

Das Problem des Eiweißersatzes durch Ammoniumsalze und Amidostoffe bei der Tierernährung.

Von K. SCHARRER und A. STROBEL.

Aus dem Agrikulturchemischen Institut der Hochschule für Landwirtschaft und Brauerei Weihenstephan b. München.

(Eingeg. 25./3. 1925.)

Ein großer Teil des Gesamtstickstoffes kommt in Form von nichteiweißartigen Verbindungen in den Pflanzen vor. E. Schulze¹⁾ zeigte, daß in Kartoffeln 56,2 %, in Rüben nur 21,6—38,9 % des Gesamtstickstoffes auf Eiweiß entfallen, und O. Kellner²⁾ fand, daß Säureamide und Aminosäuren in den Pflanzen ganz allgemein verbreitet sind, manchmal sogar in sehr großen Mengen darin vorkommen. Diese Stickstoffverbindungen nichteiweißartiger Natur treten teils als Produkte der Zersetzung von Eiweiß durch proteolytische Enzyme, wie dies in den Pflanzenkeimen der Fall ist, teils als Zwischenprodukte der von den Pflanzen aufgenommenen anorganischen Stickstoffverbindungen zum Eiweiß auf. Vielfach werden sie auch nur Spaltungsprodukte sein, um die Wanderung und Speicherung stickstoffhaltiger Nahrung zu vollführen. Da die Hauptnahrungsquelle der landwirtschaftlichen Nutztiere das Pflanzenreich ist, wurde bald die Frage von einschneidender Bedeutung, ob die stickstoffhaltigen Verbindungen nichteiweißartiger Natur, die sog. Amidkörper, überhaupt einen Nährwert besäßen, bzw. ob sie imstande wären, die Eiweißkörper ganz oder teilweise zu ersetzen. Naturgemäß zwangen gerade die Nachkriegsverhältnisse zu einer Einschränkung des Verbrauches der teuren Kraftfuttermittel, die bekanntlich größtenteils aus dem Ausland eingeführt werden müssen, und ließen dadurch das Problem des Eiweißersatzes durch Amidstoffe noch brennender erscheinen. Gewisse Forscher, wie J. Kühn und A. Stutzer, wollten die Amide einfach den Kohlehydraten zugezählt wissen, die bekanntlich eiweißsparend wirken können. Nach O. Kellner und Th. Pfeiffer hingegen sollten die Amide überhaupt gänzlich von der Liste der Nährstoffe gestrichen werden. Um diese wichtigen Fragen zu klären, wurden Fütterungsversuche ange stellt, und zwar in der Weise, daß die Amide entweder einzeln oder in natürlicher Mischung verwendet wurden. Besonders mit Asparagin oder amidreichen Futtermitteln, wie Rüben und Melasse, wurden solche Fütterungsversuche durchgeführt und als Versuchstiere Herbivoren, Omnivoren und Carnivoren herangezogen. Auch war es ein Problem, festzustellen, ob die bei Verdauung des Eiweißes entstehenden Stoffe, als solche versüttet, vom tierischen Organismus wieder zusammengefügt werden könnten.

Zuntz und Bahmann³⁾ und Bahmann⁴⁾ allein fanden, daß die nichteiweißartigen Stickstoffverbindungen, die im Fleischextrakt enthalten sind, keine eiweißsparende Wirkung besitzen, da die Tiere, die nur kohlehydratreiche Nahrung erhielten, gleichzeitig mit jenen starben, die außer mit Kohlehydraten noch mit

¹⁾ E. Schulze, Landw. Versuchsst. 18, 320 [1875].

²⁾ O. Kellner, Landw. Jahrbücher 1879, 1. Suppl. zu Bd. 8, S. 243.

³⁾ Zuntz u. Bahmann, Du Bois Reymonds Archiv 1882, 424. Siehe Just, Landw. Versuchsst. 69, 393 [1908].

⁴⁾ Bahmann, Über die Bedeutung der Aminosäuren für die Tierernährung. Inaugural-Dissertation Erlangen 1885.

Angew. Chem. 1925. Nr. 28.

Fleischextrakt gefüttert worden waren. Munck⁵⁾ kam zu dem Ergebnis, daß auch Asparagin bei sonst kohlehydratreicher Kost keine eiweißsparende Wirkung hat und eher den Eiweißzerfall vermehrt. Zu ähnlichen Resultaten kam Hagemann⁶⁾; unklarer verliefen die Versuche von Mauthner⁷⁾ mit Asparagin. Löwi⁸⁾ suchte festzustellen, ob der tierische Organismus imstande wäre, aus den durch Fermenthydrolyse von Eiweiß gewonnenen Spaltungsprodukten wieder Eiweiß zu bilden. Diese Spaltungsprodukte stellte er durch Einwirkenlassen der Pankreasverdauung auf Eiweiß bis zum Verschwinden der Biuretreaktion dar. Mit diesen Substanzen fütterte er neben Stärke und Futter eine Hündin. Aus der Tatsache, daß dieses Tier bei dieser Ernährung 25 Tage an Gewicht zunahm und im Stickstoffgleichgewicht blieb, schloß Löwi, daß der Eiweißbedarf der Hündin durch die Verdauungsprodukte gedeckt worden wäre, und sich daher eine Eiweißsynthese vollzogen habe. Eine Bestätigung dieser Ergebnisse erbrachte H. Lüthje⁹⁾; dieser Forscher stellte auch fest, daß aus den eiweißfreien Verdauungsprodukten sogar Stickstoff retiniert würde, wogegen bei Ersatz der Kohlehydrate durch Fett die Retention unterblieb und sich Stickstoffverluste zeigten. Die Untersuchungen Lesser¹⁰⁾ stehen mit den Ergebnissen Löwies und Lüthjes in Widerspruch. Nach Graffenbergers¹¹⁾ Angaben wirken größere Mengen Asparagin toxisch. Politis¹²⁾ folgert aus seinen Untersuchungen mit Ratten, daß Asparagin keine eiweißsparende Wirkung hat. Aus ausgedehnten Versuchen mit weißen Ratten schließt Gabriel¹³⁾, daß das Asparagin unter gewissen Bedingungen einen Teil der stickstofffreien Nährstoffe vollständig zu ersetzen vermag, und aus anderen Versuchsreihen ergab sich, daß sich Asparagin, was den Stickstoffumsatz anbetrifft, wie ein indifferenter Stoff verhält. Ebenso stellten Henriques und Hansen¹⁴⁾ mit Ratten Versuche an, die zu dem Resultat führten, daß Asparagin Stickstoffverluste nicht verhindern und auch Gemische der nichteiweißartigen Stickstoffsubstanzen, die aus Wurzelknollen von Kartoffeln und Rüben durch Auspressen und Ausköchen gewonnen wurden, nicht das Stickstoffgleichgewicht herstellen konnten.

Versuche über die Bedeutung des Asparagins hat auch Weiske¹⁵⁾ durchgeführt, wobei er fand, daß dieser Stoff, mit stickstofffreier Nahrung versüßt, eiweißsparend wirken kann. Meyer¹⁶⁾ kommt auf Grund seiner Arbeiten zu dem Ergebnis, daß das Asparagin neben eiweiß-

⁵⁾ Munck, Virchows Archiv 94, 436 [1883]. Siehe Just, I. c.

⁶⁾ Hagemann, Landw. Jahrbücher 20, 507 [1891].

⁷⁾ Mauthner, Z. f. Biol. 28, 507 [1891].

⁸⁾ Löwi, Zentralbl. f. Physiologie 15, 590 [1902], 17, 103 [1904]. S. Biedermann's Zentralblatt f. Agrikulturchemie 1904, S. 429 und 574.

⁹⁾ H. Lüthje, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 113, 547 [1906].

¹⁰⁾ Lesser, Z. f. Biol. 45, 497 [1904].

¹¹⁾ Graffenberger, Z. f. Biol. 28 [1891].

¹²⁾ Politis, Z. f. Biol. 28, 492 [1891].

¹³⁾ Gabriel, Z. f. Biol. 29, 115 [1892].

¹⁴⁾ Henriques und Hansen, Z. physiol. Ch. 54, 169 [1907].

¹⁵⁾ Weiske, Z. f. Biol. 15, 261 [1879]; 30, 254 [1894].

¹⁶⁾ Meyer, Der Einfluß des Asparagins auf den Eiweißumsatz bei Wiederkäuern. Inaug.-Diss. Heidelberg 1896.

armem, aber kohlehydratreichem Futter verabreicht, günstig auf den Eiweißansatz wirkt. Auch Chomsky¹⁷⁾ führte ähnliche Experimente durch. Kellner's¹⁸⁾ Versuche mit Lämmern erbrachten die Feststellung, daß Asparagin und Ammoniumacetat bei eiweißarmer, aber kohlehydratreicher Nahrung den Eiweißansatz fördern können. Bei Tryniszewski's¹⁹⁾ Versuchen mit einem Ochsenkalb hatte das Asparagin nicht vermocht, das Eiweiß vollständig zu vertreten. Bei Versuchen Kellner's²⁰⁾ an Lämmern mit Asparagin und Ammoniumacetat kam es zu keinem Stickstoffansatz, sondern die verabreichten nichteiweißartigen Stickstoffsubstanzen scheinen zur Deckung des Stickstoffbedarfes für die bloße Lebenderhaltung verwertet worden zu sein. Andrlik, Velich, Staněk²¹⁾ fanden an Fröschen, einer Ratte und einem Hunde, daß eine in das Blut eingespritzte Betainlösung keine toxische Wirkung auslöst, und das Betain beim Hunde vollständig im Harn erschien, während von dem in den Magen des Hundes eingeführten Betain nur ein Drittel im Harn und wenig im Kot auftaute. Eine mit Melasse gefütterte Kuh schied weder im Harn, noch auch im Kot oder in der Milch Betain aus. Velich und Staněk²²⁾ fütterten einen Hammel mit Betain und fanden, daß während der Betainfütterung mehr Stickstoff zum Ansatz kam. Im Kot wurde kein Betain gefunden, dagegen fanden sich kleine Mengen davon im Harn vor. Die Forscher²³⁾ beschäftigten sich auch mit der Ermittlung des Nährwertes der Asparagin- und Glutaminsäure. Bei Versuchen an einem Hammel bewirkten diese Substanzen eine stärkere Stickstoffretention als das Grundfutter, und zwar zeigte die Asparaginsäure eine bessere Wirkung als die Glutaminsäure. Völtz²⁴⁾ fand jedoch bei Versuchen an einem Hammel, daß das Betain als stickstoffhaltiger Nährstoff nicht in Betracht kommen könnte. Bei weiteren Versuchen von W. Völtz²⁵⁾ an einem Hammel, der mit Strohhäcksel, Kartoffeln und Melasse gefüttert wurde, ergab sich, daß die Melasseamide innerhalb weiter Grenzen die Rolle der Proteine im Stoffwechsel der Wiederkäuer im vollen Umfang übernehmen können.

