige Größe. Nirgendwo gibt es eine Möglichkeit für den Körper, die Herzfrequenz direkt zu erfassen. Vergleichbar einem Gaspedal beim Auto wird die gerade optimale Herzfrequenz durch andere Größen bestimmt. Im Feierabendverkehr in der Stadt würde man beispielsweise nie mit Vollgas fahren. Genauso wenig würde ein Autofahrer eine freie Autobahn mit 30 Stundenkilometern entlang kriechen. So wie die Verkehrslage die Geschwindigkeit im Auto bestimmt, steht für den Organismus die Versorgung der Gewebe – insbesondere mit Sauerstoff – im Mittelpunkt. Verbrauchen die Gewebe viel Sauerstoff, tritt das Herz auf's Gas, um eine gewisse Menge Blut pro Zeiteinheit durch das Gewebe zu pumpen. Die entscheidende Größe ist also das Herzzeitvolumen, also das Blutvolumen, das

beispielsweise innerhalb einer Minute durch den Körper gepumpt wird. Ein zweiter Faktor ist die Verteilung des Bluts im Körper. Als Maß dafür dient der Blutdruck, der durch die Dehnung der Gefäße für den Organismus messbar ist. Die Funktionsweise des Systems ist denkbar einfach. Sobald im Gewebe Anzeichen einer zu geringen Durchblutung auftreten, setzen Kompensationsmechanismen ein. Der Körper reagiert auf die drohende Unterversorgung. Signalisiert bekommt er den



► Schematische Darstellung:  
Funktionsweise Herz-Lungensystem

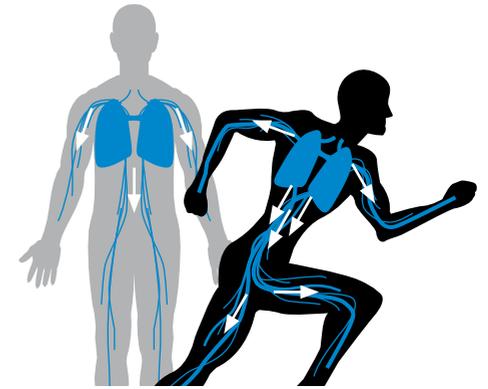
„Notstand“ durch Sensoren und das zentrale Nervensystem. Informationen aus den zentralen Organen, z.B. dem Gehirn selbst, werden dabei besonders verarbeitet. Zwei Anpassungsmechanismen sind möglich:

- Lokal kann eine stärkere Durchblutung durch Öffnung der arteriellen Gefäße erreicht werden, d.h. der Körper bereitet dem Blut möglichst breite Versorgungswege. Um das Bild mit dem Auto noch einmal zu benutzen: der Körper räumt dem Blut die Autobahn frei. Auf diese Weise kommt es schnell an die unterversorgten Stellen.
- Zentral kann das Herzzeitvolumen durch die Steigerung des Schlagvolumens und/oder der Herzfrequenz erfolgen: der Körper tritt aufs Gaspedal.

Ein besonderes Maß für das Zusammenspiel von lokaler Durchblutung und Herzzeitvolumen ist der arterielle Blutdruck. Er entscheidet darüber, wie schnell das Blut fließt und damit, wie schnell Stoffe an- und abtransportiert werden. Sind die arteriellen Gefäße weit gestellt und bieten einen geringen Strömungswiderstand, muss das Herzzeitvolumen gesteigert werden, um den Blutdruck aufrecht zu halten – die Herzfrequenz steigt. Andersherum ist es bei hohem Blutdruck, also eng gestellten Gefäßen. Hier wird die Herzfrequenz gesenkt. Mit diesem Wissen im Hinterkopf lohnt es sich, die Reaktion des Herz-Kreislauf-Systems auf erhöhte Muskelarbeit näher zu betrachten. Denn hier tritt ein besonderer Fall in Kraft.

### MUSKELARBEIT

Wenn Muskeln angespannt werden, drücken sie auf die muskelnahen Gefäße, wodurch der Gefäßwiderstand erhöht wird. Das müsste zu einem übermäßigen Blutdruckanstieg führen und eigentlich müsste die Herzfrequenz daraufhin absinken. Es passiert aber genau das Gegenteil,



► Bei hoher Belastung muss mehr Sauerstoff zu den Muskeln transportiert werden, die Gefäße weiten sich

denn die körperliche Arbeit bewirkt komplexe Vorgänge im Gehirn, die zu Veränderungen des Blutdrucks führen. Der durch die Kontraktion ausgelöste Stoffwechselprozess, die anfallenden Metabolite und der gesteigerte Einfluss des sympathischen Nervensystems führen zu weiteren Veränderungen, die eine Herzfrequenzsteigerung auslösen. Denn mit steigender Leistung muss die arbeitende Muskulatur stärker durchblutet werden. Nährstoffe und besonders Sauerstoff müssen vermehrt antransportiert werden, Metabolite, insbesondere Milchsäure und Kohlendioxid, sowie Wärme müssen abtransportiert werden. Dies erfordert ein gesteigertes Herzzeitvolumen.

Da die Steigerungsmöglichkeiten über das Schlagvolumen – also die Menge an Blut, die bei einem Herzschlag durch den Körper gepumpt wird – begrenzt sind, wird der Mehrbedarf hauptsächlich über die Herzfrequenz gedeckt. Es gilt als Faustregel: Mit dem Stoffwechsel steigt die Herzfrequenz proportional. Auch hier soll wieder das

Beispiel des Autos herangezogen werden. In einem Auto (Blut) sollen bestimmte Passagiere (Sauerstoff und Metabolite) schnell an den geforderten Ort (Muskeln) transportiert werden. Da sich das Auto nur bedingt vergrößern lässt (begrenzte Schlagvolumen) und daher nur eine begrenzte Menge an Passagieren hinein passt, muss der Pilot (Herz) häufiger fahren und tritt daher aufs Gas (Herzfrequenz). Verantwortlich für die Reaktion auf solche Veränderungen, die neben der kurzfristigen starken Anstrengungen auch durch eine Lageänderung entstehen können, sind besondere Dehnungsrezeptoren am Aortenbogen und der Trennungsstelle der Halsschlagader. Sie liefern die nötigen Informationen, die vom zentralen Nervensystem verarbeitet werden und den Blutdruck schnell an die neue Situation anpassen. Entscheidend ist allerdings auch, ob es sich um statische Haltearbeit handelt, die für längere Zeit ausgeführt wird, oder es um dynamische Arbeit geht, die immer wieder eine Durchblutung der Muskulatur erlaubt. Diese Form der Muskelarbeit tritt bei allen Fortbewegungsformen auf, also insbesondere auch beim Flossenschwimmen. Hier ist die Leistung die entscheidende Größe für die Herzfrequenz-Einstellung: Wer schneller schwimmt oder gegen eine starke Strömung ankämpfen muss, benötigt mehr Sauerstoff in den beanspruchten Muskeln, als jemand, der mit einem gelegentlichen Flossenschlag ganz entspannt über ein Korallenriff gleitet.

