

*Aus dem Institut für Tierphysiologie der Universität München  
(Vorstand: Prof. Dr. Dr. Dr. h. c. Dr. h. c. Johs. Brüggemann)*

*und dem*

*Institut für Nahrungsmittelkunde der Tierärztlichen Fakultät der Universität München  
(Vorstand: Prof. Dr. L. Kotter)*

## **Über den Einfluß eines hohen Kollagengehaltes im Futter auf Entwicklung und Bindegewebansatz bei wachsenden Ratten**

VON H. ERBERSDOBLER, G. PFEIFFER, R. WELLHÄUSER\*), H. ZUCKER\*\*)

Mit 6 Tabellen

(Eingegangen am 28. Oktober 1969)

Kollagenes Eiweiß ist aufgrund seiner Aminosäurezusammensetzung weniger wertvoll als Muskelprotein. Einem hohen Gehalt an Glycin und Prolin stehen Mindergehalte an fast allen essentiellen Aminosäuren, besonders an Tryptophan, gegenüber (2,8). Zur „Ernährungsphysiologischen Bewertung des Kollagens“ wurde bereits ausführlich berichtet (6). Es wurde dort auch zur Beurteilung des Kollagens in Fleisch und in Wurstwaren Stellung genommen. In Versuchen mit wachsenden Ratten wurde damals festgestellt, daß bei Ersatz von Muskeleiweiß durch Kollagen bis zu einem Anteil von 20 % Schwartenprotein am Gesamtprotein der Futtermischung (Muskel- plus Getreideeiweiß) die Gewichtszunahmen wachsender Ratten nicht negativ beeinflusst wurden. Es waren sogar erhöhte Gewichtszunahmen zu verzeichnen, wenn zu dem als vollwertig angesehenen Grundfutter mit 18 % Rohprotein bis zu 4 % Schwartenprotein zugesetzt wurden. Bis zu einem zusätzlichen Kollagengehalt von 10 % (35 % des Gesamtproteins) wurden die Gewichtszunahmen nicht negativ beeinflusst. Rohe Schwarten wurden ebensogut verwertet wie gekochte.

Es wurde auch auf die Ansicht mancher Autoren hingewiesen, nach der kollagenes Eiweiß im Rahmen einer „Vollkost“ sogar unerläßlicher Bestandteil sei, und daß bei verschiedenen „Abnutzungskrankheiten“ vermehrter Verzehr kollagenhaltiger Nahrung empfohlen werde (23).

Diese Ansichten erscheinen zunächst abwegig. Die Bildung nicht essentieller Aminosäuren ist bei quantitativ ausreichender Proteinzufuhr nicht limitiert.

So wird zwar Prolin bei der Synthese körpereigenen Proteins zum Teil direkt als Prolin eingebaut, wie Untersuchungen mit radioaktiv markiertem Prolin bewiesen (4; 14; 16). Die Prolinsynthese bereitet jedoch dem Organismus keine Schwierigkeiten (19; 31). Weiterhin ist Prolin in Proteinen pflanzlicher und tierischer Herkunft weit verbreitet. So enthalten z. B. das Eiweiß des Weizenkorns ca. 10 % und das Milchprotein ebenfalls ca. 10 % Prolin (5; 9). Anderen Autoren zufolge können Hydroxyprolin und Hydroxylysin als solche zur Proteinsynthese nicht herangezogen werden (13; 26; 27; 30; 31). Sie werden stets aus Lysin bzw. Prolin oder anderen Aminosäuren (z. B. Ornithin) neu gebildet (z. 24; 25), und zwar in den Ribosomen. Prolin wie Lysin werden erst nach ihrem Einbau in die Peptidkette unter Mitwirkung von Oxygenase und Ascorbinsäure hydroxyliert (32). Ähnliches wie das für Prolin Gesagte

\*) Jetzt Leiter des Instituts für Forschung und Entwicklung der Fa. Schweisfurth Dachau.

\*\*) Jetzt Sandoz Forschungsinstitut GmbH, Wien.

gilt beim Säugerorganismus auch für das Glycin, der mengenmäßig bedeutendsten Aminosäure im Kollagen (z. B. 4).

