



Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage

Fleischer, Moritz

Berlin, 1922

§ 95 bis 99. Das Verhalten des Bodens gegen die Wärme

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78696](https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hbz:466:1-78696)

(CO₂) ist von allen hier in Frage kommenden Luftarten die schwerste; es vermischt sich am langsamsten mit den übrigen Luftbestandteilen, und auch deswegen ist die Bodenluft stets reicher daran als die atmosphärische Luft. Endlich wird der Luftwechsel im Boden durch Verdunstung des Bodenwassers und durch Eindringen von atmosphärischen Wasser im den Boden gefördert. Durch die Bodenwasserverdunstung wird ein großer Teil der Bodenhohlräume dem Eindringen der atmosphärischen Luft geöffnet. Das auf den Boden fallende und einsickernde Regenwasser bereichert durch den eigenen Gehalt an Luftsauerstoff, besonders aber dadurch den Boden, daß es beim Einsickern eine saugende Wirkung auf die atmosphärischen Gase ausübt.

§ 94.

Einfluß menschlichen Eingreifens auf die Durchlüftung des Bodens. Es liegt auf der Hand, daß alle auf die Herstellung des Krümelzustandes und auf sonstige Lockerung des Bodens gerichteten Maßnahmen, wie Pflügen, Eggen, Hacken, das Einbringen von auflockernden Materialien (von frischem strohigen Stalldünger, groben Torfstücken u. dgl.), ferner das Durchbrechen sehr dichtgelagerter Bodenschichten (z. B. des Tones, des Ortsteins, des Raseneisensteins), endlich eine tiefere Wassersenkung, das Eindringen der atmosphärischen Luft erleichtern müssen¹⁾. In ähnlicher Weise, wie es durch den Regen geschieht, sucht man auch durch die seitliche Zufuhr von Wasser über die Bodenoberfläche („Berieselung“) den Boden mit Luftsauerstoff zu versorgen. Je mehr Luftsauerstoff das Rieselwasser vorher aufnehmen konnte, um so wohltätiger wird nach dieser Richtung hin seine Wirkung sein (§ 92).

§ 95.

Das Verhalten des Bodens gegen die Wärme. Das Gedeihen der Pflanze ist an gewisse Wärmegrade gebunden, unterhalb und oberhalb deren ihre Lebenstätigkeit gefährdet wird und aufhört. Die ihr zur Verfügung stehende Wärmemenge richtet sich einerseits nach den örtlichen klimatischen Verhältnissen, anderseits nach der Beschaffenheit des Bodens, den man als einen von den Sonnenstrahlen gespeisten Wärmebehälter²⁾

¹⁾ In neuerer Zeit wurde zur Förderung der Bodendurchlüftung vom Oberlandmesser Friedersdorf ein Verfahren ausgearbeitet, welches durch ein Netz von Dränröhren eine Luftbewegung im Boden bewirken soll. Siehe darüber die Ausführungen von Geh. Reg.-Rat Krüger - Berlin, D. Landw. Presse 1912 Nr. 53, und von Baurat Mierau, Mitt. d. Ver. z. Förd. d. Moork. Jahrg. 1913, S. 2.

²⁾ Allerdings besitzt die Erde auch eine gewisse, nur zum Teil von den Sonnenstrahlen bedingte Eigenwärme, die sich (im Mittel der Beobachtungen auf 30 m je um 1° zunehmend) in größeren Tiefen sehr bemerklich macht, aber

ansehen kann. Je mehr Wärme dieser aufnimmt, je mehr er davon für die Pflanzen verfügbar hält, um so wohler werden sich die letzteren im allgemeinen befinden.

Absorption der Sonnenstrahlen. Der Boden empfängt unter sonst gleichen Verhältnissen¹⁾ von der Sonne um so mehr Wärme, je günstiger seine Lage zu den auffallenden Sonnenstrahlen und je größer sein Absorptionsvermögen für die letzteren ist. Gegen *Süden* und *Osten* geneigte Flächen werden stärker von der Sonne bestrahlt als *nördliche* und *westliche* Hänge und müssen daher im allgemeinen wärmer sein als die letzteren²⁾. Die Strahlenmenge, die vom Boden aufgenommen und zu seiner Erwärmung verwendet wird, richtet sich nach der Beschaffenheit der Bodenoberfläche. Je *rauher* die Oberfläche, um so mehr Bodenteilchen können durch die Sonnenstrahlen Wärme empfangen, je *dunkler* ihre Farbe, um so mehr Strahlen werden von ihr absorbiert und in Wärme umgesetzt³⁾.

