© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Bleichsand und Ortstein.

Eine bodenkundliche Monographie

von

DR. WILHELM GRAF ZU LEININGEN.

Mit 1 Tafel.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Bleichsand und Ortstein.

Hiezu die Tafel I.

Eine bodenkundliche Monographie

von Dr. Wilhelm Graf zu Leiningen.

Vorwort.

Die umfangreiche Literatur über Bleichsand und Ortstein ist so sehr zerstreut in teilweise schwer zugänglichen Veröffentlichungen, insbesondere forstlichen*) Zeitschriften, daß es sich wohl der Mühe lohnen dürfte einmal das Wichtigste hierüber zusammenzufassen, zumal durch die Fortschritte der Kolloidchemie**) nunmehr wenigstens einigermaßen Aufklärung über die Vorgänge bei der Ortsteinbildung erreicht werden konnte.

Die ältere Literatur über Ortsteinbildung und die damit zusammenhängenden Erscheinungen bespricht sehr übersichtlich P. E. Müller; namentlich haben sich dänische Autoren auf diesem Gebiet verdient gemacht. Albert führt ältere französische Forscher an, welche die Ortsteinbildung zu erklären versuchten.

Aber immer noch darf wohl C. Emeis als derjenige bezeichnet werden, welcher als erster die Ortsteinfrage in ihren Grundzügen ausführlich behandelte und auch die zugehörigen Spezialgebiete (Heide, Humus etc.) eingehend besprach.

Meine Aufgabe soll es nicht sein die Entwicklung der Literatur über Ortstein und die angrenzenden Gebiete zu schildern, sondern einen Überblick über den heutigen Stand des Wissens auf diesem Gebiete zu geben. Doch soll tunlichst jeder bedeutendere Fortschritt in der Forschung mit dem Namen desjenigen Autors genannt

---

*) Unter dem Einflusse landwirtschaftlicher Nutzung kommt Ortstein im Boden wohl kaum zustande, nachdem die Ursachen (Humusansammlungen im oder auf dem Obergrund) fehlen!

**) Zur Einführung in das Studium der Kolloidchemie empfehle ich von kleineren Werken: K. Arndt, Bedeutung der Kolloide für die Technik, und V. Pöschl, Die Einführung in die Kolloidchemie.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

werden, der die betreffende Tatsache zuerst festgestellt hat. Mit bezug hierauf ist auch das Inhaltsverzeichnis chronologisch geordnet. Bei Beobachtungen, welche für irgend einen Punkt von besonderer Wichtigkeit sind, werden auch diejenigen Autoren genannt, welche später noch zur Lösung solcher Fragen beigetragen haben, bezw. frühere Feststellungen bestätigen.

Es war mein Bestreben nach Möglichkeit alle positiven Kenntnisse über Ortstein und Bleichsand, wie sie in der Literatur, etwa seit 1875, niedergelegt sind, zu verwerten. Bei der kritischen Sichtung des überreichen Materials unterstützte mich vielfach meine eigene Erfahrung. Nach Tunlichkeit wurden nur Originalarbeiten und nur ausnahmsweise Lehrbücher und Sammelwerke herangezogen. Vielfach war außerdem ein Schriftwechsel mit einzelnen Autoren nötig. Trotzdem wird meine Abhandlung nicht lückenlos sein, was sich allein schon mit ungenügender Erforschung einzelner wichtiger Punkte erklärt. Es schien mir aber zu weit zu führen, noch auf die Kultur des Ortsteins einzugehen; die Verbesserung ortsteinführender Böden ist ein Problem, welches noch ganz und gar nicht abgeschlossen ist und sich naturgemäß nach den örtlichen Verhältnissen richtet. Hauptsächlich in Preußen werden solche kranke Böden wieder produktiv gemacht, teils ohne teils mit Dampfpflug und Düngung; ich verweise hier lediglich auf die umfangreiche diesbezügliche Literatur.

Wenn meine Ausführungen über Ortstein etwas umfangreich geworden sind, so möchte ich darauf hinweisen, daß außer dem eigentlichen Thema: „Ortstein und Bleichsand" die einschlägigen Humusarten, ihr Zustandekommen, ihre Einwirkung auf Boden und Vegetation und im Zusammenhang hiermit manche forstliche Fragen besprochen werden mußten. Maßgebend für eine breitere Behandlung des Stoffes war der Umstand, daß der Ortstein von den Geologen bisher so wenig beachtet wurde, obwohl er auf große Strecken hin eine bedeutende Rolle spielt und aus dem Vorkommen von rezentem Bleichsand gar mancher Schluß auf das Zustandekommen gewisser Sandsteine etc. früherer geologischer Zeitalter gezogen werden könnte.

Von größter Bedeutung für die folgenden Erörterungen sind die sog. Humussäuren. Ich halte mich in dieser Beziehung an die Untersuchungen von Baumann und Gully und nehme an, daß die sog. Humussäuren größtenteils aus Kolloiden bestehen; im übrigen verweise ich auf die Originalarbeit.

Einschlägige durchgesehene Literatur.

(Chronologisch geordnet.)

Sprengel: Über Pflanzenhumus, Humussäure und humussaure Salze. (Archiv für die gesamte Naturlehre VIII. Bd. Seite 1826).

C. Grebe: Gebirgskunde, Bodenkunde etc. (Eisenach 1865).

J. Wessely: Der europäische Flugsand und seine Kultur (1873).

W. Schütze: Die Zusammensetzung des Ortsteins. (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1874).

E. Biedermann: Ortstein und Raseneisenstein. (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1876).

C. Emeis: Waldbauliche Forschungen und Betrachtungen (Berlin 1876).

C. Emeis: Über das naturgemäße Zurückweichen des Waldes in Schleswig-Holstein (Beilage zum Vereinsblatt des Heidekulturvereins für Schleswig-Holstein 1881).

E. Ramann: Der Ortstein und ähnliche Sekundärbildungen in den Diluvial und Alluvialsanden (Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanstalt für 1885).

E. Ramann: Über Bildung und Kultur des Ortsteins. (Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen 1886).

P. E. Müller: Die natürlichen Humusformen (Berlin 1887).

E. Spaeth: Beiträge zur Kenntnis der hydrographischen Verhältnisse von Oberfranken (Dissertation Erlangen 1889).

C. Metzger: Beiträge zur Kenntnis der hydrographischen Verhältnisse des bayerischen Waldes (Dissertation Erlangen 1892).

C. Emeis: Über Zusammenziehung der Stoffe in den oberen Bodenschichten (Vereinsblatt des Heidekulturvereins für Schleswig-Holstein 1894).

C. Emeis: Zur Aufschließung des Ortsteins durch Entwässerung (Vereinsblatt des Heidekulturvereins für Schleswig-Holstein 1900).

C. Emeis: Über Heidebodenanalysen (Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1901).

P. Graebner: Die Heide Norddeutschlands (Leipzig 1901).

Siefert: Über Ortsteinbildungen (Bericht über die 2. Hauptversammlung des deutschen Forstvereins 1901).

A. Möller: Besprechung von Graebners Buch: Die Heide Norddeuschlands (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1902).

A. Möller: Über die Wurzelbildung der ein- und zweijährigen Kiefer in märkischem Sandboden. (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1902.)

Wilh. Emeis: Ein Beitrag zur Heidebeforstungsfrage (Vereinsblatt des Heidekulturvereins für Schleswig-Holstein 1903).

M. Helbig: Ortsteinbildung im Gebiete des Buntsandsteins (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1903).

O. Lemcke: Über die Ortsteinbildung in der Provinz Westfalen (Dissertation Münster 1903).

Ad. Mayer: Bleisand und Ortstein (Die landwirtschaftlichen Versuchstationen 1903).

Otto: Erfahrungen über Ödlandaufforstungen im Heidegebiet Nordwestdeutschlands (Bericht über die IV. Hauptversammlung des deutschen Forstvereins 1903).

J. Erdmann: Die Heideaufforstung (Berlin 1904).

P. Graebner: Handbuch der Heidekultur (Leipzig 1904).

H. Vater: Ein Vortrag über die Bedeutung des Humus für den Wald auf der 5. Hauptversammlung des deutschen Forstvereins zu Eisenach (1904).

K. von Zimmermann: Über die Bildung von Ortstein im Gebiete des nordböhmischen Quadersandsteins (Leipzig 1904).

Tacke und **Weber:** Über einen alten, gutgewachsenen Rotföhrenbestand über hartem und starkem Ortstein (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1905).

Protokoll über die Versammlung der Direktoren der geologischen Landesanstalten, Eisenach 1906 (Terminologie und Klassifikation der recenten Humus- usw. Gesteine).

M. Schmidt und **K. Rau:** Erläuterung zur geologischen Spezialkarte von Württemberg, Blatt Freudenstadt 1906).

P. E. Müller und **Fr. Weis:** Über die Einwirkung des Kalkes auf Buchenrohhumus. (Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft 1907).

K. Regelmann: Erläuterung zur geologischen Spezialkarte von Württemberg, Blatt Obertal-Kniebis 1907).

H. Vater: Einheitliche Benennung der Humusformen (51. Versammlung des sächsischen Forstvereins in Aue 1907).

R. Albert: Referat über: Erdmann, Die nordwestdeutsche Heide in forstlicher Beziehung. (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1908).

C. Emeis: Die Ursachen der Ortsteinbildung und ihr Einfluß auf die Landeskultur in Schleswig-Holstein. (Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1908).
Ebenda eine Erwiderung von Tancré.

P. Gräbner: Erwiderung an Erdmann (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1908).

Hornberger: Ein Beitrag zur Kenntnis der Zusammensetzung der Buntsandsteinböden. (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1908).

K. Regelmann: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Württemberg, Blatt Baiersbronn 1908.

A. Baumann: Untersuchungen über die Humussäuren I. (Mitteilungen der Königl. bayerischen Moorkulturanstalt, Heft 3, 1909.)

P. Ehrenberg: Die Kolloide des Bodens und ihre Bedeutung für die physikalischen Eigenschaften desselben (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1909).

M. Helbig: Über Ortstein im Gebiete des Granites. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft 1909).

M. Helbig: Zur Entstehung des Ortsteins (Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft 1909).

R. Albert: Beitrag zur Kenntnis der Ortsteinbildung (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1910).

G. Andersson und **H. Hesselman:** Verbreitung, Ursprung, Eigenschaften und Anwendung der mittelschwedischen Böden (Stockholm 1910).

A. Baumann und **Gully:** Untersuchungen über die Humussäuren II. (Die „freien Humussäuren" des Hochmoors). Mitteilungen der Königl. bayer. Moorkulturanstalt, Heft 4, 1910.)

A. Baumann: Bericht über die Arbeiten der Königl. bayerischen Moorkulturanstalt 1909) (Landwirtschaftl. Jahrbuch für Bayern 1910).

E. Blanck: Über die petrographischen und Bodenverhältnisse der Buntsandsteinformation Deutschlands. (Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 1910.)

R. Duesberg: Wie läßt sich die durch Rohhumus und Verheidung bewirkte Bodenverschlechterung in Pommer'schen Forsten aufheben? (Separat-Abdruck.)

R. Duesberg: Der Wald als Erzieher. 1910.

C. Emeis: Untersuchungen und Betrachtungen über das Verhalten der Humusarten. (Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1910.)

C. Emeis: Die Ursachen der Ortsteinbildung etc. (Vereinsblatt des Heidekulturvereins für Schleswig-Holstein 1910).

M. Helbig: Einwirkung von Kalk auf Tannentrockentorf, (Forstwissenschaftliches Centralbatt 1910).

M. Münst: Ortsteinstudien im oberen Murgtal. (Mitteilungen der geologischen Abteilung des Königl. württemb. statistischen Landesamtes 1910).

P. Vageler: Ortsteinbildungen an der Küste der Kurischen Nehrung. (Naturwissenschaftliche Rundschau XXI. Jahrgang.)

H. Vater: Die Tharandter Forstdüngungsversuche. (Tharandter forstl. Jahrb. 1910.)

H. Schreiber: Mooruntergrund (Österr. Moorzeitschrift Jahrgang 12 Nr. 3.)

Der Begriff „Ortstein".

Ortstein ist eine mehr oder weniger harte, hell, rot, braun bis schwarz gefärbte Schicht des Bodens, bei welcher eine Verkittung der Mineralteile sekundär erfolgte und zwar vorwiegend durch Humusstoffe. Man kann also den Ortstein als einen Sandstein, bezw. ein Konglomerat mit humosem Bindemittel (Zement) bezeichnen. Freilich tragen wiederum vielfach weniger Humusstoffe als Mineralverbindungen zur Verkittung der Ortsteinschicht bei, ja man hat Ortstein gefunden, in dem Humussubstanzen fast gänzlich fehlten, oder nur in einzelnen Schichten desselben eine nennenswerte Rolle spielten; in solchen Fällen kann man dann allerdings nicht mehr von Humussandstein sprechen; es kann z. B. vorkommen, daß unter braun bis schwarz gefärbtem Ortstein nach unten zu der Sand zwar stark verkittet ist, daß diese Schicht viel härter als der braune Ortstein ist, daß aber in solchem hellen Ortstein humose Bestandteile zurücktreten; dann hat man beide Vorkommen am gleichen Orte. Solches sah ich z. B. gelegentlich einer Studienreise in der Oberförsterei Großmützelburg (Reg.-Bez. Stettin) unter der liebenswürdigen Führung des Herrn Forstmeisters Duesberg.

Auch Emeis junior berichtet, daß im Norden der Provinz Schleswig-Holstein unter dem festen (unteren) Ortstein vielfach ein verhärteter, sandsteinartiger gelber Sand vorkommt.

Erdmann spricht von farblosen, humosen Verbindungen im Boden und meint damit ebenfalls die genannten Ortsteinbildungen, die sich als sehr hart erweisen.

Siefert, Vater, Helbig und Albert erwähnen ebenfalls farblosen, d. h. hellgefärbten Ortstein, doch sind die Angaben bezüglich des Humusgehaltes oder anderer Bindemittel leider wenig ausführlich. Glüht man solchen hellen Ortstein im Reagensrohr, so färbt er sich sofort dunkel und entwickelt brenzliche Dämpfe; bei der Behandlung mit Ammoniak entsteht momentan eine tiefdunkle Lösung. Eine Probe hellen Ortsteins aus der Lausitz, welche ich durch die Güte des Herrn Professors Albert erhielt, wies einen Humusgehalt von 2,14% auf. Es ist also wohl möglich, daß farblose Humusstoffe, bezw. organische Verbindungen mit zur Verkittung beitragen, wenn auch die Verhärtung solcher Schichten in erster Linie durch Mineralstoffe verursacht wird. Dahin geht auch laut brieflicher Mitteilung die Ansicht von Herrn Professor Helbig.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Ist also schon die Definition für Ortstein je nach dem örtlichen Vorkommen bei den einzelnen Autoren (vergl. Helbig und Albert, Ramann u. a.) eine verschiedene, so stimmen noch weniger die Erklärungen, oder besser gesagt Versuche einer Erklärung für die Entstehung von Ortstein überein. Wir sind nämlich noch weit von der Lösung dieser Frage entfernt. Dies ist nun weniger die Schuld der Vertreter der Bodenkunde, denen (schon ganz allein nach der Menge der produzierten Ortsteinliteratur zu schließen) das redliche Bemühen Licht in die Sache zu bringen nicht abgesprochen werden kann. Es liegt der Grund für die unzureichende Erkenntnis des ganzen Phänomens in der bis heute noch lange nicht genügend ausgebauten Humuschemie und hier muß der Hebel angesetzt werden.

Wesen und Kennzeichen des Ortsteins.

Ortstein kann in Böden entstehen, deren oberste Schicht entweder mit Humus stark angereichert oder von Humuslagen, vor allem Rohhumus bedeckt ist, wenn Nährstoffmangel, geringe Luftzirkulation und ungünstige klimatische Faktoren die normale Zersetzung der Humusteile aufhalten; es treten Fäulnisprozesse ein und werden meist sauer reagierende feste und lösliche Humusstoffe (letztere Humussole genannt) gebildet, welche eine hohe absorptive Kraft haben und ein ähnliches Verhalten wie organische Säuren zeigen, weshalb sie bisher als „Humussäuren" bezeichnet wurden. Die Humusstoffe greifen den Boden zunächst in den oberen Schichten stark an, bringen darin mineralische Bestandteile, darunter natürlich auch die wichtigen Pflanzennährstoffe, vor allem Kali, Phosphorsäure, Kalk und Magnesia in Lösung, greifen aber auch das für die Pflanzenernährung weniger in betracht kommende Eisen an und machen sogar die Tonerde, welche als schwer veränderlich im Boden gilt, löslich. Die Einwirkung der Humusstoffe ist also eine sehr energische.

Äußerlich erkennbar wird diese Veränderung im Obergrunde dadurch, daß dieser seine Farbe, die ursprünglich durch die Gegenwart von Eisenverbindungen bedingt war, verliert; der ehemals gelb, braun, rötlich oder grünlich gefärbte Boden wird ausgebleicht, Bleichsand, oder früher nach seiner bleigrauen Farbe „Bleisand" genannt.

In tieferen, meist noch weniger erschöpften Lagen des Bodens, vor allem in der an leicht umsetzbaren Stoffen reichen Verwitterungsschicht, fallen nun die hinuntersickernden, gelösten Humus- und Mineralstoffe durch chemische und physikalische Vorgänge teilweise aus und verkitten die Bodenteilchen, ein Teil der Lösungen aber wandert in die Tiefe und wird vom Grundwasser aufgenommen.

