



# *Quarks Script*

Script zur WDR-Sendereihe „Quarks & Co“

**WDR FERNSEHEN**

**Blut – Der ganz  
besondere Saft**

# Inhalt

1. Blut – ein vielseitiger Lebenssaft	4
2. Spurensuche im Blut – was Blutwerte verraten	6
3. Lebensnotwendige Blutgerinnung	10
4. Spät entdeckt – der Blutkreislauf	12
5. Was ist Blutdruck?	13
6. Blut ist nicht gleich Blut – Blutgruppen	14
7. Blutspende – ein Lebensretter	16
8. Alternative Kunstblut	18
9. Wenn Blut krank ist – Leukämie	19
10. Die magische Grenze – Bluthirnschranke	21
11. Blutsauger	23
12. Lesetipps, Adressen und weitere Informationen	26
13. Index	27

## Impressum

### Text:

Axel Bach, Heinz Greuling, Judith König,  
Marion Kerstholt, Ismeni Walter

### Koordination:

Heinz Greuling, Judith König

### Redaktion:

Claudia Heiss

### Fachliche Beratung:

Dr. Christof Scheid

Copyright: WDR Juli 2002

Weitere Informationen erhalten sie unter:  
[www.quarks.de](http://www.quarks.de)

### Gestaltung:

Designbureau Kremer & Mahler, Köln

### Bildnachweis:

S. 10 u. 11: Step Ani Motion;

S. 12: AKG;

S. 14 oben: dpa;

S. 21 links: Bernd Turowski,  
Universitätsklinikum Frankfurt;

S. 22: Dr. Hagen von Briesen,

Georg Speyer Haus Frankfurt;

alle anderen Fotos: WDR

### Illustrationen und Grafiken:

Designbureau Kremer & Mahler

Diese Broschüre wurde auf 100 %  
chlorfrei gebleichtem Papier  
gedruckt.



Blut ist ein ganz besonderer  
Saft. Quarks & Co stellt das  
rote Lebenselixier vor.

## Liebe Leserinnen, liebe Leser,

im Vorfeld der Sendung, bei der Produktion des Pressefotos, ereignete sich ein Unfall. Beim Pressefoto wollte ich verdeutlichen, welche Menge Blut im Körper eines erwachsenen Menschen fließt. Das Blutvolumen entspricht etwa sechs Liter. Statt Blut hatten wir rot gefärbte Flüssigkeit in mehrere Behälter abgefüllt. Doch dann, als es soweit war, brach der Tisch zusammen, und die gesamte Flüssigkeit überschwemmte das Fotolabor des Westdeutschen Rundfunks. Erst dann, inmitten dieser großen Pfütze an gefärbtem Wasser wurde mir klar, wie groß unser „flüssiges Organ“ tatsächlich ist.

Es ist ein Wunder, wie dieser besondere Saft, angetrieben vom Herzen, bis in die kleinsten Verästelungen des Gefäßsystems gelangt, und welche Funktionen das Blut übernimmt. Neben der Sauerstoffversorgung, dem Abtransport von Kohlendioxid, der körpereigenen Energieversorgung, fließen auch fein dosierte Hormone und Vitamine. In der Sendung und auch in diesem Quarks & Co-Script beschreiben wir viele faszinierende Aspekte dieses besonderen Saftes, der auch in Ihren Adern fließt.

Viel Spaß beim Lesen,

Ihr Ranga Yogeshwar

# 1

## Blut – ein vielseitiger Lebenssaft

Blut – das macht etwa acht Prozent unseres Körpergewichts aus. Also bei einem Erwachsenen etwa fünf bis sechs Liter. Blut ist per Definition ein Körperorgan. Es ist nicht nur das größte unseres Körpers, sondern hat auch besonders viele Aufgaben zu erledigen: Es transportiert Nährstoffe in alle Organe und fungiert gleichzeitig noch als Abfallsorger, indem es überflüssige Stoffwechselprodukte mitnimmt. Weiter spielt das Blut die Rolle einer Polizei im Körper. Wenn irgendwo etwas nicht stimmt, wird das über den „Blutfunk“ weitergemeldet.

### Thermostat und Polizei

Blut reguliert auch die Temperatur des Körpers. An kalten Tagen werden die Fingerspitzen immer farbloser und kälter, weil sich das Blut aus den fernen Gliedmaßen etwas „zurückzieht“, damit dem Körper nicht zuviel Wärme entzogen wird. Die wichtigste Funktion des Blutes ist sicherlich die Versorgung aller Organe mit Sauerstoff. Für den Sauerstofftransport hat sich bei den Wirbeltieren im Laufe der Evolution ein hervorragendes Transportsystem entwickelt. Das eisenhaltige Hämoglobinmolekül befördert Sauerstoff bis in die kleinsten Kapillaren und nimmt auch zum Teil Kohlendioxid von dort wieder mit.

### Millionen fester Teilchen

Blut sieht zwar flüssig aus, dennoch enthält jeder Liter Milliarden fester Teilchen, die Blutzellen. Flüssig ist nur das Plasma, das 55 % des gesamten Blutes ausmacht und eine große Zahl an Eiweißen, also Proteinen enthält, die für die Blutgerinnung zuständig sind, aber auch eine wesentlich Rolle in der Immunabwehr spielen. An festen Blutbestandteilen sind die roten Blutkörperchen (Erythrozyten), die weißen Blutkörperchen (Leukozyten) und die Blutplättchen (Thrombozyten) enthalten. Die Erythrozyten sind für den Sauerstofftransport zuständig; sie enthalten den roten Blutfarbstoff – das Hämoglobin – daher auch die Farbe.

### Wundermolekül Hämoglobin

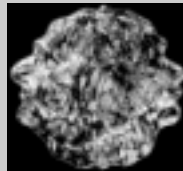
Hämoglobin besteht aus vier umeinander geschwungenen Aminosäureketten, den Globinen. In der Mitte liegt ein Eisenatom. Dieses Eisenatom übt eine starke Anziehungskraft auf Sauerstoff aus. Und es gibt ihn auch leicht wieder ab. Das ist die Besonderheit des Hämoglobins. Frei im Blut zirkulierende Eisenatome würden den Sauerstoff fest binden und ihn normalerweise nicht wieder abgeben. Sauerstoffreiches, arterielles Blut ist hellrot und sauerstoffarmes, venöses Blut dunkelrot.



Erythrozyt

Die **roten Blutkörperchen (Erythrozyten)** sind sehr klein, ein Hundertstel Millimeter groß. Es sind etwa 25–30 Milliarden im Blut des Menschen. Sie befinden sich ungeordnet in den Blutgefäßen und können sich nicht teilen. Die Lebensdauer beträgt 120 Tage. Ihre Zellmembran ist für Wasser und kleinste Stoffe durchlässig. Damit sie mit Sauerstoff beladen werden können, tragen sie den roten Blutfarbstoff Hämoglobin – in seinem Inneren steckt ein Eisenatom. Für die Bildung der roten Blutkörperchen

(im Knochenmark) ist es daher wichtig, dem Körper ausreichend Eisen (10–30 mg pro Tag) zuzuführen: Täglich gehen dem Körper 1 mg Eisen verloren. Während der Menstruation verlieren Frauen sogar noch mehr Eisen.



Monozyt

Die **weißen Blutkörperchen (Leukozyten)** stammen wie die roten aus dem Knochenmark: Täglich entstehen hier 150 Milliarden weiße und 200 Milliarden rote Blutkörperchen aus sogenannten Stammzellen. Leukozyten

kommen in verhältnismäßig geringer Zahl vor (5000–10000 pro ml Blut). Wenn allerdings im Körper eine Infektion tobt, steigt ihre Zahl rapide an. Man unterscheidet je nach Aufgabe verschiedene Typen: Lymphozyten, Granulozyten, Monozyten (Makrophagen), Plasmazellen und Megakaryozyten. Jeder Typ ist für einen bestimmten Fremdkörper zuständig – und vernichtet ihn mit schlagkräftigen Waffen (wie Antikörpern oder auch Fresszellen).

**Blutplättchen (Thrombozyten)** sind farblose Bruchstücke von Knochenmarkzellen. Sie sind die kleinsten Blutkörperchen mit etwa 0,003 mm Durchmesser. Ihre Zahl in 1 mm<sup>3</sup> Blut beträgt 200.000 bis 400.000. Sie sind für die Blutgerinnung wichtig. Diese Blutkörperchen und ihre Vorstufen entstehen vorwiegend im Knochenmark.

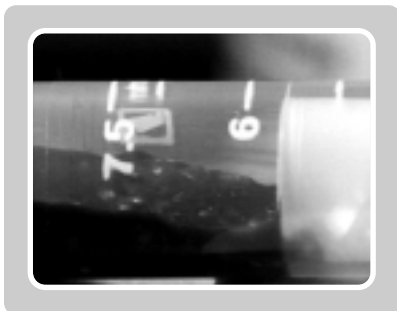
Das **Blutplasma** besteht aus Wasser (90%), Elektrolyten (besonders Natrium, Kalium und Kalzium) und aus Proteinen (6 bis 8 %). Blutproteine sind Albumine, die an der Regulation des Wasserhaushaltes beteiligt sind, Globuline, die Antikörper enthalten, und Fibrinogen, das für die Blutgerinnung verantwortlich ist.



Thrombozyt

## 2 Spurensuche im Blut – was Blutwerte verraten

Im Körper findet ein permanenter Stoffwechsel statt, ein ständiger Auf- und Abbau von Zellen, Hormonen, Nährstoffen und vielen anderen Substanzen. Das Blut steht mit allen Organen unmittelbar in Kontakt und im Austausch. Deswegen sind Blutwerte so etwas wie der Spiegel des momentanen Zustandes eines Körpers und damit ein guter Anzeiger von eventuellen Krankheiten.