Schrödt²⁶⁾ studierte den Einfluß der nichteiweißartigen Stickstoffverbindungen, die in Rüben und Malzkeimen enthalten sind, bei Kühen und fand, daß ein Teil des Futtereiweißes durch Nichteiweiß vertreten werden könnte, ohne daß die Milchprodukte dadurch verringert würden. Kühn²⁷⁾ meint dazu, daß das Asparagin hier als Reizmittel, nicht als Nährstoff wirksam gewesen sei. Nach Kellner²⁸⁾ wird das Asparagin von Wiederkäuern vollkommen zersetzt und liefert als Endprodukt im Harn

¹⁷⁾ Chomsky, Ber. aus dem physiol. Laborat. des landw. Institutes der Universität Halle 1898. Siehe Just, loc. cit.

¹⁸⁾ Kellner, Z. f. Biol. 39, 313 [1900]. Siehe auch Kellner, Chem. Ztg. 1897, 820.

¹⁹⁾ Tryniszewski, Ber. aus dem physiol. Laborat. d. landw. Inst. d. Univ. Halle 14, 109 [1900]. Siehe Just, loc. cit.

²⁰⁾ Kellner, Ztg. Ch. 32, 915 [1908].

²¹⁾ Andrlik, Velich und Staněk, Z. f. Zuckerind. in Böhmen 27, 14 [1903]. Siehe Just, loc. cit.

²²⁾ Velich und Staněk, ebenda 29, 205 [1905].

²³⁾ Andrlik und Velich, ebenda 32, 313 [1908].

²⁴⁾ Völtz, Pflügers Archiv 116, 207 [1907].

²⁵⁾ Völtz, ebenda 117, 541 [1907]. S. a. Fröhling, Landw. Ztg. 55, 170 [1906].

²⁶⁾ Schrödt, Mittgl. d. milchwirtsch. Versuchsst. Kiel 1883, Heft 17.

²⁷⁾ Kühn, Zweckmäßigste Ernährung des Rindviehs 1906, 200. Siehe Just, loc. cit.

²⁸⁾ Kellner, Die Ernährung d. landw. Nutztiere. 2. Aufl., Seite 125.

nur Harnstoff. Im Gegensatz hierzu kommt B. v. Strusiewicz²⁹⁾ zu dem Ergebnis, daß die Amidsubstanzen das wirklich verdauliche Eiweiß in seiner vollen Leistung ersetzen können. Leider ist infolge der Anlage der Versuche dieses Forschers nicht klar zu erkennen, ob der erzielte Eiweißansatz der eiweißparenten Wirkung der Amide oder ihrer Fähigkeit zuzuschreiben ist, als Bausteine für die Eiweißsynthese im tierischen Organismus zu dienen. W. Völtz³⁰⁾ legte seinen Versuchen die Frage zugrunde, ob sich der durch die Forschungen von E. Fischer, Hoffmeister und Kossel über die Verschiedenheiten der chemischen Konstitution der Eiweißstoffe ergebende Unterschied auch in einem verschiedenen physiologischen Verhalten dokumentiere. Es erwies sich das Asparagin bei sämtlichen Versuchen in Bezug auf Erhaltung und Vermehrung des Eiweißbestandes den Eiweißkörpern gegenüber als minderwertig. Völtz³¹⁾ fand auch, daß durch Ersatz eines Teiles Albuminstickstoff durch dieselbe Menge Lezithinstickstoff der Eiweißumsatz begünstigt wird. Th. Pfeiffer, A. Einecke und W. Schneider³²⁾ konnten feststellen, daß die Amide die Zusammensetzung der Milch nicht zu beeinflussen vermögen, dagegen eine Reizwirkung auf die Tätigkeit der Milchdrüse ausüben, so daß die zur Abscheidung gelangende Milchmenge infolge erhöhter Wasserabsorberung steigt.

E. Schulze³³⁾ weist darauf hin, daß sich die in den verschiedenen Futterstoffen enthaltenen nichteiweißartigen Stickstoffverbindungen aus einem Gemisch dieser Stoffe zusammensetzen und daß manche dieser Verbindungen einen beträchtlichen Nährwert aufweisen können, wenn auch einige darunter, wie z. B. das Asparagin, keine oder nur eine geringe Rolle im Produktionsfutter spielen. Zwecks Prüfung der Kellner'schen³⁴⁾ Theorie, daß die Amide für die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere insofern ohne Bedeutung seien, als sie bei der Verbrennung des tierischen Organismus vollständig zersetzt würden und als Endprodukt nur Harnstoff, Kohlendioxyd und Wasser lieferten, folglich nur als Wärmequelle von Wichtigkeit wären, unternahm C. Lehmann³⁵⁾ Versuche mit dem Ergebnis, daß die Bedingungen, unter welchen Amide dem Futter zugegeben werden, von großem Einfluß auf den Stickstoff-Stoffwechsel sind. Lehmann verfüttete Asparagin einmal in eingehüsteltem Zustande, in einer anderen Versuchsreihe in gewöhnlicher Form und bestimmte durch Untersuchung von Kot und Harn den Stickstoffumsatz. Er zog aus diesen Versuchen den Schluß, daß die bisherigen Fütterungsversuche mit Asparagin deshalb zu einem für diesen Stoff ungünstigen Resultat geführt hätten, weil bei

²⁹⁾ Strusiewicz, Z. f. Biol. 47, 148.

³⁰⁾ W. Völtz, Über den Einfluß verschiedener Eiweißkörper und einiger Derivate derselben auf den Stickstoffumsatz, mit besonderer Berücksichtigung des Asparagins. Pflügers Archiv 107, 360.

³¹⁾ W. Völtz, Über den Einfluß des Lezithins auf den Eiweißumsatz ohne gleichzeitige Asparaginzufuhr und bei Gegenwart dieses Amides. Ebenda 107, 415.

³²⁾ Th. Pfeiffer, A. Einecke und W. Schneider, Über den Einfluß des Asparagins auf die Erzeugung der Milch und ihrer Bestandteile. Mitt. d. landw. Institute d. Universität Breslau 3, II, 179.

³³⁾ E. Schulze, Über den Nährwert der in den Futtermitteln enthaltenen nichtproteinartigen Stickstoffverbindungen. J. f. Landwirtschaft 54, 65.

³⁴⁾ Kellner, Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere.

³⁵⁾ C. Lehmann, Beiträge zur Kenntnis der Wirkung des Asparagins auf den Stickstoffumsatz im Tierkörper. Pflügers Archiv 112, 339.

ihnen das Amid direkt dem Futter beigegeben war, während es bei seinem natürlichen Vorkommen in den Futtermitteln in den Zellen eingeschlossen ist, oder, auf ein größeres Futtervolumen verteilt, der Resorption nur viel langsamer unterliegen kann und deshalb vollständiger im Darm durch Bakterientätigkeit in komplizierte Stickstoffverbindungen übergeführt wird. O. Kellner³⁶⁾ unterzog diese Arbeit einer eingehenden Kritik, die eine ausgedehnte Polemik im Gefolge hatte.

Schlaepfer³⁷⁾ gelang es, einen Hund annähernd im Stickstoffgleichgewicht zu erhalten, der reichlich mit Kohlehydrat gefüttert wurde und als Stickstoffsubstanz Ammoniumcitrat erhielt. E. Heilner³⁸⁾ führte größere Mengen von Harnstoff durch subkutane Injektion in die Blutbahn von Kaninchen ein. War der Harnstoff in Kochsalzlösung gelöst, so trat eine starke Eiweißzersetzung auf. Dies geschah jedoch nicht, wenn der Harnstoff in destilliertem Wasser gelöst war. Der mit Kochsalz durch Osmose ins Innere der Zellen eingedrungene Harnstoff löste große Mengen Eiweiß, weshalb die Ausscheidung von Stickstoff größer war, als dem Stickstoffgehalt des zugeführten Harnstoffes entsprach. N. Janney³⁹⁾ führte Versuche mit Harnstoff bei Menschen aus, wobei unter dem Einfluß des Harnstoffes der Umsatz von Körpereiweiß vermehrt wurde.

W. Völtz⁴⁰⁾ Versuche gingen von der Arbeitshypothese aus, daß es nicht angängig sei, die mit Asparagin erzielten Versuchsergebnisse ohne weiteres auf alle Amide auszudehnen. Den Versuchstieren wurden verschiedene Amide und stickstoffhaltige Verbindungen (Asparagin, Ammonacetat, Acetamid, Glykokoll) gegeben. Verf. kam zu dem Schluß, daß Amidostoffe verschiedener chemischer Konstitution auch bezüglich der Stickstoff- und Calorienbilanz im Tierkörper ein verschiedenes Verhalten zeigen. Die festgebundene Amidogruppe im Glykokoll wirkt weniger auf die Erhöhung des Stickstoffumsatzes der Carnivoren als die chemisch leicht abspaltbare Amidogruppe im Carboxyd (Acetamid). Die gleiche Menge Stickstoff wird vom Tierkörper in Form eines Amidgemisches bedeutend besser verwertet als in Form eines einzelnen Amidstoffes. Hieraus folgt, daß bei der Bewertung der Nahrungs- und Amidstoffe in ihrer Gesamtheit, wie wir sie in Nahrungs- und Futtermitteln antreffen, als Maßstab absolut nicht jene Ergebnisse genommen werden dürfen, welche in Fütterungsversuchen mit einer einzelnen Amidsubstanz erzielt worden sind. Kellner⁴¹⁾ unterwarf auch diese Versuche einer scharfen Kritik, an die sich eine längere Polemik anschloß⁴²⁾.