Trotz dieser Tatbestände ergaben die früheren Versuche (6) mit wachsenden Ratten, daß durch kollagenes Eiweiß bis zu einem gewissen Grad Muskelprotein eingespart werden kann. Weiterhin schienen höhere Schwartenzulagen zu einem geringen Mehransatz an Bindegewebe im Rattenkörper zu führen. Bei der geringen Anzahl an Untersuchungen (3 Gruppen mit kollagenreicher Fütterung zu je 3 Tieren) ließ sich dieser Befund allerdings statistisch nicht sichern.

Es erschien daher wünschenswert, in Fortführung dieser Arbeiten weitere Untersuchungen über den Einfluß einer Mischung aus schierem Fleisch mit Sehnen auf das Wachstum junger Ratten und über die Auswirkung von Kollagenzulagen zum Futter auf den Bindegewebsansatz im Rattenkörper anzustellen. \*)

### Untersuchungsmethoden

Die Aminosäurenanalysen wurden mit Hilfe von Apparaturen zur automatischen Aminosäurenanalyse nach SPACKMAN, STEIN und MOORE (28) durchgeführt. Dazu wurde eine etwa 250 mg Protein entsprechende Menge des Untersuchungsmaterials in 800 ml Salzsäure (6 N) unter Stickstoff 24 Stunden bei Siedetemperatur hydrolysiert. Von dem Hydrolysat wurde ein aliquoter Teil im Vakuumrotationsverdampfer eingengt und in Citratpuffer pH 2,2 aufgenommen. Als Konservierungsmittel diente Caprylsäure. Die Hydrolysatproben enthielten Norleucin als inneren Standard.

Cystin wurde als Cysteinsäure bestimmt. Dazu wurden 250 mg Protein mit 150 ml Perameisensäure 12 Stunden nach MOORE (21) oxydiert und anschließend hydrolysiert. Die weitere Aufarbeitung des Materials erfolgte wie bei den nicht oxydierten Proben.

Zur Tryptophanbestimmung wurde nach alkalischer Hydrolyse die Reaktion des Tryptophans mit p-Dimethylaminobenzaldehyd herangezogen (29).

Die Fütterungsversuche wurden mit wachsenden männlichen Albinoratten nach den Richtlinien des Arbeitskreises für Proteinbewertung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere (18) durchgeführt. Die Versuchsdauer betrug 4 Wochen. Die Ratten wurden in Einzelkäfigen gehalten, die Futter- und Wasseraufnahme erfolgte ad libitum. Die Tiere wurden wöchentlich gewogen. Die Zusammensetzung der Versuchsrationen ist aus Tab. 1 ersichtlich.

Nach Beendigung der Fütterungsversuche erhielten die Ratten für die Dauer von 42 Stunden ein kollagenfreies Futter (Casein + Methionin als Proteinquelle). Anschließend wurde das Futter entzogen, die Tiere nach 6 Stunden getötet und bis zur Körperanalyse bei  $-20^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt.

Versuchskriterien waren Gewichtszunahmen, die Protein Efficiency Ratio ( $\text{PER} = \text{g Zunahme pro g Proteinaufnahme}$ ) sowie die Gehalte der Rattenkörper an Rohprotein und Bindegewebe.

Die Ermittlung des Bindegewebeseiweißgehaltes erfolgte über die Bestimmung des Oxyprolin- und Glycinegehaltes und nach folgenden Berechnungen (1):

$$\begin{aligned} \text{I) Bindegewebe} &= \frac{\% \text{ Oxyprolin} \times 8 \times 100}{\% \text{ Rohprotein}} \\ \text{II) Bindegewebe} &= \left( \frac{(\% \text{ Glycin} \times 100)}{\% \text{ Rohprotein}} - 2 \right) \times 4,5 \end{aligned}$$

\*) Über einen Teil der hier beschriebenen Versuche wurde in einer vorläufigen Mitteilung bereits auf dem Kongreß Europäischer Fleischforscher 1966 in Sandefjord berichtet (10).

