

### Erklärung der Abbildungen auf Tafel XII.

- Fig. 1. Färbung nach Ramon y Cajal-Levaditi: Darstellung der Achsenzyylinder.  
 Fig. 2. Färbung nach Pröscher: Große Ganglienzelle mit drei Kernen nebst Kernkörperchen.  
 Fig. 3. Färbung nach Bielschowsky: Ganglienzelle mit umspinnenden Fasern, intrazelluläre Fibrillen vortäuschend.

---

## XIX.

### Beiträge zur Entwicklung des Knochenmarks.

(Aus der Medizinischen Klinik zu Kiel.)

Von

Dr. med. Külbs,

Assistenzarzt der Klinik und Privatdocent.

---

In meinen Untersuchungen über die Wirkung der Arbeit auf den Organismus des Tieres beobachtete ich, daß das Knochenmark in den Röhrenknochen bei den Arbeitstieren eine fast reine, blutrote Farbe hatte, während das Mark der Kontrolltiere jedesmal mehr gelbrot aussah. Bei dem Versuch, diese Tatsache weiter zu verwerten, stieß ich in der Literatur auf die bemerkenswerte Ansicht Hellys — eines Autors, der kürzlich eine zusammenfassende Darstellung aller das Knochenmark betreffenden Arbeiten gegeben hat, —: „Ein noch wenig bearbeitetes Gebiet ist die Physiologie des Knochenmarks. Wohl kennt man die der Blutregeneration förderliche Wirkung größerer Blutentziehungen, sowie manche Leukocytose erregende Versuche; desgleichen liegen bereits Angaben über die Wirkung von Röntgenstrahlen auf das Markgewebe vor, sowie auch einige Versuche über dessen biologische Reaktionen. Eine in Ansehung der therapeutischen Verwertbarkeit durchgeführte systematische Arbeit jedoch, welche ihre Stütze in Beobachtungen am Krankenbette fände, ist noch von keiner Seite durchgeführt worden, obwohl gerade die Tatsache, daß das Knochenmark bei einer großen Anzahl pathologischer Körperzustände Veränderungen zeigt, zu derartigen Versuchen ermuntern sollte.“

Durch Heranziehung der Histologie und Chemie hoffte ich einen Teil dieser Lücke auszufüllen und stellte mir die Aufgabe, jedesmal bei zwei Tieren von demselben Wurf sämtliche Knochen zu untersuchen und speziell folgende Fragen zu beantworten:

1. Wie ist das chemische Verhalten des normalen Marks in den verschiedenen Knochen, d. h. wie ist in verschiedenen Lebensaltern die absolute Menge von Fettmark und spongiösem Mark, wie groß ist die Marksubstanz nach Entziehung des Wassers, wieviel Fett enthält sie und wieviel wiegt der Ascherückstand?

2. Welche Zellen findet man in den verschiedenen Knochen und in verschiedenen Lebensaltern in Ausstrichpräparaten und im Schnitt?

Meine Untersuchungsmethode war folgende:

Es wurden 2 Hunde von demselben Wurf und zwar: Neugeborene, 4 Tage, 14 Tage, 6 Wochen, 3 Monate und 1 Jahr alte Tiere durch Entbluten getötet, sämtliche Knochen herausgenommen, aufgesägt gewogen, die Knochen einer Extremität für Ausstriche und anatomische Präparate benutzt, bei denen der anderen Seite das mit einem scharfen Löffel auskratzbare Mark entfernt. Das in der Mitte der Röhrenknochen befindliche weiche Mark ließ sich meistens ohne Mühe mit einem gebogenen Spatel aus der Knochenhülle entfernen. Einige Schwierigkeiten bereitete oft die Abgrenzung dieses weichen Marks vom spongiösen. Ich habe die Grenze immer in der Weise bestimmt, daß ich mit einer feinen Nadel die Resistenz prüfte und die Resistenzvermehrung mit Blei an der Knochenhülle markierte. Natürlich ist diese Absteckung der Grenze keine sehr exakte, da die feinsten spongiösen Knochenbälkchen der Übergangsstellen kaum eine Resistenzvermehrung bedeuten.

Die Auskratzung des spongiösen Marks geschah mit einem scharfen Löffel, und zwar wurde alles in der Knochenhülle liegende Mark entfernt. Es gelingt bei einiger Übung leicht, eine fast gleichmäßig dicke Knochenschale zurückzulassen. Nur bei den einjährigen Hunden ist das spongiöse Mark im proximalen Teil der Röhrenknochen teilweise verknöchert, so daß ich mich hier darauf beschränken mußte, die auskratzbaren Mengen zu entfernen. Bei den platten Knochen, die zum großen Teil nur spongiöses Mark enthalten, ging ich in derselben Weise vor, nur daß hier mit Ausnahme der Scapula nicht alles Mark, sondern nur einige Proben entfernt wurden. Das Mark der Rippen wurde nicht ausgekratzt, sondern in einem Schraubstock ausgequetscht. Der herausquellende Tropfen wurde jedesmal mit einem Holzspatel vorsichtig abgenommen, um Berührungen mit fetthaltigen Substanzen in der Umgebung zu vermeiden.

Die in Porzellantiegel eingefüllten Markmengen wurden gewogen, durch Trocknen bei 105° (mehrere Tage hindurch bis zur Gewichtskonstanz) der

Wassergehalt bestimmt, dann nach der von Rosenfeld angegebenen Methode das Fett extrahiert und schließlich der Rest bis zur Gewichtskonstanz verascht.

Die Rosenfeldsche Methode der Fettextraktion besteht in einer  $\frac{1}{2}$ stündigen Auskochung der Stoffe in Alkohol und in einer Chloroformextraktion während 6 Stunden mit nachfolgender Wiederholung beider Prozesse. Rosenfeld glaubt, daß durch diese Methode alles, was wir von fettartiger Substanz in einem Material vermuten können, extrahiert werde und daß die Ergebnisse der Pflüger-Dormeyerschen Methode um 40 % übertroffen würden. Nach meinen Erfahrungen ist die Zeit, die Rosenfeld für seine Methode angibt, zu kurz berechnet, denn ich fand, nach einer zweimal 6 stündigen Extraktion noch keine Gewichtskonstanz. Erst als ich 12 bis 14 Stunden extrahierte, um dann eine 6 stündige Wiederholung folgen zu lassen, erzielte ich konstante Werte. Die Differenz mag an der Art des Materials gelegen haben, da Rosenfeld und Schlesinger die erwähnte Methode an gepulvertem Fleisch (Rindsherz- und Ochsenmuskelfleisch) erprobt haben.

Wertvoll schien mir als Grundbedingung zur Beurteilung pathologischer Vorgänge die chemische Fettbestimmung, da von Rosenfeld festgestellt ist, „daß man sich durchaus nicht auf den mikroskopischen Fettbefund verlassen kann, sondern seine Zuflucht ausschließlich zur chemischen Analyse nehmen muß“. Obschon Hämoglobinbestimmungen bei reinem roten Mark vielleicht einige Grundwerte liefern können, habe ich keine gemacht, da bei meinen ersten Versuchen mit einem gemischten (teilweise rotem, teilweise gelbem) Mark sich diese als technisch undurchführbar gezeigt haben.

Bei der Bezeichnung des Marks halte ich mich gemäß Hellys Vorschlag an die einfache Beschreibung von Farbe, Konsistenz und Verbreitung.

Ich unterscheide weiches und spongiöses Mark und verstehe unter weichem das nicht durch spongiöse Knochenbälkchen gehaltene Mark. Da die Farbe zwischen rot und gelb wechselt, so wird man mit den vier Begriffen: „Weiches rotes, weiches gelbes, spongiöses rotes und spongiöses gelbes Mark“ operieren müssen. Wenn das weiche rote sich später in gelbes Mark umwandelt, so bedeutet dieser Farbenunterschied zugleich eine Umwandlung in Fett und es darf wohl gestattet sein, statt von weichem gelbem Mark von reinem Fettmark zu sprechen.

Die Ausstriche des Knochenmarks habe ich nach dem Vorschlage Ehrlichs (s. b. Helly) mit Kartonstreifen gemacht. Gefärbt wurden die Präparate nach verschiedenen Methoden, hauptsächlich mit Triacid und nach Leishmann. Die Zählung der Zellen geschah auf einem verschiebbaren Objektisch mit Ölimmersion. Es wurde jedesmal aus mehreren hundert Zellen die mittlere Prozentzahl herausgenommen.

Die Versuchstiere waren vollkommen gesunde, im Zwinger gehaltene Hunde, die mit gemischter Kost ernährt wurden und täglich mehrere Stunden Gelegenheit hatten, sich frei zu bewegen. Die Bernhardiner (vgl. Tab. I) stammen von demselben Wurf.

Was wir über die Physiologie und Chemie des Knochenmarks wissen, läßt sich kurz folgendermaßen wiedergeben:

Das Knochenmark ist die Bildungsstätte der roten Blutkörperchen. Durch Neumann und Bizzozero wurden im Jahre 1868 die kernhaltigen, roten Blutkörperchen, die man bis dahin nur beim menschlichen Embryo und bei niedern Tieren gefunden hatte, im roten Knochenmark des erwachsenen Menschen entdeckt. Beide Forscher knüpften an die Entdeckung die Vermutung, daß es sich um die Jugendformen der roten, kernlosen Blutkörperchen handle, und stellten fest, daß beim erwachsenen Menschen nur das Knochenmark diese kernhaltigen Blutkörperchen besitze und daß sich durch Verschwinden des Kerns aus den kernhaltigen kernlose rote Blutkörperchen entwickeln. Neumann zeigte später experimentell, wie bei Tieren nach Aderlassen das rote Mark die Stelle des Fettmarks einzunehmen und dadurch eine größere Menge von Blutkörperchen zur Deckung des Verlustes zu liefern bestrebt ist. Mit dieser Tatsache war freilich noch nicht festgestellt, woher die kernhaltigen stammen und auf welche Weise aus den kernhaltigen kernlose rote Blutkörperchen werden. Neumann nahm an, daß die Vorstufen der Kernhaltigen farblose Blutzellen seien, Bizzozero, daß die Ausgangsgebilde kern- und hämoglobinhaltige Zellen seien, die sich durch Mitose vermehren. Von den neuern Forschern auf diesem Gebiete sprechen sich Feuerstack und Pappenheim für die Entwicklung der roten aus farblosen Zellen aus und Pappenheim spez. nimmt die basophilen Leukocyten als Vorstufe der roten Blutkörperchen an und faßt diese Entstehungsart als heteroplastische Neubildung auf. Vorläufig ist ein abschließendes Urteil in dieser Frage nicht gesprochen und nach meiner Ansicht auch nicht so schnell zu erwarten.

