

	ohne organische Düngung	mit organischer Düngung
ohne Phosphorsäure (KN)	33,9	62,3
mit Phosphorsäure (KPN)	59,0	68,9

Die Wirkung der Phosphorsäure führte zu einem sehr beachtlichen Ertragszuwachs, wobei durch eine kombinierte Düngung von Stallmist mit Phosphorsäure der Ertrag gegenüber nicht gedüngten Flächen gerade verdoppelt wurde. Dadurch, dass im ersten und zweiten Jahre nach der Inkulturnahme infolge der lebhaften Zersetzung der im Boden vorhandenen organischen Stoffe grössere Nährstoffmengen frei werden, wie schon bei der Besprechung der Stickstoffdüngungsversuche gezeigt wurde, darf man sich nicht verleiten lassen, ein paar Jahre den Dünger „sparen“ zu wollen. Der zumeist mit irdischen Gütern nicht besonders gesegnete Siedler ist gerne bereit, auf die Ausgaben für Düngung in den ersten Jahren zu verzichten. Es tritt nur zu leicht der Fall ein, dass der Boden nach dem weitgehenden Abbau der organischen Masse und der Festlegung der vorhandenen, bisher organisch gebundenen sowie der als Düngemittel zugeführten Phosphorsäure an Eisen und Aluminium in hohem Grade „passiv“ wird und es dann beträchtlicher Anstrengungen bedarf, einen derartig festgefahrenen Karren wieder in Gang zu bringen.

Unsere Vorschläge hinsichtlich der Überführung sauren Ödlandes in landwirtschaftliche Nutzung gehen auf Grund des in den letzten 5 Jahren an Versuchen Erprobten dahin, den Siedlern eine hohe Phosphorsäuredüngung, mittlere Stickstoff- und Kaligaben, eine vorsichtige, aber stetige Kalkzufuhr neben einer schwachen, aber wenn möglich alljährlichen Stallmistdüngung (etwa 100 dz/ha) zu empfehlen. Auf Böden mit überwiegendem Sandanteil empfehlen wir weniger scharf angreifende Kalkdüngemittel, wie kohleisernen Kalk, Hüttenkalk und Scheidenschlamm, wobei bei letzterem der recht beträcht-



Auf saurem Waldboden ist mit grossem Mangel an Phosphorsäure zu rechnen. Aufnahme: Dr. Brand

liche Gehalt an Phosphorsäure (rd. 1%) für die Ödlandkultivierung besonders zweckmässig erscheint. Auf die Wirkung einer selbst kleinen Gabe von Stallmist bzw. anderer organischer Wirtschaftsdünger sollte man nicht verzichten, um durch die kleine Initialzündung die Umsetzungen im Boden in erwünschter Masse zu fördern.

Unser Siedler hat die Ergebnisse unserer Düngungsversuche schon vom 2. Jahr ab in seinem Betrieb praktisch übernommen. Er hat den Zuckerrübenbau im Jahre 1951 mit Erfolg aufgenommen, ihn 1952 verstärkt, einige Kühe eingestellt und hat bereits in diesem Jahr zwei Drittel der Hackfruchtfläche mit Zuckerrüben bestellt. Es ist kaum damit zu rechnen, dass die von ihm bewirtschafteten Flächen die Rückschläge noch zeigen werden, die sonst so oft bei der Inkulturnahme von sauren Ödlandböden beobachtet werden und den wirtschaftlichen Erfolg einer Siedlung völlig zunichte machen können.

Prof. Dr. W. Sauerlandt
Institut für Humusforschung

Ersetzt Krillium die Bodenbearbeitung?