§ 96.

Die von den Sonnenstrahlen der Erdoberfläche mitgeteilte Wärme pflanzt sich durch *Leitung* in die tieferen Bodenschichten fort, und zwar den Pflanzen an der Oberfläche nur in Ausnahmefällen zugute kommen dürfte. Ferner wird durch die unablässige, insbesondere im *gedüngten* Boden sich vollziehenden chemischen Umsetzungen Wärme erzeugt, deren Mengen aber wahrscheinlich gleichfalls so unbedeutend sind, daß wir sie unberücksichtigt lassen können. Auch durch physikalische Vorgänge kann eine Erwärmung hervorgerufen werden. So entwickelt sich bei der Aufnahme von Wasser durch trockenen Boden infolge der hierbei stattfindenden Verdichtung des Wassers an der Oberfläche der Bodenbestandteile Wärme, die man nach A. Mitscherlich als „*Benetzungswärme*“ bezeichnet. Ihre Menge ist von der Art, Form und Größe der Bodenbestandteile abhängig, aber zu gering, um für den Pflanzenwuchs in Frage zu kommen. Ihre Bestimmung bietet jedoch ein brauchbares Maß für die Größe der Bodenoberfläche (Summe der Oberflächengrößen sämtlicher festen Bodenteilchen), deren Feststellung für zahlreiche Zwecke der Bodenkunde wünschenswert ist (s. u. a. die Ausführungen über die Kolloide).

¹⁾ Es wird hier von den Umständen abgesehen, die eine Verminderung der Bestrahlung herbeiführen, wie z. B. die Beschattung des Bodens, das Bedecken desselben mit schlechten Wärmeleitern, ein dichter Pflanzenbestand u. a. m.

²⁾ Diese Tatsache spricht sich besonders deutlich in dem höheren Wert der nach Süden geneigten Weinbergsböden, aber auch Ackerländerien aus. So hat man in den nordwestdeutschen Marschgegenden sich bisweilen genötigt gesehen, durch hohe Wölbung der Ackerbeete wenigstens einen Teil der angebauten Pflanzen dem Wasserübermaß zu entziehen, und hier pflegen die südlichen Abhänge der Äcker sich durch freudigeren Wuchs auszuzeichnen.

³⁾ Die von der Sonne ausgehenden Wärmestrahlungen sind teils dunkel, teils hell. Die letzteren bezeichnet man auch als „*Lichtstrahlen*“. Von hellen Böden werden im wesentlichen nur die dunklen Wärmestrahlungen aufgenommen, die hellen zurückgeworfen. (Nur deswegen erscheinen uns diese Böden hell.) Dunkle Böden nehmen nicht nur die dunklen, sondern auch die hellen Strahlen auf und verwerten beide Strahlengattungen zur Erwärmung ihrer Masse.

um so schneller, je größer das *Wärmeleitungsvermögen* des Bodens ist. Das Wärmeleitungsvermögen der verschiedenen *festen* Bodenbestandteile weicht voneinander etwas, aber nicht sehr ab (die Unterschiede dürften für den Pflanzenwuchs ohne Bedeutung sein). Es ist etwas größer als das des Wassers. Von allen Bodenbestandteilen leitet die Bodenluft die Wärme bei weitem am schlechtesten (fast 30mal schlechter als das Wasser). Im allgemeinen wird man sagen können, daß die Wärme am schnellsten sich im Boden fortpflanzen wird, je weniger luftfassende Räume der Boden enthält und je mehr die vorhandenen Hohlräume von Wasser erfüllt sind.

Die Erwärmung des Bodens hängt aber nicht bloß von der durch die Sonnenstrahlen ihm zugeführten Wärmemenge und von deren Fortpflanzung, sondern in hohem Grade auch von der größeren oder geringeren Erwärmungsfähigkeit der Bodenbestandteile, von ihrer „spezifischen Wärme“ oder „Wärmekapazität“ ab.