Tab. 1. Zusammensetzung der Diäten

	Versuch 1	Versuche 2 und 3
Maisschrot	20	—
Muskelfleisch entspr. einem Rohproteinbeitrag von Sehnen entsprechend einem Rohproteinbeitrag (Nx6,25) von	18	13
Rohrzucker	10	4 bzw. 5 (Vers. 3)
Glukose	25	25
Sojaöl raff.	10	10
Molkenpulver entzuckert	5	2
getr. Fischpreßsaft	0,5	—
Vitamine und Spurenelemente	2	—
Calciumcarbonat	2+)	2+)
Dicalciumphosphat	1,4	1,4
Maisstärke	1,4	1,4
	ad 100	ad 100

+) Das Futter enthielt über die Vormischung zusätzlich 5000 I. E. Vitamin A; 1000 I. E. Vitamin D<sub>3</sub>; 40 mcg Vitamin E; 1 mg Vitamin K<sub>3</sub>; 2 mg Vitamin B<sub>1</sub>; 5 mg Vitamin B<sub>2</sub>; 2 mg Vitamin B<sub>6</sub>; 10 mg Vitamin B<sub>12</sub>; 10 mg Pantothensäure; 5 mg Nikotinsäure; 200 mg Cholinchlorid; 500 mg MgSO<sub>4</sub>; 50 mg Fe<sub>3</sub>-Citrat · 6H<sub>2</sub>O; 20 mg CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O; 20 mg MnSO<sub>4</sub> · 4H<sub>2</sub>O; 10 mg ZnSO<sub>4</sub>

Zur Methodik sei noch folgendes festgehalten:

Bei der Hydrolyse der Ratten wurden die Verhältnisse g Rattenkörper : g HCl-Lösung : g SnCl<sub>2</sub> = 1 : 3 : 0,15 eingehalten. Aufgrund vororientierender Untersuchungen wurde die auf dem Sandbad durchgeführte Hydrolyse auf 12 Stunden begrenzt; eine Hydrolysendauer von bis zu 48 Stunden hatte demgegenüber keinen Vorteil gebracht, eine Verkürzung auf weniger als 12 Stunden war nicht immer ausreichend. Die Verdünnung der Hydrolysate hatte bei der Hydroxyprolinbestimmung 1:10, bei der Glycinbestimmung 1:50 betragen; von jedem Hydrolysat gelangten 3 Ansätze zur photometrischen Bestimmung.

### Ergebnisse und Diskussion

Ergebnisse der Aminosäureanalysen von den Proteinchargen in Versuch 3 sind in Tab. 2 dargestellt. Wie aus der Tabelle ersehen werden kann, enthält das Sehnenprotein wesentlich weniger essentielle Aminosäuren als das Muskelprotein. Besonders gravierend ist der geringe Gehalt an Tryptophan sowie der hohe Anteil an Glycin und Prolin. Die Aminosäurezusammensetzung des Sehnenproteins entspricht weitgehend dem Aminosäuremuster von Gelatine.

In Versuch 1 wurde eine Versuchsanordnung von BRÜGGEMANN, KOTTER u. Mitarb. (6) in etwas modifizierter Form wiederholt. Drei Gruppen zu je 20 Ratten in Einzelfütterung erhielten das Versuchsfutter nach dem in Tab. 3 aufgezeigten Schema.

Da in diesem Versuch das Muskelprotein und Sehnenprotein dem Grundfutter roh zugemischt worden war, enthielt das Gesamtfutter relativ viel Wasser. Die jeweils für einen Versuchszeitraum von einer Woche gemischten Rationen wurden daher in kleinen Portionen sofort nach der Herstellung tiefgefroren. Alle zwei Tage wurde Futter aufgetaut und zugeteilt. Die Futterrückwaagen wurden jeweils nur für die gesamte Gruppe vorgenommen. Es war daher nicht möglich, die Futterverwertung

Tab. 2. Aminosäuregehalt (in g/16 gN) in Fleisch, Sehnen getrocknet und Gelatine

	Fleisch gefrier-getr.	Sehnen getr.	Gelatine
% Rohprotein in der TS.	88,5 (Nx6,25)	91,0 (Nx5,55)	88,2 (Nx5,55)
<i>Aminosäuren (g/16 gN)</i>			
Methionin	2,7	0,8	0,6
Cystin	1,4	0,1	0,1
Lysin	8,3	3,8	3,6
Tryptophan	1,4	0,2	nicht bestimmt
Threonin	4,3	1,7	1,5
Valin	5,0	2,6	2,1
Isoleucin	5,2	1,5	1,5
Leucin	8,2	3,0	2,6
Phenylalanin	3,9	1,7	1,5
Tyrosin	3,3	0,6	nicht bestimmt
Arginin	6,0	7,4	8,1
Histidin	3,6	0,9	1,0
Asparaginsäure	10,0	6,4	5,4
Glutaminsäure	16,0	14,1	7,4
Serin	3,8	3,2	3,3
Glycin	4,3	25,0	26,0
Prolin	4,1	14,1	18,0
Alanin	5,3	7,6	8,5

