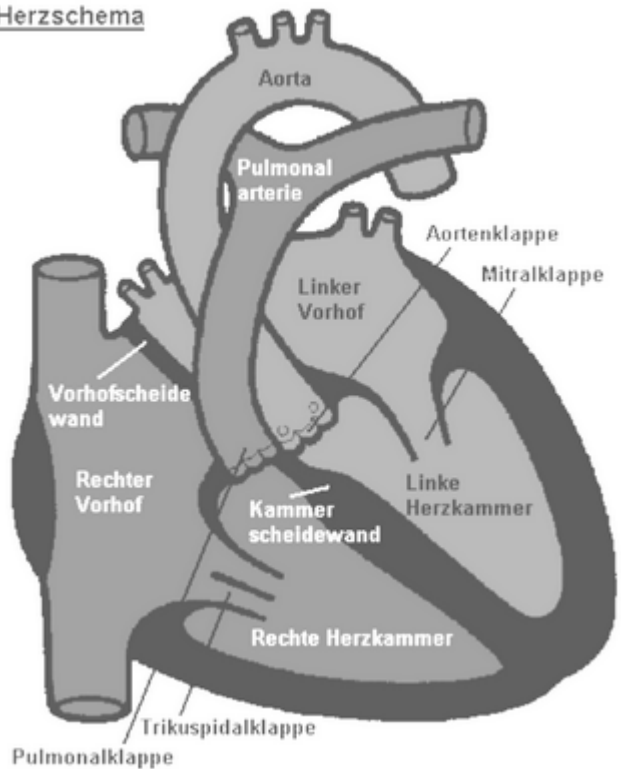


# Herz und Kreislauf

Das Herz ist ein faustgroßer Hohlmuskel, der in der Mitte des Brustkorbs liegt, leicht nach links verdreht.

Im Herzen begegnen sich zwei Blutströmungen, ohne sich zu durchmischen. Durch das linke Herz fließt arterielles Blut, durch das rechte Herz fließt venöses Blut.

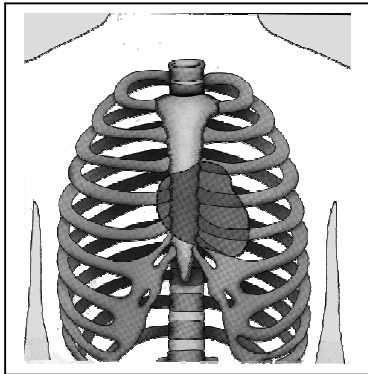
Herzschemata



## Sauerstoff und Kohlendioxid

Arteriell  
Blut ist  
sauerstoff-

angereichert, venöses Blut ist sauerstoffarm. Den Sauerstoff „holt“ das Blut in der Lunge. Hier begegnet das Blut, getrennt

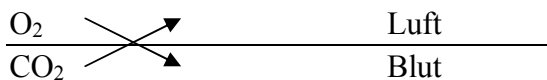


durch dünne Gefäßwände der Atemluft. Weil in der Atemluft wesentlich mehr Sauerstoff enthalten ist, als in dem venösen, sauerstoffarmen Blut, das in die Lunge hineinfließt, wird an der Begegnungsstelle zwischen Blut und Luft das Konzentrationsgefälle einfach ausgeglichen. Jetzt ist das Blut sauerstoffreich und damit arteriell.

Das venöse Blut enthält nicht nur wenig Sauerstoff (O<sub>2</sub>), sondern anstelle

dessen viel Kohlendioxidgas (CO<sub>2</sub>). Das ist stark im venösen Blut konzentriert, in der Atemluft aber nicht. In der Lunge wird in der Berührung von Blut und Luft auch dieses Konzentrationsgefälle ausgetauscht:

Lunge:

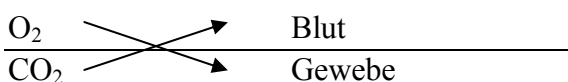


Das sauerstoffangereicherte arterielle Blut ver-

färbt sich hellrot, das kohlendioxidhaltige und sauerstoffarme venöse Blut hat eine dunkelblaue Farbe

Nun fließt das Blut sauerstoffangereichert als arterielles Blut in den Körper. Dort wird Sauerstoff benötigt, um dort für die Verbrennung zur Verfügung zu stehen, die erforderlich ist, um Energie frei zu setzen, die für alle Prozesse im Körper benötigt wird. In das Gewebe fließt das Blut sauerstoffreich. Im Gewebe ist ein Sauerstoffbedarf, also eine geringe Sauerstoffkonzentration, im Blut ist eine hohe Sauerstoffkonzentration.