Die Zusammenhänge zwischen Bodenstruktur, Pflanzenwachstum und Bodenfruchtbarkeit verlassen mehr und mehr das Gebiet einer Spezialwissenschaft und beginnen Gegenstand allgemeinen Interesses zu werden. Hieran haben die alarmierenden Nachrichten über die Schäden durch Wasser- und Winderosion ebenso grossen Anteil wie die Warnungen über die abnehmende Fruchtbarkeit unserer alten Kulturböden infolge der zunehmenden Verschlechterung ihres Strukturzustandes. Beide Erscheinungen bedrohen die Grundlage der menschlichen Existenz, die Nahrungsproduktion, und es ist nur allzu verständlich, dass diese Nachrichten die breite Öffentlichkeit immer stärker aufhorchen lassen. Mögen auch viele dieser Nachrichten übertrieben oder sensationell aufgebaut sein, bestehen bleibt die Tatsache, dass die Fruchtbarkeit unserer Böden auf das engste mit dem Vorhandensein einer günstigen und dauerhaften Bodenstruktur verknüpft ist.

Die Bodenstruktur als Grundlage der Bodenfruchtbarkeit

Die Bodenstruktur ist gekennzeichnet durch die Grösse, die Form und die Anordnung der natürlich vorkommenden Bodenaggregate und Krümel.

In der Natur ist die Beständigkeit der Krümel nur begrenzt. In erster Linie sind es die Wirkungen des Wassers, die als „Regenkräfte“ an der Bodenoberfläche zu einer mechanischen Zerstörung der Krümel, zur Sortierung ihres Baumaterials und dessen geschichteter Ablagerung führen. So entstehen die Krusten, die nach schweren Regenfällen besonders die schweren Böden wie ein Panzer überziehen und durch krustenbrechende Ackergeräte beseitigt werden müssen. Tiefer im Boden werden die Krümel, bei Übersättigung mit Wasser, durch Verdünnung und Auswaschung der flockenden Elektrolyte und Zersetzung der verkittenden Substanzen zum Zer-

fließen gebracht und der Boden in eine dichtere Struktur überführt. Oft, besonders in feuchten Wintern, trägt auch der Wechsel von Frost und Auftauen zu einem Zerfall der Bodenaggregate bei.

In den letzten Jahren wurde durch zahlreiche Untersuchungen die Bedeutung der organischen Bestandteile des Bodens für eine dauerhafte Bodenstruktur erkannt und die seit altersher bekannte Erfahrung über die Bedeutung einer geregelten Humusversorgung für die Fruchtbarkeit unserer Ackerböden wissenschaftlich untermauert.

Die Durchforschung der organischen Substanz des Bodens nach krümelstabilisierenden Stoffen hat gezeigt, dass bestimmte Stoffe aus der Gruppe der Polysaccharide und Uronsäuren in dieser Hinsicht besonders wirksam sind. Sie entstehen als Stoffwechselprodukte bei bakteriellen Umsetzungen, werden an den anorganischen Bodenkolloiden adsorbiert und bilden so Kohlenstoffbrücken, welche die einzelnen Bodenteilchen zu Krümeln und Aggregaten verbinden. Die genannten Stoffe haben aber den Nachteil, dass sie dem bakteriellen Angriff wenig Widerstand bieten. Mit ihrer Zersetzung durch die Bakterien bricht auch die Bodenstruktur unter dem Einfluss von Frost und Niederschlägen zusammen. So ergibt sich eine starke Abhängigkeit der Krümelstabilität von den bodenbiologischen Prozessen, in deren Verlauf die Krümelbeständigkeit mit dem Auftreten dieser Stoffe ansteigt und bei ihrem Abbau wieder absinkt. Es war daher folgerichtig, nach Stoffen zu suchen, welche dieselben positiven Wirkungen auf die Krümelstabilität haben wie bakterielle Stoffwechselprodukte und Humusstoffe, jedoch eine grössere Widerstandsfähigkeit gegen bakterielle Zersetzung aufweisen.

Ein solcher Stoff wurde von den Chemikern der amerikanischen Monsanto Chemical Company in Form der Polyacrylsäure gefunden und unter dem Namen „Krilium“ auf den Markt gebracht. Diese Entdeckung erregte in der Presse berechtigtes Aufsehen und drängte teilweise sogar die Politik aus den Schlagzeilen – ein einmaliger Fall in der Geschichte der Bodenkunde!