Aus nur wenigen Millilitern Blut lesen Labor-mediziner den Gesundheitszustand ab

### Kleines Blutbild

Ist einem Arzt unklar, woran der Patient konkret erkrankt ist, kann eine Blutprobe neben dem Gespräch und der körperlichen Untersuchung Aufschluss über die Krankheit geben. Im Blut können Krankheiten schon sichtbar werden, lange bevor erste Symptome auftauchen. Eine Blutprobe kann auch einen unmerklich gebliebenen Herzinfarkt noch dann nachweisen, wenn das EKG längst wieder Normalwerte anzeigt. Denn durch einen Herzinfarkt wird vermehrt das Enzym Creatinkinase und seine herzspezifische Komponente – die CK-MB – im Blut nachgewiesen – normalerweise

kommt das Enzym in der Muskulatur vor, aber im Blut nur in Spuren. Blutuntersuchung ist aber nicht gleich Blutuntersuchung. Bei einem Routine-check will der Arzt nur einen allgemeinen Zustand des Körpers im Blut ablesen. Dazu erstellt er ein Blutbild, bei dem Zahl, Größe und Form der roten und weißen Blutkörperchen und der Blutplättchen bestimmt werden. Ebenso der Volumenanteil der roten Blutkörperchen – der Hämatokrit – am Blutvolumen. Sind zu wenige rote Blutkörperchen vorhanden, handelt es sich um eine Blutarmut. Die Folge ist eine Unterversorgung des Körpers mit Sauerstoff.

### Das verraten die weißen Blutkörperchen

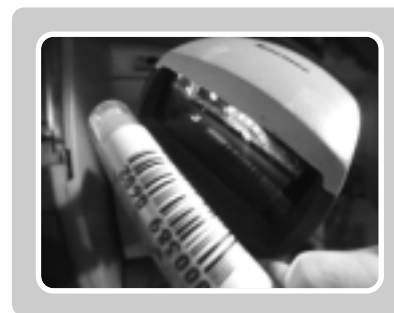
Im sogenannten Differenzialblutbild, das in der Regel erst bei Verdacht auf eine vorliegende Entzündung erstellt wird, werden nur die verschiedenen weißen Blutzellen gezählt. Es gibt mehrere Typen dieser Abwehrzellen: Alle zusammen gehören sie zur Gruppe der Leukozyten (Granulozyten, Lymphozyten und Monozyten). Das Mengenverhältnis der einzelnen Abwehrzellen zueinander lässt eine Aussage über eine mögliche Entzündung zu. Grund für den Rückgang der weißen Blutkörperchen kann u. a. eine Immunschwäche sein. Ursachen können aber auch gewisse Virusinfektionen, Tumore oder Medikamente sein. Ein Anstieg deutet auf eine Infektion mit Bakterien oder andere Erkrankungen hin. Durch die Kontrolle der weißen Blutkörperchen kann der Arzt darüber hinaus die Entwicklung einer Krankheit verfolgen und seine Behandlung besser anpassen.

### Cholesterin, aber auch Leberenzyme messbar

Zu einer Routineuntersuchung gehören auch die Bestimmung von Blutzucker, Blutfetten (HDL-Cholesterin – das „gute“ Cholesterin und LDL-Cholesterin – das „böse“ Cholesterin, und Triglyceride) sowie Stoffwechselprodukten wie Harnsäure. Harnsäure entsteht beim Abbau von Purinen – Eiweißen, die aus tierischen Nahrungsmitteln stammen (vor allem Fleisch und Wurst). Ein erhöhter Harnsäurespiegel kann langfristig Gicht auslösen, das heißt: Vornehmlich in den Gelenken lagern sich Harnsäurekristalle ab und führen zu den typischen Beschwerden.

Auch die Bestimmung der Leberwerte zählt zur Routineuntersuchung: Leberenzyme wie die Gamma-Glutamyl-Transferase (Gamma GT). Dieses Enzym sitzt bei einem gesunden Menschen auf der Zelloberfläche von Leber, Nieren und Bauchspeicheldrüse.

Wenn dieses Enzym verstärkt im Blut auftritt, ist das ein Hinweis auf eine Leber-Gallen-Erkrankung. Aber auch nach einem Herzinfarkt steigt die Gamma GT an. Ein Arzt muss also immer mehrere



Früher wurden die Blutzellen unter dem Mikroskop gezählt, heute geht das automatisch

Blutwerte betrachten und miteinander vergleichen, bevor er eine Diagnose stellen kann.

### Im Verdachtsfall

Anders als bei einer Routine-Vorsorge-Untersuchung sucht der Arzt bei einer gezielten Blutanalyse nach einer verdächtigen Substanz. Etwa 2000 solcher Spezialuntersuchungen sind möglich. Das heißt, Enzyme, Hormone, spezielle Eiweiß- oder Zuckerverbindungen, nach denen die Laborärzte ganz gezielt suchen, helfen dann bei der Entdeckung einer Krankheit. Als Referenz für ihre Messungen gibt es zwar immer sogenannte Normalwerte. Diese Werte gelten aber niemals absolut, denn jeder Mensch unterscheidet sich von einem anderen auch in den Blutwerten teilweise beträchtlich. Während sich der eine mit seinen laut Normalwerten eher „schlechten“ Blutwerten völlig fit fühlt, hat der andere mit „guten“ Werten vielleicht das Gefühl krank zu sein. Dennoch ist die Sprache des Blutes ein wichtiges Kriterium für die ärztliche Diagnose. Es kann aber kein alleiniges Kriterium sein, denn viel zu schnell verändern sich die Blutwerte. Zudem sind sie von vielen Faktoren abhängig wie Geschlecht, Alter, Ernährung, Alkoholkonsum, Tageszeit, Fitness usw.

Wer eine Blutanalyse machen lässt, bekommt einen Ausdruck, auf dem zahlreiche Kürzel und Zahlen stehen. Der Arzt erläutert vielleicht den ein oder anderen Wert, hat aber meist nicht die Zeit, alle Werte zu erklären. Im folgenden finden Sie die wichtigsten zusammengestellt.

Befundbericht					
Vielen Dank für Ihre Überweisung, wir haben folgende Befunde erhoben:					
Name	Lab-Nr.	Datum/Zeitraum	Ungelagertes/Typik		
MUSTERMANN GRETEL	12.07.1968	ADK	05.06.02/020023590		
Fat-Nr.: 0200023590	KOL-Befund	Resultat	Einheit	Ref-werte	M
Klinische Angaben:		keine			
Blut-GSTA					

Befundbericht  
vom: 05.06.2002 13.52

Kürzel	Das bedeutet es	Normaler Befund bei Männern bei Frauen	
Leu	<b>Leukozyten:</b> weiße Blutkörperchen	siehe NEUT, LYMP, MONO, EOS, BASO	
Ery	<b>Erythrozyten:</b> rote Blutkörperchen	4,4-6,3	4,2-5,5 Mio/mm <sup>3</sup>
HB	<b>Hämoglobin:</b> roter Blutfarbstoff der roten Blutkörperchen	13-18	11-16 g/dl
HKT	<b>Hämatokrit:</b> Volumen-Verhältnis der roten Blutkörperchen zum Blutvolumen	40-54	37-47 Vol.-%
MCV	<b>Mittleres korpuskuläres Volumen der Erythrozyten:</b> Volumen der roten Blutkörperchen: Abweichungen nach oben: Verdacht auf einen Folsäure/Vitamin-B-12-Mangel. Bei Abweichungen nach unten.evtl. Eisenmangel	80-96	80-96 fl
MCH	<b>Mittlerer zellulärer Hämoglobingehalt des Erythrozyten:</b> durchschnittlicher Gehalt an rotem Blutfarbstoff in den roten Blutkörperchen	28-32	28-32 pg
TRO	<b>Thrombozyten</b> Blutplättchen:Sie leiten die erste Phase der Gerinnung z.B.bei Gefäßverletzungen ein.	140-400	140-400 /nl
NEUT	<b>Neutrophile Granulozyten:</b> weiße Blutkörperchen;weisen bei Erhöhung auf eine bakterielle Infektion hin.	42.2-75.2	42.2-75.2 %
LYMP	<b>Lymphozyten:</b> weiße Blutkörperchen,weisen bei Erhöhung auf einevirale Infektion hin.	20.5-51.1	20.5-51.1 %
MONO	<b>Monozyten:</b> weiße Blutkörperchen,weisen allgemein auf eine Infektion hin.	2.0-14	2.0-14 %
EOS	<b>Eosinophile Granulozyten:</b> weiße Blutkörperchen; sind bei Allergikern und Wurmerkrankungen stark erhöht.	0.0-7.0	0.0-7.0 %
BASO	<b>Basophile Granulozyten:</b> weiße Blutkörperchen; Bedeutung noch unbekannt	0.0-2.0	0.0-2.0 %
CK <sup>37</sup> CE	<b>Creatinkinase (Gesamt):</b> Enzym im Muskel; erhöht bei starker Beanspruchung	10-80	10-70 U/L
CK-MB	<b>Creatinkinase (Herz):</b> Enzym im Herzmuskel;erhöht bei Verdacht auf Herzinfarkt	Unter 10	Unter 10 U/L
GOT=AST	<b>Aspartat-Amino-Transferase:</b> Enzym, erhöht bei Erkrankung der Leber sowie der roten Blutkörperchen	6-19	6-15 U/L
GPT=ALT	<b>Alanin-Aminotransferase:</b> Enzym, erhöht bei Leberentzündung (Hepatitis)	4-23	4-19 U/L