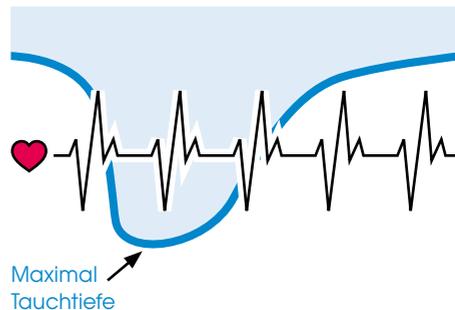
Dieser Mehrbedarf an Sauerstoff bedeutet nicht, dass sofort mehr Sauerstoff durch eine erhöhte Atemfrequenz zu sich genommen werden muss, sondern, dass mehr Sauerstoff zu den beanspruchten Muskeln transportiert werden muss.

### BEIM TAUCHEN

Auf den beiden vorausgehenden Seiten wurde erklärt, welche Mittel der Körper nutzt, um sich auf bestimmte Situationen

einzustellen. Diese Mechanismen greifen natürlich auch beim Tauchen, sowohl vor dem Tauchgang als auch später unter Wasser. Das Anschleppen und Anlegen der schweren Ausrüstung ist meist schon die erste körperliche Belastung, bei der neben den Muskeln auch das Herz-Kreislauf-System gefordert wird.

Und spätestens, wenn man mit der Ausrüstung, die für einen hohen Strömungswiderstand sorgt, (viel höher als der Luftwiderstand beim Laufen oder Radfahren) im Wasser ist, und sich per Flossenschlag fortbewegt, sind Muskeln und Herz gefordert. Dabei ist klar, dass je schneller man schwimmt, auch die Leistung größer wird, die der Körper erbringen muss. Die Beziehung ist aber auch erheblich von der benutzten Tauchausrüstung und der Bewegungstechnik abhängig. Ein Taucher mit einer ausgefeilten, ökonomischen Flossentechnik muss sich wesentlich weniger anstrengen, um die gleiche Geschwindigkeit zu erreichen, wie ein weniger geschulter Schwimmer. Dabei ist die Herzfrequenz allerdings kein Indikator, der einen Schluss auf die absolute Größe des Stoffwechsels zulässt. Akute und langfristige Veränderungen sind jedoch hervorragend mit der Herzfrequenz nachzuweisen.



► Die Herzfrequenz verhält sich unabhängig von der Tauchtiefe

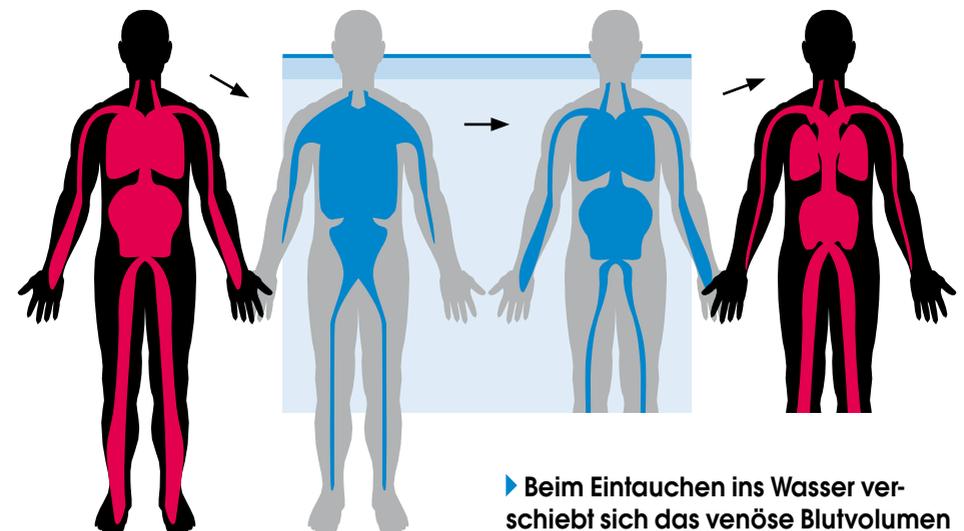
## EINFLUSS DER HERZFREQUENZ DURCH KÖRPERLAGE

Auch die Körperlage hat Einfluss auf den Herzschlag. Sie bestimmt besonders den venösen Rückfluss zum Herzen: In horizontaler Position zum Beispiel, wenn der ganze Körper mehr oder weniger auf einer Ebene liegt, kann mehr Blut zum Herzen fließen. Warum? Ganz einfach: Im Stehen verlagert sich das Blut in die unteren Extremitäten. Das Blut muss gegen den hydrostatischen Druckunterschied – das heißt praktisch entgegen der Erdanziehungskraft – nach oben zurück zum Herzen fließen. Legt man sich jetzt aber hin und bringt damit Beine, Rumpf und Kopf auf eine Ebene, verlagert sich das Blutvolumen: Blut aus den Beinen zum Herzen, wodurch zunächst das Schlagvolumen erhöht wird und die Herzfrequenz absinkt. Grund dafür ist der verstärkte Blutzufluss zur rechten Herzhälfte (Herzkammer, Vorhof), den der Körper als Signal für einen erhöhten

Flüssigkeitshaushalt wertet – denn genau das passiert auch, wenn man viel trinkt und sich das Blutvolumen dadurch erhöht. In beiden Fällen greift ein weiterer Ausgleichsmechanismus: Es wird mehr Harn produziert. Diese verstärkte Harnproduktion und die mit ihr verbundene Absenkung des Blutvolumens wird im Laufe der Zeit zumindest einen Teil dieses Effektes kompensieren. Wechselt der Mensch dann wieder zum Stehen erfolgt genau das Gegenteil: Das Schlagvolumen sinkt, die Herzfrequenz steigt. Das Blutvolumen wird durch Flüssigkeitszufuhr wieder erhöht.