H. Lüthje⁴³⁾ fütterte Kaninchen mit einem aus Kartoffeln gewonnenen amidreichen Extrakt und stellte fest, daß Stickstoffretention nur dann mit diesem Gemisch zu erreichen ist, wenn zugleich große Mengen von Kohlenhydraten gegeben werden, nicht aber, falls daneben nur Fett verabreicht wird. Kellner⁴⁴⁾ fand, daß milch-

³⁶⁾ O. Kellner, Pflügers Archiv 113, 480; 115, 448 und 452.

³⁷⁾ Schlaepfer, Z. physiol. Ch. 77, 1.

³⁸⁾ E. Heilner, Z. f. Biol. 52, 216.

³⁹⁾ N. Janney, Z. physiol. Ch. 76, 100.

⁴⁰⁾ Völtz, Über das Verhalten einiger Amidsubstanzen allein und im Gemisch im Stoffwechsel der Carnivoren. Pflügers Archiv 112, 413.

Siehe auch Völtz und Peschek, Pflügers Archiv 121, 117.

" " " " " 142, 143.

" " " " Biochem. Z. 45, 244.

⁴¹⁾ Kellner, Pflügers Archiv 113, 480.

⁴²⁾ Ebenda, 115, 452.

⁴³⁾ H. Lüthje, ebenda 113, 547.

⁴⁴⁾ Kellner, Der gegenwärtige Stand der Fütterungslehre. Kalender von Mentzels und von Lengerke 1907, II, S. 70. Siehe Just, loc. cit.

gebende Kühe die Amide zur Bildung von Milcheiweiß zum Teil verwerten können. A. Morgan⁴⁵⁾ berichtete auf der Naturforscherversammlung zu Stuttgart über ähnliche Ergebnisse bei der Verfütterung eines Amidgemisches in Form eines aus jungen Pflanzen hergestellten Sirups.

Zuntz hatte die Hypothese aufgestellt, daß die Amidverbindungen das Eiweiß nur vor Zersetzung dadurch schützen können, daß sie in erster Linie von den Bakterien zur Nahrung gewählt werden. M. Müller⁴⁶⁾ stellte darüber Versuche an, und zwar derart, daß verschiedene, mit Pansenbakterien geimpfte Eiweißkörper mit und ohne Asparaginzusatz bei Bluttemperatur behandelt wurden, und die Gärflüssigkeit in verschiedenen Zeiträumen auf ihren Gehalt an Eiweiß und Amiden geprüft werden sollte. Zur Feststellung der Nährwirkung der gewonnenen Produkte verabfolgte der Versuchsansteller diese einer Hündin. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die Pansenbakterien das Asparagin als stickstoffhaltige Nahrung den Eiweißkörpern anfangs vorziehen, weshalb sie eiweißschützend wirken. Diese Bakterien besitzen die Fähigkeit, sowohl Asparagin als auch Ammoniumtartrat zur Synthese hochmolekularer stickstoffhaltiger Körper zu verarbeiten. Mit ihnen lassen sich in geeigneter Nährlösung eiweißähnliche Körper aus Ammoniumsalzen gewinnen. Bei der Verfütterung dieser, von Pansennikroben aufgebauten Eiweißkörper wurden Nährwirkungen erzielt, die denjenigen des verfütterten Blatalbumins fast ebenbürtig waren.

A. Stutzer⁴⁷⁾ faßte die Ergebnisse der bisherigen Versuche über die Bildung von Eiweiß im tierischen Körper aus nichteiweißartigen Stoffen dahin zusammen, daß die Carnivoren und Omnivoren eine Eiweißsynthese aus gewissen Amidverbindungen und Kohlehydraten nur dann durchführen können, wenn neben aliphatischen Aminosäuren Tryptophan und Tyrosin, somit α -Aminosäuren, die Benzolkerne enthalten, anwesend sind. Die Pflanzen erzeugen derartige Benzolverbindungen, die Tiere sind nach unseren bisherigen Kenntnissen hierzu nicht imstande⁴⁸⁾. Ähnlich verhalten sich die Herbivoren mit Ausnahme der Wiederkäuer, bei denen die meisten Stickstoffverbindungen nichteiweißartiger Natur auf dem Wege über Bakterieneiweiß als Eiweißersatz verwendet werden. Schon G. Fingerling⁴⁹⁾ zeigte, daß beim Wiederkäuer die Bakterienflora des Magen-Darmkanals an der eiweißersetzen und eiweißsparenden Wirkung der stickstoffhaltigen Verbindungen nichteiweißartiger Natur beteiligt ist. Bei jungen Saugkälbern, deren Pansen noch nicht ausgebildet war, konnte er eine Wirkung der Amide und Ammoniumsalze nicht bemerken; die eiweißsparende Wirkung trat aber zutage, als den gleichen Kälbern später nach Ausbildung des Pansen Ammoniumsalze gegeben wurden. W. Henneberg⁵⁰⁾ gelang die Feststellung, daß das aus dem Harnstoff gebildete Bakterieneiweiß resorbierbar ist, durch bakteriologische Untersuchungen der Faeces. M. Müller⁵¹⁾ bewies, daß

⁴⁵⁾ Vgl. J. d. Ch. von R. Meyer.

⁴⁶⁾ M. Müller, Untersuchungen über die bisher beobachtete eiweißsparende Wirkung des Asparagins bei der Ernährung. Pflügers Archiv 112, 245. Vgl. Fühlings landw. Ztg. 54, 437 [1905]. Gerlach und Vogel, Zentr. f. Bakt. II.

⁴⁷⁾ A. Stutzer, Fühlings landw. Ztg. 64, 281 [1915].

⁴⁸⁾ E. Abderhalden, Z. physiol. Ch. 78, 1; 80, 136; 83, 453.

⁴⁹⁾ G. Fingerling, Landw. Versuchsst. 71, 3.

⁵⁰⁾ W. Henneberg, Berliner klin. Wochenschr. 29, 693 [1919]. Siehe Honcamp-Nolte, Agrikulturchemie S. 94.

⁵¹⁾ M. Müller, Zentr. f. Bakt. 7, II, 616 [1901].

gewisse Pansenbakterien Amide zur Eiweißsynthese verwenden können. V. Henriques und C. Hansen⁵²⁾ fanden, daß bei Ratten die Säurespaltungsprodukte der Albumine und auch die Protamine eine deutlich stickstoffsparende Wirkung ausüben. E. Abderhalden und P. Rona⁵³⁾ konnten bei Stoffwechselversuchen an erwachsenen Hunden mit einem Aminosäuregemisch weder einen Teil des Nahrungseiweißes ersetzen noch Eiweiß ersparen; der Stickstoff der Aminosäuren erschien aber im Harn als Harnstoff.

M. Müller⁵⁴⁾ wiederholte frühere Arbeiten Lehmanns und kam dabei zu ähnlichen Ergebnissen wie dieser, wurde aber ebenso wiederum von O. Kellner⁵⁵⁾ einer scharfen Kritik unterzogen, an die sich eine längere Auseinandersetzung knüpfte. Friedländer⁵⁶⁾ kam bei seinen Versuchen mit Hammeln zu folgendem Ergebnis: „Der in der Melasse vorhandene Stickstoff vermag bei sonst eiweißarmem Futter den Verlust des Körpers an Stickstoff in keiner Weise zu verhindern, obwohl der größte Teil der in der Melasse verfütteten Amide durch Bakterien in eiweißartige Verbindungen übergeführt wird. Hinsichtlich des Asparagins ist eine geringe Einwirkung bei eiweißarmem, wenn auch amidreichen Futter zu konstatieren, die aber in keiner Weise an die durch ein wirkliches Eiweiß erzielte Wirkung heranreicht.“ A. Morgen, C. Beger und F. Westhäuser⁵⁷⁾ verfütteten einen aus jungem Gras dargestellten amidreichen Sirup an zwei Schafe und eine Ziege und verglichen die Wirkung der darin enthaltenen Amide mit derjenigen einer kalorisch adäquaten Kohlehydrat- und Eiweißmenge mit dem Resultat, daß das Eiweiß am günstigsten auf die Milchproduktion wirkte, das Amidgemisch dagegen das Eiweiß nicht zu ersetzen vermochte, dabei aber immerhin noch eine bessere Wirkung als die Kohlehydrate ausübte. Bei milchgebenden Kühen vermochte O. Kellner⁵⁸⁾ einen recht bedeutenden Teil des verdaulichen Nahrungseiweißes durch Ammonacetat zu ersetzen, wobei aber durch gleichzeitige Kohlehydratzufuhr der Stärkewert erhöht werden mußte. Die Versuche wurden von O. Kellner mit Hilfe des Respirationsapparates ausgeführt und zeigten, daß die Amidstoffe bei Gegenwart entsprechender Mengen Kohlehydrate bei der Milchbildung das Nahrungseiweiß teilweise ersetzen können. Da der Leim, wie dessen Hydrolyse zeigt, einige Aminosäuren nicht enthält, die dem ursprünglichen Eiweiß zukommen, und daher dieses im Stoffwechsel nicht voll vertreten kann, führte M. Kaufmann⁵⁹⁾ Versuche aus, in denen er eine Erhöhung des Ersatzwertes durch Zusatz von Tryptophan und Tyrosin feststellen konnte. P. Rona und W. Kaufmann⁶⁰⁾

⁵²⁾ V. Henriques und C. Hansen, Z. physiol. Ch. 49, 113.

⁵³⁾ Abderhalden und Rona, Z. physiol. Ch. 47, 397.

⁵⁴⁾ M. Müller, Weitere Untersuchungen über die Wirkung des Asparagins auf den Stickstoffumsatz und -ansatz des Tierkörpers. Pflügers Archiv 117, 497. Derselbe, J. f. Landw. 1907, S. 125.

⁵⁵⁾ O. Kellner, Pflügers Archiv 118, 641.

⁵⁶⁾ Friedländer, Zur Frage des Eiweißunisatzes durch Amide. Landw. Versuchsst. 67, 283.

⁵⁷⁾ A. Morgen, C. Beger und F. Westhäuser, Untersuchungen über den Einfluß nichteiweißartiger Stickstoffverbindungen auf die Milchproduktion. Landw. Versuchsst. 65, 413.