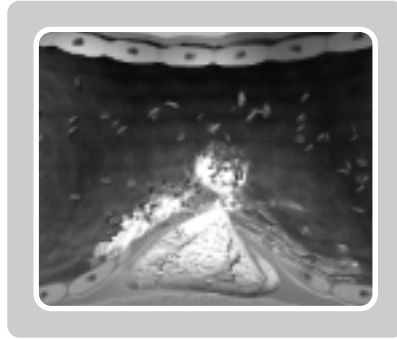
Kürzel	Das bedeutet es	Normaler Befund bei Männern bei Frauen	
GGT	<b>Gamma-GT:</b> Enzym,erhöht bei Erkrankung der Gallenwege, (z.B.Gallensteine) oder übermäßigem Alkoholgenuß.	6-28	4-18 U/L
AP	<b>Alkalische Phosphatase:</b> Enzym, erhöht bei Erkrankungen von Leber, Knochen oder Darm.	70-175	50-147 U/L
LDH	<b>Laktatdehydrogenase;</b> Enzym, erhöht bei Erkrankungen von Herz, roten Blutkörperchen oder Leber	240-480	240-480 U/L
GLN	<b>Glukose:</b> Blutzucker: stark erhöht bei Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus)	75-115	75-115 mg/dl
TRG	<b>Triglyceride:</b> Neutralfette, erhöht bei Störung des Fettstoffwechsels	35-172	35-172 mg/dl
CHOL	<b>Cholesterin:</b> Substanz des Fettstoffwechsels	130-200	130-200 mg/dl
HDL	<b>High-density-lipoprotein-Cholesterin:</b> „gutes“Cholesterin: je höher der Wert, umso mehr Schutz vor arteriosklerotischen Erkrankung.	>35	>45 mg/dl
LDL	<b>Low-density-lipoprotein-Cholesterin:</b> „schlechtes“Cholesterin: Je höher der Wert, umso größer das Risiko einer arteriosklerotische Erkrankung.	<150	<150 mg/dl
LDL/HDL	<b>LDL/HDL Quotient:</b> Der Quotient zeigt das Verhältnis zwischen „schlechtem“ LDL-und „gutem“ HDL-Cholesterin an: Je niedriger das Verhältnis,umso gesünder der Fettstoffwechsel	<3	<3
VLDL	<b>Very-Low-density-Cholesterin:</b> Fettpartikel;wichtig für bestimmte Fettstoffwechselstörungen	5-35	5-35 mg/dl
HS	<b>Harnsäure:</b> Abfallprodukt aus dem Eiweißstoffwechsel: erhöhter Wert deutet auf Gicht.	<7	<5,7 mg/dl
HAST	<b>Harnstoff:</b> Produkt aus dem Eiweißabbau: wichtig zur Beurteilung der Nierenfunktion	10-50	10-50 mg/dl
CR	<b>Creatinin:</b> Abfallprodukt aus dem Muskelstoffwechsel:wichtiger Blutwert zur Beurteilung der Nierenfunktion	<1,2	<0,9 mg/dl
NA	<b>Natrium:</b> Mineral für die Erregungsleitung von Zellen: lässt Rückschlüsse auf die Wasserversorgung des Körpers zu.	132-148	132-148 mmol/l
K	<b>Kalium:</b> Mineral für die Erregungsleitung: zu niedrige und zu hohe Kaliumwerte müssen dringend abgeklärt werden.	3,5-5,1	3,5-5,1 mmol/l
CA	<b>Calcium:</b> Mineral; zu niedriger Wert führt zu Verkrampfungen.	2,2-2,7	2,2-2,7 mmol/l
T <sub>3</sub> F	<b>T<sub>3</sub> freies:</b> Schilddrüsenhormon,das aktiv in den Stoffwechsel eingreift; zeigt eine Über-oder Unterfunktion der Schilddrüse an.	2,3-4,2	2,3-4,2 ng/L
T <sub>4</sub> F	<b>T<sub>4</sub> freies:</b> Speicherform des Schilddrüsenhormons; zeigt Über-oder Unterfunktion der Schilddrüse an.	8-15	8-15 ng/L
TSH	<b>Thyroid stimulating hormone (dt.Thyreotropin):</b> Hormon der Hirnanhangsdrüse; zeigt Über-oder Unterfunktion der Schilddrüse an.	0,3-4,0	0,3-4,0 mU/ml

# 3

## Lebensnotwendige Blutgerinnung

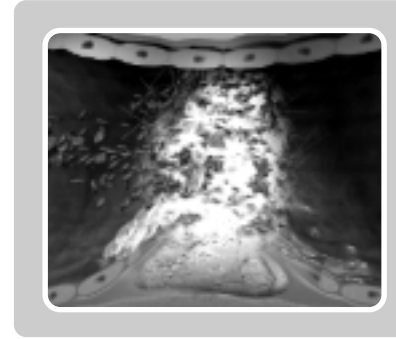
Blut fließt durch Arterien und Venen. Doch ist ein Blutgefäß verletzt, gerinnt das Blut an der Wunde: Es bildet sich gewissermaßen ein Pfropf. Gäbe es diese Blutstillung – Hämostase – nicht, hätte dann schon die kleinste Wunde tödliche Folgen: Man würde verbluten. Im Inneren der Gefäße darf Blut dagegen niemals dickflüssig werden, sonst wäre die Versorgung jedes Organs gefährdet. Schon das kleinste Zuviel des Blutgerinnungsstoffs Thrombin könnte zu einem Verschluss der Arterien führen – der letztlich einen Herzinfarkt oder Schlaganfall auslösen kann. Die Blutgerinnung ist also ein komplexes Regulationssystem.

dieses Leck verändern sich die Zellwände nach biophysikalischen Gesetzen. Die in der gesunden Zelle ins Zellinnere gerichteten, elektrisch negativ geladenen Membraninnenseiten zeigen dann auf einmal nach außen. Das ist das Startsignal für die Blutgerinnungskette.



Wenn ein Blutgefäß verletzt wird, bildet sich ein Netz von Fibrinfäden – ein Wundpfropf entsteht.

Lebensbedrohlich wird es bei Blutern nicht nur bei äußeren Verletzungen, auch spontan können in den Gelenken und der Muskulatur Blutungen auftreten. Dies schädigt langfristig die Gelenk erheblich.



Ein Blutgerinnsel in der Blutbahn heißt Thrombus. Er kann sich von der Wand ablösen und in der Blutbahn mitschwimmen, sich schlimmstenfalls an einer engen Stelle festsetzen und das Gefäß verschließen.

## Schädliche Gerinnung – Thrombose

So wichtig die Blutgerinnung bei Verletzungen ist, so schädlich kann sie aber sein, wenn sie nicht gewollt auftritt. Eine Thrombose ist so ein Fall. Dabei kommt es im Inneren der Blutgefäße zu Gerinnseln, die zu einem dicken Pfropfen im Gefäß und sogar zum Verschluss eines Gefäßes führen können. Wenn sich ein Blutgerinnsel löst und in der Blutbahn mitschwimmt, kann es eine Lungenembolie, einen Herzinfarkt oder einen Schlaganfall auslösen. Die Ursache für die einsetzende Gerinnung in den Gefäßen ist nicht hundertprozentig geklärt. Aber es wird irgendwo die Gefäßwand geschädigt – ausgelöst durch Entzündungsreaktionen (die eine mögliche Folge von Fettablagerungen aber auch die Folge einer bakteriellen Entzündung sein können). Es kommt zu einer Wundverschlussreaktion wie bei einer äußeren Verletzung. Der Pfropfen kann dann in den Blutstrom gelangen und an engen Gefäßen zum kompletten Verschluss führen.

## Kettenreaktion Wundverschluss

Thrombin – der Gerinnungsstoff – hat so etwas wie eine Schlüsselfunktion bei der Blutgerinnung. Das Enzym macht aus Fibrinogen Fibrin: ein Faserprotein, das an Wunden abgelagert wird und dabei andere Blutbestandteile einschließt. Thrombin wird erst dann in den Blutplättchen (Thrombozyten) gebildet, wenn Gewebeschäden verschiedene Reaktionen im Blut in Gang setzen. Die Blutgerinnung ist ein Zusammenspiel vieler verschiedener Enzyme, eine sogenannte gerichtete Enzymkette, bei der aus unwirksamen Enzymvorstufen wirksame Enzyme werden.

## Wenn das Blut nicht gerinnt – die Bluterkrankheit

Wenn nur ein einziger Faktor in dieser Kettenreaktion nicht, zuwenig oder zuviel gebildet wird, gerinnt das Blut nicht mehr. Bei der Bluterkrankheit – Hämophilie – beispielsweise kann schon eine winzige Verletzung zum Verbluten führen: nur, weil ein einziger Faktor nicht gebildet werden kann. Je nachdem, welcher Gerinnungsfaktor fehlt, unterscheidet man Hämophilie A und Hämophilie B. Beide Krankheiten gehen zurück auf einen genetischen Defekt auf dem X-Chromosom. Darum leiden auch überwiegend Männer an der Bluterkrankheit: Sie haben ja nur ein X-Chromosom. Bei Frauen (mit zwei X-Chromosomen) bricht die Krankheit nur dann aus, wenn beide Elternteile ein krankes X-Chromosom weitergeben. Meistens wird aber bei Frauen das kranke durch ein gesundes X-Chromosom ausgeglichen.