### BEIM TAUCHEN

Dieser Effekt entsteht wie gerade beschrieben, durch den Einfluss der Gravitation auf den Körper. Begibt sich der Körper in die Horizontale, dann neutralisiert er die



Gravitation in einem bestimmten Maße. Und genau das gleiche passiert auch, wenn der Körper bis zum Hals im Wasser steckt, denn der Wasserdruck neutralisiert die außerhalb des Wassers wirkende Druckdifferenz.

Beim Eintauchen in das Wasser wird das venöse Blutvolumen verschoben: Außerhalb des Wassers (links rot) befindet sich ein großer Teil des Volumens in den Venen der Beine. Nach dem Eintauchen

(rechts blau) verlagert sich das Volumen in Richtung Brustkorb/Herz. Dies beeinflusst das Herzzeitvolumen und führt zu einer verstärkten Urinproduktion. Dadurch wird das Blutvolumen nach dem Tauchen deutlich reduziert.

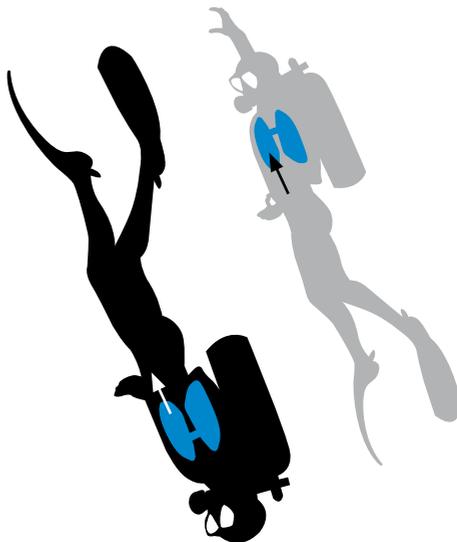
Wie schon im vorangehenden Kapitel erklärt, hat die Lage im Wasser jedoch auch Einfluss auf die Herzfrequenz, jedoch nicht mehr durch die Verlagerung des Blutes, sondern weil die Lage im Wasser Einfluss auf die Atmung hat. (Abbildung Seite 9).

## VERÄNDERUNG DER HERZFREQUENZ DURCH ATMUNG

Zuvor wurde schon erklärt, wie sich körperliche Belastung und Körperlage auf die Herzfrequenz auswirken. Doch es gibt noch andere Faktoren, die Einfluss auf den Herzschlag haben. Einer davon ist die Atmung. Natürlich wird die Atmung und vor allem das Atemzugvolumen häufig von der körperlichen Anstrengung beeinflusst. Wenn Muskeln und Gewebe viel Sauerstoff brauchen, die Gefäße weit gestellt sind und das Herz schnell pumpt, muss über die Lunge, also die Atmung, der nötige Sauerstoff ins System gelangen. Die Atemfrequenz und das Atemvolumen steigen. Man saugt häufiger mehr Luft in die Lunge. Doch auch wenn man gerade nicht schnauft wie ein Weltmeister, sind Herz- und Lungenfunktion eng miteinander verbunden. Das ergibt sich durch die Bauweise des menschlichen Körpers: Das Herz ist nämlich zwischen beiden Lungenflügeln eingebettet (siehe Abbildung Seite 6). Dadurch wirkt sich jeder Unter- und Überdruck in der Lunge auch auf die Herzrhythmus aus.

Beim Einatmen baut die Lunge einen Unterdruck auf, der dann die Luft durch den Rachen ansaugt. Dieser Unterdruck

► **Je nach Körperlage verlagert sich das Herz-Lungensystem**



sorgt dabei für einen verbesserten venösen Rückstrom, allerdings auch gleichzeitig für einen leichten Abfall des arteriellen

Blutdrucks. Während des Ausatmens sind die Verhältnisse genau umgekehrt. Besonders bei einer Pressatmung, wie beim Druckausgleich mit dem Valsalva-Manöver, wird der venöse Rückfluss behindert, dafür aber zumindest kurzfristig der Blutdruck gesteigert. Auch für diese beiden Blutdruckschwankungen hat der Körper einen Ausgleichsmechanismus parat: die sogenannte autonome Regulation. Durch sie wird der steigende oder fallende Blutdruck mittels entsprechender Herzfrequenzreaktionen in Grenzen gehalten. Dadurch kommt es zu mehr oder weniger deutlichen Herzfrequenzschwankungen, besonders in Ruhe.

### BEIM TAUCHEN

Der Wasserdruck, der im eingetauchten Zustand auf den Körper wirkt, hat eine

größere Druckdifferenz zwischen gas- und flüssigkeitsgefülltem Teil der Lunge zur Folge, denn der gasgefüllte Raum lässt sich im Gegensatz zum flüssigkeitsgefüllten Teil komprimieren, also zusammendrücken. Hier gilt: In aufrechter Position ist die Differenz größer als in liegender. Schwebt man unter Wasser also in aufrechter Position, beispielsweise bei einer kurzen Pause, um sich an einer Steilwand etwas genauer anzuschauen, dann sind auch die Blutdruckschwankungen des Körpers extremer. Aber auch beim Schwimmen in horizontaler Lage kann dieser Effekt auftreten. Nämlich beim Schnorcheln. Ein Schnorchel kann die Druckdifferenz ebenfalls verschärfen. Auch er beeinflusst den Rückfluss zum Herzen unmittelbar und hat damit eine Wirkung auf Herzrhythmus und Herzfrequenz.

## HERZFREQUENZ UNTER APNOE

Die Atmung beeinflusst also die Herzfrequenz. Wie verhält es sich denn dann mit dem Nicht-Atmen? Gerade beim Tauchen? Zwar kann man auch über Wasser die Luft anhalten, bei einem Tauchgang ist dies manchmal aber zwingend erforderlich – beispielsweise bei der Wechselatmung. Dabei kann man beim Luftanhalten zwischen unterschiedlichen „Stufen“ unterscheiden – dem Tauchreflex und dem Apnoetauchen, also dem gewollten Tauchen ohne Pressluftflasche nur mit einer Lungenfüllung.

