

Moderne Betrachtungsweise und aktuelle Fragen der Pflanzenernährung

Von Prof. Dr. Anton Amberger,

Vorstand des Institutes für Pflanzenernährung, Freising-Weihenstephan

Es ist ein alter und guter Brauch, daß bei der Hochschultagung neu berufene Ordinarien eine Einführung in ihr Arbeitsgebiet geben. Als davon Betroffener überlegt man sich, was man dem hohen Auditorium vorsetzen darf. Die Kost soll erlesen sein, denn nicht selten wird der Grad brillierender Intelligenz an der Unverständlichkeit eines Vortrags staunend gemessen. Sicherlich wäre es auch nicht schwierig, einen komplizierten, für Spezialisten durchaus geläufigen Vorgang im Stoffwechsel der Pflanze mit hochtrabenden Worten vorzutönen, um damit seine eigene Hochgeistigkeit besser glaubhaft machen zu können. Doch — möchte ich meinen — kann das nicht der Sinn einer Hochschultagung sein. Mit diesen Fachvorträgen wollen wir uns vielmehr an den aufgeschlossenen praktischen Landwirt, an den Berater in Ämtern und Berufsverbänden wenden. Ihnen, die vor mehr oder minder langer Zeit die Hochschule verlassen haben, wollen wir unsere Gedanken und neueren Forschungsergebnisse vermitteln, Sie zum Nachdenken und zu weiteren Diskussionen anregen, um auf diese Weise mitzuhelfen an der Lösung zeitnaher Fragen.

Nach dieser Präambel darf ich Ihnen zunächst mein Fachgebiet, nämlich die Pflanzenernährung, vorstellen und dann auf derzeitig aktuelle Probleme eingehen.

Die Wissenschaft von der Ernährung der Pflanze befaßt sich mit der Wirkung aller Elemente, die das Wachstum von der Keimung bis zur Reife in irgendeiner Weise beeinflussen. Sie umfaßt also den Chemismus der Nährstoffe (Mineralstoffe) im Boden, ihre Aufnahme und Funktionen in der Pflanze, ferner den biologischen Abbau von Pflanzensubstanzen bis zur völligen Mineralisation und den bei der Verrottung erfolgenden Aufbau von echten Humusstoffen. Ferner gehört hierzu die Chemie und Technologie der anorganischen und organischen Düngemittel sowie deren Prüfung im Pflanzenversuch. Auf diesen Grundlagen baut die angewandte Pflanzenernährung — nämlich die Düngung — auf, mit dem Ziel, durch optimale Versorgung der Kulturpflanzen mit Nährstoffen große Mengen qualitativ hochwertiger Nahrungsmittel zu erzeugen.

Es interessieren also nicht nur diejenigen Elemente, deren günstige Wirkung die Nährstoffe längst bekannt ist, sondern auch andere Stoffe mit teils indifferenten, teils negativen Auswirkungen, die ich als Pflanzenfremdstoffe bezeichnen möchte. Eine strenge Unterscheidung zwischen diesen beiden Gruppen ist freilich nicht immer möglich, denn die Wirkung eines Stoffes ist eine Frage der Quantität und verläuft nach einer sog. Optimumskurve, d. h. in geringer Menge kann ein Stoff wachstumsfördernd, in größerer Menge dagegen ausgesprochen schädlich wirken analog der klassischen Formulierung von PARACELsus: Dosis facit venenum.

In der Gruppe der Pflanzennährstoffe sind alle uns von früher her bekannten Mineralstoffe vertreten, die wir der Pflanze als Nährelemente zuführen. Zu den Pflanzenfremdstoffen gehören dagegen vornehmlich solche, denen die Pflanze unfreiwillig ausgesetzt ist, z. B. das Schwefeldioxid oder Fluor industrieller Emissionen oder die Ausschüttung radioaktiver Teilchen, also die sog. Kontaminationen, oder Stoffe, die der Pflanze aus Industrie- bzw. Wohnsiedlungsabwässern zugeführt werden. Ferner sind hier zu nennen die Ablagerung bzw. Rückstände von Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen, wodurch sowohl die Qualität der pflanzlichen Produkte als auch Stoffwechselforgänge in der Pflanze bzw. im menschlichen oder tierischen Organismus beeinflusst werden können.

Die Grundlagenforschung in unserem Institut befaßt sich vornehmlich mit der Biochemie und Physiologie der Nähr- und Fremdstoffe, während Probleme der angewandten Forschung aus der praktischen Landwirtschaft kommen und im unmittelbaren Interesse der Praxis bearbeitet werden.

I. Pflanzennährstoffe

Es gilt heute als ausgemacht, daß eine laufende mineralische und organische Düngung die Voraussetzung ist für hohe Erträge und eine gute Rentabilität. Landwirtschaftliche Produkte können in unserer hochentwickelten Gesellschaft nur dann einen einigermaßen sicheren Absatz finden, wenn sie qualitativ hochwertig sind.

Die Qualität der landwirtschaftlichen, hier speziell pflanzlichen Produkte, ist aber durchaus kein allgemein feststehender, sondern vielmehr ein je nach dem Verwendungszweck der Erzeugnisse sehr wechselnder Begriff. Was für den Weizen gilt, trifft keineswegs für die Braugerste zu. Ja, es bestehen sogar bei der gleichen Frucht sehr erhebliche Qualitätsunterschiede, z. B. zwischen einer guten Saatkartoffel (mit hoher Triebkraft, Wüchsigkeit und Gesundheit der Knolle) und einer ausgesprochenen Stärkekartoffel (bei der Stärkegehalt, Größe der Stärkekörner und Stärkeausbeute Merkmale einer guten Qualität sind), ganz zu schweigen von einer für die Veredlungsindustrie, also für die Herstellung von Chips, Pommes frites, Kartoffelpulver, Purree usw. bestimmten Kartoffel (wo Farbe, Bräunung, Zucker- und Enzymgehalt, Aufnahme von Fett usw. eine Rolle spielen).