## Leck geschlagen

Die ganze Enzymkaskade kommt im Normalfall nur dann ins Rollen, wenn irgendwo ein Blutgefäß verletzt ist. Konkret heißt das: Die Zellen der Gefäßwand sind beschädigt. Durch

## Segensreiche Medizin

Seit 1963 können Bluter behandelt werden. Sie bekommen den fehlenden Faktor als Gerinnungsfaktorkonzentrat verabreicht. Die Gerinnungsfaktoren werden zum überwiegenden Teil aus menschlichem Blutplasma gewonnen, können aber auch gentechnisch hergestellt werden. Seitdem haben viele Hämophiliekranken eine deutlich längere Lebenserwartung. Aber in einigen Fällen kann es zu Komplikationen kommen, weil das Immunsystem den verabreichten Gerinnungsfaktor als fremd erkennt und Antikörper dagegen entwickelt. Noch vor einigen Jahren haben sich darüber hinaus viele Patienten über diese Blutspendeprodukte mit HIV oder Hepatitis infiziert.

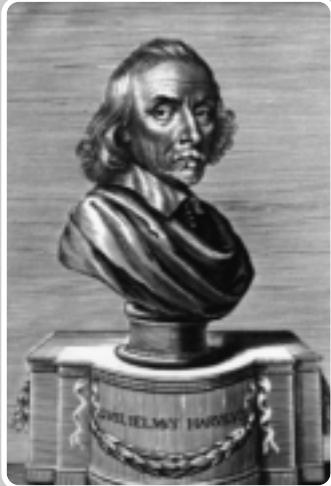
## Aspirin macht das Blut dünner

Die wirksamste Therapie ist Vorbeugen: Viel Bewegung hilft vor allem den Beinvenen, kleine Gerinnsel schneller abzutransportieren. Aber auch Medikamente können den Gerinnungsprozess hemmen. Das bekannteste Mittel zum Vorbeugen ist Aspirin. Der Wirkstoff Acetylsalicylsäure hemmt die Blutplättchenbildung und hält das Blut damit dünnflüssiger. Heparin dagegen erhalten Patienten, die beispielsweise im Krankenhaus lange liegen müssen. Auch dieses Medikament soll Thrombose vorbeugen. Heparin steigert die Aktivität von Antithrombin, dem Gegenspieler von Thrombin, um bis das zehnfache, so dass die Thrombinkonzentration niedrig gehalten wird.

## 4

Spät entdeckt –  
der Blutkreislauf

Mal Hand aufs Herz — wenn wir Eins ganz sicher über Blut und Herz zu wissen glauben, dann doch wohl: Das Herz ist ein Muskel und pumpt das Blut in einem Kreislauf durch unseren Körper. Aber das wussten die Ärzte nicht immer — die Erkenntnis ist erst knapp vierhundert Jahre alt. Es musste ein Leibarzt des englischen Königs kommen, William Harvey und mit dem Muff aufräumen. Er schrieb Medizingeschichte ...



Der Leibarzt des englischen Königs:  
Sir William Harvey (1578–1657)

Sein Buch *De Motu Cordis* (Von der Bewegung des Herzens) veröffentlichte er sehr spät, 1628, da er zu Recht einen „Karriereknick“ befürchten musste. Es revolutionierte die Physiologie und gehört zu den wichtigsten medizinischen Schriften. Seine Laufbahn als Arzt war äußerst erfolgreich; gekrönt wurden seine Verdienste, als er 1618 zum

Leibarzt des englischen Königs ernannt wurde (James I. und später Charles I.).

Damals waren noch die Lehren des Griechen Galen das Standardwissen, das Mediziner vom Menschen hatten. Galen (130–200 nach Christus) glaubte, das Blut würde in der Leber erzeugt, vermische sich dort mit den Nährstoffen, die man beim Essen zu sich nahm. Wie von selbst sickere dieses Blut zum Herzen, um dort mit dem „Geist der Luft“ belebt zu werden – dem *spiritus vitalis* (Lebensgeist). So verlebendigt pulse es dann von der rechten in die linke Herzkammer und von dort ins Gehirn und in den ganzen Körper. Dort versickere es dann. Keine Spur von Blutkreislauf und – vom Herzen als Muskelpumpe wusste man nichts. Was pulste, sei nicht das Herz, sondern das lebendige Blut.

Harvey experimentierte an lebenden Tieren (und an den Unterarmen des Menschen), denen er die Blutgefäße abschnürte. Dabei stellte er fest: Das Blut strömt vom Herzen weg durch die Arterien und zum Herzen zurück durch die Venen. Die Klappen in den größeren Venen steuern den Rückfluss des Blutes zum Herzen. Harvey berechnete auch die Blutmenge, die nach der gängigen Auffassung Galens in der Leber an einem Tag produziert werden müsste – und kam auf den achtzigfachen Wert, den ein normaler Mensch wiegt. Soviel Blut müsste pro Tag im Körper versickern – eine Unmöglichkeit. Erst seine Berechnung legten nahe: Das Blut zirkuliert – das Herz fungiert als Pumpe und treibt die Blutzirkulation an.

## 5

## Was ist Blutdruck?

Da das Herz ständig pumpt, entsteht in den Arterien des Körpers ein schwankender Druck. Zieht sich die linke Herzkammer zusammen (Systole), steigt er schnell auf seinen oberen Wert an, erschlafft das Herz (Diastole) sinkt er auf seinen unteren Wert. Der Blutdruck wird daher in zwei Zahlen ausgedrückt (z. B. 120/80). Als Maß dient der Druck, den das spezifische Gewicht von Quecksilber erzeugen würde. Ein Blutdruck von 120 entspricht dem Druck einer 120 Millimeter hohen Quecksilbersäule.

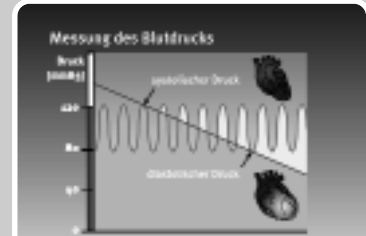
Alte medizinische Meßgeräte arbeiteten noch mit Glasröhren, in denen Quecksilber die Höhe des Blutdruckes anzeigte. Heute werden modernere Geräte verwendet, die Maßeinheit „Millimeter Quecksilber“ wurde aber beibehalten.

Der erste Arzt, der so den Blutdruck bestimmte, war der italienische Arzt Scipione Riva-Rocci – das war immerhin erst 1897. Das Verfahren kennt jeder:



Eine Gummimanschette wird um den Oberarm gelegt und aufgepumpt, bis der Druck höher als der systolische Blutdruck ist – dann kann kein Blut mehr fließen. Jetzt wird der Manschettendruck langsam verkleinert. Sobald der systolische Blutdruck erreicht ist, kann wie-

der etwas Blut strömen. Dabei entstehen Strömungsgeräusche, die mit einem Stethoskop in der Ellenbeuge zu hören sind. Ihr Einsetzen verrät den oberen Blutdruckwert. Sinkt der Manschettendruck weiter, kann das Blut irgendwann wieder ungehindert fließen. Die Geräusche verschwinden – der diastolische Wert ist erreicht.



Der Blutdruck schwankt zwischen einem Maximalwert – wenn sich das Herz zusammenzieht und das Blut in den Körper presst – und einem Minimalwert. Der Arzt hört, bei welchem Druck das Blut den Gegendruck der Manschette überwindet.

Der Blutdruck ist abhängig von der Herzleistung, dem Widerstand der Blutgefäße und dem Blutvolumen. Er sollte bei jungen Erwachsenen etwa 120/80 betragen. Mit steigendem Alter nimmt der Blutdruck bei vielen Menschen zu, bei Personen, die älter als 60 Jahre sind, beträgt er durchschnittlich 150/90. Warum das so ist, leuchtet ein: Mit dem Alter lässt die Elastizität der Arterien nach. Sie können dem Druck nicht mehr so einfach nachgeben.

## 6 Blut ist nicht gleich Blut – Blutgruppen

Schon sehr früh versuchten Ärzte, Blut von Menschen oder Tieren zu übertragen. Ausgedehnte Blutverluste bei Operationen oder Geburten wollten sie mit einer Blutspende behandeln. Nur selten trat aber die erhoffte Wirkung ein. In den meisten Fällen verstarben die Empfänger schon nach wenigen Stunden. Warum diese Blutübertragung nicht funktionierte, war lange Zeit ein Rätsel. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts waren Bluttransfusionen daher in den meisten Ländern untersagt. Der Stadtrat von Paris verbot sie unter Androhung der Todesstrafe.

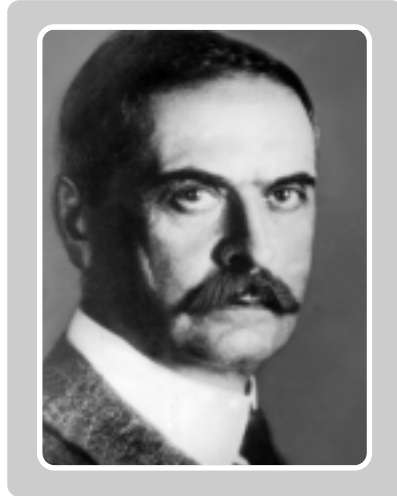


Landsteiners Entdeckung: Blut verklumpt, wenn zwei Blutgruppen nicht verträglich sind

### Landsteiners Entdeckung

Karl Landsteiner (1868–1943) entdeckte im Jahr 1901 das ABO-Blutgruppensystem. Er stellte fest, dass Blut von verschiedenen Spendern zum Teil verklumpt (agglutiniert), wenn man es vermischt. Er stellte Versuche mit seinem Blut und dem von fünf weiteren Kollegen an und entdeckte die Blutgruppen A, B und O. Dabei hatte er das Glück auf seiner Seite, denn die meisten Menschen in Europa

haben die Blutgruppe A oder O und nur 11 Prozent der Bevölkerung besitzen Blutgruppe B.