### DER TAUCHREFLEX

Der Tauchreflex ist ein angeborener Reflex, der es Säugetieren ermöglicht, länger unter Wasser zu bleiben. Besonders bei Tieren, die im Wasser leben ist er stark ausgeprägt,

aber auch beim Menschen nachweisbar. Das auslösende Signal ist ein Kältereiz im Gesichtsbereich – also auch Wasser –, durch den die Überlebenszeit verlängert werden soll. Der Kältereiz, beispielsweise ausgelöst durch einen Eisbeutel, den man sich ins Gesicht drückt, löst auch in Ruhe eine leicht messbare Reaktion aus: Die Herzfrequenz fällt (Bradykardie).

Verantwortlich hierfür sind Rezeptoren um Nase, Augen und Mund. Die Absenkung der Herzfrequenz kann bei Menschen mehr als 10 Schläge pro Minute betragen, bei Tieren wurden mehr als 50% nachgewiesen. Diese Bradykardie geht einher mit weiteren Reaktionen, mit denen sich der Körper an die neue Situation anpasst. Die Blutgefäße in den Geweben, die für kürzere Zeit auch ohne O<sub>2</sub>-Versorgung arbeiten können, verengen sich (Vasokonstriktion). Damit

wird Sauerstoff für wichtige Organe (zum Beispiel für das zentrale Nervensystem oder das Herz) gespart und gleichzeitig ein Blutdruckanstieg verhindert. Der Abfall der Herzfrequenz fällt umso größer aus, je ausgeprägter die Vasokonstriktion ist. Das bedeutet praktisch, dass der Tauchreflex genau die gegenteiligen Reaktionen bewirkt, wie körperliche Anstrengung. Während der Körper bei Belastung die Herzfrequenz steigert, um alle Gewebe versorgen zu können, und daraufhin die Gefäße weitet, damit der Blutdruck nicht durch die Decke geht, sind unter Apnoe alle Systeme auf Sparen eingestellt.

## APNOETAUCHEN

Auch beim Apnoetauchen treten genau diese Effekte auf, da auch hierbei das Gesicht mit dem Wasser in Berührung gerät. Allerdings kommen zu den oben genannten Reaktionen noch weitere Anpassungsmechanismen des Körpers zum Tragen, von denen einige schon zuvor beschrieben wurden. So verschiebt

sich natürlich auch beim Tauchen ohne Pressluftflasche das Blutvolumen in Richtung Herz (siehe, Einfluss der Herzfrequenz durch Körperlage). Beim Apnoetauchen wird dieser Effekt sogar noch verstärkt, da sich die mit Luft von der Wasseroberfläche gefüllte Lunge mit jedem getauchten Tiefenmeter noch ein wenig mehr komprimiert und mehr Raum für das heranströmende Blut im Brustbereich lässt. Dies wirkt sich jedoch nicht zusätzlich auf die Herzfrequenz aus, denn diese Verschiebung von Blutvolumen verhindert einen Unterdruck im Brustkorb und damit ein Barotrauma der Lunge. Ein anderer, noch nicht erwähnter und nur beim Apnoetauchen entstehender Faktor senkt die Herzfrequenz jedoch noch zusätzlich: Der Anstieg des Kohlenstoffdioxid-Anteils. Je länger sich ein Apnoetaucher unter Wasser befindet, desto höher wird der Anteil an CO<sub>2</sub> in seinem Blut. Das führt zu einer weiteren Senkung der Herzfrequenz. Körperliche Arbeit während der Apnoezeit, beispielsweise Streckentauchen, verstärkt diesen Effekt noch einmal.

## FLÜSSIGKEITSHAUSHALT UND HERZFREQUENZ

Die Frage nach den Auswirkungen des Flüssigkeitshaushaltes kann mit dem Wissen des fünften Kapitels ohne Probleme beantwortet werden. Denn bei starken Flüssigkeitsverlusten oder auch übermäßiger Flüssigkeitszufuhr passiert genau das Gleiche, wie bei der Veränderung der Körperlage oder dem Aus- bzw. Eintauchen in Wasser, nur aus einem anderen Grund (siehe Abbildung Seite 9). Wird dem Körper durch Trinken Flüssigkeit zugeführt, ändert sich dadurch auch die Menge an Blut,

die dem Herzen zur Verfügung steht: Das Schlagvolumen steigt, die Herzfrequenz sinkt ab. Im entgegengesetzten Fall – zu wenig Flüssigkeit – passiert das Gleiche, wie in aufrechter Position oder beim Verlassen des Wasser: Das Schlagvolumen sinkt, die Herzfrequenz wird erhöht.

## BEIM TAUCHEN

Auch in Bezug auf den Flüssigkeitshaushalt ist auf eine Besonderheit hinzuweisen.

Gerade im Tauchurlaub kommen mehrere Faktoren zusammen, die die Herzfrequenz stark beeinflussen können. Während des Tauchgangs kommt es zu der vorher beschriebenen Blutvolumen-Verlagerung in Richtung Herz. Dadurch bekommt der Körper einen vermeintlichen Flüssigkeitsüberschuss signalisiert und beginnt Harn zu produzieren, um dadurch Flüssigkeit auszuscheiden (Taucherdiurese). Nach dem Tauchgang kommen zu der Rückverlagerung des Blutvolumens wieder weg vom Herzen in die unteren Extremitäten (siehe Grafik S. 9) zwei weitere Faktoren hinzu: Ein niedriger Flüssigkeitshaushalt und Hitze. Gerade in beliebten Tauchgebieten wie

