

Nr. 279

SONDERDRUCK

aus

LANDWIRTSCHAFTLICHE FORSCHUNG

zugleich Zeitschrift des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten

Herausgegeben von

G. Bredemann
Hamburg

L. Meyer
Stuttgart-Hohenheim

F. Scheffer
Göttingen

L. Schmitt
Darmstadt

W. Wöhlbler
Stuttgart-Hohenheim

BAND 7 · HEFT 3

1955



J. D. SAUERLÄNDER'S VERLAG, FRANKFURT AM MAIN

Untersuchungen über den Einfluß hoher Stickstoffdüngung auf die Bildung der einzelnen N-Fraktionen bei einigen Gemüsen

Von K. Heintz e

Bundesanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe

(Eingegangen am 23. 3. 1954)

I. Einleitung

Mit zunehmender Verwendung der mineralischen Handelsdünger begannen Stimmen laut zu werden, die den so erzeugten Nahrungsmitteln gesundheitsschädliche Wirkungen zuschrieben. So führte beispielsweise in den dreißiger Jahren die verstärkte Verwendung von Kali in der Landwirtschaft zu Meinungsverschiedenheiten, da Kalium als antreibend für das Gewebewachstum gilt und in höheren Konzentrationen in Krebstumoren gefunden wird.

Nach Sommerkamp (1) verändert sich jedoch der K-Gehalt der Nutzpflanzen bei starker Kalidüngung nicht wesentlich. Außerdem weisen, nach von ihm angegebenem Zahlenmaterial, gerade Länder mit einem geringen Kaliverbrauch eine hohe Krebssterblichkeit auf.

Aber nicht nur die Kalidüngung, sondern auch die Zufuhr von Stickstoff und Phosphorsalzen wird von den Anhängern der „biologischen“ Anbauverfahren und den verschiedensten Ernährungsreformatoren abgelehnt. Während jedoch von dieser Seite bisher eindeutige und wissenschaftlich fundierte Beweise für die Richtigkeit ihrer Anschauungen nicht erbracht wurden, konnte von der Landbauwis-

senschaft in Zusammenarbeit mit bekannten Ernährungsphysiologen in einer ganzen Reihe von Untersuchungen gezeigt werden, daß die mineralgedüngten Produkte in Ernährungsversuchen verschiedenster Art nicht nur den „natur“-gedüngten Produkten gleichwertig, sondern sogar überlegen sind (2 bis 14).

Da solche physiologische Versuche immer mit verhältnismäßig großen Schwierigkeiten vor allem hinsichtlich der genügend langen zeitlichen Ausdehnung verbunden sind, erscheint es angebracht, auch von anderer Seite her, nämlich vom chemischen Aufbau, zu versuchen, den Einfluß einer starken Mineraldüngung zu verfolgen, um etwaige chemische Veränderungen erfassen zu können. Es können durch die chemische Analyse zumindest weitere Anhaltspunkte dafür gegeben werden, wo die physiologische Forschung anzusetzen hat.

Einen ersten Schritt in dieser Richtung unternahm, neben den Gruppen des ehemaligen Forschungsdienstes, besonders der Forscherkreis aus dem früheren Kalisyndikat in den Jahren 1936 bis 1944. Während bislang bei Versuchen über den Einfluß der Mineraldüngung in erster Linie nur die Erträge, bei Versuchen mit Getreide evtl. noch der Rohproteingehalt, bestimmt wurden,

untersuchten sie, vorwiegend bei Getreide bzw. Futterpflanzen, die genaue Zusammensetzung der wichtigen Stickstoff-Fractionen, bis herab zu einzelnen Aminosäuren, in Abhängigkeit von der Kalidüngung bei gestaffelten Stickstoffmengen (u. a. 15 bis 17). Gerade die N-haltigen Verbindungen der Pflanzen verdienen bei Düngungsversuchen besondere Aufmerksamkeit, da bei den üblichen, für gute Erträge notwendigen, relativ hohen Stickstoffgaben sicher ein Einfluß auf ihre Synthese ausgeübt wird und sie durch ihre Mannigfaltigkeit, sowie die Kompliziertheit des Aufbaues der hochmolekularen Eiweiß-Stoffe Veränderungen besonders zugänglich erscheinen. Derartige Veränderungen würden aber auch zu einer Änderung des biologischen Wertes der Produkte führen, wobei weniger an gesundheitsschädliche Einflüsse, als an eine verminderte ernährungsphysiologische Wirksamkeit zu denken ist (18 bis 20).

In den letzten 10 bis 15 Jahren sind — angeregt durch Selke (21) — eine große Anzahl von Untersuchungen über die Wirkung zusätzlicher, später N-Gaben zu Getreide durchgeführt worden. Dabei wurde festgestellt, daß nach dem Schossen bzw. zur Zeit der Blüte gegebener Stickstoff sich nicht mehr auf die Entwicklung des Stroh auswirkt, sondern in erster Linie auf das Korn selbst, dessen Ertrag und vor allem Eiweißgehalt erheblich steigen kann (22 und 23). Und zwar wird der spät aufgenommene Stickstoff ebenso zu Reineiweiß verarbeitet wie früh gegebener (21, 24 und 25). Auch Fütterungsversuche von Nehring (26) zeigten eine unverändert gute Ausnutzbarkeit und biologische Wertigkeit des Eiweißes. Weitere Arbeiten befaßten sich mit der Kartoffel (27 bis 32).

Die vorliegende Arbeit soll sich in erster Linie nur mit dem Einfluß einer steigenden und gestaffelten Stickstoffdüngung auf die Zusammensetzung der verschiedenen, ernährungsphysiologisch wichtigen N-haltigen Verbindungen landwirtschaftlicher bzw. gärtnerischer Nutzpflanzen befassen. Es interessiert besonders, wie letztere auf solche hohen und späten Stickstoffgaben reagieren. Als Versuchspflanzen wurden in erster Linie die drei Kopfkohlarten herangezogen, da sie einerseits auf Grund ihrer Billigkeit, Haltbarkeit und Lagerfähigkeit von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung sind, und andererseits einen verhältnismäßig hohen N-Bedarf haben, bzw. auf verstärkte Stickstoffzufuhr gut ansprechen (33). Auch wurde gerade für diese Gemüse schon vor längerer Zeit eine Stickstoff-Kopfdüngung zur Erhöhung der Erträge empfohlen (34).

Über die planmäßige Düngung von Gemüse sind bereits eine große Anzahl von Veröffentlichungen erschienen (36). Während sich früher, ebenso wie bei den landwirtschaftlichen Nutzpflanzen, das Augenmerk hauptsächlich auf den Ertrag und evtl. noch auf einige äußere Eigenschaften der einzelnen Gemüse gerichtet hatte, bemühte sich der Forschungskreis II/5c „Düngung und Qualität bei Gemüse und Obst“ des ehemaligen Forschungsdienstes um die Klärung des Begriffs (36) der „inneren“ Qualität. Es wurde die chemische Zusammensetzung im Zusammenhang mit äußeren Güteigenschaften untersucht. Dazu erfolgten zunächst Bestimmungen der Größe, Form, Farbe, Geschlossenheit, Hohlheit, Pelzigkeit, Holzigkeit sowie von Haltbarkeit, Schmackhaftigkeit, Bekömmlichkeit, Eignung zur Bereitung von Konserven usw., dann aber auch von Trockensubstanz, Säure, Zucker, Kohlenhydrat, Fett, Eiweißstoffen, Asche, Vitaminen, um auf diese Weise Aussagen über günstige bzw. ungünstige Düngungsarten machen zu können (37 und 38). Einen bedeutenden Schritt auf diesem Wege stellen die Arbeiten von Schuphan dar (39 bis 41), der besonders die chemische Zusammensetzung einer großen Zahl von Proben der einzelnen Gemüse bestimmte und diese dann entsprechend ihrem Nähr- und Wirkstoffgehalt unter dem Begriff „biologischer Wert der Gemüse“ einreichte.

Im allgemeinen wurden bei diesen ganzen Untersuchungen allerdings nur Unterschiede zwischen Stallmist- und Mineraldüngung festzustellen versucht (42 bis 45). Das gilt auch für die Arbeiten von Vogel und Mitarbeitern, deren Untersuchungen zunächst die Eignung von Weißkohl zur Sauerkrautbereitung in den Vordergrund stellen, sowie für die Untersuchungen verschiedener anderer Autoren (46 bis 52). Dabei zeigte sich allgemein eine NPK- bzw. Stallmist- + NPK-Düngung einer reinen Stallmistdüngung überlegen. Durch eine gewisse Variierung der Stickstoffgaben wurde festgestellt, daß eine einseitige Stickstoffüberdüngung in jedem Fall nachteilig ist (53). Versuche mit gestaffelten N-Gaben bei harmonischen Nährstoffverhältnissen sind nicht durchgeführt worden. Jedoch ist gerade das ausgeglichene Zusammenwirken der einzelnen Mineralstoffe für den normalen Stoffwechsel der Pflanzen von größter Bedeutung, worauf erst in neuester Zeit wieder von Rauterberg (54) hingewiesen wurde. Auch stand bei vielen dieser Versuche einseitig die „Qualität“ der Produkte im Vordergrund, während der ernährungsphysiologische Wert, der nicht unbedingt mit hoher äußerer Qualität parallel geht, zu wenig Beachtung fand. Und hier sind es vor allem neben den Vitaminen besonders die Eiweißstoffe, die durch geringe Modifikationen sehr stark in ihrem physiologischen Wert verändert werden können. Selbstverständlich sind Gemüse nicht in erster Linie Eiweißnahrungsmittel, jedoch ist gerade das Blatteiweiß ziemlich hochwertig (Osborn

und Mendel, McCollum; zit. bei 55), und nach Schuphan (56, 41) wurden die durch den Anbau von Gemüse gewonnenen Eiweißmengen für die Jahre vor 1939 mit immerhin 1,2 Millionen Doppelzentnern Reineiweiß (ohne Kartoffeln) pro Jahr errechnet. An dieser Menge hatte Kohl, als volkswirtschaftlich wichtigstes Gemüse, natürlich einen wesentlichen Anteil. Nach Becker-Dillingen (57) entfiel beispielsweise 1927 ca. ein Fünftel des gesamten Gemüseverbrauchs auf Weißkohl (einschließlich Sauerkraut), ein weiteres Fünftel auf die übrigen Kohlarten.

II. Versuchsanordnung

1. Die Feldversuche

a) Allgemeines

Zur Durchführung der Feldversuche stand 1947 Gärtnerreiland und 1950 teilweise gärtnerisch bearbeitetes Land zur Verfügung. Für die beiden letztgenannten Böden wurden folgende Bodenanalysen erstellt (alle Werte bezogen auf lufttrockenen Boden):

Analyse B 887, Versuchsgelände Potsdamer Chaussee (Berlin)

0,11% Stickstoff	0,15% Phosphorsäure
0,22% Kali	3,10% Humus
0,54% Kalk	pH-Wert 6,5

Der Boden wird, den allgemeinen Berliner Verhältnissen entsprechend, als sehr mager, wenig humos und nährstoffarm bezeichnet.

