

Das Problem der Blutzellen.

(II. Mitteilung.)

Von

Dr. W. Loele

(Staatliche Landesstelle für öffentliche Gesundheitspflege, Dresden.)

(Eingegangen am 12. Dezember 1924.)

Die Leistung einer Körperzelle ist im allgemeinen durch 3 Größen bedingt, durch die Struktur der Zelle, durch die Beschaffenheit der Umgebung und durch die nervöse Fernwirkung. Eine Ausnahme bilden die Zellen des strömenden Blutes. Der direkten nervösen Einwirkung sind sie entzogen, ihre Umgebung, die Blutflüssigkeit, ist von fast gleichbleibender Beschaffenheit, ihre Struktur ist konstant. Da alle Größen mehr oder weniger gleich sind, ist

1. die Leistung der verschiedenen Blutzellen verschieden und für jede Zelle konstant,
2. es kann innerhalb des strömenden Blutes niemals eine Zellart in die andere übergehen, und
3. Zellveränderungen, die durch die Umgebung bedingt sind, müssen sich an allen Zellen der gleichen Art in gleicher Weise äußern.

Hiergegen könnte man den Einwand machen, daß lediglich durch das Altern der Zelle verschiedene Formen entstehen, eine Auffassung, die noch von *Virchow* vertreten wurde. Aber einmal läßt sich das Altern einer Zelle nicht mit dem Altern eines Körpers vergleichen, dessen, der Einwirkung der Zellen teilweise entzogenen Strukturen nicht so regenerationsfähig sind, wie die in der Zelle liegenden Strukturen, sodann ist durch die hämatologische Forschung der letzten Jahre auch sicher gestellt, daß ein unmittelbarer Übergang der einen Zelle in die andere nicht erfolgt.

Auch noch in einem anderen Punkte unterscheiden sich die Blutzellen von den Zellen des Gewebes. Es sind Zellen, die an der Grenze der Leistungsfähigkeit und Lebensfähigkeit überhaupt stehen. Das rote Blutkörperchen ist meist schon eine tote Struktur, die neutrophilen Leukocyten sind nicht mehr vermehrungsfähig, und auch der kleine Lymphocyt kann sich nicht teilen, ohne erst in eine größere Form überzugehen.

Da alle Blutzellen von teilungsfähigen Zellen abstammen, gehen in diesen Lösungs- oder Fällungserscheinungen vor sich, zu deren

Zustandekommen konstante Bedingungen erfüllt sein müssen, um die Gleichheit der Zellart zu gewährleisten.

Als erste der Blutzellen tritt entwicklungsgeschichtlich das rote Blutkörperchen auf, zunächst noch kernhaltig, wenn auch mit reduziertem Kern, später kernlos. Zu seiner Entstehung ist es notwendig, daß in der Zelle ein Kernlösungsprozeß sich abspielt. Nun ist es an sich unwahrscheinlich, daß die rote Blutzelle sich gewissermaßen selbst kastriert, sondern die Kernlösung ist die Folge einer äußeren Einwirkung. Es ist wahrscheinlich der steigende Sauerstoff- und Nahrungsbedarf des wachsenden Körpers, der in einem Teile der Zellen Veränderungen herbeiführt, die den übrigen Zellen zugute kommen, indem sie die Sauerstoffzufuhr vergrößern. Als Folge der Asphyxie werden in einzelnen Zellen Katalysatoren frei, die den Kern zur Lösung bringen, während der übrige Körper der Zelle durch eine eigenartige lipoide Umwandlung gegen die tryptische Verdauung geschützt, nunmehr zum Sauerstoffträger wird¹⁾).

Würde der tryptische Katalysator als tryptisches Ferment in reichlichem Maße im Gewebe frei, so würde er eine Gefahr für die übrigen Körperzellen bilden, es ist daher eine stärkere Gegenreaktion des Körpers zu erwarten, die dazu führt, daß überflüssiges Ferment rechtzeitig gebunden wird, und diese Bindung wird sich wahrscheinlich äußern in dem Auftreten granulierter Zellen und in dem geringeren Auflösungsprozeß des Kernes, der sich auf das leicht abbaubare Kernkörperchen beschränkt, dabei aber nicht ganz vom Kern selbst ferngehalten werden kann. Als zweite Zellform entsteht der granuliert Leukocyt, dessen wichtigster Vertreter der neutrophile Leukocyt wird.