Wieder kommt es an den sehr feinen Gefäßoberflächen zu einem Konzentrationsausgleich,



Sauerstoff geht in da Gewebe über. Dort ist verbrannt worden, als Abbauprodukt ist Kohlendioxidgas im Gewebe, im Blut aber ist kein

Nahrung besteht aus hochwertigen Substanzen. Z.B. der Zucker ist ein Molekül aus sechs Kohlenstoffatomen, Wasserstoff und Sauerstoff. Pflanzen stellen Traubenzucker (Glucose) her und verbrauchen dabei Energie. Sie entnehmen der Luft Kohlendioxidgas (CO<sub>2</sub>), dem Boden Wasser (H<sub>2</sub>O) und der Sonne Licht und Wärme. Mit dieser Energie bauen sie in der „Photosynthese“ aus kleinen Bausteinen eine größere Substanz, wobei Sauerstoff (O<sub>2</sub>) als „Abfall“ frei wird. Mit noch mehr Energie aus dem Sonnenlicht werden mehrere Zucker zu Zellulose, zuletzt zu Holz verbunden. Einfache Moleküle zu größeren Molekülen zu verbinden, erfordert Energie, die aus dem Licht kommt. Verbrennen wir Holz, so wird die Energie als Feuer (Licht und Wärme) wieder frei. Dazu bedarf es aber des Sauerstoffs der Luft. Auch der Körper „verbrennt“ Zucker. Dazu braucht er Sauerstoff aus dem Blut. Nur entsteht keine Flamme. Die freiwerdende Energie wird Muskelkraft oder die Energie, mit der wir unsere Lebensvorgänge steuern.

CO<sub>2</sub>, weswegen CO<sub>2</sub> aus dem Gewebe in das Blut wechselt. Nun ist aus dem arteriellen, sauerstoffreichen Blut das venöse, sauerstoffarme und kohlsäurereiche Blut geworden. Es fließt zurück in das rechte Herz und von da in die Lunge.

### Wege des Blutes

Blut ist also ein Transitweg, z.B. von Gasen, so dass Sauerstoff in das Gewebe kommt und Kohlensäure aus dem Gewebe heraus. Ferner dient es als Transitstrecke für Nahrung, Botenstoffe, Spurenelemente, und Abfallprodukte aus dem Gewebe heraus zur Niere etc.

Das Blut fließt aus der Lunge in den linken Vorhof, vom linken Vorhof durch die Mitralklappe in die linke Kammer, von dort aus durch die Aortenklappe in die große Arterie „Aorta“, von der viele kleinere Arterien abgehen, in die Arme, den Kopf, die Bauchorgane, Beine etc. In den Organen verzweigen sich die Arterien in immer kleinere Gefäße („Arteriolen“), werden immer zahlreicher und kleiner, bis sie zuletzt in den Kapillaren münden, feinsten und kleinen Gefäßen, die das in ihnen fließende Blut nur noch durch eine hauchdünne Wand von der umgebenden Flüssigkeit des Gewebes trennen. An dieser Membran findet der Austausch zwischen Blut und Gewebe statt. Durch den Druck, mit dem das Blut in die Kapillaren fließt

und bedingt durch die Durchlässigkeit der Kapillaren treten täglich ca. 20 Liter aus dem Blut in das Gewebe über, nur die verhältnismäßig großen Blutkörperchen und große Moleküle wie Eiweiße verbleiben innerhalb der Kapillaren. Durch das Austreten von Flüssigkeit vermindert sich der Druck, mit dem das Blut in die Kapillaren geströmt ist. Im weiteren Verlauf wirkt der „kolloidosmotische Druck“, der wieder Flüssigkeit aus dem Gewebe in das Blut hereinzieht. So füllt sich die Kapillare wieder, hat den Sauerstoff und einige Nährstoffe abgegeben, Kohlensäure und Abfallprodukte aufgenommen. Die Gesamtoberfläche der Kapillaren im menschlichen Organismus wird auf 6.000-7.000 m<sup>2</sup> geschätzt. Ab jetzt ist es eine venöse Kapillare, von denen sich mehrere sammeln zu den Venolen, die zu Venen zusammenfließen, die in der unteren Körperhälfte zur unteren Hohlvene, in der oberen Körperhälfte zur oberen Hohlvene zusammenkommen und in den rechten Vorhof münden. Von hier geht es durch die Trikuspedalklappe in die rechte Kammer, von dort durch die Pulmonalklappen in die Gefäße, die in die Lunge fließen, die sich in der Lunge wieder zu Kapillaren aufteilen, um Sauerstoff auf und Kohlensäure abzugeben.

Der **kolloidosmotische Druck** wirkt an feinen Membranen, wenn die Konzentration der Kolloide (Eiweiße) auf beiden Seiten der Membran unterschiedlich ist. Im Blut sind mehr Eiweiße, in der Gewebsflüssigkeit wenige. An der Membran wird der Konzentrationsunterschied „wahrgenommen“ und es entsteht das „Bedürfnis“ diesen Konzentrationsunterschied auszugleichen. Da Eiweiße nicht durch die Membran hindurch können, werden die Eiweiße des Blutes verdünnt, indem Flüssigkeit aus dem Gewebe in das Blut zurückfließt.

Neben dem kolloidosmotischen Druck gibt es noch den osmotischen Druck, der für andere Stoffe gilt, die nicht „kolloidal“ sind. Kolloide sind große Stoffe in einer Flüssigkeit, die die Flüssigkeit schleimig machen (Eiweiß). Die Konzentration von Spurenelementen und anderer gelöster kleinerer Stoffe werden an der Membran ebenfalls ausgeglichen, aber sie können durch die Membran hindurch. So Abfallprodukte des Gewebes.

So fließt das Blut von einem Kapillarnetz (Lunge) über das Herz zu dem Kapillarnetz in den Organen des menschlichen Körpers, von dort zurück über das Herz in die Lungen.

