

H₂ OCEAN^{.DE}
HUMAN

**MICHAEL
NEDWED**

DER MILZEFFEKT

MÄRZ 2015

Auch heute ist in Apnoekreisen die Ansicht noch weit verbreitet, dass die Milz beim Menschen als Speicher für sauerstoffangereichertes Blut funktioniert und dieses Blut bei Bedarf durch die Kontraktion der Milz dem Körper zur Verfügung gestellt wird. Sozusagen als die "zweite Luft" der Apnoetaucher.

Es ist korrekt, dass neben tauchenden Säugetieren auch bei vielen Hetzjägern, wie zum Beispiel dem Hund dies der Fall ist und dort eine entsprechende leistungsunterstützende Wirkung hat. Bei einem Hund befindet sich bis zu 16% des Blutvolumens in der Milz - beim Menschen sind es maximal 3%.

Bei den Landhetzjägern macht dies Sinn, da sie ja atmen können und damit mehr Sauerstoff transportiert werden kann. Die Fähigkeit ausdauernd zu hetzen ist für sie überlebenswichtig. Da sich das Blut nach der Hatz wieder in der Milz sammelt, lässt sich damit begründen, dass ein permanent überhöhter Hämatokritwert für das Kreislaufsystem zu belastend ist und dies nachweislich die Lebenserwartung reduziert.

Bei den tauchenden Säugetieren, die ebenfalls mit diesem Effekt aufwarten können, gebe ich zu bedenken, dass deren konzeptionelles Körperdesign komplett anderen evolutionären Entwicklungen unterworfen war, als unseres und bei einer Weddelrobbe beträgt das Auswurfvolumen der Milz rund 4,5 Liter!

Während beim Menschen der größte Sauerstoffspeicher die Lunge ist, sind bei tauchenden Säugetieren andere Speichermedien vorhanden, wie eben zusätzliche Erythrozyten auszustößen oder erhöhter Myoglobingehalt im Muskel.

Wir sind beim besten Willen keine Hetzjäger, denn welches Tier wollten wir aufgrund unserer biologisch- mechanisch sehr stark begrenzten Möglichkeiten hetzen? Einen Igel oder Dachs?

In der Apnoeausbildung wird der Milzeffekt auf Folien erwähnt und dem Tauchreflex der tauchenden Säugetiere zugeordnet, was soweit auch korrekt ist. Ich kritisiere, dass teilweise suggeriert wird, beim Menschen würde es einen Tauchreflex identisch wie bei den tauchenden Säugetieren geben. Dem ist nicht so, und in der Tauchmedizin wird heute beim Menschen auch von einer Tauchantwort gesprochen.

Auch wenn die 3 Punkte Apnoe, Reduzierung des Herzschlages und Vasokonstriktion bei allen Warmblütern und tauchenden Säugetieren vorliegen, erfüllen wir unter anderen zwei wesentliche Punkte nicht:

1. Eintauchen in Wasser: die größte Ausprägung wird bei uns lediglich bei 28°C Wassertemperatur erreicht, müssen wir plötzlich in kaltes Wasser eintauchen ist die Apnoezeit erheblich reduziert. Das bezieht sich auf fehlende Schutzkleidung und wir reden hier von einer rund 70%tigen Einbuße der Apnoefähigkeit. Bei wärmeren Wasser wird der Effekt abgeschwächt.
Bei den tauchenden Säugetieren ist es temperaturunabhängig.

Die Milz bei tauchenden Säugetieren kontrahiert sich beim Tauchen und stößt sauerstoffangereichertes Blut aus.

Trifft das auch beim Menschen zu?

2. Bradykardie: beim Menschen treten Herzrhythmusstörungen auf, die bei den tauchenden Säugetieren komplett fehlen.

Es sollte uns allein zu denken geben, dass wir eine Entspannungsphase und Voratmung benötigen während die tauchenden Säugetiere einfach abtauchen. Ein Reflex ist unwillkürlich, Entspannungsübungen und Voratmung sind jedoch willkürlich.

Es werden auch gern Stellen aus Studien zitiert, die jedoch aus dem Kontext herausgenommen sind, und wenn man die Studie liest, wird einem schnell klar, dass sich die beschriebene Textstelle auf tauchende Säugetiere bezieht. Was auch nicht so klar dargestellt wird, ist der Fakt, dass sich bei allen Warmblütern Bradykardie und Vasokonstriktion als Reaktion auftreten. Ich erinnere an das gern genommene Zitat, das Paul Bert diese Effekte bei Enten festgestellt hatte und diese definitiv keine Säugetiere sind. Diese beiden körperlichen Maßnahmen, Vasokonstriktion und Bradykardie, sind unabhängig vom Tauchreflex der tauchenden Säugetiere zu betrachten. Dieser ist in seinen Abläufen wesentlich umfangreicher als Bradykardie und Vasokonstriktion, denn es spielen noch wesentlich mehr veränderte Körperfunktionen hinein, die alle aufeinander abgestimmt sind. Bei Weddelrobben hat die Kontraktion der Milz zur Folge, dass der Sauerstoff aus der Lunge aufgenommen werden kann, bevor diese kollabiert. Wobei das Kollabieren der Lunge bei diesen Robben absolut normal ist und sie sogar über Knorpelspangen verfügen, die beim Auftauchen die Lunge mechanisch entfalten. Die Milz stellt durch die Kontraktion ein Speichermedium zur Verfügung um effektiv tauchen zu können, da die Lunge als Auftriebskörper wegfällt und unter normalen Bedingungen keine Diurese oder hohe Belastung des Blutkreislaufes hervorzurufen. Das Blutvolumen unsere Milz wäre nicht in der Lage den Sauerstoff aus der Lunge aufzunehmen. Wenn man einen Effekt wie den der Milz nur für sich betrachtet, mag es kurzfristig Sinn machen, jedoch muss man das eigene Körperdesign beachten.