⁵⁸⁾ O. Kellner, Fühlings landw. Ztg. 56, 589. Vgl. ebenda 55, 537 [1906]. Derselbe, Z. f. ges. Biol. 39, 365.

⁵⁹⁾ M. Kaufmann, Pflügers Archiv 109, 440.

⁶⁰⁾ P. Rona und W. Kaufmann, Z. physiol. Ch. 50, 263.

bzw. E. Abderhalden und B. Bloch⁶¹⁾ kamen nicht zu so günstigen Ergebnissen.

M. Müller⁶²⁾ beschäftigte sich mit der physiologischen Bedeutung der im Heu enthaltenen nichteiweißartigen Stickstoffverbindungen, denen er eine hohe Nährwirkung zuschreibt. Diese Arbeit wurde sehr scharf von O. Kellner⁶³⁾ kritisiert, der die Schlüssefolgerungen M. Müllers als zu weitgehend ansieht. Die Differenzen, die bei Ausnutzungsversuchen bezüglich des Rohproteins bei Herbivoren und Omnivoren aufraten, falls es sich um amidreiche Futterstoffe handelte, bewogen O. Kellner⁶⁴⁾ zu einer diesbezüglichen Arbeit, wobei er zu der Ansicht kam, daß er die Amide, ähnlich wie Zuntz, als gute Ernährungsmittel für die Darmbakterien ansieht, die daraus Bakterieneiweiß zu bilden imstande seien. Dieses Bakterieneiweiß werde aber nicht verdaut, sondern gelange mit dem Kot zur Ausscheidung, wodurch die auf Grund der Stickstoffbestimmung in Nahrung und Kot berechnete Eiweißausnutzung der Nahrung ein unzutreffendes Bild gebe. Besonders bei Nahrungsmitteln, die reich an Amiden sind, tritt dies stark zutage, da der Gehalt an eigentlichem Eiweiß gering, an Amiden aber groß ist, wodurch die prozentuale Ausnutzung des Eiweißes eine besonders starke Einbuße erfährt.

J. Just⁶⁵⁾ stellte Versuche mit Lämmern an und kam zu der Überzeugung, daß sich in der Nährwirkung der Amidoverbindungen verschiedener Futtermittel bedeutende Differenzen ergeben. Die Amide der jungen Gräser, Leguminosen und Kartoffeln zeigten eine gewisse Eiweißsparung, während bei den Amiden der Melasse und der Malzkeime keine positive Wirkung beobachtet werden konnte. Als Einleitung seiner schönen Arbeit bringt Just auch ein erschöpfendes Verzeichnis der früheren Versuche auf diesem Gebiete, aus denen er folgende Schlüsse zieht, die hier wörtlich angeführt seien:

1. „Die Spaltungsprodukte aus Eiweiß, die bei vollständiger Zerlegung desselben durch Ferniente erhalten werden, in ihrer Gesamtheit verfüttet, sind bei Carnivoren und Omnivoren imstande, bei sonst kohlehydratreicher Nahrung das Nahrungseiweiß vollständig zu vertreten.“
2. „Einzelne Spaltungsprodukte des Eiweißes, die bei der Säurehydrolyse erhalten werden, können beim Fleischfresser und omnivoren Tier das Nahrungseiweiß nichtersetzen, verhalten sich vielmehr indifferent.“
3. „Beim Wiederkäuer zeigen einzelne nichteiweißartige Stickstoffverbindungen (Asparagin- und Glutaminsäure, Ammonacetat), einem eiweißarmen aber kohlehydratreichen Futter zugelegt, eine gewisse Wirkung auf den Eiweißansatz, indem sie diesen erhöhen. Sie werden aber in dieser Beziehung allem Anschein nach von dem wirklichen Nahrungseiweiß bei weitem übertroffen. Beim carnivoren oder omnivoren Tier verhalten sie sich, was den Eiweißansatz betrifft, entweder indifferent oder steigern (bei den Carnivoren) den Eiweißumsatz.“
4. „Die in den Futtermitteln vorkommenden Gemische nichteiweißartiger Stickstoffverbindungen (Amide von Kartoffeln, Runkelrüben, Extrakte aus Keimlingen) bleiben bei Kaninchen bzw. omnivoren Tieren wirkungslos, während sie bei den Wiederkäuern je nach ihrer Natur eine verschiedene Wirkung ausüben.“

⁶¹⁾ E. Abderhalden und B. Bloch, Z. physiol. Ch. 53, 464.

⁶²⁾ M. Müller, J. f. Landw. 55, 123.

⁶³⁾ O. Kellner, ebenda 56, 49.

⁶⁴⁾ O. Kellner, Zur Untersuchung der Futtermittel auf ihren Gehalt an verdaulichem Eiweiß. Landw. Versuchsst. 68, 463.

⁶⁵⁾ J. Just, Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung des Eiweißes und einiger nichteiweißartiger Stickstoffverbindungen auf den Fleischansatz beim Wiederkäuer. Landw. Versuchsst. 69, 393 [1908].

In Ergänzung und Fortsetzung früherer Arbeiten suchten A. Morgen, C. Beger und F. Westhäuser⁶⁶⁾ die Bedeutung der Amide mit Rücksicht auf ihre Rolle bei der Ernährung der Milchtiere aufzuklären, mit dem Ergebnis, daß das Eiweiß zwar den besten Milchertrag lieferte, die Wirkung des Ammonacetats aber diesem sehr nahe kam; bedeutend ungünstiger zeigten sich Asparagin, die übrigen verwendeten Amide und schließlich die Kohlehydrate. Bei Eiweiß- und Ammonacetatverfütterung war die Milch trockensubstanz- und fettreicher als beim Ersatz eines Teiles des Eiweißes durch Amide und Kohlehydrate, und besonders beim Verfüttern mit Asparagin entstand eine geringwertigere, mehr wässrige und fettärmere Milch. Bei gleichzeitig vorgenommenen Ausnutzungsversuchen konnte beobachtet werden, daß bei den eiweißreichen Futtergaben das Roh- und Reinprotein in größeren Mengen verdaut wurde als in jenen Rationen, bei denen ein Teil des Eiweißes durch Kohlehydrate oder Amide ersetzt bzw. ein sehr eiweißarmes Grundfutter gegeben worden war. Bei diesen Gaben wurde auch ein Verlust von Körpersubstanz beobachtet; sie enthielten wohl zu wenig Eiweiß, weshalb eine Depression in der Verdauung auftrat. Beim Amidfutter enthielt der Kot erheblich größere Mengen Eiweiß als bei den eiweißreicherem Gaben. H. Henriques und C. Hansen⁶⁷⁾ fanden, daß die Amide zwar die Eiweißstoffe der Nahrung nicht zu ersetzen vermögen, daß sie aber eine, wenn auch nur geringe, Ersparnis an täglichem Stickstoffverbrauch bewirken. Aus den Versuchen von W. Völtz und G. Yakuwa⁶⁸⁾ geht hervor, daß die Art der Amidkörper von großer Bedeutung ist. E. Schulze⁶⁹⁾ ist der Meinung, daß die Nährwirkung nicht nur mittelbar auf dem Umweg der Darmflora erfolgt, sondern auch unmittelbar durch Verwendung einzelner Aminosäuren bei der Eiweißbildung.

Umfangreiche Versuche, die A. Morgen, C. Beger und F. Westhäuser⁷⁰⁾ mit Extrakt aus Malzkeimen, Gras und Futterrüben sowie Ammonacetat, Ammonphosphat und Ammontartrat an 21 Versuchstieren ausführten, ergaben, daß die nichteiweißartigen Stickstoffverbindungen der Extrakte keine dem Eiweiß ähnliche Wirkung auf den Milchertrag auszuüben vermochten; dagegen wirkten die Ammonsalze und Asparagin besser, konnten aber auch nicht die Leistungen des Eiweißes erreichen. Die Extrakte aus Gras und Rüben übten auf den Fett- und Trockensubstanzgehalt der Milch eine günstige Wirkung aus; die Ammonsalze ließen zwar einen ähnlichen, aber nicht so deutlichen Einfluß erkennen, die Wirkung des Malzextraktes und Asparagins blieb durchweg hinter dem Eiweißfutter zurück und näherte sich mehr den Kohlehydraten. O. Kellner⁷¹⁾ verfütterte Ammonsalze an Milchkühe mit dem Ergebnis, daß manche

⁶⁶⁾ A. Morgen, C. Beger und F. Westhäuser, Weitere Untersuchungen über den Einfluß der nichteiweißartigen Stickstoffverbindungen der Futtermittel auf die Milchproduktion. Landw. Versuchsst. 68, 333. Vgl. hierzu auch A. Morgen und Mitarbeiter 65, 413; 71, 1; 75, 265.

⁶⁷⁾ H. Henriques und C. Hansen, Z. physiol. Ch. 54, 109.

⁶⁸⁾ W. Völtz und G. Yakuwa, Pflügers Archiv 121, 117.

⁶⁹⁾ E. Schulze, Z. physiol. Ch. 57, 67.

⁷⁰⁾ A. Morgen, C. Beger und F. Westhäuser, Weitere Untersuchungen über die Verwertung der nichteiweißartigen Stickstoffverbindungen der Futtermittel sowie der Ammonsalze durch das milchgebende Tier, unter besonderer Berücksichtigung der stickstoffhaltigen Stoffwechselprodukte. Landw. Versuchsst. 71, 1.

⁷¹⁾ O. Kellner, Verhandlungen d. deutsch. Naturforschergesellsch. 80, 133. Siehe R. Meyer, J. d. Ch.

Stickstoffverbindungen nichteiweißartiger Natur beim Wiederkäuer nur einen beschränkten Einfluß auf die Stickstoffernährung ausüben, in der Weise, daß sie den Teil des Nahrungseiweißes, der zur bloßen Erhaltung dieser Tiere dient, in beschränktem Umfang vertreten können. Zur Fleisch und Milchbildung selbst können sie zwar nicht verwendet werden, machen aber als Zugabe zu einem gewöhnlichen Futter eine geringe Menge Eiweiß, das sonst der Erhaltung dient, für Zwecke der Produktion frei. W. Thaer⁷²⁾ findet bei seinen Versuchen, daß die Melasseamide für den Stickstoffansatz keine neuenswerte Bedeutung haben, wogegen das Asparagin diesbezüglich von größerem Wert sein dürfte.