Tab. 3. Einfluß von Sehnenproteinzugaben auf die Entwicklung wachsender Ratten  
(Versuch 1; 20 Ratten pro Gruppe)

	Muskel- protein	M. + Sehnen roh	M. + Sehnen gekocht
% Protein aus dem Grundfutter	ca. 4	ca. 4	ca. 4
% Muskelprotein <sup>1</sup>	18	18	18
Sehnenprotein roh <sup>1</sup>	—	10	—
Sehnenprotein gekocht <sup>1</sup>	—	—	10
% Gesamtprotein (Nx6,25) <sup>1</sup> im Futter	23,1	32,8	31,3
Zunahmen in g/Tier (4 Wochen)	175 a <sup>2</sup>	166 b	160 b <sup>2</sup>
g Futter <sup>1</sup> /g Zunahme	2,25	2,31	2,38
Protein Efficiency Ratio	2,02	1,34 <sup>3</sup>	1,35 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> analytisch ermittelte Werte, bezogen auf die Trockensubstanz.<sup>2</sup> Die mit b markierten Werte sind nur von dem mit a markierten Wert signifikant ( $p < 0,05$ ) unterschieden.<sup>3</sup> Aufgrund der wesentlich höheren Proteingehalte der Rationen mit Sehnenzugaben lassen sich die mit <sup>3</sup>) markierten PER-Werte mit dem Wert 2,02 nicht vergleichen.

und die Protein Efficiency Ratio (PER) für die Einzeltiere zu berechnen und die Gruppenunterschiede für diese Kriterien statistisch zu sichern.

Wie die Ergebnisse zeigen, wurden durch Zusätze von 10 % Sehnenprotein zu einer als hochwertig angesehenen Ration (18 % Muskelprotein, ca. 2 % Getreideprotein, ca. 2 % Protein aus Fishsolubles und Molkenpulver) die Entwicklung der Ratten und die Futterverwertung bereits etwas vermindert. Der Anteil Kollagen am Gesamteiweiß betrug 30–31 %

Die Gewichtsdepression ist etwas deutlicher als in den früheren Versuchen (6). Allerdings waren die Gewichtszunahmen im vorliegenden Versuch insgesamt höher. Dies ist sicherlich darauf zurückzuführen, daß im entsprechenden früheren Versuch das Futter ohne Schwartenzulagen nur insgesamt 18 % Protein enthielt, während bei den vorliegenden Untersuchungen ein Proteingehalt von 23 % erreicht wurde. Dieser Proteinanteil reichte sicherlich für ein optimales Wachstum der Ratten bereits aus. 18 % Eiweiß entsprachen dagegen bei der gegebenen Proteinqualität möglicherweise noch nicht ganz dem Bedarf der Ratten, so daß damals durch Zulagen von Kollagen noch eine Verbesserung erzielt wurde. Dafür spricht auch, daß im entsprechenden früheren Versuch (6) das beste Wachstum bei einem Gehalt der Ration von 22 % Protein (4 % Kollagen) festgestellt wurde.

Die Möglichkeit, daß zwischen Schwartenprotein und Sehnenprotein wesentliche Qualitätsunterschiede bestehen, dürfte unwahrscheinlich sein (3). Sicherlich wurde jedoch der Futtermischung über die Schwarten mehr Fett als über die Sehnen zugeführt.

Das Protein der rohen Sehnen wurde zumindest ebensogut verwertet wie das Protein der gekochten Sehnen, ein Befund, der die Versuchsergebnisse der ersten Untersuchungen (6) ebenfalls bestätigt.

In Tab. 4 sind die Ergebnisse der Versuche 2 und 3 dargestellt.