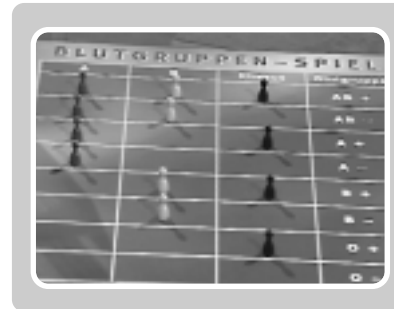


Der österreichische Bakteriologe Karl Landsteiner (1868–1943), der Entdecker des ABO-Blutgruppen-systems

Er veröffentlichte seine Erkenntnisse 1901 in der Arbeit *Über Agglutinationserscheinungen normalen menschlichen Blutes*. Für diese Arbeit erhielt Landsteiner 1930 den Nobelpreis für Medizin. Das neue Wissen über die Blutgruppen revolutionierte die medizinische Praxis, da endlich eine sorgfältige Bestimmung der Blutgruppen möglich war. Dies half auch bei der Behandlung der Verwundeten im ersten Weltkrieg. Trotzdem traten immer noch ungeklärte Probleme bei Bluttransfusionen auf. Die Lösung zu dieser Frage fand Karl Landsteiner 1940 in Experimenten mit Rhesusaffen. Er entdeckte ein weiteres Blutgruppenmerkmal: den Rhesusfaktor.

### Blutgruppen ganz einfach – das Blutgruppenspiel

Das ABO-System der Blutgruppen klingt kompliziert. Man kann es sich aber ganz einfach an unserem Blutgruppenspiel veranschaulichen. Auf den roten Blutkörperchen gibt es drei verschiedene Eiweißsubstanzen. Wir nennen sie der Einfachheit halber A, B und C. C wird jedoch aus historischen Gründen Rhesusfaktor genannt, weil es an

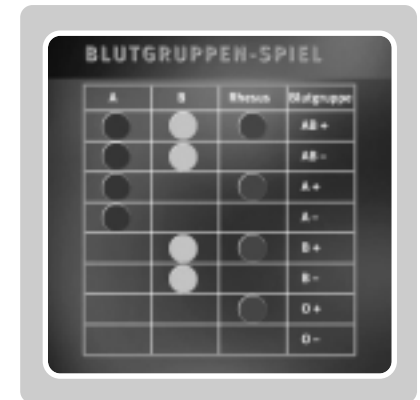


Das Quarks-Blutgruppenspiel

Rhesusaffen entdeckt wurde. Diese drei Eiweiße also legen die Blutgruppe eines Menschen fest. In unserem Blutgruppenspiel haben wir sie mit verschiedenfarbigen Spielfiguren dargestellt. Befinden sich im Blut alle drei Eiweiße/Spielsteine A, B und C, dann hat dieser Mensch die Blutgruppe AB Rhesus positiv. Fehlt aber zum Beispiel der Spielstein B, so hat die Person die Blutgruppe A Rhesus positiv. Unser Blutgruppen-Spiel zeigt sämtliche Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Blutgruppen. Insgesamt gibt es acht verschiedene Möglichkeiten, wie die Eiweiße A, B und der Rhesusfaktor verteilt sein können. Von der Blutgruppe AB Rhesus positiv, die alle drei Eiweißkomponenten besitzt, bis zur Blutgruppe O Rhesus negativ. Hier ist keiner der Spielsteine also Eiweiße im Blut zu finden.

### Blutgruppen bei der Blutspende

Am Spiel wird auch klar, warum es lebenswichtig ist, vor einer Bluttransfusion die Blutgruppe zu kennen. Erhält ein Blutspendeempfänger Blut, mit Eiweißsubstanzen, die sein Körper nicht kennt, dann wehrt sich das Immunsystem. Das Blut verklumpt und für den Empfänger besteht Lebensgefahr. Menschen mit der Blutgruppe AB Rhesus positiv können jedes Blut erhalten, denn ihr Körper kennt alle drei Eiweißkomponenten. Anders ein Mensch mit der Blutgruppe A Rhesus positiv. Er darf kein Blut mit der Eiweiß B bekommen, also weder Blut der Blutgruppe AB noch der Blutgruppe B. Bei Menschen mit der Blutgruppe O Rhesus negativ ist die Situation komplizierter. Da ihr Körper keines der drei Eiweiße kennt, dürfen diese Menschen auch nur Blut der Blutgruppe o Rhesus negativ erhalten.



Die Auflösung des Blutgruppenspiels



# 7

## Blutspende – ein Lebensretter

Täglich mehr als 11.000 Mal wird in Deutschland Blut gespendet – jeweils etwa ein halber Liter. Blutspenden können gar nicht hoch genug eingeschätzt werden, denn sie helfen, in Notfällen Leben zu retten. Nicht nur bei starkem Blutverlust nach Unfällen oder während einer Operation werden Blutspenden benötigt. Neben der Gabe von roten Blutkörperchen – die bei Blutverlust vor allem die Sauerstoffversorgung aller Organe sicherstellen soll – sind auch Plasmaspenden oder Thrombozytenkonzentrate lebensnotwendig.



Die Blutspende hat trotz Blutverlust für den Spender in der Regel keine Nebenwirkungen

Aus Blutplasma werden zahlreiche Stoffe gewonnen, die zu Medikamenten verarbeitet werden. Beispielsweise die Blutgerinnungsfaktoren XIII und IX – für Bluter sind diese Produkte lebensnotwendig. Aber auch Immunglobuline, also spezielle Abwehrkörper werden aus Blutplasma gewonnen und damit gewissermaßen Medikamente, die gegen schwere Hepatitis B- Infektionen helfen aber auch gegen eine durch Zecken ausgelöste Hirnhautentzündung. Prinzipiell jeder Erwachsene ab dem 18. Lebensjahr, Frauen bis zum 65. Lebensjahr, Männer bis zum 68. Lebensjahr.

### Was wird aus dem Spenderblut?

Aus **Roten Blutkörperchen** wird Erythrozytenkonzentrat hergestellt – ein Standardpräparat bei allen Formen von Blutverlusten (Anämie). Sie sind im Kühlschrank bis zu 49 Tage haltbar.

**Plasma** wird schockgefroren und zu Frischplasma (GFP). Bei -30 bis -40 °C kann es etwa ein Jahr gelagert werden. Man braucht es bei sehr großem Blutverlust, aber auch bei gestörter Blutgerinnung.

Aus den **Blutplättchen** entstehen Thrombozytenkonzentrate. Sie müssen auf speziellen Schüttlern bei 22 °C gelagert werden. In erster Linie brauchen es Leukämie-Patienten: Sie haben in der Chemotherapie alle Blutplättchen verloren – ohne den Ersatz würden sie verbluten.

### Wer kann Spenden?

Frauen dürfen während ihrer Monatsblutung oder einer Schwangerschaft nicht spenden. Darüber hinaus gibt es noch zahlreiche Sicherheitsvorkehrungen, um das Übertragen möglicher Krankheiten auszuschließen.

### Was passiert bei der Blutspende?

Beim Spenden wird das Blut aus einer Armvene entnommen und fließt entweder in ein Beutelsystem und wird erst anschließend in verschiedene Blutbestandteile getrennt. Oder das Blut wird über einen Zellseparator entnommen – eine Maschine, welche die einzelnen Blutbestandteile sofort trennt.

Die Blutentnahme ist in der Regel problemlos – schon nach 20 Minuten hat sich der Kreislauf angepasst. Die fehlende Flüssigkeit ist innerhalb von zwei Stunden ausgeglichen. Die gespendeten Blutzellen sind nach zwei Wochen ersetzt.

### Risiko Blutspende?

Sicherheit wird bei den Blutspendediensten groß geschrieben. Schon die Auswahl der Spender ist so streng, dass viele Menschen gar nicht erst zur Spende zugelassen werden. So führt zum Beispiel die Einnahme gewöhnlicher



In diese Beutel wird das Blut eingeleitet

Allergiemedikamente bereits zu einem einmonatigen Ausschluss. Gar nicht spenden dürfen u.a. Drogenabhängige, Prostituierte und Häftlinge. Aber auch homo- und bisexuelle Männer werden einer Hochrisikogruppe zugeordnet, obwohl die befürchteten HIV- oder Hepatitis-Infektionen natürlich nicht von der sexuellen Orientierung abhängig sind.

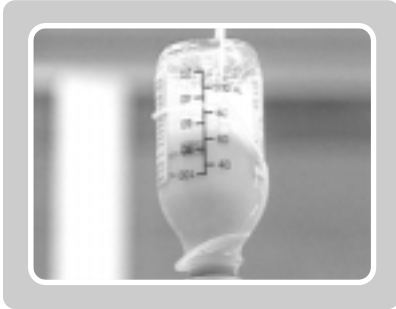
Alle Blutproben werden dann noch weiter geprüft – auf Hepatitis, HIV und Syphilis. Bei etwa jeder 30000-ten Spende schrillen die Alarmglocken: Die Blutprobe ist sofort gesperrt. Trotzdem bleibt ein kleines Rest-Risiko: Im Schnitt schlüpft bundesweit alle zwei Monate eine Blutspende mit einem Virus durch die Kontrollen.

### Noch mehr Sicherheit

Wissenschaftler testen jetzt ein Verfahren, das noch mehr Sicherheit verspricht. Alle Krankheitserreger besitzen Erbsubstanz – Blutplättchen und rote Blutkörperchen aber nicht.

Mischt man nun eine Substanz hinzu, die nur an der Erbsubstanz anheftet, kann man mit einer Bestrahlung durch UV-A-Licht diese Erreger gezielt zerstören. Dieses Verfahren wirkt auch bei unbekanntem Erregern, weil generell die Erbsubstanz angegriffen wird. Blutplättchen und rote Blutkörperchen werden bei dieser Prozedur nicht geschädigt – sie enthalten ja keine Erbsubstanz. Bisher wird dieses Verfahren nur bei Blutplättchen angewendet. Sind die Tests erfolgreich, könnten Bluttransfusionen noch viel sicherer werden – obwohl die Wahrscheinlichkeit sich zu infizieren auch bisher extrem gering ist.