Die Grundfrage bei allen Überlegungen in Zusammenhang mit der Erzeugung von Qualitätsprodukten muß daher immer wieder sein:

Welches sind die Qualitätskriterien und wie kann man sie methodisch eindeutig erfassen?

Daraus ergibt sich die zweite Frage: Durch welche Maßnahmen kann die Ausbildung dieser Qualitätsmerkmale in der Pflanze beeinflusst bzw. gefördert werden?

Neben Sorte, Anbau- und Pflegemaßnahmen spielt die Mineraldüngung insofern eine besondere Rolle, als sie weitgehend in der Hand des Landwirts liegt. Durch eine nach Zeit, Menge und Form genau bemessene Nährstoffgabe ist es möglich, auf Stoffwechselforgänge in der Pflanze Einfluß zu nehmen, die für die Biosynthese der gewünschten Inhaltsstoffe von Bedeutung sind.

1. Ein bekanntes Beispiel dafür ist die Stickstoff-Spät düngung zur Verbesserung der Qualität von Backweizen:

Die Weizenpflanze bildet im Rahmen ihres genetisch vorgezeichneten Wachstumsablaufes zunächst Gerüsteiweißstoffe vom Typ des Albumins und Globulins. Beim Übergang in die sog. Milchreife des Kornes werden aber vornehmlich Reserveeiweiße, nämlich Glutelin und Prolamin, ausgebildet, die wir schlechthin als Klebereiweiß bezeichnen. Diese letzteren sind es aber, die dem Brotteig bestimmte, für den Backvorgang günstige Eigenschaften verleihen. Ein hoher Gehalt an diesen Stoffen ist daher ein wesentliches Qualitätsmerkmal des Backweizens, das durch eine gezielte Stickstoffdüngung, eine sog. N-Spät düngung, deutlich verbessert werden kann (Abb. 1).

Wie G. MICHAEL und E. EWALD (10) an den Weizensorten Lichti II, Heines Koga und Peko sowie Opal zeigen konnten, wird durch die Stickstoffdüngung der Gesamt-N-Gehalt im Korn sehr wesentlich gesteigert (hier von 1,0 auf etwa 3,0% Gesamt-N). Dieser Rohproteinanstieg wirkt sich auf den Gehalt an Albuminen und Globulinen kaum aus; der Anteil der löslichen N-Verbindungen (also der freien Aminosäuren bzw. Amide) verändert sich nur innerhalb bescheidener

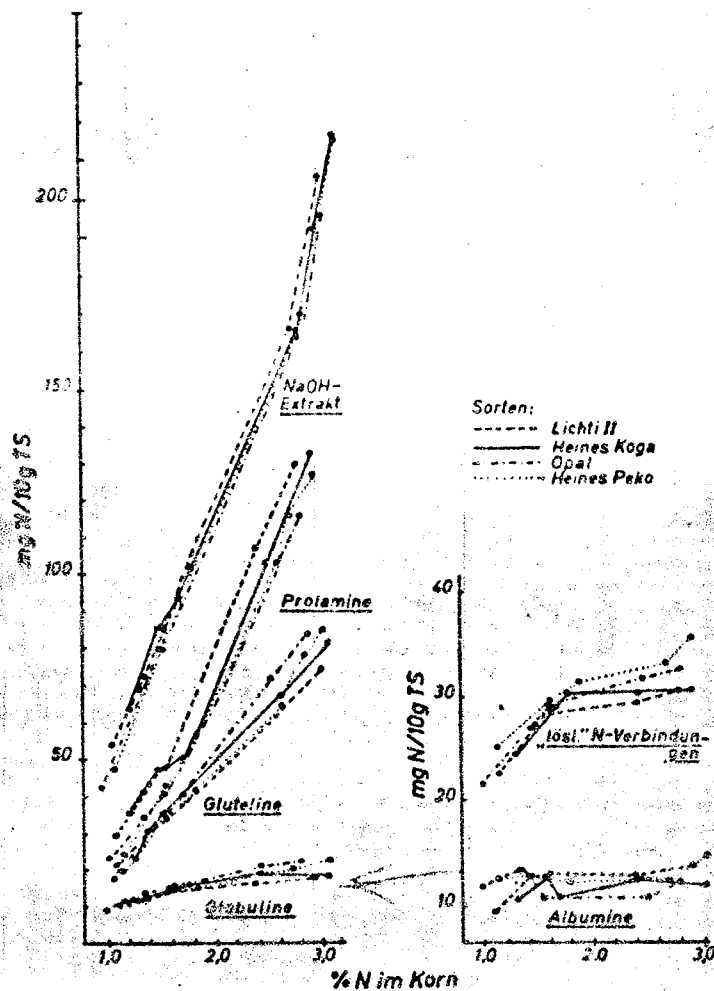


Abb. 1:
N-Fractionen im Korn verschiedener Weizensorten in Abhängigkeit vom Ges.-N (nach Ewald).

Grenzen. Dagegen nimmt der Gehalt an Glutelin und Prolamin um das Vier- bis Fünffache zu. Eine N-Düngung erhöht also in erster Linie die Klebereiweiße, deren Summe im NaOH-Extrakt erfaßt wird. Der Klebergehalt ist aber wesentlich für die Teigbildung und damit für die Erzielung eines guten Backergebnisses (hohes Backvolumen, gute Porung usw.). Er stellt somit ein technisches Qualitätsmerkmal dar.