Die Umwandlung der kernhaltigen Roten in kernlose stellt man sich folgendermaßen vor: Entweder wird der Kern ausgestoßen (Rindfleisch, v. d. Stricht, Saxer), oder er verschwindet in der Zelle durch Karyolyse (Kölliker, Neumann, Israel und Pappenheim). Bei dem ersten Umwandlungsmodus nahm der Begründer dieser Anschauung (Rindfleisch) an, daß der Kern neues Plasma aufzunehmen und Hämoglobin zu bilden imstande sei und auf diese Weise ein neuer Erythroblast entstehe. Die zweite Auffassung wurde neuerdings besonders von Israel und Pappenheim bei Mäuseföten näher verfolgt und als sicher richtig hingestellt. Ehrlich spricht sich für beide Arten der Entstehung aus und glaubt, daß aus den Normoblasten durch Kernausstößung Erythrocyten, aus den Megaloblasten durch Karyolyse Megalocyten hervorgehen.

Wie weit das rote Mark für die Bildungsstätte der weißen Blutkörperchen in Betracht kommt, hat Neumann seinerzeit nicht näher verfolgt. Er nahm an, daß außer Milz und Lymphdrüsen auch das Knochenmark sich an der Bildung der weißen Blutelemente beteilige. Ehrlich stellte auf Grund farbentechnischer Untersuchungen die Behauptung auf, daß von den beiden verschiedenen weißen Elementen die kernhaltigen Leukocyten nur vom Knochenmark erzeugt würden, während

die körnchenfreien Lymphocyten nur in Lymphdrüsen und Milz zu finden seien und hier gebildet würden.

Wenn auch nach dieser Ehrlichschen Einteilung die Lymphocyten als nicht zu den Knochenmarkselementen gehörig außer acht gelassen werden könnten, so muß ich sie doch erwähnen, da alle als Lymphocyten gekennzeichneten Zellen auch im Knochenmark vorkommen.

Die Lymphocyten teilt Ehrlich in große und kleine Lymphocyten ein. An der Ehrlichschen Charakterisierung der kleinen Lymphocyten nach Protoplasma und Kern hält man auch heute fest, nur haben Michaelis und Wolff darauf hingewiesen, daß bisweilen das Plasma nicht rein basophil sei, sondern violette Granula bei der Romanowsky-Färbung sichtbar gemacht werden könnten. Weniger klar sind die Ansichten über die großen Lymphocyten Ehrlichs, speziell die Trennung dieser von den großen mononukleären Leukocyten. Schon die verschiedenen Namen, die spätere Beobachter Zellen gaben, die mit der einen oder anderen Form identisch sein müssen [hypertrophische Lymphzelle (Michaelis), Markzellen (Troje), Myeloblasten (Naegeli), unreife Zellen (Grawitz)] weisen darauf hin, daß man sich über Herkunft, Färbbarkeit und Klassifizierung nicht ganz klar ist. Helly sondert von den Lymphocyten leukocytoide Lymphocyten und versteht hierunter „große mononukleäre Leukocyten mit reichlichem Protoplasma und exzentrisch gelegenen Kern“. Er hält diese Gebilde für die leukocytoiden Adventitiazellen Marchands. Schwierig wird die Klassifizierung dieser Zellgruppe (speziell die Trennung von den großen mononukleären Leukocyten) oft auch deshalb, weil man nicht das gleiche Aussehen, die gleichmäßige Färbbarkeit aller Zellen verlangen kann und „wir mit einem gewissen Spielraum rechnen müssen, innerhalb dessen kleine Unterschiede vorkommen können“ (Helly).

Türk glaubt, daß es bei einiger Übung nicht schwer ist, die Lymphocyten von den großen mononukleären Leukocyten zu trennen. Er stützt sich hauptsächlich auf das Verhalten des Kerns.

Die Übergangsformen führe ich nicht als gesonderte Zellklasse, sondern reihe sie unter die mononukleären Leukocyten ein. Nach den mit besonderen Methoden im Plasma färbaren Granulationen teilte Ehrlich die granulierten Leukocyten in fünf verschiedene Gruppen ( $\alpha$ - $\epsilon$ -Granulationen). Nachdem sich herausgestellt hat, daß  $\alpha$ - und  $\beta$ -Granula jedenfalls identische Gebilde sind und daß die  $\delta$ -Granula keine echten Granulationen, sondern geringe Plasmastrukturveränderungen bedeuten, beschränkt man sich jetzt auf azidophile, basophile und neutrophile Granula. Berücksichtigt man daneben die Kernform, so bleiben sechs verschiedene Arten von Leukocyten übrig: einkernige Neutrophile (Myelocyten Ehrlich), Eosinophile und Basophile, und polymorphkernige Neutrophile, Eosinophile und Basophile (letztere als Mastzellen bezeichnet). Neben diesen Zellformen kennt man heute noch den Begriff Plasmazellen und versteht darunter einkernige (selten mehrkernige), stark basophile ungranulierte Zellen, die jedenfalls von lymphatischen Elementen abstammen, im Blut (Pappenheim) und regelmäßig im Knochenmark vorkommen.

Von verschiedener Seite (Pappenheim, Hoffmann) werden diesen Plasmazellen angereicht, mit ihnen verwandt oder identisch bezeichnet die sog. Türkschen Reizungsformen, Zellen, die sich Farbstoffen gegenüber ähnlich verhalten wie die Plasmazellen, nur größer sind. Türk reiht diese Formen unter die „mangelhaft differenzierten Markelemente leukocyitären Charakters“ ein.

Noch zu erwähnen hätte ich die Riesenzellen oder Megakaryocyten (Howell), sehr große, bei verschiedenen Tieren verschieden geformte Zellen mit einem gelappten Kern, die oft Zelleinschlüsse (rote Blutkörperchen) enthalten.

Bei der Betrachtung dieser vielen verschiedenen Blutelemente drängt sich unwillkürlich die Frage auf, ob es nicht möglich ist, Übergänge von der einen Zelle zur anderen zu finden und alle auf eine gemeinsame Stammzelle zurückzuführen. Dieser verführerische Gedanke hat viele Autoren veranlaßt, eine schematische Darstellung zu geben, wie sie sich die Entwicklung vorstellen. Wie aus den Schemen hervorgeht, ist in dieser Frage vorläufig ein einheitlicher Standpunkt sicher nicht zu erreichen. Auch die Studien des embryonalen Knochenmarks haben keine Lösung der Frage herbeiführen können, sie haben gezeigt, daß frühzeitig eine Trennung der roten und weißen Blutkörperchen stattfindet und bereits im fünften Monat alle Zellen vorhanden sind, wie im postembryonalen Stadium (Engel).

Die erwähnten Blutelemente hat Helly nun nach dem Orte, an dem ihre Hauptmasse am regelmäßigsten und zahlreichsten gebildet wird, eingeteilt in spezifische und nicht spezifische Knochenmarkselemente, nach folgendem Schema:

### Spezifische Knochenmarkselemente:

1. Rote Blutkörperchen und deren Vorstufen.
  2. Leukocyten und deren Vorstufen, und zwar
    - a)  $\alpha$ - bzw. eosinophil s. azidophil, grobgranulierte Zellen;
    - b)  $\varepsilon$ - bzw. neutrophil s. feingranulierte Zellen beim Menschen oder  $\beta$ - bzw. amphophil granulierte Zellen an ihrer Stelle bei Tieren;
    - c)  $\gamma$ - bzw. basophil granulierte s. Mastzellen.
  3. Riesenzellen s. Megakaryocyten.
- Hierzu gesellen sich nun folgende:

### Nicht spezifische Knochenmarkselemente:

1. kleine Lymphocyten,
2. große Lymphocyten,
3. leukocytoide Lymphocyten s. große mononukleäre Leukocyten,
4. Plasmazellen (Türksche Reizungsformen),
5. blutkörperchen- und pigmenthaltige Zellen, zum Teil identisch mit 3., zum Teil endotheliale und retikuläre Elemente,
6. Osteoblasten und Osteoklasten s. Myeloplaxen, bloß äußerlich mit dem Knochenmark topographisch vergesellschaftet.

Über das prozentuale Vorkommen der verschiedenen Zellen sind in der Literatur bislang nur vereinzelte Angaben gemacht. Pappenheim hat sich speziell mit dem embryonalen und jugendlichen Mark beschäftigt. Er untersuchte die Femurdiaphyse von Kaninchenembryonen, neugeborenen und 12 Tage alten Tieren, das Rippenmark eines halbjährigen Kaninchens und eines vierwöchigen Hundes und begründete nach seinen Hauptergebnissen das oben erwähnte System. Auf die Ergebnisse Hammar's und Horvitz', die nur embryonales Knochenmark zum Gegenstand anatomisch-physiologischer Studien gemacht haben, will ich hier nicht eingehen, da es mir nur auf vergleichende physiologische Untersuchungen postembryonalen Stadiums ankommt. Jones stellte einander gegenüber das prozentuale Verhältnis der verschiedenen Knochenmarkselemente eines neugeborenen Kindes, eines Mannes, eines Kaninchens und eines Hundes; seine Tabelle lautet:

	Gigant Cells	Lymphoid Cells	Coarse Oxyphile Cells	Neutro- phile	Amphi- phile	Coarse Basophile	finephile	Poly- morph nuclear	Nucleated red Cells
Man healthy	0,2	50,2	3,3	10,2	—	—	0,2	6,7	8,2
Newborninfant	1,5	70,7	6,7	39,3	—	—	—	10,7	57,25
Rabbit	0,3	55,6	—	32,8	0,9	0,6	2,1	7,2	10,0
Dog	0,16	45,8	2,0	22,6	0,16	0,16	0,66	29,9	22,0

Roger und Josué haben ausgedehntere chemische und histologische Untersuchungen über das Knochenmark bei Kaninchen gemacht, hauptsächlich die chemischen Veränderungen des Marks bei Infektionen und Vergiftungen betreffend. In Vorversuchen haben sie vier normale Kaninchen verschiedenen Alters untersucht und gefunden, daß bei jungen Tieren die Zellelemente reichlicher sind wie bei älteren, daß bei Infektionen und Vergiftungen aber das zellarme Mark mit einer Vermehrung der Myelocyten, speziell der neutrophilen, reagiert.

