

»Blut ist ein ganz besonderer Saft«

Zur Kultur und Biologie eines flüssigen Organs



von Roland Prinzinger

Mit Blut unterzeichnete Dr. Faust seinen zweifelhaften Pakt mit dem Teufel. In der Kulturgeschichte des Menschen hat Blut von jeher eine mystisch aufgeladene Rolle gehabt, die sich in religiösen Ritualen, Heilpraktiken, Liebes- und Freundschaftsbünden niederschlug. Roland Prinzinger beginnt mit einigen Schlaglichtern auf die vielfältigen Bedeutungen des Blutes, die heute noch mitschwingen, wenn wir uns dem Thema nähern. Als Biologe erklärt er dann am Beispiel der Diagnostik bei Vögeln, warum Blut auch aus naturwissenschaftlicher Sicht ein »ganz besonderer Saft« ist.

Die Erfahrungen der weiblichen Menstruation und der damit zusammenhängenden Gebärfähigkeit als positive, Leben bringende Wirkung und des Verblutens als negative, Leben vernichtende Wirkung, führten schon vor Jahrtausenden dazu, Blut als Träger der Lebenskraft anzusehen. Die Menschen schrieben dem Blut übernatürliche Kräfte zu: Es wurde als Urstoff des Lebens angesehen. Nach dem Herzen ist Blut das wichtigste kulturhistorisch relevante Organ.^{11/21} So findet sich das Blut auch in vielen idiomatischen Analogien wieder [siehe »Die idiomatische Semantik eines flüssigen Organs«, Seite 15].

Blut in Kultur und Religion

Die Vorstellung vom Blut als Sitz der Seele ist bereits im altbabylonischen und ägyptischen Gedankengut vorhanden. Es gilt vielfach als das göttliche Lebenssele-

ment, das in den Menschenkörpern wirkt und ungebrochene Vitalität symbolisiert. Blutopfer stellten eine besondere Form der rituellen Zeremonie dar, bei der tierisches oder menschliches Blut einer Gottheit dargeboten wird, und sie ist ein wesentliches Merkmal archaischer Kulte in praktisch allen Kulturen der Welt. Dafür gibt es viele Beispiele in afrobrasilianischen Religionen oder den Mysterienreligionen. Im zur römischen Kaiserzeit gepflegten Mithras- und Kybele-Kult wurden die Gläubigen mit dem Blut geopferter Stiere übergossen, deren Lebenskraft sie sich aneignen sollten. Im Aztekenreich Altmexikos war Menschenblut für die Stärkung der Sonne – die bei ihrem nächtlichen Weg durch die Unterwelt kraftlos geworden war – ein unerlässliches Mittel, das allein die kosmische Ordnung aufrechterhalten konnte. Und bei den Mayas im südlichen Mittelamerika wurden die Götter in Form von Blut-

Der Vampir-Fink von den Galapagosinseln ist neben der Vampirfledermaus eine der beiden einzigen Wirbeltierarten, deren Nahrung ausschließlich aus Blut anderer Lebewesen besteht. Diese Darwin-Finken trinken das Blut vor allem von Tölpeln, indem sie ihre Haut am Ansatz der Federkiele anpicken, bis Blut fließt. So können sie auf den wasserlosen Inseln zugleich ihren Flüssigkeitsbedarf decken. Vermutlich hat sich das Verhalten der Finken aus dem Picken entwickelt, mit dem sie andere Tiere von Parasiten befreien. Solches Verhalten ist bei Tieren recht häufig.

opfern genährt. Blut – von den Mayas auch »die kostbare Flüssigkeit« genannt – war das Getränk der Götter.

Auch in der christlichen Kultur lebt die mystische Bedeutung des Blutes fort: Im Alten Testament schlachtet Moses den Stier und verteilt das Blut mit seinem Finger auf dem Altar, um ihn zu entsündigen. Und im Neuen Testament lässt der Evangelist Johannes Jesus sagen: »Wenn ihr nicht das Fleisch des Menschensohns esst und sein Blut nicht trinkt, so habt ihr kein Leben in euch«. Bis heute spricht der Priester bei der Wandlung in einem katholischen Gottesdienst die Worte: »Nehmet und trinket alle daraus: Das ist der Kelch des neuen und ewigen Bundes, mein Blut, das für euch und für alle vergossen wird zur Vergebung der Sünden.«

Blut in der Magie und Heilkunde

Nach der antiken Lehre von den Körpersäften und Temperamenten war Blut der bestimmende Faktor für die Natur des »Sanguinikers« (sanguis=lat. Blut), also eines heiteren und lebhaften Menschen.