Die wirklichen Ursachen, welche diesen Ausfällungen zugrunde liegen, sind noch nicht alle und nicht mit genügender Sicherheit ermittelt, weil die Vorgänge im Boden sich der Kontrolle entziehen. Das Resultat der Ausfällungen aber kennt man, den Ortstein. Entsprechend den genannten Vorgängen: Auslaugung im Obergrund, Anreicherung von Mineralstoffen in der Tiefe, ist (im Verhältnis zum unveränderten Boden, wie dieser in der Nachbarschaft von Ortsteinböden oder in größeren Tiefen unter Ortstein gefunden wird) der Bleichsand ärmer, der Ortstein hingegen im allgemeinen reicher an Mineralstoffen. In den lebhaft gefärbten Ortsteinschichten enthält der Ortstein selbst auch mehr Humusstoffe als Bleichsand und Untergrund. Die Gründe für diese Unterschiede werden später erörtert.

Früher wurde Ortstein vielfach mit anderen Verhärtungen im Boden verwechselt.

Grebe erkennt zwar schon das verschiedenartige Material ortsteinartiger Schichten (Eisen, humose und tonige Stoffe), aber Schütze unterscheidet wohl als erster genau zwischen Ortstein (als einem durch organische Substanzen verkitteten Sand) und Raseneisenstein. Letzterer, auch Sumpf- oder Wiesen-Erz oder Limonit genannt, besteht aus Eisenoxydhydraten, kiesel- und phosphorsaurem Eisenoxyd mit manchen anderen Beimengungen und ist eine von Ortstein durchaus abweichende Eisenabscheidung im Boden.

Ich hebe hier besonders hervor, daß ich im Folgenden, wenn ich von Ortstein spreche, stets Neubildungen im Boden meine, bei denen eine Verkittung der Bodenbestandteile durch wechselnde Mengen von Mineralstoffen, jedoch stets unter Anteilnahme einer merklichen Menge von Humusstoffen erfolgt. Wollte ich unter Ortstein auch noch Ablagerungen wie den Tonortstein Müllers[1]), ferner die sehr humusarmen Eisenkonkretionen (Eisensandsteine), wie sie der gleiche Autor erwähnt, oder den genannten Raseneisenstein zusammenfassen, so wären

---

1) Müller bezeichnet den Tonortstein als eine feste und harte Mischung von Sand und Ton von graulicher, ziemlich gleichartiger Farbe, deren Festigkeit von hinab- oder zusammengeschwemmten Partikeln, namentlich feinem Ton herrührt, wodurch die übrigen Elemente des Bodens zusammengekittet sind; der Tonortstein zerfällt, ebenso wie Eisensandstein und Raseneisenstein durch Behandeln mit Alkalilösungen nicht; Ortstein mit humosen Bindemittel zerfällt beim Digerieren mit Ätz-Ammoniak oder Alkali, ferner durch die Einwirkung alkalisch reagierender Alkaliverbindungen z. B. Dinatriumphosphat und Borax, oder zum mindesten entsteht doch eine dunkelbraune Lösung von Humussolen.

Beim Verglühen im Platintiegel schwärzt sich Ortstein, die humosen Stoffe

hier, wenn man konsequent sein wollte, auch Verfestigungen im Boden veranlaßt durch Kalk zu nennen, die doch niemand als „Ortstein" ansprechen würde.

Durch Kalk hervorgerufene Verhärtungen erwähnt in dem Kapitel Ortstein z. B. auch Wessely.

Ich schicke hier schon voraus, daß im Ortstein zwar recht erhebliche Quantitäten von Eisen vorhanden sein können, daß die Ausfällung beträchtlicher Mengen von Eisen aber durchaus nicht zum Wesen des Ortsteins gehört. Näheres hierüber später!

Die Eigenschaften des Ortsteins.

Die Ausformung des Ortsteins ist eine sehr verschiedenartige; bald verläuft die Schichtung horizontal in Streifen oder Bänken, bald diskordant, oft verursacht der Ortstein mit seinen weniger stark gefärbten nach oben auslaufenden Adern im Sande eine förmliche Marmorierung; zumal wenn braune, rote und schwarze Lagen abwechseln, wird das Bild ein lebhaftes; schwarzer Ortstein schließt auch oft Schmitzen von rötlichem bis braunem Farbtone ein. Auch topf- oder trichterförmige Ausbuchtungen nach unten, gefüllt mit Bleisand, kommen vor; teils verdanken sie ihre Entstehung Kulturmaßregeln (Durchbrechung und Neubildung von Ortstein), teils hängt die Form von dem Wege ab, den das Wasser im Boden (veranlaßt durch Wurzeln, Einschlüsse von Steinen usw.) nimmt. Genaueres hierüber berichtet Emeis und Ramann.

Die Mächtigkeit des Ortsteins wechselt natürlich sehr stark, sie kann wenige Zentimeter, oft aber bis zu 50 cm und noch mehr betragen; der Abstand von der Bodenoberfläche schwankt lokal sehr stark. Schütze erwähnt Ortstein von 4 Fuß (1,25 m) Regelmann sah einmal Ortstein von 0,80 m Mächtigkeit.

An dem Wesen des Ortsteins, soweit seine äußere Erscheinung in betracht kommt, interessiert uns auch seine Farbe.

Daß zwischen der Härte des Ortsteins und seiner Farbe keine Beziehungen bestehen, hebt schon Emeis hervor.

Mit dem Eisengehalt könnte die Farbe des Ortsteins nur noch im Beginne seiner Ausbildung in Zusammenhang stehen, insoferne

---

verbrennen und er zerfällt gänzlich, falls nicht neben den Humusstoffen noch ein hoher Gehalt von Mineralstoffen die Verkittung bewirkt hat.

Bei der großen Ähnlichkeit, die Ortstein und Eisensandstein (sowie Eisenkonkretionen im Boden überhaupt) aufweisen, sollte man, um Täuschungen zu vermeiden, stets diese Reaktion anstellen, da die Härte, Farbe und sonstige äußere Kennzeichen solcher Schichten allein kein sicheres Urteil erlauben!

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

sich Eisenausfällungen durch eine gelbliche bis braune Farbe bemerkbar machen. Jedoch wird die Ortsteinbildung durchaus nicht immer durch Eisenabscheidungen eingeleitet, und ist sie weiter fortgeschritten, so übertönen die Humussubstanzen jede andere Farbe. Wenn der Ortstein gelbbraun bis rot oder schwarz gefärbt ist, hebt er sich deutlich vom Bleichsand und Untergrund ab. Enthält er aber wenig oder hellgefärbte Humusstoffe, so erkennt man ihn nur an seiner Härte, nicht an seiner Farbe, und außerdem an seinem schon näher beschriebenen chemischen Verhalten.

Regelmann (Blatt Kniebis) erwähnt, daß die Farbe mit dem Wassergehalt des Bodens in Zusammenhang steht; je trockener das Gelände ist, um so mehr weist der Ortstein eine fuchsrote Farbe auf.

Wodurch die Härte des Ortsteins bedingt ist, darüber wissen wir nichts genaueres. Jedenfalls ist nicht das Eisen der Kittstoff, welcher dem Ortstein, soferne es sich nicht um extreme Fälle handelt, seine Härte verleiht; solches geht schon aus den Analysen hervor. Auch aus dem Gehalte an anderen Mineralstoffen, von denen man eine verhärtende Wirkung erwarten könnte (Tonerde, Phosphorsäure, hydratische Kieselsäure) lassen sich keinerlei Relationen ableiten; selbst der Humusgehalt ist innerhalb engerer Grenzen, wie ich durch einige Bestimmungen ersah, nicht entscheidend; wenn freilich der Humusgehalt sehr hoch wird, wie dies Ramann von den Vorkommen auf mineralisch kräftigeren Böden angibt, ist der Ortstein mild und weich, doch sind das schon Extreme; vergleicht man aber die Resultate von Lemcke, welche wegen ihrer genauen Angaben betr. Härte des Ortsteins hierzu sehr geeignet sind, so findet man, daß die Analysenergebnisse einzeln und in naheliegenden Kombinationen miteinander verglichen in dieser Beziehung keinerlei Einblick in das Wesen des Ortsteins ergeben.

Die Härte des Ortsteins ist wohl eher mit anderen Faktoren als chemischen in Beziehung zu bringen. So scheint seine Konsistenz häufig von den Feuchtigkeitsverhältnissen im Boden abhängig zu sein. Wenn nämlich Tieflagen den größten Teil des Jahres ziemlich feucht sind, bildet sich ein milder, leicht durchdringlicher Ortstein aus; dies gilt nach Ramann für die nassen Heiden[2].) Offenbar kommt es in solchen Schichten niemals zu einer stärkeren Austrocknung, welche eine Irreversi-

---

2) Die Behauptung Sjollemas (zitiert von A. Mayer), daß Bleisand und Ortstein nur auf trockenen Heiden entstehen, beruht wohl auf ungenügender Anschauung. Wie man besonders in der Schleswig'schen Heide sehr häufig sehen kann, ist gerade das Gegenteil der Fall. Alles ist eben örtlich sehr verschieden, ie nachdem einer der in Frage kommenden Faktoren überwiegt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

bilität und damit die Verhärtung kolloider Stoffe zur Folge hätte. Deshalb kann Ortstein in stets feuchten Lagen auch verhältnismäßig leicht von Pflanzenwurzeln durchdrungen werden.

Sehr weiche Ausfällungen im Boden von schmieriger Beschaffenheit, welche nur als Übergänge zu Ortstein angesehen werden müssen, wie sie für Missen charakteristisch sind und auf Plateauflächen mit stehendem Wasser sowie in nassen Mulden vorkommen, beschreiben Schmid und Rau.

Je länger und je mehr Wasser bei der Abscheidung von humosen Stoffen im Boden einwirkt, um so schwärzer und schmieriger wird der Ortstein bezw. die Übergänge zu Ortstein. Auch Regelmann erwähnt Fälle, in denen nur speckiger und kein harter fester Ortstein entsteht, da die betr. Böden kaum austrocknen; von solchen Vorkommen wird später noch die Rede sein. Für Abhänge mit rascher Abfuhr der Niederschläge und zeitweiser Austrocknung hingegen ist rötlich gefärbter, härterer Ortstein das normale.

Es ergibt sich nicht nur ein Unterschied bezüglich der Härte verschiedener Ortsteinvorkommen, sondern auch hinsichtlich der Schichtenfolgen: Die oberen Lagen sind regelmäßig weich, die unteren Lagen sehr stark verkittet. Dies hat Ramann veranlaßt zwischen „oberem" und „unteren braunem Ortstein" zu unterscheiden. Unter letzterer Bezeichnung sind jedoch auch hellbraune bis sämischgelbe Vorkommen zusammengefaßt. (Mündliche Mitteilung.)

Der obere Ortstein ist meist dunkler gefärbt und für die Pflanzenwurzeln viel leichter durchdringlich als der untere; deshalb kann man gelegentlich auf dem untern Ortstein einen dichten Filz von Pflanzenwurzeln finden[3]), die nicht nach unten vordringen können, biegen sich ja doch auch starke Kiefernpfahlwurzeln auf ihm um. Der untere Ortstein verwittert auch, an die Oberfläche gebracht, viel schwerer als der obere; Beispiele hierfür erwähnt Ramann. Die Bezeichnung oberer und unterer Ortstein ist somit für die Praxis des Kulturingenieurs und Forstmanns, eventuell auch für die Bodenkartierung sehr zweckmäßig.

Man kann aber allgemein gültige Regeln auch bezüglich der Härte in den Schichtenfolgen des Ortsteins nicht aufstellen. So fand Regelmann bei seinen Untersuchungen (was allerdings viel seltener vorkommen dürfte) den Ortstein gerade in den obersten Schichten sehr hart, von dunkelbrauner Farbe, die tieferen Lagen weniger verfestigt,

3) Solches beobachtete ich besonders ausgeprägt bei Pontresina (Schweiz).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

bräunlich bis ockergelb, den Hauptteil der Zone bildend, also gerade das Gegenteil von den meisten Beobachtungen anderer Autoren.

Außer der Feuchtigkeit scheint auch die Durchlüftung der Ausbildung harten Ortsteins entgegenzuarbeiten; in grobsandigen Böden kommt es nach Regelmanns Beobachtungen infolge von reichlicher Luftzufuhr nicht zur Ausbildung von eigentlichem Ortstein, es bildet sich Orterde, ja dieser Autor hält es auch nicht für ausgeschlossen, daß durch Oxydationsvorgänge im Ortstein selbst eine Zerlegung der Humusausfällungen stattfinden könnte, welche in besonders günstigen Fällen sogar eine Auflösung des Ortsteins herbeiführen würde. Man müßte hierbei jedenfalls an die Gegenwart von viel Luft bei einer gewissen, stets vorhandenen Feuchtigkeit denken, denn sonst würden Regelmanns Aufstellungen mit dem vorher Gesagten in Widerspruch stehen.

Feuchtigkeit und Durchlüftung steht immer in einem gewissen Verhältnis zur Bodendecke. So kommen lockere Ortsteinschichten nach Regelmann (Blatt Kniebis und Baiersbronn) eher unter Heidelbeeren und Heidekraut in leicht austrocknenden, gut durchlüfteten Böden zustande; unter Sphagneen, in kälteren und nässeren Böden verhärten sich die Schichten leichter. Ob diese durch die physikalische Eigenart des Bodens bedingte Ausbildung von Ortstein oder Orterde überall in dieser Weise stattfindet, erscheint mir zweifelhaft.

Vor allem dürfte sich nicht immer eine Abhängigkeit der äußeren Eigenschaften des Bodens (Farbe, Härte) von der heute beobachteten Vegetation nachweisen lassen, da die Bodendecke, welche den Ortstein wirklich verursacht hat, vielleicht schon seit Jahrhunderten verschwunden ist. Mitunter kann die mikroskopische Untersuchung der Rohhumusschicht bezw. ihrer unteren Lagen Aufklärungen geben. —

Über Ortsteinbildungen unter den einzelnen Holzarten und Bodendecken später noch Genaueres!

Die Voraussetzungen für die Entstehung des Ortsteins.

Nachdem wir nun einen kleinen Überblick über das Wesen des Ortsteins haben, wollen wir die Entstehung desselben soweit als möglich kennen lernen.

Arme, ausgeblasene oder ausgewaschene Sande, so Heide- aber auch Diluvialsand, der in den oberen Schichten oft sehr wenig Nährstoffe aufweist, ferner manche Flußsande (vergl. Erdmann), also Bodenarten, wie wir sie z. B. in der Umgegend von Nürnberg, in der Oberpfalz, in der Lüneburger- oder schleswig'schen Heide treffen, bieten schon der

Vegetation, insbesondere wo nährstoffreiches, für die Pflanzen erreichbares Grundwasser fehlt, wenig Nährstoffe. Häuft sich auf diesen Böden aus noch zu erörternden Gründen Humus (aus den Resten der Pflanzen hervorgehend) an, so ist dieser Mangel an Nährsalzen im Boden auch für die Zersetzung desselben ungünstig; die Bakterien, welche auf normalen Böden die Zersetzung rasch besorgen, leiden unter diesen Nährstoffmangel und zum chemischen Zerfall (Auflösung durch rein chemische Vorgänge ohne Mitwirkung von Bakterien) ist ebenfalls zu wenig Kalk und Kali vorhanden.

Oft mangelt in groben, armen Sandböden auch noch eine gleichmäßige Feuchtigkeit, welche bekanntlich ebenfalls zur Zersetzung der Pflanzenreste beiträgt. Sind also diese ungünstigen Faktoren vorhanden, so häufen sich besonders in Kiefernaltholzbeständen, die viel Sonne, also Licht und Wärme durch ihre wenig geschlossenen Kronen hindurchlassen (so daß die obere Bodenschicht zeitweise austrocknet, was wiederum für die Zersetzung ungünstig ist), auf und im Boden (im Wurzelraum) organische Stoffe an. In dichten Beständen ist anderseits die kühlere Temperatur ungünstig für die Zersetzung („Mineralisierung", wie sie Helbig nennt) der Pflanzenreste auf der Bodenoberfläche.

Auf offener Heide ohne wesentlichen Baumwuchs rufen dagegen die gleichartigen Abfälle des Heidekrautes Humusablagerungen hervor, die hauptsächlich im Boden erfolgen, im obersten Wurzelraum des Heidekrautes. Dort tritt oft Austrocknung ein, und dieser hierdurch hervorgerufenen sehr unverweslichen Humusart schreibt Emeis mit Recht eine auslaugende Kraft zu.

Die bodenbearbeitenden Regenwürmer sind bei uns unter Nadelholzarten, besonders wenn Kleinsträucher die Bodendecke bilden, recht selten; also werden die toten Pflanzenteile auch hierdurch nicht verändert, denn die anderen Glieder der Bodenfauna fallen bei uns kaum ins Gewicht. Man darf überhaupt in den Nadelwäldern besonders der kühleren Regionen, die Tätigkeit der Regenwürmer gar nicht hoch anschlagen. Auch in Dänemark scheinen nach P. E. Müller erhebliche Unterschiede in dem Auftreten dieser Tiere je nach der Bestandsart vorzukommen: Diese Tiere bevorzugen die krautartige Vegetation, wie man sie unter Lichtholzarten findet, und meiden die mit Kleinsträuchern bedeckten Böden, also auch die Heide. Buchen- und Fichtenwälder (Schatthölzer) werden, falls es sich um geschlossene Bestände handelt, weniger von Regenwürmern aufgesucht. Dagegen fand sie Müller stets dann unter Buche und vor allem unter Eiche, wenn die Bestände lichter waren,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ja sogar in Krüppelbeständen, wie sie ja in der Heide so häufig auftreten; aber stets nur, wenn der Boden noch mullartig (moderartig) war. Sowie sich aber die Streudecke anhäuft und verfilzt, wandern sie auch hier aus.

Mit Bezug auf die Bodenverbesserung behauptet Gräbner sogar, daß mit dem gewöhnlichen Mittel der Lockerung durch Bodenbearbeitung in Humusböden eine Gare nicht erzielt werden könne; es müsse die Tätigkeit der Regenwürmer hinzukommen. Vielleicht gilt das speziell für die Verhältnisse in der Heide; es ist sonst sicher durch Düngung und Bearbeitung, oft durch eines allein, möglich selbst Rohhumusböden produktiv zu machen; auch auf Moorboden wandern ja die Regenwürmer erst ein, wenn er schon durch solche Maßregeln produktiv gemacht ist.

