Hünengräber besichtigt. In unmittelbarer Nähe des Dorfes boten einige prächtige Exemplare von *Ilex aquifolium* ein reizvolles Vegetationsbild. Es waren bis 8 m hohe Bäume darunter, die Blätter der oberen Äste fast ganzrandig, der Durchmesser des buchenartigen Stammes ließ sich bis $1^1/_2$ m Höhe über dem Boden mit den beiden Händen nicht umspannen. In Oberhaverbeck wurde kurz gerastet, dann fand die Heimfahrt statt. Der Weg führte wieder über Einem zur Bahnstation. Um $8^1/_2$ Uhr erfolgte die Rückkunft in Hamburg.

Die Vegetationsbedingungen der Heide.

Von

P. Graebner.

Bereits auf der Exkursion hatte ich Gelegenheit, auf zahlreiche krankhafte Zustände der Kulturgewächse, namentlich der forstlichen hinzuweisen, es sei nun gestattet, einen kurzen Überblick über das Beobachtete zu geben.

Sowohl die wilde Vegetation typischer Heideflächen als auch die auf den Heideländereien aufwachsenden angesiedelten Pflanzen zeichnen sich vor denen aller übrigen heimischen Vegetationsformationen aus durch die geringe Stoffproduktion, den verhältnismäßig geringen Jahreszuwachs und bei den Kulturpflanzen zeigt sich fast durchweg eine sehr ausgeprägte Neigung zu allerlei Krankheiten, seien es parasitäre oder nichtparasitäre. Das Studium der Kulturpflanzen und ihr Verhalten auf der Heide gibt uns genugsam Fingerzeige für die Vegetationsbedingungen, unter denen die Heide ihre Herrschaft behält und selbst die mächtigsten Vertreter der baumartigen Pflanzen erfolgreich bekämpft, resp. sich an die von ihnen verlassene Stelle setzt. — Daß es nicht immer einfache Nährstoffarmut, d. h. direkter Mangel an einem oder mehreren wichtigen Nährstoffen im Boden ist, beweisen uns zahlreiche chemische Analysen von Heideböden und doch ist überall nur das eine Bild physiologischer Armut, analog der physiologischen Trocknis Schimpers in manchem nassen Boden, zu sehen. Es müssen also die Produktion direkt oder indirekt hemmende Faktoren vorhanden sein, die den Pflanzen, die einen stärkeren Jahreszuwachs zeigen, das Gedeihen erschweren oder unmöglich machen.

Eine dieser Haupthemmungen ist der sogenannte Rohhumus[1]). Als Rohhumus im weiteren Sinne bezeichnet man jeden schwach verwesten, mehr oder weniger stark vertorften Humus, der deshalb auch häufig Trockentorf genannt wird. Seine physikalischen Eigenschaften sind sehr verschieden-

1) Vergl. Potonié und Alberts 1906.

artig, je nach den Stoffen, aus denen er entstanden ist, ob aus dem Laube oder den Nadeln der Bäume, aus Moosen, Heidekraut, Gräsern usw. und je nach den klimatischen Verhältnissen, d. h. je nach der Niederschlagshöhe der betreffenden Gegend. Der durch Laubabfall entstandene Humus ist fast stets locker und durchlässig, im verrottenden Laube leben fast stets eine Menge von Tieren, die den Boden offenhalten und eine feste Verkittung der Oberflächenschichten verhindern, auch wenn die klimatischen Verhältnisse, wie in der Lüneburger Heide, der Verwesung ungünstig sind und die Vertorfung befördern. Häufig locker, am Grunde öfter verdichtet und zähe ist der aus Moosen und Gräsern entstandene; in ihm ist namentlich, wenn *Molinia* oder *Polytrichum* resp. *Dicranum*-Arten die Erzeuger sind, das Tierleben meist sehr gering; er ist oft schon als Übergangsform anzusehen zu den ungünstigsten Formen, wie sie die fallenden Reste der Nadelhölzer und des Heidekrautes in feuchten Gebieten erzeugen. Unterstützt durch die Feuchtigkeit namentlich in den kälteren Jahreszeiten tritt die Verwesung stark zurück und die Humusbildung geht ungehemmt vor sich[1]), unterstützt von den Rhizoiden der Moose, den feinen Wurzeln des Heidekrautes, mancher Gräser usw., die selbst die Oberflächenschichten durchziehen, lagern sich die Reste fest aufeinander und verfilzen zu einer zähen Masse, — jedes Tierleben verschwindet. Diese Form des Humus, trocken dichtfilzig, im nassen Zustande schmierig, ist nun in den Heidegebieten des nordwestlichen Deutschlands sehr verbreitet. Erstens wird ihre Bildung wie bemerkt durch die Vegetation des Heidekrautes sehr befördert, dann aber hat man seit langer Zeit den natürlichen Waldbestand des Gebietes, soweit er noch vorhanden war, durch Kiefern- oder Fichtenwälder ersetzt, weil die Kiefer der forstlich ertragreichste Baum ist und auch die geringsten Ansprüche an schlechten Boden stellt. Der alljährlich fallende Nadelschutt erzeugt auch seinerseits ganz erhebliche Humusmengen auf der Bodenoberfläche.