Tabelle 1:

Anteil an Aminosäuren (%) in verschiedenen Eiweißfraktionen aus Weizenkörnern
(nach EWALD)

	Albumin	Globulin	Löst. N	Prolamin	Glutelin
Korn — 1,6% Ges.-N im Korn					
Glutaminsäure	8,7	7,9	10,5	25,9	16,6
Asparaginsäure	6,0	5,0	3,7	1,6	3,3
Lysin	4,3	2,3	—	0,4	1,8
Arginin	4,3	5,2	—	—	2,5
Korn — 3,0% Ges.-N im Korn					
Glutaminsäure	8,7	9,2	12,6	28,3	17,8
Asparaginsäure	7,5	5,2	3,4	1,5	3,0
Lysin	4,0	2,2	—	0,4	1,7
Arginin	3,7	6,1	—	—	2,8

Freilich darf nicht übersehen werden, daß der biologische Wert der Klebereiweiße geringer ist als der der Konstitutionseiweiße (Tab. 1).

Während nämlich Albumin und Globulin einen relativ hohen Anteil an basischen Aminosäuren (insbesondere Lysin) und eine für die menschliche und tierische Ernährung optimale Zusammensetzung aufweisen, sind Glutelin, besonders aber Prolamin arm an Lysin bzw. Arginin und begrenzen auf diese Weise den biologischen Wert des Gebäcks. Diese ernährungsphysiologischen Nachteile fallen aber deshalb nicht so sehr ins Gewicht, weil im Bereich der menschlichen Ernährung ein Ausgleich durch komplementäre Nahrungsmittel in der heutigen Zeit keine Schwierigkeit bedeutet.

Somit kann durch eine gezielte Stickstoffspätdüngung (entweder über das Blatt oder über den Boden) die Bildung von Stoffen im Weizenkorn begünstigt werden, die uns als Qualitätsmerkmal erstrebenswert erscheinen.

2. Eine andere Frage, die in den letzten Jahren in der Praxis breites Interesse gefunden hat, ist die Anwendung von Chlorcholinchlorid („Cycocel“). Die Wirkung dieser, dem Betain nahe verwandten quaternären Ammoniumverbindung beruht auf einer Beeinflussung des Zellstreckenwachstums des Getreidehalmes, wodurch dieser verkürzt und in seiner Standfestigkeit erhöht wird. Es handelt sich hier um einen Wirkstoff, von dem schon geringe Mengen genügen, um große Veränderungen hervorzurufen. Auf diese Weise ist es möglich, die Stickstoffdüngung zu Weizen theoretisch bis an das physiologische Optimum, praktisch gesehen, bis an die Grenze der Rentabilität zu erhöhen. Das Leistungspotential von Intensivsorten kann damit weitgehend ausgeschöpft werden, ohne das Risiko einer physiologischen Lagerung (also verursacht durch zu hohe N-Belastung!) und damit verbundene Ertragseinbußen und Qualitätsverluste in Kauf nehmen zu müssen.

Tabelle 2:

N-Steigerung — CCC-Behandlung 1964

Düngung ¹⁾ kg/ha	ohne CCC			mit CCC ²⁾			
	Kornertrag (86% TS) dz/ha	TKG g	Lager- bonitur	Kornertrag (86% TS) dz/ha	(o. CCC = 100) rel.	TKG g	Lager- bonitur ³⁾
ohne N	41,4 ± 1,4	41,7	1	42,7 ± 1,3	103	39,1	1
60 N	41,7 ± 0,5	39,8	5	49,6 ± 0,9	111	39,7	1
80 N	44,9 ± 0,2	36,8	9	52,0 ± 0,4	116	36,0	1
100 N	43,1 ± 0,6	31,3	9	49,1 ± 1,0	114	35,2	1
100 N + 40 N (spät)	44,2 ± 0,9	39,8	9	53,9 ± 0,4	122	38,0	1

¹⁾ einheitliche Grunddüngung 100 kg P₂O₅ + 150 kg K₂O je ha

²⁾ 2 kg CCC/ha — gespritzt bei 15–20 cm Wuchshöhe

³⁾ Lagerbonitur 1–9 (1 = ohne Lager)

Auf dem Standort Puch (Tab. 2), westlich von München, mit einem guten N-Nachlieferungsvermögen und jährlichen Niederschlägen von etwa 850 mm, führen Stickstoffgaben von mehr als 60 kg/ha bei Winterweizen in der Regel zur physiologischen Lagerung. In der Reihe „ohne CCC“ wird der höchste Körnerertrag bereits durch 60 kg N/ha erreicht, bei 100 N ist kein gesicherter Ertragszuwachs mehr gegeben. Höhere Gaben zeigen abfallende Tendenz auf Grund starker Lagerung (Lagerbonitur 9 = totales Lager!). Die Erträge in der Gruppe mit CCC liegen um 3–22% höher und steigen bis 100 N (in ganzer Gabe) an. Durch eine zusätzliche Spätdüngung wird schließlich ein Höchstertrag von nahezu 54 dz erzielt. Lagerung trat in keinem Falle auf (Lagerbonitur 1).

Durch Anwendung von Chlorcholinchlorid können also dort beträchtliche Mehrerträge erzielt werden, wo die Lagerung der ertragsbegrenzende Faktor ist.