Während unter anderem der Tauchreflex bei den tauchenden Säugetieren es ihnen erlaubt ihren Lebensunterhalt zu ertauchen, ist es bei uns eher eine lebenserhaltene Maßnahme um nicht zu ertrinken.

Ich bin kein Freund der "friss oder stirb" Methodik und bedingt durch gewisse medizinische Grundkenntnisse hatte ich da so meine Zweifel, ob der angesprochene Milzeffekt in dieser Form beim Menschen einen erhöhten O₂ Gehalt beim Tauchen ermöglicht.

Zum Verständnis ist es meiner Meinung nach notwendig zu wissen, wofür ein Organ zuständig ist, dessen Funktion, Aufbau und wie es im Fall der Milz an den Blutkreislauf angeschlossen ist. Da ich ein Mensch bin, sind Organfunktionen anderer Arten für diese Betrachtung unerheblich und lediglich als informativ anzusehen.

Die Milz (griechisch: Splen; lateinisch: Lien) wird aufgrund ihrer Gewebeart zu den sekundären Lymphorganen gezählt und ist das größte in den Blutkreislauf eingeschaltete Organ des Lymphsystems und auch das Einzige, bei dem dies der Fall ist.

Das Lymphsystem ist beim Menschen unter anderem Bestandteil des Immunsystems und übernimmt auch Transportaufgaben.

Obwohl die Milz wichtige Aufgaben durchführt, ist sie jedoch für den Menschen kein

lebenswichtiges Organ. Man kann auch ohne Milz leben und sogar ohne sie Seitenstechen bekommen.

Wenn zum Beispiel bei einem Unfall die dünne Kapsel der Milz zerstört wird (Milzruptur), kann es aufgrund der Einblutung notwendig werden, sie zu entfernen (Splenektomie). In diesem Fall werden die Aufgaben der Milz dann von der Leber und anderen Organen übernommen. Die Anfälligkeit für Infekte steigt nach der Organentfernung.

Da bei Kindern unter 6 Jahren das Immunsystem noch nicht etabliert ist, wird hier die Entnahme der Milz, soweit möglich, vermieden. Heute ist es, je nach Ausmaß der Schädigung, auch möglich die Schadstelle mit einem Gewebekleber zu reparieren.

Nach einer Milzentfernung sollte man sich zum Beispiel gegen eine Hirnhautentzündung und Lungenentzündung impfen lassen.

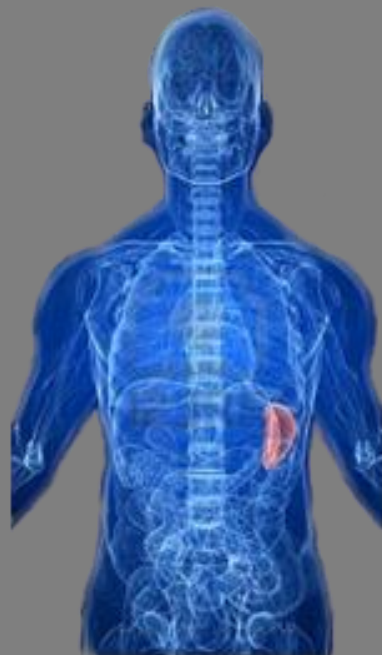
Aufgaben der Milz:

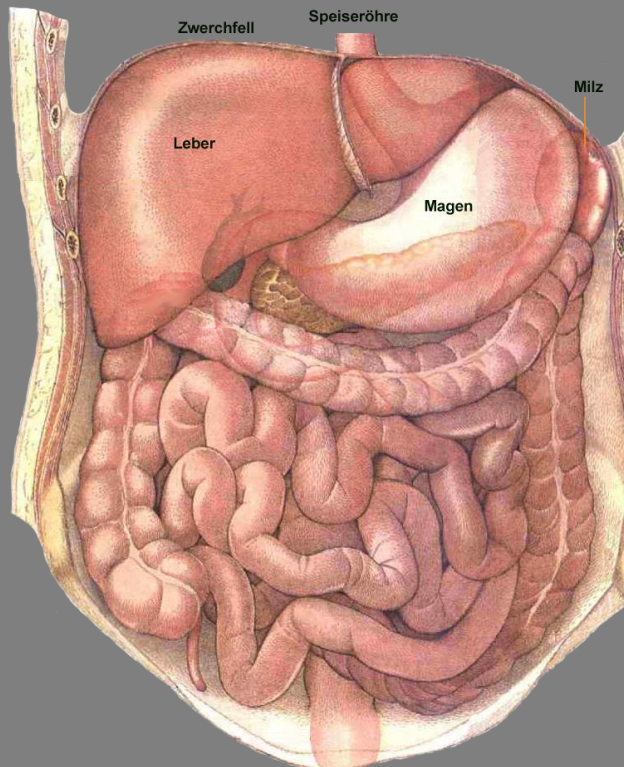
- Fetales Stadium Blutbildung (Erythrozyten); im Erwachsenenalter kann diese Funktion reaktiviert werden, wenn das Knochenmark nicht genügend Erythrozyten bilden kann
- Kindesalter (bis ~6 Jahre) Etablierung des Immunsystems
- überalterte oder geschädigte Erythrozyten und Thrombozyten werden ausgefiltert; so genannte "Blutmauser"
- wichtig im Immunsystem zur Abwehr von Krankheitserregern