Wo Regenwürmer in Wald- oder auch in andern Böden fehlen, ist auch kein Maulwurf zu beobachten. Diese Tiere besorgen nebst dem Engerling und Mistkäfer immerhin doch einige Bodenbearbeitung (Duesberg) und verhindern Anhäufung von Humus auf dem Boden; in dichten und damit kühlen Beständen fehlen sie allerdings fast ganz[4]).

Über die Rolle der Pilzmycele macht P. E. Müller sehr eingehende Mitteilungen. Sie tragen auch bei uns außerordentlich stark zur Verfilzung und torfartigen Verfestigung der Streu bei; allerdings kommt einzelnen Pilzarten auch eine zellulose-zersetzende, also humuszehrende Eigenschaft zu, aber nur unter günstigen Verhältnissen. (Siehe meine Abhandlung über die Humusablagerungen in den Kalkalpen, Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft 1908/09.)

Die Faktoren, welche für die Verwesung der Pflanzenreste maßgebend sind, werden von Helbig und anderen Autoren in folgender Weise zusammengefaßt:

1. Eine bestimmte mittlere Höhe der Temperatur.
2. Genügender Wassergehalt.
3. Anwesenheit der zur Ernährung der Mikroorganismen nötigen Salze.
4. Zutritt von atmosphärischen Sauerstoff.
5. Abwesenheit von Stoffen, welche die Entwickelung von Bakterien hemmen.

Die Ablagerung einer Rohhumusschicht ist weniger durch die Größe der Streuproduktion als durch die Summe der Faktoren bedingt, die ihre Verwesung begünstigen oder beschränken. —

---

4) Die Schilderungen P. E. Müllers über den Einfluß des organischen Lebens, besonders der höheren und niederen Tiere auf den Boden seien als sehr ausführlich hier besonders erwähnt!

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Auch bei dieser Zusammenfassung wird ein Wert auf die Bodenfauna, offenbar aus den gleichen Gründen, die ich erwähnte, nicht gelegt.

Von den genannten Punkten, welche für die Verwesung der Pflanzenreste von Bedeutung sind, haben wir den klimatischen Faktoren noch besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Wenn diese schon, wie angedeutet, in verschiedenartigen Pflanzenbeständen (Wald — offene Heide) sehr ungleichartig sind, so treten sie noch mehr hervor, falls sich auf unebenem Boden die Wirkung der Exposition bemerklich macht. Albert berichtet, daß das Auftreten von Rohhumus und damit von Bleichsand und Ortstein im Großmützelburger Revier an die Nordabhänge gebunden ist; auf den Nordseiten der Dünen ist es kühler, feuchter und es entwickelt sich, wie mir auch Herr Forstmeister Duesberg zeigte, dort eine viel üppigere Bodenflora, vor allem Beersträucher und Moose, durch die in erster Linie Rohhumus von modriger bis zu torfartiger Beschaffenheit hervorgerufen wird.

M. Münst erwähnt mit bezug auf das Murgtal, daß die Rohhumus- und Ortsteinbildungen am kräftigsten in den Karen und Karriegeln der Nordhänge entwickelt sind, deren rauhe, feuchte und kühle Hochlage durch das Vorkommen der Legforche (Bergkiefer) gekennzeichnet sind.

Aus der Exposition allein kann aber in Ortsteingebieten ein Schluß auf das Vorhandensein oder Fehlen von Ortstein nicht gezogen werden. Überall muß das lokale Klima[5]) (Frostlöcher, Lichtungen im Walde), die Bodendecke, die Bodenfauna und die Wasserführung genau untersucht werden, der Einfluß eines dieser Faktoren kann übermächtig werden, mehrere Faktoren vereint können die Wirkung der Exposition ausschalten. Beispiele hierfür bringen Schmid und Rau.

Wenn schon in der gemäßigten Zone klimatische Faktoren lokal ausschlaggebend sind, so kann man von vorneherein natürlich Ortstein in südlichen, heißen Ländern mit sehr ungleichmäßig verteilten Niederschlagsmengen nicht erwarten und schon unter klimatischen Verhältnissen, wie sie in Ungarn herrschen (heiße Sommer, kalte Winter), scheint Ortstein nach Wessely nur in geringem Maß-

---

5) Vielleicht würde man hierfür am besten den Ausdruck das „standörtliche" Klima gebrauchen. Je nach der Beschattung durch Büsche, Bäume, Felsen, je nachdem die Niederschläge durch die Krone von höheren Gewächsen abgefangen werden, kann das standörtliche Klima auf die kleinsten Distanzen ein sehr verschiedenes sein.

stabe vorzukommen. Im mediterranen Klima hat Müller Ortstein beobachtet (in den Landes); es ist dies aber doch wohl als ein durch besonders gelagerte Verhältnisse hervorgerufener Ausnahmsfall zu bezeichnen. —

Im allgemeinen galt bisher wohl immer die Ansicht, daß durch stark verfilzte Rohhumusdecken die Durchlüftung des Bodens verhindert werde; das setzt natürlich voraus, daß die Humusmassen selbst auch für Gase schwer durchdringlich sind; dieser geringe Gasaustausch müßte also auf die Zersetzung der Pflanzenreste auch ungünstig einwirken. Allein nach noch zu veröffentlichenden Untersuchungen von Albert ist in Sandböden selbst unter 25 cm mächtigen, stark verfestigten und verfilzten Rohhumusmassen die Zusammensetzung der Bodenluft kaum abweichend, so daß damit erwiesen ist, daß der Gasaustausch im Rohhumus nicht behindert ist; Mangel an Durchlüftung könnte man demnach nicht immer als Ursache für die Anhäufung von Humus aufführen. Jedenfalls sind die diesbezüglichen Untersuchungen noch abzuwarten.

P. E. Müller schildert das Verhalten der einzelnen Humusarten in waldbaulicher Beziehung, wobei sich schon bei ein und derselben Holzart je nach dem Zersetzungsgrade der Humusdecke große Unterschiede geltend machen, z. B. zwischen Buchen - Torf und -Mull. Die Mullform dieser Böden (heute als „Moder"boden bezeichnet) ist günstig für die Bestände, die Torfarten („Rohhumus bis Trockentorf" nach Ramanns neuerer Auffassung) schädlich.

Schon Sprengel, der in seinen heute noch höchst anerkennenswerten Studien über den Humus eine Menge Grundlegendes gefunden hat und dessen Forschungen bis zur Zeit der Baumannschen Arbeiten großenteils zu recht bestanden, kennt den ungleichen Wert verschiedener Humusarten für die Vegetation und teilt ihn hiernach und nach den Ursachen dieser Eigenschaften in eine Anzahl von Klassen ein.

Auch Emeis reiht den Humus nach seinem Wert für die Waldbäume in 3 Kategorien ein. Das Alter von Humusablagerungen spielt nach Emeis ebenfalls eine bedeutende Rolle; blauschwarzer, stark verdichteter Humus, welcher unter sehr alten Heidebeständen vorkommt, zählt zu den ungünstigsten Arten; auch beschreibt Emeis schon sehr eingehend die Pflanzen der lebenden Bodendecke und ihre Einwirkung auf den Boden.

Müller führt aber auch an, daß die Humusarten in ungleicher Weise den Mineralboden beeinflussen, je nachdem sie von verschiedenen Holzarten, von Buche, Eiche, Fichte usw. abstammen; dies beruht auf der

Abgabe verschiedenartiger Humussole; Helbig weist hierauf besonders hin, doch ist die Humuschemie noch zu wenig entwickelt, als daß sich Genaueres hierüber sagen ließe. Dies gilt auch von den Humusarten, wie sie durch die verschiedenen Arten der Bodenflora verursacht werden.

In seiner auslaugenden Kraft wirkt also z. B. Buchenrohhumus viel stärker auf den Boden ein, als solcher, der ausschließlich dem Nadelabfall der Kiefer entstammt. Den Übergang der normalen Buchenstreu in torfartigen Rohhumus, der sich schon sehr bald durch eine veränderte Bodenflora äußert, schildert sehr eingehend P. E. Müller. Nach dem gleichen Autor neigt die Eiche viel weniger zu Rohhumusbildung; ja in Heidegebieten, in denen der Boden auf große Strecken hin gleichmäßig in Bleisand und Ortstein verwandelt ist, fehlen diese Erscheinungen geradezu unter Eichenbüschen. Die Kiefer soll, wo sich unter ihr die Streudecke fast nur aus ihrem Nadelabfall zusammensetzt, (ohne daß Beersträucher usw. dabei beteiligt sind!) geradezu ein Humuszehrer sein; ähnlich die Birke (Erdmann). Die Lärche, Zirbe und Wacholder sind unter den gleichen Voraussetzungen nach meinen eigenen Beobachtungen der Kiefer sehr ähnlich. Fichte und Tanne stehen als Rohhumusbildner etwa in der Mitte zwischen Buche und Kiefer. Ähnliches berichtet auch P. E. Müller. Die Bergkiefer (Pinus montana), deren Streudecke fast nie frei ist von Beimengungen aus Abfällen von Kleinsträuchern und Moosen, muß ihrer schwer verwesenden Nadeln halber zu den stark Rohhumus produzierenden Holzarten gezählt werden. Die Rolle, welche die Bestandteile der lebenden Bodendecke in bezug auf Produktion von Humus spielen, soll hier ebenfalls geschildert werden. Die spezifische Eigenschaft der Humusbildner unter für sie günstigen klimatischen Verhältnissen (die für die einzelnen Arten sehr verschieden sind und mit dem standörtlichen Klima von Meter zu Meter wechseln) Rohhumus anstatt Moder zu bilden, beruht einmal in der Eigenart des Wurzelsystems, sich stark verzweigen und verfilzen zu können, außerdem in der Zersetzungsfähigkeit der oberirdischen Pflanzenteile, welche eben wieder durch das standörtliche Klima beeinflußt wird.

Von den Kleinsträuchern des Waldbodens ist das Heidekraut, welches in der Regel als sehr schädlich für den Boden bezeichnet wird, viel weniger gefährlich als in der Regel angenommen wird. Es geht nämlich unter Heidehumus die Bildung von Ortstein langsamer vor sich als unter Buchenrohhumus, welcher nach Müller sich rascher anhäuft und mehr auslaugbare Humusstoffe enthält.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Dennoch verändert, wie früher schon erwähnt, die Heide den Boden allmählich stark und C. Emeis schreibt:

„Wo die Heide bis zur Erzeugung des Ortsteins gewachsen ist, sind Buche und Eiche ohne die durchgreifendste Umgestaltung des Bodens unmöglich.“ Er teilt weiterhin auch mit, daß die Fichte in dem von der Heide so ungünstig veränderten Boden eine Verbreitung ihrer Wurzeln nicht anstrebe.

Albert sagt, das Heidekraut werde erst dort gefährlich, wo es sich auf schon vorhandenen Trockentorfablagerungen ansiedelt; dies gelte nicht nur für Waldböden, sondern auch für die eigentlichen Heidegebiete. Duesberg hält die Heide mehr für ein Zeichen von verdichtetem, ausgelaugtem Boden als für die Ursache seiner Verschlechterung.

Die Rauschbeere (Vacc. uliginosum)[6]) liefert sehr langsam verwesende Reste, ebenso die Preißelbeere, die auch noch durch ihren unglaublich dichten Wurzelfilz Humus produziert.

Die Heidelbeere kann besonders in verlichteten Beständen unter Kiefer gefährlich werden. Zu der Massenproduktion von Humus kommt noch dessen sehr geringe Zersetzbarkeit, welche das Überhandnehmen dieses Beerstrauchs dem Forstmann so unerwünscht macht. Die andern Kleinsträucher (Bärentraube, Krähenbeere, Erica carnea) sind meist nur lokal von einiger Bedeutung und selten gefährlich für den Wald.

Von den Waldmoosen tragen selbst diejenigen, welche sehr üppig wachsen, an und für sich wenig zur Rohhumusanhäufung bei, z. B. Hylocomium Schreberi, loreum, splendens, Hypnum crista castrensis usw. Wenn aber Moose sich auf einem dicht gelagerten Nadelabfall ansiedeln, so bildet sich unter ihnen bald eine verfilzte Lage von torfartigem Rohhumus, die dann wiederum von der Heidelbeere in Beistz genommen wird (Duesberg). Diese Moose wirken auch noch indirekt in der Weise, daß sie den Nadelabfall auffangen, der sich dann Jahrzehntelang im Moosgeäst nicht zersetzen kann. Von diesen Moosen findet man gelegentlich Exemplare von 30 cm Stammlänge (vergl. diesbezüglich meine Abhandlung: Über Humusablagerungen in den Kalkalpen!), welche in ihren Polstern massenhaft Nadel- und Zweigreste enthalten.

Was die Sphagnumarten betrifft, so tragen diese selbst wenig zu Rohhumusbildungen bei, sie wachsen aber sehr rasch darauf, und mit ihnen, wie Duesberg schildert, auf den kühlen Nordabhängen von Inlandsdünen häufig auch andere Hochmoorpflanzen (Ledum palustre, Eriophorum).

---

6) Die deutsche Bezeichnung „Rauschbeere“ wird an verschiedenen Orten auch für andere Pflanzen angewendet.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Gräser und viele Kräuter (nicht natürlich die sog. „Beerkräuter", richtig „Beersträucher") sind Humuszehrer; wo es noch möglich ist, zersetzen sie vorhandenen dem Boden aufgelagerten Humus. Nur im Hochgebirge verhalten sich einzelne Arten (Carex firma sicher, von anderen ist dies bisher noch nicht bewiesen) als Humusbildner, ohne aber schädlich auf den Boden zu wirken.

Der Rohhumus und seine Einwirkung auf Vegetation und Boden.

Die früher schon erwähnten Humusarten müssen noch etwas genauer besprochen werden.

Bezüglich des Ausdruckes „milder und saurer Humus", den man in den hier einschlägigen Ausführungen der Literatur häufig antrifft, bestehen vielfach irrige Anschauungen. Viele sind der Meinung, daß eine Humusschicht, wenn sie blaues Lakmuspapier dauernd rot färbt (sauer reagiert), zum Rohhumus gerechnet werden müsse und können sich gar nicht genug tun in ihrer Besorgnis vor den sauren Humusarten; dem gegenüber muß darauf hingewiesen werden, daß nicht die „Säure" des Bodens den Pflanzen schädlich wird, sondern, daß der Zersetzungszustand des Bodens, und damit die Zugänglichkeit der Nährstoffe ausschlaggebend ist. Ich habe in meinen Arbeiten über Moor und Alpenhumus diese Tatsache festgestellt. Der stark saure aber gut zersetzte Alpenhumus, welcher nebenbei erwähnt, einen stärkeren Säuregrad als Hochmoor aufweist (nach der Bestimmung der sog. Humussäuren, Methode Tacke), ist ohne jegliche Bearbeitung und Düngung produktiv und läßt die natürliche Verjüngung des Waldes zu, viele Rohhumusarten aber, die ebenso sauer, oder weniger sauer reagieren, sind improduktiv.

Die absorptive Kraft des Humus, seine kolloiden Eigenschaften sind es, die die „Säure"reaktion mit Lakmuspapier vortäuschen, indem sie die Base des Lakmusfarbstoffs an sich reißen, aus Kainit durch Absorption der Alkalien Salzsäure freimachen, dem kohlensauren Kalke den Kalk entziehen und Kohlensäure entbinden usw., aber unter Humussäuren (selbst wenn es solche gibt) haben die Pflanzen nicht zu leiden, das beweisen mir die erwähnten Säurebestimmungen.

Es läßt sich nicht in Abrede stellen, daß Rohhumus wohl in allen Fällen ungünstig auf den Mineralboden einwirkt, daß er dem Bestande selbst durch ungünstige Einflüsse auf den Wurzelraum (Herabsetzung der Durchlüftung, Bodenfeuchtigkeit und Beeinträchtigung der Bodenfauna) schadet und die natürliche Verjüngung im Walde meist unmöglich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

macht, aber bei geeigneter Behandlung (häufig ist nur eine Störung seiner Lagerungsverhältnisse durch Bodenbearbeitung [Möller] nötig) ist Rohhumus mitunter leicht produktiv zu machen.

Möller wendet sich mit Recht gegen die schlechte Beurteilung, die der Rohhumus im allgemeinen erfahren hat und zeigt, daß er bei geeigneter Verwendung ein sehr gutes Keimbett für junge Kiefernpflanzen abgibt. — Einen zerstörenden Einfluß aber von Humussubstanzen auf die Würzelchen von Keimpflanzen, wodurch die natürliche Verjüngung ausgeschaltet wird, erwähnt Regelmann. Doch vergißt er nicht hinzuzufügen, daß auch die Durchlüftung und Erwärmung des Bodens in Rohhumus nicht normal ist! Vielleicht findet eine Verjauchung der Würzelchen statt; Buttersäuregährung und ähnliche biologische Prozesse sind im Waldboden nach den Untersuchungen von Albert und Luther und Studien, die ich in Gemeinschaft mit Emmerich und Löw anstellte (Bakteriolog. Zentralblatt 1911), ganz und gar nicht ausgeschlossen!

Der Einfluß von Humus auf den Boden ist jedoch nicht zu unterschätzen. Selbst in nicht extremen Fällen und wenn es sich nicht um Rohhumus handelt, scheint der Waldboden unter der auslaugenden Wirkung, die eine Humusdecke durch Absorption und fortwährende Abgabe von Kohlensäure ausübt, zu leiden.

Der Ackerbauer bezeichnet nach P. E. Müller alten Waldboden als tot und weiß, daß er erst langsam produktiv gemacht werden kann. — Wenn hier der Mangel an Nitraten im Boden und einer für landwirtschaftliche Nutzung notwendigen Bakterienflora und Bodenfauna sicher stark ins Gewicht fällt, so ist eine Erschöpfung durch Humus wohl der Hauptgrund der Schädigung; um so mehr Anlaß besteht, besonders auf armen Böden die Rohhumusbildung hintanzuhalten.