Aus den Versuchen von W. BARK (6), R. DURCKS (9) und H. BOCKMANN (7) geht weiterhin hervor, daß mit CCC behandelte Weizenbestände einen geringeren Befall mit *Cercospora berpotrichoides*, der bekannten Halmbruchkrankheit des Getreides, aufweisen. Diese Beobachtungen sind insbesondere deshalb von Bedeutung, weil hohe N-Gaben ganz allgemein den Befall mit *C. berpotrichoides* begünstigen. Da aber Chlorcholinchlorid selbst nicht fungitoxisch wirkt, liegt hier offenbar eine indirekte Abwehr der Pflanze vor. Die stärker ausgebildeten basalen Halmwände können von dem Pilz wohl nicht so leicht durchwuchert werden. Somit wirkt CCC also auch einer parasitären Lagerung entgegen.

Trotz dieser zweifelsohne günstigen Wirkungen kann eine CCC-Behandlung des Getreides aber unter Umständen nicht unbeträchtliche Nachteile mit sich bringen. So scheint ein gewisser Zusammenhang zu bestehen zwischen CCC-Anwendung und Anfälligkeit gegen *Septoria* (den bekannten Schwärzepilz an den Hüllspelzen der Ähren), der insbesondere auf Standorten mit hoher Luftfeuchtigkeit erheblichen Schaden anrichten kann (Tab. 3).

Der Schleißheimer Boden ist ein stark mineralisiertes Niedermoor mit einem sehr hohen N-Nachlieferungsvermögen. Selbst bescheidene Gaben mineralischen Stickstoffs führen schon zu starker Lagerung (Lagerbonitur 8 bzw. 9) und damit zu erheblichen Ertragsausfällen (Rückgang der Kornerträge von 30,4

Tabelle 3:

N-Steigerung — CCC-Behandlung 1964

Standort SCHLEISSHEIM Niedermoor Winterweizen (Mauerner unbegr.)

Düngung kg/ha	Korntrag (86% TS) dz/ha	ohne CCC			mit CCC ¹⁾				
		TKG g	Septoria- befall ²⁾	Lager- boni- tur ²⁾	Korntrag (86% TS) dz/ha	(0. CCC = 100) rel.	TKG g	Sep- toria- befall	Lager- boni- tur
PK ¹⁾ ohne N	30,4 ± 1,0	37,8	2	5	27,0 ± 1,0	89	29,3	4	1
PK + 40 N	28,1 ± 1,3	34,7	3	6	26,3 ± 1,1	94	27,8	5	1
PK + 80 N	24,4 ± 1,7	30,5	5	8	23,5 ± 1,3	96	26,6	6	2
+ 120 N	21,9 ± 0,9	29,7	6	9	18,3 ± 1,0	84	23,8	8	2
PK + 80 N + 40 N (spät)	22,5 ± 0,9	29,5	5	9	18,4 ± 1,1	82	24,6	8	3

1) PK = 70 kg P₂O₅ + 140 kg K₂O je ha

2) Bonitur 1—9 (1 = kein Lager bzw. kein Befall)

3) 2 kg CCC/ha bei 15—20 cm Wuchshöhe

auf 21,9 dz/ha sowie des Tausendkorngewichtes von 37,8 auf 29,5 g). Mit der N-Steigerung nimmt aber der *Septoria*-Befall deutlich zu und wird durch die CCC-Spritzung sogar noch verstärkt. So kommt es, daß trotz guten Standes (Lagerbonitur 1—3) aber infolge vermehrten *Septoria*-Befalles die Erträge stark zurückgehen. Zweifellos schwächt auch eine auf Moorböden stärker auftretende Verunkrautung die Konkurrenzkraft des mit CCC verkürzten Getreides.

Mit Hilfe von Chlorcholinchlorid ist es also möglich, in den Wachstumsrhythmus der Pflanze wirkungsvoll einzugreifen und eine Verkürzung des Getreidehalmes zu erreichen. In Verbindung mit hohen N-Gaben wirkt CCC dann ertragssteigernd, wenn in erster Linie physiologische Lagerung, daneben aber auch parasitäre Lagerung der ertragsbegrenzende Faktor ist. Es versagt überall dort, wo die Erträge durch andere Faktoren begrenzt werden. Darüber hinaus hat die Anwendung sogenannter Wachstumsregulatoren der Pflanzenernährung ein umfangreiches neues Forschungsgebiet eröffnet.

3. Parasitäre Lagerung (*Cercospora herpotrichoides*)

Die Verhinderung von Lagergetreide ist ein außerordentlich wichtiges Problem, zumal der Getreidebau auf Grund seiner leichten Mechanisierbarkeit in der letzten Zeit an Ausdehnung zugenommen hat. Lagerung bedeutet aber immer Qualitätsverlust. Ist eine überhöhte Stickstoffdüngung die Ursache, dann wird der Landwirt gut daran tun, die N-Gabe künftig zu reduzieren bzw. im Bedarfsfalle Cycocel zu spritzen.

In engen Getreidefruchtfolgen aber ergibt die Diagnose oft starke pilzliche Infektionen; es treten nach der Bestockung die bekannten Medaillonflecken an der Halmbasis auf, die schließlich zur völligen Vermorschung und damit zum Abknicken der Halme führen. Das beste Mittel gegen diese sogenannte parasitäre Lagerung wäre freilich eine Erweiterung der Fruchtfolge, doch sprechen betriebs- und marktwirtschaftliche Gesichtspunkte häufig dagegen. Darüber hinaus gibt es nur sehr wenige chemische Mittel gegen diesen Pilz. Neben Cycocel, das, wie schon erwähnt, eine gewisse indirekte Wirkung aufweist und quecksilberhaltigen Spritzmitteln, gegen deren Anwendung wegen der hohen Giftigkeit ihrer Rückstände Bedenken bestehen, kommt derzeit nur Kalkstickstoff in Frage.