Analyse B 1517—1519, Versuchsgelände Garystraße (Berlin)

0,09% Stickstoff	0,04% Phosphorsäure
0,10% Kali	3,60% Humus
0,53% Kalk	pH-Wert 6,5

Auch dieser Boden ist also ausgesprochen nährstoffarm und wenig humos.

b) Die Düngung

Die Düngung der Versuchspflanzen wurde entsprechend den bestehenden Möglichkeiten zunächst in drei Gruppen durchgeführt:

1. doppelt normale Düngung,
2. normale Düngung,
3. ungedüngt.

Dabei ist noch darauf hinzuweisen, daß bei der doppelt normalen Düngung nicht nur der Stickstoffanteil gegenüber der normalen Düngung erhöht ist, sondern daß die übrigen Nährstoffe ebenfalls in entsprechender Weise verstärkt wurden.

Bekanntlich sind Kohlgewächse die anspruchsvollsten unter den Gemüsepflanzen,

da sie zur Bildung ihrer großen Blattmassen gegenüber den meisten anderen Pflanzen verhältnismäßig wenig Zeit haben. Besonders ihr Stickstoffbedarf ist hoch. Deshalb wurde die Düngermenge zu 2., also die normale Düngung, mit den folgenden Nährstoffwerten gewählt: 300 kg N, 500 kg K_2O , 200 kg P_2O_5 und 500 kg CaO je ha, womit sie unbedingt eine reichliche Nährstoffzufuhr sichert. Daraus ergibt sich für:

1. doppelt normale Düngung	2. normale Düngung
600 kg/ha N	300 kg/ha N
1000 kg/ha K_2O	500 kg/ha K_2O
400 kg/ha P_2O_5	200 kg/ha P_2O_5
1000 kg/ha CaO	500 kg/ha CaO

Teil 3 erhielt keinerlei Nährstoffe.

Für die Versuche mit Möhren, Kohlrabi und Zwiebeln wurde aus praktischen Gründen zunächst die gleiche Düngung angewendet wie bei Kohl, obwohl sie im allgemeinen einen niedrigeren Nährstoffbedarf haben.

Der Sommerweizen erhielt dagegen folgende Nährstoffmengen:

1. doppelt normale Düngung	2. normale Düngung
800 kg/ha N	400 kg/ha N
600 kg/ha K_2O	400 kg/ha K_2O
450 kg/ha P_2O_5	300 kg/ha P_2O_5

wobei, ebenso wie beim Kohl, der Stickstoff der doppelt normalen Düngung zur Hälfte als Kopfdüngung gegeben wurde.

Als Dünger kam in erster Linie Ammonnitrat (Leunasalpeter oder Kalkammonsalpeter), Superphosphat, 40er Kalisalz und gebrannter Kalk zur Anwendung. Als Kopfdüngung für 1. (hochgedüngt) wurde Natronsalpeter gegeben. In den Jahren 1948/49 bestanden große Schwierigkeiten in der Beschaffung dieser Dünger, so daß sie zu einem Teil durch andere, möglichst gleichwertige Produkte ersetzt werden mußten.

Die Dünger wurden, mit Ausnahme des Kalles, der schon im Herbst ausgebracht worden war, einige Tage vor dem Auspflanzen gegeben. Jedoch erhielt Teil 1 (doppelt normale Düngung) dabei nur die halbe Stickstoffmenge, also 300 kg N/ha, während die zweite Hälfte Mitte bis Ende Juni als Kopfdüngung in Form eines Gusses gegeben wurde.

c) Die Versuchsparzellen:

Die Versuchsparzellen hatten bei den Versuchen mit Kohl eine Größe von 15 m², bei Möhren, Kohlrabi und Zwiebeln von 10 m² und bei Weizen

von 5 m². Die Zahl der Vergleichsstücke betrug wegen der begrenzten Möglichkeiten zunächst 2, die über die gesamte Fläche verteilt waren. Dazwischen lagen noch Beete, die nicht mit im Versuch waren. Eine geplante Vermehrung der Vergleichsstücke, welche die Fehlermöglichkeiten stärker herabgesetzt hätte als eine Vergrößerung der Teilstücke (60), konnte bis 1950 noch nicht durchgeführt werden. Immerhin wird durch die Wiederholung der Versuche über mehrere Jahre ein guter Durchschnitt erreicht, wobei sich auch die verschiedenen Witterungseinflüsse usw. ausgleichen konnten.

d) Die Versuchspflanzen:

Für die Versuche kamen folgende Pflanzen zur Anwendung:

1947 Weiß-, Rot- und Wirsingkohl,
1948 Weiß-, Rot- und Wirsingkohl,
1949 Weiß-, Rot- und Wirsingkohl, Kohlrabi,
Möhren, Zwiebeln und Weizen,
1950 Weiß- und Wirsingkohl.

Die verwendeten Kohlsorten waren:

Weißkohl: Sorte Dauerweiß,
Wirsingkohl: Sorte Grüner Dauer,
Rotkohl: Sorte Dauerrot.

Nach Becker-Dillingen (57) unterscheiden sich die jeweils unter einer Bezeichnung zusammengefaßten Kohlsorten nur geringfügig und sind alles ausgesprochene Spätsorten. Sie wurden gewählt, um eine möglichst lange Vegetationszeit und damit eine größtmögliche Ausnutzung auch der späten N-Gaben zu erreichen.

Der 1949 angebaute Kohlrabi gehörte zu den Sorten Rogglis Freiland und Blauer Speck, die beide ebenfalls zu den Spätsorten zählen.

Für die Versuche mit Möhren wurde die Sorte Rote Riesen verwendet, für die Zwiebelversuche die Sorte Stuttgarter Riesen, und der Weizen 1949 gehörte zu der Sorte Carstens Sommerweizen.

e) Die Aussaat

Die Anzucht der Kohl- und Kohlrabipflanzen erfolgte im eigenen Betrieb und die Aussaat wurde jeweils zwischen dem 10. und 20. Mai vorgenommen. Die Steckzwiebeln wurden gekauft, und das Stecken erfolgte um den 10. Mai, während die Möhren zwischen dem 1. und 10. Mai, der Sommerweizen Ende April, zur Aussaat kamen. Die weitere Behandlung der Versuchspflanzen erfolgte wie üblich im gärtnerischen Betrieb. Mangelnde Niederschläge wurden durch Gießen bzw. Sprengen ausgeglichen.

f) Die Ernte:

Die Ernte der Versuchsprodukte erfolgte bei Kohl zwischen dem 20. September und dem 10. Oktober, bei Kohlrabi am 18. und 19. Oktober, bei Möhren vom 3. bis 5. Oktober, bei Zwiebeln am 12. und 14. Oktober und beim Weizen am 10. August.

Die Höhe der Erträge aus den einzelnen Versuchspartellen wurde nicht bestimmt, da derartige Untersuchungen schon vielfach durchgeführt worden sind und die Überlegenheit der starken N-Düngung in dieser Hinsicht deutlich sichtbar war.

2. Entnahme und Vorbereitung der Proben

Von jeder Düngungspartelle wurden zwei bis vier Proben entnommen, die sich, je nach Gewicht, jeweils aus ein bis sechs Köpfen ohne Umblätter zusammensetzten (61). Die Köpfe wurden nach Entfernung des Strunks zerteilt und mit dem Messer in feine Streifen, ähnlich wie bei der Sauerkrautbereitung üblich, geschnitten. Unmittelbar darauf erfolgte die Trocknung in einem „Dörex“-Gemüsetrockner auf sechs Fächern von je 0,97 qm. Bei Möhren, Zwiebeln und Kohlrabi wurden jeweils 4 bis 6 kg, verteilt über die ganze Partelle, entnommen, die Zwiebeln geschält und alle so weit als möglich mit dem Messer zerkleinert. Hieran schloß sich bei diesen Gemüsen und beim Kohl 1950 vor dem Trocknen noch ein kurzes Blanchieren zur Inaktivierung der Fermente. Dazu wurden die einzelnen Proben für 3 min in siedendes Wasser gebracht, in welchem vorher schon eine gewisse Menge des entsprechenden Gemüses ausgekocht worden war, um so ein stärkeres Auslaugen zu verhindern (62, 63). Differenzen zwischen blanchierten und unblanchierten Proben, sowie in der Fermentaktivität wurden analytisch untersucht, wobei die Substanzverluste geringfügig, die Fermentaktivität, gemessen an der Peroxydasewirksamkeit (62), praktisch aufgehoben war.

Verschiedene Autoren, u. a. Schuphan (40), sprechen sich bei der Untersuchung von pflanzlichen Produkten gegen eine Trocknung der Proben aus und untersuchen nur frisches Material. Ihre Einwände, Veränderung der Inhaltsstoffe durch Wärmeeinwirkung oder Fermentaktivität usw., sind unbedingt von Bedeutung, wenn es sich um die Feststellung absoluter Werte bei den einzelnen Gemüse- oder Obstsorten handelt. Für die hier durchgeführten Versuche kommen jedoch zunächst in erster Linie Vergleichswerte zwischen den verschiedenen Düngungsreihen in Betracht, also relative Werte, wobei das Verhalten der Stickstoff-Fractionen im Vordergrund steht. Eine Trocknung der Proben war aber hier notwendig, da eingehende Analysen nur an getrocknetem Material möglich sind, das auch einen

evtl. Rückgriff zum nochmaligen Vergleich bzw. zur Bestimmung weiterer Daten gestattet. Chibnall und Mitarbeiter (64) haben bei ihren umfangreichen Untersuchungen über den N-Stoffwechsel grüner Blätter etc. festgestellt, daß eine Trocknung des Versuchsmaterials bei 80° C noch keine tiefergreifenden Veränderungen der N-Fractionen verursacht. In neuester Zeit berichten allerdings Vickery und Mitarbeiter (65) von merkbaren Glutaminverlusten, wenn Rüben für die Analyse bei 80° C getrocknet werden. Aus diesem Grund verwendeten wir Temperaturen von 60° C bei guter Luftbewegung, wobei auch jegliche farbliche Veränderung der Proben vermieden wurde. Die Trocknung des kleingeschnittenen Materials erforderte unter diesen Bedingungen etwa 8 bis 9 Stunden. Anschließend wurden die getrockneten Proben in einer Kugelmühle pulverisiert und blieben dann ungefähr 24 Stunden an der Luft stehen. Auf diese Weise wurde ein ausgeglichener Feuchtigkeitsgrad von 10 bis 13% Wasser erhalten, der später bei den Einwägen etc. besondere Vorsichtsmaßnahmen unnötig machte und sich bei Lagerung der Proben auch über viele Monate hin praktisch konstant hielt. Ein stärkerer Bakterien- oder Pilzbefall trat bei diesem Wassergehalt nicht ein.