Die Milz kann sich krankheitsbedingt erheblich vergrößern und es gibt einige Auslöser dafür. Als Folgen einer Vergrößerung kann sie, bedingt durch ihre "eingepferchte" Lage, auf andere Organe drücken und dadurch Schmerzreize im Bauchraum oder ein Völlegefühl mit Übelkeit auslösen.

Schmerzen von der Milz selbst können in die linke Schulter ausstrahlen.

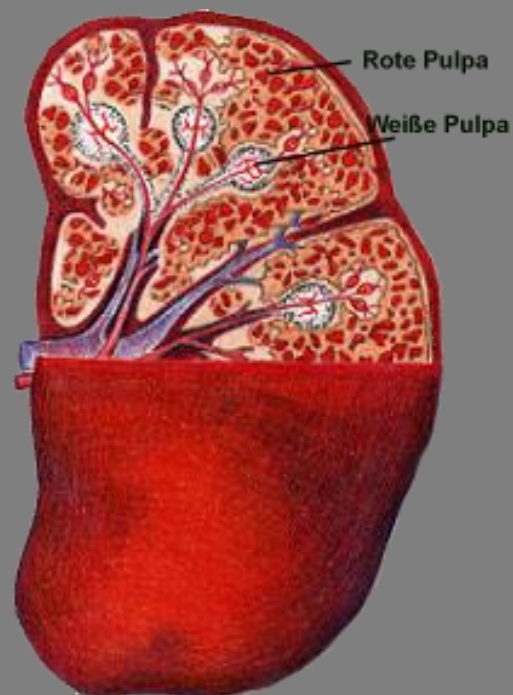
Nur so viel zu der Theorie, man könne die Milz durch Training vergrößern und dadurch ein größeres Blutreservoir schaffen





- Die durchschnittliche Größe der Milz beträgt 4 x 7 x 11 cm und dementsprechend ergibt sich ein Volumen von etwa 308 cm³, was aufgrund der Form lediglich ein ungefährender Wert ist
- Ausgeblutet wiegt sie ca. 170 g.
- Die Milz kann 150 – 200 ml Blut aufnehmen.
- Unser komplettes Blut wird jeden Tag etwa 130-mal durch sie hindurch gepumpt
- Die Kapsel der menschlichen Milz verfügt über nur wenig glatte Muskulatur und kann sich aus diesem Grund nicht wesentlich kontrahieren, wie zum Beispiel die Milz des Hundes es kann.
- Die Milz befindet sich auf der linken Seite mit ihrem unteren Ende auf Höhe der 11ten Rippe.

Zwei Funktionen der Milz sind farblich erkennbar. Der Blutfilterbereich der Milz ist rot und der Bereich, der für die Abwehr der Krankheitserreger verantwortlich ist, scheint weiß (rote Pulpa und weiße Pulpa; lat. "Fleisch"). Der Hauptbestandteil der Milz, die Pulpa, ist aus einem sehr weichen Material. Diese Masse bekommt durch eine dünne Kapsel und von der Kapsel ins Innere ziehende Fasern erst eine gewisse Stabilität. In der Milz teilt sich die Arterie in immer weitere Verästelungen auf.



Die weiße Pulpa ist in die rote Pulpa der Milz eingebettet. Sie ist rund um die Arteriolen der Milz angeordnet und besteht aus Zellen des Immunsystems. Auf aus dem Blutkreislauf gefilterte Antigene wird hier eine Immunantwort gebildet. Durch diese Anordnung wird zunächst die Aufgabe des Immunsystems ausgeführt, danach die Filterfunktion.

Die weiße Pulpa hat einen Anteil von etwa 20% des Milzgewebes. Bei einer starken Immunreaktion kann dieser Anteil jedoch bis auf 50% ansteigen.

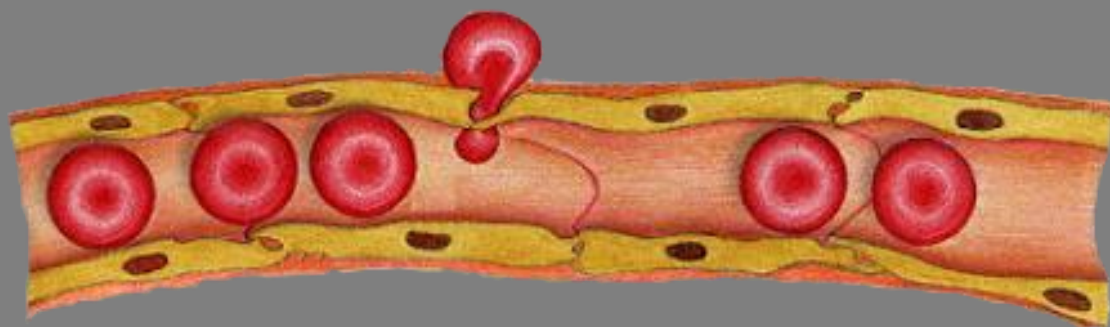
Die weißen Blutkörperchen schwimmen nicht ständig im Blutkreislauf, sondern sammeln sich an unterschiedlichen Bereichen im Körper, so auch in der Milz.

