

Einige Bemerkungen zu den Arbeiten über den Nährwert der in den Pflanzen enthaltenen Amide.

Von
E. Schulze.

(Aus dem agrikultur-chemischen Laboratorium des Polytechnikums in Zürich.)

(Der Redaktion zugegangen am 24. Juli 1908.)

Für die Versuche über den Nährwert der in den Pflanzen enthaltenen Amide hat man bekanntlich zuerst die in relativ größter Menge in den Pflanzen auftretende Substanz dieser Art, nämlich das Asparagin, verwendet. Jene Versuche haben nicht zu übereinstimmenden Resultaten geführt; während manche Versuchsansteller beim fleischfressenden und beim omnivoren Tier eine eiweißersparende Wirkung des Asparagins nicht zu konstatieren vermochten, sind C. Lehmann und seine Mitarbeiter¹⁾ zu einem anderen Ergebnis gelangt. Als bewiesen betrachtet man es allgemein, daß beim pflanzenfressenden Tier die Zufuhr des genannten Amids eiweißersparend wirkt. Man erklärt dies durch die Hypothese, daß bei diesen Tieren in gewissen Teilen des Verdauungskanals das Asparagin den hier in großer Zahl sich vorfindenden Mikroben als stickstoffhaltiger Nährstoff dient, und daß infolge davon die Eiweißsubstanzen vor einer Zersetzung durch diese kleinen Lebewesen mehr oder weniger geschützt sind; auch hält man es für möglich, daß die in den Mikroben unter Mitwirkung des Asparagins gebildeten Eiweißstoffe später, nach dem Absterben der Mikroben, vom Tier verdaut werden. Wie groß der Nutzen ist, den das pflanzenfressende Tier aus dieser Nährwirkung des Asparagins zu ziehen vermag, darüber gehen die Meinungen auseinander. Einige Autoren halten diesen Nutzen für gering und glauben, daß er nur bei Tieren, die stickstoffarme Nahrung erhalten, in Betracht kommt.

Man kann es als wahrscheinlich bezeichnen, daß das

¹⁾ Die bezüglichen Arbeiten sind größtenteils in Pflügers Archiv für Physiologie zur Veröffentlichung gelangt.

Glutamin in bezug auf den Nährwert dem Asparagin sehr nahe steht. Selbstverständlich aber kann man nicht das Gleiche ohne weiteres für andere, in den Pflanzen enthaltene Amide, wie Leucin, Isoleucin, Valin, Arginin, Lysin, Histidin usw. annehmen. Denn diese Stickstoffverbindungen weichen in ihrer Zusammensetzung stark vom Asparagin ab, besitzen eine höhere Verbrennungswärme und können demnach bei der Ernährung anders wirken als Asparagin. Da es nun sehr schwierig, jedenfalls aber nur unter großem Kostenaufwand möglich ist, die genannten Stickstoffverbindungen in der für die Anstellung von Fütterungsversuchen erforderlichen Quantität zu beschaffen, so lag der Gedanke nahe, Pflanzenextrakte, die reich an solchen Verbindungen sind, aber keine Eiweißstoffe enthalten, für Versuche zu verwenden. Dies ist sowohl von A. Morgen und seinen Mitarbeitern,¹⁾ als auch von Henriques und Hansen²⁾ geschehen. Morgen stellte aus jungen grünen Futterpflanzen einen an Amidreichtum reichen Extrakt her und setzte denselben dem an milchgebende Tiere (Schafe und Ziegen) verabreichten Futter zu, wobei sich ergab, daß der Nähreffekt dieses Extraktes ein beträchtlicher war. Henriques und Hansen stellten aus ca. 8 Tage alten etiolierten Keimpflanzen von *Vicia faba* und *Phaseolus vulgaris*, sowie aus Malzkeimen, Kartoffelknollen und Rüben amidreiche Extrakte her und verfütterten dieselben unter Zusatz stickstofffreier Nährstoffe an Ratten. Es zeigte sich, daß die Extrakte aus Kartoffeln und Rüben ebenso wie reines Asparagin den Stickstoffverlust der Versuchstiere nicht einzuschränken vermochten; die Extrakte aus Keimpflanzen vermochten zwar die Eiweißstoffe der Nahrung nicht zu ersetzen, wirkten aber, wenn auch nur in geringem Maße, eiweißersparend. An das letztere Versuchsergebnis, das mich im Hinblick auf meine Arbeiten über die in den Keimpflanzen enthaltenen Amide besonders interessierte, will ich einige Bemerkungen anknüpfen.