3. Analytische Methoden

Die Auswahl der analytischen Methoden erfolgte auf Grund der in der neueren Literatur berichteten Erfahrungen auf diesem Gebiet (64, 66 bis 70).

Wasser:

Da die untersuchten Gemüsearten sehr wasserreiche und ungleichmäßig zusammengesetzte Substanzen sind, die sich auch nur schlecht in einen ausreichend feinen Zerteilungszustand bringen lassen, war die übliche Bestimmungsmethode für Wasser mit kleiner Einwage und direkter Trocknung bei 105° C nicht unmittelbar anzuwenden, sondern es mußte zuerst eine mehrstündige Vortrocknung bei 50 bis 60° C mit einer Einwage von ca. 100 g stattfinden. Danach wurde das Material zurückgewogen, zerkleinert und eine Menge von rund 10 g zur endgültigen Trocknung bei 105° eingewogen. Die Berechnung des Wassergehaltes erfolgte nach einer gegebenen Formel (71, 72).

Gesamt-N:

Die Bestimmung des Gesamtstickstoffs erfolgte in den lufttrockenen Proben durch Verbrennung mit Schwefelsäure nach Kjeldahl und nachfolgender Destillation des gebildeten Ammoniaks in der Apparatur von Wagner und Parnass (73). Als Katalysator wurde das Selenreaktionsgemisch nach Wieninger (Merck) verwendet. Die anfänglich versuchte Reduzierung eventuell anwesender Nitrate, deren Gegenwart in größeren

Mengen zu ungenauen Stickstoffwerten führen kann, da sie zum Teil miterfaßt werden, sich aber teilweise auch der Kjeldahlbestimmung entziehen (74), wurde später aufgegeben, da die verwendeten Methoden (75 bis 78) unter den gegebenen Bedingungen zu unbefriedigenden Ergebnissen führten und die geringe Höhe des Nitratgehalts der untersuchten Pflanzen eine ernste Störung ausschloß. Die Einwägen lagen allgemein um 0,5 g, das Destillat wurde in n/20-Schwefelsäure aufgefangen und mit n/20-Natronlauge unter Verwendung des Tashiro-Indikators (73) zurücktitriert.

Reineiweiß-N:

Bei der Bestimmung des Reineiweiß-N in pflanzlichem Material muß immer im Auge behalten werden, daß es sich bei dem sog. Reineiweiß um keine einheitliche oder wohldefinierte Verbindung handelt, sondern daß hier Eiweißkörper verschiedenster Zusammensetzung und Molekülgröße mehr oder weniger willkürlich abgetrennt werden, wodurch äußeren Einflüssen und damit den einzelnen Bestimmungsmethoden natürlich eine entscheidende Rolle bei der Menge und Art der Fällung zukommt (79, 80). Die bis vor einigen Jahren gebräuchlichste Methode, die Fällung mit Kupfersulfat-Natronlauge nach Barnstein, ist inzwischen als unzuverlässig erkannt worden, da der voluminöse Niederschlag leicht niedrigmolekulare Verbindungen einschließt und mitreißt und dadurch, wie alle Arbeitsweisen, bei denen schon ohne Eiweiß ein Niederschlag entsteht (in diesem Fall $\text{Cu}[\text{OH}]_2$), zu hohe Werte gibt (81, 82). Als wesentlich günstiger erwiesen sich Verfahren, bei denen die Eiweiß-Stoffe durch Koagulation gefällt werden. Am besten eignen sich dafür Trichloressigsäure oder Tannin (74), wenn auch noch verschiedene andere Substanzen in Vorschlag gebracht worden sind (67, 83). Hier wurde die Fällung mit Trichloressigsäure durchgeführt, da diese bei evtl. weiteren Untersuchungen des Filtrats zu keinen größeren Störungen Anlaß gibt und nach einer Vorschrift von Alten, Rautenberg und Knippenberg gearbeitet (82). Danach werden ca. 5 g der trockenen Pflanzensubstanz eingewogen, mit 60 ml Wasser 1 Stunde auf dem siedenden Wasserbad erhitzt und nach dem Abkühlen mit 25 ml einer 10%igen Trichloressigsäure gefällt. Darauf wird mit Wasser auf etwa 100 ml aufgefüllt, umgeschüttelt und über Nacht stehen gelassen. Die Filtration erfolgt am nächsten Morgen, worauf der mit 1- bis 2%iger Trichloressigsäure kurz ausgewaschene Niederschlag zur N-Bestimmung nach Kjeldahl verbrannt wird. Das trichloressigsäure Filtrat wurde im Meßkolben auf 200 ml aufgefüllt und ein aliquoter Teil zur Bestimmung des Amino-N verwendet.

Amino-N:

Der Amino-N wurde bei den vorliegenden Versuchen mittels der Formoltitration nach Sörensen bestimmt (84). Diese schon 1908 einge-

fürhte Methode leistet trotz mancher Nachteile gute Dienste bei Reihenuntersuchungen und gibt zuverlässige Vergleichswerte, während sonst im allgemeinen die NH_2 -Bestimmungsmethode nach Van Slyke (84), besonders auch bei stark gefärbten Extrakten, vorgezogen wird (74, 85). Hier wurden von dem auf 200 ml aufgefüllten trichloressigsäuren Extrakt (vgl. oben) 10 bis 20 ml in einen Erlenmeyerkolben abpipettiert, mit n/2 Natronlauge gegen Neutralrot neutralisiert und nach Zusatz der gleichen Menge gegen Phenolphthalein neutralisierter 30%iger Formaldehydlösung mit n/4 Lauge bis zur kräftigen Rotfärbung des Phenolphthaleins titriert. 1 ml verbrauchter n/4 Lauge entspricht dabei 3,5 mg Amino-N, von dem allerdings noch der in einer gesonderten Probe bestimmte Ammoniak-N abzuziehen ist.

Ammoniak-N:

Der Ammoniakstickstoff wurde in ca. 5 g der Proben durch Destillation der wäßrigen Suspension mit Magnesiumoxyd bestimmt. Die Vorlage enthielt n/20 Schwefelsäure und wurde mit n/20 Natronlauge unter Verwendung von Methylorange zurücktitriert. Der Tashiro-Indikator, der einen sehr gut erkennbaren Umschlag besitzt, konnte hier nicht benutzt werden, da das in ihm enthaltene Methylenblau durch mit überdestillierende Verbindungen reduziert wurde. — Versuche mit einer Destillation im Vakuum ergaben keine Unterschiede gegenüber der normalen Destillation, so daß letztere wegen ihrer bequemeren Handhabung bei den stark schäumenden Substanzen vorgezogen wurde. — Auf Anwendung der colorimetrischen Mikromethode von Alten und Haupt (86) konnte bei den vorliegenden Versuchen verzichtet werden, da in der lufttrockenen Substanz der Ammoniakgehalt bei 5 g Einwage immerhin zwischen 2 und 20 mg betrug.

Amid-N:

Die Bestimmung des Amidstickstoffes erfolgte nach zweistündiger Verseifung mit 4%iger Schwefelsäure durch Destillation mit Magnesiumoxyd nach einer Vorschrift von Zander (87). Diese Methode ergab die einheitlichsten Werte und wird auch von Chibnall (64) mit geringfügigen Abänderungen verwendet, und als sicherste Bestimmungsmethode bezeichnet. Von dem erhaltenen Wert ist dann noch der vorher bestimmte Ammoniak-N, der hier ebenfalls miterfaßt wird, abzusetzen. Die Höhe der Einwage lag wie bei der Ammoniak-Bestimmung um 5 g und es wurden n/20 Normallösungen verwendet.

Sowohl für den Ammoniak-, als auch für den Amid-N erfolgte die Bestimmung bei den vorliegenden Versuchen in der Originalsubstanz, im Gegensatz zu verschiedenen anderen Autoren, die diese Fraktionen im trichloressigsäuren Extrakt als Bestandteile des Nicht-eiweiß-Stickstoffs bestimmen. Hier wurde aber

von der Erwägung ausgegangen, daß sich einerseits Fehler in der Bestimmung einer Fraktion dabei auf andere Fraktionen ausdehnen können, und daß vor allem andererseits besonders der Amid-N auch im Reineiweiß vorliegen kann und somit nicht voll erfaßt würde, was zu einem falschen Bild bei evtl. Änderungen in dieser Fraktion führen könnte. Die löslichen Amide, Peptide und der Ammoniak-N wurden später nochmals gesondert bestimmt.

Nitrat-N:

Zur Bestimmung des Nitrat-Stickstoffs kam nur die Xylenol-Methode von Alten und Mitarbeitern in Frage (88), und es wurde nach der Vorschrift von Rauterberg und Benischke (89) gearbeitet. Dabei erfolgte die Bestimmung ebenfalls in der Originalsubstanz.

Peptid-N:

Bei dem hier bestimmten Peptid-N handelt es sich um den Stickstoff kurzkettiger, in Trichloressigsäure löslicher Peptide, die im Filtrat der Reineiweißfällung erfaßt werden. Dazu wurde dieser Extrakt einer mehrstündigen Hydrolyse mit 20% Schwefelsäure unterworfen. Anschließend konnte durch Bestimmung der Zunahme an formoltitrierbarem Stickstoff der Peptid-N Gehalt festgestellt werden. Der gesondert bestimmte Amid-N ist dabei jedoch zu berücksichtigen, da bei der Hydrolyse natürlich die $-\text{CO.NH}_2$ -Gruppe ebenfalls aufgespalten wird.

Tryptophan-N:

Der Tryptophangehalt der Versuchsproben 1947 und 1948 wurde mittels der Xanthoproteinreaktion nach der Vorschrift von Roth (90) bestimmt, die auch Rauterberg und Benischke bei ihren Untersuchungen verwendeten (91). Dazu wird die lufttrockene Pflanzensubstanz mit Salpetersäure nitriert, die entstehende Gelbfärbung im Colorimeter gemessen und mit einer Eichkurve verglichen. Die erhaltenen Werte geben das Gesamt-Tryptophan an. Bei gesonderter Anwendung der Methode auf das mit Trichloressigsäure gefällte Reineiweiß und sein Filtrat kommt man zum gebundenen bzw. freien Tryptophan.

In neuerer Zeit treten Lugg und Mitarbeiter (92) allerdings gegen jede direkte Bestimmung von Aminosäuren im Proteinverband ein, da sie bei der Notwendigkeit, für die Eichkurven reine Aminosäuren oder bestenfalls sogenannte „Standardproteine“ zu verwenden, keine zuverlässigen Absolutwerte geben können. Für unsere Vergleichsbestimmungen erschien diese Methode jedoch von ausreichender Genauigkeit und war unter den verschiedenen Schwierigkeiten der damaligen Jahre relativ einfach auszuführen.