Während die Lymphknoten Filterstationen für eine bestimmte Region im Körper sind, ist die Milz dagegen eine Filterstation für den gesamten Blutkreislauf. So hat die Milz bei einer Blutvergiftung, bei der sich Bakterien im Blut vermehren, eine wichtige Rolle in der Immunreaktion

Die weißen Blutkörperchen, die für die Abwehr in der Milz die größte Rolle spielen, sind die so genannten Lymphozyten. In der weißen Pulpa der Milz können diese auch neu gebildet werden.

Sie sind in der weißen Pulpa positioniert, um auf vorbeigespülte Krankheitserreger reagieren zu können oder um nach gewisser Zeit wieder ins Blut überzutreten und im Blutkreislauf zu patrouillieren.

Die roten Blutkörperchen (Erythrozyten), die noch jung sind und sich leicht verformen, können durch die Maschen der Milz hindurchschlüpfen, wohingegen die alten oder geschädigten Zellen (meist mit einem Alter von ungefähr 120 Tagen) darin hängen bleiben und abgebaut werden.



hier eine stark vereinfachte Darstellung des Vorganges.

Der Abbau der Erythrozyten erfolgt nicht nur in der Milz, sondern auch in der Leber und dem Knochenmark. Täglich wird 1% der gesamten Erythrozyten abgebaut und produziert, das sind 250.000.000.000 (250 Milliarden).

Die Verteilungsraten und Abbaukapazitäten der drei großen Bereiche sind in etwa gleich groß, was auch sinnvoll ist, da die Übernahme einer Aufgabe bei Ausfall eines Organes mit diesem Aufgabenbereich prinzipiell ohne Verzug ablaufen muss. Eine

Ausfallrate von 33% ist kurzfristig verkraftbar und die übernehmenden Organe müssen diese Fähigkeit nicht erst vollständig neu aufbauen, sondern lediglich erweitern.

Durch diese Dreiteilung ergibt sich eine Abbaurate von rund 965.000 Erythrozyten pro Sekunde in der Milz.

In einem Kubikmillimeter Blut (etwa Stecknadelkopfgröße) befinden sich 4-5 Millionen Erythrozyten. 200 ml Blut entsprechen 200.000 mm³ in denen sich 1 Billion Erythrozyten befinden. Demnach werden durch den Körper täglich Erythrozyten für 50 ml Blut produziert und abgebaut. Basierend auf der Dreiteilung würde die Milz pro Tag Erythrozyten ab bauen, die in rund 17 ml Blut enthalten sind.

Die Milz ist ein Organ durch das Blut fließt und da die Aufgaben hier etwas komplexer und zeitintensiver sind, als simples be- und entladen mit O₂/CO₂, ist die Verweildauer auch länger. So werden unter anderem die Erythrozyten vom Plasma getrennt.

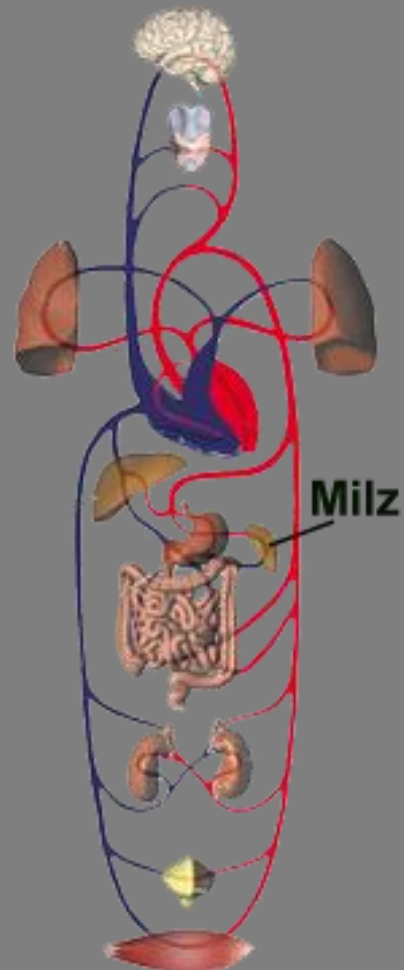
Sie wegen der längeren Verweildauer beim Menschen als Speicherort für O₂ beladenes Blut zu definieren ist ein falscher Ansatz.

Das Blut der Milz fließt danach durch die Leber und das lässt sich durch die Aufgabe im Immunsystem begründen, damit die Leukozyten schneller dort sind, wo die potentielle Anhäufung von möglichen Schädlingen recht hoch ist

Hier eine schematische Darstellung des großen Blutkreislaufes, aus dem ersichtlich ist, dass die Milz im arteriellen Blutkreislauf nicht so positioniert ist, dass das gesamte Auswurfvolumen des Herzens durch sie hindurch geführt wird.

