

PHÄNOMEN – BODENFROST

Wenn im Winter der Boden von Schnee und Eis bedeckt ist, denkt der Landwirt mit Sorge, ob seine Saaten den Winter gut überstehen und nicht auswintern (**Bild 1**). Die unter dem Begriff „Auswinterung“ zusammengefaßten Schäden haben recht verschiedene Ursachen. Einmal schadet der Frost den Pflanzen unmittelbar durch sehr hohe Kältegrade (Eistod), dann aber auch durch die Wirkungen, welche er auf die Struktur des Bodens ausübt. Diese, durch Bodeneinflüsse verursachten Schäden sind nicht immer an eine bestimmte Höhe der Frosttemperatur gebunden, sondern hängen von der Zusammensetzung, dem Wassergehalt und der Lagerung des Bodens sowie dem Verlauf der Frostperiode ab.

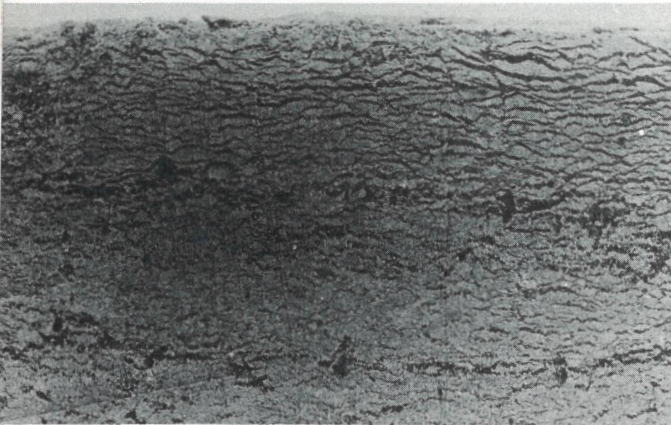
Die Erscheinungen beim Frieren des Bodens erklären sich aus der Tatsache, daß Eis — genauso wie jeder andere Kristall — ohne Verunreinigung kristallisiert und weiter wächst, solange freie Wassermoleküle zur Verfügung stehen oder durch „Kristallisationskräfte“ angezogen werden. Diese Vorgänge bewirken, daß beim Frieren des Bodens sich das Eis von der Bodensubstanz trennt und das Bodenwasser sich außerdem in Richtung der wachsenden Eiskristalle bewegt.

Der entscheidende Faktor für die Erscheinungen um das Phänomen Bodenrost ist die Bodenart. Sie bestimmt über die Porensaugkräfte nicht nur die Temperatur, bei der das im Boden verschieden stark gebundene Wasser zu Eis erstarrt, sondern auch die Geschwindigkeit der Wasserbewegung zur Frostzone. Im Sandboden, wo die groben Poren nur geringe Saugkräfte ausüben, erstarrt fast der ganze Wasservorrat bei $\pm 0^\circ \text{C}$, ohne daß dabei aus der Umgebung zusätzliches Wasser zur Frostzone gefördert wird; meist wird sogar durch die Ausdehnung des Eises um 9% noch Wasser aus dem frierenden Boden verdrängt. Da der Sandboden bei diesem Vorgang keine makroskopisch sichtbare Veränderungen erfährt, bezeichnet man die entstandene Froststruktur als homogen.

