

Ein Beitrag zur Deutung des „Gefleckten Horizontes“

Von HEINRICH ROHDENBURG

Mit 3 Abbildungen im Text

Zusammenfassung. Die beschriebene und abgebildete Fleckung entsteht durch post-sedimentäre Humusentfernung in der Rhizosphäre. Sie kann in humosen Substraten jeglicher stratigraphischer Position innerhalb des Jungpleistozäns und Holozäns beobachtet werden und ist nicht auf bestimmte Bodentypen beschränkt.

Résumé. La tacheture telle qu'elle est décrite et représentée dans des tableaux et un photo est effectuée par la destruction postsédimentaire de l'humus dans la sphère des rhizomes. Elle se trouve dans des substrata d'humus de toute position stratigraphique quelconque du pleistocène supérieur et holocène, c'est-à-dire, elle n'est pas limitée à de certains types de sol.

Summary. The spots as described above and represented by some pictures are caused by post-sedimentary destruction of humus in the rhizosphere. They are to be found in humic material of any stratigraphical position whatever within the upper pleistocene and holocene, which is to say that they are not limited to special types of soil.

Im letzten Jahrzehnt wurde in der Quartärliteratur mehrfach über eine in Lößprofilen auftretende Erscheinung berichtet, die als „Gefleckter Horizont“ (FINK 1954, 1961) oder „gefleckter Boden“ (SMOLIKOVA 1960) bezeichnet wurde. Am Profil äußert sie sich durch das Auftreten gelber bzw. gelbbrauner, scharf umgrenzter Flecken von 0,5 bis über 10 cm Durchmesser innerhalb von dunkel gefärbten humosen Horizonten. Einen Eindruck davon vermittelt z. B. die Fotografie J. BĀRTAS in KUKLA, LOŽEK & BĀRTA (1962) in Bd. 12 dieser Zeitschrift (S. 85, Abb. 5), sowie die hier wiedergegebenen Ausschnitte (Abb. 1—3). Quartärkundliches Interesse fand diese Fleckung insofern, als ihr stratigraphischer Wert diskutiert wurde. Andererseits vermutete man in ihr u. a. ein bisher unbekanntes Periglazialphänomen.

Die Genese der Flecken blieb jedoch ungeklärt. FINK (1961) unterschied physikalische und chemische Entstehungshypothesen, d. h. entweder Bildung durch Einmischung von braunem Bodenmaterial in die Humuszone im Zuge von Bodenumlagerungen oder Entstehung *in situ*. Die von SMOLIKOVA (1960) durchgeführten Analysen deuteten darauf hin, daß autochthone Entstehung am wahrscheinlichsten sei. Zwischen dem Material der Flecken und dem angrenzenden humosen Boden waren nämlich keine Unterschiede in der Korngrößenverteilung feststellbar.

In Niedersachsen konnten nun Beobachtungen gesammelt werden, die diese Auffassung der autochthonen Entstehung entscheidend bestätigen.

In einem Hohlweg zwischen Dorf und Friedhof von Isingerode an der Oker (Krs. Wolfenb.) ist u. a. eine vermutlich altwürmzeitliche Folge von drei humosen Zonen über dem letztinterglazialen Boden aufgeschlossen.¹⁾ Während die untere Humuszone in schluffhaltigem Sand ausgebildet ist, besteht die mittlere aus sandigem Löß; beide sind autochthon bis parautochthon. Die obere Humuszone ist demgegenüber eindeutig allochthon und besteht aus humosem, schwemmgeschichtetem Sand mit einigen schluffreicheren Schmitzen. In dieser geschichteten Serie ist nun die erwähnte gelbbraune Fleckung in typischer Ausprägung vorhanden. Wie die Abbildung 1 zeigt, ist die Schichtung auch innerhalb der Flecken deutlich erkennbar. Deshalb muß hier eine postsedimentäre autochthone Fleckenentstehung angenommen werden. Wie Extraktionen mit NaOH zeigten, sind die Flecken — ihrer Färbung entsprechend — humusarm bis humusfrei, die Fleckung ist also auf

¹⁾ Eine ausführliche Profilbeschreibung erfolgt an anderer Stelle.



Abb. 1. Gelbbraune Flecken in schwemmgeschichtetem, humosem Sand mit einzelnen hellen schluffigen Schmitzen. Die Sedimentstrukturen sind auch innerhalb der Flecken erkennbar. Länge des Taschenmessers: 18 cm.