Asche:

Die Bestimmung des Aschegehaltes der Proben erfolgte in der üblichen Weise durch Verbrennung von ca. 5 g der lufttrockenen Pflanzensubstanz im Porzellantiegel (93). Es wurde dabei nur die Rohasche ermittelt.

Rohfaser:

Der Begriff der Rohfaser in pflanzlichen Substanzen umfaßt, ähnlich wie der des Reineiweiß, eine ganze Gruppe von Substanzen von teilweise recht unterschiedlicher Zusammensetzung. Je nach der verwendeten Bestimmungsmethode werden also auch die erhaltenen Werte schwanken (67, 94). Hier wurde nach der sog. Weender-Methode gearbeitet, und mittels Kochen mit 1,25%iger Schwefelsäure und anschließend mit 1,25%iger Kalilauge der Rohfasergehalt, bzw. nach Veraschung die aschefreie Rohfaser ermittelt. Die erhaltenen Werte waren für unsere Vergleichsbestimmungen ausreichend.

Alle die hier angeführten Bestimmungsmethoden wurden zunächst an bekannten Substanzen durchgeführt und zeigten sowohl dabei, als auch später bei den Analysen in Doppelbestimmungen gute Übereinstimmung.

III. Ergebnisse

In Tabelle 1 finden sich die ermittelten Werte für die einzelnen Stickstoff-Fractionen (Mittelwerte aus vier bis fünf Proben von zwei Düngungspartellen), zunächst als Prozent in der Trockensubstanz, dann als Prozent des Gesamt-Stickstoffes. Letztere Aufstellung ist die interessantere, da sie bessere Vergleichsmöglichkeiten zwischen den einzelnen

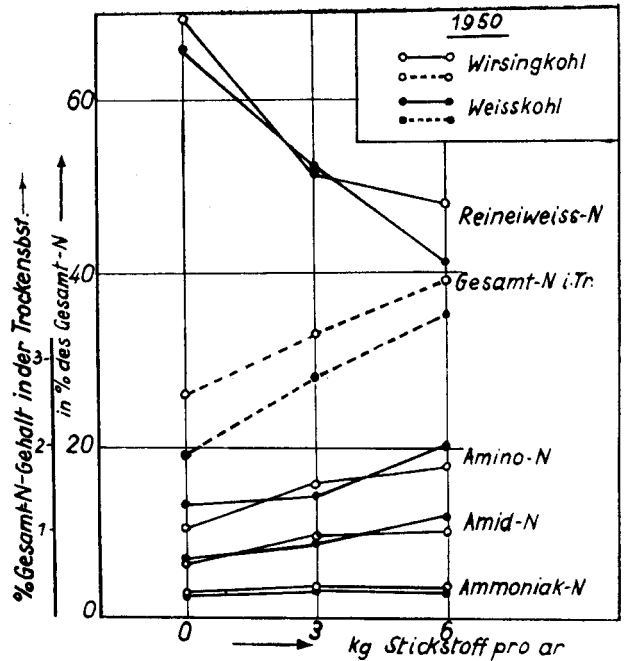


Abb. 1
Die N-Fractionen von Kohl bei steigender Stickstoffdüngung.

Düngungsreihen bietet. Aus ihr geht hervor, daß allgemein bei steigenden Stickstoffgaben der relative Anteil an löslichen Stickstoffverbindungen, wie Amino-N, Amid-N und Ammoniak-N, steigt, während der Reineiweißanteil abnimmt. Der Gesamt-Stickstoffgehalt in den Proben steigt ebenfalls an (vgl. Abb. 1).

Die einzelnen Jahre unterscheiden sich dabei etwas in der Höhe ihrer Werte, jedoch ist die Grundtendenz praktisch immer wieder die

Tabelle 1
Düngungsversuch mit Kohl (Mittelwerte) 1950

Düngung	Kohlart	Wasser-gehalt %	N-Fractionen in Trockensubstanz						N-Fractionen als % des Ges.-N					Ges.
			Ges.-N %	Ni-trat-N %	Rein-eiweiß %	Ami-no-N %	Amid-N %	NH ₃ -N %	Ni-trat-N %	Rein-eiweiß %	Ami-no-N %	Amid-N %	NH ₃ -N %	
hoch	Weißkohl	93,4	3,52	—	1,45	0,70	0,42	0,11	—	41,20	19,89	12,0	3,12	76,2
mittel	"	92,7	2,84	—	1,48	0,41	0,25	0,10	—	52,12	14,44	8,80	3,52	78,9
unged.	"	91,4	1,93	—	1,27	0,25	0,13	0,05	—	65,80	12,95	6,73	2,60	88,1
hoch	Wirsingkohl	91,5	3,92	—	1,88	0,70	0,40	0,14	—	47,97	17,86	10,20	3,57	79,6
mittel	"	91,0	3,31	—	1,70	0,52	0,31	0,12	—	51,36	15,71	9,37	3,62	80,1
unged.	"	89,8	2,57	—	1,78	0,27	0,17	0,07	—	69,26	10,51	6,61	2,72	89,1
hoch	Innenbl.	91,4	4,17	—	1,35	1,07	0,46	0,21	—	32,39	25,66	11,04	5,04	74,1
hoch	Außenbl. (Wirsingk.)	87,3	3,37	—	2,20	0,47	0,18	0,07	—	65,29	13,94	5,34	2,08	86,6

Tabelle 2
Mittelwerte (1949) der N-Fractionen bei steigenden Stickstoffgaben

Düngung	N-Fractionen i. Trockensubstanz					N-Fractionen als % des Gesamt-N					
	Ges.-N %	Rein- eiweiß %	Amino- N %	Amid- N %	NH ₃ -N %	Rein- eiweiß %	Amino- N %	Amid- N %	NH ₃ -N %	zus. %	Wasser- gehalt %
Speisezwiebeln											
hoch	1,87	0,61	0,59	0,15	0,06	32,6	31,5	8,0	3,2	75,3	87,0
mittel	2,05	0,70	0,59	0,21	0,07	34,1	28,8	10,2	3,4	76,5	86,9
unged.	2,32	0,88	0,74	0,24	0,07	37,9	31,9	10,3	3,0	83,1	85,6
Möhren											
hoch	1,55	0,71	0,46	0,20	0,05	45,8	29,7	12,9	3,2	91,6	87,6
mittel	1,40	0,62	0,41	0,16	0,04	44,3	29,3	11,4	2,9	87,9	85,7
unged.	1,10	0,45	0,42	0,13	0,03	40,9	38,2	11,8	2,7	93,6	85,8
Kohlrabi											
hoch	3,03	0,85	1,00	0,26	0,07	28,0	33,0	8,6	2,3	71,9	90,0
mittel	2,63	1,06	0,57	0,18	0,06	40,3	21,7	6,8	2,3	71,1	89,3
unged.	1,57	0,87	0,42	0,13	0,03	54,1	26,7	8,3	1,9	91,0	88,7
Weizen											
hoch	4,09	3,61	0,21	0,62	0,004	88,3	5,1	15,2	0,1	108,7	8,6
mittel	4,56	3,31	0,21	0,53	0,015	82,7	5,2	13,2	0,1	101,2	8,2
unged.	3,90	3,16	0,19	0,57	0,006	81,0	4,9	14,6	0,1	100,6	9,4

gleiche. Besonders gut erkennbar tritt dieses Verhalten der N-Fractionen bei den Versuchen des Jahres 1950 in Erscheinung.¹⁾

Tabelle 2 gibt die Werte der N-Fractionen bei steigenden Stickstoffgaben für Möhren, Kohlrabi, Zwiebeln und Weizen an. Während Möhren und Kohlrabi mit zunehmenden N-Gaben beide eine Erhöhung des Gesamtstickstoffes und des absoluten Gehaltes der anderen N-Fractionen zeigen, unterscheidet sich das Verhalten dieser Fractionen bei der Berechnung als Prozent des Gesamt-Stickstoffes. Beim Kohlrabi nimmt, ähnlich wie bei den drei Kopfkohlarten, der relative Reineiweißgehalt bei der hohen Düngung ab, während sich der Amino-N erhöht. Bei Möhren dagegen nimmt der relative Reineiweißgehalt zu, während der Amino-Stickstoff entsprechend sinkt. In der Düngungsreihe mit Speisezwiebeln ist bei steigender Stickstoffdüngung eine Abnahme in allen N-

Fractionen sowohl bei den absoluten, als auch bei den relativen Werten zu beobachten. Dabei scheinen Reineiweiß- und Amid-N am stärksten betroffen. Der Wassergehalt der Zwiebeln nimmt etwas zu.

Beim Weizen, der als Vergleich mit in den Versuch genommen wurde, erhöhte sich so-

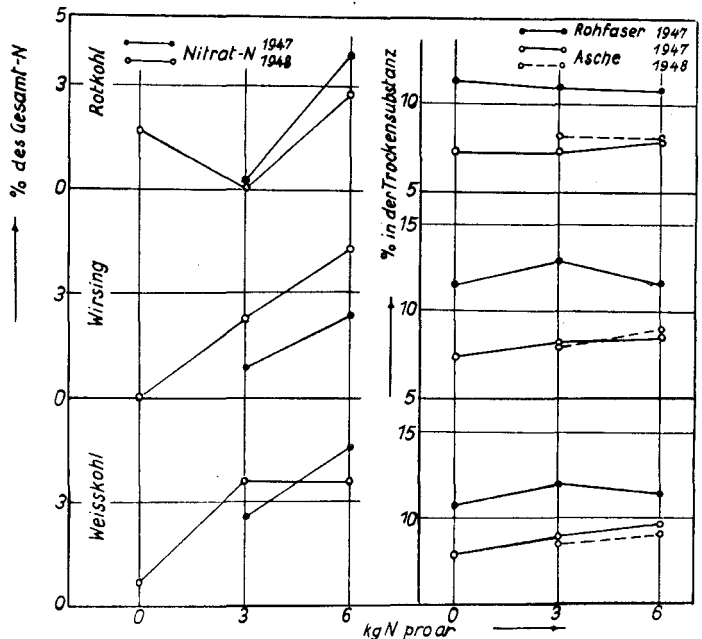


Abb. 2
Nitrat-N, Asche und Rohfasergehalt bei steigenden N-Gaben.

¹⁾ Aus drucktechnischen Gründen kann daher auf die Wiedergabe von Einzelergebnissen aus den Jahren 1947 bis 1949 verzichtet werden.