Würde die Gegenreaktion des Körpers zu stark ausfallen, so besteht die Gefahr, daß wieder die Bildung der roten Blutkörperchen gehemmt wird. Es muß demnach eine dritte Zellform auftreten, durch deren Sekretion eine übermäßige Bindung der tryptischen Fermente verhindert wird. So entsteht die dritte wichtige Zellform des Blutes, der kleine Lymphocyt.

Nunmehr steht das rote Blutkörperchen wie zwischen zwei Puffern. Diese drei Zellarten sind nicht unmittelbar voneinander abhängig, sondern die Bildung jeder Zellart ist selbständig und wird von der gesamten Beschaffenheit des Körpers beeinflusst, an der freilich die beiden anderen Zellarten mitbeteiligt sind. Die Form der in der Zelle entstehenden Strukturen ist den Gesetzen der Kolloidchemie unterworfen und abhängig von den bei der gegenseitigen Einwirkung der Kolloide auf-

¹⁾ Mit in Betracht zu ziehen ist vielleicht auch die Möglichkeit, daß von der fötalen Placenta Substanzen, die zur Kernlösung Beziehung haben, aufgenommen werden und die mesodermalen Zellen beeinflussen.

tretenden lytischen oder fällenden Katalysatoren. In der ersten Mitteilung Band 240, S. 1, ist auf diese Verhältnisse näher eingegangen.

In diesen drei wichtigsten Zellen des normalen Blutes gehen die folgenden Veränderungen vor sich.

1. *Rotes Blutkörperchen*: Auflösung des Kernkörperchens, Auflösung des Kerngerüsts und des Chromatins. Lipoide Umwandlung des Plasmas. Ablösung eines Farbstoffes. Bildung von Katalase und Phenolperoxydase, von Phenoloxydase in einzelnen kernhaltigen roten Blutzellen bei gestörter Blutbildung.

2. *Der neutrophile Leukocyt*: Lösung des Kernkörperchens, Lösungserscheinungen des übrigen Kernes, besonders deutlich bei autolytischen Vorgängen. Speicherung eines tryptischen Fermentes im Protoplasma. Bildung von Diastase (Hundeleukocyten), Oxydase, Peroxydase und Katalase außer der Tryptase.

3. *Der kleine Lymphocyt*: Ein Teil des Kernes, der größte Teil des Protoplasmas wird durch einen Lösungsprozeß abgestoßen. Pathologische Lymphocyten zeigen häufig Verschleimungserscheinungen und eine unscharfe Umrandung (Tröpfchenrand). Auftreten von Lipase.

Die Bildung der roten Blutzellen.

Wenn in den weißen granulierten Blutzellen kernlösende Fermente gebildet werden, so ist es naheliegend, anzunehmen (wenn auch zunächst nur als Arbeitshypothese), daß bei der Kernlösung in roten Blutzellen auch ähnliche Substanzen, wie in den neutrophilen Leukocyten, vorhanden sind, durch deren Freiwerden der Kernlösungsprozeß eingeleitet wird. Daß diese Fermente nicht im freien Zustand nachweisbar sind, kann darauf zurückgeführt werden, daß beim Auftreten der freien Fermente infolge Einleitung eines Auflösungsprozesses sofort Bindung der Fermente eintritt.