Einschlägige Arbeiten über Zellelemente sind also gering. Was über das chemische Verhalten der Marksubstanz bekannt ist, ist folgendes:

Wir wissen, daß Hypoxanthin im Knochenmark (Salkowsky bei Leukämie, Heymann in Knochen gesunder Kälber) vorkommt. Milchsäure fand G. Salomon in dem Knochenmark Leukämischer. Eisenreaktion (Ferrozyankalium-Salzsäure, Schwefelammonium-Reaktion) bekamen Nasse und Quincke. Nasse betont die starke Reaktion des Rippenmarks älterer Pferde und Menschen; bei Hunden fand er die Reaktion außerordentlich wechselnd, nicht immer abhängig vom Alter der Tiere, oft bei jungen Tieren schon sehr reichlich. Quincke betont das reichlichere Vorkommen Fe-haltiger Körner im roten Mark (Sternum und kurze Knochen), sah die Reaktion in der

Peripherie reichlicher als im Zentrum und konnte eine außerordentliche Vermehrung durch Transfusion erzielen. Fleischer wies den Bence Jones'schen Eiweißkörper nach im Mark von Rindern, Pferden und Menschen, nachdem kurz vorher Virchow eine ähnliche Reaktion bei osteomalacischem Knochenmark gesehen hatte.

Quantitative Bestimmungen von Mohr ergaben für das Fettmark des Rindes einen Gehalt von 63 % Ölsäure, 22 % Palmitinsäure und 9 % Stearinsäure; flüchtige Fettsäuren waren nicht vorhanden.

Forrest fand im Mark von Kaninchenfemur und Pferderippen Albumin, Globulin und Nukleoalbumin; Proteosen oder Peptone waren nicht nachweisbar. Hutchinson und Macleod untersuchten das rote Mark der Pferderippe und fanden 32,6 % feste Stoffe, davon 11,6 % Eiweiß, 17,9 % Fett und 3 % Salze.

Die erwähnten Autoren Roger und Josué machten Fett-, Wasser- und Eiweißbestimmungen bei vier Kaninchen verschiedener Größe und fanden

					75% Wasser	11% Fett	10% Eiweiß
				bei einem Tier von 960 Gramm			
"	"	"	"	1830	51 "	32 "	4 "
"	"	"	"	2305	31 "	50 "	3 "
"	"	"	"	2880	34 "	50 "	4 "

Über die Umwandlung des roten Marks in Fettmark konnte ich präzisere Angaben in den mir zugänglichen physiologischen und pathologischen Lehrbüchern nicht finden. Man scheint allgemein anzunehmen, daß diese Umwandlung in den Wachstumsjahren vor sich geht und bezieht sich dabei meistens auf Angaben Neumanns, der ein Gesetz über die Verbreitung des gelben und roten Markes in den Extremitätenknochen im Jahre 1882 aufstellte. Nach Neumann besteht bei erwachsenen Personen der normale Zustand darin, „daß entweder sämtliche kleineren und größeren Knochen der Extremitäten ausschließlich gelbes Mark enthalten, oder daß die Anwesenheit eines roten lymphoiden Markes sich auf die oberen Teile der Oberarm- und Oberschenkelbeine (obere Epiphyse und ein kleinerer oder größerer Abschnitt der anstoßenden Diaphyse) beschränkt, während die untere Hälfte der genannten Knochen und die übrigen weiter peripherisch gelegenen Teile der Extremitäten überall gelbes Mark enthalten“. Die Substitution des ursprünglichen fötalen Marks durch Fettmark geschieht nach Neumanns Ansicht jedenfalls bereits in einem frühen Alter, und zwar so, „daß dieselbe von den Spitzen der Extremitäten ausgehend allmählich gegen den Rumpf vorrückt“. Ähnlich lautende Angaben ohne näheres Eingehen auf Zeit und Ort fand ich auch in den tierphysiologischen Lehrbüchern, so unter anderen bei Osters tag: „Rotes Knochenmark findet sich bei ungeborenen und neugeborenen Tieren in sämtlichen Knochen. In den mit einer Markhöhle ausgestatteten Röhrenknochen der Extremitäten schwindet das rote Mark in der Markhöhle nach der Geburt, um dem weißen oder gelben Fettmark Platz zu machen. Das rote Knochenmark persistiert aber in allen übrigen Knochen, so in den Knochen des Schädels, des Rumpfes (Wirbelsäule, Rippen, Brustbeine, Becken) sowie an den Schulter-



blättern.“ Daß bereits bei der Geburt im menschlichen Knochenmark spärliche Fettzellen vorhanden sind, haben histologische Untersuchungen von Löwe, Kölliker und Flemming nachgewiesen. Brüning, der vor kurzem sich mit dem zeitlichen Auftreten von Fettzellen im Knochenmark beschäftigt hat, kommt zu dem Schluß, daß man die Umwandlung des splenoiden (roten) Markes in Fettmark in ihren ersten Anfängen ungefähr zur Zeit der Geburt finden kann, in einzelnen Fällen wieder schon geraume Zeit vor der Geburt. Er fand das Fett in den Knochen des Rumpfes und Kopfes nur in Spuren, in den Extremitätenknochen zuerst in den am meisten distal gelegenen Partien, vorwiegend splenoides Mark in den ersten drei Lebensjahren, in seltenen Fällen reines Fettmark. Da Brüning seine Untersuchungen an Kindern sowohl im guten Ernährungszustand wie mit hochgradigem Marasmus machte, kommen die Resultate nicht unbedingt als Unterlagen für physiologische Verhältnisse in Betracht.

Die am nächsten liegende Frage, wieviel Mark enthalten die verschiedenen Knochen im verschiedenen Alter und wie ist das Verhältnis vom weichen bzw. Fettmark zum spongiösen, hat niemand berührt.

Da das Knochensystem und besonders das Mark eine wesentliche Stellung im Organismus des Säugetiers einnimmt, schien es mir wertvoll, chemische und Gewichtsgrundlagen zu schaffen und in einer kontinuierlichen Reihe bei größeren Tieren die Entwicklung des Marks zu verfolgen.

Nach meinen Untersuchungen, die sich, wie erwähnt, auf das Mark sämtlicher Knochen erstrecken, soweit dieses technisch möglich war, komme ich zu folgendem Resultat:

1. Die Menge des gesamten Marks ist in den ersten Lebenstagen bei Hunden sehr gering. Es handelt sich auch bei Tieren größerer Rasse nur um Bruchteile eines Gramms in den einzelnen Röhrenknochen. Da auch das Mark der platten Knochen sehr wenig entwickelt ist, habe ich von einer nähern chemischen Untersuchung dieser abgesehen. Die Knochen enthalten ein rotes spongiöses Mark, das in Becken und Scapula spärliche Mengen eines weichen roten Marks einschließt. Das Rippenmark ist hellrot und leicht ausquetschbar, ausgequetscht ist es flüssig. Das weiche Mark der Röhrenknochen ist von dunkelroter Farbe, sehr weich, nicht flüssig; das spongiöse Mark ist von teigiger Konsistenz und sehr leicht aus der Knochenhülle ausschälbar. Spongiöses und weiches Mark zu trennen, ist des geringen Gesamtwerts wegen nicht möglich.

Die Menge des Marks hat bei den 14 t ä g i g e n H u n d e n schon ziemlich wesentlich zugenommen. Der Charakter ändert sich makroskopisch nicht. Bei den 6 w ö c h i g e n H u n d e n steigen weiterhin die Gewichte der auskratzbaren Marksubstanzen. Es gelingt leicht, das weiche Mark von dem spongiösen zu trennen. Das weiche Mark der Röhrenknochen hat eine dunkelrote Farbe, eine fast flüssige Konsistenz; das spongiöse Mark ist intensiv rot, weich und leicht auszukratzen, Scapula, Sternum, Becken und Wirbelsäule zeigen ein rötlich gefärbtes spongiöses Mark in relativ mäßiger Menge. Das Epiphysenmark ist hellrot, spongiös und noch so spärlich entwickelt, daß eine Mitberücksichtigung bei der Gesamtmenge sich nicht lohnt.

Eine wesentliche Zunahme der absoluten Markmengen bieten die 3 M o n a t e a l t e n H u n d e. Das weiche Mark der Röhrenknochen hat eine gelblichrötliche Farbe, in der Mitte mehr rein-gelb, peripher leicht gelblichrot gesprenkelt; das spongiöse Mark ist hellrosa gefärbt, gut auskratzbar, distal weicher und heller wie proximal. In den Epiphysen, speziell in denen des Femur und Humerus, hat sich jetzt ein weißgelbes, spongiöses Mark in relativ reichlicher Menge entwickelt. Ich habe dieses bei der Gesamtmarkmenge nicht in Betracht gezogen, da bei den vorigen und späteren Versuchen es technische Schwierigkeiten hatte, dieses Epiphysenmark vollkommen auszukratzen. Um aber wenigstens einige Anhaltspunkte dafür zu geben, sind die auskratzbaren Markmengen in die Tabelle mitaufgenommen.

Das Rippenmark, bislang tief dunkelrot und von fast flüssiger Konsistenz, hat bei diesem Versuchstier eine mehr zähe Konsistenz und braunrote Farbe. Scapula, Sternum und Wirbelsäule (mit Ausnahme der Schwanzwirbelsäule) enthalten ein rotgelbes, spongiöses Mark, der Schädel und das Becken an der Symphyse ein fast reingelbes, spongiöses Mark. In der Umgebung der Pfanne hat das Becken reines Fettmark. Die Metatarsalknochen und Phalangen, die in den vorigen Versuchen dunkelrote weiche Marksubstanzen enthielten, zeigen jetzt weiches, gelbes Mark.