Jede solche Rohhumusauflagerung, sobald sie eine einigermaßen starke Verdichtung zeigt, wirkt nun selbstredend zunächst schon rein mechanisch hemmend auf die Durchlüftung des Bodens. Der Austausch der im Boden durch Atmung der Wurzeln usw. verbrauchten Luft ist erschwert, um so mehr natürlich, je dichter und dicker der Rohhumus ist. Ich habe im vergangenen Jahre mit Herrn Dr. Wächter im Laboratorium der Kgl. Gärtnerlehranstalt einige Messungen mit Bodenproben angestellt[2]), die ergaben, daß, wenn Dahlemer Gartenerde, fest eingedrückt durch eine Schicht von 4 cm Dicke und Breite, bei 50 cm Wasserüberdruck einen Liter Luft in 50 Sekunden hindurchließ, und ganz feiner, sandiger, knetbarer Mineralboden in dichtester Lagerung unter denselben Bedingungen die Luft in

1) Vergl. Ramann, Bodenkunde, 2. Auflage.

2) Vergl. Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen XXXVIII. 713 (1906).

19 Min. und 36 Sek. hindurchließ, der Versuch bei einem Wasserüberdruck von 270 cm noch über eine Stunde dauerte, wenn man filzig-schmierigen Fichtenrohhumus verwendete. Diese Zahlen (genaueres s. a. a. O.) zeigen, wie stark die Durchlüftungsfähigkeit des Bodens rein mechanisch durch die Auflagerung solcher mitunter mehrere dm starken Humusschichten herabgesetzt wird. Diese Hemmung allein würde in den meisten Fällen genügen, ungünstige Waldbilder hervorzurufen und länger dauernde Kulturen zu schädigen. Einige Versuche in dieser Richtung werde ich im laufenden Jahre in der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen besprechen.

Als weiteres Moment für die Luft-, d. h. natürlich namentlich Sauerstoff-Armut kommt dann noch die Säurebildung im Boden hinzu. Jeder solcher Rohhumus ist erfahrungsgemäß sauer. Leider sind die Humussäuren in ihren Eigenschaften und in ihrer Wirkung auf die Pflanzenwurzeln, ja selbst zum Teil in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht genügend bekannt, soviel aber steht fest, daß mehrere von ihnen sehr schädlich auf die Wurzeln stärker wachsender Pflanzenarten wirken, daß sie die Diffusionsfähigkeit der Wurzeln in sehr erheblichem Maße herabsetzen. Außerdem tritt ein starker, meiner Meinung nach oft unterschätzter Sauerstoffverbrauch durch die Neigung aller Humusstoffe, auch vieler Humussäuren und ihrer Abkömmlinge, zur Oxydation ein. Bei Sauerstoffzufuhr »schwindet« der Humus. Die Humussäuren sickern mehr oder minder tief in den Boden hinein und färben ihn grau bis dunkel. Das verhältnismäßig geringe Quantum von Sauerstoff, welches durch die Oberflächenschicht des Rohhumus hindurchgeht, wird also noch zum Teil zur Oxydation der Humusteile des Bodens verwendet und kann nur teilweise von den Wurzeln zur Atmung verbraucht werden. Weiter wirken die Humussäuren stark zersetzend auf die mineralischen Bestandteile des Bodens, namentlich die leichter angreifbaren derselben, die sonst das größte Quantum mineralischer Nahrung zu liefern imstande sind. Dadurch wird eine in den Heidegebieten fast allenthalben bemerkbare starke Auslaugung der Oberflächenschichten bewirkt, die, wie wir später sehen werden, gleichfalls eine starke Hemmung bedeutet. — Schließlich bewirkt die Auflagerung stärkerer Humusschichten ohne Tierleben im Boden noch eine außerordentlich dichte Lagerung des Mineralbodens selbst. Ramann hat[1]) gezeigt, wie stark sich das Porenvolumen des Bodens unter verschiedenen Lagerungsverhältnissen ändern kann, daß beispielsweise derselbe Boden 50 und 37 %, ein anderer 56 und 41 % besitzen kann, er hat weiter gezeigt, daß die Böden unter Torf und dicken Humuslagen die dichteste Lagerung, ebenso wie unter Wasser zeigen. Die schützende Wirkung der Humusschicht bewirkt, daß der Boden nicht oder nur schwach durch den Winterfrost gelockert wird, der ohnehin in den Heidegebieten keine besondere Stärke erreicht.