Über die Art und Weise, wie die Amidostoffe wirken, gab man sich meist mit der Theorie von Zuntz zufrieden, der die günstige Wirkung dieser Substanzen auf den Eiweißansatz der Wiederkäuer bei einer eiweißarmen und kohlehydratreichen Nahrung auf eine indirekte Schutzwirkung zurückführt. Die Theorie besagt, daß die Bakterien des Futterbreies ihren Stickstoffbedarf bei Gegenwart geeigneter Stickstoffverbindungen nichteiweißartiger Natur diesen Stoffen entnehmen können, wobei das eigentliche Eiweiß vor der Zerstörung geschützt wird. Tatsächlich sind nichteiweißartige Stickstoffverbindungen eine vorzügliche Bakteriennahrung. Um die Richtigkeit dieser Zuntz'schen Theorie zu prüfen, ging O. Kellner⁷³⁾ von einer sehr eiweißarmen Nahrung aus, der er amidartige Substanzen zugab, unter der Annahme der Arbeitshypothese, daß, wenn nicht genügend Eiweiß in der Nahrung vorhanden ist, auch die Bedingungen der erwähnten Schutzwirkung fehlen, weil die Möglichkeit zum Eiweißersatz nicht vorhanden ist. Die eiweißarme, aber kohlehydrat- und amidreiche Nahrung wurde an wachsenden Tiere verfüttert; die Fähigkeit der Eiweißverwertung ist nämlich beim jüngeren Organismus deutlicher ausgeprägt als bei älteren und erwachsenen Tieren. Die Ergebnisse dieser Versuche Kellners an Lämmern veranlassen ihn zu folgenden Schlüssen: „Asparagin und Ammonacetat, einem sehr eiweißarmen Futter zugelegt, sind imstande, beim Wiederkäuer nach ihrer Umwandlung durch die Mikroorganismen des Futterbreies das zur bloßen Erhaltung der Tiere erforderliche Quantum Nahrungseiweiß zu ersetzen. Dieser Fähigkeit ist es zuzuschreiben, daß die beiden Stoffe, einem eiweißhaltigen Futter zugegeben, unter Umständen eine Steigerung des Stickstoffansatzes bewirken. Sie treten in solchem Falle für den sonst zur Erhaltung benötigten Teil des verdaulichen Eiweißes ein und machen diesen Teil für die Fleischbildung verwendbar. Bei eiweißarmem Futter gelang es dagegen selbst bei sehr eiweißhungrigen, wachsenden Tieren nicht, eine Verwendung des Asparagins bzw. Ammonacetates zur Fleischbildung nachzuweisen.“

Den Einfluß der Verfütterung von Amiden auf Lebenserhaltung und Milchbildung behandelt in einer eingehenden Arbeit A. Morgen⁷⁴⁾ mit seinen Mitarbeitern, indem er amidartige Verbindungen in Form von amidreichen Extrakt und Ammonacetat verfütterte. Das Ei-

⁷²⁾ W. Thaer, Untersuchungen über den Eiweißersatz durch Amide. Landw. Versuchsst. 70, 413.

⁷³⁾ O. Kellner, Untersuchungen über den Einfluß einiger nichteiweißartiger Stickstoffverbindungen auf den Eiweißumsatz beim Wiederkäuer. Landw. Versuchsst. 72, 437.

⁷⁴⁾ A. Morgen und Mitarbeiter, Untersuchungen über die Verwertung der Ammonsalze und der nicht eiweißartigen Stickstoffverbindungen der Futtermittel für die Lebenserhaltung und Milchbildung sowie über die Frage, ob aus diesen Stoffen unverdauliches Eiweiß gebildet wird. Landw. Versuchsst. 73, 285. Vgl. auch A. Morgen, Deutsche landw. Presse 43, 129 [1916].

weiß des Grundfutters lieferte die höchsten Milcherträge, eine Zulage von Ammonacetat zum Grundfutter ergab keine weiteren Ertragssteigerungen. Die Einführung der Extrakte aus Malzkeimen, Schnitzeln und Gras in die Futterration unter Beibehaltung des ursprünglichen Gehaltes des Grundfutters an Eiweiß lieferte etwas geringere Erträge als das Grundfutter, doch sind die Unterschiede zu klein, um irgendwelche Schlußfolgerungen zu gestatten. Die Erträge waren bedeutend höher als im Vorjahr, wo ein Teil des Eiweißes durch die nichteiweißartigen Stickstoffverbindungen der Extrakte ersetzt worden war. Die Versuche bestätigen daher die im Vorjahr beobachtete, im Vergleich zum Eiweiß geringere Wirkung dieser Stoffe. Der Ersatz eines erheblichen Teiles des Eiweißes im Grundfutter durch Ammonacetat hatte einen bedeutenden Rückgang im Ertrag zur Folge. Ein Unterschied in der Wirkung der Extrakte trat im allgemeinen nicht hervor, nur hinsichtlich der Fettproduktion scheinen die amidhaltigen Extrakte aus Gras und Malzkeimen dem amidfreien Auszug aus Schnitzeln etwas überlegen zu sein. Ein Einfluß der verschiedenen Fütterungen auf das Lebendgewicht konnte nicht festgestellt werden, ebensowenig eine Wirkung der verschiedenen Formen der Kohlehydrate auf die Verwertung der Ammonsalze. Als wesentliches Resultat der Ausnutzungsversuche war festzustellen, daß bei der Verfütterung von Ammonsalzen als Ersatz für Eiweiß im Kot nicht mehr Reineiweiß abgeschieden wurde, wie bei der Verfütterung von Eiweiß selbst, sodaß also eine Bildung von unverdaulichem sog. Bakterieneiweiß aus den Ammonsalzen nicht stattfand. Die Versuche ließen den Schluß ziehen, daß die Ammonsalze bei großem Mangel an Eiweiß neben ausreichendem Stärkewert sowohl für die Lebenserhaltung wie für die Milchbildung vom tierischen Organismus verwertet werden können.

Hingewiesen sei ferner auf interessante Arbeiten von Abderhalden⁷⁵⁾, Frank und Schittenhelm, welche Forscher sich damit befaßten, durch Ernährung mit abgebautem Fleisch bei einer Versuchsperson eine Stickstoffretention herbeizuführen, wobei das Körpergewicht zunahm. Weitere Versuche in dieser Richtung stammen her von Abderhalden und Rona⁷⁶⁾, Abderhalden und Frank⁷⁷⁾, welchen es gelang, Hunde 14 Tage lang mit durch Schwefelsäure vollständig abgebautem Fleisch zu ernähren. Auch seien in diesem Zusammenhang die Arbeiten von Abderhalden und Glamser⁷⁸⁾, Abderhalden und Manoliu⁷⁹⁾, Abderhalden und Suwa⁸⁰⁾ genannt.

Den Einfluß des Asparagins und Ammonacetats auf die Milchbildung und Lebenserhaltung behandeln A. Morgen, C. Beger und F. Westhäuser⁸¹⁾ in einer größeren Arbeit. Das Eiweißfutter lieferte dabei die höchsten Erträge an Milch und an allen Milchbestandteilen. Der Ersatz eines erheblichen Teiles des Eiweißes durch Ammonacetat oder Asparagin hatte einen Rückgang im Ertrag von durchschnittlich 25% zur Folge; der Ersatz der gleichen Eiweißmenge durch Kohlehydrate verminderte den Milchertrag um durchschnittlich 36%. Eine

⁷⁵⁾ Abderhalden, Frank und Schittenhelm, Z. physiol. Ch. 63, 215.

⁷⁶⁾ Abderhalden und Rona, Z. physiol. Ch. 67, 405.

⁷⁷⁾ Abderhalden und Frank, ebenda 64, 158.

⁷⁸⁾ Abderhalden und Glamser, ebenda 65, 285.

⁷⁹⁾ Abderhalden und Manoliu, ebenda 65, 336.

⁸⁰⁾ Abderhalden und Suwa, ebenda 68, 416.

⁸¹⁾ A. Morgen, C. Beger und F. Westhäuser, Untersuchungen über die Verwertung des Ammonacetates und des Asparagins für die Lebenserhaltung und Milchbildung. Landw. Versuchsst. 75, 265.

günstige Wirkung des Ammonacetats und Asparagins auf die Qualität der Milch, besonders auf den Fettgehalt, war nicht zu beobachten. Ammonacetat und Asparagin verhielten sich in jeder Beziehung gleich; ein Einfluß der verschiedenen Fütterung auf das Lebendgewicht konnte nicht festgestellt werden, ebensowenig eine Bildung von unverdaulichem sog. Bakterieneiweiß, da bei der Verfütterung von Ammonacetat und Asparagin keine größere Menge Eiweißstickstoff im Kot zur Ausscheidung kam als beim Kohlehydratfutter. Die im Vergleich zum Eiweißfutter etwas größere Menge Stickstoff, die bei einigen Tieren im Kot auftrat, muß, da die gleiche Beobachtung auch beim Kohlehydratfutter gemacht wurde, auf eine Verdauungsdepression zurückgeführt werden. Für eine solche sprach auch der Vergleich der beim Versuch ermittelten mit den aus den Rationen berechneten Koeffizienten der anderen Nährstoffe, besonders der Rohfaser. Das beim Ersatz von Eiweiß durch Ammonacetat oder Asparagin im Futter zugeführte Reineiweiß, zuzüglich des vom Körper gelieferten, reichte bei allen Tieren zur Deckung des Bedarfes für die Lebenserhaltung und Produktion nicht aus. Der im Ammonacetat oder Asparagin enthaltene Stickstoff wurde in dem eiweißarmen, aber genügend Stärkewert enthaltenden Futter im Mittel aller Versuche zu 32% verwertet, und zwar nicht nur für die Erhaltung des Lebens, sondern auch für die Produktion von Milch, Wolle oder Fleisch. Die Menge der Stoffwechselprodukte war beim Eiweißfutter und beim Ersatz durch Ammonacetat oder Asparagin eine normale, beim Ersatz durch Kohlehydrate eine etwas höhere.