Bei diesen beiden 3 Monate alten Hunden fällt auf, daß der weibliche Hund weniger Mark in den Röhrenknochen hat als der männliche: sowohl absolut wie im Verhältnis zum Gesamtknochengewicht der Röhrenknochen. Diese Tatsache

wiederholt sich im nächsten Versuch, auch hier ist die Gesamtmarkmenge des weiblichen Tieres geringer, sogar absolut geringer als beim 3 Monate alten männlichen Tier.

Das 1 Jahr alte Männchen hat, wenn man die Altersdifferenzen in Betracht zieht, absolut nur ein unwesentliches Plus an Marksubstanz. Das weiche Mark in den Röhrenknochen ist jetzt reingelb, in der Mitte von fast flüssiger Konsistenz und zeigt ganz vereinzelt, zumeist in der Peripherie, stecknadelkopfgroße rötliche Inseln. Das spongiöse Mark ist hellrötlich bis weißgelb, zumeist proximal mehr rot und trocken, distal mehr weiß und fettig, hier besser auskratzenbar wie proximal. In Scapula, Sternum und oberer Wirbelsäule findet man hellrotes spongiöses, etwas trockenes Mark; das Mark des Schädels ist spongiös und reingelb, das des Beckens in der Nähe der Pfanne reines Fettmark: gelb und weich, im übrigen gelblich und spongiös. Das Rippenmark ist tief dunkelrot, von einer auffällig gelatinösen Konsistenz.

Auf der Tabelle I sieht man die Gesamtmenge des in den Röhrenknochen enthaltenen Marks, das Verhältnis vom Knochengewicht zum Markgewicht im Prozent zum Körpergewicht. Die Verhältniszahlen vom Knochen- zum Markgewicht geben an, daß das Mark bei den 3 Monate alten Hunden am meisten entwickelt ist und daß bei den einjährigen Tieren geringe Substanzmengen vorliegen, sogar geringere wie bei Neugeborenen. Prozentual zum Körpergewicht nimmt das Mark in den Röhrenknochen bis zu den 3 Monate alten Tieren ebenfalls zu (fast um das Doppelte), bei den einjährigen Tieren wieder ab.

Die Markmengen in den einzelnen Knochen sind besonders bei den ersten Tieren einigen im Bereiche der technischen Fehlerquellen liegenden Schwankungen unterworfen. Die größten Substanzmengen liefert zumeist der Humerus, oft das Femur, die geringsten Radius plus Ulna. Die Unterschiede in den Markmengen bei gleichaltrigen Tieren erklären sich teilweise aus dem verschiedenen Geschlecht, im Versuch 7 und 8 daraus, daß der eine Hund 7 in seiner Skelettanlage schwächer war wie sein gleichaltriger Bruder.

Das weiche rote bzw. gelbe Mark füllt im Verhältnis zum spongiösen natürlich nur einen Teil der Markhöhle aus und ist ziemlich reichlich in Radius plus Ulna, geringer in Femur und Humerus entwickelt. Die relativen Gewichtsmengen sind bei den einjährigen Tieren

Tabelle I. Röhrenknochen

Versuch Nr.	Neugeborener I und II		4 Tage III und IV		14 Tage V und VI		6 VII	
	Knochen	Mark	Knochen	Mark	Knochen	Mark	Knochen	Mark
Femur:								
weiches Mark	4,41 g	0,49	5,83	0,72	14,61	0,10	19,2	1,96
spong. Mark						1,41		
Tibia:								
weiches Mark	2,64 „	0,33	3,46	0,35	9,52	1,05	14,7	1,49
spong. Mark								
Humerus:								
weiches Mark	4,88 „	0,59	6,36	0,99	15,65	0,14	20,5	2,13
spong. Mark						2,08		
Radius und Ulna:								
weiches Mark	3,60 „	0,41	6,48	0,55	14,89	0,16	16,0	1,97
spong. Mark						1,41		
Summa	15,53 g	1,82	22,13	2,61	54,67	6,35	70,4	7,55
bezw.	7,76 „	0,91	11,06	1,30	27,33	3,17		
<i>Mark:</i> } <i>Knochen:</i> }	1 : 8,5		1 : 8,5		1 : 8,8		1 : 9,2	
Knochen in % z. Kör- Mark in % pergew.	1,331 %	0,156	1,542	0,167	1,580	0,1836	2,28	0,24
Körpergewicht	597 g	570	765	791	1748	1710	3080	
Geschlecht	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	
Rasse	Bernhardiner						Jagd	

## und Knochenmark.

Wochen VIII		3 Monate				1 Jahr			
		IX		X		XI		XII	
Knochen	Mark	Knochen	Mark	Knochen	Mark	Knochen	Mark	Knochen	Mark
22,0	0,69	48	1,44	42	0,90	125	1,77	132	3,64
	1,91		6,24		5,38		6,42		8,94
18,0	0,42	35	1,13	30	0,54	110	1,45	116	2,36
	1,41		4,90		3,55		3,53		3,26
24,0	0,34	46,5	0,60	40	0,38	119	1,69	127	2,43
	2,36		6,84		5,86		5,46		8,27
20,0	0,60	43,5	1,06	38	0,87	99	2,00	106	2,57
	2,13		3,38		2,53		1,55		3,39
84,0	9,86	173	25,59	150	20,91	453	23,87	481	34,82
1 : 8,5		1 : 6,5		1 : 7,4		1 : 16,5		1 : 13,5	
2,21	0,264	2,043	0,302	1,973	0,263	1,887	0,094	1,9632	0,142
3800		8467		7600		24000		24500	
m.		m.		w.		w.		m.	
hund		Bernhardiner				Tigerdoggen			

doppelt so groß wie bei den 3 Monate alten. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß sich der Charakter des Marks, speziell der Fettgehalt, in dieser Zeit wesentlich verändert.

Während bei den jüngeren Tieren das weiche Mark ungefähr die Mitte der Röhrenknochen einnimmt, sah ich bei den einjährigen das Fettmark im Femur mehr proximal, im Humerus und Tibia mehr distal gelegen. Das weiche Mark des Beckens liegt zum großen Teile oberhalb der Pfanne in dem Os ilium eingebettet.

2. Der Wassergehalt der Marksubstanzen zeigt (vgl. Tabelle II) in den ersten Versuchen ziemlich konstante Verhältnisse. In den Röhrenknochen nimmt er bei den 3 Monate alten Tieren etwas, bei den einjährigen Tieren um 50 % und mehr ab. Das Mark der platten Knochen ergibt ebenfalls eine wenn auch geringe Abnahme, der Wassergehalt in diesen Knochen entspricht im allgemeinen ungefähr dem des spongiösen Marks der Röhrenknochen. Das weiche Röhrenmark hat nur einen ganz geringen Wassergehalt, der oft — nicht immer — beim roten Mark relativ (d. h. im Verhältnis zum Gesamtwassergehalt des Knochens) geringer ist wie beim Fettmark.

3. Mehr Interesse wie die erwähnten Werte hatte für mich die Bestimmung des Fettgehalts (vgl. Tabelle III und IV), speziell die Änderung der extrahierbaren Fettmenge in dem Stadium, in dem ein wesentlicher Unterschied in der Farbe des Marks sich ergeben würde. Ich hoffte sehr verschiedene Werte zu finden, um diese der chemischen Analyse experimentell erzeugter Veränderungen zugrunde zu legen. In den ersten Versuchen zeigt das Fett nicht unbeträchtliche Schwankungen, die offenbar durch die geringen absoluten Substanzmengen bedingt sind. Aber sicher ist der Fettgehalt wesentlich höher als der des Blutes. Eine beträchtliche Zunahme an Fett macht sich bei den 3 Monate alten Tieren bemerkbar: auf die gesamte Menge des auskratzbaren Marks bezogen, schwankt der Fettgehalt in den Röhrenknochen um

10 bis 15 %;

bezogen auf die Einzelgewichte von weichem und spongiösem Mark finden sich

beim weichen Mark 36 %,

beim spongiösen 10 %.

Ungefähr die d o p p e l t e M e n g e extrahierbaren Fettes geben die e i n j ä h r i g e n H u n d e ,

etwa 50 % berechnet auf die gesamte auskratzbare Masse;  
bei Berücksichtigung der Einzelgewichte:

beim weichen Mark 70 %,

beim spongiösen 40 %.

Der Fettgehalt der p l a t t e n K n o c h e n nimmt ebenfalls ziemlich gleichmäßig zu, beträgt durchschnittlich aber nur 15 bis 20 %. Der Fettgehalt des R i p p e n m a r k s, das in den ersten Versuchen ungefähr dieselben Werte zeigte wie das weiche Mark der Röhrenknochen, nimmt besonders bei den einjährigen Tieren erheblich zu: auf 23 %.

4. Die f e t t f r e i e S u b s t a n z (vgl. Tabelle V) zeigte eine geringe, kontinuierliche A b n a h m e. Eine nähere Analyse der in dieser Substanz enthaltenen Körper habe ich vorläufig noch nicht vorgenommen. Die in dem weichen Mark enthaltene Menge ist natürlich wesentlich geringer wie der fettfreie Rückstand des spongiösen Marks. Ziemlich konstante Werte gibt die extrahierte Substanz des Rippenmarks, sie beträgt durchschnittlich etwa 12 %. Die platten Knochen zeigen ebenfalls nur unwesentliche Differenzen in den verschiedenen Lebensaltern, bei ihnen ist der fettfreie Rückstand etwa 30 %.

5. Der n a c h d e r V e r a s c h u n g ü b r i g b l e i b e n d e Rückstand (vgl. Tabelle III) ist durchschnittlich bei den jüngeren Tieren in den Röhrenknochen größer wie bei den älteren. Wesentliche Unterschiede zeigt der Ascherückstand des weichen Marks im Verhältnis zum spongiösen Mark. Er nimmt beim weichen roten Mark meistens weniger wie 1 % ein zu 15 bis 20 % beim spongiösen roten Mark; beim Fettmark etwa 1 bis 2 % zu 9 bis 10 % beim spongiösen. Beim Rippenmark sind 0,8 bis 1,4 % die durchschnittlichen Werte.