Krilium ein Krümelstabilisator

Vom Standpunkt der Bodenbearbeitung verdienen die krümelstabilisierenden Eigenschaften des Kriliums besonderes Interesse, weil alle Bearbeitungsverfahren – sei es mit Pflug, Grubber, Egge oder Fräse – eine oft nur wenig dauerhafte Bodenlockerung erzielen und aus diesem Grunde periodisch wiederholt werden müssen. Der Zusatz von Stoffen zum Boden, welche die durch Bearbeitung erzielte Struktur dauerhafter gestalten, könnte daher möglicherweise eine Steigerung der Wirksamkeit und eine erhebliche Vereinfachung und Verbilligung der Bodenbearbeitung bedeuten. Das trifft sowohl für Bodenbearbeitungsverfahren mit meliorativem Charakter, wie z.B. die Lockerung verdichteter Untergrundsichten, als auch für die Krümbearbeitung zu.

Bei diesen Betrachtungen darf jedoch die Tatsache nicht ausser Acht gelassen werden, dass neben der Verdichtung des Bodens durch die Einflüsse des Niederschlagswassers auch durch die rein mechanischen Verfestigungen, wie sie von Zugtieren, Ackergeräten und Erntemaschinen hervor-

gerufen werden, ein grosser Teil der Bodenkrümelung vernichtet wird und im Bereich der normalen Bodenfeuchte auch durch Krümelstabilisatoren nicht verhindert werden kann. Die Druckwirkungen schwererer Schlepper, besonders aber beladener Gummwagen und schwerer Erntemaschinen reichen bis zur Bearbeitungsgrenze. Solche mechanischen Verfestigungen können in erster Linie nur durch mechanische Bearbeitung beseitigt werden und machen gegebenenfalls eine tiefe Lockerung durch den Pflug notwendig. Eine Verringerung an Arbeitsaufwand bei der Bodenbearbeitung durch Anwendung krümelstabilisierender Stoffe wäre nur dann denkbar, wenn das Krilium die natürliche Fähigkeit des Bodens, in Krümel und Aggregate zu zerfallen, steigern würde.

Die bisher bekannt gewordenen Ergebnisse zeigen aber, dass die Verwendung des Krilium im Gegenteil besonders hohe Anforderungen an die Qualität der Bodenbearbeitung stellt. Seine krümelverbauende Wirkung scheint an zwei Voraussetzungen gebunden zu sein, nämlich an das Vorhandensein von Krümeln, auf deren Beständigkeit es einwirken kann, und an eine möglichst innige Vermischung mit diesen Krümeln. Wird diese zweite Voraussetzung nicht erfüllt und eine schlechte Durchmischung mit dem Bodenmaterial erzielt, dann können durch örtlich zu hohe Konzentrationen unerwünschte Gummierungen und Verkleisterungen des Bodenmaterials eintreten. Deshalb erfolgte die Krümelung des Bodens und die Einmischung des Kriliums beideneigenen Feldversuchen, welche die günstigsten Ergebnisse brachten, bezeichnenderweise mit der Fräse. Die Fräse vereint durch ihre rotierende Arbeitsweise eine intensive Krümelung des Bodens mit gleichzeitiger starker Durchmischung und erfüllt so beide Voraussetzungen. Der Pflug dagegen leistet infolge seiner wendenden Arbeitsweise keine so intensive Einmischung.

Untersuchungen mit Krilium

Die Krümelbildung nimmt ihren Anfang bei der Bildung von Mikroaggregaten, die durch die flockende Wirkung von Elektrolyten verursacht wird. Diese