Im allgemeinen muß man einen Boden, auf oder in dem sich Pflanzenreste nicht zersetzen, schon als „krank" bezeichnen, auch wenn weder Bleisand noch Ortstein darin auftritt; entfernt man auf einem solchen Boden auch die Rohhumusdecke, so beseitigt man damit noch lange nicht die Ursache der Rohhumusbildung und es wird sich, wie Helbig mit Recht hervorhebt, solange immer wieder Rohhumus ablagern und die Neigung zur Ortsteinbildung bestehen bleiben, als man nicht die Faktoren wiederherstellt, oder da, wo sie von jeher gefehlt haben, neu schafft, welche zur Mineralisierung der Pflanzenreste nötig sind.

Die Gefahren, welche Rohhumus, Bleichsand und Ortstein für den Wald mit sich bringen, führen dazu, daß man in erster Linie das Auf-

kommen einer schädlichen lebenden Bodendecke, welche Rohhumus hervorbringen könnte, durch entsprechende waldbauliche Maßregeln hintanzuhalten sucht. Vor allem wäre es notwendig bei Kahlschlagwirtschaft die Bestände tunlichst lange in entsprechendem Schlusse zu halten, um die Kleinsträucher und Waldmoose möglichst fernzuhalten und in jungen Beständen müßten alle Lücken nachgebessert werden, um den Waldunkräutern das Licht zu entziehen, die einzige Lebensbedingung, in bezug auf welche sie anspruchsvoll sind.

Wie sehr aber die ebengenannte Form der Waldwirtschaft auf den Boden einwirkt, dafür gibt uns ein mit Zahlen belegtes Beispiel Albert. Er berichtet, daß auf den Dünenzügen von Großmützelburg Kiefernwald stockt, der seit Jahrhunderten plenterwaldartig bewirtschaftet wird; die Wuchsleistungen der heute vielfach noch vorhandenen ungleichalterigen Bestände seien für solche Böden ungewöhnlich gut (Verf. kann dies aus eigener Anschauung nur bestätigen). Leider habe man diese für Flugsandgebiete so rationelle Wirtschaft später verlassen und die als Folge des Kahlschlages entstandenen gleichalten Kiefernstangenhölzer sind um zwei Bonitäten schlechter!

C. Emeis sagt, was gerade für solche Fälle zutrifft: „Der Mensch hat seit langem in willkürlicher und unverständiger Weise den Haushalt des Waldes, d. h. das Ineinandergreifen der Hölzer gestört, und somit gegen seinen eigenen Vorteil nach persönlichen und willkürlichen Ansichten den Wald mißhandelt“.

Regelmanns höchst beachtenswerte Aufstellungen über die Bekämpfung des Rohhumus, Bleichsandes und Ortsteins lassen sich in folgende Leitsätze zusammenfassen:

„Verlichtete Fichtenbestände, Flächen, auf denen eine Verjüngung nicht rasch genug durchgeführt werden kann, und vor allem reine Kiefernbestände bedingen häufig die Vermehrung und Verbreitung des Ortsteins selbst über bisher ortsteinfreie Gebiete. Die Zeiträume, in welchen Kahlhieb, Waldbrände und Viehweide die rohhumusbildenden Pflanzen übermächtig werden lassen, sind für seine Ausbildung die günstigsten.“

„Der Feldzug gegen den Ortstein besteht hauptsächlich in der Bekämpfung von Rohhumusanreicherungen, welche im Interesse des Waldbaus mit allen Mitteln durchzuführen ist. Entfernung der Rohhumusdecke und Zufuhr von Mineraldünger, vor allem von Kalk, ist sehr zu empfehlen. In reinen Nadelholzbeständen ist schwer gegen die Rohhumusentwicklung anzukämpfen. Vor allem sollen Buchen zwischen Fichten und Tannen angepflanzt werden.“ —

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Nachdem diese hier nur im Auszuge zitierten Maßregeln nicht nur dann in Frage kommen, wenn es sich um Ortsteingefahr handelt, sondern der Verschlechterung der Böden überhaupt entgegenwirken, ist mit Rücksicht auf die Nachhaltigkeit im forstlichen Betriebe dieses Resumé Regelmanns zweifellos der Beachtung im höchsten Grade wert.

Die waldbaulichen Maßregeln zur Verhütung von Rohhumusansammlungen sind aber durchaus nicht immer die gleichen. Während auf Sandboden ein möglichst starker Schluß der Bestände angezeigt ist, muß auf Urgesteinsboden, auf welchem das standörtliche Klima infolge der Wasserführung viel kälter ist, besonders in Hochlagen die Wärme in den Bestand hereingelassen werden, damit sich der Humus nicht anhäuft; derartige Maßregeln müssen aber stets Rücksicht auf die lebende Bodendecke nehmen; auf Sandboden ist die Gefahr des Überhandnehmens der Kleinsträucher unter geringer Beschirmung viel größer als auf den besseren Urgesteinböden, die eher vergrasen; dies ist zwar für den Bestand nicht günstig, da Gras dem Boden viel Wasser entzieht, aber dieser Schaden ist lange nicht so groß wie eine dauernde Bedeckung mit Kleinsträuchern. Durch Vergrasung wird übrigens vorhandener Humus (auch Torf) aufgezehrt. —

Hier noch einiges über Kalkung und Düngung. Bei der Kalkung von Rohhumusböden ist zu berücksichtigen, daß besonders dann, wenn die Kalkung in ihrer wirksamsten Form als gebrannter Kalk gegeben wird, ein Teil des im Humus enthaltenen Stickstoffs durch die rasche Verwesung, welche infolge der Kalkung eintritt, in die Luft hinausgeht; damit ist dieser für die Vegetation verloren. Besonders stark trifft dieser Verlust Sandböden, da diese erfahrungsgemäß ohnehin weniger Stickstoff festhalten können. — Ob nicht, allerdings nur bei starken Gaben von gebranntem Kalk, Pflanzengifte entstehen, ist heute noch nicht aufgeklärt; es scheint aber im Zusammenhang mit der Nitrifikation, bezw. vorhandenen Salpeterstickstoff Kalkung auf Humusböden gefährlich werden zu können; Baumann u. a. berichten von solchen Erfahrungen auf Moorboden[7]). Nun kommt aber auch im Humus der Wälder entgegen den früheren Ansichten Salpeter vor. Herrn Oberforstmeister Dr. P. E. Müller verdanke ich eine gütige briefliche Mitteilung, nach welcher in 30—40 cm starken Schichten von reinem, stark zersetztem Humus, welcher auf steifen Ton- und Mergelböden

7) Siehe die Verhandl. der 2. internat. Agrogeologenkonferenz Seite 166! (Sjollema, Feilitzen u. a.). Genaueres von Sjollema und Hudig (Verlagen van landbouwkundige onderzoekingen der rijkslandbouwproefstations Nr. 5, 1909).

ruhte, eine lebhafte Salpetersäurebildung durch Bakterien vor sich geht, was beim eigentlichen Trockentorfe, solange er unbearbeitet daliegt, nie der Fall ist. — An Stelle von gebranntem Kalk wäre auf Rohhumusflächen nach Vater Rohkalksteinmehl, noch besser Thomasmehl oder Naturphosphate zu verwenden; man vergl. die zahlreichen Versuche dieses Autors. Nach Regelmann wirkt auch die kalkreiche Buchenlaubstreu günstig auf Rohhumus ein.

Über den Wert der Kalkung auf Buchenrohhumus berichten ausführlich P. E. Müller und Fr. Weis. Vor allem wird hierdurch die Nitrifikation des Stickstoffs, der in den Rohhumusarten der Vegetation in einem sehr unzugänglichen Zustande aufgespeichert enthalten ist, ermöglicht. Die beiden Autoren erwähnen aber auch, daß in dieser Beziehung des Guten nicht zuviel getan werden darf, damit nicht eine zu schnelle Salpetersäurebildung eintritt, welche eine abnorme Entwicklung und ein schlechtes Pflanzenmaterial zur Folge hat, was vielleicht für Forstgärten zu beachten wäre.

Helbig beobachtete, daß sich bei einer Kalkung über das Optimum hinaus ein Abfall in der Zersetzung des Rohhumus einstellte.

Über die Einwirkung von Kalkung auf fertig ausgebildeten Ortstein wird später noch die Rede sein.

Über die Möglichkeiten der Entstehung von Ortstein.

(Übersicht über die verschiedenen Theorien.)

Über die Vorgänge bei der Ausbildung von Ortstein gibt es eine große Anzahl von Hypothesen. Die Verkittung der Mineralteile im Boden entzieht sich aber der Beobachtung; man kann nur einzelne Phasen ihrer Entwicklung wahrnehmen und Schlüsse hieraus ziehen. Die Fortschritte, welche die Kolloidchemie in neuerer Zeit gemacht hat, trugen zur Klärung mancher Fragen, leider aber auch zur Aufstellung unkontrollierbarer Hypothesen bei. Ich werde mich bemühen, die verschiedenen Ansichten über die Entstehung von Ortstein möglichst vollzählig aufzuführen.

Vielfach läßt es sich nicht überblicken, inwieweit sich chemische oder physikalische Prozesse bei der Ortsteinbildung abspielen, und in welchen Stadien die chemischen Vorgänge oder die physikalischen Erscheinungen vorwalten. Schon aus den sich widersprechenden Meinungen von Autoren, wie Albert und Helbig, die zweifellos beide als Kenner des Ortsteins bezeichnet werden müssen, darf man schließen, daß geradezu die Grundlagen auf diesem Gebiete noch nicht feststehen. Hierüber

später noch Genaueres! Daß der Ortsteinausbildung oft bedeutende physikalische Veränderungen im Boden vorangehen, ist zweifellos. Ich konnte in Sandböden, die zur Bildung von Ortstein neigen (Nürnberger Reichswald, Oberpfalz), mittels des Bohrstockes immer wieder die Tatsache feststellen, daß der Obergrund aus weniger feinem Sand bestehend dem Eindringen des Stockes geringen Widerstand entgegensetzte, daß aber dann eine Sandschicht folgte (etwa in 40—50 cm Tiefe), in welche man den Erdbohrer nur mit großer Mühe eintreiben konnte; sie enthielt viel feines Material, was entweder schon seit den Diluvialzeiten im Untergrunde lagert, vielleicht Absätze, die unter Wasser erfolgten, wobei erfahrungsgemäß die Bodenteilchen eine außerordentliche dichte Lagerung annehmen. Anderseits können aber die Teilchen von kleinster Korngröße erst später in den Untergrund gewandert sein; die tonigen Substanzen sind vielleicht mit Hilfe von sog. Schutzkolloiden (gelösten Humusstoffen aus den Resten der Pflanzendecke stammend) nach unten transportiert worden. Müller weist auf die Wanderung von Tonteilchen in den Untergrund hin und Reinders (zit. von A. Mayer) nimmt ebenfalls eine Verspülung toniger Bestandteile in tiefere Bodenschichten an.

In neuerer Zeit bestätigt Hesselmann die Anreicherung der tieferen Schichten von Ortsteinböden an Feinerde (zit. von Ramann, Bodenkunde S. 115).

In jedem Falle kann der verdichtete Untergrund durch seinen Gehalt an umsetzungsfähigen Stoffen und ausflockenden Elektrolyten die Veranlassung zur Ausfällung von unlöslichen Verbindungen aus den hinuntersickernden kolloiden Lösungen geben, zumal in dem fein körnigen Material diese Lösungen naturgemäß länger festgehalten werden und so Zeit genug zu diesen Prozessen ist; das Ergebnis der Ausfällungen ist eine Verkittung der Mineralteile des Bodens zu Ortsteinbänken.

Zimmermann sagt von dem obenerwähnten Verhalten anstauender Schichten im Untergrunde, daß sie den „Keim" zur Ortsteinbildung in sich tragen.

Vor allem kann aus Wasserhorizonten, die sich auf solchen Schichten bewegen, auch ein Verdunsten des Lösungswassers in die oberen Bodenräume hinauf, damit Konzentration und Ausfallen von Humusstoffen und ihren Verbindungen mit Mineralstoffen unmittelbar über und in den obersten Teilen der stauenden Schicht selbst stattfinden; es können Ausfällungen aus Humus- und Mineralösungen in fester Form durch Absorption in der verdichteten Schicht zustande kommen, anderseits können sich durch Eintrocknen des Lösungswassers aus Suspensionen feste Substanzen absetzen, endlich Gele bilden, die durch Austrocknung (z. B. in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der warmen und niederschlagsarmen Jahreszeit) irreversibel werden und (wenn später keine Zufuhr von auflösenden Stoffen, Elektrolyten z. B. in Form kalihaltiger Lösungen mehr erfolgt, da der darüberlagernde Bleichsand schon zu stark erschöpft ist) in diesen Bodenschichten, d. h. in den oberen Teilen verdichteter Bodenlagen und im Porenraume des Bodens darüber, endgültig verbleiben.

In verdichteten Schichten des Bodens kann auch eine Filtration der heruntersickernden Lösungen stattfinden, in der Weise, daß feine Teile aus dieser zurückgehalten werden; die suspendierten Stoffe werden also vom dichtgelagerten Boden wie durch eine Membran zurückgehalten. Ob nun das Wasser nach oben abdunstet und dadurch die Lösung konzentrierter wird oder eine Filtration erfolgt, es können Stoffe zurückbleiben, die zunächst als gallertartige Masse im Boden lagern, oder die Sandkörnchen wie ein Firnisüberzug bedecken, allmählich aber an Dicke zunehmen und den Boden verkitten (Helbig, zum Teil auch nach freundlichen brieflichen Mitteilungen).

Nach Schlösing (zit. von Ramann, Bodenkunde) hat die Ausfällung von Humussolen durch Kalklösung (sog. Kalkhumat) eine sehr stark verklebende Einwirkung auf die Bodenteilchen. Reinders (zit. von A. Mayer) sagt, daß durch die kolloide Eigenschaft der abgeschiedenen Niederschläge eine Verstopfung der ursprünglich durchlassenden Schichten bewirkt wird, was natürlich ebenfalls wie eine Verdichtung des Bodens wirkt.

Eines läßt sich ziemlich sicher sagen: Wenn der Obergrund an Basen stark verarmt ist, so verursachen in tieferen Schichten ungesättigte Humuslösungen die Verkittung; sie fallen im Untergrunde besonders leicht aus, wenn hier feinerdiges Material vorhanden ist, das reich an Elektrolyten ist, wie wir das gerade von der Verwitterungszone des Bodens wissen (vergl. Helbig).

Alles das klingt nun recht hypothetisch! Dennoch lassen sich wenigstens manche Beweise für die Richtigkeit dieser Annahmen beibringen. Vor allem können solche Vorgänge wie die erwähnten im Laboratorium nachgeahmt werden, anderseits wird man einschlägige Beobachtungen in der Natur machen. So konnte ich an Bodenprofilen im Reichswald wiederholt Ortstein im ersten Stadium der Entstehung sehen; die Sandkörner, teilweise erbsengroß, waren wirklich mit einer dünnen Membran von Humuskörpern überzogen, zuerst noch ganz lose, in späteren Stadien schon etwas verkittet.

Ramann sah gelatinöse Massen entstehen (ausgefällte Humusstoffe), die durch Vermischung humoser Wässer mit offenbar mineral-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

reicherem Grundwasser hervorgingen. Auch Helbig bemerkte (nach briefl. Mitteilung) in einem frisch aufgeschlossenen Profile bei Neubruchhausen (Hannover) gallertartige Substanzen, die sich mit Wasser aus dem Ortstein ausschlämmen ließen.

C. Emeis beobachtete im Lehmboden gallertartige Ausscheidung von Kieselsäure (die er mit Recht in Beziehung zur Bildung des Flints in der Kreide bringt) und bringt so einen sichtbaren Beweis für das Auftreten von Gelen im Boden.

Vieles kann aber endgültig erst geklärt werden, wenn die Chemie der Humusstoffe vervollkommnet sein wird, denn auch Versuche Ortstein künstlich herzustellen (Emeis, Lemcke, Ad. Mayer, Gräbner) vermögen nur das Resultat dieser Bemühungen hervorzubringen; man erhält Bildungen, die denen in der Natur ganz ähnlich sind, doch einen Einblick in das ganze Wesen der Ortsteinbildung können wir nicht erhalten. —

Mit dem Vorhergehenden soll nicht gesagt sein, daß eine derartige Verdichtung des Bodens, Einlagerung feinkörnigen Materials, unbedingt vorhanden sein muß, damit sich Ortstein bilden kann, obwohl die Ortsteinbildung sicher dadurch gefördert wird.

In Dünensanden, die primär in verschiedenen Tiefen sehr gleichmäßige Korngröße aufweisen, findet Ortsteinbildung sehr ausgeprägt statt; aber wir wissen nicht, ob eine Bodenverdichtung der Ortsteinbildung vorangegangen ist, nachdem dies durch Augenschein nicht festzustellen ist; nach den mechanischen Analysen und den Ausführungen von Albert scheint dies allerdings der Fall zu sein; man müßte jedenfalls einmal eine größere Anzahl von Ortsteinbildungen in gleichmäßigen Sanden (am besten Dünensanden) im allerersten Stadium daraufhin untersuchen; bei dem Wandern des Ortsteins nach der Tiefe zu, welches Ursache und Wirkung für unsere Wahrnehmung verwischt, eignen sich nur ganz junge Ortsteinbildungen zu solchen Studien, die man am besten vielleicht in der Heide anstellen könnte.

Zimmermann erwähnt Ortsteinabscheidungen in losem, homogenem Sand ohne Schichtung; auch Helbig nimmt an, daß eine Verdichtung des Bodens der Ortsteinablagererung nicht immer vorhergeht (briefliche Mitteilung).

Hier möchte ich noch weitere Literatur über Ortsteinbildung mitteilen.