Die Bildung von Eiweiß aus Aminosäuren konnte durch Frank und Schittenhelm⁸²⁾, ferner durch Buglia⁸³⁾ nachgewiesen werden. Eine offene Frage ist nur, ob, wie Abderhalden annimmt, die einzelnen Aminosäuren bereits in der Darmwand synthetisiert, oder ob diese in der Darmwand einer Desamidierung unterzogen oder als solche resorbiert werden, wofür Versuche von O. Cohnheim⁸⁴⁾, Buglia⁸⁵⁾, Folin und Denis⁸⁶⁾ zeugen würden.

Abderhalden⁸⁷⁾ kam auf Grund weiterer umfangreicher Experimente zu der Ansicht, daß der tierische Organismus imstande ist, aus den einfachsten Spaltungsprodukten seine Zellbestandteile aufzubauen. Zugabe von Ammonsalzen als einziger Stickstoffquelle zu einer ausreichlich Fett und Kohlehydraten bestehenden Nahrung übte einen bestimmten Einfluß auf den Stickstoff-Stoffwechsel aus. Von der Stickstoffausscheidung ausgehend, die während der stickstofffreien Ernährung vorhanden war, ergab sich, daß die Zugabe von Ammoniumsalz Stickstoffretention im Organismus bewirkt hatte. Bei seinen Experimenten mit vollständig abgebauter Nahrung vermochte Abderhalden wachsende Tiere zur Gewichtszunahme zu bringen und mit der gleichen Menge Stickstoff ein Stickstoffminimum herbeizuführen, sowohl

⁸²⁾ Frank und Schittenhelm, Z. physiol. Ch. 73, 157.

⁸³⁾ Buglia, Z. f. Biol. 57, 365.

⁸⁴⁾ O. Cohnheim, Z. physiol. Ch. 76, 293.

⁸⁵⁾ Buglia, Z. f. Biol. 58, 162.

⁸⁶⁾ Folin und Denis, Journ. of Biol. Chem. 11, 87. S. R. Meyer, Jahrb. d. Chemie 1911, 268.

⁸⁷⁾ Abderhalden, Fütterungsversuche mit vollständig abgebauten Nahrungsstoffen und Lösung des Problems der künstlichen Darstellung der Nahrungsstoffe. Z. f. physiol. Ch. 77, 22. Derselbe, Fütterungsversuche mit vollständig bis zu den Aminosäuren abgebautem Eiweiß und mit Ammonsalzen. Versuche, den Stickstoffbedarf des tierischen Organismus durch anorg. Stickstoffquellen zu decken. Z. physiol. Ch. 78, 1. Derselbe, Synthese der Zellbausteine in Pflanze und Tier (J. Springer, Berlin 1912).

bei der Verfütterung mit Eiweiß als auch bei der Zulage entsprechender Aminosäuren. Die bis zu den letzten Bausteinen aufgespaltenen Nahrungsstoffe können also in jeder Hinsicht die ursprünglichen Nahrungsmittel ersetzen. Das Fehlen von Tryptophan macht jedoch das Aminosäuregemisch für die Eiweißsynthese untauglich. E. Grafe und V. Schlaepfer⁸⁵⁾ führten Versuche mit unterernährten, wachsenden Hunden aus, die ein an Kohlehydraten sehr reiches, aber eiweißarmes Futter unter teilweiser Zugabe von Ammoniumsalzen bekamen. Dabei führte die Fütterung von Ammoniumsalzen zum Teil zu einer recht erheblichen Retention von Stickstoff. Mit größeren Mengen Ammoniumcitrat gelang es den Versuch anstellern sogar, für längere Zeit ein Stickstoffgleichgewicht bei Körpergewichtszunahme zu erzielen, während bei der gleichen Versuchsanordnung ohne Zusatz von Ammoniumsalzen erhebliche Gewichtsabnahmen zu verzeichnen waren. E. Grafe⁸⁶⁾ gelang es weiterhin, einen Hund drei Monate lang ohne Eiweiß nur mit Stärke, Rohrzucker, Butter, Fleischextrakt, Kochsalz, Knochenasche, Bouillon und mit Ammoniumsalzen zu ernähren, wobei die verfütterten Ammoniumsalze Körpereiweiß allem Anschein nach gespart haben dürften.

Peschek⁸⁷⁾ gelangte bei Versuchen an jungen Hunden zu der Überzeugung, daß Ammoniumacetat auf den Stickstoffumsatz des Fleischfressers anfänglich keine Wirkung hat, ganz im Gegensatz zu Ammoniumnitrat, das den Stickstoffumsatz beträchtlich einzuschränken vermochte. Eine Mischung von Kalium-, Natrium- und Magnesiumacetat bewirkte keine Stickstoffeinschränkung, Calciumacetat schädigte sogar den Stickstoffbestand des Organismus. Peschek meint, daß die günstige Wirkung der Ammoniumsalze vielleicht auf eine eiweißsparende Salzwirkung zurückgeführt werden könnte⁸⁸⁾.

Durch Fütterungsversuche an einem Hund während der Dauer eines Vierteljahres konnte Abderhalden⁸⁹⁾ feststellen, daß bei ausschließlicher Darreichung der einfachsten Bausteine der Nahrungsstoffe (Aminosäuren, Fettsäuren, Nukleoside, Traubenzucker) das Tier an Körpergewicht (um 990 g) zunehmen kann. Tyrosin und Tryptophan dürfen dabei in dem Nahrungsgemisch nicht fehlen. Pflanzenfresser blieben bei analoger Fütterung nicht am Leben. Bei Verfütterung von Ammoniumsalzen, Glucosamin, Gelatine und Harnstoff an ein Schwein konnten Abderhalden und Lampe⁹⁰⁾ nur eine negative Stickstoffbilanz erhalten. E. Grafe⁹¹⁾ fand jedoch, daß die Verfütterung von Ammoniumsalzen zu einer Kost, die aus Kohlehydraten besteht und den Bedarf der Tiere calorisch weit überwiegt, sowohl beim Hund als auch beim Schwein zu dauernder Stickstoff-

⁸⁵⁾ E. Grafe und V. Schlaepfer, Über Stickstoffretentionen und Stickstoffgleichgewicht bei Fütterung von Ammoniumsalzen. *Z. physiol. Ch.* 77, 1.

⁸⁶⁾ E. Grafe, Weitere Mitteilungen über die eiweißsparende Wirkung verfütterter Ammoniumsalze. *Z. physiol. Ch.* 78, 485.

⁸⁷⁾ Peschek, Über Einwirkung von Ammoniumsalzen und essigsäuren Salzen auf den Stickstoff-Stoffwechsel des Fleischfressers. *Biochem. Z.* 45, 244.

⁸⁸⁾ Vgl. J. Mayer, Über den Einfluß der Natronsalze auf den Eiweißumsatz im Tierkörper. *Z. f. klin. Med.* 3, 82 [1881]. Vgl. R. Meyer, Jahrb. d. Ch. 1912, S. 315.

⁸⁹⁾ Abderhalden, Weitere Versuche über die synthetischen Fähigkeiten des Organismus des Hundes. *Z. physiol. Ch.* 83, 444.

⁹⁰⁾ Abderhalden und Lampe, *Z. physiol. Ch.* 83, 409; 84, 218. Dieselben, ebenda 82, 21. Abderhalden und Hirsch, ebenda 82, 1 und 338; 84, 189.

⁹¹⁾ E. Grafe, *Z. physiol. Ch.* 82, 347.

retention führt. E. Grafe und K. Turban⁹⁵⁾ führen diese Versuche Abderhaldens auf unsachgemäße Versuchsanstellung zurück; hiernach dürfen keine sehr großen Harnstoffmengen überhaupt verfüttert werden; auch sind sie gleichmäßig auf den ganzen Tag zu verteilen. Andererseits müßten die gereichten Stickstoffmengen nicht zu gering sein, da sie zur Erzielung deutlicher Retentionen mindestens das Dreifache des Eiweißminimums zu betragen haben. A. Köhler⁹⁶⁾ kam bei seinen Versuchen über die Wirkung von Asparagin und Ammoniumacetat gegenüber Kleber auf den Eiweißumsatz beim Schwein zu dem Ergebnis, daß bei der Klebefütterung ein beträchtlicher Fleischansatz stattgefunden hatte, während in der darauffolgenden Asparaginperiode der Eiweißverbrauch bedeutend gesteigert wurde. Versuche von Peschek⁹⁷⁾ geben interessante Einblicke über die stickstoffsparende Wirkung gewisser Salze; so konnte er zeigen, daß Zusatz von Natriumacetat zu einem Grundfutter die Stickstoffausscheidung im Harn herabzusetzen vermag; ebenso stickstoffsparend wirken Natriumcitrat, Natriumlactat und Magnesiumacetat. Abderhalden⁹⁸⁾ gelang die Isolierung und Reindarstellung einer Reihe von Aminosäuren aus dem Blute. Henriques⁹⁹⁾ konnte bei intravenöser Einführung einer fast ganz aus Aminosäuren als Stickstoffquelle bestehenden Nahrung bei einem Ziegenbock deutliche Stickstoffretention erzielen, was dafür spricht, daß die Aminosäuren nicht die Darmwand passieren müssen, um verwertet zu werden. H. Steck¹⁰⁰⁾ beschäftigte sich mit der Frage, ob die Synthese der aus dem Nahrungseiweiß stammenden Verdauungsprodukte ausschließlich in der Darmschleimhaut oder auch anderwärts vor sich gehe, und fand auf Grund seiner Versuche, daß diese Synthese nicht ausschließlich in der Darmschleimhaut stattgefunden haben könne.

V. Henriques und A. Andersen¹⁰¹⁾ gelang es nicht, durch permanent-intravenöse Injektion von Zucker, Natriumacetat, und einfach konstituierten stickstoffhaltigen Stoffen, wie Harnstoff oder Ammoniumacetat, eine dauernde Stickstoffablagerung im Organismus nachzuweisen. Für die Untersuchungsmethodik bedeutungsvoll ist eine Arbeit von A. Morgen, C. Beger und F. Westhäuser¹⁰²⁾. Grafe¹⁰³⁾ stellte fest, daß man durch Ammoniumchlorid eine Stickstoffretention im tierischen Organismus um so sicherer erreicht, je mehr die Darreichung physiologischen Bedingungen angepaßt wird. Berg¹⁰⁴⁾ wies die Eiweißsynthese im Organismus mit mikroskopischen Methoden nach. Abderhalden¹⁰⁵⁾ führte Versuche mit Hunden und Ratten durch, bei denen der Salpeterstickstoff unter den eingehaltenen

⁸⁵⁾ E. Grafe und Turban, Verfütterung von Harnstoff. Ebenda 83, 25; 84, 69 und 234; 85, 347; 86, 347. Siehe auch: E. Grafe und H. Wintz, Beeinflussung des Stickstoff-Stoffwechsels durch Fütterung mit Natriumnitrat. *Z. physiol. Ch.* 86, 283.