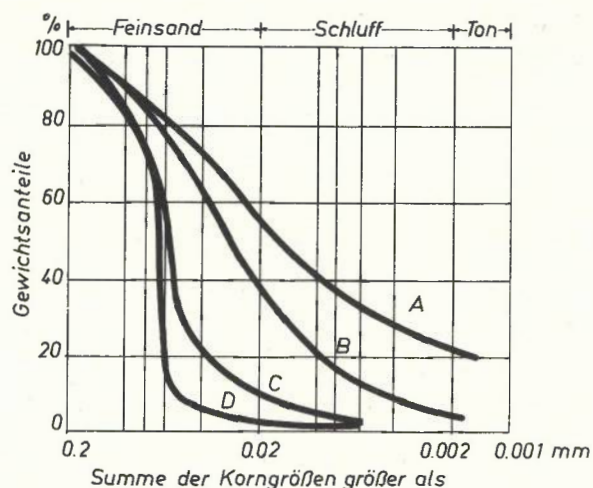


Abb. 1
Einfluss des Krilium auf die Bodensuspension eines sandig-tonigen Lehms.

A Lithiumkarbonat 0,1 % C Krilium 0,1 %
B Wasser D Krilium 0,5 %

Erscheinung kann in Bodensuspensionen gut beobachtet werden. Daher interessierte zunächst die Frage, welche Wirkungen das Krilium in dieser Hinsicht auf die feineren Fraktionen einer Bodensuspension hervorruft.

In Abb. 1 ist der Einfluss eines Zusatzes von 0,1% und 0,5% Krilium zu einem sandig-tonigen Lehm dargestellt. Das Krilium hat im Vergleich zur Wasserbehandlung die Tonfraktion vollständig „ausgeflockt“ und auch den Anteil der Schlufffraktion um 2/3 verringert. Dagegen ist der Anteil der Fraktion von 0,2–0,02 mm von 64% auf 89 bzw. 96% angestiegen. Das Krilium hat die Dispergierung der Bodensuspension bis zur Schluff- und Tonfraktion durch intensive Bildung von Mikroaggregaten verhindert. Diese Eigenschaft ist für die Verhinderung von Verschlämmungen an Bodenoberflächen, die im Grunde auch Dispergierungserscheinungen sind, von grosser Wichtigkeit.

Die Wirkung des Krilium auf die Wasserfestigkeit von grösseren Bodenaggregaten und sein Einfluss auf die Entstehung von Krümeln wurde an Bodenformlingen aus einem reinen Sandboden, einem humosen Sand, einem Löss und einem sandig-tonigen Lehm untersucht. Bei den Sandböden wurde die Fraktion unter 2,0 mm, bei den letzteren beiden die Fraktion unter 0,2 mm für die Untersuchungen ver-

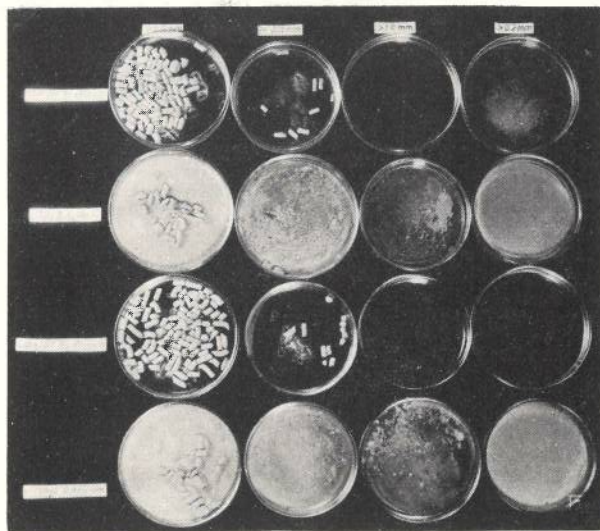


Abb. 2

Wirkung des Krilium auf die Wasserbeständigkeit von Krümeln bei Löss und sandig-tonigem Lehm. (Die Krümel der Klasse 2 mm gehören noch zur Klasse 5 mm.)

wendet. Zur Herstellung der Bodenformlinge wurde der trockene Boden mit 0,1% Krilium 2 Stunden geschüttelt, mit einer Nebeldüse auf 15 Gew.% gleichmässig angefeuchtet und auf bestimmte Porenvolumina gepresst. Nach langsamer Trocknung wurden die Formlinge in gröbere Aggregate zerschlagen, erneut auf einen Feuchtigkeitsgehalt von ca. 16 Gew.% gebracht und nach 1 Tag dem Tauchverfahren nach Meyer-Tjulin unterworfen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen in Tab. 1 zeigen die sehr starke Wirkung des Krilium auf die Wasserstabilität der Aggregate bei den beiden Sandböden und dem Löss.