Dieser bewährte Stickstoffdünger mit herbizider und fungizider Nebenwirkung gibt manche Probleme auf, die von seiten der Pflanzenernährung und des Pflanzenschutzes zusammen bearbeitet werden müssen, um einen echten Fortschritt zu erreichen. Im Verlaufe gemeinsamer Arbeiten mit ORR Priv.-Doz. Dr. DIERCKS von der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München, hat sich gezeigt, daß dem Cyanamid des Kalkstickstoffs sowohl eine präinfektionelle Bodenwirkung als auch — nach der Aufnahme durch die Weizenpflanze — eine innertherapeutische Wirkung gegen den Pilz zukommt. Bei gezielter Anwendung kann durch 60 kg N/ha als Kalkstickstoff eine gute fungitoxische Wirkung gegen *C. herpotrichoides* erreicht werden.

Es lag nahe, nunmehr nach dem Wirkungsmechanismus des Cyanamids gegen *C. herpotrichoides* zu suchen. Wir haben zu diesem Zwecke Pilzkulturen hergestellt und im Mycelextrakt Untersuchungen über den Atmungsstoffwechsel dieses Pilzes durchgeführt (A. AMBERGER 1, 2, 3, 4). Dabei konnten wir feststellen, daß dieser zumindest fakultativ aerobe Pilz keine Peroxidase, aber eine hohe Katalase- und Glucoseoxidaseaktivität besitzt (Tab. 4).

Tabelle 4:

Katalase und Peroxidase in *Cercospora herpotrichoides*

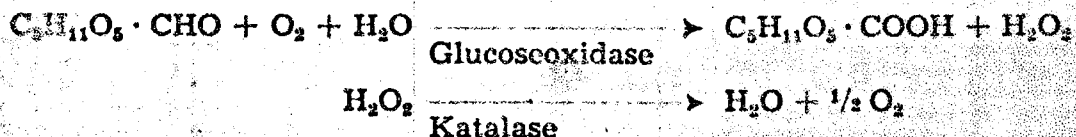
Untersuchungsmaterial	Katalase ¹⁾ ml verbr. KMnO ₄	Peroxidase ²⁾ ml verbr. Jodlösung je mg N	Glucoseoxidase ³⁾ µl O ₂ mg gerein. Präp. (20')
<i>C. herpotrichoides</i>	86	0	122

¹⁾ nach FEINSTEIN

²⁾ nach PURR

³⁾ nach HACKETT

Demnach kann das aus der Tätigkeit aerober Dehydrogenasen entstehende H₂O₂ nur durch die Katalase beseitigt werden. Unter dem Einfluß der hier ebenfalls nachgewiesenen Glucoseoxidase wird aber Glucose unter Sauerstoffaufnahme in Gegenwart von Wasser in Gluconsäure und H₂O₂ überführt und dieses durch die Katalase in Wasser und 1/2 O₂ aufgespalten entsprechend der Gleichung:



Während aber der Vorgang der Glucoseoxidation durch Cyanamid nicht beeinflusst wird, ist der zweite Vorgang, nämlich die H₂O₂-Spaltung, stark cyanamidsensitiv, wie aus der nächsten Abbildung hervorgeht (Abb. 2).

Im Modellversuch konnten wir nachweisen, daß die Aktivität sowohl der kristallisierten, wie auch der aus dem *C. herpotrichoides*-Mycel gereinigten Katalase durch 10⁻² M H₂CN₂ zu 50%, durch 10⁻¹ M sogar zu 90% gehemmt wird. Nach einer Präinkubation über mehrere Stunden — ein Vorgang, der den Bedingungen der Kalkstickstoffanwendung im Freien weit mehr entspricht — tritt diese Hemmung aber schon bei wesentlich niedrigeren Cyanamid-Konzentrationen auf (3).

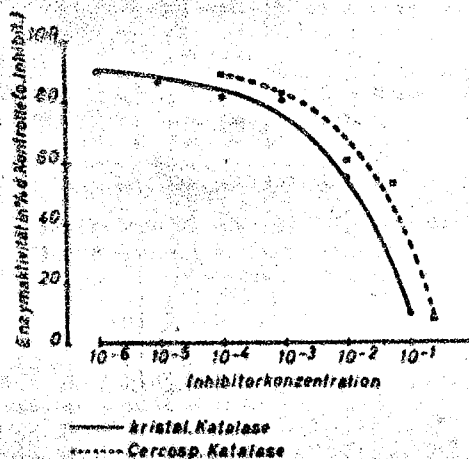


Abb. 2:
Wirkung von Cyanamid auf Katalase

Nun ist aber Wasserstoffperoxid ein starkes Pflanzengift; eine Anhäufung von H_2O_2 infolge Blockierung der Katalase durch Cyanamid wirkt inhibierend auf lösliche SH-gruppenhaltige Redoxsubstanzen (Abb. 3).