Schon von Zimmermann wird angedeutet und von Albert mit Recht ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der Ortstein in durchlässigen Böden die Zone bezeichnet, bis zu welcher die aus den Sommerregen stammenden Sickerwassermengen hinunterdringen.

Schmid und Rau finden Ortstein besonders auf den Sonnenseiten der Hänge, wo ein steter Wechsel von Durchfeuchtung und Austrocknung stattfindet, er läßt also offenbar auch in den Buntsandsteinböden die Grenze des Eindringens der Sommerniederschläge erkennen. In solchen Fällen darf man mit Albert annehmen, daß es sich bei der Ortsteinbildung um vorwiegend physikalische Vorgänge handelt, um Koagulationen von Substanzen, die im Boden in Form scheinbarer oder kolloider Lösungen zirkulieren und schon bei einer geringen Konzentrationsänderung ausfallen; an solche vorherrschend physikalische Prozesse können sich nun leicht chemische Umsetzungen anschließen, denn die koagulierten Substanzen können, zumal sie im Boden fein verteilt sind, zu allen möglichen Reaktionen (Ausfällungen) mit heruntersickernden Bodenlösungen Veranlassung geben, wodurch die Ortsteinschicht wächst.

Helbig ist anderseits zu dem Resultat gelangt, daß in den ersten Phasen der Ausfällung der Kittstoffe (Humate) hauptsächlich chemische Vorgänge wirksam sind, daß hingegen bei voll entwickelter, noch andauernder Ortsteinbildung die rein chemische Ausfällung nur eine geringe Rolle spielt und begründet diese Auffassung auch eingehend.

Das letzte Wort über solche Fragen kann wohl erst gesprochen werden, wenn die Humuschemie weiter vorgeschritten sein wird. —

Albert hebt hervor, daß die Tiefe, in welcher die Ortsteinablagerungen im Sande von Binnendünen, als auch im Flugsand nahe der Meeresküste erfolgt, eine durchaus konstante ist, 30—40 cm unter der Bodenoberfläche, sie bezeichnet eine Trockenzone im Boden.

Nach Albert kommt aber Ortstein auch oft erst in 60—80 cm Tiefe vor; es handelt sich in diesen Fällen um ausgesprochen frische Böden mit nahe anstehendem Grundwasser (Mulden usw.), welche nahezu dauernd mit Wasser gesättigt sind; hier erfolgt die Ausfällung der im Oberboden ausgelaugten Stoffe im Gebiete des kapillaren Grundwasseraufstiegs; der Grundwasserstrom gibt durch seinen Reichtum an Basen vorwiegend zu chemischen Ausfällungen Anlaß; so beobachtete früher schon Ad. Mayer in Holland die Ausbildung von Ortstein auf der Grenze des Grundwasserspiegels. — Die Schwankungen des Grundwassers, welche länger andauernden, und die Grenzen, bis zu welchen der kapillare Aufstieg desselben im Boden reichte, werden dann durch mehr oder weniger ausgeprägte Ortsteinlinien im Bodenprofil erkennbar sein; zur Ausbildung des Ortsteins unter diesen Bedingungen dürfte aber unbedingt zeitweise stagnierendes Grundwasser und wiederholte Austrocknung erforderlich sein, denn sonst würde ja

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

nach später noch zu erwähnenden Beobachtungen nur eine Auslaugung des Bodens, nicht aber eine Ortsteinbildung zu erwarten sein; hierüber noch Genaueres!

Zimmermann weist ausdrücklich darauf hin, daß die Gelegenheit zu Umsetzungen chemischer Natur und zur Austrocknung (veranlaßt durch eine Umkehrung der Bewegungsrichtung eingesickerter Lösungen vermittels Kapillarität, also ein Zurückwandern nach oben) gerade in Zonen des Bodens gegeben ist, in die Wärme und Luft eindringen kann, also im Sande über dem Grundwasserhorizont, der auf undurchlässigen Schichten angestaut ist; allerdings macht dieser Autor die angeführte Bemerkung in einem ganz anderen Sinne.

Wenn bei reichlichen und häufigen Niederschlägen eine Trockenzone im Boden nicht zur Ausbildung kommt, wenn deren Menge ausreicht, daß sie bis zum Grundwasserstrom hinunterdringen, so wird eine Ortsteinbildung in den erwähnten gleichmäßigen Sanden unterbleiben.

So weisen Schmid und Rau auch darauf hin, daß bei ständiger Durchfeuchtung keine Ausfällungen zustande kommen, sondern ein Versickern in den Untergrund (gemeint ist wohl bis in das Grundwasser) stattfindet.

Ein heftig fließender Grundwasserstrom kann also die Lösungen fortführen (besonders wenn er sich auf undurchlässiger Unterlage bewegt) und meilenweit von dem Orte, wo er sich an Humus- und Mineralstoffen anreicherte, Ausfällungen (Ortstein) verursachen; gerade Gewässer, die Missen entstammen, sind hierzu imstande. Bezüglich dieser Punkte siehe Münst!

Wenn die Bedingungen für eine Auslaugung des Bodens gegeben sind, nicht aber für die Ortsteinbildung, können nur Ausbleichungen erfolgen, ohne daß Ortstein entsteht. Unter solche Vorkommen sind die „Missen" einzureihen (vergl. die Arbeiten des Kgl. württemb. geol. Landesamtes).

Ausbleichung des Bodens unter Rohhumus ohne Ortsteinbildung, oder nur mit einer Anreicherung speckiger Humussubstanz, zum Teil mit Eisenortsteinlagen erwähnt auch Regelmann (Blatt Kniebis). Derartige Vorkommen sind auch im Nürnberger Reichswalde an dauernd nassen Stellen zu beobachten.

Münst gibt an, daß bei sehr starker und stetiger Wasserbewegung im Boden (Quellen, Grundwasser) an Stelle von Ortstein eine schmierige, schwarzbraune Humatausfällung den Sand erfüllt;

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

dies ist besonders auf Plateauflächen im Schwarzwalde der Fall; zu einer Ortsteinbildung würde öftere Austrocknung notwendig sein (Schmid und Rau; siehe auch unter „Härte" des Ortsteins!).

Letztere Autoren erwähnen Bleichsand ohne Ortstein bei Böden, in welchen der anstehende Buntsandstein nahe unter der Oberfläche liegt.

Was Ausbleichung ohne Ortsteinbildungen betrifft, sei hier auch daran erinnert, daß überhaupt nicht jede Art von Humusablagerungen geeignet ist, derartige Ausfällungen zu verursachen, sondern daß unter solchen Humusanhäufungen ein großer Unterschied besteht, wie Helbig hervorhebt.

Wenn auch eine erhebliche Differenz im Gehalte verschiedener Humusarten an Pflanzennährstoffen nicht vorhanden ist, so ergeben sich doch bei der Kultivierung von Humus, je nachdem er von Buche, Kiefer oder Heide herrührt, große Unterschiede, die also doch wohl nur auf eine Eigenart der Humussubstanzen selbst zurückzuführen sind (Ramann). Ungleiche Ursachen werden aber auch ungleiche Wirkungen zur Folge haben.

Würde jeder Auslaugung von Mineralstoffen durch auflagernde Humusmassen eine Ortsteinablagerung entsprechen, so müßte man ja gerade unter Torfmooren regelmäßig Ortstein antreffen, während man nur eine Ausbleichung der überlagerten Gesteine und Böden wahrnimmt. Wo Ortstein unter Moor vorkommt — im norddeutschen Diluvium ist dies mitunter der Fall — ist der Ortstein primär, das Torfmoor eine sekundäre Bildung, durch die vom Ortstein hervorgerufene Stagnation des Wassers im Boden und durch sonstige Bodenverschlechterung veranlaßt.

Ramann und Lemcke erwähnen anderseits, daß Ortstein auch in der obersten Bodenschicht vorkommen kann, ohne daß Bleichsand darüber lagert; das kommt jedoch nur in Ausnahmefällen vor, denn diese Zone ist, wie Helbig sagt, die relativ günstigste für die Verwesung; deshalb wird sich also der Ortstein, wie das für die meisten in der Literatur aufgeführten Fälle zutrifft, nur in tieferen Schichten halten können. Doch sieht man aus den erwähnten Ausnahmen, daß sich die Vorgänge, wie sie sich in der Natur abspielen, in kein Schema pressen lassen!

Auf Ausfällungen in stagnierendem Grundwasser deuten folgende Beobachtungen hin:

Ramann sagt von den trockenen Heiden, daß der Ortstein dort häufig nur in der Form der Braunerde vorkommt, und nur ausnahmsweise größere Mächtigkeit annimmt; die höheren Lagen sind in der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Regel frei von Ortstein, während die Abhänge und namentlich die Senken Abscheidungen zeigen; in den nassen Heiden richtet sich das Ortsteinvorkommen in gleicher Weise nach der Bodenausformung.

Auch nach Erdmann überwiegen in den trockenen Heiden die ortsteinfreien Böden; in Tieflagen mit häufigem Stauwasser, wo vermutlich schon seit langem Humusanhäufungen stattgefunden haben, fehlt Ortstein nur selten.

Erdmann schreibt anderseits, daß in Flußsandböden Ortstein niemals im kapillaren Sättigungsgebiet des Grundwassers auftritt; es scheint also entweder unter solchen Umständen die Fortführung von heruntersickernden Lösungen, welche in diesem Falle naturgemäß begünstigt ist, eine Ortsteinbildung nicht zu ermöglichen, oder aber es bildet sich kein Ortstein, weil in diesen Schichten nie eine Konzentration oder gar eine Austrocknung zustande kommt. Durch diese Beobachtung Erdmanns wäre jedenfalls die Annahme, daß durch Berührung der humosen Sickerwässer mit dem Grundwasser (das ja immer Mineralstoffe gelöst enthält) Ausfällungen entstehen, nicht allgemein gültig, und dieses Phänomen würde tatsächlich nur auftreten, falls es sich um stagnierendes Grundwasser handelt, wie das von Tieflagen in der Heide erwähnt wurde. —

A. Mayer erklärt die Einleitung der Ortsteinbildung durch eine Ausfällung von unlöslichem Ferrihumat (hervorgegangen durch Oxydation des löslicheren Ferrohumates vermittels sauerstoffreicher Luft im Boden), das dann „Kerne" zur weiteren Abscheidung bodenverhärtende Substanzen abgibt; er gibt die Gründe für Reduktionsprozesse in den oberen und Oxydationsvorgänge in den unteren Bodenschichten an.

Der gleiche Autor hält auch eine Abscheidung von schwarzen Humusstoffen im Boden durch Frost für möglich. Bekanntlich kann man aus Humussolen durch Gefrierenlassen tatsächlich ein irreversibles Gel erhalten; so müßte, falls die betreffenden Bodenschichten dem Froste noch zugänglich sind, ebenfalls ein schwarzer Ortstein entstehen, nach Art des später zu erwähnenden, von P. E. Müller geschilderten Vorkommens. Hierdurch wird jedoch keineswegs die Annahme des letzteren Autors unwahrscheinlich.

Im übrigen ist es auffallend, daß die Auffassungen von A. Mayer, die gar manchen Beitrag zur Lösung der Ortsteinfrage bieten, in der neueren Literatur so wenig Beachtung mehr finden. Jedenfalls kann man seine Theorie, die natürlich auch nur eine der vielen Mög-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

lichkeiten, wie Ortstein zustande kommen kann, dartut, nicht mit wenigen Zeilen erledigen. Näher kann aber hier auf seine ausführlichen Darlegungen leider nicht eingegangen werden.

Ramann (Bodenkunde) weist darauf hin, daß außer der ausfällenden Wirkung, welche Elektrolyte in der Verwitterungszone des Bodens auf heruntersickernde Lösungen kolloider Natur ausüben, auch noch eine gegenseitige Ausfällung von Kolloiden stattfinden kann: Unter dem Einfluß der Schutzkolloide werden Eisenoxyd und Tonkolloid löslich[8]) ; sie müssen hierbei elektrisch geladen werden. Diese Lösungen kommen in Berührung mit Bodenschichten, die größere Mengen elektropositiv geladenen Eisenoxydhydrates enthalten, dessen Elektrizitätsmenge überwiegt und nun sowohl die humosen Stoffe, wie die mitgeführten anderen Kolloide zur Ausfällung bringt.

Als Beispiel für die Ausfällung eines Kolloides durch ein anderes erwähne ich folgenden Vorgang. Behandelt man Torf oder Ortstein mit verdünnter Kalilauge und versetzt den abfiltrierten dunkelbraun gefärbten Auszug (sog. „Kalihumat") mit Kaliwasserglas, so scheidet sich bei geeigneter Konzentration bald das Kieselsäurehydrat als Gallerte aus. Diese läßt sich leicht mit Wasser ausziehen, wobei sie weiß wird. Die ausgewaschenen, durch Kalilauge in Lösung gehaltenen Humussole (sog. Kalihumat) geben neuerdings mit Kaliwasserglas versetzt die gleiche Reaktion bei entsprechender Konzentration ebenso deutlich!

Auch Ortstein selbst mit Wasserglas behandelt gibt die Veranlassung zur Abscheidung von Kieselgallerte und zwar schneller als der Kali-Extrakt daraus und schon bei geringerer Konzentration. Diese Vorgänge können sich in ähnlicher Weise vielleicht bei der Ortsteinbildung selbst abspielen. Diese Reaktion macht übrigens, wie ich hier gleich betonen möchte, auch die teilweise Auswaschung des Kali aus dem Ortstein erklärlich.

Schon Sprengel kannte die erwähnte Ausfällung und schreibt: „Mit der Humussäure geht die Kieselerde keine Verbindung ein, denn setzt man kieselsaures Kali zu in Wasser gelöster Humussäure, so scheidet sich die Kieselerde als eine gallertartige Substanz aus der Flüssigkeit und diese färbt sich etwas dunkler, indem sich humussaures Kali bildet."

Es ist, wie ich hier nebenbei bemerke, nicht unmöglich, daß der Dopplerit, welcher in den offiziellen Nomenklaturen (obwohl mit Recht?) als „niedergeschlagene, fest gallertige Humussäure" bezeichnet

---

8) Nach brieflicher Mitteilung von Herrn Professor Sauer könnte es sich um lösliche Alkalitonerdehumate handeln!

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

wird, seine Eigenart ähnlichen Ausfällungen verdankt. Die Beobachtungen von Miklauz deuten darauf hin! (Vergl. Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung 1908 Heft 6!)

Wenn wir von der Ausfällung von Mineralstoffen in der Ortsteinschicht absehen und uns nur mit den Humusstoffen im Ortstein befassen, so darf man es als sicher annehmen, daß die Anreicherung der Ortsteinschicht mit Humus und die Verkittung der Mineralteile im Boden auch durch stark zersetzte Pflanzenreste erfolgen kann, die mit Hilfe des versickernden Wassers in den Boden hinuntergewandert sind. (Die Rolle der Wurzelreste, welche im Boden verbleiben, soll später erwähnt werden.) Hier sei besonders auf die Wahrnehmungen von P. E. Müller hingewiesen. Hiernach findet ein mechanisches Hinunterschwemmen von Humussubstanzen („Humuskohle") in grobkörnigen, porösen Sandböden statt und zwar erfolgt das Absetzen der Humusteile in einer Zone des Bodens, welche von einer verdichteten Schicht unterlagert wird. Besonders günstig für das Eindringen von Humusstoffen erweist sich der Sandboden, soweit als er vom Froste gelockert werden kann.

Daß die Einlagerung von Humus, welche zu Ausbildung von schwarzem Ortstein führt, in solchen Fällen auf mechanischem Wege vor sich geht, dafür gibt Müller als einen triftigen Beweis an, daß die Quarzkörner in solchem Ortstein nackt und nicht wie sonst ganz von Humussubstanzen inkrustiert sind.

Auf diese Art nehmen die ansehnlichen schwarzen Ortsteinschichten, wie sie in feuchten Heiden vorkommen, durch die Aufnahme von reichlich Humus geradezu eine torfartige Beschaffenheit an und es wird also Ortstein bis hinunter zur Frostgrenze gebildet.

Schon Biedermann erwähnt die Entstehung von Ortstein durch das Hinunterwandern von Humusstaub in reinen Sandboden und nach Lemcke tritt schwarzer Ortstein von der Art des eben geschilderten ohne Zusammenhang mit braunem durch Ausfällung entstandenen Ortstein auf. Auf Grund seiner mikroskopischen Untersuchungen nimmt Lemcke an, daß die Entstehung solcher meist lockerer Ortsteinlagen am besten nach P. E. Müller erklären läßt. Auch Helbig gibt die Möglichkeit eines solchen Prozesses, wie er schon von Senft angedeutet wurde, zu.

Es ist mir geradezu rätselhaft, wie man an der Entstehung von Ortstein auf dem Wege der Einwanderung von Humusteilchen auf mechanischem Wege zweifeln kann, wie dies früher so häufig geschah. Da und dort muß Ortstein unbedingt auf diese Art entstanden sein!

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

In feinkörnigen, vor allem in tonigen Böden kann allerdings durch Hinunterschwemmung von Humus (oder besser gesagt: dadurch, daß hinuntersickernde Wässer feine Humusteilchen nachsaugen) kein schwarzer Ortstein entstehen.

Ein Analogon zu dem erwähnten, durch Nachsaugung von Humusteilchen entstandenen Ortstein ist der früher erwähnte Tonortstein, bei welchen feinste Tonpartikel (geschützt durch kolloide Humusstoffe) in tiefere Bodenschichten gelangen; auch dieser fehlt nach Müllers Ausführungen in feinkörnigen Böden, was seine Theorie nur bestätigt.

Wenigstens ein Teil des Humusgehaltes im Ortstein und mitunter auch seine dunkle Färbung muß notwendigerweise auch auf die vielen im Ortstein enthaltenen Wurzelreste zurückgeführt werden. Zimmermann fand Reste von Heidekrautwurzeln im Ortstein, Müller scheint jedoch hierauf weniger Gewicht zu legen ebenso Vageler.