---

1) Bodenkunde, 2. Aufl., 230.

Die luftabschließenden Wirkungen der Rohhumusböden in der Heide lassen sich nun allenthalben konstatieren. An Einschlägen in den Boden kann man unschwer bemerken, daß die größte Mehrzahl der Wurzeln, namentlich die kräftigsten und stärksten in der Nähe der Bodenoberfläche streichen, weil sie hier die günstigsten Vegetationsbedingungen finden. Auf den Exkursionen hatten wir mehrfach Gelegenheit, die viele Meter lang streichenden Wurzeln ohne viel Mühe tauartig aus der Oberfläche herauszuziehen. — Eine auf Rohhumusboden aufwachsende Kiefer dringt oft nur etwa 3—4 dm in den Boden ein, namentlich wenn noch weitere später zu erwähnende Hemmungsschichten vorhanden sind, die kräftigsten Wurzeln gehen meist wenige cm unter dem Wurzelhalse seitwärts und strecken sich nach Art stickstoffhungriger Pflanzen stark in die Länge, ohne viele Seitenwurzeln zu erzeugen, oft 4—5 m und mehr kann man eine solche Wurzel aus dem Boden herausziehen, ohne eine erhebliche Verzweigung zu finden und ohne daß die Wurzel sehr erheblich an Stärke abnimmt. Das oberflächliche Streichen der Wurzeln bringt die erhebliche Schädigung, daß die Feuchtigkeitsschwankungen, die die Witterung mit sich bringt, besonders stark empfunden werden. Die Oberfläche trocknet in der Sonne bald mehr oder weniger aus, und da die Schicht, in der die Wurzeln sich befinden, stark humushaltig ist, tritt bald die physiologische Trocknis Schimpers in die Erscheinung. Während bekanntlich die Pflanzen imstande sind, aus Sandboden oft alles Wasser bis auf etwa 2 % herauszusaugen, fangen sie im Humusboden bereits an Wassermangel zu leiden, oft wenn der Boden noch fast 50 % Wasser enthält. Längere Zeit stockt daher das Wurzelwachstum ganz und namentlich die schwächeren Wurzeln, häufig aber auch die stärkeren schrumpfen an der Spitze ein und vertrocknen oder verharzen dort schließlich. Dadurch wird ein intermittierendes Wurzelwachstum hervorgebracht, die Spitze ist abgestorben und bei Eintritt günstiger Vegetationsverhältnisse, also bei Regenfall, werden seitlich unterhalb der Spitze neue Fortsetzungswurzeln erzeugt. Durch diese Unterbrechungen wird naturgemäß die Nahrungsaufnahme stark beeinträchtigt, die Gesamtentwicklung gestört. Gerade für Nadelhölzer sind nun diese Störungen besonders unheilvoll, da sie nach den Untersuchungen von Arn. Engler nicht wie die Laubhölzer die Fähigkeit haben, während der Wintermonate, solange die Temperatur es gestattet, neue Wurzeln zu erzeugen, sondern daß sie während einer Reihe von Monaten, etwa November bis März, sich in völliger Ruhe befinden.

In der Heide findet man nach ausgeprägten Trockenperioden des Sommers oft erst im September oder gar Oktober die ersten Wurzelspitzchen, die seitlich unter der Spitze hervorbrechen und die dann nicht, wie es normal sein sollte, bald wieder zur Ruhe kommen, sondern, da augenscheinlich die Pflanze noch Mangel leidet, und ihren Entwicklungsgang für das Jahr, das »Ausreifen« der Gewebe, wie es der Gärtner nennt,

infolge der sommerlichen Unterbrechung nicht hat vollenden können, wachsen die Wurzeln noch längere oder kürzere Zeit weiter. Nach ganz starken Dürreperioden, wie sie beispielsweise der Sommer 1904 bot, fanden sich stellenweise im März 1905 namentlich in Fichtenbeständen noch keine neuen Wurzeln vor. Daß solche zeitweilige Vernichtung des aufsaugenden Wurzelapparates und das oft längere Zeit vorhandene Fehlen zahlreicher tätiger Wurzeln, namentlich wenn es während des ganzen Winters andauert, eine starke Schädigung des pflanzlichen Organismus bedeutet, liegt auf der Hand, namentlich daß die Widerstandsfähigkeit gegen parasitische Angriffe (Schüttepilze, Holz- und Wurzelpilze, tierische Parasiten usw.) stark vermindert wird.