In der Volksmedizin spielte das Blut unter den geheimnisvollen Mitteln die wohl größte Rolle. Zu »therapeutischen Zwecken« wurde Venenblut, Arterienblut, Menstruationsblut und Blut »unschuldiger«

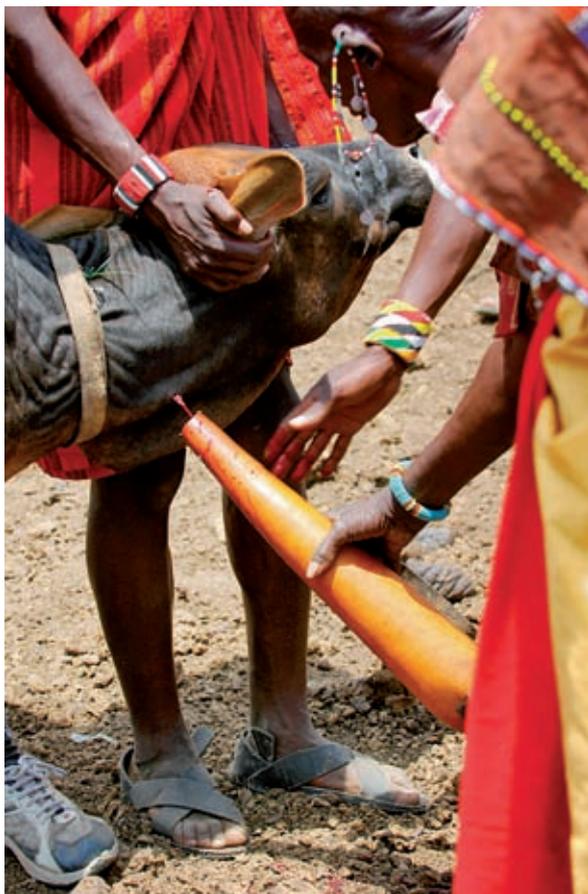
Kinder eingesetzt. Schon die Germanen sollen das noch warme Blut von erlegten Bären, Wölfen und Rindern getrunken haben, um sich deren Eigenschaften anzueignen. In der magischen Tradition des Abendlandes war das Trinken von Menschenblut als Liebeszauber ein weitverbreitetes Zeremoniell. Auch dem Blut bestimmter Tiere wurde ein besonderer Liebes- und Vermehrungszauber zugeschrieben, etwa dem von Taube, Sperling, Hase, Hahn und Hirsch.

Unzählige Methoden von Krankheitsbehandlungen mit Blut sind in der Volkskunde bekannt: Gegen Epilepsie wurde der rote Lebenssaft bereits im alten Rom verwendet. Hier war es vornehmlich das Blut von Gladiatoren, Hingerichteten und Menschen, die keines natürlichen Todes starben, da diesem besondere Heilkräfte zugeschrieben wurden.

Im Mittelalter war Schwalbenblut ein beliebtes Heilmittel gegen Augenkrankheiten, Blut vom Rebhuhn

Die idiomatische Semantik eines flüssigen Organs: Jenseits von Biologie und Medizin wird Blut in den Sprachen der Welt für viele Analogien benutzt.

Blut schwitzen	mir liegt etwas im Blut	Blutrache
Blut lecken	von Fleisch und Blut sein	Blutsbruder
blutjung	von reinem Blut sein	Blutsbrüderschaft
blutleer	von blauem Blut abstammen	Blutschande
blutrünstig	blaublütig	Blutschuld
bluttriefend	Blutbad	Blutsgemeinschaft
heißes Blut haben	Blutgeld	Blutsverwandschaft
kalttes Blut haben	Blutgericht	Blutvergießen
böses Blut machen	Blutgier	Blutzeuge



im Besonderen gegen Star. In manchen Regionen Deutschlands war es bis Anfang des 20. Jahrhunderts gebräuchlich, einen in Schlangenblut getauchten Faden – um den Hals getragen – gegen Tuberkulose anzuwenden. Mittelalterlichen Sagen zufolge sollte Blut die Kraft haben, Lepra zu heilen, wenn ein Kranker darin badete.