Da gibt es nur eine Ausnahme! Da Blut, da in den Darm fließt (der Darm reicht vom Mund bis zum After!) fließt nicht als venöses Blut zurück in den Kreislauf, sondern fließt in der „Pfortader“ erst in die Leber. Hier gibt es wieder ein Kapillarnetz, von wo es dann als Lebervene in die untere Hohlvene mündet, um dann zum Herz zu fließen. Hier also fließt das Blut vom Kapillarnetz des Darmes durch ein großkalibriges Gefäß (1,2 cm Durchmesser) in ein nächstes Kapillarnetz ohne bewegendes Organ, wie das Herz.

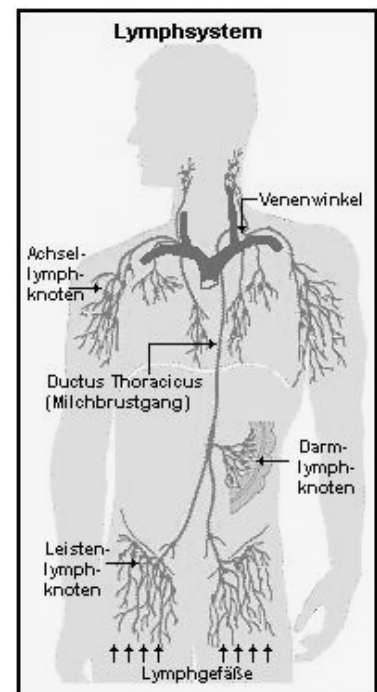
### Venen und Arterien

Eine dumme Sache ist hier noch zu erwähnen: „Venen“ heißen die Gefäße, die zum Herzen hin führen, „Arterien“ heißen solche, die

vom Herzen weg fließen. Das heißt, dass die Gefäße, die das venöse Blut vom rechten Herzen zur Lunge führen, „Lungenarterien“ heißen, obwohl sie venöses Blut beinhalten. Die „Lungenvene“ führt arterielles Blut von der Lunge zum linken Herzen...

### Lymph

Im Gewebe geht mehr Flüssigkeit durch den statischen Druck im arteriellem Schenkel in die Gewebeflüssigkeit über, als der kolloidosmotische Druck zurückholt. Statt dass die Organe immer größer werden, wird der Rest über die Lymphe aus den Organen drainiert. Da weiße Blutkörperchen im Kapillarbereich sich durch die Membran hindurchwinden können und aus dem Blut sich mit eigener Aktivität herausdrängen, wandern sie in den Lymphgefäßen zurück. Sie verarbeiten größere Gifte, auch Bakterien, Viren und andere Keime. Die Lymphe sammelt sich dann in immer größeren Gefäßen, bis sie im „Ductus thoracicus“ kurz vor dem Herzen wieder in die Venen münden. Auf ihrem Weg sind es die weißen Blutzellen, die Schadstoffe, Gifte und Keime verarbeiten, besonders in den Lymphknoten, Sammelstellen der Lymphe mit hoher immunologischer Aktivität.



### Blut

Das Blut ist eine Flüssigkeit, in die Goethe als „ganz besonderen Saft“ bezeichnet hat... Etwa die Hälfte davon besteht aus Wasser, in dem Spurenelemente, Mineralien, Eiweiße und Nahrungsstoffe gelöst sind. Wir nennen diese Flüssigkeit „Plasma“ oder „Blutplasma“.

Etwa 45% sind rote Blutkörperchen (Erythrozyten), die die Gase im Blut binden und 5% sind weiße Blutkörperchen (Leukozyten), die immunologische Aufgaben haben. Ferner sind noch Blutplättchen darin enthalten, die für die Blutgerinnung zuständig sind. Die Zusammensetzung des Blutes versucht der Organismus konstant zu halten.

**Plasma:** In Wasser sind Eiweiße vorhanden, die nicht gelöst sind, wie Salze, sondern frei darin schwimmen und das Wasser gelartig, schlierig und viskös machen: kolloidal. Kolloid als Träger des Lebens. Dazu dienen die Eiweiße. Diese sind Nahrungseiweiße, Funktionsproteine wie Immunkörperchen (Immunglobuline), Gerinnungsfaktoren und Hormone, sowie Transportproteine. Auch Enzyme aus Organen.

Im Wasser sind Spurenelemente gelöst Kochsalz, andere Elektrolyte, sowie Mineralien (Eisen, Kupfer, Selen etc.)

Nahrungsmittel, die immer in etwa in der selben Konzentration vorliegen, unabhängig von den genossenen Malzeiten. Das sind Zucker (Glucose), Eiweiße, Fette, Vitamine, Fettsäuren, Aminosäuren.

Wenn viel Nahrung verbraucht wird, z.B. durch körperliche Tätigkeit, verschwinden die Nährstoffe nicht aus dem Blut, sondern werden aus Speichern (z.B. der Leber dem Blut im selben Maße wieder zugegeben. Essen tun wir unregelmäßig. Auch dadurch fallen nicht plötzlich viele Nährstoffe im Blut an, sondern sie werden durch die Leber zurückgehalten, in die alles Blut, das aus dem Darm kommt, zuerst hinein fließt. Diese Konstanz der Blutzusammensetzung ist wichtig und die Grundlage ungestörter Lebensvorgänge. Wenn das nicht gelingt mit einem Nahrungsbestandteil, sind wir vergiftet (z.B. Alkohol). Diese Konstanz der Zusammensetzung, der Fließeigenschaft, der Gase, des Säure-Basen-Gleichgewichtes, der Nahrungsbestandteile, der Spurenelemente, der Eiweiße etc. und der Wärme nennen wir „Homöostase“ oder das Gleichbleiben des „Milieu interieur“.