¹⁾ Landwirtschaftliche Versuchsstation, Bd. LXV, S. 413, sowie Bd. LXVIII, S. 333.

²⁾ Über die Bedeutung der sogenannten «Pflanzenamide» für den Stickstoffumsatz im tierischen Organismus. Von Henriques und Hansen (Diese Zeitschrift, Bd. LIV, S. 169 u. 187).

Da wir wissen, daß die bei weitgehender Spaltung der Eiweißstoffe durch Trypsin entstandenen Produkte bei der Ernährung Eiweiß zu ersetzen vermögen, so könnte man denken, daß auch die in etiolierten Keimpflanzen sich vorfindenden Produkte des Eiweißabbaues dazu befähigt sein müßten; denn es kann kaum einem Zweifel unterliegen, daß die Spaltung der Eiweißstoffe auch in keimenden Samen durch Enzyme, die in ihrer Wirkung dem Trypsin sehr nahe stehen, bewerkstelligt wird. Gegen eine solche Schlußfolgerung können aber schon auf Grund früher gemachter Wahrnehmungen Einwände erhoben werden. Von mir und meinen Mitarbeitern ist nachgewiesen worden, daß die bei der Spaltung der Eiweißstoffe entstandenen Produkte im Stoffwechsel der Keimpflanzen einer Umwandlung unterliegen, die zur Bildung von Asparagin oder Glutamin führt und die Anhäufung dieser Amide zur Folge hat.¹⁾ Es war nun von vornherein für wahrscheinlich zu erklären, daß durch diesen Prozeß der Nährwert des in den Keimpflanzen sich vorfindenden Gemenges von Stickstoffverbindungen verringert werde.²⁾ Denn man muß annehmen, daß nur der Gesamtheit der bei Spaltung der Eiweißstoffe durch Trypsin oder ähnliche Enzyme entstandenen Stickstoffverbindungen, nicht aber einem beliebigen Ge-

¹⁾ Ich verweise auf meine Abhandlung «Über den Abbau und den Aufbau organischer Stickstoffverbindungen in den Pflanzen» (Landwirtschaftliche Jahrbücher, Bd. XXXV, S. 621—666). In einem im biochemischen Zentralblatt enthaltenen Referat über diese Abhandlung ist gesagt, daß die Arbeiten von Butkewitsch, Prianischnikow u. a. zu dem Resultat führten, daß das Asparagin ein sekundäres Produkt des Eiweißumsatzes sei. Ich möchte hier darauf aufmerksam machen, daß ich dies schon lange vor dem Erscheinen der Abhandlungen von Butkewitsch und Prianischnikow ausgesprochen und mich dabei auf eigene Versuche, sowie auf eine unter meiner Leitung von M. Merlis ausgeführte Arbeit gestützt habe. (Man vergleiche meine Abhandlung in dieser Zeitschrift, Bd. XXIV, S. 18—114.) Später habe ich auch die Resultate einer von Butkewitsch in meinem Laboratorium ausgeführten Arbeit zum Beweise herangezogen. Die Arbeit Prianischnikows lieferte eine neue Bestätigung der von mir ausgesprochenen Schlußfolgerung.

²⁾ Ich habe darauf schon im Journ. f. Landwirtsch., 1906, S. 79, aufmerksam gemacht.

menge von Eiweißzersetzungsprodukten, die Fähigkeit zukommt, Eiweiß zu ersetzen. Da nun der oben besprochene Prozeß zur Folge hat, daß von den bei der Spaltung der Eiweißstoffe in keimenden Samen entstandenen Produkten manche ganz oder bis auf einen kleinen Rest aufgezehrt werden, während dagegen Asparagin sich anhäuft, so ist es erklärlich, daß in den Versuchen von Henriques und Hansen das in den Keimpflanzenextrakten enthaltene Gemenge von Stickstoffverbindungen nur in geringem Grade eiweißersparend wirkte; es ist aber auch verständlich, daß dieses Gemenge besser wirkte, als reines Asparagin, da in demselben neben diesem Amide ohne Zweifel noch primäre Produkte des Eiweißzerfalls sich vorfinden.