Die langstreichenden Wurzeln in der Oberfläche bringen aber noch andere ungünstige Erscheinungen mit sich. Handelt es sich um forstliche Kulturen, also um eine Formation, bei der die Pflanzen ziemlich eng stehen, so tritt sehr bald die Wurzelkonkurrenz hervor. Da die Wurzeln fast genau in einer Ebene streichen, mit geringen Tiefenunterschieden wachsen, kreuzen sie sich bald und laufen sich entgegen. Die Folge ist, daß der Feuchtigkeits- und Nährstoffgehalt der dünnen Schicht von vielen Abnehmern geteilt wird, namentlich tritt durch die Entziehung des Wassers sehr bald das Stadium ein, in dem ein weiteres Heraussaugen nicht mehr möglich ist, das Eintreten der physiologischen Trocknis wird also bedeutend beschleunigt, man kann den Wassermangel oft schon konstatieren, wenn die darunter liegenden Sande noch genügend Feuchtigkeit aufweisen. Dem Forstmann ist diese »Wurzelkonkurrenz« sehr bekannt und es ist nachgewiesen, daß sie schon allein imstande ist, z. B. den Nachwuchs, Verjüngung der Bestände, zu verhindern.

Wie bereits bemerkt, machen die Waldgehölze der Rohhumusböden durch ihre ganz ungewöhnlich verlängerten, sich wenig verjüngenden und namentlich nur ganz schwach verzweigten Wurzeln den Eindruck nahrungs-, namentlich stickstoffhungriger Pflanzen. Die starke Verlängerung der Wurzeln bei gleichzeitigem Zurückbleiben der oberirdischen Teile ist ja ein so bekanntes und leichtes physiologisches Experiment, daß die Veränderung der Pflanzentracht bei Kulturen ohne Stickstoff wohl allgemein bekannt sein dürfte. Bei den Pflanzen der Heide finden wir oft genau die nämlichen Bilder. Die Wurzeln verlängern sich mehr und mehr, und während in den ersten Jahren, bei jüngeren Holzgewächsen also, die starke Verlängerung der oberen Wurzeln schon stark in die Augen fällt, ist doch das Verhältnis zwischen den ober- und den unterirdischen Teilen noch ein leidlich normales und gesundes.

In den ersten Jahren zeigen auch die auf den Rohhumusheiden selbstständig angeflogenen Bäumchen meist eine normale Beblätterung und Benadelung. Mit zunehmendem Alter, an besonders ungünstigen Stellen tritt aber oft schon nach 10—15 Jahren ein deutlicher Rückgang in der nor-

malen Entwicklung der oberirdischen Teile ein. Als Folge der vorher beschriebenen Hemmungs- und Krankheitserscheinungen werden die Jahrestriebe merklich kürzer und blattärmer, namentlich die seitlichen schwächeren Zweige verlängern und verzweigen sich mangelhaft, während die Haupttriebe oft noch leidlich zuwachsen. Die ganze Pflanze nimmt dadurch eine gewisse Alterstracht an, ihr Verhalten ist dem alter Bäume ähnlich, was sich z. B. auch in der häufigen Erzeugung von (schlechten) Früchten bemerkbar macht. Am deutlichsten sieht man diese Dinge an Nadelhölzern, an Kiefern und Fichten. Trotz der zurückbleibenden Entwicklung der oberirdischen Teile wachsen die Wurzeln, wenigstens wenn sie nicht durch Wurzelkonkurrenz zu stark behindert sind (der letztere Fall ist noch ungünstiger), verhältnismäßig sehr stark weiter. Durch die schwache Verzweigung entfernt sich dadurch der Platz der Hauptnahrungsaufnahme an den Enden der Wurzeln immer mehr und mehr von den beblätterten Spitzen der Zweige. Die Leitungsbahn für die Rohstoffe von den Wurzelspitzen zu den Blättern und für das assimilierte plastische Material wird immer länger. Dazu kommt, daß durch die Vergrößerung des Holzkörpers an Wurzeln, Stämmen und Zweigen eine immer größere Kambialfläche, immer größere Jahresringe bedingt. Es tritt nun schließlich ein Zeitpunkt ein, an dem die verhältnismäßig geringe Blatt- (resp. Nadel-)menge an den kurzen, schlecht beblätterten Trieben nicht mehr imstande ist, soviel plastisches Material zu erzeugen, als zur Ernährung von Stammkörper und Wurzelsystem nötig ist. Die Folge ist, daß im Frühjahr bei Erzeugung der neuen Laubtriebe ein Mangel an Reservesubstanzen vorhanden ist. Möller hat gezeigt, daß bei der Kiefer, die ja überall die Hauptrolle spielt, der Austrieb (der »Maischuß«) durch das vorhandene plastische Material in seiner Länge stark beeinflußt wird; ist viel vorhanden, wird er lang, ist wenig vorhanden, bleibt er kurz. Die Länge der später an den Trieben entstehenden Nadeln ist aber von den Vegetationsbedingungen des betreffenden Frühjahres abhängig. Reichliche Reservestoffe und ein schlechtes Frühjahr geben also lange kurz beblätterte Triebe, wenig Reservestoffe, und gutes Frühjahr mit reichlicher Nahrung kurze, langnadelige Triebe usw. Sobald bei den Heidekiefern sich Mangel an winterlichen Reservesubstanzen bemerkbar macht, tritt nun folgendes ein: Zunächst also ein schwacher Jahrestrieb, aber auch die langen Wurzeln werden langsam und mangelhaft ernährt, ihr Zuwachs geschieht langsam und ungenügend und die Zeit der Feuchtigkeitsabnahme tritt meist ein, ehe sie durch etwa neu assimilierte Substanz zur vollen Tätigkeit kommen konnten. Dazu kommt noch, daß solche Kiefern bereits sehr stark zu »schütten« begonnen haben, mit Ausnahme der Haupttriebe (und oft auch an diesen) haben alle Zweige an der Spitze nur noch die Nadeln des letzten Jahres und auch diese oft nicht mehr vollständig, alle älteren Nadeln (normalerweise müssen sie 2—3 Jahre alt werden) sind abgefallen. Es ist also oft höchstens die Hälfte