Ob bei einer Operation oder nach einem Unfall: Oft hängt das Leben eines Patienten davon ab, dass schnell Blut ersetzt wird. In Deutschland ist die Versorgung in der Regel ausreichend. Experten gehen davon aus, dass Spenderblut schon in 20–30 Jahren Mangelware sein könnte. Der Grund: immer mehr Operationen und – da die Gesellschaft zunehmend überaltert – immer weniger Blutspender.



Schon heute kommt es manchmal zu Engpässen mit Blutkonserven. Blutersatzstoffe sollen die Blutbeutel eines Tages ganz ersetzen.

Um dem vorzubeugen, suchen seit einigen Jahrzehnten Forscher nach einem Blutersatz. Dieses „Kunstblut“ kann vermutlich Blut nie mit all seinen Eigenschaften ersetzen. Aber es kann z. B. den Sauerstofftransport übernehmen, und so den Organismus – z. B. während einer Operation – ausreichend mit Sauerstoff versorgen. Um ein solches Kunstblut zu entwickeln, haben die Forscher zwei Richtungen eingeschlagen. Die eine besteht aus einer komplett „künstlichen“ Lösung. Hier dient eine Perfluorcarbon-Lösung als Blutersatz. Die milchige Flüssigkeit sieht zwar keineswegs nach Blut aus, eignet sich

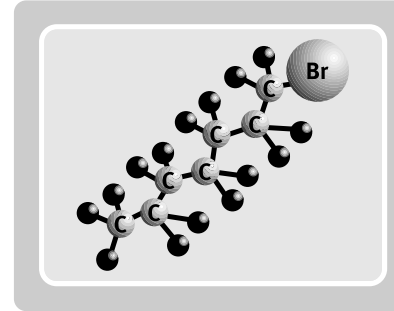
aber hervorragend zum Sauerstofftransport. Denn das langkettige Kohlenstoffmolekül – im Vergleich zu Hämoglobin ein sehr einfach strukturiertes Molekül – trägt statt Wasserstoffatomen Fluor und Brom. Dadurch kann das Molekül Sauerstoff leicht binden und im Gewebe wieder abgeben.

Mit einem anderen Blutersatzstoff ist man schon weiter: Hemopure. Das Kunstblut Hemopure besteht aus Hämoglobin, das aus den roten Blutkörperchen von Rinderblut isoliert wird. Hämoglobin würde normalerweise im Blut sofort zerfallen, da diese Moleküle extrem instabil sind. Deswegen wird es in besondere Molekülkomplexe verpackt. Der Sauerstofftransport funktioniert ähnlich wie bei echtem Blut. Auch dieses Kunstblut hat in vielen Studien bewiesen, dass es Blutkonserven während einer Operation ersetzen kann. Für eine Zulassung in Amerika oder Europa fordern die Gesundheitsämter aber noch weitere Studien an noch mehr Patienten, um auszuschließen, dass Reaktionen auftauchen, die sich bisher nicht gezeigt haben. Eine Zulassung gibt es bislang erst in Südafrika. Dort wurde Hemopure im April 2001 zugelassen, weil andere Alternativen fehlen. Die Blutkonserven in Südafrika sind zu einem großen Teil mit dem HI-Virus infiziert und eine solche Blutspende würde – nach derzeitigem Wissensstand – ein größeres Risiko bedeuten als der Einsatz von Blutersatzstoffen.

Eine ähnliche Substanz wie Hemopure ist Oxyglobin. Dieser Blutersatzstoff ist auch in Deutschland zugelassen, allerdings nur für die Behandlung einer Blutarmut bei Hunden.

Es gibt übrigens auch Forschungsansätze, bei denen das Hämoglobin aus abgelaufenen Blutkonserven gewonnen wird. Darüber hinaus wird an der gentechnischen Produktion von Hämoglobin

bereits erfolgreich geforscht. Vielleicht gibt es eines Tages – ähnlich dem gentechnisch hergestellten Insulin – auch einen derart erzeugten Blutersatzstoff.



Im Vergleich zu Hämoglobin ist das Kunstblut auf PFC-Basis sehr einfach aufgebaut

Blut ist Leben. Besonders deutlich wird das, wenn das Blut eines Menschen erkrankt und sein Leben bedroht ist. Neben der Blutarmut – der Anämie – und der Bluterkrankheit – also einer Störung der Blutgerinnung – ist der Blutkrebs oder auch Leukämie eine der tückischsten Blutkrankheiten. Der bedeutende Mediziner Rudolf Virchow beschrieb 1845 als Erster die Leukämie. Der Name sagt, um was es dabei geht: leukos heißt auf Griechisch „weiß“ und haema „Blut“. Leukämie ist eine bösartige Erkrankung der weißen Blutkörperchen.

Je nachdem, ob die Leukämiezellen von unreifen Knochenmarkszellen oder Lymphozyten abstammen, unterscheidet man zwischen

- der Knochenmarks-Leukämie (kurz auch myeloische Leukämie genannt) und
- der Milz-Lymphknoten-Leukämie (kurz lymphatische Leukämie).

Beide Krankheiten kommen sowohl in einer akuten als auch in einer chronischen Form vor.

Eine Leukämie beginnt pft recht unspektakulär: Der Patient ist müde, schwach und zeigt einen deutlichen Leistungsabfall. Im Blutbild fällt die Leukämie auf, wenn die Zahl der weißen Blutkörperchen auf weit über das Zehnfache des Normalwerts ansteigt. Diese Leukozyten sind nicht voll funktionstüchtig und stark geschädigt. Früh genug erkannt ist Leukämie eine der Krebsformen, die Ärzte relativ gut behandeln können.

## Therapien

Der entscheidende Fortschritt gelang, als Mediziner eine Chemotherapie mit geeigneten Zytostatika gezielt einsetzen konnten. Oft wird dies kombiniert mit einer Knochenmarkstransplantation mit Zellen von gesunden Spendern. Sie wird bei Leukämiekranken durchgeführt, bei denen die Kombinationstherapie von Ganzkörper-Bestrahlung und Chemotherapie nach einem Rückfall zwar alle Krebszellen vernichtet, aber gleichzeitig auch die normale Blutbildung zerstört hat. Eine weitere Behandlungsmöglichkeit ist die Transplantation von körpereigenem Knochenmarkszellen. Nach einer Besserung des Krankheitsbildes werden sie entnommen, tiefgefroren und nach einer weiteren Behandlung wieder transplantiert.

## Neue Therapien

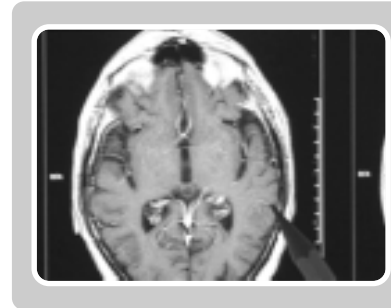
Mit einem neuen Medikament scheinen sich die Behandlungsmöglichkeiten nun sogar noch zu verbessern. Mit STI571 (Handelsname Glivec®) liegt seit Mai 2001 ein Präparat für chronisch-myeloische Leukämie (CML) vor, das nach der Zulassung in Deutschland, den USA und der Schweiz in die klinische Erprobung geht. Praktisch alle CML-Erkrankten haben einen genetischen Defekt, der als so genanntes Philadelphia-Chromosom unter dem Mikroskop sichtbar wird. Dabei ist ein kleines Stück von Chromosom 22 mit dem Chromosom 9 verbunden. Dieser 1960 entdeckte „Fehler“ führt zu einem falsch zusammengesetzten Gen. Dadurch kann ein bestimmtes Eiweiß, das so genannte Bcr-Abl, nicht korrekt hergestellt werden. Bcr-Abl gehört zu der Enzymfamilie der Tyrosinkinase. Ihnen kommt in allen Körperzellen eine entscheidende Rolle bei der Signalübermittlung zu. Ist das Bcr-Abl-Enzym also fehlerhaft, so entwickelt es eine erhöh-

te Aktivität und lässt die Zellen entarten. Das neue Designer-Medikament dockt nun an eine bestimmte Stelle des Bcr-Abl-Eiweißes an und durchbricht den krankhaften Prozess. Daher hat der Wirkstoff seinen Namen: STI571 steht für Signal-Transduktions-Inhibitor (STI), denn es hemmt gezielt das Weiterleiten von wachstumsfördernden Signalen in den Zellen.

Das Medikament wird sich nach der Zulassung in der klinischen Anwendung bewähren müssen. Die Ergebnisse sind erfolversprechend. Unklar ist noch, für wie lange diese positive Wirkung anhält, so dass nach einiger Zeit doch noch eine Chemotherapie oder eine Knochenmarkstransplantation notwendig werden kann.

## 10 Die magische Grenze – Bluthirnschranke

Blut ist das ideale Transportmittel: Es durchströmt den Körper bis in den letzten Winkel, erreicht alle Organe. Mit ihm gelangen Nährstoffe, Stoffwechselprodukte und die Atemgase an ihr Ziel. Auch Medikamente bringt es in kürzester Zeit dorthin, wo sie wirken sollen. Nur im Gehirn klappt das nicht: Hier bilden die Zellen der Blutgefäße die so genannte Bluthirnschranke. Sie lässt nur wenige, ganz bestimmte Stoffe ins Gehirn und schützt es so vor schädlichen



Die Computertomographie zeigt: Die meisten Stoffe bleiben an der Bluthirnschranke hängen. Auch das Kontrastmittel (weiß) bleibt in den Adern und dringt nicht ins Gehirn ein.