## HERZSCHLAG - HITZE UND KÄLTE

Eine ähnliche Reaktion wie die Zu- oder Abfuhr von Flüssigkeit zeigt der Körper, wenn sich die Umgebungstemperatur verändert. Stellt man sich im tiefsten Winter im T-Shirt auf den Balkon, wird man über kurz oder lang frieren. Dem Temperaturverlust wirkt der Körper entgegen, indem er die Gefäße an der Körperoberfläche verengt, also an den Stellen, wo der Wärmeaustausch stattfindet. Durch die Verengung steigt der Druck auf die Gefäßwände und das Herz-Kreislauf-System reagiert wie bei einem Flüssigkeitsüberschuss: die Herzfrequenz wird gesenkt. Später, wenn der Körper mit einem erhöhten Stoffwechsel versucht, durch eigene Wärmeproduktion die Körpertemperatur zu stabilisieren, kommt es wieder zum Herzfrequenzanstieg. Bei fortgesetzter Kältewirkung kommt es später zu weiteren Anpassungen, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll. Bei Hitze ist es genau umgekehrt. Es kommt zu einer Steigerung der Herzfrequenz, weil die Gefäße der Körperoberfläche erweitert werden. Dadurch wird Blutvolumen in diese Gewebe verlagert, das im venösen Rückstrom

dem Mittelmeer, dem Roten Meer oder dem Indischen Ozean herrschen hohe Temperaturen. Dort ist eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr nach den Tauchgängen unerlässlich, da sonst das Blutvolumen so stark abfällt, dass selbst die gesteigerte Herzfrequenz die Unterversorgung der Gewebe nicht verhindern kann. Ein Kreislaufkollaps droht. Und auch ein weiteres, ganz tauchspezifisches Risiko erhöht sich: Das, beim Tauchgang Opfer eines Dekompressions-Unfalls zu werden. Denn das verminderte Blutvolumen macht das Blut dickflüssiger, die Viskosität steigt und mit ihr das Risiko, dass sich Stickstoffbläschen nicht im Blut lösen und eine Embolie bewirken.

fehlt, zudem muss das Herzzeitvolumen und der Blutdruck gesteigert werden. Später können dann noch Einflüsse folgen, die durch Schweißabgabe – also Flüssigkeitsverlust – entstehen.

## BEIM TAUCHEN

Die gleichen Effekte wie über Wasser, treten natürlich auch unter Wasser auf. Der einzige Unterschied ist, dass man unter Wasser wesentlich schneller anfängt zu frieren. Grund dafür ist die höhere Wärmeleitfähigkeit. Während Luft als schlechter Wärmeleiter fast einen isolierenden Effekt hat, „saugt“ Wasser, bildlich gesprochen, die Wärme aus unserem Körper. Empfinden wir einen Tag mit 25 °C Lufttemperatur als angenehm warm, gibt der Körper ohne Kälteschutz und in Ruhe bereits bei Wassertemperaturen unter 32 °C vermehrt Wärme ab. Der Körper beginnt auszukühlen und versucht durch das Verengen der Gefäße, die sich in der Nähe der Körperoberfläche befinden, entgegenzusteuern.

## WARUM RAST DAS HERZ BEI AUFREGUNG

Zuletzt soll noch eine Veränderung der Herzfrequenz angesprochen werden, die zwar auch durch äußere Einwirkung entsteht, jedoch nicht mit Gradzahlen, Wasserdruck oder Flüssigkeitsmengen erklärt werden kann: Psychische Aufregung. In der Evolution des Menschen hat der Körper viel gelernt. Unter anderem das psychische Erregung meist mit einer Gefahr verbunden ist, die höchste Leistungen oder zumindest Leistungsbereitschaft erfordert. Entsprechend verändern die Stresshormone den Blutdruck und auch die Herzfrequenz. Der Organismus versetzt sich in Alarmbereitschaft. In diesem Sinne ist die Herzfrequenz nicht mehr Ausdruck

körperlicher Anstrengung, aber sie bereitet den Körper auf gesteigerte Anforderungen vor. Diese psychische Aufregung ist auch von Mensch zu Mensch unterschiedlich. Ein Tauchlehrer, der seit Jahren im indischen Ozean arbeitet, ist bei der Sichtung eines Wahlhais sicher nicht mehr so aufgeregt, wie ein Taucher, der noch nie einem solchen Giganten begegnet ist. Wichtig ist jedoch, dass ganz gleich warum man aufgeregt ist – beispielsweise weil man sich in einem Netz verfangen hat oder zum ersten Mal einen Tigerhai sieht – die psychische Erregung bei der Bewertung der Herzfrequenzveränderung beachtet wird!

## TRAININGSINDIKATOR HERZFREQUENZ

Wie in der Einleitung schon erwähnt, ist die Herzfrequenz ein guter Indikator für auftretende Belastungen. So informiert ein Blick auf einen Tauchcomputer aus der Scubapro GALILEO- und MERIDIAN-Serie sofort nach ganz objektiven Kriterien, wie hoch die Anstrengung unter Wasser ist. Natürlich könnte man auch andere Parameter nutzen, um eine Belastung in ihrer Intensität einzuordnen - beispielsweise die Schwimm- oder Laufgeschwindigkeit – jedoch können diese die persönliche Anstrengung nicht sinnvoll abbilden.

Ein Beispiel: Die Herzfrequenz eines Hobbysportlers würde wahrscheinlich durch die Decke gehen, würde er seine sonntägliche Joggingrunde über acht Kilometer in weniger als 30 Minuten absolvieren. Für einen professionellen

Marathonläufer gehören solche Einheiten jedoch zum normalen Trainingsplan und seine Herzfrequenz würde nicht einmal in die Nähe des möglichen Maximalwerts kommen. An diesem Beispiel sieht man, wie wichtig es ist, die eigenen individuellen Leistungsgrenzen zu kennen und sich an ihnen zu orientieren, um ein sinnvolles Ausdauertraining absolvieren zu können. Diese persönlichen Grenzen lassen sich einfach und dennoch gut an der Ruheherzfrequenz und der maximalen Herzfrequenz festmachen. Eigentlich sind diese Parameter aber nur Hilfsgrößen, denn entscheidend für das richtige Training ist der Muskelstoffwechsel und hier das Verhältnis von aerobem zu anaerobem Stoffwechsel, also dem Stoffwechsel der mit ausreichender Sauerstoffzufuhr von statfen geht, und

jenem, für den nicht genügend Sauerstoff zu Verfügung steht. Da dies aber nur mit größtem technischen Aufwand messbar ist, stellt die Herzfrequenz den einfachsten Parameter dar, um eine Abschätzung der Belastungsintensität zu ermöglichen. Dabei bietet die leicht festzustellende Ruheherzfrequenz noch einen weiteren Vorteil. Mit ihrer Hilfe kann man die eigene Fitness relativ leicht einordnen. Als Orientierungspunkt dient eine Ruheherzfrequenz von etwa 50 Schlägen pro Minute bei Ausdauertrainierten zu etwa 75 Schlägen pro Minute bei Untrainierten. Als weiterer Orientierungspunkt dient die maximale Herzfrequenz, bei der man davon ausgeht, dass sie bei einem trainierten Sportler etwa bei dem Fünffachen seiner Ruheherzfrequenz liegt, während ein Untrainierter sie nur auf das Dreifache seiner Ruheherzfrequenz steigern kann. Der Grund für diesen Unterschied liegt in der Effizienz des »Sportlerherz«, das eine verbesserte Transportleistung bietet. Jedoch ist nicht nur der Trainingszustand maßgeblich – hier kommen wir zum zuvor angesprochenen Hintergrundwissen: Die maximale Herzfrequenz wird nämlich entscheidend durch unser Alter eingeschränkt. Das heißt, dass ältere

Taucher/innen, auch wenn sie trainiert sind, nicht mehr die gleiche maximale Herzfrequenz erreichen können wie ein 20-Jähriger.