Tabelle 1

Wirkung des Krilium auf die Wasserbeständigkeit von Bodenformlingen aus verschiedenen Bodenarten

(Porenvolumen der Formlinge 45 Vol%)

a) Sandboden (Krume)	Anteil der beständigen Krümel in % der Einwaage				Insgesamt
	Beh.	> 5 mm	5–2 mm	2–1 mm	
ohne Krilium	0	0	0	0	0
0,1% „	69.5	14.0	1.0	1.0	85.5
b) Sandboden (U-Grund)					
ohne Krilium	0	0	0	0	0
0,1% „	76.0	10.0	0.7	1.4	88.1
c) Löss					
ohne Krilium	0	0	0	6.2	6.2
0,1% „	92.5	2.5	0.5	1.0	96.5
d) Sandig-toniger Lehm					
ohne Krilium	8.0	4.0	1.2	18.0	31.2
0,1% „	23.0	6.0	1.5	12.0	42.5

Zum Tauchen wurden Aggregate der Grösse 5–8 mm verwendet.

Die unbehandelte Reihe weist nur beim Löss eine schwache Wasserfestigkeit der Aggregate auf, bei dem Sandboden blieben nach dem Tauchen keine Aggregate zurück. Bei der behandelten Reihe hat der Kriliumzusatz die Wasserfestigkeit der Aggregate soweit erhöht, dass bei den Sandböden und dem Löss 70–90% der zum Tauchen verwendeten Formlinge von 5–8 mm Ø keinen Zerfall aufweist und weniger als 2% bis zur Grösse 2–0,2 mm zerfielen. Die sorgfältige Mischung mit dem Boden und die gleichmässige Packung durch die Vorbehandlung haben das Krilium also selbst bei praktisch kolloidfreiem Boden zur Wirkung gebracht. Dies deutet darauf hin, dass Krilium bei entsprechender Vorbehandlung auch kolloidarme Böden bindet.

Beim sandig-tonigen Lehm tritt die Wirkung des Krilium nicht so deutlich in Erscheinung wie beim Sand und Löss. Dies liegt, wie die folgenden Ergebnisse zeigen, an dem für die Kriliumwirkung anscheinend zu niedrigen Wassergehalt von 15–18 Gew.% bei der Herstellung und Vorbehandlung der Formlinge sowie an der zu kurzen Benetzungszeit vor dem Tauchsieben.

Der Einfluss der Benetzungsdauer auf die Wasserbeständigkeit kriliumbehandelten Bodens ist aus

Tabelle 2

Einfluss der Benetzungsdauer vor dem Tauchsieben auf die Wasserbeständigkeit kriliumbehandelter Formlinge

Benetzungsdauer	Anteil der beständigen Krümel in % der Einwaage				Insgesamt
	> 5 mm	5–2 mm	2–1 mm	1–0,2 mm	
3 Stunden	10	6.0	3.3	19.0	38.3
1 Tag	21.0	6.0	3.5	18.0	48.5
3 Tage	48.0	5.0	2.5	14.0	69.5
7 Tage	65.5	4.0	1.5	9.0	80.0

Tab. 2 ersichtlich. Die Aggregate wurden nach der Anfeuchtung auf 16 Gew.% nach 3 Stunden, 1 bzw. 3 und 7 Tagen untersucht. Mit länger werdender Benetzungszeit ist die Wasserbeständigkeit der Aggregate wesentlich gestiegen und hat wahrscheinlich auch nach 7 Tagen noch nicht das Maximum erreicht. Anscheinend ist auf schwereren Böden bei mittleren Wassergehalten eine längere Zeit erforderlich, bis das Krilium gegen die Saugkräfte des Bodens genügend Wasser zur Quellung aufgenommen hat, um eine stärkere Bindung der Krümel zu bewirken.