Der Saft der Kartoffelknollen und der Runkelrüben enthält ein Gemenge von Stickstoffverbindungen, welches in seiner Zusammensetzung dem in etiolierten Keimpflanzen sich vorfindenden sehr ähnlich ist. Warum die aus jenen Objekten gewonnenen Extrakte noch schlechter wirkten, als die Keimpflanzenextrakte, ist eine Frage, die zurzeit nicht zu beantworten ist.

Henriques und Hansen heben hervor, daß die von ihnen erhaltenen Resultate für pflanzenfressende Tiere keine Gültigkeit haben. Es spricht in der Tat vieles dafür, daß die Amide, wenn sie neben Eiweiß verfüttert werden, bei Pflanzenfressern einen beträchtlichen Nähreffekt hervorbringen. Von den neueren Untersuchungen, die zu dieser Schlußfolgerung führen, nenne ich hier außer den schon zitierten Arbeiten A. Morgens und seiner Mitarbeiter die von Henriques und Hansen erwähnten Untersuchungen des Laboratoriums der tierärztlichen und landwirtschaftlichen Hochschule in Kopenhagen, sowie eine Arbeit von B. v. Strusiewicz.¹⁾ Die Annahme, daß in diesem Falle die Wirkung der Amide in der Hauptsache eine indirekte sei und darauf beruhe, daß die im Verdauungskanal vorhandenen Mikroben die Amide zur Eiweißbildung verwenden, scheint immer mehr an Boden zu gewinnen; eine Stütze für diese Annahme bildet insbesondere die Wahrnehmung, daß das

¹⁾ «Über den Nährwert der Amidsubstanzen», Inauguraldissertation, Göttingen 1904.

Ammoniumacetat ebenso gut wirkt, wie Asparagin. Ob die Amide bei Einwirkung der Mikroben nur desamidiert werden oder ob sie eine tiefergehende Zersetzung erleiden, ist eine noch offene Frage. Die erstere Annahme ist wohl die wahrscheinlichere. Möglich ist, daß die verschiedenen «Pflanzenamide» sich gegenüber den Mikroben ungleich verhalten.¹⁾ Neben einer indirekten findet aber vielleicht auch eine direkte Nährwirkung der Amide statt. Dieselbe könnte in verschiedener Weise erfolgen. Erstens ist es denkbar, daß einzelne in der Nahrung sich vorfindende Aminosäuren, wenn sie den bei Spaltung der Eiweißstoffe durch die Verdauungsfermente entstandenen Produkten sich beimischen, bei der später erfolgenden Regeneration dieser Produkte zu Eiweiß mit verwendet werden.²⁾ Zweitens kann bei der Oxydation der Amide im Körper Wärme entstehen. Drittens ist es möglich, daß die Amide bei der Bildung stickstofffreier Körperbestandteile (Fett usw.) Verwendung finden. Allerdings wirkt das Asparagin nach Kellners Versuchen beim Rinde nicht fettbildend; dies ist aber begreiflich, da dieses Amid im Körper wahrscheinlich zunächst in Asparaginsäure, später vielleicht in Bernsteinsäure übergeht, — Verbindungen, in denen die Hälfte des Kohlenstoffs Carboxylgruppen angehört. Kohlenstoffreichere und sauerstoffärmere Aminosäuren, wie Leucin, Valin usw., können aber anders wirken.³⁾ Allerdings kommen diese Aminosäuren, so viel

¹⁾ A. Morgen bespricht in der zweiten seiner oben zitierten Abhandlungen diese Frage; ich verweise auf seine Ausführungen.

²⁾ Selbstverständlich unter der Voraussetzung, daß diese Aminosäuren nicht durch die im Verdauungskanal enthaltenen Mikroben zersetzt werden.