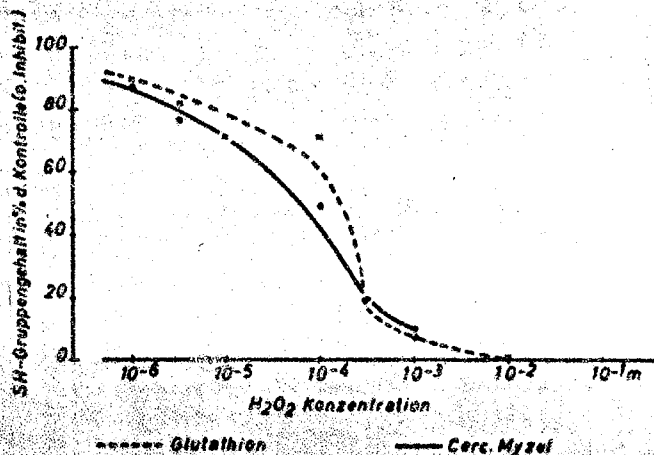
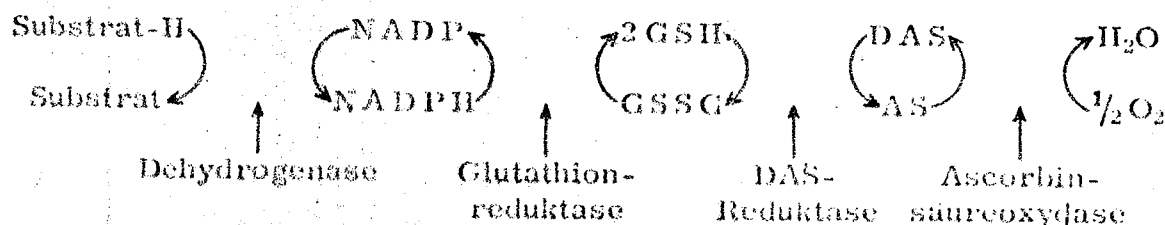


Abb. 3:
Wirkung von H_2O_2 auf Glutathion und SH-Gehalt von *Cercosporoides*

Bei einer Konzentration von 10^{-4} M H_2O_2 kommt es sowohl bei der Modellsubstanz Glutathion wie auch im Cerc.-Extrakt zu einem Abfall des SH-Gruppengehaltes bis auf 50%, während höhere Peroxid-Konzentrationen zu einer nahezu vollständigen Blockierung der Thiolgruppen in diesen empfindlicher Redoxsubstanzen führen. Infolge der Hemmung der *Cercosporoides*-Katalase durch Cyanamid und dem Fehlen von Peroxidase kommt es offenbar zu einer regelrechten H_2O_2 -Vergiftung im Pilzmycel.

Dieser Schluß wurde auch dadurch bestätigt, daß die Wachstumskurven von *C. berpotrioboides* unter dem Einfluß verschieden hoher Cyanamid-Konzentrationen genauso verliefen, wie die Kurven der Katalase-Inhibition; d. h. der Grad der Katalasehemmung geht konform mit einem entsprechenden Abfall in der Mycelentwicklung.

Des weiteren konnten wir im *Cercospora*-Mycel wesentliche Teile eines von verschiedenen Autoren (JAMES 11; MAPSON 12; BONNER 8 u. a.) aufgestellten Atmungssystems nachweisen, in dem der Substratwasserstoff über NADP, Glutathion und Dehydroascorbinsäure auf den Sauerstoff der Luft übertragen wird mit Hilfe der Ascorbinsäureoxidase (Abb. 4).



(NADP = Nicotinsäureamiddinucleotidphosphat; GSH = red. Glutathion; GSSG = oxydiertes Glutathion; DAS = Dehydroascorbinsäure; AS = Ascorbinsäure.)

Abb. 4

Unsere Untersuchungen ergaben nämlich, daß *C. herpotrichoides* einen hohen Gehalt an löslichen Thiolen, deutlich nachweisbare Mengen von Ascorbinsäure und Dehydroascorbinsäure sowie eine ausgesprochene hohe Ascorbinsäureoxidaseaktivität, aufweist (Tab. 5).

Tabelle 5:

SH-Gruppen, Ascorbinsäure (AS), Dehydroascorbinsäure (DAS),
Ascorbinsäureoxidase (ASO) in *C. herpotrichoides*

Untersuchungs- material	SH	AS γ/mg N	DAS	ASO μl O ₂ /mg N (30')
<i>C. herpotrichoides</i>	3,6	6,2	4,8	41

Der Gehalt an löslichen Thiolen ging aber unter dem Einfluß von Cyanamid deutlich zurück (2). Darüber hinaus erwies sich die Ascorbinsäureoxidase als sehr cyanamidempfindlich (Abb. 5).

Schon eine Konzentration von $10^{-6} M H_2CN_2$ führt zu einer 40%igen Hemmung der O₂-Aufnahme. Bei $10^{-4} M$ kommt die Ascorbinsäureoxidaseaktivität bereits vollkommen zum Erliegen. Daraus folgt, daß in dem vorher (Abb. 4) aufgezeigten Atmungsschema der Wasserstoff- bzw. Elektronentransport durch Cyanamid an zwei Stellen inhibiert oder sogar unterbrochen wird (A. AMBERGER 4).