Tabelle 3
Die N-Fractionen von Innen- und Außenblättern

Kohlart	Düngung	N-Fractionen in der Trockensubstanz					N-Fractionen als % des Gesamt-N				
		Ges.-N %	Rein- eiweiß-N %	Ami- no-N %	Amid- N %	NH ₃ -N %	Rein- eiweiß-N %	Ami- no-N %	Amid- N %	NH ₃ -N %	zus. %
1948 Weißkohl	hoch										
	Innenbl.	2,83	1,19	1,01	0,35	0,16	42,0	35,7	12,4	5,6	95,7
	Außenbl.	3,05	1,83	0,84	0,17	0,10	60,0	27,6	5,6	3,3	96,5
1949 Wirsingkohl	mittel										
	Innenbl.	3,59	1,08	1,14	0,45	0,15	30,1	31,8	12,5	4,2	78,6
	Außenbl.	3,27	1,64	0,63	0,19	0,06	50,1	19,3	5,8	1,8	77,0
1950 Wirsingkohl	hoch										
	Innenbl.	4,17	1,35	1,07	0,46	0,21	32,4	25,7	11,0	5,0	74,1
	Außenbl.	3,37	2,20	0,47	0,18	0,07	65,3	13,9	5,3	2,1	86,6

wohl der Gesamtstickstoff als auch der Reineiweißstickstoff bei starker N-Düngung merklich, während die anderen N-Fractionen nur in geringem Maße zunehmen. Der Wassergehalt ändert sich praktisch nicht.

Neben den bisher angeführten Stickstoff-Fractionen wurden für die Versuche mit Kohl 1947 und 1948 noch Nitrat-N, Tryptophan-N sowie Asche- und Rohfasergehalt bestimmt (Abb. 2). Dabei zeigte sich, daß der Nitrat-N mit zunehmender Stickstoff-Düngung ansteigt, wenn auch die absoluten Werte verhältnismäßig niedrig bleiben. Ebenso erhöhten sich die Aschewerte geringfügig, während der Gehalt an aschefreier Rohfaser allgemein zunächst etwas ansteigt, um bei der höchsten N-Gabe wieder zu sinken.

Um einen weiteren Einblick in die Verteilung der Stickstoff-Fractionen zu erhalten, wurden in den Kohlversuchen 1948 bis 1950 verschiedene Proben noch eingehender untersucht.

Zunächst erschien es interessant festzustellen, ob sich die Zusammensetzung der N-Fractionen in den Innenblättern und den Außenblättern (Umblättern) des Kohls unterscheidet. Dazu wurden hoch- oder mittelgedüngte Köpfe mit Umblättern geerntet und diese von dem eigentlichen Kopf getrennt, wobei einige der halblosen Blätter, die sich nicht eindeutig zuordnen ließen, verworfen wurden. Im übrigen erfolgte die Vorbereitung der Proben wie oben angegeben. Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, ist ein ganz deutlicher Unterschied in der mengenmäßigen Zusammensetzung der verschiedenen N-Fractionen zwischen den Innenblättern und den Außen-

blättern vorhanden. Weiß- und Wirsingkohl sowohl hoher als auch mittlerer Düngung, verhielten sich dabei praktisch gleich. Die Innenblätter dieser Proben haben, mit Ausnahme des Weißkohls 1948, stets den höheren Gesamt-N-Gehalt, sowie die größere Menge an löslichen N-Fractionen, während die Außenblätter weniger Gesamtstickstoff, dafür aber mehr Reineiweiß-Stickstoff aufweisen. Bei den relativen Werten kommen diese Unterschiede besonders gut zur Geltung.

Auch für Asche und Rohfaser zeigen die Innen- bzw. Außenblätter verschiedene Werte. Dabei liegen, wie zu erwarten, sowohl der Rohfaser- als besonders auch der Aschegehalt der Außenblätter über den Werten der Innenblätter (vgl. Tab. 4).

Weiterhin wurde untersucht, inwieweit der bei der doppeltnormalen Düngung stark erhöhte Amidstickstoff in der Reineiweißfraktion festgelegt ist, bzw. in welchem Umfang er in der Fraktion der niedrigmolekularen Verbindung auftritt. Der größte Teil des Amid-N liegt in löslicher Form vor (vgl. Abb.

Tabelle 4
Der Asche- und Rohfasergehalt von Innen- und Außenblättern

Kohlart	Düngung	Asche i. Tr.	Rohfaser i. Tr.*) %
Wirsingkohl	1950		
	hoch		
	Innenblätter	8,1	9,9
	Außenblätter	14,0	10,7
	Innenblätter	8,2	9,1
	Außenblätter	15,6	11,0

*) aschefrei.

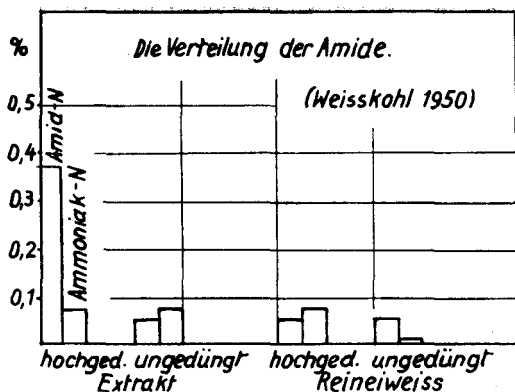


Abb. 3

3). Die Summe des Amidstickstoffs aus Reineiweiß und Extrakt übersteigt dabei etwas die in der Originalsubstanz ermittelte Amidmenge. Dies dürfte auf die verhältnismäßig starke Einwirkung der sauren Verseifung auf die schon gelösten N-Verbindungen im Extrakt zurückzuführen sein, die möglicherweise zu einer geringen Ammoniakabspaltung aus anderen Verbindungen führt.

Im Gegensatz zu den hochgedüngten Proben zeigt der ungedüngte Weißkohl einen sehr geringen Amidgehalt in der löslichen Fraktion, während die Höhe des Amid-N im Reineiweiß ungefähr den Werten bei hochgedüngtem Kohl entspricht. Es kann also mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, daß die Zunahme an Amidn bei hoher N-Düngung praktisch ausschließlich die Fraktion der niedermolekularen N-Verbindungen betrifft.

Als letztes erfolgte noch eine Bestimmung des Gehaltes an löslichen Peptiden, sowohl in Abhängigkeit von der Düngung, als auch in Innen- und Außenblättern.

Aus den Werten in Abb. 4 ist zu entnehmen, daß die hochgedüngten Kohlproben ungefähr vier- bzw. sechsmal soviel Peptid-Stickstoff enthalten wie die ungedüngten Proben.

IV. Besprechung der Ergebnisse

Nach den Ergebnissen scheint es sich einmal um Pflanzen zu handeln, die bei hohem N-Angebot mehr Reineiweiß bei gleichbleibender oder

gering fallender Aminosäure- und Amid-synthese aufbauen; zum anderen um Pflanzen, die relativ weniger Reineiweiß und dafür mehr lösliche N-Fractionen synthetisieren. Zu den ersteren gehören Mohrrüben und Weizen (Körner), zu den letzteren vorwiegend die Kohlarten. Die Zwiebel nimmt eine Mittelstellung ein (vgl. Tab. 2).

Zu den Analysenzahlen der einzelnen Tabellen ist zu bemerken, daß sich der Wasser-, Asche- und Nitratgehalt bei hochgedüngtem Gemüse gering erhöht, die Rohfaser bleibt unverändert. Diese Untersuchungen wurden bei den Versuchen 1949 und 1950 weggelassen, da offensichtlich keine entscheidenden Änderungen in den Ergebnissen der verschiedenen Jahre eintreten.

Bei Tabelle 2 sind in der vorletzten Spalte die einzelnen N-Fractionen zusammengezählt; diese Zahl müßte theoretisch 100 sein. Praktisch ist es jedoch nicht möglich, da bei der Bestimmung des Gesamt-N nach Kjeldahl auch der N, der nicht in der NH_2 -Gruppe in α -Stellung steht und bei der Formoltitration erfaßt, oder als $CONH_2$ -Gruppe bestimmt, freigemacht wird. Er stammt aus dem Rest Imidazol-Ring (Histidin), Indol-Ring (Tryptophan) oder der NH_2 -Gruppe in ϵ -Stellung beim Lysin. Außerdem enthalten Kohl und Zwiebeln wechselnde Mengen N-haltiger Senfölglykoside, die üblicherweise als Allylsenföle bekannt sind und die ebenfalls in der Gesamt-N-Bestimmung nach Kjeldahl mit erfaßt werden. Die teilweise geringere Endsumme bei hochgedüngten Pflanzen läßt sich auf

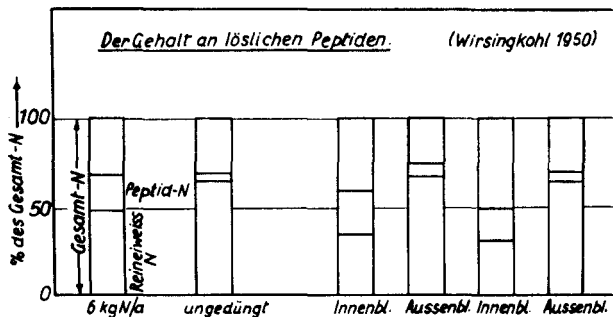


Abb. 4

den erhöhten Peptidgehalt dieser Proben zurückführen (Abb. 4).

Lagerungs- sowie Säuerungsversuche sind mit den einzelnen Kohlarten nicht gemacht worden. Es ist aber anzunehmen, daß die hochgedüngten Kohlproben in ihrer Lagerfähigkeit beschränkt, bzw. Weißkohl für Sauerkrautherstellung wenig geeignet erscheint, da ein hoher Gehalt an löslichem N als guter Boden für Fäulnisbakterien gilt. Das ist um so mehr anzunehmen, als sich die löslichen Peptide ja vorwiegend in den Innenblättern befinden, während die Außenblätter, die eiweißreich und peptidarm sind, bei der Ernte entfernt werden.

Aus den bisherigen Versuchen war bekannt, daß eine erhöhte N-Düngung zu einem erhöhten Gesamt-N in der Pflanze führt, und zwar sollten bei einer einseitigen Erhöhung des N hauptsächlich die Vorstufen des Eiweiß (95), also Aminosäuren und kurzkettinge Peptide, gebildet werden. Die Autoren erklären, ebenso wie Wierbicki (96), daß bei hoher einseitiger N-Düngung die proteolytischen Fermente bei verschiedenen Gemüsen zunehmen, und daß eine gleichzeitige stärkere Kalidüngung diese abbauenden Fermente zurückdränge. Richards und Templemann (97) fanden, daß das gegenseitige Verhältnis von Amid-N zu Aminosäuren-N sich bei P-Mangel der Pflanzen erhöht, und daß überhaupt sich in P-Mangelpflanzen die wasserlöslichen

Substanzen im allgemeinen anhäufen. Diese Wirkung könnte mit zu einer Erniedrigung der Proteinsynthese beitragen.

