

Wenn Kali nicht bei den Maispflanzen ankommt

Maisanbau auf kaliumfixierenden Böden in Bayern

von Burkart, J. Zscheischler, T. Diez¹⁾

Aus betriebswirtschaftlichen Gründen wurden Mitte der 60er Jahre großflächig in Flußauen gelegene Wiesen umgebrochen und ackerbaulich genutzt. Als auf den Umbruchflächen des Betriebes Koilshof bei Landshut (Isartal) trotz Verdoppelung der bisher üblichen Kaliumdüngung keine Normalerträge erreicht werden konnten und auch das laktatlösliche Kalium im Boden nicht anstieg, wandte sich der Betriebsleiter an Dr. Siebold, Landwirtschaftliche Beratungsstelle der Kali und Salz AG in Straubing. Ein 1. Vergleich, 1969 am Koilshof zu Körnermais durchgeführt, brachte erst mit 1 000 kg K_2O /ha normale Erträge. Damit wurde der Verdacht bestätigt, daß auf solchem Boden große Mengen des gedüngten Kaliums in nicht pflanzenverfügbarer Form festgelegt werden. Wie sich die Festlegung von Kali äußert und wie sie zu beheben ist, schildert dieser Beitrag.

Die Festlegung oder Fixierung des Kaliums vor allem in tonreichen Böden ist ein Vorgang, der in der Wissenschaft zwar seit langem bekannt war, dem aber kaum Bedeutung für die Praxis beigemessen wurde. Sie wird verursacht durch bestimmte Tonminerale, welche die Fähigkeit besitzen, zugeführtes Kalium in ihren Zwischenschichten so fest zu binden, daß es den Pflanzen nicht mehr zugänglich ist und auch von der normalen Bodenuntersuchung auf K nicht mehr erfaßt wird. Bei starker Bodendurchfeuchtung kann „frisch“ fixiertes Kalium zwar zum Teil wieder pflanzenverfügbar werden; aber sobald der Boden austrocknet, wird auch dieses Kalium wieder festgelegt.

Verbreitung und Merkmale Kali-fixierender Böden

Daß nicht der Tongehalt eines Bodens an sich für die K-Fixierung verantwort-

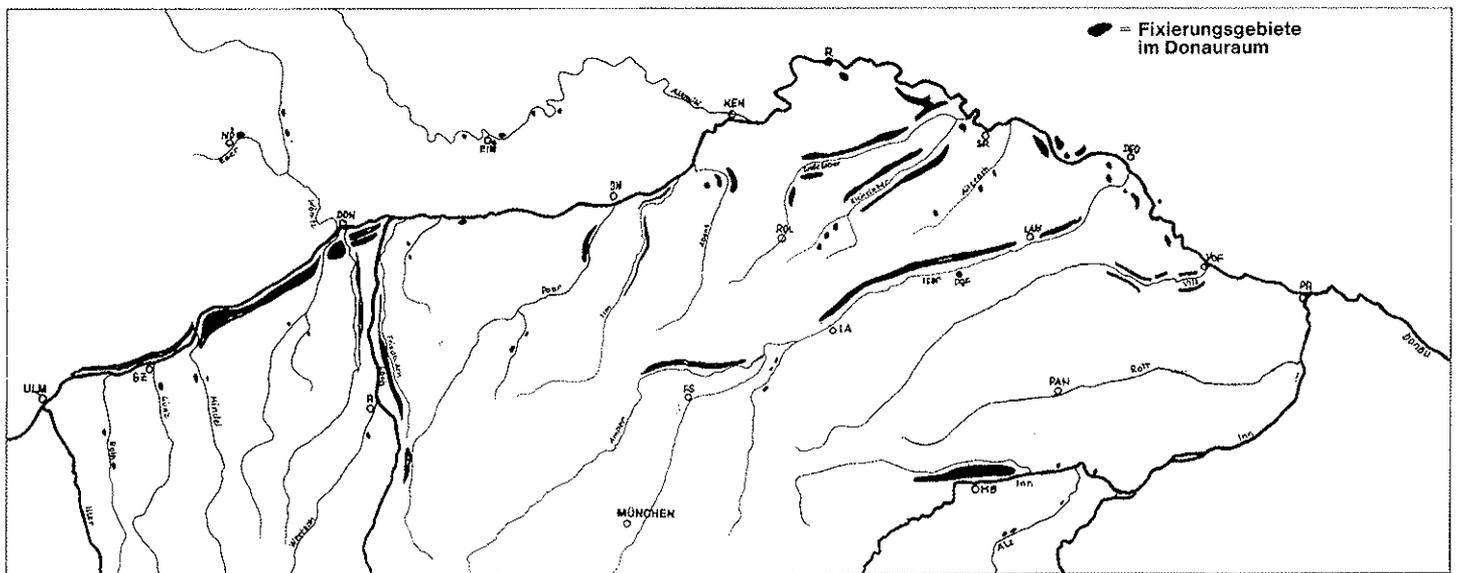
lich ist, sondern der Tonmineraltyp, beweist die Tatsache, daß K-Fixierung auf tonigen Keuper- und Jura-Böden praktisch unbekannt ist. Diese Tonböden sind von Haus aus sogar besonders kalireich. Die K-Fixierung ist eine typische Erscheinung toniger Aueböden in den Tälern der Donau und ihrer südlichen Nebenflüsse. Tonige Sedimente lagerten die aus dem Tertiärhügelland kommenden Flüßchen und die großen Alpenflüsse vor allem in ihrem gefälleschwachen Unterlauf ab, aber auch überall dort, wo sich die Täler verbreitern und die Fließgeschwindigkeit und damit die Schleppkraft der Flüsse abnimmt.