Nahrungsmittel Blut

Tierblut wird vom Menschen seit Jahrtausenden als Nahrung genutzt. Bei Vieh züchtenden Völkern, zum Beispiel den Massai, ist es bis heute üblich, Frischblut zu trinken. Haltbar gemachtes Blut in Form von Wurstwaren (Blutwurst) oder als Zusatz zu anderen Lebensmitteln ist weltweit bekannt. Durch die auf dem Aderlass basierende Galenische Medizin des Mittelalters und der frühen Neuzeit war früher Menschenblut in teils beträchtlichen Mengen verfügbar

Das Trinken von Rinderblut vermischt mit Milch, gehört noch heute zum Leben der ostafrikanischen Massai, einem Viehhirten-Wandervolk. Dabei wird dem Rind der Kopf festgehalten und mit einem Pfeil mit einseitig verlängerter Schneide die zum Anschwellen gebrachte Halsvene angeritzt – jedoch nicht durchtrennt. Nach Abnahme von bis zu zwei Litern in eine spezielle Kalebasse wird Milch zugegeben und das Blut-Gefäß geschüttelt, um einen »Blutkuchen« zu verhindern. Es wird frisch – aber auch nach einer Reifephase (alkoholische Gärung!) von zwei Tagen – getrunken und ist das Hauptnahrungsmittel der Massai. Es wird »saroi« genannt. Das Rind übersteht die Prozedur übrigens ohne Schaden.



❸ Blutwurst ist das älteste bekannte Fleischerzeugnis. Schon in der Antike war sie beliebt. Homer ließ Odysseus bei seiner Rückkehr nach Ithaka sprichwörtlich »um die Wurst« kämpfen. Preisgeld: ein mit Schweineblut gefüllter Schweinemagen. Im alten Rom wurde Blutwurst zu Ehren von Faunus, (dem Gott der Fruchtbarkeit und der Wälder), beim Lupercalia-Fest verzehrt. Im Frühmittelalter wurde sie wegen ihrer Verbindung zu heidnischen Brauchtümern verboten, setzte sich jedoch weiterhin durch. Allein über die Zubereitung von Blutwurst bietet das Internet rund eine halbe Million Hinweise.

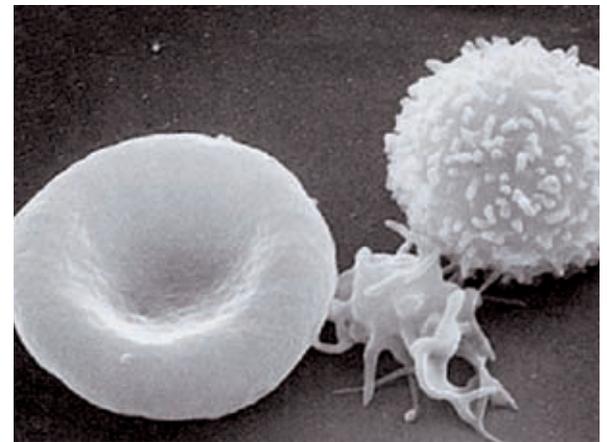
und stand daher sogar für Futtermittel in der Schweinemast, Gartendüngemittel und vielfältige andere Rezepturen zur Verfügung. Blutmehl aus getrocknetem Blut von Schlachttieren findet als Proteinzusatz auch heute noch Anwendung in der Tierernährung.

Bei hämatophagen (blutverzehrenden) Parasiten ist Blut das Hauptnahrungsmittel (Blutegel, Stechmücken, Bremsen sowie einige Milben, Wanzen und Würmer). Nur sehr wenige Wirbeltiere ernähren sich ganz

oder teilweise von Blut: Neben den Vampirfledermäusen nur noch der auf den Galápagos-Inseln lebende Vampirfink (*Geospiza difficilis*). ❶ Einige Mikroorganismen leben selbst direkt vom Blut des Wirtsorganismus, so die einzelligen Malariaerreger, die Plasmodien.

Blut trennt und verbindet: Verwandschaft bei Hornvögeln

Aus der Sicht der Physiologie ist Blut ein flüssiges Organ, das aus Plasma und Blutzellen besteht. ❷ Während der Embryonalentwicklung entsteht es aus dem dritten Keimblatt (Mesoderm). Bei höheren Tieren sichert das Blut durch seine vielfältigen Transportfunktionen, dass die Körpergewebe ihre Aufgaben erfüllen können [siehe »Wichtige Aufgaben des Bluts bei Wirbeltieren«].



❹ Rastermikroskopische Aufnahme von Blutzellen (Blutkörperchen) eines Säugetieres. Von links nach rechts: Erythrozyt (rotes Blutkörperchen), Thrombozyt (Blutplättchen), Leukozyt (weißes Blutkörperchen). Dem Säuger-Erythrozyten fehlt im Gegensatz zu anderen Wirbeltieren der Zellkern, weshalb die Zelle »eingedellt« ist.