Tab. 4. Einfluß von Sehnenproteinzulagen zu Rationen mit 13 % Muskelprotein auf die Entwicklung wachsender Ratten (Versuch 2 und 3; 10 Ratten pro Gruppe)

	g Zunahmen (4 Wochen)	g Futter/g Zunahme	PER
<i>Versuch 2</i>			
1. Fleisch autoklaviert und getrocknet	133	3,20a <sup>1</sup>	2,57
2. Wie 1 + 4 % Sehnenprotein (getr.)	144	3,05b	1,91c <sup>2</sup>
3. Fleisch zusammen mit Sehnen (4 %) Protein autoklaviert und getrocknet	148	3,02b	1,92c
<i>Versuch 3</i>			
4. Fleisch autoklaviert und getrocknet	157	3,09a	2,52
5. Wie 4 + 5 % Sehnenprotein (getr.)	162	2,94b	1,87c
6. Fleisch zusammen mit Sehnen (5 %) Protein autoklaviert und getrocknet	162	2,88b	1,94c

<sup>1</sup> Die mit a markierten Werte waren von den mit b gekennzeichneten signifikant ( $p < 0,05$ ) unterschieden.

<sup>2</sup> Aufgrund der unterschiedlichen Sehnenzulagen wäre eine Übereinstimmung der PER-Resultate nur zwischen Versuchsgruppe 2 und 3 bzw. 5 und 6 zu erwarten.

Nach Zulagen von 4 % Sehnenprotein zu einem Futter mit 13 % Muskelprotein (Anteil des Sehnenproteins am Gesamtprotein 24 %) waren die Gewichtszunahmen und die Futterverwertung noch verbessert. Auch Zulagen von 5 % Sehnenprotein zu 13 % Muskelprotein (Anteil des Sehnenproteins am Gesamtprotein 28 %) bewirkten noch eine, allerdings geringere Erhöhung der Gewichtszunahmen und eine Verbesserung der Futterverwertung.

Es sei hier besonders darauf hingewiesen, daß kein Unterschied bestand, ob die Sehnen dem Muskelprotein erst nach dem Trocknen zugegeben oder zusammen mit dem Fleisch getrocknet wurden. Die Proteinqualität des zusammen mit Sehnen getrockneten Muskelproteins war sogar etwas höher als die Proteinqualität der nachträglichen Mischung aus getrocknetem Fleisch und getrockneten Sehnen. Dies widerspricht der Ansicht von FERRANDO und Mitarb. (z. B. 12)\*).

Insgesamt wurden die Ergebnisse von BRÜGGEMANN, KOTTER und Mitarb. (6) bestätigt. Durch Zulagen von kollagenem Eiweiß bis zu einer Konzentration von 28 % des Gesamtproteins bei einem nicht ausreichenden Proteingehalt der Ration (13 % Muskelprotein) konnte noch eine Verbesserung der Gewichtszunahmen und der Futterverwertung erreicht werden. Durch Zusätze von 10 % Sehnenprotein zu einer Ration aus 18 % Muskelprotein, 2 % Getreideprotein und 2 % Protein sonstiger Herkunft wurden dagegen die Gewichtszunahmen und die Futterverwertung bereits vermindert.

Nach Bilanzversuchen von KOFRANYI (20) mit erwachsenen Menschen wies eine Mischung von 17 % Gelatine mit 834 % Muskelprotein eine höhere biologische Wertigkeit auf als das Muskelprotein alleine. Bis zu einem Gehalt von 50 % Gelatine wurde die biologische Wertigkeit der Mischung nicht in nennenswertem Umfang vermindert. Damit stimmen die Ergebnisse von KOFRANYI (20) gut mit den Befunden der vorliegenden Versuche überein, wenn auch bei den wachsenden Ratten wahrscheinlich aufgrund des höheren Bedarfs an essentiellen Aminosäuren der tolerable Kollagenanteil etwas geringer war als beim erwachsenen Menschen. Wieder andere Verhältnisse liegen sicherlich beim wachsenden Menschen vor.

Tab. 5. Einfluß von Sehnenproteinzulagen auf den Bindegewebsansatz wachsender Ratten  
Versuch 1: 20 Ratten pro Gruppe. Der in Form der Sehnen zugegebene Kollagenanteil betrug ca. 31 % des Gesamtproteins.