Ich selbst fand im weichen, braunen (oberen) Ortstein von Pontresina solche Mengen von Pflanzenwurzeln, lebende und abgestorbene, daß ich diesen einen wesentlichen Anteil an der Humusanhäufung im Ortstein zuschreiben muß. Solche Faktoren wechseln eben lokal sehr stark!

Wenn nach den bisherigen Ausführungen zwar gerade Rohhumusböden zu Ortsteinbildung neigen, so müssen die Humusansammlungen nicht in allen Fällen von so schädlicher Art sein, auch unter moderartigem Humus kann Ortstein vorkommen. Beispiele hierfür bringt Münst (Analysen von Ortstein im Buntsandsteingebiet) und der Verfasser: Über ein Vorkommen von Bleichsand und Ortstein in den Zentralalpen (Centralbl. für das ges. Forstwesen 1911).

Selbst durch Einwirkung zersetzter Nadelstreu, auch ohne daß sich Humusschichten auf dem Boden anhäufen, kann Ortstein entstehen, wie dies Müller in Wäldern von Pinus Maritima bei Bordeaux schildert. Doch scheint es sich hier um eine Ausnahme zu handeln, bei der wohl die große Menge zersetzter Nadeln es mit sich brachte, daß lösliche Pflanzenstoffe in den Boden eindrangen und dort wie humoses Sickerwasser wirkten (Anm. des Verf.)

Es gibt also zahlreiche Möglichkeiten einer Entstehung von Ortstein und ich glaube, aus dem Gesagten dürfte wohl zur Genüge hervorgehen, daß man nicht eine einzelne dieser Entstehungsart als die stets und überall vorkommende bezeichnen darf, sondern daß selbst auf geringe Entfernungen hin die Ortsteinbildungen durch verschiedene Ursachen hervorgerufen sein können.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Mineralstoffe im Ortstein.

Von den im Obergrund durch Atmosphärilien und Humusstoffe ausgelaugten Mineralstoffen werden nur einzelne im Untergrund bei der Ortsteinbildung angereichert, und es ist für den Forstwirt, der auf Sandböden fast regelmäßig die Kiefer, eine tiefwurzelnde Holzart anbaut, nicht gleichgültig, ob die Nährstoffe, die aus dem Obergrunde durch Humusstoffe ausgelaugt werden, der Waldvegetation gänzlich verloren gehen, oder ob sie sich vielleicht in tieferen Schichten, in welche Tiefwurzler ihre Wurzeln hinunterzutreiben vermögen, anhäufen. Albert beweist durch seine Analysen, daß etwa 90% der dem Bleichsand verloren gegangenen Mineralstoffe in der Ortsteinschicht festgehalten werden.

Über die Art und Weise der Ausfällungen in der Ortsteinzone will ich bei der — ich möchte sagen — absoluten Unkenntnis, die wir von diesen Vorgängen haben, keine Vermutungen, auch nicht solche, die in der Literatur in unheimlicher Menge geäußert wurden, aufstellen. Hier soll nur das mitgeteilt werden, was sich an hand der analytischen Belege über die Zusammensetzung des Ortsteins sagen läßt.

Während sich vor allem Tonerde und Phosphorsäure im Ortstein anreichern und das Eisen in den meisten Fällen ebenfalls wenigstens zum großen Teile im Ortstein verbleibt, gelangen Kalk, Magnesia und Kali offenbar sehr leicht in die Grundwässer; ein Teil dieser wichtigen Pflanzennährstoffe geht also für die an Ort und Stelle wachsenden Pflanzen verloren. Über die eigentlichen Vorgänge läßt sich nach dem heutigen Stande der Humuschemie wenig Sicheres sagen, aber deutlich geht aus allen einschlägigen Arbeiten das Resultat hervor: Es entspricht im allgemeinen jedenfalls einer stärkeren Auslaugung des Obergrundes (Bleichsand) eine stärkere Anreicherung im Untergrund (Ortstein).

Was die einzelnen Stoffe im allgemeinen betrifft, so hängt es wohl von der stärkeren oder geringeren Absorptionsfähigkeit des Ortsteins ab, wie viel davon ausgewaschen oder aufgespeichert wird. Die Absorptionsfähigkeit steht aber wohl sicher in Beziehungen zum Alter des Ortsteins und zur Verdünnung der Lösungen, also zur Wasserführung. Mit Bezug auf das Alter des Ortsteins sagt P. E. Müller: „Die absorbierende Schicht hat die Eigenschaft, daß ihr Absorptionsvermögen im Allgemeinen immerfort in demselben Grade steigen wird, in welchem sie mehr Stoffe zu absorbieren vermocht hat“.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Der allererste Beginn aber ortsteinartiger Ausfällungen im Boden und weitere Umsetzungen bezw. Absorptionsvorgänge werden durch die Verwitterungsschicht eingeleitet oder durch eine Verdichtung im Boden oder in ganz gleichmäßigen Böden (z. B. gleichkörnigen Sandböden) durch physikalische Vorgänge, durch eine Konzentration, Koagulation, Austrocknung, deren Produkt selbst schon Ortsteincharakter, wenn auch nur im kleinsten Maßstabe, trägt.

Alles wird je nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschieden sein.

Von den Vorgängen bei der Ortsteinbildung wird einer der wichtigsten die hydrolytische Spaltung der aluminiumhaltigen Silikate im Obergrunde sein.

Man muß ferner annehmen, daß die hydrolisierten Silikate dann noch tiefgehenden Veränderungen durch die lange dauernde Einwirkung der Humusstoffe unterliegen. Schon Sprengel sagt, obwohl er die Vorgänge bei der Hydrolyse noch nicht kannte, daß „die Humussäure die merkwürdige Eigenschaft hat, die Kalk- und Tonerdesilikate zu zerlegen". Auch P. E. Müller hat die Auflösung von Tonerdesilikaten unter dem Einfluß der Humusstoffe beobachtet.

In neuester Zeit betonen insbesondere Sauer (auch brieflich) und seine Mitarbeiter eine Spaltung der Tonerdesilikate durch die Humusstoffe, außerdem besonders auch Albert.

Unter der Einwirkung gelöster Humusstoffe, die wir uns im Überschusse denken müssen, so daß eine Absättigung durch Alkalien nicht stattfindet, würde also nach den genannten Autoren Tonerde löslich und wandert dann in die Tiefe, bis sie auf labile Mineralstoffe, die sich ja in der Verwitterungsschicht in Menge finden, stößt; hier erfolgen dann Ausfällungen, da die bisher als Schutzkolloide dienenden Humusstoffe, sei es aus chemischen oder physikalischen Gründen, ausfallen und nun Umsetzungen mit den durch Verwitterung angegriffenen Mineralien erfolgen können. So kommt die für den Ortstein geradezu typische Anhäufung von Tonerde in dieser Bodenschicht zustande.

Es läßt sich wohl aus einer Zusammenstellung und Vergleichung der großen Anzahl von Analysen entnehmen, daß in der Ortsteinschicht fast ausnahmslos die Tonerde stark angereichert ist; trotz der vorigen Überlegungen wissen wir aber doch nicht sicher, auf welchem Wege. Für die Tonerde im Ortstein können sich nämlich auch deshalb analytisch so hohe Zahlen ergeben, weil die Tonsubstanz als solche (ungespalten) ähnlich wie im Tonortstein heruntergewandert und im Ortstein ausgefallen ist. Behandelt man nun im Gange der Analyse das

Ortsteinmaterial mit Salzsäure, so erhält man natürlich eine hohe Zahl für Tonerde. Mit Bezug auf diese Umstände sind die Ausführungen Alberts von Bedeutung, welcher sagt, daß die leichtere Beweglichkeit der Tonteilchen im Bleichsande die Folge eines Mangels an löslichen Salzen seien (welche ausflockend wirken könnten und so die Tonsubstanzen im Obergrund zurückhalten würden) und eine stete Begleiterscheinung der Humussäureverwitterung. —

Beweiskräftig für eine Wanderung der einzelnen Stoffe sind Analysen von Bodenprofilen (Bleichsand, Ortstein, Untergrund) eigentlich immer nur dann, wenn die Schichten, aus denen das Analysenmaterial entnommen ist, ursprünglich unter sich gleichwertig waren und zwar in chemischer und physikalischer Beziehung. Dies ist bei den Analysen von Albert der Fall und nur unter solchen Voraussetzungen ist man zu Schlüssen berechtigt, wie sie dieser Autor bezüglich der Wanderung der Nährstoffe zieht. Aber einen genauen Aufschluß, auf welchem Wege die Anreicherung im Ortstein erfolgte, erhalten wir auch unter solchen Umständen nicht. —

Die Aufspeicherung von Phosphorsäure im Ortstein geht nach Albert im Ortstein geradezu quantitativ vor sich und ist gleich der Anhäufung von Tonerde charakteristisch für diese Schicht. Der Reichtum an Phosphorsäure im Ortstein scheint durch den hohen Gehalt des Ortsteins an Tonerde bedingt, welche ja die Phosphorsäure zu fällen imstande ist, doch scheint auch eine vielleicht durch physikalische Faktoren (Austrocknung) hervorgerufene Ausfällung organischer Phosphorsäureverbindungen möglich, was Münst hervorhebt.

Wenn man die Analysen von Ramann, Lemcke und Münst vergleicht, ergibt sich, daß in 15 von 21 Analysen ganzer Profile die höchsten Zahlen für Phosphorsäure (die in Ortstein festgestellt wurden) mit den für Tonerde zusammenfallen; in weiteren 5 Fällen wurde die höchste Zahl für Phosphorsäure auch im Ortstein gefunden und gleichzeitig auch ein bedeutender, wenn auch nicht maximaler Gehalt an Tonerde, jedenfalls mehr als genügend, um die Phosphorsäure zu binden. —

Eisen, Kalk, Magnesia, Kali und Natron werden teils mit, teils ohne Hilfe von Humusstoffen durch die Tagwässer im Obergrund gelöst. Für Kalk und Magnesia sind Humusstoffe kaum nötig zur Lösung; ja man möchte mit Albert annehmen, daß sie schon größtenteils ausgelaugt sind, bevor der eigentliche Prozeß der Ortsteinbildung beginnt; sie würden auch zu viel ungesättigte Humussole an sich reißen, so daß für die Lösung von Tonerde und Phosphorsäure nicht genug davon vorhanden wäre. Nach den Analysenresultaten wird zweifel-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

los Kalk und Magnesia ausgewaschen, was aber auch durch eine spätere Zersetzung (Verwesung) kalkhaltigen Ortsteins erklärt werden könnte. Das Kali wird meist im Ortstein angereichert, es wandert also vermutlich später aus dem Bleichsande aus mit Hilfe von Humusstoffen. Seine Anreicherung im Ortstein beruht offenbar auf einer hohen Absorptionsfähigkeit, die der Ortstein in den ersten Stadien seiner Entstehung noch kaum haben kann.

Münst scheint nach seinen in dieser Beziehung etwas schwer verständlichen Ausführungen hingegen Wert auf Ausfällung des Kali im Ortstein zu legen; eine Anreicherung des Kali im Ortstein geht auch aus der Betrachtung des Analysenmaterials der verschiedenen Autoren tatsächlich hervor, welche nur selten einen Mindergehalt des Ortsteins an Kali gegenüber dem Untergrund (unveränderten Boden) angeben; doch ist dieses Mehr an Kali im Ortstein nicht so bedeutend, daß man auch nur annähernd von einer quantitativen Ausfällung des Kali sprechen könnte, und Alberts Untersuchungen, die unter viel günstigeren Verhältnissen (gleichartige Bodenschichten) ausgeführt wurden, lassen auch deutlich eine Wegführung von Kali aus dem Ortstein in die Grundwässer erkennen, welche mir vollkommen erklärlich wird durch das Verhalten von kieselsauren Kalilösungen gegenüber Humussolen, welches bereits besprochen wurde.

Humusstoffe wirken also lösend auf das Kali ein und umgekehrt.

Wenn ich gerade auf das Kali als Transportmittel für wegzuführende Humussole Gewicht lege, so geschieht das, weil gerade die braunen, humosen Wässer aus Silikatgesteinsgebieten viel Kali (und außerdem freie Kieselsäure) gelöst enthalten, wie dies Spaeth für die Gewässer des Fichtelgebirgs und Metzger für den bayerischen Wald nachgewiesen haben, eine Tatsache, die ja auch sonst oft erwähnt wird.

Eisen wird der Hauptmenge nach wohl im Obergrund durch Humusstoffe beweglich gemacht und größtenteils im Ortstein absorbiert. Doch würde zur Lösung des Eisens auch Kohlensäure allein, ohne die Mitwirkung von Humussäuren genügen, auch eine Lösung des Eisens ohne gleichzeitige Reduktionsprozesse als Oxydverbindung muß nach Albert und Ramann entgegen früheren Anschauungen für häufig vorkommend angenommen werden.

Auch beim Eisen ist, ähnlich wie beim Kali, hie und da eine Auswaschung zu konstatieren.

Das Eisen scheint trotz seiner chemischen Affinität, zur Phosphorsäure, die ja im Ortstein so reichlich enthalten ist, sehr beweglich, d. h. es wird in ihm durchaus nicht, wie zu erwarten wäre, quantitativ aufgenommen. In 7 von 26 Fällen war der Eisengehalt am höchsten im

Untergrund. Vielleicht ist also ein Teil des Eisens schon vor der Ausbildung von Ortstein aus dem Obergrund ausgewaschen worden. Ich möchte diese öfters festgestellte Auswaschung des Eisens hier nochmals besonders hervorheben, da vielfach, wie erwähnt, noch die irrige Ansicht herrscht, eine Anhäufung von Eisen sei für die Ortsteine charakteristisch, obwohl schon Schütze den oft sehr geringen Eisengehalt des Ortsteins durch Analysen festgestellt hat!

Der Mehrgehalt des Ortsteins an Natron gegenüber dem unveränderten Boden (Untergrund) ist so gering, daß Albert an einen Basenaustausch von Kali gegen Natron bei der Absorption denkt. In zahlreichen Fällen enthält der Ortstein tatsächlich sogar weniger Natron als der Untergrund. —

Aus dem zahlreichen Analysenmaterial kann ich, um einen Überblick über die Verteilung der Mineralstoffe in Bleichsand, Ortstein und Untergrund zu geben, nur einige Beispiele aufführen. Ich folge hier Helbig, der uns bereits eine hübsche Übersicht über die Nährstoffe in Bodenprofilen verschiedener Formationen gegeben hat; hierdurch wird jedoch ein eingehenderes Studium der gesamten in der Literatur vorhandenen Analysen nicht erspart, falls man vollen Einblick in diese Verhältnisse zu haben wünscht.

Es betrugen die salzsäurelöslichen Stoffe aus verschiedenen Ortsteinprofilen in 100 Teilen-Teile:[9])

	a) Diluvium[10])			b) Quadersandstein[11])			c) Buntsandstein[12])			d) Granit		
	Bleichsand	Ortstein	Untergrund	Bleichsand	Ortstein	Untergrund	Bleichsand	Ortstein	Untergrund	Bleichsand	Ortstein	Untergrund
K_2O	0,0084	0,0113	0,0174	0,0062	0,0159	0,0182	0,0244	0,0843	0,0746	0,0849	0,1275	0,1940
Na_2O	0,0115	0,0114	0,0239	0,0119	0,0324	0,0411	0,1092	0,1250	0,0792	0,1111	0,0984	0,0482
CaO	0,0127	0,0210	0,0242	0,0158	0,0140	0,0176	0,0360	0,1110	0,0400	0,1060	0,1125	0,1750
MgO	0,0035	0,0103	0,0331	0,0086	0,0107	0,0098	0,0229	0,1856	0,0465	0,0567	0,2090	0,1260
MnO	0,0034	0,0043	0,0055	0,0035	0,0032	0,0056	0,0253	0,2815	0,1432	0,0958	0,3484	0,2095
Fe_2O_3	0,0770	0,2913	0,2712	0,0130	0,5596	0,0610	0,1610	1,2575	0,2414	} 1,3984	0,9700	} 7,2264
Al_2O_3	0,0486	0,7037	0,4797	0,0100	0,6352	0,0496	0,3387	3,7219	0,5634		7,5820	
P_2O_5	0,0126	0,0608	0,0305	0,0116	0,0263	0,0044	0,0153	0,0636	0,0340	0,0256	0,0784	0,0816
Sa	0,1777	1,1141	0,8855	0,0806	1,2973	0,2073	0,7328	5,8304	1,2223	1,8785	9,5262	8,0607
Glüh-Verlust[13])	1,647	3,838	1,01	1,44	8,09	0,61	2,23	7,52	1,15	9,10	38,17	11,33

9) Nach M. Helbig: Über Ortstein im Gebiete des Granites (Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft 1909 Heft 1).

10) Analysenmittel aus 7 bezw. 9 Angaben nach Ramann, Jahrb. der Kgl. Pr. geolog. Landesanstalt und Bergakademie, 1885, Anhang.

11) Nach Ramann, Literatur wie vorstehend, Untergrund = d Schichte.

12) Nach Helbig, Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1903, Seite 372.

13) Glühverlust ist auf Gesamtboden berechnet.

Die Bedeutung des Kalkes für den Ortstein.

Der Umstand, daß Kalk im Ortstein nicht allzusehr angereichert wird, trägt offenbar zu dessen Beständigkeit bei, denn Humusstoffe, welche mit Alkalien abgesättigt sind, werden als der Zersetzung (Verwesung) leicht zugänglich bezeichnet; besonders wenn Ortstein in den oberen Bodenschichten viel Kalk enthielte, würden die organischen Stoffe leicht zersetzt, wobei die Verbindungen des Kalkes mit Humus in kohlensauren Kalk umgewandelt würden, worauf insbesondere Münst hinweist; diese Umsetzung würde den Kalk immer neuerdings wieder in eine wirksame Form zurückverwandeln, so daß er, falls keine Lösung und Auswaschung durch kohlensäurehaltiges Wasser stattfände, auf unbeschränkte Zeit die Ortsteinbildung hintanhalten könnte.