Etwa 10% des Herz-Auswurfvolumens von rund 70ml, wird durch die Milz geführt.

Nachdem das Blut aus der Milz wieder austritt, wird es über die Vene in die Pfortader und durch sie zur Leber geführt. Nach der Leber fließt das Blut über die Hohlvene in das rechte Herz. Schon ab dem Austritt aus der Milz ist das Blut nicht mehr O₂-gesättigt, sondern auf venösem Level. Die Sättigung liegt hier bei 70-75% und das wären 14 – 15 ml O₂/100 ml Blut



Die Pfortader führt das Blut aus den unpaaren Bauchorganen der Leber zu:

- Magen
- Dünndarm
- Dickdarm
- Teile des Mastdarms
- Bauchspeicheldrüse
- Milz

Die aktive Kontraktion der Milz wird durch Stresshormone ausgelöst.

Das Blut der Pfortader ist sauerstoffarm und mit einem hohen Nährstoffgehalt, der von den Verdauungsorganen stammt.

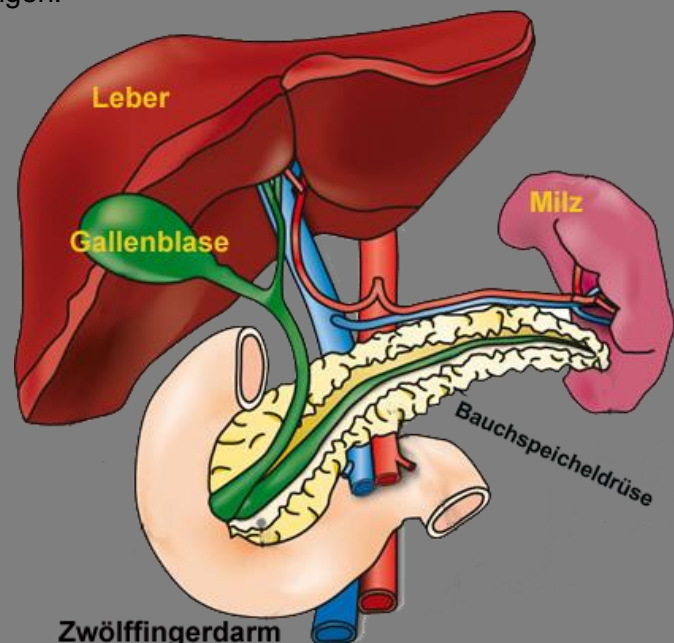
Die Pfortader mündet an der Leberpforte zusammen mit der Leberarterie in die Leber. In den Kapillaren der Leber mischt sich das nährstoffreiche Blut aus der Pfortader mit dem sauerstoffreichen Blut aus der Leberarterie und kann so dem Stoffwechsel der Leberzellen zur Verfügung stehen.

Werte der Pfortader:

- Durchmesser ca. 8 bis 15 mm
- Länge ca. 4 bis 5 cm
- Fließgeschwindigkeit etwa 13 bis 23 cm/s
- Druck 5–20 mmHg

Die zugeführten Nähr- und möglichen Giftstoffe werden in der Leber verarbeitet/abgebaut bevor sie in den weiteren Blutkreislauf gelangen.

Auch in der Leber selbst, als größtes Stoffwechselorgan, wird O₂ verbraucht. Dass der O₂ Bedarf der Leber allein durch den venösen Rückfluss aus den Organen mit ca. 1.100 ml/min nicht gewährleistet sein kann, zeigt sich auch daran, dass die Leber zusätzlich einen arteriellen Zustrom mit etwa 400 ml/min hat. Betrachtet man die Durchflussmenge so benötigen 200 ml etwa 8 Sekunden durch die Leber.



Da alle Organe nur funktionieren, wenn sie unter anderem mit O₂ versorgt werden, kann man die Milz nicht als Speichermedium für sauerstoffgesättigtes Blut ansehen, da sie natürlich auch von dem durchfließendem Blut entsprechend mit Sauerstoff versorgt wird. Den Anspruch als Speicherkapazität für O₂ beim Menschen erfüllt lediglich die Lunge. Das

Blut selbst ist auch nicht als primärer Speicher anzusehen, es erfüllt diesbezüglich hauptsächlich eine Transportaufgabe. Durch die Maximierung des Hb Gehaltes kann die Transportkapazität erhöht werden und sekundär steht dadurch dem Körper insgesamt mehr O₂ zur Verfügung.

Da die Milzkontraktion erst beim Tauchen erfolgt, gibt es keinen zusätzlichen O₂, sondern lediglich die Transportkapazität für O₂ wird erhöht, da das Blut aus der Milz auf einem venösen Level ist und sich in der Lunge zunächst wieder sättigen muss. Wenn es auch beim Ersten Tauchgang die entsprechenden Auswirkungen als Leistungs-Booster nicht erfüllt, könnte dies ja bei den Folgetauchgängen zutreffen.

Eine zusätzliche Blutmenge, die ja bei der Atempause an der Oberfläche mit O₂ gesättigt wird. Es hört sich natürlich verlockend an, nimmt man nun jedoch die entsprechenden Werte hinzu, tritt Ernüchterung ein.

2-10 Minuten nach der Apnoe hat die Milz wieder ihre Normalgröße eingenommen, was einen vor das Problem stellt, dass man nicht sagen kann in welcher Zeit die eigene Milz wieder im Normalzustand ist.