In der vorliegenden Arbeit wurde nun die Frage gestellt, wie sich eine (sehr) hohe N-Gabe neben einer (sehr) hohen K- und P-Gabe auswirkt. Die doppelt so hohen Düngermengen, wie sie schon in intensiven Gartenbaubetrieben gegeben werden, sollten darüber Auskunft geben. Die vielleicht erwartete Wachstumsdepression infolge hoher Ionenkonzentration im Boden trat nicht ein; im Gegenteil, die Pflanzen waren frohwüchsig und sahen gesund aus.

Über die chemische Zusammensetzung der N-Fractionen für Kohl gibt Tabelle 2 Auskunft. Innerhalb der Gruppe Weiß-, Wirsing- und Rotkohl fällt ersterer wegen seiner guten Aufnahmefähigkeit für N (Ges.-N) auf. Von den beiden Teilen der Tabelle (N-Fractionen in der Trockensubstanz und N-Fractionen als % des Gesamt-N) ist letzterer für eine Übersicht besser geeignet, weil er die Unterschiede zwischen den Einzelfractionen deutlicher werden läßt; allerdings liegt in den analytischen Zahlen in den Spalten „Amino-N“ und „Amid-N“ eine gedankliche Ungenauigkeit. Die Formoltitration erfaßt bei der Bestim-

Tabelle 5
N-Fractionen als % des Gesamt-N mit umgerechnetem Amid-N

Düngung	Kohlart	Nitrat-N %	Rein- eiweiß %	Amino-N %	Amid-N %	NH ₃ -N %	zusammen
1 9 4 7							
hoch	Weißkohl	3,59	30,94	21,9	24,2	4,97	85,6
mittel	Weißkohl	3,59	36,84	26,3	15,8	5,92	87,5
ungedüngt	Weißkohl	0,69	48,28	23,2	6,8	2,46	81,5
hoch	Wirsingkohl	4,31	38,77	24,0	16,6	4,30	86,0
mittel	Wirsingkohl	2,32	49,06	21,3	9,8	3,74	86,2
ungedüngt	Wirsingkohl	0,05	53,43	25,6	7,2	3,65	90,0
hoch	Rotkohl	2,85	36,07	33,2	12,2	4,64	88,9
mittel	Rotkohl	0,09	50,0	25,5	7,2	2,27	85,1
hoch	Innenblätter	3,60	42,05	23,3	24,8	5,65	99,4
hoch	Außenblätter (Weißkohl)	10,30	60,00	22,0	11,2	3,28	106,7
1 9 5 0							
hoch	Weißkohl	—,—	41,20	7,9	24,0	3,12	76,2
mittel	Weißkohl	—,—	52,12	5,6	17,6	3,52	78,9
ungedüngt	Weißkohl	—,—	65,80	6,2	13,4	2,60	88,1
hoch	Wirsingkohl	—,—	47,97	7,7	20,4	3,57	79,6
mittel	Wirsingkohl	—,—	51,36	6,3	18,8	3,62	80,1
ungedüngt	Wirsingkohl	—,—	69,26	3,9	13,2	2,72	89,1
hoch	Innenblätter	—,—	32,39	14,7	22,0	5,04	74,1
hoch	Außenblätter (Wirsingkohl)	—,—	65,29	8,6	10,6	2,08	86,6

mung der Aminosäuren sämtliche NH_2 -Gruppen in α -Stellung auch die der Amide. Folglich muß der Teil des Amino-N, der zu den freien Amid-N gehört, von dem Amino-N der freien Aminosäuren abgezogen und zu den Amid-N, die ja zwei NH_2 -Gruppen tragen, zugezählt werden. Daß die Amide vorwiegend in freier Form vorliegen, zeigt Abb. 3. Das annähernd wirkliche Verhältnis zwischen Aminosäuren und Amid-N gibt Tabelle 5 wieder, bei der der Amid-N als Asparagin-N berechnet ist. Diese Tabelle zeigt den richtigen Unterschied bei der verschiedenen Höhe der Düngung und auch den Unterschied zwischen den einzelnen Kohlarten.

Weißkohl nimmt nach Tabelle 2 den meisten N auf. Er hat aber von allen drei Kohlarten den niedrigsten Reineiweiß-N, dafür aber den höchsten Asparagin-N. Die übrigen Vorstufen des Eiweißes, Amino-N und Ammoniak-N halten sich in dem Rahmen von Wirsing und Rotkohl. Beachtenswert ist das Verhältnis von Reineiweiß-N zu Amid-N. Letzterer beträgt durchweg weit über 50% des Reineiweiß-N; im Durchschnitt etwa 70%. Auch bei Wirsing und Rotkohl ist der Amid-N mit über 40% im Verhältnis zum Reineiweiß-N als sehr hoch anzusprechen.

Während dieser auffallend hohe Amidgehalt bei hochgedüngtem Kohl pflanzenphysiologisch leichter gedeutet werden kann, ist die ernährungsphysiologisch bedingte Seite dieses Problems nicht so leicht zu lösen.

Bei Pflanzen versucht L u g g (70) die Rolle der Amide zu klären. Nach dem Genannten sind sie Durchgangs- bzw. Reservestoffe für die Eiweißbildung. Glutamin spielt dabei eine etwas andere Rolle als Asparagin. Glutamin ist mit der Proteinsynthese enger verbunden als Asparagin, das mehr mit der N-Speicherung zu tun hat (70, 98). Aber weder bei Glutamin noch bei Asparagin kann die α -Aminogruppe zur Transaminierung benutzt werden, ehe nicht die CONH_2 -Gruppe gespalten ist (99), d. h. also Glutaminsäure bzw. Asparaginsäure entstanden ist. Die Pflanzen besitzen ein solches Ferment, und der abgespaltene NH_3 kann zur Bildung von Aminosäuren verwendet werden. Nach dieser Hydrolyse kann jetzt auch die NH_2 -Gruppe in α -Stellung zur Umaminierung benutzt werden:

Üblicherweise spielt in der wachsenden Pflanze die Glutaminsäure und die Asparaginsäure die Hauptrolle bei der Transaminierung (100), die die bekannte Umsetzung in Alanin, Valin, Leucin, Isoleucin usw. ergibt. Lediglich in bestimmten Stadien wie bei der Keimung, beim beginnenden

Sämlingswachstum und bei der Speicherung von N spielen auch die Amide eine Rolle. Allerdings glaubte man, daß in letzterem Fall ihr Gehalt nicht groß ist, und sie bei erhöhten N-Gaben in der Düngung nicht oder kaum erhöht würden im Gegensatz zum Proteingehalt, der anstieg (101).

In der vorliegenden Arbeit ist nun gefunden worden, daß zwar der Reineiweißgehalt gestiegen ist, relativ aber, im Verhältnis zum Gesamt-N, ist er gefallen. Dabei nahm aber der Amid-N beträchtlich zu und betrug bei Weißkohl, wie schon vorher angegeben, etwa 70% des Reineiweiß-N. Nach E n g e l (102) bilden sich Amide, wenn im Vergleich zu den N-freien Verbindungen NH_3 im Überschuß vorhanden ist oder bei genügendem Vorrat an Kohlenhydraten der Eiweißbedarf der Pflanze gering ist. In unserem Falle scheint letzteres zuzutreffen, d. h. durch die starke K- und P-Düngung ist eine große Kohlenhydratmenge gebildet worden, jedoch die Fähigkeit, Eiweiß zu synthetisieren, ist beim Kohl beschränkt. Es wäre darum wichtig zu erfahren, welche Rolle die Amide im tierischen bzw. menschlichen Körper spielen.

Am einfachsten und übersichtlichsten scheint der Weg der Amide bei Tieren, die Pansenträger sind, zu sein. B r i g l (103) hat gezeigt, daß die Pansentiere ein Fermentsystem besitzen müssen, das sie befähigt, die Amidgruppe CONH_2 zu hydrolysieren und den abgespaltenen Ammoniak dieser Gruppe und die NH_2 -Gruppe in α -Stellung zu Umaminierungszwecken zu benutzen. Es sind die Pansenbakterien, die über den gleichen Fermentmechanismus wie die höheren Pflanzen verfügen. Allerdings fand B i r g l, daß dabei der N nur zu etwa 10% ausgenutzt wurde. Bei Nichtpansenträgern liegen die Verhältnisse noch nicht so klar. K r e b s hat zwar nachgewiesen, daß das Enzym Glutaminase in Gehirn, Niere und Leber vorhanden ist; er hat aber damit nur gesagt, daß die Möglichkeit der Bildung oder des Abbaus von Glutamin qualitativ besteht, nicht aber, ob größere, mit der Nahrung aufgenommene Mengen dabei quantitativ verwertet werden können. M e z i n c e s c o (104) glaubt bei einem Fütterungsversuch an Schweinen feststellen zu können, daß der Amid-N nicht unmittelbar am eigentlichen N-Stoffwechsel beteiligt ist, daß er aber auf den Abbau der Eiweiß-Stoffe eine sparende Wirkung ausübt; wahrscheinlich weil ein Teil der endogenen Aminosäure aus ihm gebildet werden kann.

Es ist daher angenommen worden, daß das Glutamin auch im menschlichen Körper für die Bindung des NH_3 (entgiftende Wirkung) und dessen Mobilisierung eine bedeutende Rolle spielt. Auch für die Aufrechterhaltung des Säure-Basen-

Gleichgewichts scheint es wichtig zu sein. Orström und Krebs (105) konnten ferner nachweisen, daß die Synthese von Hypoxanthin als die Vorstufe der Harnsäure in der Taubenleber durch Glutamin beschleunigt wird. Eine Bildung von Hippursäure in Gegenwart von Glutamin und Benzoesäure in der Meerschweinchenleber wurde von Leuthardt (106) festgestellt. Auch als Wachstoffsstoff für Hefen sind Glutamin und Asparagin nach Nielssen (107) wirksam. Aber alle diese Versuche sind als qualitativ und nicht als quantitativ zu betrachten. Es gibt jedoch noch keinen Fütterungsversuch, der die Amide quantitativ bestimmt hat. Waelsch (108) zeigte kürzlich, daß das Glutamin und die Glutaminsäure leicht und ohne Veränderung durch die Darmwände resorbiert werden können. Bei Versuchen über die Verteilung von intravenös gegebenem Glutamin und Glutaminsäure bewies er, daß das Amid aus dem zirkulierenden Blut durch Gehirn und Leber aufgenommen wurde, daß aber Glutaminsäure augenscheinlich nicht in diese Organe eindringen konnte. Ferner glaubt er annehmen zu können, daß ein erhöhter Glutaminsäurestand im Blut von der Entfernung von Glutamin-NH₂ aus dem Blut in die Gewebe stammen könnte. Jedoch ist der Gehalt von Glutaminsäure im Blut klein, und eine geringe Erhöhung spricht nicht auch für eine Umwandlung von größeren, in der Nahrung aufgenommenen Amidmengen.