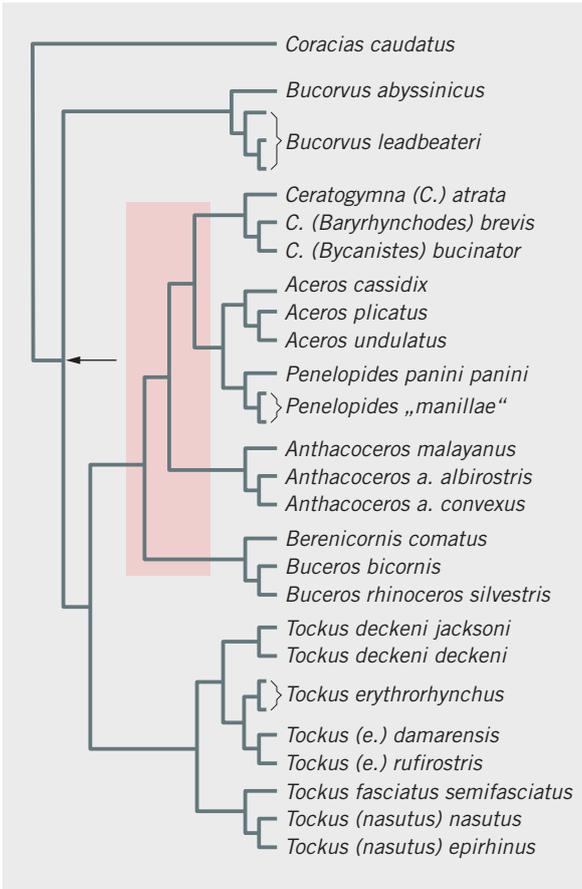
Da Blut schon früh in der Evolution entstand, ist es bei allen Wirbeltieren ähnlich. Es besteht jedoch ein wichtiger Unterschied: Bei den Säugetieren haben ausgereifte rote Blutkörperchen (Erythrozyten) keinen Zellkern. Bei allen anderen Wirbeltieren, so auch den Vögeln, ist der Zellkern vorhanden und kann deshalb auch für DNA-Analysen herangezogen werden. Das Blut lässt sich einfach gewinnen, und die Erythrozyten-Kerne sind leicht zu isolieren. Die daraus gewonnene DNA wird mit modernen Analyse-Methoden sequenziert. Das Vogelblut ist so hervorragend geeignet, Verwandtschaftsbeziehungen und deren stammesgeschichtliche Entwicklung (Phylogenie) zu untersuchen. Vergleicht man die Sequenzen im Erbgut unterschiedlicher Vogel-Arten, kann man aus deren Ähnlichkeit auch die Verwandtschaftsbeziehungen ableiten, wie das Beispiel von 23 Hornvogel-Arten zeigt, die wir in unserem Institut untersucht haben. ❸, ❹ Die erhaltenen Daten waren von großer tiergärtnerischer Relevanz, unter anderem zur Vermeidung ungewollter Hybrid-Züchtungen.

Rennen, Fliegen und Schwimmen: Funktionelle Anpassungen

Das Blut zeigt zahlreiche evolutive und adaptive Anpassungsvorgänge an exogene und endogene Faktoren wie die Jahreszeit, Tageszeit, Ernährung, Wasser-

Wichtige Aufgaben des Blutes bei Wirbeltieren

- ▶ **Transport** von Nährstoffen (zum Beispiel Glukose) und Abtransport von Stoffwechselendprodukten (zum Beispiel Harnstoff). Außerdem werden Ionen, Hormone und andere Wirkstoffe zwischen den Zellen/Organen befördert.
- ▶ **Atmung:** Transport von Sauerstoff über die Atmungsorgane zu den Verbrauchsstellen und von Kohlenstoffdioxid – dem Endprodukt des oxidativen Kohlenstoffwechsels – zurück zur Umwelt.
- ▶ **Kraftübertragung:** in Schwellkörpern (zum Beispiel Penis) oder dem (schwellenden) Hahnenkamm. Zudem hat Blut bei vielen Tieren (wie dem Regenwurm) eine Körper-Stützwirkung durch den von ihm ausgehenden Flüssigkeitsdruck.
- ▶ **Signalorgan:** zum Beispiel Erröten der Haut, Anschwellen von Kämmen und anderen Organen in der Balz.
- ▶ **Homöostase:** Regulation und Aufrechterhaltung des Wasser- und Elektrolythaushaltes, des pH-Wertes sowie der Körpertemperatur.
- ▶ **Abwehrfunktion:** Als Teil des Immunsystems hat das Blut Aufgaben in Schutz und Abwehr gegen Fremdkörper (unspezifische Abwehr) und Antigene (spezifische Abwehr) durch Phagozyten (Fresszellen) und Antikörper.
- ▶ **Blutgerinnung und Fibrinolyse:** Blut ist ein wichtiger Bestandteil bei der Reaktion auf Verletzungen.
- ▶ **Wärmeregulierung:** Die Zirkulation des Blutes gewährleistet die Kontrolle und Regelung einer angepassten Körpertemperatur. Diese liegt im Innern des Körpers beim gesunden, aktiven Warmblüter (Vögel, Säuger=Homiotherme) zwischen 36 und 46 °C.