der assimilierenden Organe vorhanden, die noch dazu durch die schlecht ernährten Wurzeln mangelhaft versorgt werden. Die Nadeln des betreffenden Jahres werden also, entsprechend dem Möllerschen Gesetz auch kurz bleiben, was auch in der Tat geschieht. Diese Jahre sind nun für die Pflanze im höchsten Maße kritisch, es genügt ein geringer Anstoß und der Schüttepilz oder eine Trockenperiode oder sonst etwas schädigen sie so, daß sie den nächsten Winter und Sommer gar nicht oder nur als sichere Todeskandidaten überdauern. Wer einige Erfahrung und Kenntnis auf dem Gebiete der Heidekultur besitzt, ist leicht imstande, die in absehbarer Zeit absterbenden Pflanzen herauszufinden. Auf sich selbst überlassenen Rohhumusheiden finden sich meist Kiefern in verschiedenem Alter in größerer oder geringerer Zahl angesiedelt und in jedem Alter kann man diese Todeskandidaten finden; oft scheint die stärkere Ansiedelung junger Pflanzen allein zu genügen, um älteren schon schwachen Exemplaren die Lebensader zu unterbinden. Die Schütte nimmt zu, Zweig für Zweig verschwindet meist von unten nach oben und die Zahl der zuwachsenden Exemplare ist nicht größer, oft sogar (mit zunehmender Auslaugung, Verdichtung des Rohhumus usw.), wird sie immer geringer als die vorhandenen älteren Pflanzen. Eine solche Heide wird ohne Einwirkung des Menschen nie zum Walde, wird stets Heide bleiben und immer ungünstigere Formen annehmen.

Die Kiefer ist ebenso wie die Eiche usw. normalerweise ein tiefwurzelnder Baum und nur gezwungen gewöhnt sie sich an die flache Wurzelführung, natürlich ohne jemals normale Bestände, wie sie unsere märkischen Sande tragen, zu liefern. Es ist deshalb ohne weiteres zu erwarten, daß die Heidebäume, sobald die Hemmung, der Luftabschluß durch Entfernung des Rohhumus usw. beseitigt wird, auch ihre Wurzeln in den Untergrund senden werden. Und das tun sie in der Tat, wie ich durch vielfache Untersuchungen habe feststellen können. Fast jede Kiefer versucht auf dem ungünstigen Boden ihre Wurzeln möglichst tief in den Untergrund zu versenken, man sieht in der Nähe des Stammes Wurzeln so weit hinabstreben, wie die Durchlüftung ihnen das Leben nur eben gestattet, selbst wenn sie nicht erheblich tätig sein können. Sie bleiben denn auch, wie bemerkt, ganz unverhältnismäßig dünn und schwach. Ändern sich die Vegetationsverhältnisse zum Ungünstigen, d. h. wird durch die wachsende oder sich verdichtende Rohhumusschicht die Durchlüftung des Bodens in größeren Tiefen erschwert oder ganz abgeschnitten, so sterben die unter günstigeren Bedingungen tief eingedrungenen Wurzeln ab oder stellen doch ihre Tätigkeit ein. Ich habe in der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1906 solche Fälle genau besprochen und abgebildet, wie die oberflächlich streichenden Wurzeln jetzt (genau wie bei den auf Rohhumus entstehenden Pflanzen von Anfang an) die Ernährung des Baumes übernehmen und an Stelle der abgestorbenen oder doch lahm gelegten Grundwurzeln treten. Sobald man die Rohhumus-