Tabelle 3

Einfluss des Krilium auf die Wasserbeständigkeit von Bodenformlingen, hergestellt aus Bodenbrei

Beh.	Anteil der beständigen Krümel in % der Einwaage				Insgesamt %
	> 5 mm	5-2 mm	2-1 mm	1-0.2 mm	
a) Löss					
ohne Krilium	51.5	3.5	2.5	22.5	80.0
0,1% „	98.5	0	0	0	98.5
b) Sandig-toniger Lehm					
ohne Krilium	38.0	4.5	1.5	33.4	77.4
0,1% „	97.0	0	0	0.5	97.5

Der Einfluss eines hohen Wassergehaltes während der Vorbehandlung auf die Wirkung des Krilium ist aus Tab. 3 ersichtlich. Der Lössboden und der sandig-tonige Lehm wurden nach der Beimischung von

Krilium zu einem zähflüssigen Brei verrührt und in einer Handspritze langsam durch eine 5 mm Düse gepresst. Die so gebildeten Fäden wurden in entsprechende Formlinge geteilt und nach 1 Tag mit 15 Gew.% Wasser getaucht. Die Ergebnisse zeigen im Vergleich mit Tab. 1, dass ein ausreichender Wassergehalt, besonders beim sandig-tonigen Lehm, für die Wirkung des Krilium von grosser Wichtigkeit ist.

Unter den Faktoren, die im Boden zur Bildung von Aggregaten führen, spielt die wiederholte Befeuchtung und Trocknung eine wichtige Rolle. Diese Einflüsse verursachen das Quellen und Schrumpfen des Bodens und bewirken durch Erzeugung von Spannungszuständen das Zerteilen des Bodens in mehr oder weniger grosse Schollen und Aggregate. In der Natur gehen diese Vorgänge unter dem Einfluss des Niederschlags, der Temperatur und des Wasserentzuges durch die Vegetation ständig vor sich und geben dem Boden im Zusammenwirken mit biologischen Faktoren und der Bearbeitung eine bestimmte Struktur. Je mehr ein Boden unter dem Einfluss der Befeuchtung und Trocknung zur Strukturbildung mit feineren Aggregaten neigt, umso mehr wird seine mechanische Bearbeitung erleichtert. Um einen ersten - mehr qualitativen - Einblick in die Wirkung des Krilium auf diese Vorgänge zu gewinnen, wurden entsprechend behandelte Bodenpasten in 5 mm dicken Schichten auf eine Unterlage gebreitet und mehrfach langsamer Trocknung von oben und anschliessender Befeuchtung ausgesetzt. In jeder Periode wurde der Quellungs- und Schrumpfungszustand der Proben fotografisch festgehalten.

Bildfolge 3

feucht

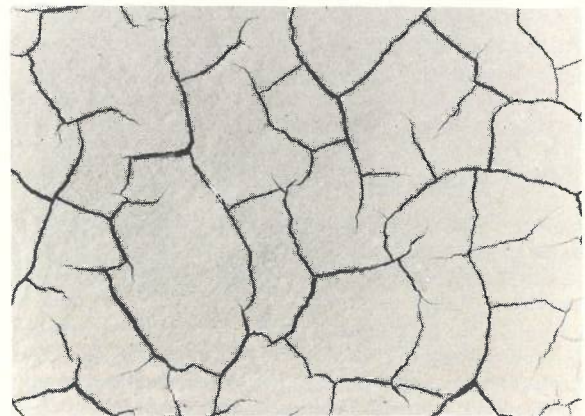
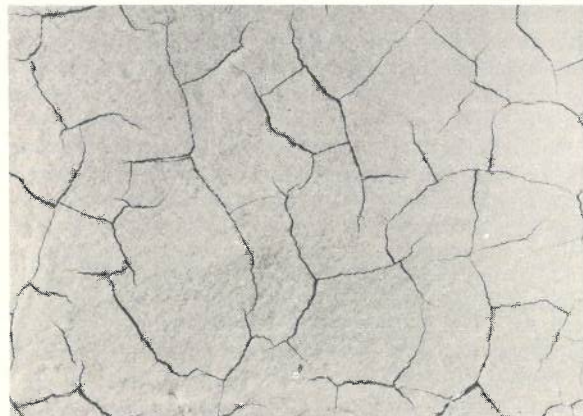
Löss