5 Kladogramm (Darstellung der Verwandtschaftsverhältnisse) der Hornvögel (Ordnung Bucerotiformes) mit der Gabelacke (*Coracias caudatus*) als Außengruppe. Darstellung des Stammbaums als »strict consensus«-Kladogramm. Der Pfeil weist auf die Trennung in die Familien Bucorvidae/Bucerotidae, der bezüglich der Gattungsfolge schlecht auflösbare Bereich ist rot unterlegt.



6 Beispiel für die Artenfülle der Hornvögel. Dargestellt sind die Vertreter des Genus *Buceros*.

versorgung, Massenabhängigkeit, Geschlecht, Hormone, Alter und weitere Faktoren. Spannend ist die Frage nach der Anpassung an verschiedene Fortbewegungsweisen, die bei Vögeln sehr unterschiedlich sind: Fliegen, Laufen, Schwimmen, Tauchen. Unter diesem Aspekt untersuchten wir 30 verschiedene Blutparameter an 21 Vogelarten aus 7 Ordnungen. 7

Bei der Interpretation von Blutparametern muss berücksichtigt werden, dass diese sich prozentual mit der Körpermasse verändern: 8 So sinkt die Anzahl der Erythrozyten mit steigender Masse, wohingegen ihr Volumen mit steigender Masse zunimmt. Kleine Vögel ha-

ben danach mehr und dafür kleinere Erythrozyten als große, was sich positiv auf den Sauerstofftransport und damit die Versorgung des Organismus mit Sauerstoff auswirkt. Dies ist aus physiologischer Sicht vernünftig, da kleine Vögel eine höhere Stoffwechselrate haben als große.

Der Sauerstoff-Bedarf ist aber nicht nur durch die Körpermasse der Vögel bestimmt, sondern auch durch die Art der Fortbewegung. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in der Regel vor allem kleine Vögel häufig fliegen, während große Vögel sich mehr laufend oder schwimmend fortbewegen. Daher zeigen Blutparameter, die am Sauerstoff-Transport beteiligt sind, neben der Abhängigkeit von der Körpermasse klare Unterschiede zwischen der bevorzugten Fortbewegungsweise und beispielsweise der Hämoglobin-



7 Blutentnahme aus einer Flügelvene bei der Brieftaube.

Literatur

^{11/} BRAUN VON, CHR. & CHR. WULF (2007) *Mythen des Blutes* Campus Verlag, Frankfurt/Main.

^{12/} BRADBURN, J.M. (Hrsg.) *Blut. Kunst, Macht, Politik, Pathologie* Buch zur gleichnamigen Ausstellung im Museum für Angewandte

Kunst und der Schirn Kunsthalle Frankfurt am Main vom 11. 11. 2001 bis 27. 1. 2002. Prestel-Verlag, München.