Im Talquerschnitt werden die Sedimente in der Regel vom Flußlauf zu den Talrändern immer toniger; entsprechend steigt auch die K-Fixierung der Böden. Stark K-fixierende Böden haben stets Tongehalte in der Größenordnung von 30 bis 50 % und häufig

einen hohen Humusgehalt. Der Humus selbst kann Kalium nicht fixieren, jedoch ist durch die humusbedingte Lockerheit die kapillare Wassernachlieferung dieser Böden manchmal gestört.

Bodentypologisch gehören die K-fixierenden Böden in die Reihe „Auenpelosol-Gley (\pm staunaß), Auengley, Auenanmoorgley“. In den Tälern der Donau und der großen Alpenflüsse sind die Sedimente zusätzlich meist stark kalkhaltig. Durch Flußregulierungen, Entwässerungen oder Eindeichung sind diese Böden heute weitgehend vor Überflutung geschützt und damit potentiell Ackerland. Ihr Flächenumfang wird auf etwa 50 000 bis 60 000 ha geschätzt. Bei einem Teil dieser Flächen sind die durch K-Fixierung verursachten Schäden mit dem Auge zwar noch nicht erkannt, bewirken aber trotzdem beträchtliche Ertragseinbußen, die man im Durchschnitt der Jahre bei Mais mit 30 bis 40 % ansetzen muß.

¹⁾ Dr. N. BURKART, Lehrstuhl für Pflanzenernährung der TU München-Weihenstephan (Direktor Professor Dr. A. Amberger).
Reg.-Dir. J. ZSCHEISCHLER, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau Freising (Präsident Dr. A. Kraus).
ORR. Dr. T. DIEZ, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau München (Präsident Dr. A. Kraus).



K-Mangelsymptome und K-Aufnahme bei Mais

Wird Mais auf kaliumfixierenden Böden mit üblicherweise angewandten Mengen Kalium gedüngt, so sind etwa nach Bildung des 4. bis 5. Blattes — wenn die Nährstoffe aus dem Maiskorn verbraucht sind beziehungsweise wenn die Wurzelentwicklung stärker wird — Welkeerscheinungen zu beobachten; d. h. die Blätter sind schlaff. Vom Rand her treten zuerst an den älteren Blättern Aufhellungen auf, die mit fortschreitendem Mangel braun und nekrotisch werden. Die Pflanzen bleiben gegenüber den voll mit Kali ernährten im Wuchs zurück und sterben schließlich auf stärker fixierenden Böden völlig ab.

Spätfröste, die in den tiefliegenden Auen besonders gefährlich sind, schädigen die jungen Maispflanzen mit zu geringem Salzgehalt in den Zellen natürlich besonders stark; völliges Erfrieren wurde häufig beobachtet.