trocken

ohne Krilium



0,1% Krilium



feucht

Sandig-toniger Lehm

trocken

Aufnahme: Verfasser

ohne
Krilium0,1%
Krilium

In den Bildfolgen 3 und 4 ist der Zustand des Lössbodens und des sandig-tonigen Lehmes im Stadium der Quellung und im Stadium der Schrumpfung nach mehrfacher Wiederholung des Vorganges festgehalten.

Beim Lössboden hat der Kriliumzusatz die Rissbildung bei der Trocknung erhöht. Dies deutet auf eine Verstärkung der Schrumpfung und damit auch auf eine stärkere Zerteilung des Bodens in Aggregate hin. Beim Benetzen schlossen sich die Risse des unbehandelten Bodens sehr schnell und vollständig, während der behandelte Boden von feinen Rissen durchzogen blieb.

Der unbehandelte sandig-tonige Lehm zeigte im geschrumpften Zustand unregelmässig gezahnte Risse, die sich nach der Befeuchtung völlig schlossen und nur durch ihre Konturen angedeutet blieben. Im kriliumbehandelten Boden dagegen waren die Risse gerade, breiter und zeigten eine gewisse Regelmässigkeit. Nach dem Benetzen schlossen sie sich, genau wie beim Löss, auch nach längerer Einwirkung des Wassers nicht ganz.

Krilium ersetzt Bodenbearbeitung nicht

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Krilium infolge seiner Quellfähigkeit bei kolloidarmen Böden die Aggregatentstehung etwas fördert, bei kolloidreichen Böden dagegen kaum. Krilium ist daher weniger ein Aggregatbildner, sondern vielmehr ein „Krümelkleber“, der aber gleichzeitig das Zusammenfallen der Struktur bei starker Durchfeuchtung verhindert. Diese Eigenschaft ist wesentlich, weil

durch das Offenhalten der Spalten und Risse zwischen den Aggregaten eine schnellere Drainage des überschüssigen Wassers ermöglicht wird und der Boden eine höhere Luftkapazität behält, die für alle Vorgänge im Boden und für das Pflanzenwachstum von grosser Bedeutung ist.

Für die Bodenbearbeitung bedeutet das Nichtzusammenfallen der Krümel, dass der Bereich der Feuchtigkeit, in dem auf schweren Böden noch eine befriedigende Arbeit der Geräte zu erwarten ist, in den Bereich höherer Bodenfeuchte ausgedehnt wird, weil das schädliche Verschmieren des Bodens auch bei nassem Boden nicht so leicht eintreten wird.

Soweit aus den bisher durchgeführten Untersuchungen und den Ergebnissen anderer Autoren festgestellt werden kann, vermögen also Krilium oder ähnliche, die Struktur beeinflussende Stoffe eine durch mechanische Bodenbearbeitung erzielte günstige Struktur entgegen den atmosphärischen Einflüssen beständig zu erhalten. Dagegen liegen bisher keinerlei Anhaltspunkte dafür vor, wie weit die Anwendung von Krilium Bodenbearbeitungsmassnahmen zu ersetzen oder zu erleichtern vermag, die aus anderen acker- und pflanzenbaulichen Gründen durchgeführt werden müssen.

Im augenblicklichen Stadium sind somit Krilium oder andere, ihm verwandte Stoffe Verbindungen, welche die Wissenschaft interessieren und zum Studium anregen müssen, die breite Praxis aber vorerst noch nicht beschäftigen sollten.

Dr. W. Czeratzki
Institut für Bodenbearbeitung