Wenn man nun außerhalb dieses Zeitfensters wieder abtaucht, sprich 10 min und länger an der Oberfläche verweilt, wäre spätestens zu diesem Zeitpunkt selbst der marginale Vorteil der Kontraktion nicht nutzbar.

Als weiterer Punkt muss man sich einmal die Menge des O₂ vor Augen führen die so gerne als Leistungsbooster des Milzeffektes hergenommen wird.

Die Berechnungen, die ich hier anstelle beziehen sich natürlich auf einen "Normmenschen" und sind lediglich theoretische "Laborwerte", die den Vorgang anschaulicher gestalten sollen. Aus diesem Grund verwende ich hier auch Einheiten, die allgemeinverständlich sind. Es muss auch berücksichtigt werden, dass es sich hierbei um Maximalwerte handelt, die in der physiologischen Praxis natürlich nicht in dieser Konzentration vorliegen können, da die innere Atmung weiterhin besteht und sich dadurch natürlich ständig Werte ändern. Hier soll lediglich die Kontraktion der menschlichen Milz und ihre Auswirkungen betrachtet werden.

Hierzu ist eine Erklärung zur Sättigung des Blutes notwendig. Neben dem Partialdruck ist die Fähigkeit des Hämoglobins O₂ zu transportieren ausschlaggebend. Unter normobaren Druckbedingungen könnte die innere Atmung ohne das Hämoglobin nicht funktionieren. Das Hb ist unter normobaren Verhältnissen zu 98% gesättigt.

Die Hüfnerzahl gibt die Transportkapazität des Hämoglobins (Hb) an, sie beträgt theoretisch bis zu 1,39 ml O₂ pro 1 g Hb. Dieser Wert ist jedoch rein rechnerisch und wird noch nicht einmal unter optimalen Laborbedingungen erreicht, da z. Bsp. Methämoglobin keinen Sauerstoff binden kann. In der Praxis wird ein Wert von 1,34 ml O₂/g Hb als Normalwert angesehen.

Allein die Masse des durch die Kontraktion ausgestoßenen Blutes lässt keine erwähnenswerte Leistungsunterstützende Wirkung zu.

Zu Berechnung benötigt man noch den Hb Wert dessen Normwerte sind wie folgt:

- Frauen 12 -16 g/100 ml
- Männer 13,5 -17 g/100 ml

Für eine Beispielrechnung nehme ich den Mittelwert Mann 15,25 g/100 ml * 98% * 1,34 ml O₂/g Hb ergibt 20 ml O₂/100 ml Blut.

Das wiederum bedeutet dass bei 200 ml, die vollständig gesättigt sind, gerade einmal 40 ml O₂ als Reserve freigesetzt würden.

In Ruhe verbraucht ein Mensch 300 ml/min und bis 60 Watt Arbeit etwa 1000 ml/min. In Ruhe ergibt sich also ein theoretischer O₂ Vorteil von rund 8 sec und bei leichter Arbeit von 2,4 sec. Dabei ist diese Rechnung auch noch großzügig ausgelegt, da ein Auswurf der kompletten und mit O₂ gesättigten Blutmenge von 200 ml angenommen wurde, was nie der Fall sein wird.

In der aktuellen Studie wurde nachgewiesen dass sich die Milz bei trainierten Apnoetauchern um 25% des Volumens kontrahierte. Bei einem Durchschnittsvolumen von 308 cm³ sind das 77 cm³. Dieses Auswurfvolumen entspricht dann 15,4 ml O₂. Damit würden zusätzliche 3 sec oder 0,9 sec bei leichter Arbeit ermöglicht. Das wäre also der Unterschied zu einem Taucher mit Milz zu einem ohne Milz. Auch bei dieser Rechnung bin ich von vollständig O₂ gesättigtem Auswurf ausgegangen. Zieht man nun noch 25% von den 15,4 ml O₂ ab, so haben wir 11,6 ml O₂. Die reichen dann gerade einmal für 2,3sec oder 0,7 sec und da kann man wohl beim besten Willen nicht mehr von einem Milzeffekt im Sinne einer Ressourcenauffüllung sprechen.

Bei den untrainierten Tauchern waren es 54cm³ was einer Kontraktion um 17,5% entspricht. In dieser Studie wurde bei den trainierten Apnoetauchern auch kein höherer Hämoglobinwert festgestellt, als bei trainierten Ausdauersportlern.

Zum Vergleich wie diese Werte einzuordnen sind: Meine Micromask von Beuchat hat ein Innenvolumen von 90 ml (meine Look von Technisub zum Gerätetauchen weist 160 ml auf). Damit befinden sich 18,9 ml O₂ in der Maske von Beuchat. Was den Begriff des Milzeffektes beim Menschen doch etwas übertrieben ausfallen lässt. Ob ein Taucher mit Milz bezüglich des O₂ überhaupt einen Vorteil gegenüber einem Taucher ohne Milz haben würde, müsste noch die Frage nach dem O₂ Verbrauch der Milz beantwortet werden.

Bedingt durch die geringe Muskulatur der menschlichen Milz, kann sie sich, im Verhältnis zu anderen Säugetieren, nur geringfügig aktiv kontrahieren. Dass die Milz relativ große Volumenschwankungen, hauptsächlich hinsichtlich der Vergrößerung, vollziehen kann, liegt an der Art ihres Gewebes.