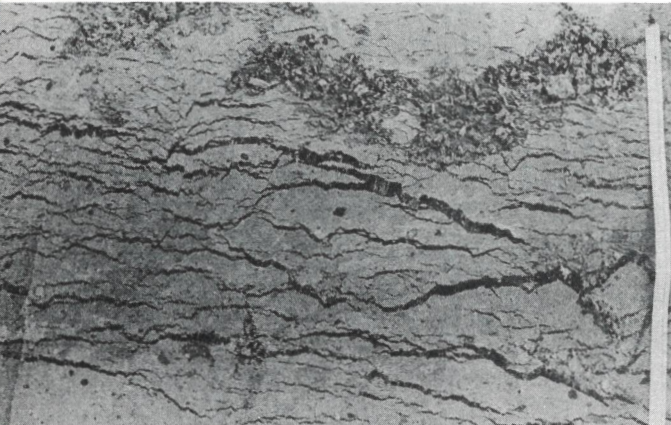
Anders liegen die Verhältnisse in den feinsand- und schluffhaltigen Böden. Hier wird infolge der besseren kapillaren Leitfähigkeit zusätzliches Wasser in die Frostzone gefördert. Infolgedessen reicht der vorhandene Porenraum zur Aufnahme des entstehenden Eises nicht aus, das sich deshalb in Schichten zwischen das Bodenmaterial lagert. So entsteht eine horizontalschichtige Anordnung von Eislinsen, die im Löß besonders charakteristisch ausgeprägt ist (**Bild 2 und 3**). Eine weitere Form des Bodenrostes tritt in Tonböden auf. Sinkt infolge des Tongehaltes die Beweglichkeit des Bodenwassers und damit auch die Möglichkeit einer stärkeren Wassernachlieferung zur Frostzone, dann können die Eisschichten nur aus dem unmittelbaren Vorrat an freiem oder schwach gebundenem Wasser gebildet werden, wobei durch die damit verbundene Entwässerung des Tones auch Schrumpferscheinungen von Bedeutung für die Form der Froststruktur werden. Das Ergebnis dieser Vorgänge ist eine polygonale Froststruktur (**Bild 4**). Die Froststruktur ist jedoch auch von der Geschwindigkeit des eindringenden Frostes abhängig. In Bild 5 ist die dicke Eisschicht an der Bodenoberfläche durch sehr langsames Frieren entstanden, dagegen sind die feinen Eisschichten das Ergebnis einer schnelleren Frosteindringung. Selbst der Temperatur-



1



2



3



4



5 (links unten)



6

gang eines Frosttages spiegelt sich in der Froststruktur wider. Während der kalten Nachttemperaturen entstehen feine Eisschichten, dagegen begünstigen die milderen Tagstemperaturen die Bildung dickerer Eislinsen (**Bild 6**).

Die Anlagerung des zusätzlich gehobenen Wassers in der Frostzone als Eis hat auch eine entsprechende Hebung des Bodens zur Folge. Das Ausmaß dieser Hebung ist von den verschiedensten Faktoren, wie der Bodenart, dem verfügbaren Wasser und der Frosttemperatur abhängig.

Besonders wichtig sind die Hebungerscheinungen, die beim langsamen Frieren von sehr feuchten Bodenflächen auftreten. Da zuerst die über die Oberfläche ragenden Krümel frieren, strömt das Bodenwasser zu ihnen und verursacht beim Übergang in Eis ein starkes Wachsen der Krümel nach oben (**Bild 7**). Auf diese Weise bedeckt sich der Boden während einer Frostnacht mit vielgestaltigen pilz- oder säulenförmigen Gebilden (**Bild 8**). Unter besonders günstigen Verhältnissen kommt es zur Bildung von feinen Eisnadeln, die einzeln oder in Bündeln entstehen und auf ihrer Spitze oft kleine Steinchen oder Erdklümpchen tragen (**Bild 9**). Dieses „Kamm- oder Fibereis“ gehört zweifellos zu den reizvollsten Eisbildungen im Boden. Für den Landwirt kann diese Erscheinung jedoch mit schweren, wirtschaftlichen Schäden verbunden sein, weil sie das gefürchtete „Aufrieren“ der Saaten mit sich bringt. Sind nämlich infolge zu flacher Saat Keimpflanzen in solchen sich hebenden Bodenstellen enthalten, so werden sie mit hochgezogen. Ihre Wurzeln reißen ab und die Pflanzen können, wenn — wie im zeitigen Frühjahr — Frieren und Tauen mit dem Tagesgang der Temperatur häufig miteinander abwechseln, vollständig aus dem Boden gezogen werden (**Bild 10**).