Wichtig für die Kultur der Ortsteinböden ist die Frage, ob Kalkung fertig ausgebildeten Ortstein im Boden zurückzubilden vermag; aber dafür haben wir, wie mir auch Herr Professor A. Sauer schreibt, keinen Beweis. — Wenn dies aber tatsächlich der Fall ist, so darf man dabei nicht an eine Auflösung des Ortsteins, wie sie etwa durch Soda oder Ammoniak bewirkt wird, denken, was mir folgender Versuch beweist:

Durch die Einwirkung der Hydroxyde der Erdalkalien auf verschiedene Sorten von Ortstein erfolgte, wenn Ortstein in Stücken angewendet wurde, wie dies den Verhältnissen in der Natur ja entspricht, auch bei großem Überschusse dieser Reagentien (Kalk- und Barytwasser) keine Auflösung des Ortsteins, ja nicht einmal eine Braunfärbung der überstehenden Flüssigkeit und auch in der Folge, sei bei der Aufbewahrung in trockenen oder feuchten Räumen, kein Zerfall des Ortsteins; wohl aber waren die Ortsteinbrocken noch härter als zuvor geworden und zeigten beim Durchschlagen eine mehrere Zentimeter starke hellere Zone, welche durch die Einwirkung des Kalkwassers entstanden war; tiefer konnte dieses trotz der langen Dauer des Versuches (etwa ¼ Jahr) nicht eindringen. Nur gepulverter Ortstein ergab mit reichlich Kalkwasser eine schwach bräunliche Färbung der überstehenden Flüssigkeit.

Wenn Ortstein im Boden durch den Einfluß einer Kalkung aufgelöst wird, was ja mit Hinsicht auf die Kultur von Ortsteinböden sehr zu wünschen wäre, möchte ich an eine sehr langsame Verwesung denken, welche aber den Zutritt von Sauerstoff, vielleicht auch die Mitwirkung von Bakterien voraussetzt.

Die Möglichkeit einer Auflösung bereits verfestigten Ortsteins durch den Einfluß kalkreicher Buchenlaubstreu bespricht Regelmann (Blatt Kniebis).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Ferner führen Schmid und Rau Fälle an, in welchen sich Ortstein auch bei starker Ausbildung unter besonders günstigen Umständen wiederauflöste, offenbar unter der Einwirkung mineralischer Dünger; genaueres geben diese Autoren leider nicht an.

„Kalkung wird auf Anregung der geologischen Landesanstalt nunmehr in Württemberg auch beim Bepflanzen von rohhumusreichen Flächen mit viel Erfolg angewendet; ob sich aber durch Kalkung Ortstein im Untergrund zurückbilden kann, kann in der kurzen Beobachtungszeit noch nicht festgestellt werden". (Briefliche Mitteilung von Herrn Professor A. Sauer.)

Vielleicht lassen sich diese Fragen gerade in Württemberg der Lösung näher bringen. Nachdem hier die geologische Landesaufnahme dem Ortstein viel Beachtung schenkt, kann man an Hand der Kartierung möglicherweise nach Ablauf längerer Zeit die Einwirkung von Düngung auf solche Böden verfolgen.

Nährstoffkapital und Produktivität des Bleichsandes.

Es ist klar, daß die schon erwähnte Erschöpfung des Bleichsandes an Nährstoffen nicht allein von dem Entzuge durch die Pflanzen herrühren kann. Dies läßt unmittelbar schon mit Hinsicht auf die Verarmung dieser Schicht an Tonerde feststellen, welche ja von den Pflanzen nur in geringen Mengen verbraucht wird. Auslaugend wirken in erster Linie die Humusstoffe und in dem an leicht löslichen Nährstoffen erschöpften Bleichsand findet die Vegetation häufig nicht genügend Nährstoffe; vor allem bietet er anspruchsvolleren Gewächsen nicht mehr genug davon. In der Konkurrenz mit den Holzarten bleiben dann die im Walde wenig erwünschten Kleinsträucher Sieger und wirken mit ihren Abfällen, die schwer verwesend, nur immer aufs neue Rohhumus bilden, fortwährend nur noch ungünstiger auf den Boden ein.

Die starke Wurzelverbreitung, welche man gerade im weichen, oberen Ortstein so häufig beobachten kann, läßt deutlich genug erkennen, daß die Pflanzen (nicht nur die Kiefer, auch Gräser, Heidekraut usw.) die Nährstoffe in der Tiefe auch aufsuchen, vor allem bildet die Heide selbst, wie Ramann erwähnt, nie Wurzelverzweigungen im Bleichsande, sondern erst auf der an Nährstoffen reicheren, weichen, oberen Ortsteinschicht; die Ursache dieser Wurzelverbreitung liegt übrigens, abgesehen von der Verteilung der Nährstoffe, in der Wasserführung des Bodens; die humosen Schichten trocknen weniger als der Bleichsand aus, in vielen Fällen ist die Ortsteinzone immer etwas feucht.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Gegenwart von Ortstein unter Bleichsand ist an und für sich (was ich hier gleich anfügen möchte), durchaus nicht die Ursache einer schlechten Entwicklung von Waldbeständen.

So hat Emeis beobachtet, daß Ortstein unter ansehnlichen Buchenaltholzbeständen vorkommt und daß riesige Eichen über harten Ortsteinschichten wurzeln; aber weitere Generationen von Holzarten auf dem rohhumusbedeckten Boden zu erzielen ist ohne vorherige Bodenbearbeitung nach dem gleichen Autor unmöglich. Auch Ramann erwähnt gute Buchen-, Eichen-, Kiefern- und Fichtenbestände auf Ortstein.

Das Nährstoffkapital des Bleichsandes, welcher aus besseren Böden hervorgegangen ist, muß schon nach den Aufschlüssen, welche wir durch die mikroskopische Analyse rasch und sicher erhalten, als durchaus nicht gering bezeichnet werden; anders allerdings verhält es sich mit Diluvialsanden, deren Bleichsande nach Ramann oft eine klägliche Armut an Pflanzennährstoffen aufweisen. Auch im Bleichsande von Dünen muß nach Albert wenigstens der Vorrat an Kalk und Phosphorsäure als völlig unzureichend für die normale Ernährung der Waldbestände bezeichnet werden. Und doch gibt es auch für diese Bodenarten, wie Albert dartut, Ausnahmen.

Bezüglich der Nährstoffarmut im Bleichsande ist also eine Generalisierung unangebracht und auch Münst hebt hervor, daß die Verheerungen der sog. Humussäuren bei den armen Sandböden viel größer als bei den reichen Granitböden ist; nachdem bei letzteren immer noch ein ansehnliches Nährstoffkapital in der Form von Feldspaten (die ja nur äußerlich angegriffen und erschöpft sind) vorhanden ist, können solche Böden die Verluste mit der Zeit doch noch ausgleichen, während der an Reservekapital viel ärmere mittlere Buntsandstein dies nicht kann. Regelmann sagt von letzterem: Da dieser Horizont Feldspat fast nicht mehr führt, ist der Kaligehalt seiner Böden im allgemeinen gering.

Helbig erwähnt einen Granit-Bleichsand mit hohem Nährstoffkapital, so daß dieser lediglich hiernach beurteilt, den besseren Klassen zuzurechnen wäre. Noch nährstoffreicher ist der von mir näher beschriebene Bleichsand von Pontresina. (Centralbl. f. d. ges. Forstwesen 1911.)

Es kann nach dem Gesagten nicht befremden, wenn man also auf Bleichsand, der besseren Bodenarten entstammt, und unter welchen mächtige harte Ortsteinbänke anstehen, so gute Bestände antrifft, wie sie z. B. Regelmann (Blatt Kniebis) beschreibt, oder wie ich sie selbst im Oberengadin sah. Es ist dabei aber zu berücksichtigen, daß sich ja das Wurzelsystem der Bäume, besonders von Tiefwurzlern, doch nicht

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

allein im Bleichsande bewegt, sondern, daß es gerade aus der oberen Ortsteinschicht, die ja meist weich, leichter durchdringlich und nährstoffreich ist, genügend Nahrung heraufholen kann, um den schönsten Bestand zu ernähren. Allein auf die Dauer können Ortsteinböden nicht produktiv sein und die Bestände werden umso eher rückgängig werden, je näher sich die Ortsteinschicht an der Bodenoberfläche befindet. Doch sind es keineswegs nur die Nährstoffe, welche in Ortsteinböden ausschlaggebend werden, sondern die physikalischen Verhältnisse, welche in Böden, die von Rohhumus befallen sind, ungünstig verändert sind: Trockenheit oder Nässe, ungenügende Durchlüftung und Verdichtung des Bodens.

Aber auch wenn spärlich Nährstoffe im Bleichsande enthalten sind, ist der schlechte Ruf, in dem diese Bodenart hinsichtlich ihrer geringen Produktivität steht, nicht in allen Fällen gerechtfertigt. So ist nach Ramann Bleichsand dann durchaus nicht improduktiv, wenn für die Pflanzen das Grundwasser erreichbar ist.

Tacke und Weber beschreiben einen sehr ansehnlichen Kiefernbestand in der Lüneburger Heide (100 jährig, auf 1 Hektar 395 Stämme bis zu 28 m Höhe mit einem Holzgehalt von 440 fm davon 374 fm Derbholz), welcher in Bleichsand über hartem, mächtigem Ortstein stockt; der Bleichsand enthält dort keinen auffallend hohen Nährstoffgehalt.

Über das im allgemeinen aber doch sehr mangelhafte Wachstum der Kiefer auf Ortsteinböden berichtet sehr ausführlich (mit Abb.) Gräbner und gibt die Gründe hierfür an, die großenteils in Wassermangel und gehinderter Wurzeltätigkeit liegen, genauer an. Jedenfalls ist die für die Kiefer besonders unnormale Verbreitung der Wurzeln in tieferen Bodenschichten unter dem Bleichsand ihrem Wachstum nie zuträglich; kann es doch sogar zu einer Verjauchung der Wurzeln kommen!

Bei den Auslaugungsprozessen im Bleichsand bleibt der Quarz ziemlich unberührt. Dadurch, daß alle anderen Mineralstoffe im Obergrunde mehr und mehr ausgewaschen werden, reichert sich die Kieselsäure aber dort prozentual natürlich ganz von selbst an und wenn Emeis mit Hinsicht auf die norddeutsche und schleswig'sche Heide von einer Verkieselung der Bodenoberfläche in geologisch langen Zeiträumen spricht, so besteht diese Ansicht (an die ich insbesondere die Geologen mit Rücksicht auf analoge Vorgänge in früheren Erdperioden nachdrücklichst erinnern möchte), heute noch zu Recht, wenn Emeis auch auf anderem Wege zu dieser Anschauung gekommen ist. (Vgl. Münst.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Absorptionsfähigkeit des Bleichsandes.

Die Fähigkeit des Bleichsandes, Nährstoffe, die z. B. in der Form von Düngung gegeben werden, festzuhalten, ist davon abhängig, ob im Bleichsande Eisen- und Tonerdeverbindungen, sowie Humusstoffe vorhanden sind, welche Umsetzungen, bezw. eine Absorption ermöglichen; dann kann besonders Phosphorsäure und Ammoniak aufgenommen werden.

In der Regel ist aber im Bleichsande die Absorption geradezu eine minimale; sind auch einzelne Mineralbestandteile, z. B. Feldspate im Innern der Körper noch keineswegs erschöpft, so mangeln doch leicht umsetzbare Stoffe durch die starke Auslaugung, die der Bleichsand erlitten hat. So unterscheidet sich der Bleichsand von dem kaum veränderten Untergrund, welcher ja noch nicht ausgelaugt ist, und noch mehr vom Ortstein, welcher seine Fähigkeit, Mineralstoffe zu absorbieren, immer noch steigert, wodurch ja auch die oft sehr erheblichen Eisenkonkretionen im Ortstein erklärt werden können. Auf diese Unterschiede macht P. E. Müller sehr ausführlich aufmerksam.

Lemcke gelangte bezüglich des Bleichsandes und Untergrundes zu ähnlichen Ergebnissen wie Müller. Auf diese geringe Absorptionskraft wäre also bei einer Düngung Rücksicht zu nehmen und möglichst schwerlösliche Dünger anzuwenden. Versuche in dieser Beziehung hat Gräbner angestellt und laut freundlicher brieflicher Mitteilung gute Erfolge erzielt.

Die Verbreitung des Ortsteins.

Die Hauptverbreitung des Ortsteins ist vom Strande des Meeres bis zum Fuße der Alpen[14]) in armen Sanden zu suchen und es unterliegt nach allen Wahrnehmungen und Analysen keinem Zweifel, daß mineralisch ärmere Böden unter Ortstein viel zu leiden haben. Böden, die im Gegensatz zu den meisten Diluvial- und Heidesanden feinkörnig und gleichzeitig nährstoffreich sind, neigen weniger zu Erkrankung; innerhalb letzterer Bodenarten scheinen allerdings weniger die chemischen als die physikalischen Verhältnisse von Bedeutung zu sein; die strengen Flottlehm-

---

14) Das südlichste Vorkommen von Ortstein in Deutschland dürfte wohl ein von mir beschriebenes sein: „Bleisand und Ortstein am Peißenberg" (Naturwissenschaftl. Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft 1906 Seite 214); es handelt sich hier um Ortstein, der sehr deutlich ausgeprägt ist und unter einer Bleisandzone in eisenschüssigem, ockergelbem Sande zu beobachten ist.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

böden[15]) z. B. zeigen bei Erkrankung die stärksten Verdichtungsgrade; milder Flottlehm verhält sich bezüglich der Bodenflora und der Zustände im Boden selbst viel günstiger; beim Flottlehm sind es zweifellos eher die Extreme des Wassergehaltes und die Folgen der Verdichtung, welche ihn zu Erkrankung disponieren als der Mangel an Nährstoffen, der mitunter in dieser Bodenart herrscht.

Erdmann hat diese Punkte, die hier kurz im Auszuge wiedergegeben sind, ausführlich besprochen. —

Wenn von Gräbner behauptet wurde, daß sich der Ortstein unter den Heideflächen meilenweit in ununterbrochener Schicht durchziehe, trifft dies wohl kaum zu. Dazu sind in der Heide die Bodenverhältnisse in chemischer und physikalischer Beziehung trotz scheinbarer oberflächlicher Übereinstimmung viel zu ungleich. Es gibt wohl keine Strecke in den Heiden, die auch nur auf eine Meile hin so einheitliche Bodenbeschaffenheit hätte, daß sie gleichmäßig von Ortstein befallen wäre. Stärker als die Lüneburger neigt wohl die Schleswigsche Heide zur Ortsteinbildung; dort konnte ich Ortstein unter der liebenswürdigen Führung von Herrn Provinzialforstdirektor Wilh. Emeis häufig und sehr ausgeprägt beobachten.

Bisher sind zahlreiche Vorkommen von Ortstein auf Böden bekannt, die weder dem Diluvialsande noch Dünenbildungen angehören und man sieht aus der folgenden Zusammenstellung, daß der Ortstein an keine bestimmte Formation gebunden ist.

Müller erwähnt Vorkommen auf Granit im Böhmerwalde und im Riesengebirge, im Hochgebirge Norwegens (Tonböden), Ramann im Gotthardgebiete, auf Buntsandstein in Thüringen, auf Granit und Gneiß der Tatra, Helbig auf Granit und Buntsandstein in Baden, Siefert ferner Sauer, Münst und andere Mitglieder der geologischen Abteilung des Kgl. württembergischen statist. Landesamtes auf Granit und Buntsandstein in Württemberg, C. Emeis in Waldbeständen der sächsischen Schweiz. Ramann und Zimmermann auf dem Quadersandstein Nordböhmens, Hornberger auf Buntsandstein im Kaufungerwald, Münst bespricht u. a. Ortstein im Odenwald, Pfälzerwald, Rheintal und

---

15) Unter Flottlehm versteht man äußerst feinsandige Böden, die auch geringe Mengen Ton enthalten können, Ausschlämmungsprodukte diluvialer Gletscher, die in Becken abgesetzt wurden; besitzt Flottlehm in feuchtem Zustande eine oft sehr große Plastizität, so ist er doch, nachdem kolloide Bestandteile darin ganz zurücktreten, viel durchlässiger wie dieser, wird aber je nach dem Feinheitsgrade des Materials oft sehr schwer bearbeitungsfähig und lagert sich fest zusammen; diese Böden, besser als Flottsande zu bezeichnen, sind als Waldböden zum Teil gerade-

in den Vogesen, Andersson und Hesselman verschiedene Vorkommen in Schweden. Auch im Hochgebirge kommt, wie angedeutet, Ortstein vor, so am Gotthard, an der Furka, jedoch nach einer gütigen Mitteilung von Herrn Professor Früh viel weniger deutlich ausgebildet als in Heidesand. Verfasser fand Ortstein sehr ausgeprägt im Oberengadin bei Pontresina und ist überzeugt, daß im Silikatgesteinsgebiete der Alpen Ortstein viel mehr verbreitet ist, als bisher bekannt ist. Die Verwitterungszone in den dortigen Böden ist häufig ziemlich dunkel gefärbt, so daß Ortstein von einer gelbbraunen Farbe nicht so sehr ins Auge fällt, wie in den lichten Sandböden und daher leicht übersehen wird.