Wenn ich diesen Ascherückstand — der übrigens bei der spongiösen Substanz sehr reichlich und hellgrau ist und oft noch deutlich die zarten Knochenbälkchen erkennen läßt, während er beim roten oder gelben weichen Mark nur Spuren einer grünlich-weißen festen Masse zeigt — mit Schwefelammonium behandelte, so traten folgende Reaktionen auf:

Das weiche Mark der Röhrenknochen zeigt bis zu den 3 Monate alten Tieren eine Spur Grünfärbung, stets am stärksten in Radius und Ulna; die spongiöse Substanz — keine Reaktion. Von den platten Knochen (Schädel, Sternum, Becken, Wirbel usw.) gibt die Scapula ein geringes positives Resultat, die Rippe aber eine außerordentlich starke Reaktion, die bei allen Tieren die Reaktion des Blutrückstandes weit übertrifft. Auch bei den einjährigen Tieren läßt sich diese intensive Grünfärbung des Rippenrückstandes in derselben Weise auslösen, obschon bei diesen Hunden in den übrigen Knochen, speziell im weichen Mark der Röhrenknochen, kein Eisen mehr nachweisbar ist.

Die zum Vergleich bei jedem Versuchstier entnommenen Blutproben wurden in derselben Weise behandelt wie die Marksubstanzen. Es zeigte sich ein ziemlich konstantes Verhalten von Wasser, fettfreier Substanz und Asche. Der Fettgehalt macht einige Schwankungen, deren Ursache wohl teilweise in technischen Fehlerquellen liegt. Nimmt man, um einen Anhaltspunkt zu haben, die Mittelzahl und vergleicht diese mit dem Fettgehalt des weichen roten Marks in den Röhrenknochen bzw. der Rippe, so haben selbst die 14 tägigen Tiere ungefähr die zwanzigfache Menge Fett in ihrem weichen roten Mark gegenüber dem Fett des Blutes.

Die erwähnten Resultate sind nicht ganz einwandsfrei, da ich notwendigerweise beim spongiösen Mark jedesmal eine große nicht abzuschätzende Menge von Knochensubstanz mit in die Untersuchung ziehen mußte. Es kommen hierbei in Betracht sowohl die Knochenbälkchen der spongiösen Substanz wie (besonders bei starkem Auskrazen) Teile der Knochenhülle. Zwar ist durch die größere oder geringere Menge von Asche eine gewisse Kontrolle gegeben, ob ich reines weiches oder spongiöses Mark habe; aber ich weiß im Zweifelfalle nicht, welche Zahl die richtigere ist, da andere Grundwerte und Vergleichsobjekte nicht vorliegen. Eine technische Fehlerquelle kann dann in dem Aufsägen der Knochen gefunden werden. Hierdurch geht immer eine geringe Menge Knochen — und auch Marksubstanz (bei großen Röhrenknochen etwa 1 bis 3 g) verloren. Da bei den jüngeren Tieren ein Eröffnen mit dem Messer genügt, sind dadurch weitere Unterschiede geschaffen. Bei der Weiterverarbeitung des Materials kommen — glaube ich — größere technische Fehler nicht in Betracht.



Auf die Ergebnisse der Blutpräparate möchte ich hier nur kurz eingehen. Ich will diese Frage, deren Einzelheiten sehr interessant sind, aber bei einer ausführlicheren Darstellung viel Raum einnehmen, zugleich mit den histologischen Präparaten an anderer Stelle näher abhandeln.

In den Markausstrichen der jüngeren Tiere fand ich (Technik s. S. 423) rote Blutkörperchen und Leukocyten ungefähr zu gleichen Teilen, spärliche Lymphocyten (unter 1 %) und spärliche Riesenzellen. Von den roten Blutkörperchen kam der dritte Teil und mehr auf kernhaltige Rote, die Leukocyten wurden in der überwiegenden Mehrzahl von einkernigen und zwar hauptsächlich einkernigen Neutrophilen gebildet. Durchschnittlich fanden sich in den Röhrenknochen etwas mehr Neutrophile als in den platten Knochen. Die Ausstriche des weichen Marks und des spongiösen gaben oft die gleichen Prozentsätze gleicher Zellformen; oft in der spongiösen Substanz etwas weniger rote, etwas mehr einkernige weiße. Eosinophile Zellen waren durchschnittlich in Mengen von 3 bis 7 % da, vorwiegend eosinophile Einkernige, in den Röhrenknochen durchschnittlich etwas mehr wie in den platten Knochen.

Bei den 3 Monate alten Tieren fanden sich durchschnittlich mehr Leukocyten als rote Elemente. Das Verhältnis der kernhaltigen Roten zur Gesamtzahl der Roten war nicht wesentlich verschoben. Die Leukocyten bestanden zur Hälfte aus einkernigen, zur Hälfte aus polymorphkernigen; oft war das Verhältnis  $\frac{2}{3}$  zu  $\frac{1}{3}$ . Unter den einkernigen wie polymorphkernigen fanden sich hauptsächlich Neutrophile. Zwischen den Röhrenknochen und platten Knochen bestand ein konstanter Unterschied insofern, als sich in den platten Knochen weniger polymorphkernige Elemente fanden. In allen Knochen war bei diesen Tieren die Zahl der Lymphocyten etwas vermehrt, der Prozentgehalt der Eosinophilen aber nicht wesentlich geändert. In den platten Knochen der einjährigen Tiere waren die Zellelemente in derselben Weise angeordnet wie bei den dreimonatigen. Das Fettmark der Röhrenknochen gab — in Ausstrichen von der Mitte genommen — nur ganz vereinzelte Zellen, zumeist Erythrocyten und einkernige Neutrophile. Bei Ausstrichen von den Seitenpartien des weichen Marks sah man spärliche rote Blutkörperchen — unter diesen vereinzelt kern-

haltige Rote —, vorwiegend aber Leukocyten (bis zu 80 %) — darunter über die Hälfte einkernige Neutrophile. Das spongiöse Mark hatte distal Rote und Leukocyten zu gleichen Teilen, unter den letzteren oft mehr polymorphkernige; proximal etwas mehr Rote und von den Leukocyten oft weniger polymorphkernige wie einkernige.

Es stehen also in den ersten Lebenswochen im Vordergrund des Blutbildes die sehr reichlichen roten Blutkörperchen und unter diesen wieder die relativ zahlreichen kernhaltigen Roten. Die Hauptmenge der Leukocyten wird von einkernigen neutrophilen Zellen geliefert, Lymphocyten sind außerordentlich spärlich. Später treten die Roten — besonders die kernhaltigen Roten — zurück, es vermehren sich ziemlich stark die polymorphkernigen Leukocyten. Im weichen gelben Mark (Fettmark) sind nur vereinzelte Zellen in den Seitenpartien nachweisbar.

Wenn ich die Anschauungen berücksichtige, die bislang über die Entwicklung des Knochenmarks geherrscht haben, und auf die früheren Zellstudien und chemischen Untersuchungen nochmals kurz eingehe, sie mit den meinen vergleichend, gelange ich zu folgendem Ergebnis:

Das von Neumann aufgestellte Gesetz finde ich auch bei meinen Versuchstieren bestätigt. Die Anschauung, daß das rote Knochenmark in allen Knochen außer denen der Extremitäten persistiere, ist bei meinen Versuchstieren nicht zutreffend, da Schädel, Becken und die untere Wirbelsäule bereits bei 3 Monate alten Hunden ein gelbes spongiöses Mark gezeigt haben. Die einwandfreiesten Unterlagen geben die Fettbestimmungen, die in den erwähnten Knochen ziemlich hohe Prozente von Fett bieten. Diese Fettbestimmungen zeigen auch (insbesondere ihr Vergleich mit dem Fettgehalt des Blutes), daß die neugeborenen und wenige Tage alten Tiere bereits wesentliche Mengen von Fett im weichen und spongiösen Mark der Röhrenknochen enthalten. Die teilweise auf mikroskopischen Befunden fußende Anschauung über den Fettgehalt des Knochenmarks, die allerdings bereits durch Rogers chemische Analysen gestützt sind, bestehen also zu Recht. Der von Forrest im Rippenmark der Pferde gefundene Prozentgehalt an Fett entspricht ungefähr den von mir bei einjährigen Tieren in den Rippen gefundenen Werten. Die Eisen-

reaktionen, die nur als Nebenfunde gelten sollen, geben in jedem Alter auffällig starke Reaktion des Rippenmarks, bei jugendlichen Tieren eine mäßige Grünfärbung des weichen roten Marks. Es decken sich auch diese Ergebnisse mit denen der früheren Untersucher, insbesondere mit der von Quincke hervorgehobenen Tatsache, daß die eisenhaltigen Körner im roten Mark reichlicher sind wie im gelben. Die Veränderung der Zellelemente aller Knochen im verschiedenen Lebensalter habe ich nirgends erwähnt gefunden. Überrascht hat mich das auffällige Übereinstimmen der Zellen in den platten Knochen desselben Tieres und die geringen Unterschiede im Zellgehalt beim weichen roten und spongiösen roten Mark. Auf geringe Differenzen in Ausstrichen von Sternum und Rippen will ich hier nicht näher eingehen. Die Tatsache, daß bei älteren Tieren die Roten und speziell die kernhaltigen Roten an Zahl sehr herabsinken, daß die Polymorphkernigen sich relativ vermehren, deckt sich mit den erwähnten Einzelergebnissen Jones' und Rogers.

Kurz zusammengefaßt sind die Ergebnisse folgende: Die ersten Versuchstiere bis zum Alter von 6 Wochen haben in allen Knochen ein rot aussehendes Mark, weiches Mark in der Mitte der Röhrenknochen (ebenso in Talus, Calcaneus, Metatarsalknochen, Phalangen) in Scapula und Becken. Der Wassergehalt beträgt beim

weichen Mark 13 %,

spongiösen Mark 53 %,

der Fettgehalt beim

weichen Mark 1 %,

spongiösen Mark 3,0 % (Mittelzahlen).

Das Aussehen des Marks ändert sich sehr bei den 3 Monaten alten Tieren. Das weiche Mark der Röhrenknochen ist zentral gelb gefärbt (Fettmark), peripher gelblichrot; das spongiöse Mark gelblichrot, distal mehr gelb, proximal mehr rot. Weiches gelbes Mark fassen außer den Röhrenknochen (Metatarsalknochen, Phalangen) das Becken, die Fuß- und Handwurzelknochen, spongiöses mehr gelbes Mark der Schädel und die Schwanzwirbelsäule.