schicht entfernt, beginnen die tieferstreichenden Wurzeln, soweit sie noch lebend geblieben sind, sofort eine neue lebhafte Tätigkeit, sie wachsen stark in die Dicke und gesunden soweit als möglich. In den diesjährigen Berichten der Gesellschaft für angewandte Botanik habe ich Abbildungen von Kiefern gebracht, von denen die eine zur Zeit der Untersuchung noch im Rohhumus steckte, die andere seit einigen Jahren davon befreit war. Waren die Grundwurzeln alle abgestorben und hat der Baum trotzdem diese kritische Periode, wie sie der Forstmann nennt, überstanden, und sich noch Lebenskraft genug bewahrt, so gehen senkrecht von den wagerecht streichenden Wurzeln neue in die Tiefe und tragen zur Gesundung des Baumes so viel als möglich bei, hatten sich die Grundwurzeln noch erhalten, so wuchsen sie plötzlich stark in die Dicke wie an dem a. a. O. abgebildeten Stamme. Ich hoffe, im Laufe dieses Jahres Gelegenheit zu finden, Ausführliches über diese Anpassung an die neuen Verhältnisse berichten zu können.

Soviel über den Rohhumus selbst. In dichten Beständen, also in Schonungen der Heidereviere siedelt sich aber auf dem beschatteten Boden der in der ersten Zeit durch die Kultur sich günstig entwickelnden jungen Wälder eine dichte Beerkraut- (*Vaccinium myrtillus* und *V. vitis idaea* und namentlich Moos-(*Hypnum*)-Vegetation an. Im Schutze der Bäumchen werden die Moospolster mehrere Dezimeter dick und umgeben in dieser Höhe auch den Grund der Stämme, der dadurch dauernd von einer feuchten Atmosphäre umgeben ist. Wie am Wurzelhalse durch Rohhumusschichten, so ist hier am Stammesgrunde durch die dichten Moospolster die Atmung stark erschwert und die Folge ist eine krankhaft starke Entwicklung der sonst sehr kleinen Ersatzlenticellen. In Laubwäldern sind solche übermäßigen Ansammlungen von Moosen kaum zu finden, sie werden durch das fallende Laub erstickt, wie der Rohhumus gehören auch sie zu den zweifelhaften Errungenschaften der Nadelholz-, namentlich Kiefernkultur. Sorauer, dem ich die krankhaft veränderten Kiefernrinden gab, zählt sie zur Gruppe der nichtparasitären Krankheiten, die er als Lohkrankheit bezeichnet. Die Ersatzlenticellen sind auf das vielfache vergrößert, sie bilden eine schwammige Parenchymmasse, die selbstredend bald abstirbt oder zusammenfällt. Der Steinkork ist gleichfalls stark deformiert und kommt nur stellenweise zur Ausbildung, einzelne mehr oder weniger deutliche Steinkorkzellen durchsetzen das schwammige Parenchymgewebe. Je nachdem das Wuchergewebe zu feuchter oder trockener Zeit abstirbt, bildet es das Substrat für Pilze oder trocknet bis tief in das Rindengewebe, öfter bis aufs Cambium zurück. In beiden Fällen unerwünschte Erscheinungen, die zu allerlei Kombinationen führen können (näheres vgl. Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1906). — Daß diese dichten und dicken Moospolster die Durchlüftung des Bodens noch mehr herabsetzen und erschweren, leuchtet ohne weiteres ein.