⁸⁶⁾ A. Köhler, Landw. Versuchsst. 79 und 80, 623.

⁸⁷⁾ Peschek, Bioch. Z. 52, 275.

⁸⁸⁾ Abderhalden, *Z. physiol. Ch.* 88, 478.

⁸⁹⁾ Henriques, *Z. physiol. Ch.* 88, 357.

¹⁰⁰⁾ H. Steck, Bioch. Z. 49, 195.

¹⁰¹⁾ V. Henriques und A. C. Andersen, Über Stickstoffretention bei Zufuhr von Ammoniumsalzen oder Harnstoff. *Z. physiol. Ch.* 92, 21.

¹⁰²⁾ A. Morgen, C. Beger und F. Westhäuser, Die Frage der stickstoffhaltigen Stoffwechselprodukte und ihre Bedeutung für die Bestimmung der Verdaulichkeit des Proteins in den Futtermitteln. Landw. Versuchsst. 85, 1.

¹⁰³⁾ Grafe, *Z. physiol. Ch.* 90, 75; 88, 387.

¹⁰⁴⁾ Berg, Bioch. Z. 61, 428.

¹⁰⁵⁾ Abderhalden, *Z. physiol. Ch.* 96, 1.

bedingungen keine Verwertung im Tierkörper fand. Natriumacetat zu stickstoffhaltiger und stickstoffreier Nahrung gegeben, war imstande, zu einer Verminderung der Stickstofthaushalt zu beitragen. Bei Verfütterung von Ammoniacetat wurden ab und zu Retentionen von Stickstoff festgestellt, dieser jedoch nachträglich wahrscheinlich wieder ausgeschieden; ähnlich war die Sache bei Harnstoff. Abderhalde ist der Meinung, daß die Stickstoffbilanz wenig über den Eiweißstoffwechsel aussagen vermag. Es scheint, als ob der Harnstoff und die Ammoniumsalze keine direkte Verwendung im Zellstoffwechsel zur Bildung von Aminosäuren gefunden hätten. Dagegen haben zwei Versuche mit Hunden einen jeden Zweifel ausschließenden Beweis für die vollständige Vertretbarkeit des Nahrungseiweißes durch ein biologisch vollwertiges Gemisch von Aminosäuren ergeben. Es hat sich bestätigt, daß die Bausteine aller Gewebe sich den aus einer einzigen oder gar aus einer bestimmten Eiweißart gewonnenen Spaltungsprodukten überlegen zeigen, besonders dann, wenn die nach einer Hungerperiode entstandenen Lücken wieder ausgefüllt werden mußten. Bei normaler Ernährung trafen diese Verhältnisse weniger zu.

Namentlich während des Krieges wurden zahlreiche Fütterungsversuche ausgeführt, die den Beweis erbrachten, daß unter bestimmten Bedingungen stickstoffhaltige Substanzen nichteiweißartiger Natur sowohl beim wachsenden Tier, als auch beim Milchvieh einen Teil des Futtereiweißes zu ersetzen vermögen. Diese Versuche wurden mit Knochenleim und Leingallertfutter ange stellt¹⁰⁸). Um das dem Leim fehlende Cystin, sowie auch Tyrosin und Tryptophan zu ersetzen, wurde einigen dieser Futtermittel aufgeschlossenes Horn beigemischt, und zwar auf einen Vorschlag von N. Zuntz und R. v. d. Heide¹⁰⁷); diese Forscher beobachteten bei reichlicher Leinfütterung eine Eiweißausscheidung durch den Harn, die dann bei Zusatz von aufgeschlossenem Horn verschwand. Diese eiweißähnliche Stickstoffverbindungen enthaltenden Futtermittel sieht Morgen¹⁰⁸) als wertvolle Hilfsmittel in der jetzigen Zeit der Eiweißknappheit an. Hansen¹⁰⁹) jedoch kommt bei seinen Versuchen mit Milchkühen und Schweinen zu der Ansicht, daß ein Zusatz von Horn unnötig sei, weil die Tiere ihren Eiweißbedarf auch durch Leim allein zum Teil decken könnten. Nach den Versuchen von A. Morgen, C. Beger, H. Wagner, G. Schöler, E. Ohlmer und N. Plaut¹¹⁰) ist ein weitgehender Ersatz des Eiweißes durch Leim möglich. Es wurden auch mit aufgeschlossenem Horn allein als Eiweißersatz in Verbindung mit Strohstoff Versuche unternommen, wobei sich ein günstiges Resultat ergab. Der Leim kann aber nur einen Teil des Eiweißes ersetzen und ist dem Eiweiß nicht im Werte gleichzusetzen. Deshalb haben H. Wagner und G. Schöler¹¹¹) ein Verfahren zur Leim-

¹⁰⁶) Ellenberger und Grimm, Deutsche landw. Presse **43**, 229 [1916]. Dtsch. tierärztl. Wochenschr. **24**, 291 [1916]. Siehe Honcamp-Nolte, loc. cit. S. 93. Ahr, Mitt. D. L. G. **32**, 485 [1917]. v. Czadek, Z. f. d. landw. Versuchsw. in Österr. **20**, 480 [1917]. Gerlach, Deutsche landw. Presse **43**, 356 [1916]. F. Honcamp, Landw. Versuchsst. **94**, 153 [1919]. A. Richardsen, Landw. Jahrb. **50**, 356 [1917].

¹⁰⁷) N. Zuntz und R. von der Heide, Mitt. D. G. L. **33**, 456.

¹⁰⁸) Morgen, Landw. Versuchsst. **89**, 269 [1917]. Derselbe, Festschrift zur Feier des 100 jährigen Bestehens der Württ. landw. Hochschule Hohenheim. S. 112. (Verlag E. Ulmer, Stuttgart). Siehe R. Meyer, Jahrb. d. Chemie.

¹⁰⁹) Hansen, Mitt. D. L. G. **33**, 42 und 99 [1918].

¹¹⁰) Morgen und Mitarbeiter, Landw. Versuchsst. **92**, 57; **94**, 219.

¹¹¹) H. Wagner und G. Schöler, Landw. Versuchsst. **92**, 171.

bestimmung in den Futtermitteln ausgearbeitet, in der Weise, daß sie den Leim durch längeres Kochen mit Wasser ermitteln. In einem aliquoten Teil des Filtrates wird der Stickstoff bestimmt, ebenso in einem anderen Teil des Filtrates nach Abscheiden des Leimes durch Tannin der Stickstoff ermittelt, um so den Amidstickstoff zu erhalten. Nach Abzug des Amidstickstoffes von dem zuerst erhaltenen Gesamtstickstoff (Amidstickstoff + Leimstickstoff) erhält man den Leimstickstoff, daraus durch Multiplikation mit dem Faktor 5,61 den Leim.

W. Völtz, W. Dietrich und A. Deutschland¹¹²) berechnen die Wertigkeit der verdaulichen Melasseamide zu 60% derjenigen des verdaulichen Eiweißes. In Form von Melasseschlempe sollen die Amidsubstanzen der Zuckerrübe für die Eiweißsynthese im Tierkörper nicht in Betracht kommen, weil der erforderliche Zucker fehlt. Schon in früheren Arbeiten hatte Völtz¹¹³) nachgewiesen, daß der Organismus des erwachsenen Wiederkäuers den gesamten Bedarf an stickstoffhaltigen Nährstoffen aus den Amidostoffen der Melasse zu decken vermag, daß diese somit die Rolle des Eiweißes übernehmen können.

Besondere Wichtigkeit kommt den Versuchen zu, die sich mit Harnstoff befassen, da dieser Körper zu verhältnismäßig billigen Preisen von der chemischen Großindustrie geliefert wird¹¹⁴) und daher seine Verwendung in der Fütterung als Ersatz des teuren Eiweißes von großer praktischer Bedeutung sein würde. Völtz¹¹⁵) stellte solche Versuche an und erzielte dabei sehr gute Resultate. A. Morgen¹¹⁶) und Mitarbeiter führten einschlägige Versuche mit Hammeln und Milchtieren aus und kamen zu dem Schluß, daß in einer, normale Mengen Reineiweiß enthaltenden Ration ein teilweiser Ersatz des Reineiweißes durch Harnstoff bis zu etwa 30—40 % ohne erhebliche Schädigung der Produktion möglich ist; ob ein solcher Ersatz praktisch durchführbar und zweckmäßig ist, wird davon abhängen, ob Harnstoff in genügender Menge und vor allem zu einem niedrigeren Preis pro Kilogramm Stickstoff als im Reineiweiß geliefert werden kann. Später führte A. Morgen¹¹⁷) nochmals Versuche mit Harnstoff bei Milchtieren aus, die in ähnlicher Weise ergaben, daß ein teilweiser Ersatz des Eiweißes durch

¹¹²) W. Völtz, W. Dietrich und A. Deutschland, Die Verwertung der Melasseamide im Vergleich zum Eiweiß durch den Organismus des Wiederkäuers. Der Futterwert der Melasseschlempe und des Rieselfelderheus. Landw. Jahrb. **52**, 431 [1919].

¹¹³) Völtz, Untersuchungen über die Verwertung des Betains durch den Wiederkäuer (Schaf). Pflügers Archiv **116**, 307 [1907]. Derselbe, Über die Verwertung des Amidgemisches der Melasse durch den Wiederkäuer. Pflügers Archiv **117**, 541 [1908].