Humusentfernung zurückzuführen. Weitere Beobachtungen ergaben, daß die Untergrenze der Flecken nicht konkordant zur Schichtenfolge verläuft, sondern diskordant in die nach rechts ansteigende mittlere Humuszone hinunterzieht (Abb. 2): ein weiterer Beleg für postsedimentäre Entstehung. Diese Untergrenze fällt zusammen mit einem Bereich kräftiger Aufkalkung, der den oberen Teil der mittleren Humuszone und einen Teil ihres Hangenden erfaßt hat. Diese aufgekalkte Zone, deren Genese hier nicht weiter erörtert werden soll, taucht nach rechts ebenfalls diskordant ab und keilt dabei aus. Dort, wo sie nur noch geringmächtig ist, kann man beobachten, daß die Fleckung auch auf die darunter folgende, nicht aufgekalkte Humuszone übergreift, die kalkreiche Zone aber meidet (Abb. 2, Mitte).

Während die Flecken nahe ihrer Untergrenze vereinzelt auftreten, macht ihr Flächenanteil im Bereich zwischen mittlerer und oberer Humuszone über 80% aus; stellenweise ist die gesamte Graufärbung dieser nur schwach humosen Zwischenschicht völlig aufgezehrt! Dabei verschneiden sich einzelne Flecken scharf miteinander, es bleiben dann nur noch schmale graue „Vignetten“ mit der ursprünglichen Humusfärbung erhalten (Abb. 3). Rein flächenmäßig trifft die eingangs gegebene Charakterisierung „gelbe Flecken in dunkler Bodenmasse“ in diesem Horizont nicht mehr zu. Evident ist aber, daß sie — genetisch gesehen — auch hier richtig ist.

Wie SMOLIKOVA (1960) erwähnt, sind die Durchmesser der von ihr beobachteten Flecken in der Regel isodiametrisch. Wichtig ist aber weniger die Erscheinungsform an der Profilwand, sondern vielmehr die räumliche Erstreckung. Nach meinen Beobachtungen handelt es sich stets um Röhren, wobei Verzweigungen und kurze Ausstülpungen auftreten. Die Röhren können jede Richtung einnehmen; jedoch ist die Senkrechte bevorzugt. Dies

stark gefleckte Zone

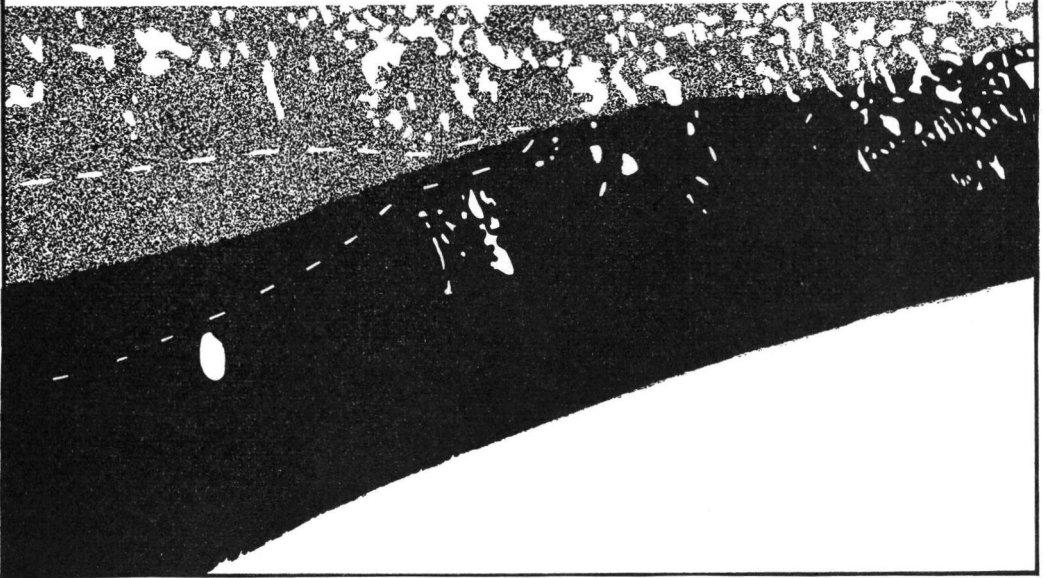


Abb. 2. Der „Gefleckte Horizont“ greift in der rechten Abbildungshälfte von oben in die mittlere Humuszone hinein. Die Flecken meiden dabei die carbonatreiche Zone zwischen den gerissenen Linien. Länge der linken Seitenlinie: 1 m; nach rechts stärker werdende Verkleinerung und perspektivische Verzerrung (Zeichnung nach Foto).