Eine einfache Regel hat sich für den Breitensport etabliert:

- Durchschnittliche maximale Herzfrequenz:  $220 - \text{Alter in Jahren} = \text{Schläge pro Minute}$
- Ein Beispiel. Ein 75-jähriger Mann hat eine durchschnittliche maximale Herzfrequenz von 145 Schlägen pro Minute.  $220 - 75 \text{ Jahre} = 145 \text{ Schläge Pro Minute}$
- Das Herz eines 20-Jährigen bei maximaler Belastung könnte nach der Faustregel jedoch 200 Mal pro Minute schlagen.  $220 - 20 \text{ Jahre} = 200 \text{ Schläge pro Minute.}$

Allerdings ist viel interessanter, die schon beschriebene Ruheherzfrequenz zu betrachten. Die Herzfrequenz ist individuell sehr unterschiedlich aus den verschiedensten Gründen: der Zeitpunkt wann nach einer Belastung die Ruheherzfrequenz wieder erreicht wird, ist aber subjektiv und objektiv zu vergleichen. Ein Ausdauertrainierter erreicht wesentlich schneller wieder seine Ruheherzfrequenz nach Ende der Belastung.

## FITNESSTRAINING UND TRAININGSTIPPS

Mit diesem Wissen ist es eigentlich ganz leicht, gezielt Fitness und Ausdauer zu trainieren – weiß man doch nun, wie man die Herzfrequenz nutzen kann, um die eigene Belastung einzuschätzen und dadurch im richtigen Intensitätsbereich zu trainieren. Auch hier gibt es eine Faustregel, mit der man die durchschnittliche Herzfrequenz

errechnen kann, die man beim Training haben sollte.

- Trainingsherzfrequenz:  $180 - \text{Alter in Jahren} = \text{Schläge pro Minute}$  ziehen wir wieder unseren 75 Jahre alten Sportler und seinen 20-jährigen Trainingspartner als Beispiele heran, können wir ihnen folgende Trainingsratschläge geben:

- 180 – 75 Jahre = 105 Schläge pro Minute  
Das bedeutet für unseren älteren Taucher, dass er bei einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 105 Schlägen pro Minute trainieren sollte, wenn er seine Ausdauer verbessern will.
- 180 – 20 = 160 Schläge pro Minute  
Sein 20-jähriges Pendant muss da wahrscheinlich schon etwas mehr Gas geben, um durchschnittlich auf eine Herzfrequenz von 160 Schlägen pro Minute zu kommen.

Für beide gelten beim Training jedoch ein paar grundsätzliche Ratschläge, die sie beachten sollten, wenn sie die Herzfrequenz benutzen, um ihr Training zu steuern:

- Die Umgebungsbedingungen, insbesondere die Temperatur, sollten gleich bleiben.
- Die Körperlage sollte während der Belastung nicht geändert werden.
- Regelmäßige Zufuhr von Flüssigkeiten.
- Es sollte auf eine regelmäßige Atmung geachtet werden.
- Pressatmung ist zu vermeiden!

Bei allen hier beschriebenen Regeln, die maximale Herzfrequenz, welche mit zunehmendem Alter sinkt, ist immer individuell. Sie sollte deshalb idealerweise durch körperliche Ausbelastung ermittelt werden. Jeder kann dies selbst mit einer Pulsuhr tun, indem er sich kurzfristig erschöpfend belastet. Empfehlenswert, vor allem für Trainingsanfänger, ist eine Ergometrie beim Arzt.