Nun fällt beim Erwachsenen der Grund, der für die Bildung der embryonalen roten Blutkörperchen beeinflussend war, fort, dem fertigen Körper steht genug Sauerstoff und Nahrung zur Verfügung, um alle Zellen zu versorgen. Wenn also kernlose Zellen entstehen sollen, so ist das nur dadurch möglich, daß an bestimmten Orten erst eine künstliche Asphyxie herbeigeführt wird. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese Bedingung durch die leukocyitären Ausscheidungen erfüllt wird, die den Sauerstoff zunächst an sich reißen. Daß die Leukocytengranula auch normalerweise sezernieren und daß dadurch ihre Umgebung zunächst basischer wird, so daß basische tryptische Fermente sich bilden können, ist histologisch nachweisbar. Auf dieses asphyktische Stadium, das zum Freiwerden und zur Ausscheidung der fermentativen Grundsubstanzen führt, erfolgt allmählich, zunächst unter Oxydationssteigerung, die bei genügender Sauerstoffzufuhr nach der Zersetzung der

Leukocyten-Ausscheidungen eintreten muß, die Kernlösung mit gleichzeitiger Umwandlung des Protoplasmas in eine lipoiden Membran. Es ist zweifellos kein zufälliges Zusammentreffen, daß die beiden so charakteristischen Zellformen, das rote Blutkörperchen und der neutrophile Leukocyt, sich an gleicher Stelle bilden, die bestimmte für beide Zellen notwendige Voraussetzungen erfüllt. Die Ausscheidungen der Leukocyten werden meist sehr schnell durch Oxydation zerstört, es ist notwendig daß sie wenigstens vorübergehend erhalten bleiben. Nun haben die Untersuchungen an ähnlichen Substanzen, die wie die Leukocytengranula Naphtholoxydase besitzen, gezeigt, daß derartige Substanzen besonders gern an hyaline, zur Verkalkung neigenden Bindegewebsbälkchen adsorbiert werden und dort durch die Naphtholreaktion darstellbar sind. Im knochenbalkenreichen Gewebe würde also eine Bedingung bereits erfüllt sein. Es gibt aber noch weitere Betrachtungen, die auf einen Zusammenhang zwischen Bildung der roten Blutkörperchen und Leukocyten hinweisen.

Die roten Blutkörperchen sind die einzigen Zellen des menschlichen Körpers, welche die gelösten Naphtholoxydase mancher Mollusken an sich reißen und dadurch selbst die Fähigkeit gewinnen, sich in alkalischen Lösungen schwarz zu färben, während sie normalerweise die Naphtholoxydase-reaktion nicht geben. Nun zeigen Beobachtungen an Mollusken, daß die in die Fixierungsflüssigkeit übertretenden Naphtholoxydase mit besonderer Vorliebe von solchen Substanzen in haltbarer Form absorbiert werden, die selbst mit Sicherheit oder mit großer Wahrscheinlichkeit aus naphtholpositiven Substanzen hervorgegangen sind.

Wenn also die roten Blutkörperchen als einzige Zellen des Körpers eine sekundäre Naphtholreaktion (1. Grades, wie ich sie genannt habe) geben, so bedeutet das, daß in ihnen Gruppen enthalten sein müssen, welche ein besonderes Konservierungsvermögen für die Naphtholoxydase besitzen, wie Substanzen, die aus Naphtholoxydase hervorgegangen sind; die Zellen der myeloischen Reihe enthalten aber sämtlich Naphtholoxydase. Die Stammzellen der roten Blutkörperchen müßten demnach in naher Verwandtschaft zu denen der myeloischen Zellen stehen.

Bei Störung der Blutbildung läßt sich auch zeigen, daß noch Naphtholoxydase teils an der Oberfläche oder im Innern des Kernes, teils im Protoplasma in Form von Granula vorhanden sind. Außer bei bleivergifteten Meerschweinchen habe ich Naphtholoxydase-reaktion dieser Gebilde auch im menschlichen Blute bei anämischen Prozessen, die mit dem Auftreten von kernhaltigen roten Blutkörperchen verbunden waren, erhalten.

Wenn auch die Stammzellen der roten und weißen Blutkörperchen

verschieden sind, wobei übrigens die Frage noch nicht endgültig gelöst ist, ob nicht Rückschläge dieser Mutationsformen in eine ältere Stammform noch möglich sind, so darf man als wahrscheinlich annehmen, daß in beiden Zellen ähnliche, vielleicht auch gleiche Grundsubstanzen vorhanden sind, die nur in den beiden Zellarten verschieden verarbeitet werden.