Bis jetzt sind nur die Hemmungen betrachtet worden, die durch Auf-

lagerungen auf den Boden hervorgebracht werden. Zu ihnen gesellen sich häufig noch weitere Momente, die der Stoffproduktion der Heide eine noch engere Grenze ziehen. In vielen Gegenden spielt die eigenartige Witterungslage eine große Rolle, so ist beispielsweise in manchen Teilen der Lüneburger Heide in keinem Sommermonate mit einiger Sicherheit auf Frostfreiheit zu rechnen. Ich sah selbst im Juli erfrorenes Eichenlaub, ein Beweis, daß nicht geringe Kältegrade über den Bestand gekommen waren. Dadurch sind manche Kulturen, so z. B. der Robinie usw. sehr erschwert bis fast ausgeschlossen. Gleditschien und andere etwas empfindlichere Gehölze erlagen in den Versuchskulturen fast ganz. Die plötzlichen Fröste nach Regenschauern und nasser Witterung sind auch der Grund für die auf verschiedenen Bodenarten so ausgeprägte Erscheinung des Auffrierens. Durch das plötzliche Gefrieren der nassen Oberfläche dringen oft bis mehrere Zentimeter lange Eisnadeln aus dem Boden, oft die oberste Bodenschicht mit hebend. Die Ausdehnung des Bodens hebt junge Pflanzen so hoch empor, daß, wenn sich dieses plötzliche Gefrieren im Winter mehrere Male wiederholt, die Pflanzen im Frühjahr bis über fingerlang aus dem Boden gezogen sind und natürlich umsinken. Wenn es ihnen gelingt, mit den noch im Boden befindlichen Wurzeln weiter zu leben, sind sie jedenfalls auf mehrere Jahre in ihrer Entwicklung zurückgekommen und nach dem Aufrichten sind sie zunächst wieder in Gefahr, durch die schlechte Befestigung umzufallen. — Ein weiterer Feind der Heidekultur!

Wie bereits oben bemerkt, zeitigt die Rohhumusauflagerung noch weitere Erscheinungen innerhalb des Heidebodens, die Humussäuren wirken zersetzend auf die mineralischen Bestandteile und werden zum Teil in den übrigbleibenden armen Sanden niedergeschlagen, die infolge der bleigrauen Färbung den Namen Bleisand erhalten haben. Die Humusniederschläge, die sich bilden, sobald das Humussäure führende Wasser mit noch lösliche Salze in bestimmten Mengen enthaltenden Bodenschichten in Berührung kommt, werden bei bestimmten Kältegraden zersetzt. Dadurch können sie in Tiefen, die vom Winterfrost stärker berührt werden, sich kaum in größere Menge niederschlagen und finden sich daher fast stets in Tiefen von 2,5—3 dm. Dort verkitten sie den Sand zu einer festen im Wasser unlöslichen Masse, die allgemein als der Ortstein oder Ur in der Heide bekannt ist. Die sehr flach oder auch sehr tief liegenden, meist in großer Dicke sich hin und wieder, aber selten findenden ähnlichen Ablagerungen scheinen, soweit ich sie kenne, besondere Dinge mit anderen Entstehungsbedingungen und ganz anderen pflanzenphysiologischen Eigenschaften zu sein, die nicht mit dem typischen Heideortstein vermengt werden können und der Aufklärung sehr bedürfen. Unser Ortstein liegt wie gesagt, meist in etwa 2,5—3 dm Tiefe und ist entweder weich und locker (wegen seiner Farbe Fuchserde oder Branderde genannt) oder fest und dicht (Ortstein), und ist meist nur 1—2 dm oder weniger dick. Die Festigkeit ist auch in

den verschiedenen Jahreszeiten sehr verschieden, selbst ziemlich starker alter Ortstein ist im feuchten Frühjahr leidlich locker. Wie lange der Ortstein zu seiner Bildung braucht, ist einigermaßen strittig, mir scheint, als ob gewisse häufige Branderdeformen sich in ziemlich kurzer Zeit bilden. Jedenfalls steht das eine fest, daß der Ortstein ein ganz erhebliches Hindernis für den Pflanzenwuchs und für die Wurzeln bildet, die ihn in der Regel nicht zu durchdringen vermögen. Es sind eine Reihe von Fällen bekannt, in denen Wurzeln und zwar starke Wurzeln den Ortstein durchdringen. Diese verhältnismäßig seltenen Fälle aber können nichts beweisen, denn erstens handelt es sich da, wo der Ortstein unter ungestörter Oberfläche lag, soweit ich die Dinge kenne, stets um alte Bäume, bei denen man nicht weiß, ob der Baum zum Ortstein oder der Ortstein zum Baum kam, d. h. sich erst nach dem Aufwachsen des Baumes gebildet hat. Weiter wissen wir, daß der Ortstein an die Luft oder in luftreichen Boden gebracht (sobald also seine Weiterbildung unterbunden ist), zu den besten Pflanzennährsubstraten gehört, sobald also die Durchlüftungsverhältnisse des Bodens günstig verändert sind, kann man sich denken, daß der Ortstein, soweit er nicht mechanisch hemmt, kein weiteres Hindernis mehr bietet. Aber wie gesagt, solche Fälle sind Ausnahmen. In der Regel biegen die Pflanzenwurzeln auf der Oberseite der Ortsteinschicht wagerecht ab, um bald sich stark verjüngend auf ihm flach ausgebreitet zu enden. Dabei ist interessant zu beobachten (was auch Grebe[1]) hervorhebt), daß die durch den Ortstein hervorgebrachten Hemmungen nicht nur rein mechanisch sind, denn selbst auf der ganz weichen Form der Branderde sieht man nicht selten die Wurzeln den charakteristischen rechten Winkel machen. Es scheint, als ob mit die Hauptursache der in der starken Humusanhäufung des Ortsteins naturgemäß herrschende starke Sauerstoffverbrauch ist, der vielleicht allen Sauerstoff absorbiert, der durch die Rohhumusdecke noch bis zur Tiefe des Ortsteins herunterdringt, solange der Ortstein eben sich in Weiterbildung befindet. Nur da, wo der Ortstein durchbrochen ist oder wo er sich als »Ortsteintopf« röhrenartig in die Tiefe senkt, sickert noch mit Luft beladenes Wasser weiter herab, ihm folgen auch Wurzeln in größerer Zahl mehr in die Tiefe.