^{13/} HÜBNER, ST., R. PRINZINGER & M. WINK (2003) *Neue Erkenntnisse zur*

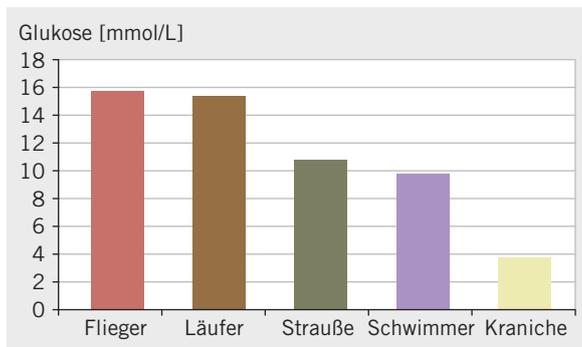
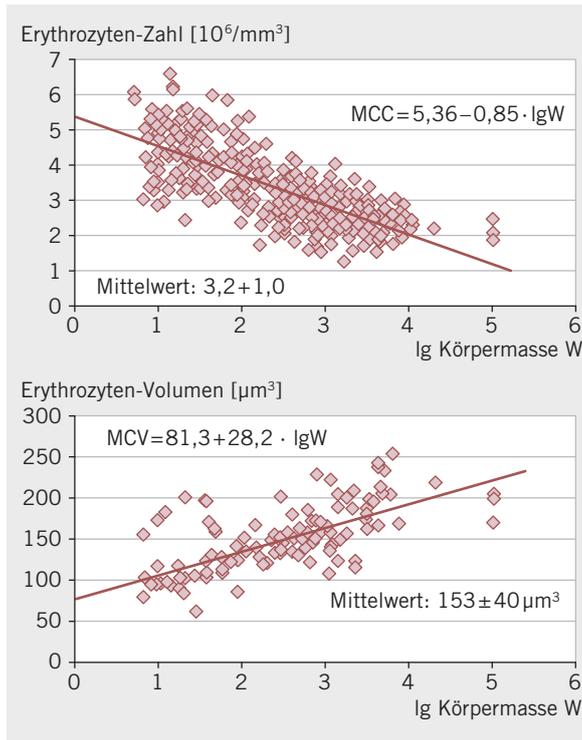
Taxonomie der Hornvögel (Aves: Bucerotiformes) und ihre Bedeutung für die Zucht in Menschenobhut Zool. Garten N. F. 73/6: 396–401.

^{14/} PRINZINGER, R. & A. MISOVIC (2010) *Aviäre Blutparameter und Lebensalter – gibt es Diabetes Typ 2 (Al-*

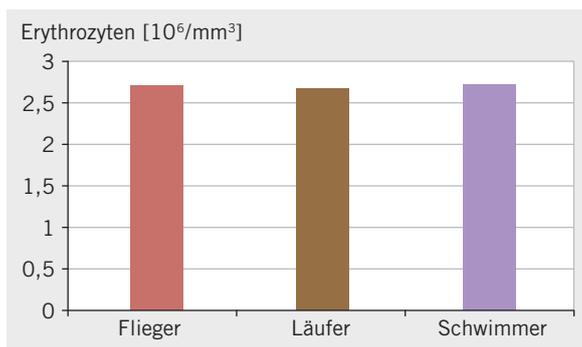
tersdiabetes) bei Vögeln? Kleintiermedizin 1/10.

^{15/} PRINZINGER, R. & A. MISOVIC (2010) *Age-correlation of blood values in the Rock Pigeon (Columba livia)* Comp. Biochem. Physiol. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2009.07.028>

☐ Allometrie (Abhängigkeit von der Körpermasse) der Erythrozyten-Anzahl (MCC, oben) und des Erythrozyten-Volumens (MCV, unten) verschiedener Vogelarten.



☐ Der Blutglukose-Wert der Vögel zeigt eine klare Abhängigkeit zum Fortbewegungstyp: Je mehr Energie für die Fortbewegung gebraucht wird, umso höher ist der Blutzucker-Wert. Etwas aus der Reihe fallen dabei allein die Kraniche, die aber für ihren extrem energiesparsamen Flug bekannt sind und sich deshalb niedrige Zuckerwerte »leisten können«.



☐ Differenziert man die Werte von ☐ nach Fortbewegungstypen, erhält man bezogen auf alle Vögel zunächst so gut wie keine größeren Unterschiede. Innerhalb der ausgewählten Gruppen stehen aber einige Vogelordnungen mit einer deutlich niedrigen Erythrozyten-Zahl heraus (Angaben in Millionen pro mm^3): Pinguine $1,97 \pm 0,22$, Kraniche $2,23 \pm 0,15$ und Strauße $2,11 \pm 0,18$. Das sind alles energiesparsame Bewegungstypen. Beinahe doppelt so hohe Werte zeigen dagegen Kolibris $5,99 \pm 0,08$, Tauben $3,38 \pm 0,58$ und Segler $4,65 \pm 0,51$, die alle exzellente Flieger sind.