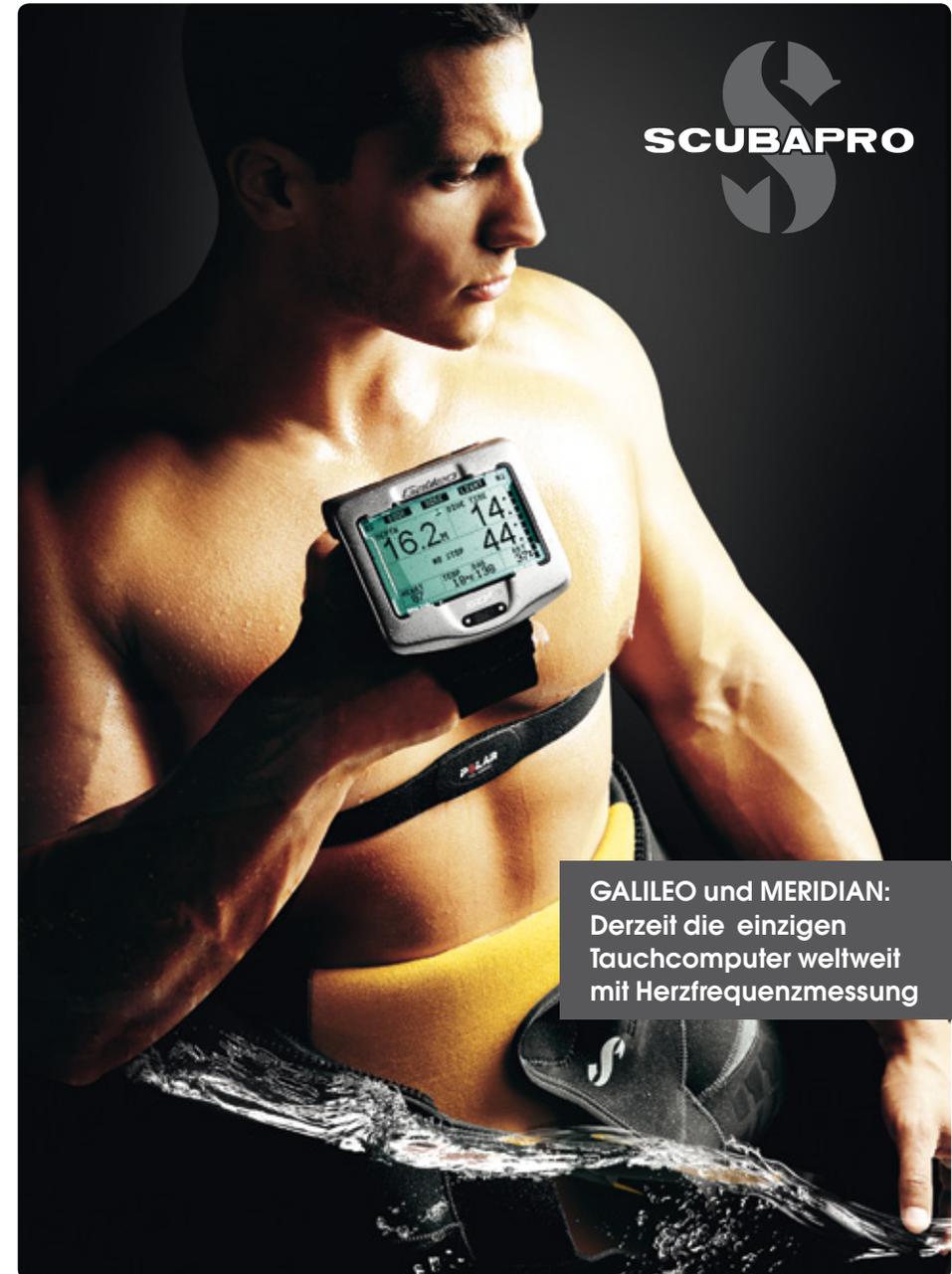
## BEIM TAUCHEN

Hier hilft der Vergleich der Ruheherzfrequenz vor dem Tauchgang mit der Herzfrequenz während des Tauchgangs, die physische und psychische Belastung einzuschätzen. Beim Tauchsportanfänger wird hier sicherlich eine viel größere Differenz auftreten als beim

fortgeschrittenen Taucher. Auch kann diese Differenz als Indikator für die Tagesform gewertet werden. Hat ein geübter Taucher eine größere Differenz als normalerweise, sollte er die Ursache analysieren und seinen Tauchgang dementsprechend ausrichten (flacherer Tauchgang, weniger Anstrengung bis hin zum Abbruch des Tauchgangs). Der Anfänger sieht mit Hilfe der immer kleiner werdenden Differenz seine Fortschritte in Bezug auf physische und psychische Belastungen. Eine baldige Analyse nach dem Tauchgang mit Hilfe der aufgezeichneten Herzfrequenz hilft, die Ursachen des Anstiegs festzulegen, da diese durch physische Belastung (besondere Anstrengung durch Strömung, Wechselatmung, Überbleiung, besonders langer Tauchgang...) oder durch psychische Belastung (Tiefe, zu viel Blei, Probleme mit dem Equipment oder beim Partner, Freude oder Furcht bei Großfischbegegnung...) verursacht sein kann. Durch Erkennung der Ursachen kann hier eine zielgenaue Verbesserung trainiert werden. Auch beim Apnoetauchen hilft die Analyse nach den Sessions beim Aufbau des Trainingsprogramms und bei der Beurteilung der Fortschritte. Einen nicht zu unterschätzenden Sicherheitsaspekt bringt die Warnfunktion bei zu geringer Herzfrequenz.

Das Bestreben von Scubapro war es schon immer, mit innovativen Technologien Ihre Tauchgänge sicher zu gestalten. Die Messung der Herzfrequenz beim Tauchgang ist eine der Meilensteine, auf die wir besonders stolz sind. Wir stehen auch in Zukunft zu unserem Wahlspruch:

**DEEP DOWN YOU  
WANT THE BEST**



**GALILEO und MERIDIAN:  
Derzeit die einzigen  
Tauchcomputer weltweit  
mit Herzfrequenzmessung**

**Adipositas** - Fettleibigkeit, Fettsucht: übermäßige Vermehrung oder Bildung von Fettgewebe.

**Aerober Energiestoffwechsel** - Energieliefernde Prozesse, die nur in Anwesenheit von ausreichend Sauerstoff ablaufen (vollständige Fett- und Kohlenhydratverbrennung zu CO<sub>2</sub> und Wasser. Sehr effizient, erlaubt Belastungszeiten von mehreren Stunden bei niedrigen bis mittleren Belastungsintensitäten).

**Anaerober Energiestoffwechsel** - Energieliefernde Prozesse die ohne Nutzung von Sauerstoff ablaufen (unvollständige Verbrennung, daher sehr ineffizient, erlauben aber kurzfristig sehr hohe Leistungen. Verbrennung von Kohlenhydraten, produziert Laktat).

**Aktiver Bewegungsapparat** - Umfasst das gesamte Skelett, Muskulatur und die dazugehörigen Sehnen und Bänder.

**Anaerobe Schwelle** - Belastungsintensität im Übergangsbereich zwischen rein aerober zu teilweiser anaerober Energiegewinnung. Kennzeichnet die maximal mögliche Intensität, wo Laktatproduktion und Laktatabbau im Gleichgewicht stehen (max. Laktat steady State). Diese ist jeweils individuell und unterliegt keiner starren Gesetzmäßigkeit, sollte also regelmäßig neu ermittelt werden.

**Arteriosklerose** - Häufigste krankhafte Veränderung der Arterien, gekennzeichnet durch Verhärtung, Verdickung und Elastizitätsverlust. Im fortgeschrittenen Stadium akut lebensbedrohlich. Gegenmaßnahmen z.B. moderates Ausdauertraining und Ernährungsumstellung.

**Arthrose** - Degenerative Gelenkerkrankung, die vorwiegend bei einem Missverhältnis zwischen Beanspruchung und Beschaffenheit bzw. Leistungsfähigkeit der einzelnen Gelenkteile und -gewebe entsteht.

Regelmäßige individuell angepasste Bewegung kann arthrotische Beschwerden verhindern oder lindern.