Ganz abgesehen von der direkten Hemmung der Wurzeln durch den Ortstein, die den Baum zwingt, aus einer flachen Erdschicht seine Nahrung und sein Wasser zu saugen, erzeugt diese feste Lage in einigen Dezimetern Tiefe weitere ungünstige physikalische Verhältnisse, die Oberflächenschichten, der Rohhumus und der Bleisand sind vom Untergrunde abgeschnitten, so daß die Feuchtigkeitsschwankungen in ihnen bedeutend vergrößert werden, jedenfalls viel größere sind, als in den Schichten unterhalb des Ortsteins; man kann nicht selten bemerken, daß die oberen Schichten stark trocken erscheinen und unmittelbar unter dem Ortstein eine milde Feuchtigkeit be-

1) Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1906.

ginnt. Der Ortstein bildet augenscheinlich eine Zwischenschicht, die den Ausgleich der Feuchtigkeit von oben nach unten ebenso wie von unten nach oben hemmt. Die allmähliche Feuchtigkeitszunahme von oben nach unten, wie man sie auf den meisten anderen Boden bemerkt, fehlt auf Ortsteinböden oft ganz.

Durch die Ortsteinbildung im Boden werden also die Lebensbedingungen für Pflanzen mit höherer Stoffproduktion mit stärkerem jährlichem Zuwachs noch immer mehr erschwert und es gibt Böden genug in der Lüneburger Heide, die man jedenfalls für eine Forstkultur, bei der sie lange Jahre sich selbst überlassen bleiben müssen, für nicht geeignet halten kann. Alle die vorher genannten und besprochenen Hemmungserscheinungen häufen sich in ihnen und machen den Bäumen das Leben schwer. Die geschwächten Pflanzen fallen dann meist sehr bald einem tierischen oder pflanzlichen Parasiten zum Opfer, der seines Scharfrichteramtes an ihnen waltet. Die Verbesserung der physikalischen Verhältnisse des Bodens muß die Hauptaufgabe der wissenschaftlichen Heideforschung sein. Die Praxis fordert daneben gebieterisch die Ansiedelung von Menschen. Bei vernünftiger intensiver Kultur, also bei Landwirtschaftsbetrieb, lassen sich sehr viele Böden, die der Aufforstung in großem Maßstabe widerstehen, außerordentlich nutzbar machen und die Anwesenheit einer größeren Zahl von Menschen gibt auch die Möglichkeit, dem Walde an den anderen Orten die nötige Pflege angedeihen zu lassen, die ihm jetzt so oft fehlt. Man vergleiche darüber die lichtvollen Auseinandersetzungen meines verehrten Mitarbeiters O. v. Bentheim in unserem Handbuch der Heidekultur. Als weiteres Postulat ergibt sich die vermehrte Anpflanzung von Laubhölzern in der Heide. Die Geschichte lehrt, daß die Heide in früheren Jahrhunderten, soweit sie noch Naturwald war, Laubholz, Buchen und Eichen, getragen hat und daß sie erst künstlich in ein Kieferngebiet umgewandelt wurde. Mit Kiefer und Fichte als Hauptgehölz ohne die Mischung mit Laubholz wird man nie gesunde Wälder dort erziehen, der Rohhumus, den sie sich selbst unter den herrschenden klimatischen Verhältnissen erzeugen, läßt sich nicht anders bekämpfen, als daß man für Offenhaltung des Bodens durch ein Tierleben sorgt, und das kann eben wieder nur durch Laubholz geschehen.