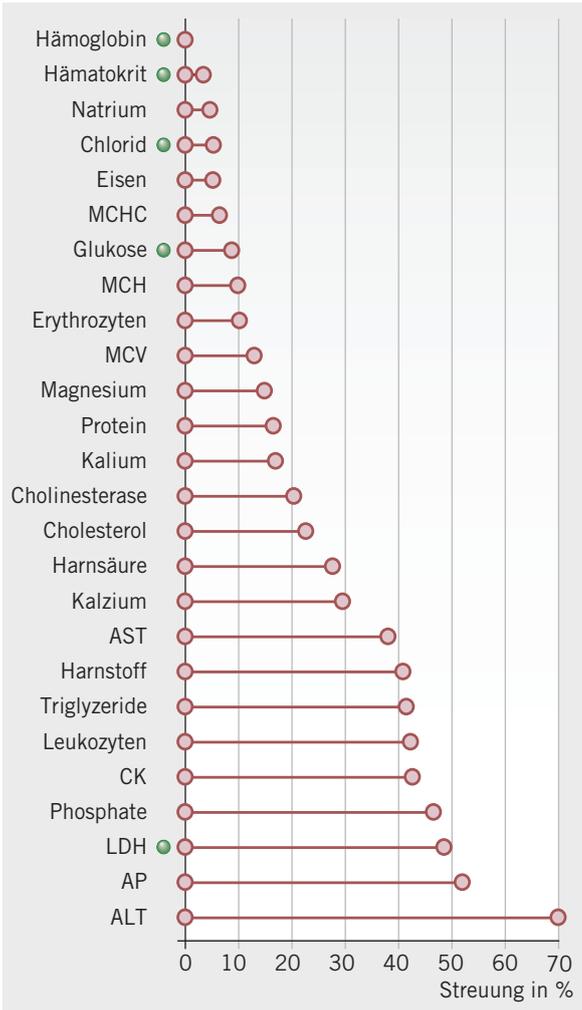


☐ Einjährige (oben) und 19-jährige Brieftaube (*Columba livia*). Die alte Taube zeigt typische Alterserscheinungen: Alterswarzen im Kopf- und Schnabel-Bereich; zum Teil verkrüppelte Füße/Zehennägel und trockene, grobe Fußbeschuppung.

globin-Konzentration sowie der Glukose-Konzentration im Plasma. So sinkt die Glukose-Konzentration im Blut mit steigender Körpermasse ab. Differenziert nach der Art der bevorzugten Fortbewegung, ist ein signifikanter Unterschied zwischen Schwimmern (zum Beispiel Entenvögel, Ruderfüßer), Läufern (Straußen-, Hühnervögel) und Fliegern (alle übrigen Ordnungen) festzustellen. Hierbei korreliert die Glukose-Konzentration mit dem Energieaufwand, den die jeweilige Fortbewegungsart »kostet«. So haben Flieger mit der energieaufwendigsten Fortbewegungsart auch den höchsten Glukose-Wert, gefolgt von den Läufern und Schwimmern. ☐

Die Abhängigkeit der Glukose zur Art der Fortbewegung wird durch scheinbare Ausnahmen von der Regel unterstrichen: Bei Kranichen, exzellenten Langstreckenfliegern, fand man die niedrigsten Glukosekonzentrationen bei Vögeln überhaupt. Mit die höchsten Werte finden sich bei den Fliegern in der Ordnung der Taubenvögel (*Columbiformes*), da diese in der Regel schnelle und ausdauernde Flieger sind. Der Glukose-Wert der Wachtel *Coturnix coturnix* liegt um circa 30 Prozent über dem Erwartungswert der Läufer. Diese Erhöhung ist damit erklärbar, dass die Wachtel in Fluchtsituationen als »Senkrechtstarter« kurzfristig sehr viel Flugenergie benötigt.

Betrachtet man die Zahl der Erythrozyten im Vogelblut, so findet man hier zunächst keine Unterschiede. ☐ Dennoch: Besonders hohe Werte fanden wir bei der