Diese nur cursorisch behandelten Untersuchungen lassen erkennen, daß Cyanamid in den Atmungsstoffwechsel von *C. herpotrichoides* an mehreren Stellen direkt eingreift. Durch Hemmung oder Blockierung wichtiger Enzyme kommt es ferner zur Anhäufung von schädlichen Stoffen (z. B. H₂O₂) im Pilzmycel, die sich ihrerseits wiederum störend oder hemmend auf den Stoffwechsel auswirken

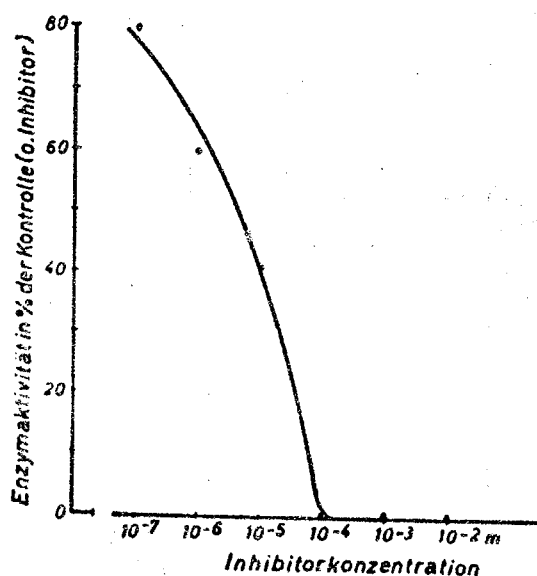


Abb. 5:
Hemmung der Ascorbinsäureoxidase von *Cercospora herpotrichoides* durch Cyanamid

können. Diese Ergebnisse vermitteln uns vielleicht eine gewisse Vorstellung von dem Mechanismus der fungitoxischen Wirkung des Cyanamids; sie zeigen aber auch, wie eng heute angewandte Forschung und Grundlagenforschung ineinandergreifen und sich ergänzen.

II. Pflanzenfremdstoffe

Nachdem ich mich mit aktuellen Fragen aus dem Gebiete der Pflanzennährstoffe etwas ausführlicher befaßt habe, lassen Sie mich noch kurz einige Probleme aufzeigen, die in das Gebiet der Pflanzenfremdstoffe fallen und unsere derzeitige Forschung beschäftigen:

1. Immissionen

Das durch industrielle Anlagen, aber auch durch Hausfeuerung in die Luft emittierte Schwefeldioxid wird bekanntlich von den Pflanzen gasförmig aufgenommen. In geringen Mengen stellt es eine durchaus willkommene Schwefelquelle für die Pflanzen dar; größere SO₂-Mengen können aber, insbesondere wenn sie zusammen mit Fluor, z. B. aus Ziegeleien oder Werken der Keramikindustrie ausgestoßen werden, stark pflanzenschädlich wirken.

Tabelle 6:

Einfluß der Abgase einer Ziegelei auf F- und SO₂-Gehalt der Pflanzen im Immissionsbereich

Pflanze	geschädigt	Gehalt (mg) in 100 g TS			
		F Kontrolle	F geschädigt	SO ₂ Kontrolle	SO ₂ geschädigt
Ahornblätter	26,1	1,5	0,5	0,8	0,8
Eichenblätter	23,0	1,7	0,5	0,4	0,4
Birnenblätter	29,9	0,7	0,4	0,6	0,6

Fluor verätzt in Form von Fluorwasserstoff die Blattflächen, während Schwefeldioxid an Stelle des CO_2 in die Photosynthese eintritt, die damit zusammenbricht. Coniferen, aber auch Laubhölzer, Zierpflanzen usw. sind gegen diese Fremdstoffe sehr empfindlich und können hohe Gehalte erreichen (Tab. 6).

Im vorliegenden Fall handelt es sich um starke Fluorschäden. Die Bäume warfen bereits im Hochsommer ihre Blätter ab, die Analyse ergab Fluorwerte, die etwa das Zwanzigfache gegenüber der Kontrolle betragen. Solche und ähnliche in jüngster Zeit durchgeführte Untersuchungen sind nicht nur in wissenschaftlicher Hinsicht (Biochemie der Pflanzenfremdstoffe) interessant, sondern auch von erheblicher praktischer Bedeutung im Zuge von Schadensfeststellungen.

2. Bleikontamination

Gegenwärtig können wir in der Nähe stark frequentierter Straßen eine ständig zunehmende Verunreinigung der Vegetation mit Blei feststellen. Kraftfahrzeugbenzin enthält bekanntlich Bleitetraäthyl in einer Menge von rund 200 bis 600 mg Blei/l Benzin als Anti-Klopffmittel; etwa 50—70% davon gehen mit den Auspuffgasen an die Luft ab. Je nach der Verkehrsdichte zeigen daher Grünstreifen, Sträucher und landwirtschaftliche Kulturen in Straßennähe mehr oder minder starke Bleiverunreinigungen. Hier ein Beispiel über einige Untersuchungen, die wir an der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München, gemacht haben:

Tabelle 7:

Bleirückstände auf Grünland in der Nähe stark befahrener Straßen

Entfernung von der Straße (m)	Bleigehalt (mg Pb/kg Tr.S.)		
	Autobahn Mehn.—Augsbg.	Bundesstraße 11	Staatsstraße 2054
0—1 ¹⁾	52,0	28,6	4,2
9	23,7	10,4	5,1
45	18,5	5,9	4,5

¹⁾ Grünstreifen

Im Gras auf den Grünstreifen der Autobahn (München — Augsburg) fanden wir die höchsten Bleimengen (52 mg Pb/kg Tr.-S.); in 45 m Entfernung von der Fahrbahn waren noch 18,5 mg Pb nachzuweisen. An der Bundesstraße 11 (auf der Höhe von Achering) lagen die entsprechenden Bleimengen zwischen 29 und 6 mg Pb, während das Gras in der Nähe weniger befahrener Straßen zwischen 4 und 5 mg Pb/kg Tr.-S. enthielt. Die festgestellten Bleimengen liegen in der Hauptsache als Oberflächenkontaminationen der Pflanzen vor. Bei der Verfütterung von Grünfutter bzw. Heu gelangt aber sowohl das oberflächlich anhaftende, wie auch das von der Pflanze aufgenommene Blei in den Verdauungstraktus des Wiederkäuers. Diese Ergebnisse lassen es angebracht erscheinen, weitere Arbeiten über die Wirkung von Blei auf den pflanzlichen bzw. tierischen Stoffwechsel aufzunehmen.