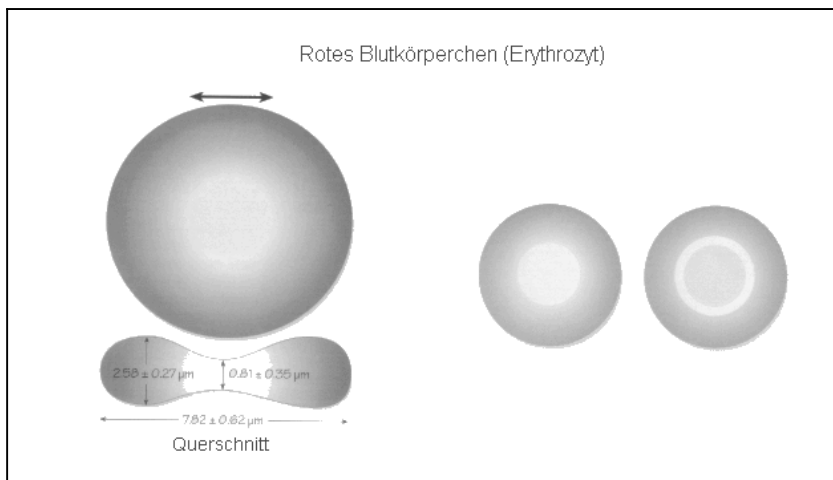
### Erythrozyten

Die Gase CO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> werden durch die roten Blutkörperchen transportiert. Es sind kleine kernlose Zellen (ohne Kern kann sich eine Zelle nicht teilen – wenn ihr Leben vorbei ist, sterben sie ab), die eine Substanz enthalten, die Gase binden kann: „Hämoglobin (Hb)“. In der Mitte des Hämoglobins sitzt ein Eisenmolekül (Eisen: Ferrum oder Fe), ohne das das Hb nicht arbeiten kann (In der Pflanze finden wir fast das selbe Molekül, nur ist an der Stelle des Eisens ein Magnesiummolekül – Pflanzen nehmen mit diesem „Chlorophyll“ CO<sub>2</sub> aus der Luft auf und geben O<sub>2</sub> an die Luft ab, machen so gesehen da Gegenteil, wie das Blut mit dem Hämoglobin). Das Hämoglobin wird als Bilirubin (ohne Eisen) abgebaut und durch die Galle ausgeschieden. Das Eisen wandert zurück in das Kno-

chenmark, wo es wieder in Hämoglobin in die Erythrozyten eingebaut wird. Ohne diesen Farbstoff, der durch die Galle in den Darm kommt, wäre der Stuhlgang weiß. Erythrozyten werden im Knochenmark gebildet (beim Embryo auch in Leber und Milz) und nach ca. 120 Tagen in der Milz abgebaut. Durch ihre Form mit eingedellter Mitte haben sie eine deutlich größere Oberfläche im Verhältnis zu dem Volumen, als wenn sie kugelig wären, was für den Gasaustausch wichtig ist. Zusammen haben sie eine Oberfläche von ca. 4000m<sup>2</sup> und können 700l O<sub>2</sub> in 24 Stunden transportieren.

Sie sind extrem verformbar und können trotz ihres Durchmessers von 7µm durch Kapillaren fließen, die nur 4µ im Durchmesser messen. Das ist für die Rheologie (Fließeigenschaft des Blutes) wichtig.

Wir haben 4-12 Erythrozyten pro Nanoliter (4-12/nl). Ein Nanoliter ist 10<sup>-9</sup> Liter. Also pro Liter sind das 4.000.000.000 – 12.000.000.000 Erythrozyten, also 4-12 Milliarden Ery's pro Liter. Der Mensch hat ca. 6 Liter Blut. Das ist eine ganze Menge... So kommt die riesige Oberfläche von 4.000m<sup>2</sup> zustande, über die der Gasaustausch stattfindet.



Durch zu wenig Eisen kann nicht genügend Hämoglobin in die Erythrozyten gepackt werden. Darum sind sie dann kleiner, was bei der Eisenmangelanämie, der Eisenmangelblutarmut eine Rolle spielt. Es sind immer noch genügend Ery's vorhanden, aber sie sind zu klein und es werden weniger Gase ausgetauscht („Mikrozytäre Anämie“). Da wir durch Blutungen Blut und damit Eisen verlieren, das nicht wieder verwendet werden kann,

müssen wir Eisen durch die Nahrung aufnehmen. Frauen verlieren monatlich etwa so viel Eisen, wie wir in der selben Zeit durch die Nahrung aufnehmen können. Ist die Blutung stärker und/oder die Eisenaufnahme geringer, kommt es zur Eisenmangelanämie. Das meiste Eisen nehmen wir durch Fleisch auf. Auch Pflanzen enthalten Eisen, aber meist zusammen mit so genannten „Phytinen“, die die Eisenaufnahme bremsen. Auch Kaffee und Schwarztee behindern die Eisenaufnahme. Die Folgen einer Anämie sind Blässe, Erschöpfung, Müdigkeit und oft Hautveränderungen.