Gruppe: (s. Tab. 3)	Muskelprotein	M. + Sehnen roh	M. + Sehnen gekocht
Gewicht der Ratten in g	233	225	208
<i>Analyse der Rattenkörper</i>			
Rohprotein	19,4	19,7	19,6
Oxyprolin (g/16gN)	2,9	2,8	2,6
Glycin (g/16gN)	6,2	6,0	6,3
<i>Bindegewebeisseiweiß im Rattenkörper</i> (in % des Rohproteins)			
ber. n. d. Oxyprolinegehalt	23,0	22,4	21,0
ber. n. d. Glycinegehalt	18,9	18,2	19,7
Mittel	21,0	20,3	20,4

\*) Über Untersuchungen zur Frage der Erhitzung von Fleisch mit verschiedenen Zusätzen wird ausführlich noch berichtet (s. auch 10).

Vor der Untersuchung der Ratten auf einen eventuell vermehrten Bindegewebsansatz standen wir vor der Frage, ob wir den Rohprotein-, Hydroxyprolin- und Glycingehalt am Rattenganzkörper durchführen oder einer nach Körperteilen wie Haut, Skelett, Muskulatur, Leber und Milz differenzierten Untersuchung den Vorzug geben sollten. Wir entschieden uns vor allem deshalb für die Ganzkörperanalyse, weil damit die Kontinuität mit den früheren Untersuchungen gesichert war, vor allem aber, weil die nach Tierkörperteilen differenzierte Bestimmung von Rohprotein, Hydroxyprolin- und Glycingehalt eine wesentliche Mehrbelastung bedeutet hätte und eine ausreichend standardisierte Befreiung beispielsweise der Haut von Haaren oder der Muskulatur von Blut und Knochen fraglich erschienen war.

Tab. 6. Einfluß von Sehnenproteinzulagen auf den Bindegewebsansatz wachsender Ratten  
Versuch 2: (10 Ratten pro Gruppe; Kollagen = ca. 24 % des Gesamtproteins)

Gruppe (s. Tab. 4)	1	1 b <sup>1</sup>	2 (+ Sehnen)	3 (+ Sehnen)
Gewicht der Ratten in g bei Versuchsende	211	216	222	226
<i>Analyse der Rattenkörper</i>				
Rohprotein in %	19,3	19,2	18,8	19,1
Oxyprolin (g/16gN)	2,7	2,8	3,0 <sup>2</sup>	2,8
Glycin (g/16gN)	6,3	6,1	6,1	6,0
<i>Bindegewebsweiß</i>				
(in % des Rohproteins)				
nach dem Oxyprolingehalt	21,4	22,5	23,8	22,2
nach dem Glycingehalt	19,5	18,5	18,6	18,1
Mittel	20,5	20,5	21,2	20,2

<sup>1</sup>) 13 % eines hitzgeschädigten Muskelproteins plus 5 % Casein.

<sup>2</sup>) Der Wert war von den übrigen Rohproteinwerten nicht einmal gering signifikant unterschieden.

Einen signifikanten Einfluß auf den Bindegewebsansatz hatten die Zulagen an Sehnenprotein auch bei diesen Studien nicht gezeigt (s. auch 6). Zwar war der Hydroxyprolinanteil im Körper derjenigen Tiere von 2,7 auf 3 % erhöht, bei denen zum Grundfutter mit 13 % Muskeleiweiß 4 % Protein von gekochten Sehnen kamen (s. Tab. 6), jedoch zeigten schon die Standardabweichungen, daß der Unterschied statistisch nicht gesichert war. Dies und die Tatsache, daß keine andere Versuchsgruppe im Vergleich zu den jeweiligen Kontrollgruppen auch nur andeutungsweise eine Bindegewebsvermehrung zeigte, andererseits aber immerhin 10 bzw. 20 Tiere je Gruppe analysiert wurden, dürfte die Auffassung widerlegen, daß der Bindegewebsansatz im Rattenkörper durch einen hohen Kollagengehalt im Futter zu beeinflussen sei.

Daß sich aus dem Glycingehalt geringere Werte für Bindegewebsweiß ergeben als über die Oxyprolinbestimmung, dürfte darauf zurückzuführen sein, daß der in der nach Erfahrungswerten an Fleisch landwirtschaftlicher Nutztiere erarbeiteten (1) Berechnungsformel abzuziehende (s. S. 4) Glycingehalt des eigentlichen Muskelproteins dem relativ hohen Anteil an glycinarmem Nichtmuskelprotein beim Rattenkörper-Gesamteiweiß nicht entspricht.