3. Als letztes Problem sei hier noch kurz die Frage der Pflanzenschutzmittelrückstände gestreift.

Pflanzenschutzmittel sind zunächst als Therapeutika in der Hand des Pflanzensetztes zu betrachten, die die Nutzpflanzen gegen Schädlinge tierischer und mikro-

bieller Art schützen sollen. So betrachtet, liegen diese Fragen eindeutig im Aufgabengebiet der Phytopathologie bzw. des Pflanzenschutzes. Vom Standpunkt der Pflanzenernährung interessiert aber die Art und Menge der in Pflanze bzw. Boden verbleibenden Rückstände und ferner deren Wirkung auf den Stoffwechsel der Kulturpflanze.

Die eingangs ausgesprochene Forderung nach Qualitätsware wäre sinnlos, wenn in der Qualitätsbewertung nicht auch ein Wort über die Rückstände gesagt wird. Ein landwirtschaftliches Erzeugnis kann also nur dann hochwertig sein, wenn neben einem hohen Gehalt an qualitätsgebenden Inhaltsstoffen auch der zulässige Gehalt an Pflanzenschutzmittelrückständen nicht überschritten wird. Solche Untersuchungen müssen bereits im Erzeugerbereich durchgeführt werden zur eigenen Unterrichtung oder freiwilligen Selbstkontrolle, darüber hinaus aber auch dort, wo es gilt, zu entscheiden, ob das betreffende Produkt noch auf dem Markt in Frage kommen kann (z. B. Nachwirkung von persistenten Mitteln im Boden).

Neben einer im Hinblick auf die menschliche Gesundheit vorrangigen Überprüfung interessiert uns der Gehalt an Rückständen in der Pflanze aber auch noch hinsichtlich der Wirkung dieser Rückstände auf den Stoffwechsel der Kulturpflanze selbst. Dies gilt sowohl für Pesticide wie auch besonders für langwirkende Herbizide im Boden, wodurch das Wachstum bzw. die Qualität von Folgekulturen erheblich beeinträchtigt werden können. Diesem relativ jungen Aufgabengebiet haben wir uns in letzter Zeit besonders zugewandt, weil gerade hier dringend Forschungs- und Untersuchungsarbeit geleistet werden muß.

Lassen Sie mich meine Ausführungen schließen mit den Worten Justus von Liebig, mit denen er vor mehr als 100 Jahren seine Vorlesungen in München eröffnet hat: „Es gibt keine Kunst, welche so schwierig ist, wie die der Beobachtung. Es gehört dazu ein gebildeter, nüchterner Geist und eine wohl geschulte Erfahrung, welche nur durch Übung erworben wird; denn nicht der ist ein guter Beobachter, welcher andere Dinge vor sich mit seinen Augen sieht, sondern der, welcher sieht, in welchem Zusammenhang die Teile mit dem Ganzen stehen.“

Meine Bitte an Sie, die Sie draußen beratend und wirtschaftend tätig sind, geht dahin, durch aufmerksame Beobachtung mit beizutragen zur Weiterentwicklung und Lösung solcher und ähnlicher Fragen der Pflanzenernährung. Von der Hochschule werden Sie stets volle Unterstützung erfahren im Geiste einer echten Zusammenarbeit zwischen Praxis und Forschung zum Wohle unserer Landwirtschaft.

Literatur

1. Amberger, A.: Über die Hemmung pflanzlicher Katalase durch Cyanamid. *Z. f. Physiol. Chemie* 325, 183 (1961).
2. —: Untersuchungen über SH-gruppenhaltige Redoxsysteme und terminale Atmung. *Agrochimica, Sonderband* 7, 109 (1964).
3. —: Untersuchungen zum Atmungsstoffwechsel von *Cercospora herpotrichoides*. *Z. Pflanzenernährung, Düngg. u. Bdk.* 107, 105 (1964).
4. —: Wirkungsmechanismus von Cyanamid auf parasitäre Pilze. *Landw. Forschung* — im Druck.
5. —, Wick, H., und Probst, A.: Erfahrungen mit dem Wirkstoff Chlorcholinchlorid (CCC) im Süddeutschen Raum. *Kali-Briefe* — im Druck.

6. Beck, W.: Diskussionsbeitrag auf der 34. Deutschen Pflanzenschutz-Tagung. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt f. Land- und Forstwirtschaft, Berlin-Dahlem 108, 142 (1963).
7. Bockmann, H.: Lagerfrucht mit krankhaftem Halmbruch bei Weizen. Nachrichtenblatt Dtsch. Pflanzenschutzdienst 16, 97 (1964).
8. Bonner, J.: Arch. Biochem., New York 17, 311 (1948).
9. Diercks, R.: Über die Bekämpfung der Halmbruchkrankheit des Weizens mit Chlorcholinchlorid. Z. Pflanzenkrankheiten (Pflanzenpath.) u. Pflanzenschutz 72, 257 (1963).
10. Ewald, E.: Die Wirkung unterschiedlicher Stickstoffdüngung auf Sommerweizen unter besonderer Berücksichtigung der Kornproteine und der Backqualität. Z. Pflanzenernährung, Düngg. u. Bdk. 108, 218 (1965).
11. James, W. O.: Endeavour, Juli 1954, S. 155 (London).
12. M apson, L. W.: Vitam. u. Horm., New York 11, 1 (1953).