Eine Wertung hochgedüngter Pflanzen, die zu einer starken Amidbildung neigen, kann daher noch nicht ausgesprochen werden. N-Stoffwechselbilanzversuche mit Amiden müßten zeigen, ob sie irgendeine biologische Wertigkeit haben und ob sie nicht vielleicht sogar einen therapeutischen Effekt im Sinne der Glutaminsäuretherapie besitzen. Die andere Möglichkeit wäre, daß die in der Nahrung zugeführten Amide geringfügig oder gar nicht desaminiert werden können und in keiner Form wirksam und für den Körper völlig nutzlos wären.

V. Zusammenfassung

Allseitig gesteigerte Düngegaben von N, P und K erhöhen den Gesamt-N-Gehalt von Gemüsen. Der Reineiweiß-N kann jedoch bei einigen Pflanzen, z. B. Kohl, nicht über einen bestimmten Rahmen gesteigert werden. Darüber hinaus angebotener N wird in Form von Amiden gespeichert.

Die Rolle, die die mit der Nahrung aufgenommenen Amide im menschlichen Körper spielen, ist noch nicht hinreichend erforscht. N-Stoffwechselbilanzversuche beim Menschen

mit Amiden fehlen bisher in der Literatur. Ein Werturteil über derartige hochgedüngte Gemüse kann daher noch nicht gegeben werden.

Summary

Heintze, K.: Untersuchungen über den Einfluß hoher Stickstoffdüngung auf die Bildung der einzelnen N-Fractionen bei einigen Gemüsen. (Effect of high N fertilizer dosages on the formation of the separate N fractions in various vegetables.) Landw. Forschung, Darmstadt, 7, 1955.

Increased dosages of complete (NPK) fertilizers resulted in an increase of total N in cabbage (three vars.), Kohl Rabi, onion and carrot, and also wheat. However, the potential content of pure protein-N is strictly limited in certain plants, e. g., cabbage. Any N supplied in excess of this is stored in amide form. The part played in the human body by ingested amides is not yet sufficiently understood, and no "balance sheets" concerning amide-N in human nutrition have yet been published. Hence judgement must be reserved on the nutritional value of generously fed vegetables.

Schrifttum

1. Sommerkamp, H.: Umschau 36, 1025 (1932).
2. Ertel, H.: Ernährungsversuche als Beitrag zur Klärung der Frage des Zusammenhangs zwischen Düngung und gesundheitlichem Wert von Gemüse. Forschungsdienst 6, 29 (1938).
3. Barth, L.: Ernährung und Düngung. Ernähr., Beih. 5 (1938).
4. Scheunert, A. u. a.: Langfristige Rattenversuche mit mineral- und naturgedüngten Produkten. Biochem. Z. 274, 372 (1934); Angew. Chem. 48, 42 (1935).
5. Reiter, H., Ertel, H., u. a.: Über Ernährungsversuche mit verschiedenen gedüngten Gemüsen. Ernährung 3, 53 ff (1938).
6. Schuphan, W.: Eine kritische Stellungnahme von Agriculturnchemie und Medizin zur Frage der alleinigen Stallmistdüngung bei Gemüse. A) Düngungsversuche mit Tomaten und Möhren. Ernährung 5, 29 (1940).
7. Dost, F. H., Schotala, H.: B) Säuglingsversuche mit verschieden gedüngten Möhren und Tomaten. Ernährung 5, 37 (1940).

8. Schuphan, W.: Alleinige Stallmistdüngung oder Stallmist + zusätzliche Mineraldüngung im Gemüsebau. *Forschungsdienst* 9, 323 (1940).
9. Scheunert, A., Reschke, J.: Über den Vitamin-C-Gehalt von Gemüsen, welche einerseits mit Stalldung, andererseits mit Stalldung + NPK gedüngt worden waren. *Forschungsdienst* 6, 34 (1938).
10. Jacob, A.: Haben die Handelsdünger Einfluß auf die Qualität und Bekömmlichkeit der Nahrungsmittel? *Mehl und Brot* 42, 1 (1942).
11. Schuphan, W.: Über Ernährungsversuche mit verschieden gedüngten Gemüsen. *Ernährung* 9, 1 (1944).
12. Lehmann, E.: Beiträge zur Biologie der Pflanzen in ihrer Beziehung zur menschlichen Ernährung. *Ernährung* 1, 36 (1936).
13. Simon, C.: Pflanzenernährung und Volksgesundheit. *Dtsch.-med. Wschr.* 1934, 688, 1252.
14. Gericke, S.: Wird die Gesundheit des Menschen durch „künstliche“ Düngung geschädigt? *Ärztl. Wschr.* 4, 108 (1949).
15. Rauterberg, E., Lofmann, H.: Beziehungen zwischen der Ernährung und der chemischen Zusammensetzung der Pflanzen. *Forschungsdienst, Sonderh.* 11, 203 (1938).
16. Rauterberg, E.: Chemische Untersuchungen über die Veränderlichkeit des Eiweißgehaltes in der Pflanze. *Ernähr. Pflanze* 34, 296 (1938).
17. Alten, F., Rauterberg, E., Lofmann, H.: Der Einfluß des Kalis auf den Stickstoffhaushalt der Pflanze. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 19, 22 (1940).
18. Kühnau, J.: Biochemie des Nahrungseiweiß. *Angew. Chem.* 61, 357 (1949).
19. Lang, K., Ranke, O. F.: Stoffwechsel und Ernährung. Berlin, Springer 1950.
20. Alten, F., Haupt, W.: Über die ernährungsphysiologische Wertbeurteilung eiweißhaltiger Ernterzeugnisse. *Bodenkunde und Pflanzenernähr.* 17, 265 (1940).
21. Selke, W.: Neue Möglichkeiten einer verstärkten N-Düngung zu Getreide. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 9/10, 506 (1938); *Forschungsdienst, Sonderh.* 11, 225 (1938).
22. Nehring, K.: Über den Einfluß von Wasser- und Stickstoffversorgung auf den Eiweißgehalt von Gerste. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 9/10, 395 (1938); 15, 336 (1939).
Über die Steigerung der Eiweißbildung bei Sommergerste durch N-Düngung. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 17, 340 (1940).
Versuche über Eiweißanreicherung des Getreides durch zusätzliche späte N-Düngung n. Selke. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 24, 1 (1941).
Keese, H.: Feldversuche über die Eiweißanreicherung des Getreides durch zusätzliche späte N-Düngung. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 24, 5 (1941); 30, 197 (1943).
- Pielen, L.: Versuche über den Einfluß zeitlicher und mengenmäßig gestaffelter (zusätzlicher später) N-Gaben auf den Eiweißgehalt und Eiweißertrag von Sommergerste, Sommerweizen und Hafer. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 24, 12 (1941).
- Giesecke, F., Wienhues, F.: Einfluß steigender und zeitlich gestaffelter N-Gaben bei Sommergerste und Winterroggen. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 31, 306 (1943).
23. Gardner, H. W.: Der Einfluß einer N-Kopf-düngung auf Ertrag und Eiweißgehalt von Winterweizen. *Agriculture* 57, 1 (1950); ref. in: *Chem. Abstr.* 44, 7474 (1950).
24. Scharrer, K.: Der Einfluß verschiedener Wasser- und Stickstoffversorgung auf den Eiweißgehalt d. Gerste. *Forschungsdienst* 7, 127 (1939).
Nehring, K.: Der Einfluß später N-Düngung auf die Eiweißbildung bei Hafer und Weizen. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 18, 291 (1940); 30, 208 (1943).
Schropp, W., Arenz, B.: Feldversuche über die Eiweißanreicherung des Getreides durch zusätzliche späte N-Zufuhr. *Bodenkunde und Pflanzenernähr.* 24, 24 (1941).
- Schmitt, L., Schineis, W.: Einfluß von Wasser- und N-Versorgung auf die Eiweißbildung bei Hafer. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 31, 231 (1943).
25. Schropp, W., Arenz, B.: Einfluß von Wasser- und N-Versorgung auf Ertrag und Eiweißbildung bei Hafer. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 31, 250, 289 (1943).
26. Nehring, K.: Über die biologische Wertigkeit d. Eiweiß verschiedener Gerstensorten und ihre Beeinflussbarkeit durch N-Düngung. *Forschungsdienst, Sonderh.* 15, 141 (1941).
27. Giesecke, F., Michael, G.: Feldversuche zur Erhöhung des Eiweißertrages durch zusätzliche späte N-Düngung zu Kartoffeln. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 32, 163 (1943).
28. Michael, G.: Steigerung des Eiweißgehalts der Kartoffel durch späte N-Düngung. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 31, 56 (1943).
29. Selke, W.: Die Wirkung zusätzlicher später N-Gaben auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 20, 1 (1940).
30. Rauterberg, E.: Einfluß der Düngung auf die Qualität der Zuckerrübe. *Forschungsdienst* 2, 353 (1936).
31. Schneider, F.: Wirkung einseitiger N-Düngung bei Zuckerrüben. *Cbl. Zuckerindustrie* 48, 885 (1940).
32. Lubarskaja, L. S.: Die Reaktion der Zuckerrübe auf die in der Vegetationsperiode zugeführte N-Düngung. *Chemisat. soc. Agric. (USSR)* 10, 29 (1941); ref. in: *Chem. Zbl.* 1941, I, 3451.
33. Vogel, F.: Gemüsedüngung. *Forschungsdienst, Sonderh.* 8, 347 (1938).
34. Boshardt: *Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz VIII* (1930) 3, 51; zit. bei: *Bekker-Dillingen, Handbuch der Ernährung der gärtnerischen Kulturpflanzen.* 3. Aufl. 335, Berlin, Parey 1943.