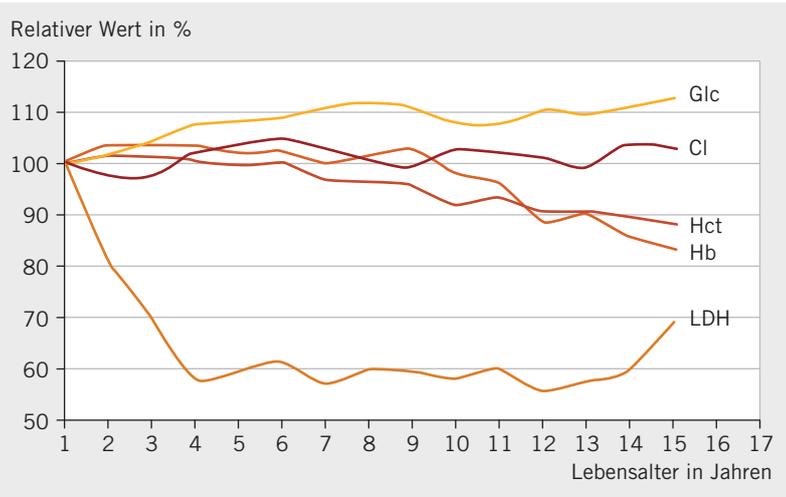


Die Schwankungsbreite der untersuchten Blutparameter von Brieftauben über die gesamte Lebensdauer unter Ausschluss anderer Faktoren (zum Beispiel Jahreszeit, Tageszeit, Ernährung, Aktivität). Mit grünen Punkten sind diejenigen Parameter gekennzeichnet, bei denen eine klare Altersabhängigkeit gefunden wurde. Große Schwankungsbreiten zeigen vor allem Enzyme und Stoffwechselprodukte, deren Varianz bis zum knapp 20-fachen des Referenzwertes ansteigen kann. Die hohe Variabilität der Leukozytenanzahl beruht auf der schnellen De- und Re-Mobilisierung dieser »Blutpolizei« aus Speichern beim Eintritt von Antigenen ins Blut.

Felsentaube *Columba livia*, einem schnellen und ausdauernden Flieger, sowie bei der Türkentaube *Streptopelia risoria*. Vögel, die sich nicht so energieaufwendig fortbewegen, zeigen dagegen niedrigere Erythrozyten-Zahlen: die Spießente *Anas acuta*; das Haushuhn *Gallus gallus*; die Wachtel *Coturnix coturnix* oder der Pfau *Pavo cristatus*. Die höchsten Erythrozyten-Zahlen sind bei Kolibris zu finden. Deren Erythrozyten sind auch mit einer besonders hohen Konzentration von Hämoglobin ausgestattet, damit der hohe Sauerstoffbedarf beim Schwirrflyg gedeckt werden kann.

Auch Vögel altern: Altersdiabetes bei Tauben

Daten zur Altersabhängigkeit von Blutparametern bei Vögeln über das gesamte Lebensalter findet man in der Literatur so gut wie nicht. Die wenigen Publikationen, die sich per se damit beschäftigen, behandeln meistens nur kurze Abschnitte der Lebensspanne. Wir haben in einem Langzeit-Monitoring bei 76 frei fliegenden Brieftauben (*Columba livia*) aller potenziellen



Relativer Verlauf (Alter 1 Jahr=100 Prozent) der altersabhängigen Blutparameter bei der Brieftaube (*Columba livia*). Chlorid und Glukose zeigen eine Zunahme; die anderen Parameter fallen mit dem Alter ab. Glc=Glukose, Cl=Chlorid, Hct=Hämatokrit, Hb=Hämoglobinwert, LDH=Lactat-Dehydrogenase.

Altersstufen (1–19 Jahre) über 30 Blutparameter auf deren Altersabhängigkeit untersucht.

Die meisten Bestandteile des Plasmas zeigten zwar sehr unterschiedliche adaptionsbedingte Variabilität, waren aber relativ altersstabil. Auffällig ist aber der altersbedingte Anstieg des Blutzuckers um rund 12 Prozent. Diabetes mellitus ist nach bisheriger Ansicht eine beim Vogel sehr seltene Erkrankung. Die uns vorliegenden Daten lassen aber keinen anderen Schluss als Altersdiabetes (Diabetes Typ 2) zu, der damit erstmalig bei Vögeln nachgewiesen wäre. Dabei handelt es sich wahrscheinlich ebenfalls (genau wie bei Ratten und beim Menschen) um die Folge eines beständigen Überangebotes an kohlehydratreicher Nahrung in Gefangenschaft, die zu einer Erschöpfung des Insulin-Regelsystems führen kann. Man sieht, die Untersuchung des Blutes bei Vögeln kann noch viele Überraschungen bieten.

Die Autoren



Prof. Dr. Roland Prinzinger, 62, ist Professor für vegetative Physiologie/Stoffwechselphysiologie im Fachbereich Biowissenschaften. Er hat in Tübingen Biologie und Chemie studiert und befasst sich seit seiner Promotion mit

Fragen des Energiehaushaltes und der Physiologie von Herz und Blut, wobei Anpassungen und Altersaspekte einen Schwerpunkt bilden. Der Autor hat neben seinen wissenschaftlichen Beiträgen mehrere Bücher geschrieben und in zahlreichen Fernseh- und Radiosendungen das Thema einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt.

prinzinger@bio.uni-frankfurt.de

Andrea Misovic, 43, und **Birgit Nagel**, 52, sind Technische Assistentinnen im Arbeitskreis Stoffwechselphysiologie von Prof. Prinzinger und seit vielen Jahren intensiv mit der experimentellen Bestimmung und Auswertung physiologischer Daten beschäftigt.