¹¹⁴) $\text{CO}_2 + 2 \text{NH}_3 = \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}$ (Bei 50 Atm. und 150 °C). Badische Anilin- und Soda-Fabrik. Als Zwischenprodukt bildet sich dabei carbaminsaures Ammoniak. Siehe Z. ang. Ch. **31**, II, 1918. Auch aus Cyanamid wird durch Ablagerung von Wasser bei Behandlung mit Mineralsäuren Harnstoff dargestellt: $\text{CN} \cdot \text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

¹¹⁵) Völtz, Über die Bedeutung der Amidsubstanzen für die Ernährung der Wiederkäuer. Mitt. D. L. G. **34**, 372 [1919]. Derselbe, Der Ersatz des Nahrungseiweißes durch Harnstoff beim wachsenden Wiederkäuer. Bioch. Z. **102**, 151 [1920]. Derselbe, Z. f. Spiritusind. Jahrg. **1919**, Nr. 27; Jahrg. **1921**, Nr. 15.

¹¹⁶) A. Morgen und Mitarbeiter (G. Schöler, K. Windheuser und E. Ohlmer), Über den Ersatz von Eiweiß durch Harnstoff bei Hammeln und Milchtieren. Landw. Versuchsst. **99**, 1 [1922].

¹¹⁷) A. Morgen, C. Windheuser und E. Ohlmer, Über den Ersatz von Eiweiß durch Harnstoff bei Milchtieren. Landw. Versuchsst. **99**, 859 [1922]. 100, 1.

Harnstoff ohne Schädigung der Produktion möglich ist, und daß lediglich die Preisfrage entscheidend sein dürfte, ob man einen solchen Ersatz anwenden wird. Auch bei diesen Versuchen trat wieder hervor, daß Harnstoff eine gehaltreichere und zwar besonders eine fettreichere Milch liefert hatte. Zu große Gaben an Harnstoff sind aber nicht zweckmäßig. Umfangreiche Versuche mit Harnstoff bei Kühen stellte Hansen¹¹⁸⁾ an, die zu ähnlichen Ergebnissen führten.

Völtz¹¹⁹⁾ berichtet weiterhin über 40 Einzelversuche an 5 Milchkühen. Dabei wurde die Milch nicht nur auf ihren Gehalt an Gesamtstickstoff, sondern auch Amidstickstoff und Stickstoff in Form von Harnstoff untersucht, doch konnte ein Einfluß der Harnstofffütterung auf den Harnstoffgehalt der Milch nicht mit Sicherheit konstatiert werden; durch die Verfütterung von Harnstoff wurde die Freßlust der Tiere gesteigert. Völtz kommt zu dem Schlusse, daß in Übereinstimmung mit seinen früheren an Lämmern ausgeführten Versuchen über die Verwertung des Harnstoffes für die Fleischbildung auch die Versuche an Milchkühen bewiesen haben, daß der Harnstoff, wie auch andere Amide, geeignet ist, die Rolle des Nahrungseiweißes bei der Milchsekretion der Wiederkäuer in einem gewissen Umfang zu übernehmen. Im Vergleich zu Erdnußkuchen hatten die Harnstoffgaben allerdings einen um ungefähr 20% geringeren Effekt auf die Milchleistung gehabt¹²⁰⁾. Er empfiehlt als Zulage zu proteinarmen Rationen tägliche Gaben von 150 g Harnstoff pro Kuh; diese Menge dürfe man aber nicht überschreiten. Scheunert¹²¹⁾ stellte Fütterungsversuche mit Harnstoff bei drei ausgewachsenen Hammeln, einem noch im Wachstum befindlichen Hammel und einem jungen Lamm an. Er erreichte zwar positive Stickstoffbilanzen, kommt aber auf Grund seiner Beobachtungen zu der Ansicht, daß diese nicht auf Stickstoffretentionen beruhen, sondern dadurch vorgetäuscht werden, daß der in den Exrementen fehlende Stickstoff durch die Haut ausgeschieden wird. Durch Zufütterung von Harnstoff vermögen Wiederkäuer eine extrem stickstoffarme, aber an stickstofffreien Stoffen reiche Ration für lange Zeit auszunützen. Bei Wegfall der Harnstofffütterung sinkt damit aber die Ausnützung, die Tätigkeit des Verdauungsapparates wird träge und die Freßlust schwindet. Die Respirationsversuche ergaben, daß die Beifütterung von Harnstoff steigernd auf den Stoffwechsel eingewirkt hätte. Scheunert kommt zu dem Resultat, daß Harnstoff als Eiweißquelle nicht in Betracht kommen kann, und daß die Theorie, derzu folge Harnstoff durch Gärungsorganismen in den Wiederkäuervormägen zu Bakterieneiweiß aufgebaut wird und dieses dann als Nahrungseiweiß eintritt (O. Hagemann), abzulehnen ist. Die von anderen Forschern erzielten günstigen Beobachtungen erklärt er dadurch, daß der Harnstoff beim Wiederkäuer eine stimulierende Wirkung auf den Stoffwechsel und die Drüsentätigkeit bewirke.

Honcamp¹²²⁾ Versuche mit Harnstoff an Hammeln brachten diesen zu dem Schluß, daß zum Aufbau von Bakterieneiweiß das Vorhandensein bestimmter Kohlehydrate erforderlich sei. Er führte auch Versuche an

¹¹⁸⁾ Hansen, Landw. Jahrb. 57, 141 [1922].

¹¹⁹⁾ W. Völtz, W. Dietrich und H. Jantzon, Die Verwertung des Harnstoffes für die Milchleistung nach Versuchen an Kühen. Bioch. 130, 323 [1922].

¹²⁰⁾ W. Völtz, H. Jantzon und E. Reisch, Mästungs- und Ausnutzungsversuche an Hammelkühen mit Harnstoff im Vergleich zu Erdnußkuchen. Landw. Jahrb. 59, 321 [1924].

¹²¹⁾ Scheunert, Bioch. Z. 133, 137 [1922].

¹²²⁾ F. Honcamp, Z. ang. Ch. 36, 45 [1923]. Ang. Bot. 5, 22 [1923]. F. Honcamp und E. Schneller, Harnstoff als Eiweißersatz beim Wiederkäuer. Bioch. Z. 138, 461 [1923].

Kühen mit Zugabe von Harnstoff zu einem proteinarmen Gründfutter durch und konnte ähnlich wie Völtz durch 1 kg Harnstoff 12,7—19,7 kg Milch und 1,606—2,476 kg Trockensubstanz gewinnen. Beim Ersatz von 1 kg Erdnußkuchenmehl durch die im Stickstoffgehalt äquivalente Harnstoffmenge wurde der Ertrag nicht beeinflußt. Richardsen¹²³⁾ erzielte bei der Verfütterung von Harnstoff an Kühe günstige Ergebnisse sowohl bei der Fett- als auch der Milchleistung. Weitere Arbeiten stammen von Pfeiffer¹²⁴⁾ und Salkowsky¹²⁵⁾; letzterer beschäftigte sich besonders mit dem Ursprung des zur Eiweißbildung aus Harnstoff erforderlichen Schwefels und des Tryptophans.

In einer umfangreichen Arbeit gaben A. Morgen¹²⁶⁾ und Mitarbeiter Harnstoff einerseits als Zulage zu einem eiweißarmen, anderseits zu einem eiweißreichen Gründfutter. Sie gingen dabei von dem Gedanken aus, daß eine eiweißersetzennde Wirkung nur bei eiweißarmem Futter stattfinden könnte, während eine Reizwirkung auch bei dem eiweißreichen zum Ausdruck kommen würde. Der Versuch ergab, daß der Harnstoff als Zulage zu einem proteinreichen Futter keine besondere Wirkung ausübt, und daß ebenso durch eine Harnstoffzulage zu einem eiweißarmen Gründfutter im Gegensatz zu allen bisherigen Beobachtungen über die Verwertung des Harnstoffes bei Kühen und auch mit eigenen früheren Versuchen der Versuchssteller nur eine geringe oder gar keine Wirkung erzielt wurde. Morgen hält die Frage, ob Harnstoff als Material für die Bildung von Eiweiß dienen kann, als nicht geklärt und weitere Versuche für erforderlich. Dagegen glaubt er der Ansicht Scheunerts¹²⁷⁾ zustimmen zu können, daß der Harnstoff einen Einfluß auf den Stoffwechsel ausübe, somit als Reizstoff wirke.

Aus vorliegender Zusammenfassung, die nur die allerwichtigsten Arbeiten in dieser bedeutungsvollen Frage bringt und keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt¹²⁸⁾, ist zu entnehmen, daß der Ersatz des Eiweißes durch Amidkörper ein Problem darstellt, das zumindest für den praktisch wichtigsten Vertreter dieser Körperklasse, den Harnstoff, noch immer nicht restlos geklärt ist, und daß noch manche Versuche in dieser Richtung notwendig sein werden, um zu gesicherten Ergebnissen zu gelangen.

[A. 49.]

Die Verhütung von Kesselsteinbildungen in Dampfkesseln.

Von Dr. HELLMERS, Berlin.

(Eingeg. 16.5. 1925.)

Bei der Wichtigkeit, die der Verhinderung der Kesselsteinbildung zukommt, und bei den starken Mängeln, welche bis jetzt jeder Methode der Wasserreinigung anhafteten, finden sich in der Patentliteratur dauernd neue Patenterteilungen für mehr oder minder Erfolg versprechende neue Mittel und Verfahren. Neben den alten Verfahren, die auf chemischem Wege die Kesselsteinbildner ausfällten, wie das Ätzkali-Soda, das Ätzkalk-Soda und das Permutitverfahren, versuchte man durch Zusatz von Kolloiden, wie Leim, oder durch Lein-

¹²³⁾ Richardsen, Fühlings landw. Ztg. 71, 325.

¹²⁴⁾ Th. Pfeiffer, Fühlings landw. Ztg. 71, 313.

¹²⁵⁾ Salkowsky, Z. physiol. Ch. 109, 276.

¹²⁶⁾ A. Morgen, C. Windheuser und E. Ohlmer, Weitere Versuche über den Ersatz von Eiweiß durch Harnstoff bei Milchieren. Landw. Versuchsst. 103, 1 [1924].

¹²⁷⁾ Scheunert, loc. cit.

¹²⁸⁾ Hingewiesen sei auch noch auf die reizvolle Arbeit von D. Prjanischnikow, Asparagin und Harnstoff (Physiologische Parallele). Bioch. 150, 407 [1924].