Der Wassergehalt hat abgenommen, der des

weichen auf 5 %,

spongiösen Marks auf 50 %.

Der Fettgehalt hat zugenommen, und zwar beim  
 weichen auf 5 %,  
 spongiösen Mark auf 50 %, bezogen auf das Gewicht der Einzelsubstanzen beim  
 weichen auf 36 %, spongiösen Mark auf 10 % (Mittelzahlen).

Der Fettgehalt der platten Knochen beträgt 10 bis 20 %. Nur wenig an Fett zugenommen hat das Rippenmark.

Ein reines gelbes weiches Mark bieten die einjährigen Tiere in den Röhrenknochen (ebenso in den Metatarsalknochen, Phalangen, Talus und Calcaneus) und im Becken, das spongiöse Mark der Röhrenknochen ist distal reingelb, proximal gelblichrot, das der platten Knochen in Schädel und unterer Wirbelsäule reingelb, in den übrigen mehr rot. Der Wassergehalt hat erheblich abgenommen, beim

weichen auf 5 %, spongiösen Mark auf 18 %, der Fettgehalt erheblich zugenommen, beim  
 weichen auf 24 % (bzw. 70 % berechnet auf die Einzelsubstanz), spongiösen Mark auf 28 % bzw. 40 %;

der Fettgehalt der platten Knochen nimmt nicht sehr bedeutend zu, mit Ausnahme der Rippe; hier steigt der Prozentgehalt von 3 auf 23.

Wesentlich ändert sich auch der Zellgehalt der Knochenmarkselemente bei den dreimonatigen Hunden insofern, als die Zahl der Roten, spez. der kernhaltigen Roten abnimmt und die Leukocyten, besonders die polymorphkernigen, zunehmen.

Unter den Versuchstieren befinden sich zwei weibliche; diese haben gegenüber den männlichen, sowohl absolut wie im Verhältnis zum Knochengewicht, weniger Mark, das Gesamtgewicht der Röhrenknochen ist bei beiden geringer, die extrahierbare Fettmenge in allen Knochen geringer wie bei dem gleichaltrigen männlichen Tier.

Sind auch die jedesmal an zwei Tieren gefundenen Werte keine absolut feststehenden Größen, so erlauben sie doch einige Schlüsse:

Es findet eine wesentliche Zunahme der Markmengen — von den wenige Tage bis zu den 3 Monate alten Tieren — statt. In diesem Zeitalter beginnt bei Hunden eine Umwandlung des roten weichen Marks in Fettmark, die sich vorläufig allerdings nur auf

den zentralen Teil des weichen Marks beschränkt und mit einer mäßigen Zunahme an extrahierbarem Fett einhergeht. Von jetzt ab tritt offenbar die Bedeutung des blutbildenden Marks zurück, es entwickelt sich stärker die Knochensubstanz, und sowohl das weiche wie das spongiöse Mark beginnen ganz bzw. teilweise zu verfetten. Es liegt sehr nahe, gestützt auf diese Untersuchungen, die Einwirkung von Mitteln zu prüfen, die physiologisch die Blutbildung und Regeneration beeinflussen. Man würde damit ein Kapitel anschneiden, das, wie Helly sagt, am dringendsten von allen Fragen der Hämatologie einer Lösung bedarf.

Herrn Dr. phil. P. Guttman spreche ich auch an dieser Stelle für die vielfache Unterstützung bei der Ausführung meiner Versuche meinen verbindlichsten Dank aus.

#### L i t e r a t u r.

1. Br ü n i n g, Über das Auftreten des Fettes im Knochenmark. Inaug.-Diss. Freiburg 1904.
2. B i z z o z e r o, Über die Teilung der roten Blutkörperchen im extrauterinen Leben. Zentralbl. f. d. med. Wiss., 1881. — B i z z o z e r o und T o r r e, Über die Blutbildung bei Vögeln. Zentralbl. f. d. med. Wiss., 1880. (Alte Literatur.) — D i e s e l b e n, Über die Entstehung der roten Blutkörperchen bei den verschiedenen Wirbeltierklassen. Dieses Archiv 1884.
3. E h r l i c h und L a z a r u s, Die Anämie. Nothnagels Spez. Pathol. u. Ther. Bd. VIII, 1898. — E h r l i c h, Die Anämie. Deutsche Klinik, 1903.
4. E l l e n b e r g e r - B a u m, Handbuch der vergl. Anatomie der Haustiere, 1906, S. 13. — E l l e n b e r g e r, Histologie und Physiologie der Haustiere, 1884, S. 358.
5. E n g e l, Über embryonale und pathologische rote Blutkörperchen. Deutsch. Med. Woch., 1899. — D e r s e l b e, Zur Entstehung der körperlichen Elemente des Blutes. Arch. f. mikr. Anat., XLII, 1893.
6. F o r r e s t, The proteids of red marrow. Journ. of physiol. 17. Zit. M a l y Band XXIV, 1894.
7. F l e i s c h e r, Vorkommen des sog. B e n c e J o n e s s c h e n Eiweißkörpers im normalen Knochenmark. Dieses Arch. Bd. 80.
8. G r a w i t z, Klinische Pathologie des Blutes. Berlin, Enslin, 1906.
9. H e y m a n n, Über das Vorkommen von Hypoxanthin im normalen Knochenmark. Pflügers Arch. Bd. VI, S. 184.
10. H e l l y, Die hämatopoetischen Organe in ihren Beziehungen zur Pathologie des Blutes. Nothnagels Spez. Pathol. und Ther., II. Aufl., Bd. VIII, I Wien 1906.
11. H u t c h i n s o n und M a c l e o d, A contribution of the chemistry of red bone marrow. Journ. of Anatomy 36.

12. Israel und Pappenheim, Über die Entkernung der Säugetiererythroblasten. Dieses Arch. Bd. 143.
13. Jones, Brit. med. Journ. Nr. 2339, 1906.
14. Külbs, Experimentelles über Herzmuskel und Arbeit. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharm. Bd. 55.
15. Martin, Lehrbuch der Anatomie der Säugetiere, 1902.
16. Marchand, Der Prozeß der Wundheilung mit Einschluß der Transplantation. Deutsche Chirurgie XVI, 1901. — Derselbe, Über die bei der Entzündung in der Peritonäalhöhle auftretenden Zellformen. Verhandl. d. Deutsch. Pathol. Ges. 1899.
17. Michaelis und Wolff, Über Granulain Leukocyten. Dieses Arch. Bd. 167.
18. Mohr, Zur Kenntnis des Knochenmarks. Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. XIV.
19. Naegeli, Über rotes Knochenmark und Myeloblasten. Deutsche Med. Woch., 1900.
20. Nasse, Die eisenreichen Ablagerungen im tierischen Körper. Festschr. für Roser, Marburg 1889. Zit. bei Maly Bd. XIX und bei Quincke. — Derselbe, Über das Vorkommen eisenhaltiger Körper im Knochenmark. Sitzungsber. d. Naturw. Ges., Marburg 1877. Zit. bei Maly 1877.
21. Neumann, Über die Bedeutung des Knochenmarks für die Blutbildung. Zentralbl. f. d. med. Wiss. 1868. — Derselbe, Zentralbl. f. d. med. Wiss., 1869. Arch. f. Heilkunde, 1869.
22. Ostertag, Handbuch der Fleischbeschau, 1905, S. 166.
23. Quincke, H., Zur Pathologie des Blutes. Deutsch. Arch. f. klin. Med., Bd. XXVII.
24. Roger und Josué, Rech. expér. sur les modific. de la moelle osseuse dans les suppurations. Compt. rend. Soc. Biol. XLVIII, 1896. — Dieselben, Des modific. de la moelle osseuse dans l'infection charboneuse. Compt. rend. Soc. Biol. 97. — Dieselben, Des modific. de la moelle osseuse par le staphylocoque et ses toxins. Bull. Soc. Anatomie 1897. — Dieselben, Des modific. histol. et chim. de la moelle osseuse aux diff. âges et dans l'infection staphylocoque. Compt. rend. Soc. Biol. 1899.
25. Saxer, Über die Entwicklung und den Bau der normalen Lymphdrüsen und die Entstehung der roten und weißen Blutkörperchen. Anat. Hefte, I. Abt., Bd. VII.
26. Rosenfeld, G., Zur Methodik der Fettbestimmung. Vgl. Inn. Med., 1900 — Derselbe, Ergebnisse der Physiologie, I. und II. Wiesbaden, Bergmann, 1902.
27. Salomon, G., Über die Verbreitung von Hypoxanthin und Milchsäure im tierischen Organismus. Zeitschr. f. phys. Chemie, 1878.
28. Türk, Vorlesungen über klinische Hämatologie. Wien 1904.
29. Wolff, Über die Bedeutung der Lymphoidzelle. Zeitschr. f. kl. Med. Bd. 45. — Derselbe, Über Leukocytengranulation. Zeitschr. f. kl. Med. Bd. 52.

Tabelle II. Wassergehalt in % z. feuchten Substanz.

	Neugeb. I	II	4 Tage III	14 Tage V	6 Wochen VII	3 Monate IX	1 Jahr XI	XII
Femur: weiches Mark.	65,4	56,5	61,5 { 4,5 57,0	76,6	77,5 { 21,8 55,7	57,1 { 8,2 48,9	30,2 { 3,8 20,4	30,6 { 5,4 25,2
„ spong. Mark								
Humerus: weiches M.	60,0	56,8	59,6 { 4,6 55,0	70,5	65,0 { 9,6 55,4	62,2 { 3,3 56,3	23,1 { 2,3 20,8	38,5 { 5,4 33,1
„ spong. M.								
Tibia: weiches M.	64,5	67,1	46,0	55,6	24,7 { 73,3 30,9	59,6 { 12,1 47,5	18,6 { 5,6 55,0	17,6 { 6,3 11,3
„ spong. M.								
Rad. + Ulna: weich. M.	63,8	57,5	61,0 { 7,3 53,7	71,7	13,8 { 68,4 57,9	58,1 { 8,3 49,8	20,2 { 10,5 9,7	15,7 { 9,1 6,5
„ „ spong. M.								
Scapula	64,0	55,2	63,3	68,7	73,9	64,0	52,2	49,5
Becken				64,8	75,2	57,1	55,2	8,7
Wirbelmark				68,2		59,3	52,2	47,8
Sternum					65,2	51,7	47,4	62,8
Schädel						41,5	37,1	38,5
Rippe				88,1	88,7	84,0	67,7	61,0
Talus + Calc.						20,2		

Tabelle III. Fettgehalt und Asche.  
(in % z. f. Subst.)