Mais ist eine Pflanze, die nur ein relativ geringes Aneignungsvermögen

für Kalium besitzt. Da im Vergleich zu Getreide durch den Mais mehr Kali beansprucht beziehungsweise entzogen wird, wirkt sich hier K-Mangel auch optisch stärker aus. In der vegetativen Phase, besonders im Anfangswuchs und bei dem Wachstumsstoß bis zur Rispenbildung ist der Kalibedarf am größten. Deshalb muß dann auf solchen Böden ein Kaliüberschuß vorliegen, damit bei Trockenheit — Verstärkung der Fixierung — die Massentwicklung nicht gestört wird. Zur Vorbeuge sollte darum die K-Düngung unmittelbar zur Saat erfolgen. Eine Nachdüngung bleibt nur ein Notbehelf für Bestände, die K-Mangel erkennen lassen.

Wirkung der Kalidüngung auf die Kolbenausbildung und Ausreifung

Auf allen Versuchen mit Kali-Steigerung ließ sich beobachten, daß bei K-Mangel die Kolbenausbildung unvollständig war, an der Kolbenspitze waren zum Beispiel vielfach keine Körner ausgebildet. Darüber hinaus ver-

zögerte sich die Reife, d. h. gegenüber optimalgedüngten Parzellen waren bei zu schwacher K-Versorgung in den Silomaisbeständen die Maiskörner vielfach erst milchreif, während auf den vollentwickelten Beständen die Kolben bereits Teigreife erreicht hatten. In den Körnermaisversuchen ergaben sich entsprechend deutliche Unterschiede im Trockensubstanzgehalt in den Körnern im Zeitpunkt der Ernte.

Versuchsergebnisse bei Körnermais

Ertrag: Aus 23 Versuchen mit Kali-Steigerung, die von 1970 bis 1975 auf Standorten kalifizierender Böden — meist in Niederbayern — durchgeführt wurden, ergaben sich folgende durchschnittlichen Erträge:

Tabelle 1:

Maiserträge bei Steigerung der Kaligabe

dt/ha bei 14 % Wassergehalt (Relativ: ohne K = 100)			
NP	NPK ₃₀₀	NPK ₆₀₀	NPK ₉₀₀
28,2 (100)	59,3 (210)	72,1 (255)	71,3 (253)

Abb. 1 links: Stengelfäulebefall in Abhängigkeit von der Kalidüngung auf einem kaliumfixierenden Boden (Naßfixierung 45 mg K/100 g Boden)

Abb. 2 rechts: Entwicklung eines jungen Maisbestandes in Abhängigkeit von der Kaliumdüngung auf einem stark kaliumfixierenden Boden (Naßfixierung 93 mg K/100 g Boden)

Im Vordergrund links ist die ungedüngte und rechts die mit 300 kg K₂O/ha gedüngte Parzelle zu sehen. Erst mit einer höheren Düngung als 600 kg K₂O/ha ist eine deutliche Verbesserung des Pflanzenaufwuchses im Hintergrund zu erkennen.



Das Optimum lag also bei der Düngung mit 600 kg/ha K_2O . Eine Düngung mit 900 kg K_2O brachte zwar auf mehreren Standorten mit sehr starker Kalifixierung Höchstserträge, aber da diese Menge stets in einer Gabe ausgebracht wurde, verursachte die Höchstgabe im Durchschnitt eine gewisse Depression. Demnach sind so hohe Mengen nur bei nachgewiesener hoher Fixierung wirtschaftlich.

Standfestigkeit: Der Einfluß der Kalidüngung auf den Befall mit Stengelfäule, über den Dr. Siebold bereits in „mais“ 2/1975 berichtete, bestätigt sich auch im Maisrekordjahr 1975, wie aus den 3 Versuchen in Niederbayern hervorgeht. Erst bei K_2O -Mengen mit 600 kg/ha wurde die Stengelfäule entscheidend vermindert.