³⁾ Daß die bei der Spaltung der Eiweißstoffe entstehenden Aminosäuren als Material für die Bildung stickstofffreier Körperbestandteile (Glykogen und Fett) verwendet werden können, ist eine häufig ausgesprochene Annahme. So sagt z. B. Cremer (Ergebnisse der Physiologie, Bd. I, S. 902): Die Hypothese Müllers, daß bei der Bildung von Glykogen aus Eiweiß der Leucinkomplex im wesentlichen beteiligt ist, könne nach seiner Meinung nicht ernstlich bestritten werden. Ich verweise ferner auf die Äußerungen, die Lang am Schlusse seiner Abhandlung «Über Desamidierung im Tierkörper» (Beiträge zur chemischen Physiologie und Pathologie, Bd. V, S. 321) über diesen Gegenstand gemacht hat.

bis jetzt bekannt ist, in den Nahrungsmitteln nur in sehr kleiner Menge vor. Zu beachten ist, daß in den in den Pflanzen enthaltenen Gemengen nichtproteinartiger Stickstoffverbindungen neben den bekannten Stoffen dieser Art zweifellos noch andere, deren Beschaffenheit bis jetzt noch nicht genügend erforscht ist, sich vorfinden. Vielleicht kommen unter ihnen auch Polypeptide vor. Daß Stoffe solcher Art in den Keimpflanzen nicht fehlen, kann für wahrscheinlich erklärt werden; sie darin mit Sicherheit nachzuweisen, ist ohne Zweifel nicht leicht. Ein günstigeres Objekt für die Prüfung auf Polypeptide schienen mir ungekeimte Samen zu sein, die zuweilen nichtproteinartige Stickstoffverbindungen in beträchtlicher Menge enthalten. Ich behandelte einen wässerigen Extrakt aus den Samen von *Lupinus albus* zur Entfernung gelöster Proteinstoffe mit Kupferhydroxyd und versetzte die filtrierte Flüssigkeit sodann mit Bleiessig. Der dadurch erzeugte Niederschlag wurde, nach dem Abfiltrieren und Auswaschen, durch Schwefelwasserstoff zersetzt, die vom Schwefelblei abfiltrierte Flüssigkeit stark eingengt und sodann längere Zeit mit Schwefelsäure erhitzt. Aus dieser Flüssigkeit konnte ich dann Arginin und Tyrosin zur Abscheidung bringen; daneben schien sich mindestens noch eine andere Aminosäure vorzufinden, die aber jedenfalls nicht Leucin war. Da bekanntlich manche Polypeptide durch Bleiacetat gefällt werden, so muß es für sehr wahrscheinlich erklärt werden, daß in dem beschriebenen Versuche Arginin und Tyrosin durch Spaltung eines im Bleiniederschlage enthaltenen Polypeptids entstanden waren.¹⁾ Ein Extrakt aus Weizenkörnern, in denen übrigens nur eine geringe Stickstoffmenge nichtproteinartigen Verbindungen angehört, lieferte bei gleicher Behandlung keine Aminosäuren. Eine sichere Entscheidung der vorliegenden Frage geben diese Versuche nicht; wir beabsichtigen daher, sie fortzusetzen.

Zu den in den Pflanzen vorkommenden nichtproteinartigen Stickstoffverbindungen gehören auch Glukoside, wie Vicin, Vernin, Amygdalin usw. Wenn dieselben im Tierkörper gespalten

¹⁾ Es liegt kein Grund für die Annahme vor, daß Arginin und Tyrosin im Bleiniederschlage schon fertig gebildet enthalten waren.

werden, so kann die dabei entstehende Glukose ohne Zweifel als Nährstoff wirken.

Morgen (loc. cit.) teilt mit, daß in seinen Versuchen ein Extrakt aus Malzkeimen von auffallend geringer Wirkung war. Es sei hier erwähnt, daß wir aus Malzkeimen trotz aller darauf verwendeten Mühe kein Asparagin darzustellen vermochten,¹⁾ und daß auch die Isolierung von Arginin uns nicht gelang; Monoaminosäuren (Leucin usw.) schienen in sehr kleiner Menge vorhanden zu sein. Die von uns untersuchten Malzkeime stammten aus einer Brauerei in der Nähe von Zürich; nach ihrem Aussehen schienen sie von guter Qualität zu sein. Aus Malzkeimen, die wir früher untersuchten, konnten wir Cholin und Betain darstellen.²⁾

¹⁾ Dieses Resultat war für uns überraschend, weil angegeben wird, daß die Malzkeime Asparagin enthalten. Wie sich von selbst versteht, ist es trotz des negativen Resultats der Prüfung möglich, daß die von uns untersuchten Malzkeime eine sehr kleine Quantität von Asparagin enthielten.

²⁾ Landwirtschaftliche Versuchsstationen, Bd. XLVI, S. 66.