		Neugeb. I + II	4 Tage III + IV	14 Tage V + VI	6 Wochen VII	3 Monate IX	1 Jahr XII			
					VIII	X	XI			
Femur	Fett	3,7	6,0	3,6	3,1	2,9	21,9	17,1	46,5	52,1
	Asche	18,3	20,9	19,5	8,5	9,7	8,9	10,1	11,7	8,6
Humerus	Fett	3,6	5,8	3,2	1,5	6,7	14,6	10,0	44,7	50,8
	Asche	19,0	21,7	20,8	12,8	12,1	11,8	14,0	14,1	10,2
Tibia	Fett	3,9	5,7	3,7	3,5	4,0	15,8	10,3	52,9	63,3
	Asche	17,2	13,3	17,7	8,6	9,5	8,2	12,5	12,6	11,9
Rad. + Ulna	Fett	2,1	2,5	4,1	4,0	4,2	9,7	10,7	54,8	63,5
	Asche	19,0	25,0	20,0	10,3	13,6	11,1	12,6	10,9	7,4
Scapula	Fett	1,9	5,1	4,3	4,4	3,4	7,4	4,0	17,6	20,2
	Asche	16,9	19,4	15,8	11,5	11,1	12,9	17,4	30,2	30,2
Becken	Fett				2,8	2,3	9,9	11,4		82,0 <sup>3)</sup> 44,8 <sup>1)</sup>
	Asche				12,0	9,9	16,6	34,1		5,2 7,3
Wirbels.	Fett				2,8		6,4 <sup>1)</sup> 10,1 <sup>2)</sup>		18,3	14,7
	Asche				13,7		16,8 20,4		28,4	21,0
Sternum	Fett					2,8	11,1	15,2	15,3	11,1
	Asche					14,0	19,7	34,6	20,2	19,4
Schädel	Fett						15,4	19,5	27,2	34,7
	Asche						21,1	30,7	35,7	26,8
Rippe	Fett				0,9	1,8	2,8	2,7	19,6	26,7
	Asche				1,0	0,8	0,8	1,0	1,4	1,1
Talus + Calc.	Fett						78,1			
	Asche						0,9			

1) Brust. 2) Schwanz. 3) Weiches Mark. 4) spong.



Tab. IV. Fettgehalt und Asche  
(in % auf die gesamte auskrazbare Masse eines Röhrenknochens).

		Neugeb.	4 Tage	4 Tage	6 Wochen		3 Monate		1 Jahr	
		I + II	III + IV	V + VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Femur: weich. M.	Fett	3,7	6,0	0,7	3,1	1,1	8,4	4,8	15,4	21,5
	Asche	18,3	20,9	0,5	8,5	0,9	0,6	0,4	1,2	0,8
	spong. " Fett			2,9		1,8	13,5	12,3	31,1	30,6
	Asche			19,0		8,8	8,3	9,7	10,5	7,8
Humerus: weich. M.	Fett	3,6	5,8	0,7	1,5	0,7	3,8	2,8	16,6	15,9
	Asche	19,0	21,7	0,2	12,8	0,6	0,3	0,2	1,1	0,8
	spong. " Fett			2,5		6,0	10,8	7,2	28,1	24,9
	Asche			20,6		11,5	11,5	13,8	13,0	9,4
Tibia: weich. M.	Fett	3,9	5,7	3,7	0,9	1,5	5,2	3,7	20,5	31,3
	Asche	17,2	13,3	17,7	0,7	0,05	0,4	0,4	2,7	2,8
	spong. " Fett				2,6	2,5	10,6	6,6	32,4	32,0
	Asche				7,9	9,5	7,8	12,1	9,9	9,1
Rad. + Ulna:										
weich. M.	Fett	2,1	2,5	0,3	1,4	2,0	7,0	6,9	35,2	36,1
	Asche	19,0	25,0	0,8	0,5	0,9	0,4	0,6	6,2	3,6
spong. "	Fett			3,8	2,6	2,2	2,7	3,8	19,6	27,4
	Asche			19,2	9,8	12,7	10,7	12,0	4,7	3,8

(Fettgehalt der Röhrenknochen in % auf die Einzelgewichte von weichem und spongiösem Mark.)

Femur: weich. M.			11,0	4,2	44,6	33,2	71,2	75,5
spong. "			3,1	2,5	16,6	14,3	39,6	43,2
Humerus: weich. "			10,6	5,3	46,7	46,7	56,5	64,8
spong. "			2,7	6,1	11,8	7,7	18,6	32,0
Tibia: weich. "				6,4	27,8	30,7	70,7	74,2
spong. "				3,2	13,1	7,7	45,7	55,3
Rad. u. Ulna weich. "			3,0	8,9	27,4	26,2	62,9	72,8
spong. "			4,3	2,9	5,7	5,2	45,7	56,4

Tabelle V. Fettfreie Substanz in % z. feuchten Substanz.

	Neugeb. I + II	4 Tage III + IV	14 Tage V + VI	6 Wochen VII VIII	3 Monate IX X	1 Jahr XI XII
Femur: weiches Mark	30,9	37,5	34,9 { 1,3 20,3	19,6 { 3,6 21,0	2,4 27,0 { 2,6 23,3	2,4 17,3 { 1,9
" spong. Mark			{ 33,6	{ 16,0	{ 18,6	{ 24,4
Humerus: weiches M.	36,4	37,4	37,2 { 1,2 28,0	28,3 { 2,3 25,8	0,9 28,6 { 0,8 32,2	4,7 20,7 { 1,3
" spong. M.			{ 36,0	{ 25,9	{ 24,9	{ 27,8
Tibia: weiches M.	31,6	27,2	50,3	22,7 { 6,7 24,6	1,5 29,1 { 3,9 28,5	4,5 19,0 { 4,3
" spong. M.				{ 16,0	{ 23,1	{ 25,2
Rad. + Ulna: weiches M.	34,1	40,0	34,9 { 2,6 24,3	27,3 { 2,6 32,2	8,9 27,9 { 3,5 25,0	10,5 20,9 { 6,5
" spong. M.			{ 32,3	{ 24,7	{ 23,3	{ 24,4
Scapula	34,1	39,7	32,4	22,6	28,6	37,0
Becken				22,5	33,0	
Wirbelmark				29,0	34,3 37,7	
Sternum				32,0	37,2	37,3
Schädel					27,2	
Rippe					13,1	
Talus + Calc.					12,6	12,7
					1,7	12,3

## Hund Nr. I und II.

Hund	Nr. I u. II.	Absolute Zahlen				Feucht Wasserfr.		Wasser- gehalt in 0/0 z. feuchten Substanz	Fett- gehalt	Fettfreie Substanz	Asche- rückstand
		Feucht	Wasser- frei	Fettfrei	Rück- stand	in 0/0 z. Knochen					
Femur	weiches M. } Spong.	0,4920	0,1701	0,1518	0,0902	11,181	3,861	65,426	3,712	30,850	18,333
Humerus	weiches M. } Spong.	0,5958	0,2383	0,2166	0,1132	12,190	4,883	60,003	3,642	36,356	18,999
Tibia	weiches M. } Spong.	0,3320	0,1180	0,1050	0,0570	12,575	4,090	64,458	3,915	31,626	17,168
Radius + Ulna	weiches M. } Spong.	0,4150	0,1501	0,1414	0,0826	11,527	4,169	63,831	2,095	34,072	19,036
Scapula		0,1788	0,0629	0,0610	0,0302	4,966	1,747	64,021	1,903	34,116	16,890
Blut		5,5909	1,2911	1,2864	0,0429			76,764	0,084	22,989	0,766
		5,7682	1,3059	1,3000	0,0372			76,936	0,101	22,413	0,641



## Hund Nr. V und VI.

Hund	Nr. V und VI	Absolute Zahlen				Feucht		Wasserfrei in 0/0 z. feucht. Substanz	Fett- gehalt	Fettfreie Sub- stanz	Asche- rückstand
		Feucht	Wasser- frei	Fettfrei	Rück- stand	in 0/0 zum	Knochen				
Femur	weiches M.	0,1000	0,0310	0,0200	0,0070	1,368	0,205	4,557	0,660	1,319	0,462
	Spong.	1,4148	0,5525	0,5084	0,2880	9,683	3,644	56,954	2,912	33,579	19,012
Humerus	weiches M.	0,1440	0,0409	0,0260	0,0040	0,920	0,254	4,623	0,667	1,165	0,174
	Spong.	2,0865	0,8589	0,8030	0,4602	13,332	5,360	55,049	2,506	36,008	20,627
Tibia	weiches M.	1,0452	0,5645	0,5262	0,2730	10,978	5,719	46,000	3,664	50,350	17,667
	Spong.	0,1605	0,0452	0,0404	0,0128	1,077	0,349	7,334	0,305	2,569	0,814
Radius +	weiches M.	1,4125	0,5681	0,5072	0,3016	9,486	3,813	53,715	3,810	32,264	19,185
Ulna	Spong.	0,8342	0,3062	0,2704	0,1322	8,317	3,052	63,284	4,291	32,413	15,847
Scapula		10,9436	1,7076	1,7040	0,0930			84,424	0,0329	15,575	0,850
Blut		6,4042	0,9182	0,9160	0,0406			86,718	0,031	13,701	0,634