**Blutdruck** - Der in Blutgefäßen und Herzkammern herrschende Druck, der die Blutzirkulation bewirkt und abhängig von Herzleistung und Gefäßwiderstand (z. B. Elastizität der Gefäßwand) ist.

**Body-Mass-Index** - Abgekürzt BMI, wird berechnet aus Körpergewicht (gemessen in kg) geteilt durch das Quadrat der Körpergröße (gemessen in m). Index zur Beurteilung des Körpergewichtes.

**Cardiotraining** - Bezeichnet das Training des Herz-Kreislaufsystems, hauptsächlich durch Ausdauersportarten, auch im Sportverein oder Fitnessstudio.

**Cholesterin** - Wird vom Körper selbst gebildet wie auch mit der Nahrung (v.a. tierischen Fetten) aufgenommen und ist ein wichtiger und notwendiger Baustein bei der Herstellung vieler Hormone. Gilt in hohen Konzentrationen (dauerhaft > 220 mg/dl) als Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Krankheiten, wobei auf das Verhältnis vom so genannten „guten Cholesterin«, dem HDL (high density lipoprotein) zum LDL (low density lipoprotein), der Hauptursache für Gefäßkrankheiten, geachtet werden muss.

**Dehydrierung** - Abnahme des Körperwassers, verursacht durch gesteigerte Wasserabgabe (z.B. starkes Schwitzen) ohne ausreichende Neuzufuhr. Dadurch werden die Fließigenschaften des Blutes leistungsmindernd verschlechtert. Starke Dehydrierung (auch: Dehydratation) kann zu Kreislaufversagen führen.

**Ergometrie** - Messung der körperlichen Leistung unter dosierbarer Belastung mit einem Ergometer sowie Ermittlung von verschiedenen Parametern der Herz-Kreislauf-Funktionen.

**Flüssigkeitshaushalt** - Bezeichnung für die Vorgänge der Wasseraufnahme, Wasserverteilung und Wasserabgabe des menschlichen Körpers.

**Glykogen** - Eine Form des Zuckers (Vielfachzucker), welches die Speicherform der Kohlenhydrate darstellt. Es findet sich vor allem in der Leber und der Muskulatur. Bei intensiven Ausdauerbelastungen mit nahezu 100%iger Kohlenhydratnutzung reichen die gespeicherten Vorräte eines durchschnittlich trainierten Sportlers für eine Belastungszeit von max. 60-90 Minuten.

**Herzfrequenz** - Abkürzung HF; Angabe der Zahl der Herzschläge pro Minute, abhängig von Lebensalter, Geschlecht, sportlichem Trainingszustand, Körpertemperatur, Stress und verschiedenen Umweltfaktoren.

**Herzfrequenzvariabilität** - Messung des zeitlichen Abstandes zwischen zwei aufeinander folgenden Herzschlägen in Millisekunden. Über den Grad der zeitlichen Veränderungen können Aussagen über den individuellen Trainingszustand abgeleitet werden.

**Hypertonie** - Erhöhter Blutdruck

**Koronare Herzkrankheit** - Folge von Durchblutungsstörungen im Bereich der Herzkranzgefäße. Hauptursache für Herzinfarkt. Beeinflussbar durch Bewegung und moderates Ausdauertraining.

**Laktat** - Salz der Milchsäure; Laktat ist das Endprodukt der Glykolyse und entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Glukose. Dies ist der Fall, wenn der Muskulatur bei körperlicher Leistung nicht genügend Sauerstoff zur Verfügung steht. Die Laktatkonzentration steigt z.B. bei intensiver Muskelarbeit stark an (siehe anaerober Energiestoffwechsel).

**Maximale Sauerstoffaufnahme** - Menge

an Sauerstoff, die maximal während einer Belastung vom Körper aufgenommen und umgesetzt werden kann.

**Metabolite** - Substanzen, die als Zwischenstufen oder als Abbauprodukte von Stoffwechsellvorgängen im Körper entstehen.

**Metabolismus** - Gesamtheit der Vorgänge des Stoffwechsels, Aufbau, Abbau und Umwandlung von Nährstoffen.

**Mitochondrien** - Die „Kraftwerke« der Zelle. Dort findet die aerobe Energiegewinnung des Körpers statt.

**Muskelkater** - Durch Überlastung entstehende mikroskopische Risse im Muskelgewebe, die Entzündungen und Schmerzen hervorrufen. Muskelkater ist eine Vorstufe von Zerrungen oder Muskelfaserrissen und somit als eine Sportverletzung zu betrachten. Bei anschließender Regeneration durch Schonung der betroffenen Muskulatur, durchblutungsfördernde Maßnahmen, Reha-Training und viel Trinken ist vollständige „Heilung« zu erwarten.

**Respiratorischer Quotient** - Abgekürzt RQ, Beschreibt das Verhältnis von ausgeatmetem CO<sub>2</sub> zu eingeatmetem O<sub>2</sub>. Der RQ erlaubt Rückschlüsse auf die Menge und das Verhältnis an verbrannten Fetten und Kohlenhydraten.

**Spiroergometrie** - Messung körperlicher Leistung unter dosierbarer Belastung mit einem Ergometer sowie Ermittlung verschiedener Parameter der Herz-Kreislauf-Funktion und der Atmung.

**Seitenstechen** - Mögliche Ursache sind u.a. verringerte Durchblutung des Zwerchfells, Training mit vollem Magen, zu starke Belastung, unregelmäßige Atmung. Auch durch verstärkten Blutstrom im Körper können in Milz und Leber Schmerzen entstehen.



## **Dr. Tobias Dräger**

Studium der Biologie, Sportwissenschaften und Sportökonomie, Promotion an der Deutschen Sporthochschule Köln (DSHS) im Bereich der Leistungsphysiologie. Head of Business Development beim Tauchernotruf aqua med. CMAS Tauchlehrer



## **Dr. Uwe Hoffmann**

Studium der Mathematik und Sportwissenschaften, Promotion an der Deutschen Sporthochschule Köln (DSHS) im Bereich Leistungsphysiologie. Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Physiologie und Anatomie und Leiter des Sportlehrgebietes „Sporttauchen“ an der DSHS. CMAS Tauchlehrer



Unsere Fachhändler beraten Sie  
gerne und kompetent.  
Sie finden unsere Händler unter  
[scubapro.com](http://scubapro.com) oder mit unserer  
Scubapro App