Eine Beeinträchtigung der Kollagenbildung in Organen (13), Wunden (7) oder induzierten Bindegewebsneubildungen (11) wurde bisher nur unter extremen Bedingungen des Proteinmangels oder bei Skorbut festgestellt. PEACOCK (22) wiederum konnte durch Gaben von Prolin und Oxyprolin auch bei Ratten mit Eiweißmangel und Meerschweinchen mit Skorbut keinen Einfluß auf die Bindegewebsbildung vernarbender Hautwunden feststellen. Auch von FRANKE (14) wurde außer den von BRÜGGEMANN, KOTTER und Mitarb. (6) beschriebenen Befunden kein weiterer Hinweis auf einen vermehrten Bindegewebsansatz bei kollagenreicher Fütterung gefunden.

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Unterstützung der Arbeiten.

### *Zusammenfassung*

In drei Fütterungsversuchen wurde der Einfluß von Kollagenzulagen zu schierem Fleisch auf Entwicklung und Bindegewebsansatz wachsender männlicher Albinoratten untersucht.

1. Durch Zulagen von Sehnenprotein bis zu 5 % (28 % am Gesamtprotein) zu einem Futter mit 13 % Muskelprotein wurden die Gewichtszunahmen und die Futterverwertung noch etwas verbessert. Zulagen von Sehnenprotein in Höhe von 10 % (31 % des Gesamtproteins) zu einem Futter mit 18 % Muskelprotein, ca. 2 % Getreideprotein und ca. 2 % Protein aus Fishsolubles und Molkenpulver bewirkten bereits eine Depression der Gewichtsentwicklung und der Futterverwertung.
2. Zerkleinerte rohe Sehnen wurden von den Ratten ebenso gut verwertet wie gekochte Sehnen. Das Erhitzen der zerkleinerten Sehnen in Mischung mit zerkleinertem schierem Muskelfleisch beeinträchtigte die Proteinqualität der Mischung nicht. Die Ratten entwickelten sich mit diesem Futter ebenso gut wie mit Rationen aus einer nachträglichen Mischung aus getrocknetem Fleisch und getrockneten Sehnen.
3. Ganzkörperanalysen von insgesamt 100 Ratten ließen keine Beeinflussung des Bindegewebsansatzes durch hohe Kollagenfütterung erkennen. Im Mittel aller Untersuchungen (als Kriterium diente der Oxyprolin- und Glycingehalt) enthielten 40 Ratten, die ohne Sehnenzulagen gefüttert wurden, 20,8 % Bindegewebe Eiweiß im Gesamtkörperprotein. 60 Ratten mit 24–31 % kollagenem Eiweiß im Protein der Gesamtration enthielten 20,5 % Bindegewebe im Protein des Gesamtkörpers.

### *Summary*

The influence of varying ratios of collagen to meat protein on bodyweight and carcass collagen of growing male rats was investigated.

1. Addition of sinew protein up to 5 % (28 % of total protein) to a feed mixture containing 13 % muscle protein yielded slight improvements on daily gain and feed conversion. In a ration containing 18 % muscle protein, 2 % grain protein and 2 % protein from fishsolubles and dried whey, the addition of 10 % sinew protein (31 % of total protein) depressed gain and feed conversion.
2. Raw sinew protein was utilized as good as cooked sinew protein. Autoclaving and drying meat and sinews together did not influence the protein quality of the mixture.
3. Analysis of total carcasses of 100 rats showed no influence of high collagen intake on collagen content.

### *Literatur*

1. ANTONACOPOULOS, N., Vorschläge zur quantitativen Bestimmung des Bindegewebes in Fleisch und seinen Zubereitungen. Phil. Diss. (München 1957). — 2. ASHLEY, J. H., H. FISHER, Poult. Sci. **45**, 541 (1966). — 3. BARTH, D., Untersuchungen über Aminosäureimbilanzen. Med-vet. Diss. (München 1964). — 4. BENTLEY, J. P., D. S. JACKSON, Biochem. Biophys. Res. Commun. **10**, 271 (1963), zit. n. Nutr. Abstr. Rev. **33**, 1035 (1963). — 5.