Düngungsempfehlungen

Eine Auswertung von 200 an der Bayerischen Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft in Weihenstephan im Jahre 1973 untersuchten kaliumfixierenden Bodenproben ergab, daß die Mehrzahl i rü ngswerte zwischen 25 und 50 mg/100 g Boden aufwies. Der Mais wird auf diesen Böden nach unseren Erfahrungen mit einer Flächendüngung in einer Gabe vor der Saat von 600 kg K_2O /ha ausreichend versorgt. Sind die Fixierungswerte höher als 50 mg K/100 g Boden, so muß die Flächendüngung zunehmend je nach Höhe der Fixierung bis auf 900 kg K_2O /ha gesteigert werden. Mit diesen Mengen wird nach unseren Ergebnissen aus mehreren Jahren das Optimum an Ertrag und Qualität erreicht.

In Betrieben, denen ein Reihendüngungsgerät zur Verfügung steht, kann die Kaliumdüngung durch die Verwendung von 5 dt/ha eines NPK-Düngers (z. B. 13/13/21) anstelle des sonst angewandten NP-Düngers reduziert werden. So genügen auf Böden mit niedrig s i Fixierungswerten als 50 mg K/100 g Boden zusätzlich 300 kg K_2O /ha in Form einer Flächendüngung. Ist die Fixierung stärker als 50 mg K/100 g Boden, so sollten bis zu 500 kg K_2O /ha zusätzlich zur oben angegebenen Reihendüngung ausgebracht werden.

Von einer Ausbringung des Kaliums im Herbst ist abzuraten. Es ist zwar keine Auswaschung zu befürchten, aber es muß mit einer Festlegung des gedüngten Kaliums über die Wintermonate hinweg gerechnet werden. Treten nach einem Wiesenumbuch in Unkenntnis die oben beschriebenen Kali-

Mangelscheinungen auf, dann ist als Sofortmaßnahme zur Rettung des etwa kniehoch herangewachsenen Bestandes eine Reihendüngung mit einem gekörnten Kalidünger in Höhe von 2 dz/ha unbedingt notwendig.

Wirkung der Bodenfeuchtigkeit auf die K-Verfügbarkeit

Eine Verminderung der Kaliumdüngung auf 300 bis 500 kg K_2O /ha in Form einer Flächendüngung ist auf niederschlagsreichen Standorten zum Beispiel im Voralpengebiet möglich. Durch ausreichende Bodenfeuchtigkeit wird die Verfügbarkeit des Kaliums so stark erhöht, daß wir zum Beispiel auf einem Versuchsstandort südlich von Erding mit einer Düngung von 900 kg K_2O /ha gegenüber 300 kg K_2O /ha im Jahre 1973 keine höheren Erträge erzielen konnten. Wenn in diesem Fall die hohe Kalidüngung nicht mehr wirtschaftlich war, so wurde dadurch immerhin doch ein Schritt zur schnelleren Absättigung der Kalifixierung getan! Umgekehrt sind auf niederschlagsarmen Standorten Zuschläge zu den oben gegebenen Empfehlungen zu machen. Aus diesem Grund wirkt sich auch eine Beregnung in Trockenperioden günstig auf die Kaliumaufnahme der Maispflanze aus.

Die Wasserleitfähigkeit kann aber auch durch mehrmaliges starkes Walzen der häufig zur Puffigkeit neigenden Böden nach der Saat wirksam verbessert werden. So konnten wir in einem Versuch trotz gleicher Werte für das austauschbare Kalium und der Kaliumnaßfixierung auf den gewalzten Parzellen gegenüber den ungewalzten wesentlich höhere Grünmasseerträge erzielen. Bei einem praktischen Silomais-Beispiel im Tal der Isen (Kreis Mühldorf) machte 1973 der Mehrerertrag allein durch Walzen nach der Saat bei gleicher Düngung ca. 2 300 kStE/ha aus.

Aufkalkung und Magnesiumversorgung

In einigen, schon vor längerer Zeit umgebrochenen Böden ist der pH-Wert bereits weit unter das für diese Böden anzustrebende Optimum abgesunken (zum Beispiel Koishof — pH-Wert 5,8 bei 50 % Tongehalt). Werden Calciumionen in Form einer Kalkung dem Boden zugeführt, so wird das auf kaliumfixierenden Böden an sich schon unausgewogene Kationenverhältnis noch schlechter, da Kalium mit Calcium um

die Aufnahme in die Pflanze konkurriert. In einem Gefäßversuch reagierte Mais eindeutig negativ auf eine Kalkzufuhr, Grünraps und Grünhafer zeigten keine geringeren Erträge.