Substanzen aus dem Blut. Diese Barriere zwischen Gehirn und Körper ist überlebensnotwendig – und hinderlich, wenn nützliche Medikamente ins Gehirn sollen – wie Medikamente gegen Gehirntumore oder gegen ADC (AIDS Dementia Complex), aber auch gegen Alzheimer und Parkinson –, werden ebenfalls ausgesperrt. Mediziner, Pharmakologen und Biologen suchen deshalb nach Wegen, diese Grenze zu umgehen und diese Wirkstoffe ins Gehirn zu schleusen.

## Geschlossene Gesellschaft ...

Blutgefäße sind von einer Zellschicht ausgekleidet, den so genannten Endothelzellen. Im Körper sind diese Endothelzellen relativ locker miteinander verbunden: Dort können Stoffe zwischen benachbarten Gefäßzellen und zwischen dem Innenraum der Adern und den restlichen Geweben hin und her diffundieren. In den Blutgefäßen des Gehirns sind diese Zellen jedoch so eng miteinander verbunden, dass zwischen ihnen kein Stoffaustausch mehr möglich ist. Der einzige Weg vom Blut ins Gehirn führt deshalb jeweils quer durch eine Endothelzelle hindurch. Dazu müssen die Stoffe zunächst durch die Zellmembran der Gefäßzellen. Die aber bildet zur Blutgefäßseite hin eine hermetische Barriere. Zur Gehirnseite hin ist sie relativ durchlässig.

## ... Einlass nur mit Passierschein

Wie jede Zellmembran ist auch hier die Membran aus einer Doppelschicht aufgebaut, die außen wasserlöslich (hydrophil) und innen fettlöslich (lipophil) ist. Wasserlösliche Stoffe kommen durch diese innere, fettlösliche Schicht nicht durch und haben deshalb an der Bluthirnschranke keine Chance. Gleiches



Glukose dockt an den Glukoserezeptor in der Membran der Blutgefäßzellen an und wird durch die Bluthirnschranke geschleust

gilt für sehr große Moleküle. Es sei denn, sie haben einen Passierschein, also eine bestimmte Struktur, die zu speziellen Rezeptormolekülen in der Membran passen wie ein Schlüssel zum Schloss. Wenn sie an diesen Rezeptor andocken, werden sie durch die Membran ins Innere der Zelle geschleust. (Trauben-) Zucker-Glukose z. B. gelangt auf diesem Weg durch die Bluthirnschranke und auch große Fettmoleküle, die an Trägermoleküle gebunden im Blut zirkulieren.

### Achtung Türsteher!

Je kleiner und fettlöslicher ein Molekül ist, desto leichter kann es durch eine Zellmembran wandern. Damit auf diese Weise nicht alle erdenklichen Stoffe ins Gehirn gelangen, sind die Membranen der Gefäßzellen dort mit Wächterproteinen gespickt. Sie werden ABC-Carrier genannt. Manche Moleküle schaffen es aber, sich an den Wächtern vorbeizumogeln und ins Gehirn zu gelangen, wie Alkohol, Nikotin oder auch Heroin. Bei manchen dieser Moleküle – Nikotin zum Beispiel – ist noch nicht ganz klar, warum ausgerechnet sie dazu in der Lage sind. Überhaupt weiß niemand ganz genau, wie ein Molekül aussehen muss, damit es eine Chance hat, die ABC-Carrier zu überlisten.

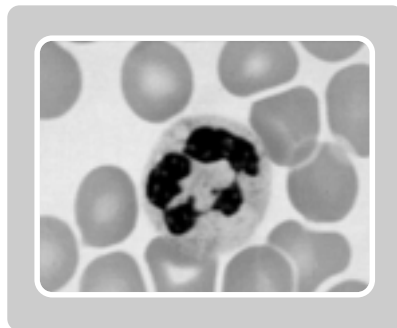
### Durch die Mauer: Mit dem Holzhammer ...

Die meisten Arzneimittel, die man ins Gehirn schleusen möchte, sind entweder zu groß, zu wasserlöslich oder sie werden von den Wächtern, den ABC-Carriern abgefangen. Also müssen die Wissenschaftler nach anderen Lösungen suchen. Eine Möglichkeit ist, die Bluthirnschranke eine Zeit lang komplett außer Gefecht zu setzen. Das geht zum Beispiel mit einer hochkonzentrierten Lösung von schwer abbaubaren Zuckern. Sie bewirken, dass die

engen Zellverbindungen der Blutgefäße im Gehirn zerreißen und die Bluthirnschranke für mehrere Stunden völlig durchlässig wird. In dieser Zeit kann man dann die erforderlichen Medikamente, z. B. Anti-Tumormittel, verabreichen. Das Verfahren ist jedoch nicht risikofrei, denn das Gehirn ist in diesen Stunden vor sämtlichen schädlichen Stoffen aus dem Blut völlig ungeschützt.

### ... oder mit dem trojanischen Pferd

Eine Alternative ist, die Arzneien Huckepack mit Stoffen, die die Barriere überwinden können, zu nehmen. Geeignet sind sogenannte Nanopartikel – winzige Partikel von maximal einem hunderttausendstel Millimeter, die im Körper abbaubar sind. In sie eingebaut wird das Anti-Tumormittel (Zytostatikum). Mit einem geeigneten Stoff überzogen, werden sie durch die Membranen der Bluthirnschrankenzellen geschleust. In den Zellen angekommen, zerfallen sie und setzen den Wirkstoff frei. Solche mit Zytostatika beladenen



Eine Zellkultur von Bluthirnschrankenzellen: Leuchtender Farbstoff an den Nanopartikeln verrät die Ankunft in den Zellen

## Eine Therapie gegen Gehirntumoren?

Nanopartikeln sind an Ratten getestet, die an einem Glioblastom leiden: dem bösartigsten und häufigsten aller Gehirntumoren. Spritzt man den Ratten den Wirkstoff alleine, wächst der Tumor



sehr schnell. Die Tiere sterben dann in zwei bis vier Wochen. Ist der Wirkstoff jedoch an die Nanopartikel gebunden, überleben die Tiere deutlich länger. Das Wachstum des Tumors wird gestoppt, oft bildet er sich sogar völlig zurück. Nun sollen klinische Tests zeigen, ob eine solche Therapie auch Menschen mit Gehirntumoren helfen kann.

## 11 Blutsauger

Blut ist schon ein ganz besonderer Saft – eben ein extrem nahrhafter. Immerhin stecken in 100 Milliliter Blut soviel Kalorien wie in einem ganzen Riegel Schokolade.

Die Liste der Leckermäuler im Tierreich ist daher verständlicherweise lang. Sie machen sich in raffinierten Strategien an dieses kostbare Nass heran. Und dabei zapfen sie nicht nur Blut ab, sondern übertragen in den meisten Fällen leider auch noch schlimme Krankheiten.

### Zecken

Eine Zecke (auch der gemeine Holzbock genannt) nimmt nur dreimal in ihrem Leben eine Mahlzeit zu sich und bereitet sich darauf in aller Ruhe vor: Mit speziellen Sensoren für Wärme und Kohlendioxid ausgestattet, wartet sie – ohne etwas sehen oder hören zu können – auf ein schlafendes Reh oder ein spielendes Kind. Wenn sie ihr Opfer erkannt hat, wird sie quicklebendig: Mit einer speziellen Technik setzt die Zecke zum Andocken an und saugt sich binnen weniger hundertstel Sekunden fest. In kürzester Zeit schwillt sie auf



Ein Zecke im Unterholz wartet auf die nächste Blutmahlzeit ...

das zweihundertfache ihres Gewichtes an: mit nahrhaftem Blut – von Mäusen, Katzen und Menschen.

Entdeckt man eine Zecke, sollte man das Tier möglichst schnell entfernen – und zwar am Besten so, dass der Kopf mit den Mundwerkzeugen mit entfernt wird.

Seit langem sind die Zecken gefürchtet als Überträger der Hirnhautentzündung, die sogenannte Frühsommer-Enzephalitis (FSME). Dagegen kann man impfen, wenn man in entsprechend gefährdeten Gebieten unterwegs ist. Doch Mediziner wie Patienten unterschätzen oft eine zweite durch Zecken verursachte Infektionskrankheit: die Borreliose. Wird diese bakterielle Erkrankung nicht rechtzeitig erkannt, kann sie die Nerven krank machen oder den ganzen Körper lähmen. Einen Impfstoff gibt es nicht. Die Borreliose kommt in Deutschland im Gegensatz zur Hirnhautentzündung überall vor.

Generell ist ein Zeckenbiss kein Grund zur Panik – denn nur jede zwanzigste Zecke trägt auch tatsächlich Borreliose-Erreger. Waldspaziergänger sollten auf lange Kleidung achten und sich selbst regelmäßig nach dem Spaziergang auf Zecken absuchen.

Vorbeugen ist vor allem bei Haustieren wichtig. Mit speziellen Tropfenemulsionen im Fell lassen sich Zecken abwehren.

## Mücken

Nur die Weibchen ernähren sich von Blut. Alle 24 Stunden stechen sie zu, um Eiweißstoffe für die Entwicklung ihrer Eier aufzunehmen. Die Moskito-Männchen hingegen leben vegetarisch. Sie ernähren sich von Pflanzensäften und Nektar.



**Nur die Weibchen stechen und sind ständig auf Nahrungssuche für ihre zahlreichen Nachkommen**

Stechmücken verfügen über ein komplexes Ortungssystem, mit dem sie ihre Opfer aufspüren. Die Moskitos lassen sich bei der Suche ihres potenziellen Opfers vor allem durch ihren Geruchssinn leiten. Der menschliche Körper setzt 300 bis 400 verschiedene Substanzen frei, davon allein über die Atmung etwa 100 verschiedene flüchtige Substanzen. Kohlendioxid und Milchsäure sind die bekanntesten Substanzen, die Stechmücken anziehen. Zusätzlich spielen Hauttemperatur und Hautfeuchtigkeit eine wichtige Rolle.