- BRÜGGEMANN, J., H. ERBERSDOBLER, Z. Tierern. Futtermittelkde. **22**, 173 (1967). — 6. BRÜGGEMANN, J., L. KOTTER, K. DREPPER, O. PRÄNDL, B. FRANKE, B. ROLLE, Fleischwirtschaft **44**, 30 (1964). — 7. DUNPHY, J. E., K. N. UDUPA, L. C. EDWARDS, Ann. Surg. **144**, 304 (1956), zit. n. Nutr. Abstr. Rev. **27**, 397 (1957). — 8. EASTOE, J. E., Biochem. J. **61**, 589 und 601 (1955). — 9. ERBERSDOBLER, H., Landw. Forschg. **19**, 264 (1966). — 10. ERBERSDOBLER, H., R. WELLHÄUSER, G. PFEIFFER (Referent), Über den Einfluß des Kollagengehalts im Fleisch auf Ganzkörperzusammensetzung und Entwicklung wachsender Ratten. Vorläufige Mitt. Paper auf dem Kongreß Europäischer Fleischforscher im Sandefjord, Norwegen (August 1966). — 11. FARABOLLINI, F., G. G. TEDESCHI, Quad. Nutrizione **22**, 127 (1962), zit. n. Nutr. Abstr. Rev. **33**, 1072 (1963). — 12. FERRANDO, R., A. DAGOUMAU, N. HENRY, Rec. Med. Vet. **138**, 379 (1962). — 13. FISHER, H., P. GRIMMINGER, J. Nutr. **80**, 350 (1963). — 14. FRANKE, B., Zur ernährungsphysiologischen Bewertung des Kollagens. Med. vet. Diss. (München 1964). — 15. GERBER, G., GISELA GERBER, K. I. ALTMAN, J. Biol. Chem. **235**, 2653 (1960). — 16. GERBER, G., GISELA GERBER, K. I. ALTMAN, Nature **185**, 767 (1960). — 17. GREEN, N. M., D. A. LOWTHER, Biochem. J. **71**, 55 (1959). — 18. Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere, Arbeitskreis für Proteinbewertung, Z. Tierern. Futtermittelkde. **19**, 257 (1964). — 19. KARLSON, P., Kurzgefaßtes Lehrbuch der Biochem. 6. Auflage. (Stuttgart 1967). — 20. KOFRANYI, E., Die biologische Wertigkeit der Mischung von Ei mit Milch, von Fleisch mit Gelatine, von Mais mit Bohnen, von Roggen mit Weizen. Vortrag auf d. Tagung d. Deutsch. Ges. f. Ernährung, München (1967). — 21. MOORE, S., J. Biol. Chem. **238**, 235 (1963). — 22. PEACOCK, E. jr., Proc. Soc. exp. Biol. N. Y. **105**, 380 (1960). — 23. POLZIN, H., Fleischer-Ztg. Nr. 45 (1963), Neue Fleischer-Ztg. Nr. 45 (1963). — 24. ROBERTSON, W. B., B. SCHWARZ, J. Biol. Chem. **201**, 689 (1953). — 25. ROBERTSON, W. B., J. HIWETT, C. HERMAN, J. Biol. Chem. **234**, 105 (1959). — 26. SINEX, F. M., D. D. VAN SLYKE, J. Biol. Chem. **216**, 245 (1955). — 27. SLYKE, D. D. VAN, F. M. SINEX, J. Biol. Chem. **232**, 797 (1958). — 28. SPACKMAN, H., W. H. STEIN, S. MOORE, Analyt. Chem. **30**, 1190 (1958). — 29. SPIES, J. R., D. C. CHAMBERS, Analyt. Chem. **21**, 1249 (1949). — 30. STETTEN, M. R., J. Biol. Chem. **181**, 31 (1949). — 31. STETTEN, M. R., J. Biol. Chem. **189**, 499 (1951). — 32. UDENFRIEND, S., Sci. **152**, 1335 (1960).

Anschrift der Verfasser:  
Institut für Tierphysiologie und Institut  
für die Nahrungsmittelkunde an der  
Tierärztlichen Fakultät der Universität  
8000 München 22, Veterinärstraße 13