Die Bildung roter Blutkörperchen braucht die Anwesenheit von Vitamin B<sub>12</sub> und Folsäure, die wir auch bevorzugt aus tierischer Kost beziehen. Fehlen sie, so werden zu wenig rote Blutkörperchen gebildet, wenn aber genügend Eisen vorhanden ist, werden die wenigen Erythrozyten mit mehr Hämoglobin beladen. Sie sind dann zu groß. Es kommt dann zur „makrozytären Anämie“ oder „perniziösen Anämie“. Die Beschwerden sind ähnlich, nur das hier Eisen nicht hilft, sondern die Gabe von Vitamin B<sub>12</sub> als Spritze...

#### Leukozyten

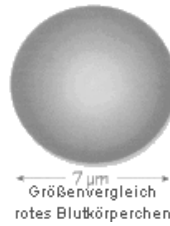
Die weißen Blutzellen dienen dem Immunsystem, also dem System, das fremdes Leben fern hält, um eigenes und selbstgesteuertes Leben haben zu können.

Wir unterscheiden zweierlei Immunsysteme: das unspezifische und das spezifische Immunsystem: Da unspezifische Immunsystem wird durch die „Granulozyten“ repräsentiert und das spezifische Immunsystem durch die „Lymphozyten“, die beide zusammen die Gesamtheit der weißen Blutkörperchen, der Leukozyten ausmachen.

**Granulozyten**

Die Granulozyten sind große Zellen, die im Blut

schwimmen und das Blut im kapillaren Bereich verlassen, um im Gewebe fremdmaterial, wie Bakterien aufzufressen. Dabei sterben sie – dann bilden ihre Leichname den Eiter. Was bei einem Pickel als Eiter austritt sind abgestorbene Granulozyten, die nicht nur selber abgestorben sind, sondern dabei die aufgefressenen Keime mit in den Tod gerissen haben. Was sie können (fremdes auffressen und sterben), können sie von Anfang an und lerne nie hinzu. Sie sind deshalb „unspezifisch“, weil sie immer nur das Selbe machen und nie lernen, anders zu arbeiten.



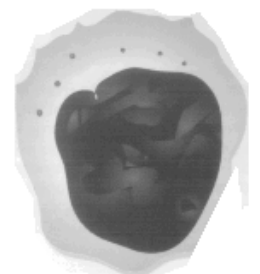
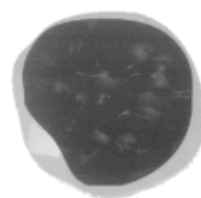
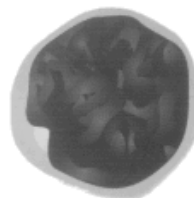
**Lymphozyten**

Die Lymphozyten arbeiten spezifischer. Sie tasten fremde Materialien (z.B. Viren) ab, studieren deren Oberfläche und produzieren Abwehrstoffe (Antikörper), die ausgeschieden werden und außerhalb des Lymphozyten den Keim (Antigen) bekämpfen. Dadurch bleibt der Lymphozyt im Gegensatz zum Granulozyten am Leben und kann weiter Antikörper bilden. Der Lymphozyt behält diese Fähigkeit lebenslang. Seine Antikörper schwimmen immer in geringer Zahl im Blut – so viel, dass ein erneuter Infekt mit dem selben Keim sofort zur Abwehr führt und wir nicht ein zweites Mal erkranken, was wir dann „Immunität“ nennen. Sie sind „spezifisch“, weil ein Lymphozyt immer für den selben Keim verantwortlich bleibt, die Fähigkeit erlernt hat und behält (was ein Wahrnehmungs- und ein Erinnerungsvorgang ist) und nicht beim Kampf gegen den Keim stirbt.

Es gibt viele Untergruppen unter den Lymphozyten und damit auch unterschiedliche Funktionen. Eine Gruppe, die so genannten T-Helferzellen sind Lymphozyten, die

eine Art von Schalt- und Befehlszentrale des gesamten Immunsystems sind. Sie steuern nicht nur die spezifische Immunantwort, sondern auch die unspezifische, ferner die Gerinnung und die Durchblutung bei Entzündungen. Bei A.I.D.S sind diese betroffen und gehen zugrunde. Die Folge ist, dass das gesamte Immunsystem nicht mehr arbeiten kann.

Lymphozyten (reif, nicht reaktiv)



großer, granulärer Lymphozyt

**Die Bewegung des Blutes**

Das Blut wird im Körper durch mehrere Faktoren bewegt.

Würde das Herz das Blut alleine bewegen, also wäre es eine Pumpe, und müsste es das Blut durch die engen Kapillaren pressen, die den größten Widerstand darstellen, so müsste eine Kraft wirken, die vergleichbar ist mit der Energie, die wir benötigen um einen Güterzug anzuheben. Denn die Kapillaren haben einen kleineren Querschnitt, als die Blutkörperchen groß sind. Darüber hinaus ist das Blut nicht nur dickflüssig wegen der Blutkörperchen, sondern auch wegen des Eiweißgehaltes: es ist zähflüssig, gallerig oder kolloidal. Schon Wasser ohne Beimengungen durch ein so umfangreiches Netz dünn-

ster Gefäße zu pressen würde mehr Kraft erfordern, als das kleine (faustgroße) Herz aufbringen könnte.