Bei Mollusken ist es besonders die Auster und die Miesmuschel, deren Zellen zum Teil Veränderungen zeigen, die zum Vergleich mit Vorgängen in roten und weißen Blutzellen herangezogen werden können. Die Gefäße der Auster enthalten, wie auch sonst das Gewebe, zahlreiche Zellen, die etwa wie neutrophile menschliche Leukocyten aussehen (sie treten z. B. auch durch das Oberflächenepithel), sich aber von diesen dadurch unterscheiden, daß sie nur die Naphtholperoxydase-reaktion geben, sie verhalten sich also wie die roten Blutkörperchen der höheren Tiere. Da sie auch im Kiemen neben größeren naphtholoxydasehaltigen Zellen vorkommen, darf man wohl annehmen, daß sie an den Atmungsvorgängen irgendwie beteiligt sind. Bei der Miesmuschel ist der Körper mit einem Pigmentepithel überzogen, und es läßt sich bei ganz frischen Exemplaren¹⁾ zeigen, daß vom Rande her zunächst das Epithel Naphtholperoxydasen enthält und pigmentfrei ist, daß dann das Pigment allmählich in den basalen Teilen der Zellen auftritt und zunehmend die Naphtholperoxydasen völlig verdrängt. In dem Maße also, wie die Pigmentumwandlung in der Zelle vor sich geht, müssen die naphtholpositiven Substanzen umgeformt werden, es ist somit hier ein Beispiel gegeben dafür, wie gleichzeitig in einer Zelle noch beide Substanzen vorkommen können, wie aber mit dem stärkeren Auftreten der einen Substanz die andere verschwindet. Bei der Auster gibt das gelbbraune Pigment der sogenannten Leber Benzidinperoxydasereaktion (nach 2stündiger Formolfixation) und adsorbiert vorübergehend die sich lösenden Naphtholperoxydasen der Leukocyten in haltbarer Form. Es bestehen demnach auch hier Beziehungen zwischen Ferment und Pigmentträger. Interessanterweise geben die Leukocytengranula der Auster zum Teil bei Formolfixation nach einigen Wochen vorübergehend Naphtholoxydase-reaktion in alkalischen Naphthollösungen, geben also, wie die roten Blutkörperchen der höheren Tiere, eine sekundäre Naphtholreaktion. Sekundäre Reaktion der Kernkörperchen konnte dagegen im Gegensatz zur Teichmuschel nicht festgestellt werden. Auch in den roten Blutkörperchen der höheren Tiere sind Naphtholperoxydasen und Pigmente nachweisbar. Das Pigment ist aber bereits abgespalten und füllt den Inhalt des roten Blutkörperchens als Hämoglobin.

¹⁾ Der technischen Assistentin der Landesstelle, Fr. *Winkler*, die mir Exemplare aus Hamburg verschaffte, bin ich besonders zu Dank verpflichtet.

Neutrophiler Leukocyt.

Wenn in den neutrophilen Leukocyten das tryptische Ferment, noch ehe es frei ist, bereits granulär gebunden wird, so müssen hier Substanzen vorhanden sein, welche das Freiwerden der Tryptase verhindern. In den Leukocyten kann demnach der tryptische Abbau des Kernes nicht so weit gehen, wie in den roten Blutkörperchen. Bei den autolytischen Prozessen, die man manchmal, wenn Blut im Reagensglas einige Tage steht, in Leukocyten beobachtet, findet man aber oft, daß der Kern zu drehrunden, ganz homogenen Kugeln verkleinert wird, die ganz so aussehen, wie die Kerne in manchen pathologischen roten Blutkörperchen und allmählich sich auflösen. Auch hier findet man nicht selten, daß der ganze Kern eine gleichmäßige Naphtholperoxydasereaktion gibt. Ebenso ist in frischen Blutaussstrichen oft der Kern von naphtholpositiven Massen an einzelnen Stellen stärker besetzt, die Neigung zum Zerfließen zeigen, während die Granula der Zelle selbst scharfe Umrisse haben. Wie auf der einen Seite die naphtholpositive Substanz einen gewissen Schutz gegen die Auflösung durch ein tryptisches Ferment zu gewähren scheint, so macht es andererseits den Eindruck, als wenn bei der Auflösung dieses Stoffes ein kernlösendes Ferment unter gewissen Umständen frei wird, so daß demnach in den Zellen eine Art Selbstregulation des Kernlösungsprozesses möglich ist.