35. Reinhold, J., Marschke, G.: Bericht über Düngung im Gemüsebau. *Forschungsdienst* 1, 47 (1936).
36. Vogel, F.: Einfluß der Düngung auf die Qualität bei Gemüse. *Forschungsdienst*, Sonderh. 8, 353 (1938).
37. Giesecke, F.: *Ergeb. Agrikulturchem.* 4, 189 (1935).
38. Fleg, O.: Über die Erfassung der Qualität von Gemüsen mittels chemischer, physikalischer und biologischer Wertzahlen. *Forschungsdienst* 2, 268 (1936).
39. Schuphan, W.: Der gegenwärtige Qualitätsbegriff bei Gemüse und die Notwendigkeit seiner Erweiterung auf chemisch erfassbare Merkmale. *Forschungsdienst* 3, 290 (1937).
40. Schuphan, W.: Biologischer Wert und Hektarertrag von Freiland- und Gewächshauserzeugnissen, insbesondere von Gemüse. Berlin 1943. (Erweiterter Sonderdruck aus *Landwirtsch. Jbcher.* 92, Heft 4.)
41. Schuphan, W.: Gemüsebau auf ernährungswissenschaftlicher Grundlage. 1. Aufl. Hamburg, Keune, 1948.
42. Ott, M.: Pflanzenqualität, Volksernährung u. Düngung. *Forschungsdienst* 5, 546 (1938).
43. Limann, H. K.: Einfluß der Düngung auf Ertrag und Qualität von Gemüse. Bericht a. d. staatl. Versuchs- u. Forschungsanstalt für Gartenbau Pillnitz; ref. in: *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 41, 267 (1948).
44. Balks, R., Pommer, E.: Zur chemischen Untersuchung des verschieden gedüngten Weißkohls. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 15, 222 (1939).
45. Reinhold, J.: Ein Beitrag zur Bestimmung der Qualität von Gartenbauerzeugnissen. *Forschungsdienst* 10, 281 (1940).
46. Vogel, F.: Einfluß der Düngung auf die Qualität bei Gemüse. *Forschungsdienst* 4, 477 (1937).
47. Reichelt, K., Weber, Fr.: Versuche mit Dauerweißkohl. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 15, 139 (1939).
48. Reinhold, J.: Düngungsversuche zu Weißkohl. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 15, 154 (1939).
49. Möhring, H. K.: Über Weißkohlversuche. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 15, 136 (1939).
50. Vogel, F.: Einfluß der Düngung auf Menge und Güte des Ertrages bei Weißkohl. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 15, 156 (1939).
Vogel, F., u. a.: Qualität des Sauerkrautes in Abhängigkeit von der Düngung des Weißkohls. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 15, 210 (1939).
51. Truninger, E., Keller, F., Pulver, H.: Versuche über den Einfluß der Düngung auf den Ertrag des Weißkrautes und dessen Eignung für die Sauerkrautfabrikation. *Landw. Jahrb. d. Schweiz* 1935, 1.
52. Vogel, F., Klopsch, E.: Sorten- u. Standorteinflüsse auf die Güte des Sauerkrautes, I. *Mitt. Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 9/10, 665 (1938);
Sorten- und Standorteinflüsse auf die Güte des Sauerkrautes, II. *Mitt. Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 16, 327 (1940).
53. Steinberg, A.: Nutzt oder schadet die N-Düngung im Gemüsebau? *Geisenheimer Mitt., Wiesbaden* 1935.
54. Rauterberg, E.: Einfluß steigender Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kaligaben auf die Entwicklung und den Ertrag von Bohnen (*phaseolus vulgaris*) und die Bedeutung des Nährstoffverhältnisses. *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde* 47, 167 (1949).
55. Scheunert, A.: Die Bedeutung der pflanzlichen Eiweißstoffe für die tierische und menschliche Ernährung. *Forschungsdienst*, Sonderh. 6, 15 (1937).
56. Schuphan, W.: Das Gemüse als Eiweißquelle in der menschlichen Ernährung. *Ernährung* 8, 4 (1943).
57. Becker-Dillingen, J.: *Handbuch des gesamten Gemüsebaues.* 5. Aufl., Seite 3, Berlin 1950.
58. Becker-Dillingen, J.: *Handbuch der Ernährung der gärtnerischen Kulturpflanzen.* 3. Aufl., S. 325, Berlin 1943.
59. Schmalfuß, K.: *Pflanzenernährung und Bodenkunde.* 2. Aufl., Seite 261, Leipzig, S. Hirzel, 1949.
60. Feichtinger, E. K.: in: *Handbuch der Pflanzenernährung und Düngerlehre*, Bd. 1, Seite 688, Berlin 1931.
61. Weidhass, H. Experimentelle Studien an Gemüse über die Entnahme von Durchschnittsproben zur chemischen Qualitätsbestimmung unter Anwendung statistischer Methoden. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 30, 1 (1942).
62. Heiß, R.: Über die erforderliche Anwärmezeit und die Auslaugung von Nähr- und Wirkstoffen beim Vorbrühen von Gemüse. *Ernährung* 7, 241 (1942).
63. Heiß, R.: Kritischer Vergleich der Gemüse-Blanchierverfahren. *Dtsch. Lebensmittel-Rsch.* 45, 57 (1949).
64. Chibnall, A. C.: *Protein metabolism in the plant*, New Haven, Yale Univ. Press 1939.
65. Vickery, H. B., Pucher, G. W., Leavenworth, C. S.: Künstliche Anreicherung von Glutamin in Rüben. *Proc. Soc. exp. Biol. Med.* 68, 294 (1948).
66. Rauterberg, E.: Methodische Vorarbeiten zur Bestimmung der Eiweißqualität in Gemüse. *Forschungsdienst* 4, 184 (1937).
67. Popoff, I. D.: Chemische Untersuchungen zur Frage der Bewertung von N-freien und N-haltigen Verbindungen bei der Futtermittelbeurteilung. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 31, 85 (1943).
68. v. Mittelberger, H.: Zur Kenntnis des Eiweißhaushaltes alternder Blätter bei verschiedener Stickstoffernährung der Pflanze. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 33, 19 (1944).

69. Martin, A. J. P., Syngé, R. L. M.: Analytical chemistry of the proteins. *Advances Protein Chem.* 2, 1 (1945).
70. Lugg, J. W. H.: Plant proteins. *Advances Protein Chem.* 5, 229 (1949).
71. Bömer, A., Grau, R.: in: *Handbuch der Lebensmittelchemie*, Bd. II, Teil 2, Seite 551 ff., Berlin, Springer 1935.
72. Klein, G.: *Handbuch der Pflanzenanalyse*. Wien, Springer 1931.
73. Parnass, J. K.: *Z. analyt. Chem.* 114, 261 (1938).
74. Rauterberg, E., Knippenberg, E.: Über die Methodik zur Bestimmung des Stickstoff- und Eiweißgehaltes in der Pflanze. *Forschungsdienst, Sonderh.* 7, 128 (1937).
75. Jodlbauer und Foerster: zit. bei J. König: *Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel*, Bd. 1, Seite 451, Berlin 1910.
76. Keyßner, E., Tauböck, K.: in, G. Klein: *Handbuch der Pflanzenanalyse*, Bd. 4, Teil 3, Seite 1387 ff., Wien, Springer 1933.
77. Rauterberg, E., Knippenberg, E.: Stickstoffbestimmung in nitrathaltigen Pflanzen. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 13, 194 (1939).
78. Rauterberg, E., Benischke, H.: Die Bestimmung des Gesamtstickstoffs in nitrathaltigen Ernteprodukten. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 31, 117 (1943).
79. Schmitt, L., Ott, M.: Zur Frage der Bewertung des Rohproteins in Nahrungs- und Futtermitteln. *Forschungsdienst, Sonderh.* 6, 597 (1938).
80. Ott, M.: Die Eiweißfällungsmethoden im Rahmen der Eiweißbewertung. *Forschungsdienst, Sonderh.* 12, 123 (1940).
81. Roth, H.: Vergleichende Versuche mit Eiweißfällungsmitteln Vorratspflege und Lebensmittelforschung 2, 22 (1939).
82. Alten, F., Rauterberg, E., Knippenberg, E.: Die Bestimmung verschiedener Stickstofffraktionen in der Pflanze unter besonderer Berücksichtigung des Aminosäure-Stickstoffs. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 8, 335 (1938).
83. Wöhlbier, W., Weber, E.: *Forschungsdienst, Sonderh.* 12, 132 (1940).
84. Klein, G.: *Handbuch der Pflanzenanalyse*, Bd. 4, Teil 3, Seite 98 ff. Wien, Springer (1933).
85. v. Mittelberger, H.: *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 25, 147 (1941).
86. Alten, F., Haupt, W.: Bestimmung kleinster Ammoniakmengen bei Anwesenheit von organischer Substanz. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 25, 140 (1941).
87. Zander, H.: Beitrag zur Frage der Nitrat- und Ammoniakernährung der Rüben. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 33, 46 (1944).
88. Alten, F., u. a.: Die Bestimmung des Nitratstickstoffs in Pflanzensubstanzen als Nitroxylol. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 1, 340 (1936).
89. Rauterberg, E., Benischke, H.: Die Bestimmung des Nitratstickstoffs in Ernteprodukten als Nitroxylol. *Bodenkunde u. Pflanzenernähr.* 31, 216 (1943).
90. Roth, H.: Die Bestimmung des freien und gebundenen Tryptophan in Pflanzen. *Angew. Chem.* 52, 149 (1939).
91. Rauterberg, E., Benischke, H.: Arginin- und Tryptophangehalt in verschieden ernährten Pflanzen. *Forschungsdienst, Sonderh.* 15, 159 (1941).
92. Best, R. J., Lugg, J. W. H.: *Australian J. Exptl. Biol. Med. Sci.* 22, 247 (1944); zit. bei 81.
93. Brieger, R.: in: *Handbuch der Pflanzenanalyse*, Bd. 1, Seite 564. Wien, Springer (1931).
94. Großfeld, J.: in: *Handbuch der Lebensmittelchemie*, Bd. II, Teil 2, Seite 936 ff. Berlin, Springer, 1935.
95. Hofmann, E., Latzko, E.: Einflüsse der Nährstoffe Kali und Stickstoff auf Fermentgehalt und Qualität pflanzlicher Erzeugnisse. *Biochem. Z.* 321, 476 (1951).
96. Wierbicki, E.: *Diss. München*, 1949.
97. Richards, F. J., Templemann, W. G.: *Ann. Botany N. S.* 50, 367 (1936).
98. Street, H. E.: Nitrogen metabolism or higher plants. *Advances Enzymology* 9, 391 (1949).
99. Virtanem, A. J., Laine, T.: Über die Umaminierung in grünen Pflanzen. *Biochem. Z.* 308, 213 (1941).
100. Braunstein, A. E.: Transamination and the integrative functions of the divarboxylic acids in nitrogen metabolism. *Advances Protein Chem.* 3, 1 (1947).
101. Mothes, K.: *Planta* 12, 686 (1931).
102. Engel, H.: *Planta* 7, 133 (1929).
103. Brigl, P., Benedict, O.: Über den Einfluß von Asparagin und Betain auf den N-Stoffwechsel des Wiederkäuers. *Biedermanns Zbl.*, Abt. B 5, 532 (1933); ref. in: *Chem. Zbl.* 1933, II, 2848.
104. Mezincesco, P.: Über die Ausnutzung des Amid-N durch den tierischen Organismus. *C. R. hebdom. Séances Acad. Sci.* 196, 291 (1933) ref. in: *Chem. Zbl.* 1933, I, 2836.
105. Orström, S., Krebs, H. A.: *Biochem. J.* 33, 990 (1939).
106. Leuthardt: *Hoppe Seyler's Z. physiol. Chem.* 252, 283 (1938); 265, 1 (1940); 270, 113 (1941); *Biochem. Z.* 299, 281 (1939); *Helv. chim. Acta* 25, 630 (1941).
107. Nielsen: zit. bei: K. Heyns, die Bedeutung der Transaminierung im Stoffwechsel. *Angew. Chem.* 61, 474 (1949).
108. Waelsch, H.: Glutamic acid and cerebral function. *Advances Protein Chem.* 6, 311 (1951).