Das Herz bewegt das Blut nur in den großen Gefäßen, in denen es alleine nicht fließen kann. Außerdem regelt es, dass immer etwa genauso viel Blut vom rechten Herz in die Lunge fließt, wie vom linken Herz in den Körper, dass also ein Gleichgewicht zwischen dem „kleinen“ und dem „großen“ Kreislauf besteht. Denn würde pro Herzschlag nur 1 ml mehr in die Lunge fließen, als in den Körper, so wären das bei durchschnittlich 72 Schlägen pro Minute 72 ml und bereits nach 5 Minuten 360 ml, was zum Tode durch Erstickten führen müsste. Das Herz ist also in erster Linie ein Gleichgewichtsorgan und Regulator für den Blutbedarf in den großen Gefäßen.

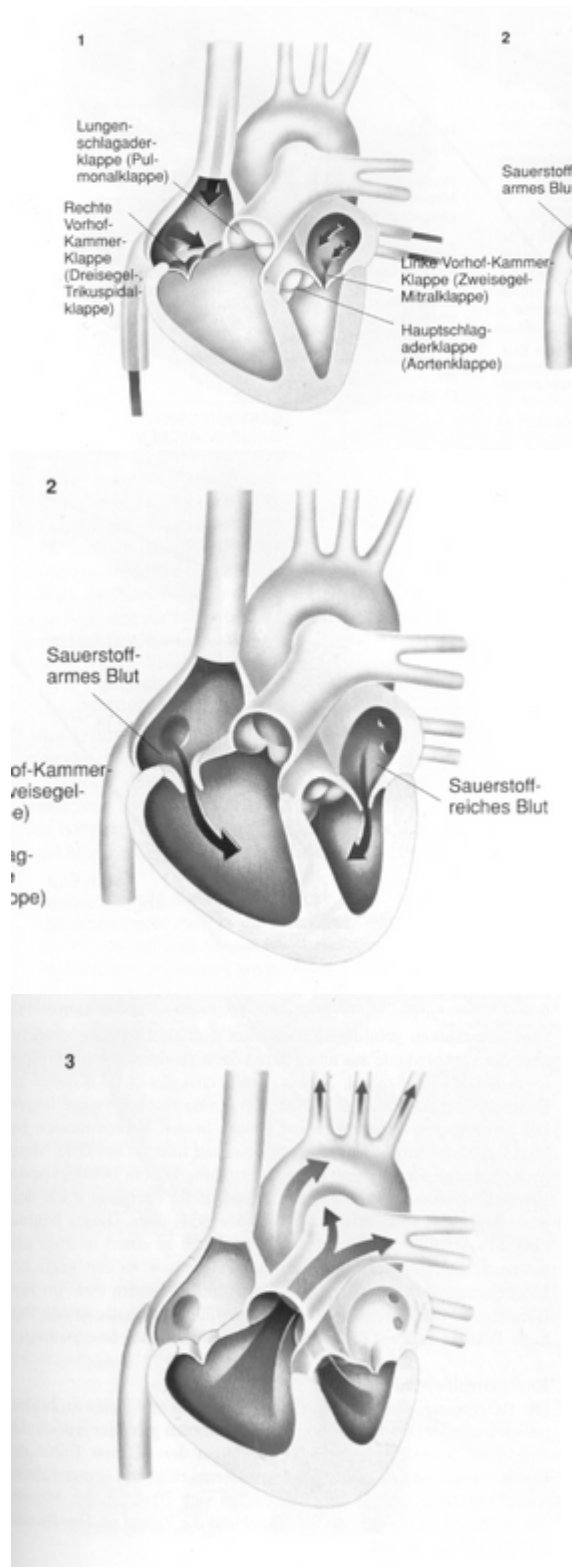
Bis in die Kapillaren gelangt der Druck, der als Pulsquelle in den großen Gefäßen verläuft, als nicht mehr pulsierender gleichmäßiger Druck geringerer Höhe an. Würde das Herz das Blut hier durch die Kapillaren „pumpen“, müsste er vor diesem Widerstand anwachsen, so wie ein Fluss wenn er vor einem Widerstand sich staut, hier seinen Druck steigert. Das ist nicht der Fall! Durch die Elastizität der großen Gefäße lässt der Druck zur Peripherie hin nach, obwohl der Widerstand wächst.

Durch den verbliebenen Druck tritt Flüssigkeit aus den Kapillaren aus, denn diese sind durchlässig für Flüssigkeiten, aber nicht für Blutzellen und die großen Eiweißmoleküle, wohl nimmt die austretende Flüssigkeit Spurenelemente, Nährstoffe etc. mit. Jetzt sinkt der Druck auf Null und das Blut ist noch dicker und noch zähfließender. Eigentlich müsste da Blut hier stehen bleiben! Dann wären wir tot.

Was das Blut jetzt bewegt, wissen wir nicht.

Aber dass jetzt der „kolloidosmotische Druck“ einsetzt, wissen wir. Ob das alles erklärt, ist zu bezweifeln.