Die Milz kontrahiert auch bei Blutverlust. Jede aktive Kontraktion wird durch Stresshormone (z. Bsp. Adrenalin) ausgelöst. Sinn und Zweck der Kontraktion ist es hauptsächlich die Thrombozyten auszuschütten, die sich in größerer Zahl in der Milz aufhalten. Der Mythos, das verlorene Blutvolumen würde ersetzt werden, stellt sich allein durch die geringe Menge als eine relativ unwirksame Aktion dar.

Die Thrombozyten sind für die Gerinnung zuständig und es ist natürlich sinnvoll das Leck schnellstmöglich zu schließen, anstatt das doch recht begrenzte Blutvolumen durch eine Mobilisierung aller Reserven weiter zu reduzieren. Hier helfen auch die Schocksymptome die Verlustrate zumindest temporär zu minimieren.

Eine Ursache für den missverstandenen Begriff der Speicherkapazität wird sich im deutschen Sprachgebrauch finden, denn es ist von roten Blutkörperchen und Blutplättchen die Rede, was für viele das Gleiche ist.

Während die Erythrozyten (rote Blutkörperchen) sich lediglich aufgrund der Filterfunktion der Milz dort aufhalten, werden die Thrombozyten (Blutplättchen) dort schon gespeichert. Nur sind letztere für die unmittelbare Transportfunktion von O_2 irrelevant.

Eine passive Kontraktion kann z. Bsp. auch durch ein sehr tiefes einatmen ausgelöst werden, da sich die Lunge in erheblicher Weise ausdehnt und dadurch eine Volumenforderung stellt, die andere Organe einschränkt. Diese Raumforderung kann man sehr gut nach einer umfangreichen Mahlzeit im Selbstversuch sich vor Augen führen. Seine Lunge maximal füllen, eventuell noch packen und bei angehaltenem Atem Rumpfbeugen durchführen. Sofern es bei dieser Übung keine Volumenverluste des Mageninhaltes zu beklagen gibt, anschließend die Rumpfbeugen bei normaler Lungengröße durchführen. Man wird deutliche Unterschiede bei der körperlichen Reaktion feststellen. Man kann diese Übung natürlich auch vor der Mahlzeit durchführen um noch ein Vergleichsgefühl sich zu erarbeiten.

Das Blut in der Milz wird gern für einen möglichen zusätzlichen Leistungsschub herangezogen, jedoch wird bei dem Blut an sich kaum darauf eingegangen welche Möglichkeiten hier bestehen.

Um die eigene O_2 Menge im Blut berechnen zu können, muss man den eigenen Hb Wert kennen. Der Hb-Wert wird beim kleinen Blutbild oder natürlich beim Blutspenden festgestellt. Es ist kein fester Wert und kann sich durch unterschiedliche Einwirkungen ändern.

Das Blutvolumen lässt sich pro Kg Körpergewicht (KG) in etwa bestimmen.

- Frauen: 57-64 ml pro Kg KG
- Männer: 69-70 ml pro Kg KG

Anhand eines 75 Kg Mannes zeige ich nun auf, wie man mit der Optimierung des Hb Wertes einen im Verhältnis zum Milzeffekt, doch recht anschauliche Steigerung des O_2 Gehaltes schaffen kann.

$75 \text{ kg (Mann)} * 70 \text{ ml/kg} = 5.250 \text{ ml Blut}$

$13,5 \text{ g Hb} * 98\% * 1,34 \text{ ml } O_2 / \text{g Hb} = 17,7 \text{ ml } O_2 / 100 \text{ ml Blut} * 52,50 = 930,7 \text{ ml } O_2$

$17 \text{ g Hb} * 98\% * 1,34 \text{ ml } O_2 / \text{g Hb} = 22,3 \text{ ml } O_2 / 100 \text{ ml Blut} * 52,50 = 1.170,7 \text{ ml } O_2$

Das sind 240 ml O_2 , die einem Taucher zusätzlich zur Verfügung stehen, wenn er nur seinen Hb Wert innerhalb der Normwerte steigern kann. In diesem Beispiel natürlich ein

absoluter Maximalwert. Selbst eine Steigerung von nur 1 g Hb/100 ml würde bei dem 75 Kg Mann einen zusätzlichen O₂ Gehalt im Blut von 68,9 ml ausmachen. 591% mehr als der dargelegt Milzeffekt! Nun auch dieser Umstand sind lediglich 13,7 sec in Ruhe oder 4,1 sec bei leichter Arbeit.

Da die Blutwerte von Spitzensportler normalerweise nicht zugänglich sind und lediglich Claudia Pechstein ihre Werte öffentlich machte, kann man hier keine umfangreichen Vergleichswerte heranziehen um den eigenen Wert abschätzen zu können. Interessant zu sehen, dass ihr Hb-Mittelwert 14,5 g/100 ml beträgt und die Schutzsperrgrenze der Frauen in ihrem Verband bei 16,5 g / 100 ml liegt. Diese beiden Sportarten lassen sich nicht miteinander vergleichen und Schutzsperrgrenzen werden auch von den jeweiligen Sport-Verbänden nicht einheitlich festgeschrieben, jedoch ist die Viskosität des Blutes auch ein wichtiger Faktor und nicht nur die absolut optimierte Hb-Menge.