Bei den genannten hohen Kalimengen stellt sich natürlich die Frage, ob dadurch die Mg-Versorgung des Bodens und damit auch des Maises, der eine reichliche Mg-Zufuhr benötigt, beeinträchtigt wird. Da die Bildung der Aueböden mit Mg-reichem Material (Dolomit aus den Kalkalpen) erfolgte, wiesen fast ausnahmslos alle Bodenproben aus den Fixierungsstandorten im Donaumoos hohe bis sehr hohe Mg-Werte auf.

Bodenuntersuchungen

Die Kalidüngung ist solange in dem oben beschriebenen Umfang durchzuführen, bis die Werte für das laktat-lösliche Kalium in der Bodenuntersuchung allmählich ansteigen. Die Kaliewerte liegen bei gravierender Fixierung meist unter 10 mg/100 g Boden (CAL-Methode) und überschreiten den absolut niedrigen Versorgungsbereich in der Regel erst nach einigen Jahren stärkerer Aufdüngung, je nach Höhe der Naßfixierung. Die letzteren Werte sind zwar auch nur Anhaltswerte, dennoch spiegeln sie den Absättigungszustand deutlicher wider als die CAL-Werte. Es ist deshalb eine wiederholte Untersuchung auf Naß-Fixierung empfehlenswert.

P f u l b et al empfehlen für Böden mit mehr als 25 % Ton 1 mg austauschbares K je g Ton in 100 g Boden (Al-Methode).

Rentabilität

Die angeführte optimale K-Menge von 600 kg K_2O /ha erscheint zunächst recht hoch beziehungsweise teuer. Wenn man zugrunde legt, daß bei niedriger K-Versorgung 300 kg/ha eine Normalgabe sind, so steht (siehe Tabelle Seite 24) dem durchschnittlichen Mehrertrag von rund 13 dt/ha Körnermais der Mehraufwand für 300 kg K_2O gegenüber:

13 dt K-Mais zu 45,— = DM 485,—
300 kg 50er Kali grob = DM 150,—
(+ Sack)
Gewinn pro ha = DM 335,—

Literatur:

- BRAUNSCHWEIG, L. C. v.: Die Auswirkung einer gezielten Kaliumdüngung verschiedener Böden unter Berücksichtigung ihrer Tongehalte, dargestellt an Feldversuchsergebnissen; Pflüg u. Spaten Nr. 6, 1975
BURKART, N.: Kaliumdynamik und Ertragsbildung kaliumfixierender Böden Südbayerns; Dissertation TH München-Weihenstephan 1975
HARTEL, E.: Was tun, wenn das Kali festliegt; Mitteilungen der DLG, 10, S. 270—274, 1973
HEMPLER, K.: Reihendüngung — mehr Sicherheit im Maisanbau; mais, 2, 8—12, 1975
PFULB, K., WIECHENS, K.: Ergebnisse von Kaliumdüngungsversuchen sowie Folgerungen für die Festlegung von Grenzwerten für die Beurteilung des Kaliumgehaltes von Mineralböden; Landw. Forsch., 25, 319—335, 1972
SIEBOLD, M.: Stengelfäule und Kalidüngung; mais, 2, 6—8, 1975
SIEBOLD, M.: Ertragsverluste auf Aueböden durch Kalifixierung; Pflüg u. Spaten Nr. 12, 1975

Tabelle 2: Einfluß der Kalidüngung auf die Stengelfäule

Düngung	Rannersdorf (Vilstal)		Niederlauter (Gr. Labertal)		Wallerkofen (Kl. Labertal)	
	Ertrag dt/ha	Stengelfäule %	Ertrag dt/ha	Stengelfäule %	Ertrag dt/ha	Stengelfäule %
NPK ₀	27,8	34	11,9	49	32,1	55
NPK ₃₀₀	72,2	19	67,8	44	58,5	37
NPK ₆₀₀	90,0	11	88,9	10	74,8	14
NPK ₉₀₀	86,2	10	92,7	9	78,5	7