Mit ihrem dünnen langen Stechrüssel können Moskitos Blut aus den feinen Kapillargefäßen der Haut saugen. Die Hautrötung nach dem Stich ist Folge einer allergischen Reaktion. Denn die Mücken injizieren den Opfern beim Stich eine ätzende Lösung. Darauf reagiert das menschliche Immunsystem.

Verschiedene Stechmückenarten können besonders in den Tropen gefährliche Krankheiten verbreiten. Am bekanntesten ist die Malaria, eine Erkrankung durch Parasiten, die durch die Anopheles-Mücke übertragen wird und beim Menschen wiederkehrende Fieberschübe auslöst. Außer der Malaria übertragen Stechmücken auch andere Tropenkrankheiten wie Gelbfieber oder Denguefieber.

In unseren Breiten übertragen die Mücken keine nennenswerten Krankheiten – sie sind einfach nur lästig.

Nach einem Flohbiss fängt die Bissstelle zu jucken an und wird rot. Oft findet man die Bissstellen in Gruppen zu drei oder vier Bissen an Beinen, Armen, Schultern und am Bauch verteilt. Kinder sind bevorzugte Opfer von Flöhen, denn die Kleinen spielen länger und öfter mit ihren Haustieren. Flohbisse sollte man mit Seife und Wasser abwaschen. Und: Trotz Jucken sollte man sich nicht kratzen, um Sekundär-Infektionen zu vermeiden. Bei Verdacht auf eine solche Infektion muss man sofort den Arzt aufsuchen.

## Flöhe

Auch Flöhe nähren sich von Blut. Vor allem Tiere können durch Flöhe ernsthaft erkranken, junge Tiere sogar ster-



**Ein Katzenfloh im Fell seines Wirtes**

ben. Flöhe beißen nicht nur Hunde und Katzen, sie mögen auch das Blut des Menschen. Selbst ohne Mahlzeit können sie viele Wochen überleben und in Wartestellung gehen. Am verbreitetsten sind Katzenflöhe – sie sitzen aber auch auf Hunden – und Ratten. Vor allem in Wohnungen können sie das ganze Jahr überleben – sie haben keine „Saison“. Sieht man einen Floh im Teppich, so ist das nur die Spitze des Eisbergs, hunderte von Flöhen sind zu vermuten, zwanzigmal mehr Eier warten darauf zu schlüpfen.

Auch Blutegel ernähren sich von Blut. Der olivgrün bis dunkelbraune Ringelwurm – übrigens ein Verwandter des Regenwurms – hat eine eigene Strategie entwickelt, um an den kostbaren Saft zu gelangen. Mit seinen drei scheibenförmigen, gesägten Kiefern bohrt er sich regelrecht zum Blutgefäß vor und hinterlässt eine Y-förmige Wunde. Mit einer Mahlzeit nimmt er in nur 30 Minuten circa 15 ml Blut auf. Für die Verdauung lässt er sich dann 6–15 Monate Zeit.

Hierzulande ist der Egel längst ausgestorben. Daran ist sein über Jahrhunderte geradezu inflationärer Verbrauch in der Medizin schuld. Bis ins 19. Jahrhundert galt der Blutegel als Allheilmittel: Er wurde zur Behandlung von Furunkeln, Hautkrankheiten und Hämorrhoiden verwendet – aber auch, um Depressionen und Rheuma zu heilen.

Die medizinische Wirkung ist mehr als nur ein Aderlass. Mit seinem Biss gibt der Wurm den gerinnungshemmenden Stoff Hirudin ins Gewebe ab und eine entzündungshemmende Substanz, die man Eglin nennt. Beide Stoffe können längst auch synthetisch hergestellt werden. Hirudin ist ein direkter Hemmstoff von Thrombin, einem wesent-

## Blutegel

lichen Gerinnungsfaktor im Blut. Es wird vor allem zur Behandlung von Venenthrombosen und Hämorrhoiden verwendet.

Weil diese Medikamente leichter anzuwenden sind, war die Egeltherapie lange Zeit in Vergessenheit geraten. Seit einigen Jahren erlebt sie ein Comeback. Vor allem in der Naturmedizin, wo sie angeblich sehr gute Resultate bei der Behandlung von Migräne, Bluthochdruck, Rheuma und Arthrose zeigt. Aber auch in der Schulmedizin wird der Egel heute wieder eingesetzt. Speziell in der plastischen Chirurgie, zum Beispiel nach der Transplantation von abgetrennten Gliedmaßen, kann der Blutegel effektiver Blutergüsse auflösen als Salben. Die Egel, die dafür verwendet werden, stammen aus der Zucht, und man kann sie wie ein Medikament in der Apotheke kaufen. Sie dürfen allerdings nur einmal eingesetzt werden, denn sonst könnten sie Krankheiten übertragen.

## 12 Lesetipps, Adressen und weitere Informationen

**FRIEDHELM SCHNEIDEWIND: DAS LEXIKON RUND UMS BLUT**  
SCHWARZKOPF & SCHWARZKOPF VERLAG

**P. F. W. STRENGERS, W. G. VAN AKTEN: BLUT – VON DER MAGIE ZUR WISSENSCHAFT**  
SPEKTRUM AKADEMISCHER VERLAG

**DOUGLAS STARR: BLUT – STOFF FÜR LEBEN UND KOMMERZ**  
GERLING AKADEMISCHER VERLAG

**VERA ZYLKA-MEHORN: WAS VERRATEN MEINE BLUTWERTE**  
GOVI VERLAG

### Adressen

**DKH DEUTSCHE KREBSHILFE E.V.**  
THOMAS-MANN-STR.40,  
POSTFACH 1467, 53111 BONN  
[www.krebshilfe.de](http://www.krebshilfe.de)

**DKG DEUTSCHE KREBSGESELLSCHAFT E.V.**  
HANAUER LANDSTR. 194,  
60314 FRANKFURT AM MAIN  
[www.krebsgesellschaft.de](http://www.krebsgesellschaft.de)

**DLH DEUTSCHE LEUKÄMIE- UND LYMPHOM-HILFE**  
POSTFACH 1467, 53004 BONN  
[www.leukaemie-hilfe.de](http://www.leukaemie-hilfe.de)

**DKMS DEUTSCHE KNOCHENMARKSPENDERDATEI**  
[www.dkms.de](http://www.dkms.de)

**DIE OFFIZIELLE SEITE DES DRK BLUTSPENDEDIENSTES**  
[www.blutspende.de](http://www.blutspende.de)

## Linktipps

EINE BIOGRAFIE KARL LANDSTEINERS (IN ENGLISCH):  
[www.nobel.se/medicine/laureates/1930/landsteiner-bio.html](http://www.nobel.se/medicine/laureates/1930/landsteiner-bio.html)

WILLIAM HARVEYS DE MOTU CORDIS BUCH FINDET MAN IN  
[www.bartleby.com/38/3/](http://www.bartleby.com/38/3/)  
Hintergrund zu seiner Person:  
[www.williamharvey.co.uk/william.htm](http://www.williamharvey.co.uk/william.htm)

Aktuelle Informationen zur Behandlung von CML für Ärzte und Patienten finden sich auf den Seiten des Kompetenznetzes Leukämien: [www.kompetenznetz-leukaemie.de](http://www.kompetenznetz-leukaemie.de)

Wissenswertes zur Transfusionsmedizin auf der Seite des Instituts für Transfusionsmedizin und Immunologie der Uni Heidelberg  
[www.ma.uni-heidelberg.de/inst/iti/](http://www.ma.uni-heidelberg.de/inst/iti/)  
Das deutsche Transfusionsgesetz:  
[www.transfusionsmedizin-online.de/html/transfusionsgesetz1998mit\\_kommentar.htm](http://www.transfusionsmedizin-online.de/html/transfusionsgesetz1998mit_kommentar.htm)

## 13 Index

Aderlass	26	Knochenmarks-	20
Arteriell Blut	5	transplantation	
		Kunstblut	18f
<b>Blutbild</b>	8f		
Blutdruck	13	Leberwerte	7, 8f
Blutegel	25f	Leukämie	19f
Bluterkrankheit (Hämophilie)	10	Leukozyten	4f, 8f
Blutgruppen	14f	Lymphozyten	5, 8f
Bluthirschranke	21ff	<b>Makrophagen</b>	4f, 8f
Blutkreislauf	12	Monozyten	5f, 8f
Blutkörperchen	4f	Mücken	24f
Blutplasma	5	<b>Puls</b>	12f
Blutplättchen	5		
Blutuntersuchung	6ff	<b>Rhesusfaktor</b>	14f
Blutsauger	23ff		
Blutspende	16f	<b>Schlaganfall</b>	10f
Borreliose	24	Systole	13
Creatinkinase	6, 8f	<b>Thrombin</b>	10f, 25f
Cholesterin	7, 8f	Thrombose	11
<b>Diastole</b>	13	<b>Venöses Blut</b>	5
<b>Embolie</b>	11	<b>Wundpfropf</b>	10f
Erythrozyten	4f, 8f		
		<b>Zecken</b>	23f
Flöhe	25	Zytostatikum	20, 22f
Frühsommer-Enzephalitis	25		
<b>Gicht</b>	8f		
Glukose	21		
Granulozyten	5f, 8f		
<b>Hämatokrit</b>	6f, 8f		
Hämoglobin	5		
Hämostase	10		
Harnsäure	7ff		
Heparin	11		
Herzinfarkt	8f		
Hirudin	25f		