Die lymphatischen Zellen.

Wenn man annimmt, daß in den verwandten Stammzellen, den Lymphoblasten, die gleichen fermentativen Grundsubstanzen, wie in den Myeloblasten vorhanden sind, dann ist es selbstverständlich, daß kleine Lymphocyten sich niemals gehäuft da bilden können, wo Leukocyten entstehen, da zur Darstellung der myeloischen Zellen der Abbau des Kernkörperchens die erste Bedingung ist, während alle Lymphocytenformen sogar verhältnismäßig große Kernkörperchen besitzen. Wie bei der Bildung der myeloischen Formen die Asphyxie eine gewisse Rolle spielt, so ist bei der Bildung der kleinen Lymphocyten umgekehrt gesteigerte Sauerstoffzufuhr nötig, damit infolge gesteigerter Zellatmung bei der Bildung der zur Auflösung des Protoplasmas nötigen Fermente nicht die Fermente der basischen Seite entstehen, die reduktive Vorgänge erfordern (Tryptase). Bei der Bildung von Follikeln und Keimzentren im Gewebe, das sonst frei ist von lymphatischen Zellen, z. B. in der Muskulatur des Wurmfortsatzes bei chronischen Entzündungen, ferner im Mesenterium, findet man immer, daß zunächst diffuse Zellinfiltrate auftreten, und daß erst mit dem gehäuften Auftreten von typischen Lymphocyten auch das Auftreten des zentralen rundlichen Feldes erfolgt, das als Keimzentrum bezeichnet wird. Nicht das Keimzentrum bildet die Lymphocyten, sondern die Lymphocyten bilden

das Keimzentrum, und mit gestörter Lymphocytenbildung wird auch die Bildung des Keimzentrums unregelmäßig, deshalb, weil die Plasma-verdauung, die notwendig ist zur Bildung der kleinen lymphatischen Formen, unvollständig wird. Das Vorhandensein von Lymphbahnen ist für die regelmäßige herdweise Bildung der Lymphocyten notwendig.

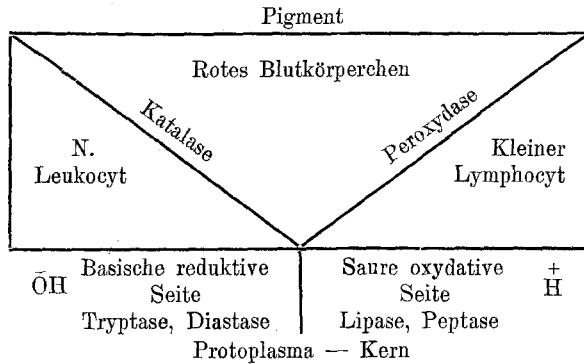
Eine theoretische Begründung hierzu findet sich in Fol. haem. 14 (theoretische Deutung der Struktur der Milz).

Es ist demnach verständlich, warum die lymphocytären Formen erst dann auftreten können, nachdem Zellen auftauchen, die Grundsubstanzen für lytische Fermente gespeichert haben, so daß sie in solchen Mengen auftreten, daß ein ganzes Zellfeld von ihnen beherrscht wird.