Der kolloidosmotische Druck wirkt da, wo eine Membran, also Kapillarwand durchlässig für Wasser ist, aber nicht für Kolloide (hier Eiweiße, gelartige Stoffe, die nicht gelöst sind, aber das Wasser galertig machen). Im Blutgefäß sind nun Kolloide in wenig Flüssigkeit, um das Gefäß herum



sind wenig Kolloide in die Flüssigkeit. Dieses Konzentrationsgefälle wird in einem lebendigen System ausgeglichen. Nur zum Ausgleich können keine Kolloide aus der Gefäßwand heraus, aber es kann Wasser zurück in das Gefäß! Indem das geschieht, fließt das Blut nicht zurück in das Hochdruckgebiet des arteriellen Schenkels der Kapillare sondern in das Gebiet geringeren Drucks des venösen Schenkels. Ähnliche kolloidosmotische Beobachtungen können wir machen, wenn wir Rosinen in nicht gezuckertes Wasser legen und sie nicht ihren Zucker in das Wasser abgeben, sondern der Zucker, der nicht durch die Membran hindurch kann, „zieht“ das Wasser in die Rosine herein – und sie schwillt an! Denn auch hier haben wir innerhalb der Membran viel Zucker und wenig Wasser, aber außerhalb viel Wasser und wenig Zucker. Das bleibt nicht gleich, sondern es wird ausgeglichen. Auch im Regen platzen die Kirschen aus dem selben Grund.

Hier trägt der kolloidosmotische Druck dazu bei, dass sich das Blut in den Kapillaren „von alleine“ bewegt, dazu können Abfallstoffe aus dem Gewebe in das venöse Blut eintreten und so das Gewebe drainieren.

Dieses Membranprinzip ist ein fundamentaler Tatbestand in allen lebendigen Systemen und jedes Organ arbeitet damit. Hier dient es der Ernährung des Gewebes, der Drainage und dem Gasaustausch, aber auch der „kapillaren Strömung“, ohne die das Blut hier aufhören würde zu fließen.

Diese kapillare Strömung, die in einem Baum das Wasser viele Meter hoch bewegt, ist das zweite Bewegungssystem des Blutes.

In den Venen muss nun besonders im Stehen das Blut „von unten“ aus den Beinen bis zum Herzen transportiert werden. Nur vor dem Herzen wird es durch das Herz „angesogen“. In den Beinen, aber auch in den Armen finden wir Venenklappen, die das zurückfließen des Blutes nach unten verhindern, aber das aufwärts fließende Blut nicht hindern. Durch die umgebende Muskulatur werden die Venen bei der Beinbewegung zusammengedrückt – wegen der Venenklappen kann das Blut nicht nach unten fließen, sondern nur nach oben ausweichen. Die nächste Muskelbewegung treibt es weiter nach oben usw.

Die großen inneren Venen liegen zudem direkt neben der Arterie, deren Ausdehnung bei der Pulswelle wiederum die Venen zusammendrückt und so das venöse Blut Richtung Herz bewegen.

Somit haben wir vier Bewegungsarten des Blutes:

Das Herz bewegt das Blut bis in den kapillaren Bereich hinein.

In den Kapillaren setzt die kapillare Strömung ein

In den Venen wird das Blut von außen bewegt

Vor dem Herzen wird es vom rechten Herzen angesaugt.

Eine Ausnahme bildet das Pfortadersystem, in dem das Blut sich ohne Herz und Muskeln zwischen den Kapillaren des Darmes und den Kapillaren der Leber „von alleine“ und sinnvoll bewegt ohne dass wir es bis heute erklären könnten.

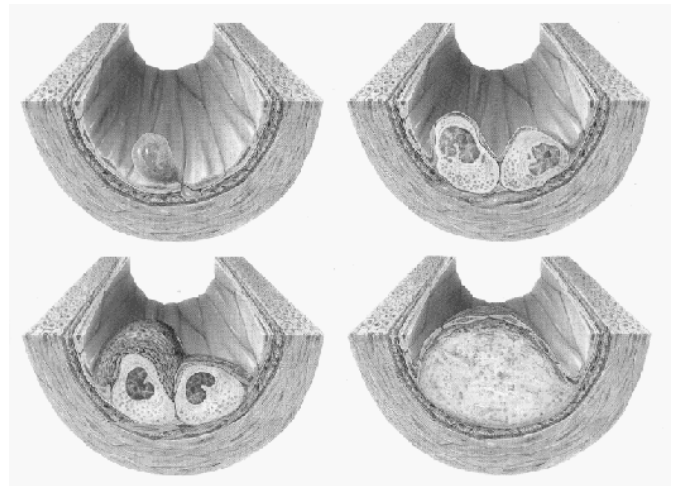
Die Blutbewegung ist nicht mechanisch zu denken. Es ist eine Besonderheit des Lebens, dass sinnvoll mehrere Funktionen zusammenwirken (Ernährung, Drainage, Gasaustausch) und das durch Strömung passiert an dünnen Membranen entlang, die diese Strömung erst möglich machen. Dass diese vier Bewegungsimpulse ineinandergreifend so zusammenwirken, dass das alles klappt, ist ein Wunder und noch keinesfalls alles erklärt. Keine Intelligenz von Mechanikern, Ingenieuren oder Strömungswissenschaftlern könnte das Hervorbringen. Such is life!

Dass das Kreislaufsystem mehr kann, offen ist, sich verströmt in die Peripherie und in den Lymphbahnen auch noch fließt, macht nur alle wunderbarer und staunenswerter. Wer das begreift, hat einen Nobelpreis sicher!