§ 97.

*Die spezifische Wärme*¹⁾ der verschiedenen festen *mineralischen* Bodenbestandteile ist nach den vorliegenden Untersuchungen keine wesentlich verschiedene²⁾. Die Unterschiede kommen für die natürlichen Verhältnisse kaum in Betracht gegenüber der weit überwiegenden Wärmekapazität des flüssigen Bodenbestandteils, des *Bodenwassers*. Um Wasser um einen Grad zu erwärmen, bedarf es einer etwa doppelt so großen

¹⁾ *Spezifische Wärme* oder *Wärmekapazität* eines Körpers nennt man die Wärmemenge, die ihm zugeführt werden muß, um seine *Gewichts-* oder *Raumeinheit* (also 1 g oder 1 ccm) um einen Grad des 100teiligen Thermometers zu erwärmen. Beim Wasser ist es gleichgültig, ob man die spezifische Wärme auf Gewicht oder Raum bezieht, bei den übrigen Körpern liegen die einerseits auf Gewicht und anderseits auf Volum berechneten Zahlen um so weiter auseinander, je mehr ihr spezifisches Gewicht von dem des Wassers abweicht. Da für die Pflanzen der ihnen zur Verfügung stehende Bodenraum wichtiger ist als das Bodengewicht, so ist es praktischer, die spezifische Wärme des Bodens und der Bodenbestandteile auf das Volum zu beziehen (s. weiter Anm. 2).

²⁾ Nach C. Lang (Wollny: *Forsch. a. d. Geb. d. Agrikulturphysik*, 1878) beträgt die spezifische Wärme von

auf die Raumeinheit bezogen:			
Quarzsand	Kalksand	Ton	Torf
0,517	0,582	0,576	0,601 Kalorien,
auf die Gewichtseinheit bezogen:			
0,196	0,214	0,233	0,477 Kalorien,

oder, wenn man die Wärmemenge, die einem Kubikzentimeter oder einem Gramm Wasser zugeführt werden muß, um es um 1° C. zu erwärmen, als eine „Kalorie“ bezeichnet, so bedarf zu gleichen Zwecken 1 ccm Quarzsand einer Wärmezufuhr von 0,517, 1 g Quarzsand einer solchen von 0,196 Kalorien. (Man nennt jene Wärmemenge auch „kleine“, dagegen die zur Erwärmung von 1 kg oder 1 l um 1° nötige Wärmemenge „große“ Kalorie.)

Wärmemenge, als zu gleicher Erwärmung des gleichen Volums von einem festen Bodenbestandteil erforderlich ist. Da nun gerade die Kolloide und unter ihnen besonders die Humusstoffe in hervorragendem Maße das Wasser aufzunehmen und festzuhalten vermögen, daher stets die wasserreichsten Bodenbestandteile sind, so kommt die geringe spezifische Wärme des *trockenen* Humus im Boden eigentlich nie zur Geltung, ja, man wird bei ihrer stetigen Vergesellschaftung mit großen Wassermengen geradezu sagen dürfen, daß unter natürlichen Verhältnissen die Humussubstanzen unter allen festen Bodenbestandteilen die höchste Wärmekapazität besitzen. Ganz allgemein aber gilt der Satz: Je nasser ein Boden ist, um so größerer Wärmezufuhr bedarf er zur Erhöhung seiner Temperatur, um so schwerer erwärmt er sich. Dazu kommt noch, daß bei nassen Böden die *Verdunstung* größer ist als bei trockneren, und stärkere Verdunstung stets mit einem größeren Wärmeverlust verbunden ist. Bei nassen Böden wird mithin eine größere Menge von Wärme zur Erhöhung der Boden-temperatur und zur Überführung von Wasser in Wasserdampf verbraucht, die für die Pflanzen verlorengingeht, und es erscheint der von der Praxis aufgestellte Satz: „*Nasse Böden sind kalte Böden*“ durchaus gerechtfertigt.