Übermäßige Werte, die die O₂ Transportkapazität enorm erhöhen aber ebenso den Hämatokritwert steigern, so dass das System durch die erhöhte Arbeitsleistung wiederum belastet wird und durch das dickflüssigere Blut bestimmte Regionen eventuell unterversorgt werden, sind offenbar nicht erstrebenswert.

Wie der Begriff der Normwerte schon aussagt, treffen diese auch nicht unbedingt auf jedes Individuum zu. Hier muss das Ziel sein, das individuelle Mittelmaß zwischen vertretbarem Aufwand und Leistungssteigerung zu finden.

Im Fall des Hb soll das Ziel nicht sein mit allen Mitteln die 17 g/100 ml zu erreichen oder sogar zu übertreffen, sondern so weit wie möglich über den 13,5 g/100 ml zu liegen.

Das Blut spielt nicht nur bei unserem Sport eine zentrale Rolle. Bei dem jährlichen Gesundheitscheck wird auch ein Blutbild erstellt und die Ärzte geben auch Kopien der Blutanalysen heraus. Es gibt gute Bücher in denen die Laborwerte und ihre Auswirkungen verständlich beschrieben sind.

Die Bildung von Blut wird durch

- Eisen
- Vitamin B12
- Folsäure
- Zink

positiv beeinflusst. Besteht hier eine Mangelversorgung, dann ist auch die Bluterneuerung entsprechend geschwächt. Bei einem Sauerstoffmangel wird in der Niere das Hormon Erythropoetin freigesetzt, das die Blutbildung unter anderem im Knochenmark anregt. Das Hormon wird zu 85-90% in der Niere freigesetzt und in der Leber 10-15%. Es wurde auch in anderen Organen und Körperteilen festgestellt, jedoch dort mit einer anderen Funktion, als die der Blutneubildung.

Wenn es also zu Nierenschädigung kommt und die Blutneubildung nicht in einem gesunden Maß erfolgt, was durch die Überwachung der Retikulozytenanzahl festgestellt werden kann, wird in der Regel das Hormon als Medikament zugeführt. Das Hormon ist landläufig auch als EPO bekannt.

Das erwähne ich hier, weil ich in einigen Diskussionen erlebt habe wie vehement gefordert wurde, dass Sportler bei denen EPO im Blut nachgewiesen wurde hart bestraft werden sollen. Nun EPO ist ein natürlicher "Bestandteil" des Körpers. Für mich ist dieser Vorgang ein klares Zeichen dafür wie Medien einen Mythos bilden können und viele diesem unreflektiert folgen.

An dieser kurzen Ausführung zum Blut erkennt man schon, dass man hier im Gesamtkonzept arbeiten muss und einzelne Veränderungen, wie z. Bsp. Eisentabletten zu sich nehmen, damit die Blutproduktion verbessert wird, bringt nichts, wenn die anderen Stoffe sich im Mangelbereich bewegen.

Wer nun erwartet hier einen Ernährungsplan zu finden, muss ich enttäuschen. Da jeder Mensch einen anderen Geschmack hat, ist es meiner Meinung nach relativ sinnfrei anderen vorzugeben was sie essen sollen. Es sei denn, ich würde zufälliger Weise ein Nahrungsergänzungsmittel vertreiben, das natürlich auf den speziellen Bedarf der Apnoetaucher ausgerichtet ist.

Essen soll nicht nur der Ernährung dienen sondern auch ein Genuss sein. Wenn beim Essen der Spaß fehlt, kann es nicht gesund sein. Man muss dies genauso sehen wie jemand der mit Widerwillen täglich zur Arbeit geht, er wird früher oder später wirklich krank.

Meiner Meinung nach sollte auf die Entwicklung der eigenen körperlichen als auch mentalen Fähigkeiten oder Möglichkeiten ein wesentlich größeres Augenmerk gelegt werden, als auf die Fähigkeiten und Möglichkeiten anderer Evolutionsschienen und diese dann versuchen bei uns ansatzweise zu finden und sie als entwickelbar anzusehen.

Oft liest man auf anderen Apnoe-Seiten dass man auf sein Inneres hört, es erlebt, sowie Freiheit und Glücksgefühle empfindet, die man beim normalen Tauchen nicht in dieser Form erlebt. Das ist die emotionale Seite des Tauchens, die für das Apnoetauchen auch ein wesentlicher und positiv beeinflussender Faktor ist.

Ich bedauere es dann nur, wenn der Faktor Mystik eine größere Rolle spielt, als das Wissen um die eigenen körperlichen Vorgänge.

Es wird jedoch sehr gerne in Anspruch genommen, dass wir als Person Fähigkeiten entwickeln können, für die die tauchenden Säugetiere zigtausende von Jahren benötigten.

Den Milzeffekt gibt es beim Menschen in der Form nicht, wie er bei den tauchenden Säugetieren existiert und bei ihnen für eine Leistungssteigerung im Sinne einer verbesserten Tauchzeit sorgt. Ich denke, dass ich das mit den Werten und Beispielen nachvollziehbar veranschaulichen konnte.

Quellen:

- Waldeyer Anatomie des Menschen
- Studie Muth et al. <http://www.h2ocean.de/der-milzeffekt/>