## Hund Nr. VII.

Hund	Nr. VII	Absolute Zahlen				Feucht Wasserfr.		Wasser- gehalt	Fett- gehalt	Fettfreie Substanz	Asche- rückstand
		Feucht	Wasser- frei	Fettfrei	Rück- stand	in % z. Knochen	in % z. feuchten Substanz				
Femur	weiches M. Spong.	1,9584	0,5080	0,4342	0,1615	10,197	2,619	76,600	3,0621	20,285	8,500
Humerus	weiches M. Spong.	2,1316	0,6310	0,6002	0,2700	10,400	3,078	70,457	1,466	28,058	12,857
Tibia	weiches M. Spong.	0,4835 1,0068	0,1133 0,5537	0,0993 0,5150	0,0102 0,1180	10,136	4,530	24,680 30,906	0,933 2,580	6,620 34,333	0,680 7,866
Radius	weiches M. Spong.	0,3517 1,6210	0,0791 0,4797	0,0522 0,4283	0,0094 0,1927	12,324	3,487	13,837 57,930	1,365 2,609	2,649 21,741	0,477 9,781
Scapula		0,7000	0,2192	0,1882	0,0804	5,384	1,686	68,685	4,428	26,865	11,485
Becken		0,3511	0,1234	0,1136	0,0420			64,771	2,780	32,367	11,962
Wirbelsäule		0,2618	0,0835	0,0762	0,0358			68,210	2,796	29,048	13,674
Rippe		2,4960	0,3025	0,2790	0,0262			88,091	0,943	11,004	1,052
Blut V u. VI		8,2271	1,2540	1,2076	1,0346			86,087	0,687	15,214	0,421

## Hund Nr. VIII.

Hund	Nr. VIII	Absolute Zahlen				Feucht in % zum Knochen	Wasserfrei	Wasser- gehalt in % z. feuchten Subst.	Fett- gehalt Substanz	Fettfreie Substanz	Asche- stand
		Feucht	Wasser- frei	Fett- frei	Rück- stand						
Femur	weiches M. Spong.	0,6884 } 1,9148 } 2,602 }	0,1214 0,4648	0,0930 0,4176	0,0236 0,2287	3,129 } 8,703 }	0,551 } 2,112 }	21,774 55,704	1,0910 1,813	3,572 16,030	0,906 8,786
Humerus	weiches M. Spong.	0,3400 } 2,3611 } 2,701 }	0,0814 0,8644	0,0635 0,7008	0,0178 0,3220	1,416 } 9,083 }	0,338 } 3,601 }	9,577 55,410	0,662 6,056	2,350 25,907	0,658 11,550
Tibia	weiches M. Spong.	0,4181 } 1,4096 } 1,827 }	0,1476 0,3496	0,1210 0,3050	0,0010 0,1708	2,322 } 8,311 }	0,816 } 1,942 }	15,028 58,388	1,477 2,471	6,722 16,094	0,055 9,488
Radius + Ulna	weiches M. Spong.	0,5960 } 2,1280 } 2,724 }	0,1257 0,7350	0,0722 0,6735	0,0252 0,3470	3,480 } 10,640 }	0,628 } 4,175 }	17,264 51,137	1,963 2,256	2,650 24,724	0,924 12,738
Scapula		0,6450	0,1683	0,1460	0,0719	4,607	1,202	73,906	3,457	22,635	11,147
Becken		0,9092	0,2385	0,2044	0,0898			75,210	2,340	22,481	9,876
Wirbelsäule											
Sternum								65,207	2,806	31,980	14,055
Schädel											
Rippe		1,9960	0,2260	0,0160	0,1900			88,677	1,803	9,569	0,851
Blut				?							

## Hund Nr. IX.

Hund	Nr. IX.	Absolute Zahlen				Feucht		Wasser- frei.	in % zur feuchten Substanz	Asche- rückstand	
		Feucht	Wasser- frei	Fettfrei	Rückstand	in % zum	Knochen				
Femur	weiches M.	1,4390	0,8026	0,1598	0,0468	2,997	1,672	8,299	8,368	2,441	0,609
	Sp. prox.	1,7616	0,7197	0,3963	0,1808	3,670	1,499	48,902	13,506	18,552	8,269
	Sp. dist.	4,4809	1,7661	1,0520	0,4544	9,335	4,096				
	Fem. Epiph.	1,2280	0,6506	0,3520	0,1664	2,558	1,355				
Humerus	weiches M.	0,6004	0,3506	0,0706	0,0200	1,291	1,753	3,357	3,764	0,948	0,268
	Sp. prox.	5,7152	2,1088	1,6714	0,7458	12,29	4,535	56,276	10,761	24,852	11,559
	Sp. dist.	1,1217	0,536	0,2786	0,1139	2,412	1,162				
	Hum., Ep.	1,6016	0,7416	0,4936	0,2422						
Tibia	weiches M.	1,1314	0,4035	0,0896	0,0233	3,232	2,295	12,093	5,214	1,485	0,386
	Spong.	4,8980	2,0314	1,3912	0,4709	13,994	5,803	47,543	10,636	23,109	7,795
		1,0651	0,6962	0,3943	0,0198	2,448	1,600	8,290	7,024	8,880	0,444
		3,3847	1,1717	0,9767	0,4758	8,933	3,383	49,842	2,693	21,949	10,692
Radius + Ulna	weiches M. Spong.	0,7880 1,2702	0,2835 0,5358	0,2254 0,4198	0,1015 0,2116	3,561 3,969	1,743 1,674	64,079 57,116	7,448 9,919	38,604 33,049	12,880 16,588
Scapula		1,2610	0,5132	0,4326	0,2116			59,302	6,391	34,306	16,780
Becken	Brust	0,3922	0,1882	0,1484	0,0802			52,269	10,147	37,737	20,448
Wirbels.	Schwanz	0,3031	0,1464	0,1128	0,0598			51,699	11,085	37,215	19,729
Sternum		0,2777	0,1227	0,0810	0,0690			41,516	29,49	27,168	21,076
Schädel		0,8734	0,1410	0,1166	0,0070			84,012	2,850	13,138	0,801
Rippe		0,2034	0,1624	0,0035	0,0018			20,156	78,120	1,720	0,886
Tal., Calc.											
Blut		10,3982	1,5316	1,5307?	0,0868			86,255	0,0086	14,718	0,834



## Hund Nr. X.

Hund	Nr. X.	Absolute Zahlen				Feucht		Wasser- frei		Fettfrei		Rückstand		Feucht		Wasser- frei		Fettfrei		Wasser- frei		Fettfrei		Rückstand	
		Feucht		Wasser- frei		Fettfrei		Rückstand		Feucht		Wasser- frei		Fettfrei		Rückstand		Feucht		Wasser- frei		Fettfrei		Rückstand	
Femur	weiches M.	0,9044	0,4622	0,1632	0,0256	2,150	1,100	7,041	4,796	2,598	0,407														
	Sp. prox.	1,1826	5,3760	0,2920	0,1067	2,815	12,799	48,915	12,321	24,367	9,662														
	Sp. dist.	4,1934	2,304	1,2383	0,5001	9,984																			
Humerus	weiches M.	0,3834	0,2280	0,0631	0,0156	0,958	0,32	2,494	2,807	0,851	0,250														
	Spong.	5,8564	2,1196	1,6702	0,8019	14,641	5,299	59,733	7,210	27,875	13,814														
Tibia	weiches M.	0,5392	0,3106	0,1588	0,0185	1,797	1,035	5,593	3,714	3,885	0,452														
	Spong.	3,5479	1,3004	1,0320	0,4946	11,826	4,334	54,991	6,567	25,250	12,101														
Radius + Ulna	weiches M.	0,8676	0,3656	0,1298	0,0211	2,283	0,962	14,771	6,941	3,526	0,621														
	Spong.	2,5299	0,9580	0,8277	0,4088	6,657	2,521	46,571	3,835	24,365	12,034														
Scapula		1,0870	0,4464	0,4028	0,1853	5,574	2,289	59,080	4,011	37,056	17,404														
Becken		1,0372	0,4690	0,3516	0,1816			55,165	11,398	34,135	17,631														
Sternum		0,5653	0,2790	0,1937	0,1096			50,126	15,232	34,589	19,571														
Schädel		0,3210	0,1606	0,0983	0,0700			50,125	19,468	30,718	22,156														
Rippe		1,6330	0,2503	0,2063	0,0166			84,672	2,694	12,633	1,016														
Blut.		11,9895	1,8748	1,8658	0,0953			84,421	0,0151	15,641	0,795														

## Hund Nr. XI.

Hund	Nr. IX.	Absolute Zahlen				Feucht in % zum Knochen	Wasserfrei	Wasser- gehalt in % zur feuchten Substanz	Fett- gehalt Substanz	Fettfreie	Asche- rückstand		
		Feucht	Wasserfrei	Fettfrei	Rückstand								
Femur	weichesM.	1,7740	1,4592	0,1989	0,1064	1,403	1,167	3,841	15,380	2,427	1,200		
	Sp. prox.	1,9218	1,2686	0,5615	0,2897	1,537	1,014	26,412	31,099	20,865	10,519		
	Sp. Mitte	1,5260	8,1946	1,1620	4,2564	0,1410	1,7081		0,0726	0,8620	2,310	16,646	4,702
	Sp. dist.	2,9728	1,8358	0,0056	0,4997	2,378	1,468		20,802	28,159		27,490	12,980
Humerus	weichesM.	1,6906	1,5254	0,3352	0,0776	1,42	1,276	2,310	16,646	4,702	1,085		
	Spong.	5,4694	3,9820	1,9656	0,9282	4,596	3,340	20,802	28,159	27,490	12,980		
Tibia	weichesM.	1,4455	1,2466	1,2280	0,1359	1,314	1,133	4,001	20,490	4,506	2,733		
	Sp. prox.	1,8406	1,3906	0,6493	0,3545	1,672	1,264	14,630	32,385	23,985	9,865		
Radius + Ulna	Sp. dist.	1,6849	3,5255	0,5430	1,1923	0,1359	1,284	10,627	35,211	10,541	6,223		
	weichesM.	1,9985	1,6245	0,3745	0,2111	4,064	3,307	9,700	19,574	14,461	4,746		
Scapula	Spong.	1,5540	1,1990	0,5137	0,1686	3,177	2,447	52,230	17,571	30,241	16,000		
Wirbels.		1,2603	0,6022	0,3807	0,2016			51,576	18,256	28,387	20,845		
Sternum		0,7823	0,3800	0,2376	0,1626			47,402	15,267	37,330	20,250		
Schädel		0,4061	0,2136	0,1516	0,0812			37,088	27,232	35,697	24,883		
Rippe		0,4322	0,2710	0,1735	0,1070			67,744	19,596	12,657	1,446		
Blut		3,2154	1,0370	0,4070	0,0464			79,471	0,090	20,658	0,814		
		14,0200	2,8946	2,8920	0,1140								