Betrachtet man die in den Blutzellen vorkommenden Fermente und berücksichtigt zugleich, welche Fermente an einem bestimmten Auflösungs Vorgang mit Wahrscheinlichkeit beteiligt sind, so kommt man auf eine gesetzmäßige Reihe, an deren beiden Enden auf der einen Seite der neutrophile Leukocyt und das kernlose rote Blutkörperchen (in dem ein fermentativer Kernlösungsprozeß abgelaufen ist), auf der anderen der protoplasmaarme Lymphocyt stehen. Auf der einen Seite sehen wir, daß von den Lymphocyten abgeleitete Formen, wie die lymphocytären Gewebsmastzellen ihre Granula gelegentlich vollständig lösen, daß demnach ein Prozeß in den Zellen vor sich geht (Verschleimung kohlehydratartiger Strukturen), den man als einen peptisch diastatischen bezeichnen kann. Da der Lymphocyt eine Lipase (*Bergel*) enthält, haben wir auf der lymphocytären Seite die drei Fermente, Peptase, Lipase, Diastase. Umgekehrt enthalten die neutrophilen Leukocyten eine Tryptase, oft eine Diastase. Wenn die lipoiden Granula sich auflösen, ist anzunehmen, daß in den Zellen intermediär eine Lipase auftritt. Es sind demnach die 3 Fermente möglich: Tryptase, Diastase und Lipase, so daß die Wirkungsart beider Zellarten teilweise ineinandergreift, nämlich soweit es sich um die Diastase und Lipase handelt.

Es geht aus diesen Betrachtungen hervor, daß ein Übergang der ausgebildeten Zellen in eine typische andere Form so gut wie ausgeschlossen sein muß, da erst eine Zellveränderung nötig ist, die bei den Formen der myeloischen Reihe fast unmöglich ist, da er den Wiederaufbau der Kernkörperchen erfordert. Bei den lymphatischen Zellformen muß der kleine Lymphocyt unbedingt zunächst in eine größere Form übergehen, ehe er überhaupt in die Lage kommt, in ähnlicher Weise zu reagieren wie ein Leukocyt. Auch diese Umformung, die eine Auflösung der Kernkörperchen zur Voraussetzung hat, ist schwierig, erscheint aber unter pathologischen Verhältnissen nicht ganz unmöglich, es wird sich dann meist um pathologische atypische Zellformen handeln.

Die drei wichtigsten Blutzellen ergänzen sich in ihren Eigenschaften, gewissermaßen zu einer ganzen Zelle, wie es die folgende Figur andeutet.



Die Beziehungen zwischen Peroxydase und Pigmentbildnern bzw. Pigment sind in dem tierischen Körper nicht so deutlich, wie bei den Pflanzen, wo sie den Botanikern lange bekannt sind. Die ungefärbten Granula der Eiweißzellen mancher Mollusken (*Arion fuscus*), die Naphtholoxidasen und zugleich oft Benzidinperoxydasen enthalten, geben bei Behandlung mit Alkalien einen gelben bis braunen Farbstoff. Deutlich sind diese Beziehungen z. B. bei jungen keimenden Maispflanzen dann, wenn der Stengel die Neigung zeigt, sich rot zu färben. Am stärksten gibt die Naphtholperoxydasereaktion die Wurzel, Blüten geben niemals Peroxydasereaktion, es entsprechen also die Wurzelzellen mehr den Leukocyten, die Blütenzellen mehr den Lymphocyten. Halbiert man etwa eine 8 cm lange Maispflanze der Länge nach und behandelt die eine Hälfte mit einem Peroxydasereagens (Naphthol) und die andere mit einer Lösung von Alkali, so beobachtet man eine Grünfärbung der vorher farblosen Wurzel in der alkalischen Lösung, besonders an den Stellen, die in der Naphthollösung sich violett färben. Es sind demnach mit den Peroxydasen Farbstoffbildner vergesellschaftet, die durch gesteigerte Oxydation (OH-Wirkung) einen grünen Farbstoff geben. Sehr oft sind die äußeren Spitzen der Blätter purpurrot, und dieser rote Farbstoff geht bei Säurebehandlung in Blau (später Grün, Gelb) über. Untersucht man andere Blätter, welche die Rotfärbung nicht zeigen, so findet man, daß sie an der Spitze viel mehr naphtholpositive Substanzen enthalten als die übrigen Blattzellen. Es stehen demnach die roten Blatteile, was Gehalt an zersetzbarer Naphtholperoxydase anlangt, den Wurzelzellen näher als die Blattzellen. Da im lebenden Gewebe Bildung freier Säuren, die eine Blaufärbung (bzw. Auftreten sämtlicher Farben) hervorrufen, nur da möglich ist, wo gesteigerte Oxydation stattfindet, ist das Auftreten