Wie aber bei Zufuhr gleicher Wärmemengen ein Raumteil Wasser nur etwa halb so stark erwärmt wird als ein gleicher Raumteil fester Boden-bestandteile, so kühlte sich bei Entziehung gleicher Wärmemengen das Wasser auch nur halb so stark ab wie die trockenen Bodenbestandteile. Die Temperatur eines wasserreichen Bodens sinkt daher bei Abkühlung der Außenluft auch langsamer als die eines trockenen, und die *Temperaturschwankungen* sind mithin in dem ersteren geringer als in dem letzteren¹⁾, soweit nicht durch starke Wasserverdunstung große Temperaturniedrigungen hervorgerufen werden.

§ 98.

Wärmeausstrahlung. Von der durch die Sonnenstrahlen dem Boden übermittelten Wärme geht durch Ausstrahlung in den Weltraum ein Teil wieder verloren. Wie groß dieser ist und inwieweit er durch die verschiedenen Bodenbestandteile, also durch die Beschaffenheit des Bodens beeinflußt wird, läßt sich aus den bisher ausgeführten Untersuchungen nicht mit Sicherheit erkennen. Nur scheint von vornherein festzustehen, daß der durch Strahlung herbeigeführte Verlust um so bedeutender sein wird, je größer die Bodenoberfläche, je rauher der Boden ist.

„*Spätfroste*“ oder „*Nachtfröste*“. Die Wärmestrahlung des Bodens ist

¹⁾ Der Gleichmäßigkeit des *Seeklimas* und den großen Temperaturschwankungen des *Kontinentalklimas* liegen dieselben Ursachen zugrunde.

als die vornehmste Ursache eines Ereignisses anzusehen, das selbst in gemäßigten Klimaten in Frühjahrs- und Sommernächten nicht selten auftritt und die Hoffnungen des Landwirts und Gärtners vernichten kann. Der Vorgang der Spät- oder Nachtfröste schließt zahlreiche noch rätselhafte Erscheinungen ein insofern, als das beobachtete Auftreten sowie auch das stellenweise Ausbleiben von Schädigungen sich häufig nicht mit den allgemeinen Erfahrungen in Übereinstimmung bringen lassen. Die Fröste treten nur in windstiller und klaren Nächten (auf nordwestdeutschen Mooren bis in den August hinein) auf. Neblige Luft und Gewölk verhindern sie (wie auch künstliche Entwicklung von Rauchwolken als wirksames Schutzmittel dient). Auch Luftströmungen, welche die unter 0° abgekühlte Luftsicht durch wärmere Luft ersetzen, wirken dem Erfrieren der Pflanzen entgegen. Dagegen sind die in Bodenvertiefungen oder im Schutz von höheren Gegenständen befindlichen Pflanzen gewöhnlich am stärksten gefährdet.

Wenn auch ein Übermaß von Bodenwasser und die dadurch veranlaßte Steigerung der Verdunstung den Wärmeverlust noch verstärken muß, so zeigt doch die Erfahrung, daß trockene Böden stärker von Spätfrösten leiden als normal feuchte. Die Ursache ist in ihrem schwächeren Wärmeleitungsvermögen (s. o.), zu suchen, das nicht ausreicht, um durch Zufuhr aus den tieferen Schichten den Wärmeverlust auszugleichen. (Damit hängt es zusammen, daß Maßnahmen, die eine Anfeuchtung des Bodens zur Folge haben, zugleich ein Schutzmittel gegen die Fröste bilden. So die Zufuhr von Kalidüngesalzen, die durch Wasseranziehung aus der Luft den Boden feuchter machen¹⁾.)

§ 99.

Beeinflussung der Bodenwärme durch menschliches Eingreifen. Durch geeignete Erdarbeiten sucht man für besonders wertvolle Pflanzen (z. B. in Weinbergen) die *Neigung* der Bodenoberfläche für das Auffallen der Sonnenstrahlen günstiger zu gestalten. Das Aufbringen *dunkelgefärbter* mineralischer Bodenarten (z. B. dünner Lagen von Basaltschutt) begünstigt die Absorption der Wärmestrahlen. Die Bedeckung des Bodens mit lockeren *lufthaltigen* Materialien (Sägespänen, Gerberlohe, trockenen Torfstücken u. a.) in kalter Jahreszeit verringert die Wärmeleitung und damit die Wärmeabgabe an die Außenluft²⁾. Weit wichtiger als derartige,

¹⁾ Die oben erwähnte Wirkung der Kalisalze ist durch zahlreiche Beobachtungen festgestellt. Dagegen ist nach den Untersuchungen der Moor-Versuchsstation von dem durch sie vermehrten Bodenwassergehalt kein Vorteil für die Wasserversorgung der Pflanzen zu erwarten, da das von ihnen festgehaltene Wasser ebensowenig an die Pflanzen abgegeben wird wie der größte Teil des kolloidal festgehaltenen.