Man kennt auch zahlreiche Ortsteinvorkommen in verschiedenen Silikatgesteinsböden, die durchaus nicht von vorneherein nährstoffarm waren, in denen der Obergrund erst durch Auslaugung unter der Einwirkung von Humusstoffen verarmt ist. Die Bedingungen und Vorgänge bei der Ortsteinbildung in besseren Böden sind die gleichen wie sie schon erwähnt wurden, nur dauert es offenbar länger, bis darin Ortstein zustande kommt. Je mehr Alkalien, insbesondere Kali, in einem Boden vorhanden sind, um so größere Zeiträume müssen verstreichen, bis dieser durch die Auslaugung mit Hilfe der Humusstoffe verarmt. Daher arme Sande rasch erschöpft werden, kalireiche Urgesteinböden usw. viel langsamer; offenbar findet man auch aus diesem Grunde eben in den Zentralalpen seltener Ortstein, da durch das Kali der Granite und der anderen zentralalpinen Silikatgesteine die Humusstoffe in Lösung gehalten werden und sich nicht so leicht zwischen den Bodenteilchen abscheiden können, wie Humussole, die nicht durch Alkalien abgesättigt sind und nun in der Verwitterungs- bezw. Ortsteinschicht durch labile Mineralstoffe ausgefüllt werden. Vermutlich werden also, so lange Kali in den oberen Bodenschichten freigemacht werden kann, die Humusstoffe nicht ausfallen, sondern abgesättigt durch Kali als Sole von den Niederschlägen durchgewaschen werden. Diese Einwirkung des Kali läßt sich am besten daraus ersehen, daß selbst irreversible Gele, die schon als Kitt von Mineralteilchen im Boden abgelagert sind, durch Zutritt ganz geringer Mengen von Elektrolyten (Alkali) wieder verflüssigt werden können, was

---

zu berüchtigt, können aber für die landwirtschaftliche Kultur sehr brauchbar gemacht werden (Gräbner, Ramann, Bodenkunde 1911).

Das Äquivalent der Flottlehme besitzen wir in Bayern in den Absätzen diluvialer Vergletscherung in Seebecken, die heute vielfach vermoort sind; im südlichen Chiemseegebiet z. B. ist als Untergrund der Moore ein derartiger feiner Sand vorhanden, welcher in feuchtem Zustand plastisch ist, trocken zu Staub zerfällt und großenteils aus Quarzmehl besteht.

Helbig hervorhebt. Doch ist dies nach meinen Versuchen durchaus nicht bei allen Ortsteinvorkommen der Fall. Herr Professor A. Sauer schreibt mir, daß die Anfangsstadien des Ortsteins (Orterde) im Granitboden gar nicht selten beobachtet werden, daß dagegen typischer Ortstein im Granitgebiete immerhin selten ist, was auf die Kaliwirkung zurückzuführen ist. —

Bei den hohen Niederschlägen, die in den Alpen niedergehen, ist auch im Boden in der Regel genug Wasser vorhanden, um die Lösungen hinwegzuführen; sind aber undurchlässige Schichten im Boden vorhanden, so häuft auf ihnen (da es sich in den Alpen fast stets um geneigten Boden handelt), ein rasch beweglicher Grundwasserstrom, der die Bodenlösungen rasch zu Tal führt; es ist also weder Eintrocknung, noch Stagnation zu befürchten, Erscheinungen, die in der Ebene und in Sandböden oft genug auftreten und Ortsteinabscheidungen hervorrufen. Es wird demnach, wie Helbig sagt, in alkalireichen Böden die Ortsteinbildung lange unterbleiben können, wenn auch auflagernde Humusstoffe genügend Material zur Verkittung liefern, also diese Vorbedingung gegeben wäre.

Eine Analogie zu der langsamen Entwicklung von Ortstein in besserem (feinkörnigen) Silikatgesteinsböden hat man nach den Schilderungen von Müller in nährstoffreichen Lehmen. Diese enthalten (nach unseren heutigen Anschauungen) so viel Elektrolyte, daß die Humusstoffe in ihrem Bereiche nicht zur Ausfällung kommen, die Sole sich nicht in Gele verwandeln können; erst wenn die Lehmböden erschöpft sind, tritt dies ein und beginnt eine Ortsteinbildung.

Kennt man auch die Verbreitung des Ortsteins im allgemeinen, so sind wir noch weit davon entfernt, über seine lokale Ausdehnung etwas Genaueres zu wissen. Allerdings schenkt man dem Auftreten von Ortstein immer mehr Beachtung und bei der einschneidenden Bedeutung, welche diese Neubildung im Boden für Land- und Forstwirtschaft hat, erscheint es sehr begrüßenswert, daß auch bei der Bodenkartierung hierauf Rücksicht genommen wird, wie das in Württemberg geschieht.

„Wie günstig die Gegenwart von Kalk im Boden wirkt, geht daraus hervor, daß Ortstein nach den Untersuchungen der Kgl. württembergischen Landesaufnahme an die Böden des sterilen Hauptbuntsandsteins gebunden ist, dagegen im oberen und unteren Buntsandstein fehlt, was auf den geringen Kalkgehalt und den mehr oder weniger beträchtlichen Tongehalt zurückzuführen ist.“

„Unter gleichen klimatischen Bedingungen und physikalischen Verhältnissen sind auch kalkhaltige bezw. kalkreiche Böden frei von Rohhumusanreicherungen, so lange das Temperaturjahresmittel nicht unter eine gewisse Grenze[16]) heruntergeht.“ (Aus einer briefl. Mitt. von Herrn Professor Sauer).

Der mittlere Buntsandstein mit seiner Nährstoffarmut ist schon für die Ausbildung von Rohhumusschichten (nach Schmid und Rau bis zu 1 Meter Mächtigkeit) sehr stark disponiert, und in seinen Böden wurde auch die Hauptverbreitung des Ortsteins in Württemberg gefunden. (Publikationen des württembergischen geologischen Landesamtes.)

Schon Biedermann beobachtet, daß Lehmbeimischungen des Sandbodens das Zustandekommen von Ortstein hintanhalten, auch wenn eine sehr alte Heidenarbe vorhanden ist und Emeis erwähnt, „daß Lehmdistrikte ihn nur ausnahmsweise in sandigen Adern führen“! Vielleicht meinte Biedermann mit „Lehm“ kalkreichen Diluviallehm, der ja häufig Inseln und Lagen im Diluvialsand bildet.

Die Disposition der verschiedenen Bodenarten zur Ortsteinbildung ist, wie wir bis jetzt schon sehen konnten, eine ganz ungleichartige und hängt zweifellos großenteils auch von den chemischen Faktoren ab; aus diesem Grunde scheinen manche Bodenarten der Ortsteinbildung nicht zu unterliegen.

P. E. Müller hebt hervor, daß reichlicher Kalkgehalt in einem Boden, der von torfartigem Humus bedeckt ist, die Ausbildung von Bleichsand und Ortstein hintanhält, während in den gleichen Gegenden, in welchen diese Beobachtung gemacht wurde, bei Mangel von Kalk im Boden Bleichsand und Ortstein zu den regelmäßigen Korrelaten von torfartigen Humusauflagerungen gehören.

Münst erwähnt die Kalkböden, ferner die Tonböden im Buntsandsteingebiet als ortsteinfrei. Bei den Kalkböden (tätigen Böden) liegt der Grund wohl in der raschen Zersetzung der Humusstoffe in den oberen Bodenschichten. Die genannten Tonböden aber sind so undurchlässig, daß sie Wasser nicht durchsickern lassen, sondern oberflächlich stauen und sog. „Missen“ verursachen; wo solche in Ortsteingebieten des Buntsandsteins liegen, kann man sicher sein, daß unter den Missen abweichende

---

16) Wie dies in der subalpinen und noch mehr in der alpinen Region der Fall ist, wo auch auf Kalkboden Alpenhumus in mächtigen Lagen vorkommt.

Bodenverhältnisse anzutreffen sind, daß dort lokal zähe Tonbodeninseln vorkommen.

Die Tatsache, daß mächtige Humusschichten (wie Alpenhumus), aus denen auch stark humose Wässer absickern, in Kalkboden keine Ortsteinablagerungen hervorrufen, sieht man in den Kalkalpen am deutlichsten bestätigt. Angegriffen wird auch hier der Mineralbestand des Bodens, doch führt dies nur zu almartigen (wiesenkalkartigen) Kalkausfällungen, welche ich schon früher beschrieben habe (Humusablagerungen in den Kalkalpen), obwohl doch an und für sich aus dem Lösungsreste des verwitterten Kalkes ortsteinartige Abscheidungen hervorgehen könnten.

Abgesehen von der chemischen Beschaffenheit des Bodens sind mitunter seine physikalischen Eigenschaften für die Ausbildung von Ortstein ungünstig, von deren Einfluß früher schon die Rede war. So wurden bisher in Gneißböden des württembergischen Schwarzwaldes keine Ortsteinbildungen gefunden. Als Grund gibt Regelmann an, daß die schieferigen Verwitterungsprodukte dieses Gesteins das leichte Austrocknen des Bodens verhindern und außerdem die Feinerde nicht leicht daraus ausgeschwemmt werden kann; so lange letztere genügend vorhanden ist, geht offenbar die Zersetzung der Humusreste im Boden ganz normal vor sich.

Das Alter von Ortsteinbildungen.

Ein Vorkommen von fossilem Ortstein in der Steinkohle führt H. Schreiber als „Blackland" der Engländer an. —

Eine zuverlässige Angabe über das Alter von Ortstein macht Lemcke; er kommt zu dem Resultate, daß in dem von ihm genannten Falle, bei dem es sich um Ortstein im Bezirk eines Kastells aus der Zeit des Drusus handelt, der Ortstein schon vor der Besiedelung durch die Römer vorhanden war, also mindestens 2000 Jahre alt sein muß.

Weitere Mitteilungen über das Alter von Ortstein macht Münst; hiernach sind manche derartige Vorkommen auf Mißwirtschaft, die im frühen Mittelalter stattfand, zurückzuführen.

Zur Ausbildung von ausgeprägten Ortsteinschichten sind nach Müller jedenfalls Jahrhunderte notwendig. Doch können Fälle vorkommen, in denen sich ausnahmsweise Ortstein in weniger als 100 Jahren entwickelt. Müller teilt eine diesbezügliche Angabe von Purknyés mit, welche sich auf Kiefernbestände in Böhmen bezieht, und hält diese Angabe für richtig.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Auch an dem Alter von Eichen, welche auf Inseln ortsteinfreien Bodens wachsen, (P. E. Müller), während um die Eichen herum sich überall Ortstein ausgebildet hat, müßte man das Alter desselben messen können, denn die Eichen waren jedenfalls vor Beginn der Ortsteinbildung vorhanden.

Es wäre übrigens verfehlt, wollte man die Ortsteinbildung immer auf ungeeignete waldbauliche Maßregeln zurückführen. Rohhumus, Bleichsand und Ortstein sind Bildungen, die wahrscheinlich schon bald nach der Diluvialzeit, sicher aber vor jeder menschlichen Kultur bestanden haben können.

C. Emeis hat nachgewiesen, daß sich unter den sog. Hünengräbern tief im Boden Ortstein in vollkommen ungestörter Lagerung durchzieht. Der Ortstein mußte sich also, wie er hervorhebt, schon vor der Ansiedelung von Menschen, — die ja nach dem hohen Alter der Hügelgräber zu schließen, schon sehr früh erfolgt sein muß —, im Heideboden ausgebildet haben.

Die Auswaschung und Erschöpfung der oberen Bodenschichten ist eben einer derjenigen Vorgänge, welche die Erdoberfläche, auch ohne daß der Mensch eingreift, immer unfruchtbarer machen, bis wieder eine neue Eiszeit neuen Boden schafft, oder sonstige geologische Umwälzungen die Bodenfruchtbarkeit wieder herstellen.

P. E. Müller nimmt mit Forchhammer an, daß die Verheidung von Sandböden (und damit natürlich auch die Ortsteinbildung, Anm. des Verfassers) sehr weit in der Zeit zurückliegt, und daß ein Teil der Heideflächen, wenigstens auf größeren Strecken, niemals mit Wald bewachsen war, sondern daß sich die auf die Eiszeit folgende Vegetation unmittelbar in der Form von Heidevegetation auf dem magersten Sandboden des westlichen Jütland fortgesetzt hat.

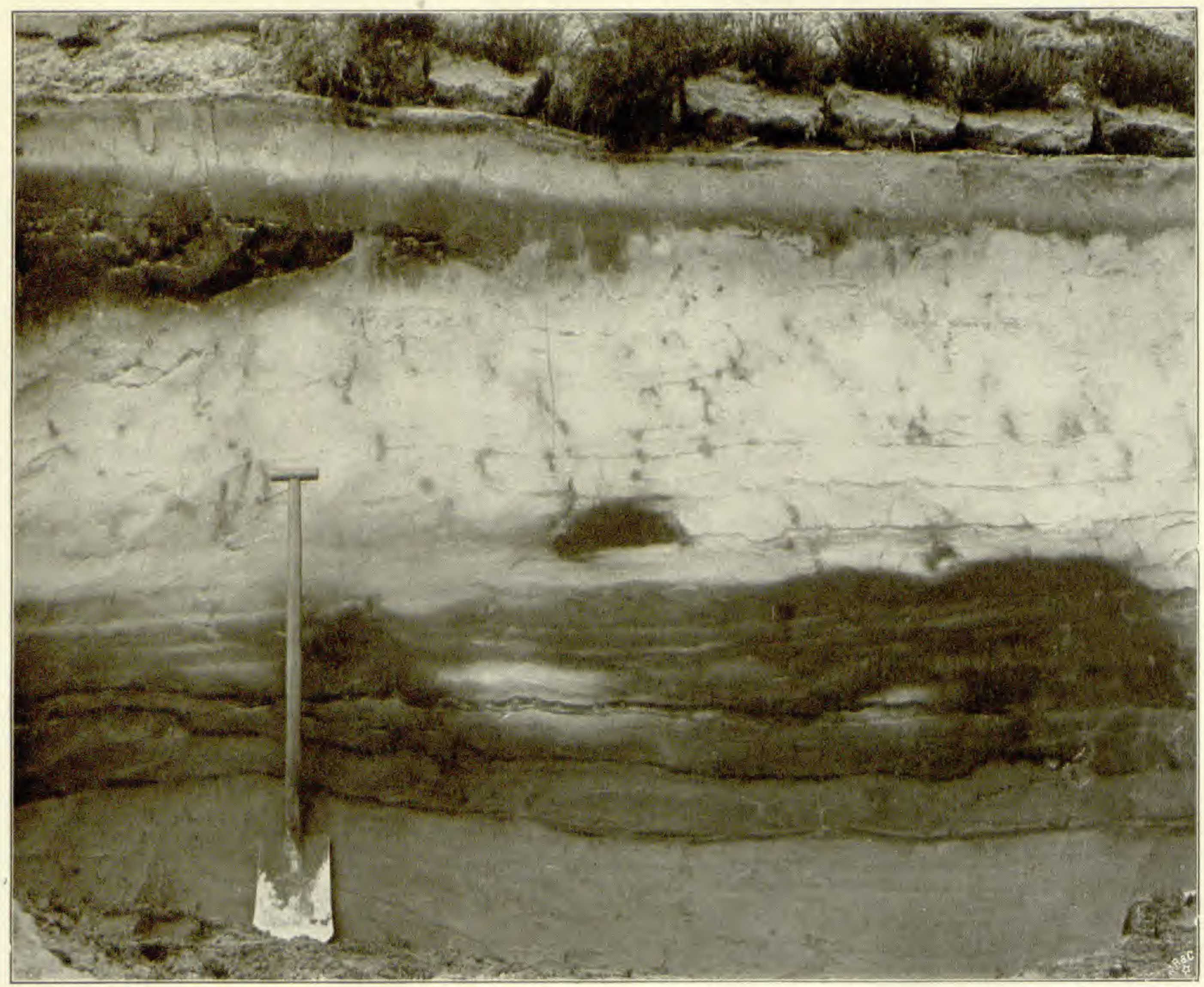
Vielleicht sind auch die Sandflächen im nördlichen Bayern unter der Einwirkung von nahem Inlandeis zuerst von einer Bodendecke, die subarktischen Vegetationsvereinen glich, überzogen gewesen, auf die mit steigender Temperatur die Heide folgte, welche stellenweise Ortstein hervorrief, so daß diese Schicht schon vor der Besiedelung mit Wald ausgebildet war und später dann durch die Einwirkung von Rohhumus (den unnatürliche Waldwirtschaft, reine gleichaltrige Kiefernbestände, hervorriefen), nur noch verstärkt wurde.

Natürlich läßt sich, da Reste einer subarktischen Flora bisher nicht gefunden wurden, ein sicherer Beweis hierfür nicht beibringen.

Daß sich auf armen Sandböden[17]) von vorneherein heideähnliche Vegetationsformen und nicht Wald ansiedelten, dürfte folgende Überlegung ergeben: Nur anspruchlose Pflanzen können mit dem geringen Stickstoffkapital eines jungen, rohen Bodens auskommen; dieses muß erst durch Niederschläge, Leguminosen, die besonders gerne solche Böden besiedeln, und Verstaubung (Zuführung stickstoffhaltigen Staubes aus Pflanzenresten stammend) im Boden angereichert werden, um der Waldvegetation zu genügen. —

---

17) Daß die Sande im nördlichen Bayern lange Zeit fortwährend vom Winde umgelagert wurden (und dabei auch die nährstoffreiche Feinerde aus ihnen ausgeblasen wurde, um vielleicht anderswo als Löß abgeladen zu werden, dafür zeugen geschliffene Geschiebe, darunter auch viele Dreikanter. Man kann deren Entstehung mit Sicherheit auf windbewegten Sand, der auf große Strecken hin Spielraum gehabt haben muß, zurückführen. Vergleiche meine Abhandlung „Über Kantengerölle aus der Umgegend von Nürnberg" (Mitt. der geogr. Gesellschaft in München III. Bd. Heft 2).

Ortsteinprofil aus dem Provinzialforst Karlum
(westl. Schleswig)

Die Abbildung stammt aus einem Aufsatze des verstorbenen Provinzialforstdirektors a. D. Carl Emeis: „Die Ursachen der Ortsteinbildung usw.“ (Vereinsblatt des Heidekulturvereins für Schleswig-Holstein 1908).