### Kreislaufregulation

Das Herz bestimmt im arteriellen Teil den Blutfluss durch drei Stellgrößen: Durch Druck, Frequenz und Schlagvolumen, also durch die Bestimmung, wie viel Blutvolumen pro Herzschlag durch da Herz schlägt. Der gesunde Kreislauf regelt sich durch alle drei Größen gleichzeitig. Aber wenn der Kreislauf nicht gut reguliert wird, wählt da Herz oft nur noch eine Stellgröße. Wenn es der Druck ist, entsteht ein hoher Blutdruck (Hypertonie), wenn es die Frequenz ist, entsteht ein zu schneller Herzschlag (Tachycardie) oder eine Rhythmusstörung (Arrhythmie). Wenn es das Schlagvolumen ist, spüren wir jeden Herzschlag als Herzklopfen, weil das gefülltere Herz von innen an die Brustwand schlägt. Kombinationen sind möglich. Ferner kann da Herz zu schwach geworden sein und das Blut staut sich vor dem Herzen (Herzinsuffizienz).

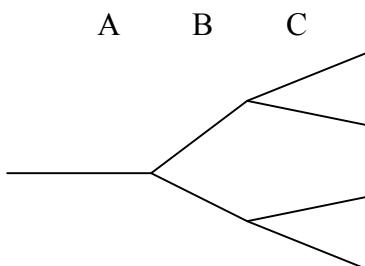
Beim hohen Blutdruck werden die Blutgefäße belastet, woraufhin sie sich muskulär anspannen. Das macht sie weniger elastisch, so dass der Druck sich stärker in die Peripherie fortsetzt. Dort müssten die kleine Blutgefäße zerplatzen. Damit das nicht geschieht, verdicken sie sich. Dann aber findet der Austausch von Gasen, Nährstoffen, Abfall etc. nicht mehr ausreichend statt und die Organe werden nur noch vermindert versorgt. Durch die Engstellung der Gefäße verändert sich ihre Oberfläche – zusammen mit dem erhöhten Druck können sich nun Fette in die Gefäßwand einlagern, da Gefäß verengen und dazu führen, dass Kalk sich einlagert. Die Engstellung und Verhärtung, die zunächst ein Schutz vor dem Druck war, ist nun unumkehrbar, die Folgen für die Organe sind dauerhaft. Sind die Gefäße einmal eng, so besteht allein schon deshalb ein hoher Blutdruck fort. As verkürzt in der Regel die Lebenszeit, weswegen wir das biologische Alter nach dem Zustand der Blutgefäße bestimmen.



### Herzinfarkt und Schlaganfall

An zwei Organen ist die Gefäßverengung besonders konsequenzenreich. Während in den meisten Organen die Blutgefäße „anastomisieren“, also miteinander in Verbindung stehen, gilt dies nicht für Herz und Gehirn. Anastomose bedeutet, dass z.B. im Darm die Arterien miteinander verbunden sind. Fällt eine aus, so kann derselbe Gewebsbezirk durch eine andere Arterie versorgt werden, weil die Gefäße ineinander übergehen. Im Herz und im Gehirn ist das nicht so. Eine Arterie versorgt immer nur ein Gebiet und ist nicht verbundenen mit anderen Gefäßen. Fällt dieses Gefäß aus (durch Verschluss), so ist das Gewebe, da durch dieses Gefäß

versorgt wurde, völlig ohne Blutversorgung und stirbt unwiederbringlich ab (Infarkt). Gefäße verzweigen sich. Ist das Gefäß „A“ verschlossen, so ist das ganze Gewebe zerstört. Verschließt sich eines der Beiden Gefäße unter „B“, so stirbt nur die Hälfte des Gewebes ab. Verschließt sich eines der vier Gefäße unter „C“, so ist nur eine Teilregion, nämlich die, die von dem Gefäß versorgt wurde, betroffen. So kann es kleine, unbemerkte, mittlere und große Infarkte geben, wobei die großen nicht überlebt werden.



Oft aber ist die Stelle nur Eng, aber durchlässig. Nur bei großer Leistung des Herzens ist der O<sub>2</sub>-Bedarf mitunter größer, als durch die Enge hindurch kann. Dann ist der O<sub>2</sub>-mangel nur vorübergehend und das Gewebe stirbt nicht ab. Das ist dann die Angina pectoris, die sehr wehtun kann, auch oft ein Vorbote eines späteren Infarktes ist, aber da Gewebe überlebt. Es kann auch sein, dass die Stelle eng ist, aber genügend Blut unter Normalbedingungen hindurch kann. Nur beim Blutdruckabfall reicht es nicht aus. Das ist oft in der Nacht, nach dem Stuhlgang oder nach dem Koitus so. Ist dies anhaltend, so kann es zu dem berühmten nächtlichen Herztod oder dem nächtlichem Schlaganfall kommen, dem Toiletten- oder Liebestod.

Der Herzinfarkt wurde Anfang des 20. Jahrhunderts in den Lehrbüchern der Inneren Medizin noch nicht erwähnt. Es wird ihn gegeben haben, aber war nicht so bekannt, demnach wohl auch selten. Heute ist er Todesursache Nr. 1!

Die Erkrankungen der Gefäße sind zu unserem Hauptproblem geworden. Auslöser sind:

- Hoher Blutdruck
- Stress
- Nahrungsüberangebot mit Übergewicht
- Bewegungsmangel
- Rauchen
- Diabetes
- Cholesterin