²⁾ Aber auch die Fortpflanzung der von ihrer obersten Schicht absorbierten Sonnenwärme nach der Tiefe hin.

nur in kleinem Umfang ausführbare Operationen sind die Maßnahmen, die auf eine *günstigere Gestaltung der Wasserverhältnisse*, also bei sehr kolloidreichen Böden auf eine Verringerung, bei kolloidarmen auf eine Verstärkung der Wasserkapazität gerichtet sind. Sie kommen hauptsächlich bei Moorböden in Frage. Dahin gehört in erster Linie eine zweckmäßige Wasserregelung und eine Verminderung der Bodenverdunstung, wie sie z. B. durch das Bedecken mitkörnigem Sande und die übrigen in § 91 besprochenen Maßregeln erzielt wird. (Näheres hierüber s. Kap. V unter Moorböden.)

B. Der Boden als Nährstoffbehälter für die Pflanzen.

§ 100.

Allgemeines. Die höhere Pflanze bedarf zur Erhaltung ihrer Lebensfähigkeit und zum Aufbau ihres Leibes gewisser Stoffe, die sie zum Teil aus der Luft durch ihre oberirdischen Organe, zum Teil vermöge ihrer Wurzeln aus dem Boden aufzunehmen hat. Die erstenen, die „Blattnährstoffe“, sind *Kohlendioxyd* („Kohlenäsüre“) und *Sauerstoff*, die in unerschöpflichen Mengen die atmosphärische Luft bietet¹⁾, die anderen, die „Wurzelnährstoffe“, sind neben *Wasser* und freiem *Sauerstoff*: *Stickstoff*, *Kalium*, *Calcium*, *Magnesium*, *Eisen*, *Schwefel* und *Phosphor*. Alle diese Stoffe sind für die Ernährung der höheren Pflanzen unentbehrlich. Jeder von ihnen hat im Pflanzenkörper bestimmte Aufgaben zu erfüllen, bei denen ihn kein anderer vertreten kann. Ist auch nur einer in unzureichender Menge vorhanden, so kann die Pflanze es nie zum vollen Ertrag bringen, selbst wenn ihr alle übrigen Nährstoffe im Übermaß zu Gebote stehen. Diese bereits von Carl Sprengel-Regenwalde erkannte Tatsache hatte J. von Liebig in dem nach ihm als das „Gesetz des Minimums“ genannten Lehrsatz zusammengefaßt: „Die Höhe des Ertrages eines Feldes steht im Verhältnis zu demjenigen, zur völligen Entwicklung der Pflanze unentbehrlichen Nährstoff, der im Boden in geeigneter Form und Beschaffenheit in kleinster Menge vorhanden ist.“

¹⁾ Gegenüber der üblichen Anschauung, wonach der Kohlensäure- (richtiger: Kohlendioxyd-) Gehalt der Luft zu reicher Versorgung der Pflanzen unter allen Umständen genüge, wird in neuerer Zeit besonders von Prof. Dr. Bornemann die Ansicht vertreten, daß man durch „Kohlensäuredüngung“, d. h. durch Vermehrung des Kohlensäuregehalts der im Bereich der Pflanzen befindlichen Luftsicht, also besonders durch Verstärkung der Kohlensäureerzeugung im Boden (Stallmist-, Kompost-, Moorerdezuhr, Gründung u. a.) oder auch mittels unmittelbarer Zuführung von Abfall-Kohlensäure die Pflanzenentwicklung erheblich fördern und die Ernterträge steigern könne. Wenn von anderen Forschern (Pfeiffer, v. Seelhorst, Lemmermann, Gerlach) auch die Tatsache selbst nicht in Abrede gestellt wird, so hält man diese doch noch nicht für genügend geklärt, um zu kostspieligen Einrichtungen raten zu können.