Zu den Ärgernissen des Landwirtes zählen die Steine in seinem Acker und oft scheint es ihm, daß sich ihre Zahl trotz fleißigen Sammelns nicht entsprechend verringert. Man hört deshalb häufig die Ansicht, daß die Steine im Boden „wachsen“. Obwohl sie das zweifellos nicht tun, läßt sich trotzdem das Auftreten immer neuer Steine in der Ackerkrume zwanglos erklären. Trifft nämlich der Frost auf einen Stein, so wird er infolge seiner wesentlich höheren Temperaturleitfähigkeit etwas schneller auf die Frosttemperatur abgekühlt als der umgebende Boden. Der Stein friert am Boden fest und wird bei der später einsetzenden Hebung des umgebenden Bodens mitgezogen, so daß unter dem Stein ein Hohlraum entsteht (**Bild 11**). Die Größe der Hebung läßt sich oft am Eisüberzug in der Steinbettung erkennen (**Bild 12**). Da beim Auftauen der Stein meist nicht in seine alte Lage zurückfällt, wandert er im Laufe der Zeit langsam aus dem Unterboden in die Ackerkrume hoch.

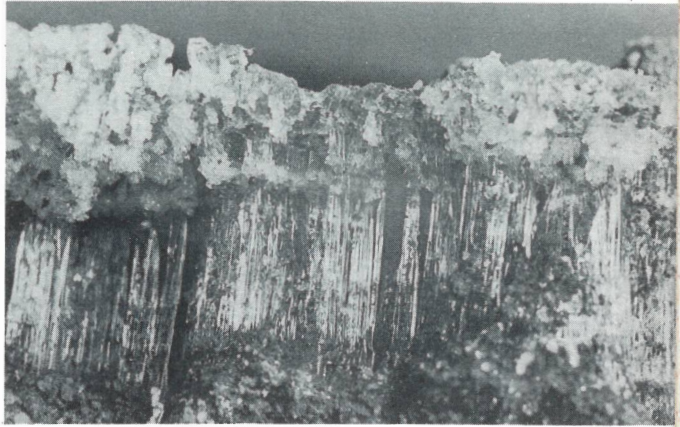
Obwohl an den geschilderten Beispielen nur ein begrenzter Teil der Frostwirkungen im Boden gezeigt werden konnte, veranschaulichen sie doch, welche Bedeutung der Frost für den Ackerbau in unserem Klima hat und wie wichtig es deshalb für den Landwirt ist, Genaueres hierüber zu wissen.

7

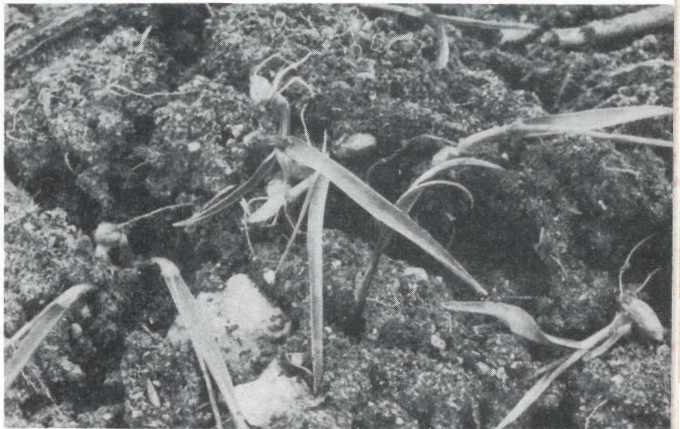
(rechts unten) 12



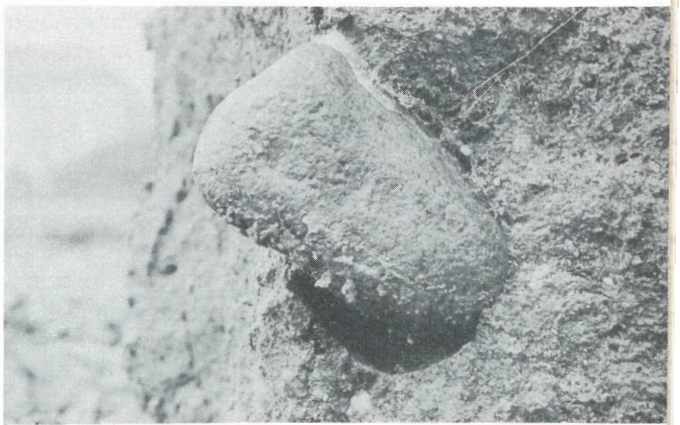
8



9



10



11