von blauen Pigmenten besonders in der Blüte zu erwarten, wo die Oxydation sehr lebhaft ist. Die Blütenfarbstoffe sind nach *Willstätter* stickstofffreie Oxoniumsalze. Es müssen daher die stickstoffhaltigen Gruppen aus der phenolbindenden Grundsubstanz durch Oxydation abgespalten sein. Es ergibt sich hieraus, wenn man berücksichtigt, daß die gewöhnlich in der Wurzel auftretenden Pigmente gelb sind, die Reihenfolge gelb, rot, grün, blau, d. h. gelb entspricht der größten Basizität, blau der größten Acidität der Zellen. Wie die Pigmente der Pflanzen sind die der Tiere cyclisch und heterocyclisch (Chlorophyll, Hämoglobin).

Untersuchungen an roten Blutkörperchen haben den Vorteil, daß allen Untersuchern eine gleichbleibende Struktur vorliegt, so daß Untersuchungsergebnisse leicht nachgeprüft werden können. Daß ähnliche Membranen, wie die der roten Blutkörperchen, auch in anderen Zellen vorkommen, ist, wie ja *Bechhold* bereits betont hat, nicht unwahrscheinlich. Auch in anderen Körperzellen findet man Auflösungsvorgänge, die teils auf die Kernkörperchen allein beschränkt sind, teils sich auch auf die Kerne erstrecken. Bei der Entkernung der Epidermiszellen z. B. handelt es sich um ähnliche Vorgänge, wenn auch mit anderem Ausgang, um Austritt und Auflösung von Nucleolarsubstanz. Auch in manchen Epithelien der Körperoberfläche und des Darmrohres findet man Naphtholoxidasereaktion, nicht als Dauer-, sondern als vorübergehenden Funktionszustand (Mollusken, Fische). Auch hier ist das Auftreten ähnlicher Substanzen festgestellt, wie sie in den Wanderzellen des menschlichen Blutes dauernd vorhanden sind. Nicht gleiche, aber vergleichbare Substanzen und Vorgänge, deren Untersuchung ein Licht auf den Stoffwechsel der Zelle wirft, weil ein Teil des Zwischenstoffwechsels der Untersuchung zugänglich wird, der zur Ferment- und Pigmentbildung in Beziehung steht.

Eine lipide Eiweißmembran, wie die gewaschener Hammelblutkörperchen, wird bei Gegenwart von aktivem Sauerstoff und Alpha-naphthol ganz verschieden, und zwar abhängig von der Sauerstoffmenge, löslich. Zunächst verschwindet die Löslichkeit im destillierten Wasser, dann in Sodalösung, die aber noch eintritt bei Zusatz von destilliertem Wasser, dann die Lösung in verdünnten Säuren und in Laugen. Es hängt demnach unter Umständen lediglich von der Größe des Oxydationsprozesses innerhalb einer Zelle ab, ob schwerlösliche oder unlösliche Strukturen entstehen, die die Gestalt einer Zelle vollständig verändern können, wenn sie dauernd bestehen bleiben. Ist die Membran so beschaffen, wie die menschlicher roter Blutzellen, dann sind erheblich größere Mengen Sauerstoff nötig, wenn man nicht gleichzeitig Substanzen einwirken läßt, die die Sauerstoffmengen herabsetzen (z. B. Formolalkalilösung).

Gewaschene Hammelblutkörperchen sind in verdünnten Säuren löslich, nicht in stärkeren (z. B. Normalsalzsäure), durch Zusatz von Kochsalz kann die Löslichkeit aufgehoben werden. Das ist mit Rücksicht auf die Salzkondensation an Membranen (Macallum) von einem gewissen Interesse.

In den Blutzellen sind Stoffwechselvorgänge, wie sie indermediär in jeder Zelle möglich sind, auf Kosten des Kernes oder des Protoplasmas so ausgearbeitet, daß diese Zellen nunmehr als Reserven auftreten, die imstande sind, die Atmungs- und Verdauungsprozesse anderer Zellen dann zu unterstützen, wenn diese allein dazu nicht in der Lage sind. Das Problem der Blutzellen ist ein Problem der Zelle überhaupt.