äußert sich z. B. darin, daß an der Profilwand oft länglich gestreckte Flecken mit größtem Durchmesser in der Vertikalen auftreten.

Auch in der Lößgrube der Göttinger Ziegelei Meurer & Co. ist die Fleckung vorhanden, und zwar in humosen Partien, die ebenfalls dem Altwurm angehören dürften. Jeweils im Zentrum der Flecken konnte eine dünne ($\frac{1}{2}$ —1 mm) noch offene Wurzelröhre festgestellt werden, an deren Rändern häufig noch Wurzelreste erhalten waren. Hier befindet sich über den gefleckten Partien eine Zone mit starker gegenseitiger Verschneidung der Flecken und darüber ein Bereich, in dem keinerlei Reste der Humusfärbung mehr erhalten sind. Extraktionen mit heißer NaOH ergaben aber, daß sowohl die Einzelflecken als auch die vollständig aufgehellte Zone noch einen geringen Humusgehalt besitzen, der über dem des normalen hellgelben Lösses liegt. Auffälligerweise befindet sich die Fleckung auch hier in kalkfreien Partien eines sonst kalkhaltigen Lößprofils. — Im Profil Isingerode waren keine Wurzelröhren zu sehen, wohl aber Störungen der Sedimentstruktur in der Fleckenmitte (Abb. 1).

Fleckungen dieser Art sind nicht auf schwarzerdeartige Humuszonnen beschränkt, sondern treten auch — sogar verbreitet — in humosen Horizonten von holozänen Podsolen auf, wobei oft noch Wurzelreste in ihrem Zentrum erhalten sind. Ich konnte sie auch im A-Horizont einer Sand-Parabraunerde feststellen. TÜXEN beobachtete sie häufig in Böden unter Hügelgräbern. Sah er diese Flecken zunächst als direkte Spuren eines Brandes an („trockene Destillation“ des Humus, TÜXEN 1957, S. 26), so halten KLAUSING & TÜXEN

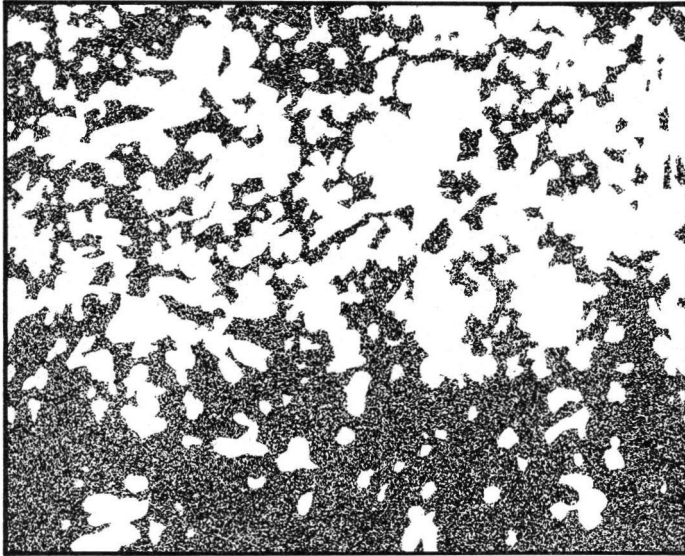


Abb. 3. Ausschnitt aus der „stark gefleckten Zone“ der Abb. 2, in der sich die einzelnen Flecken stark miteinander verschneiden. Partienweise sind nur noch Restzwickel mit der ursprünglichen Humusfärbung erhalten geblieben; die so entstandenen schwarzen Flecken in gelbbrauner Grundmasse besitzen jedoch eine völlig andersartige Umgrenzung als einzelne der gelbbraunen Flecken in der humosen Grundmasse. Länge der Seitenlinien: 50 cm.

sie später (1958) für eine indirekte Brandwirkung. Und zwar sollen die Flecken auf Humusextraktion durch KOH (hydrolytisch aus der K_2CO_3 enthaltenden Holzasche entstanden) zurückgehen. Die von REUTER (1955) in Podsolen beobachtete „Pantherung“ ist — dreidimensional betrachtet — röhrenförmig ausgebildet; REUTER vermutet deshalb „ursächliche Beziehungen zu Wurzelbahnen“. Seine Abb. 2 (auf Tafel VI) bezeugt, daß die „Pantherung“ dasselbe Erscheinungsbild besitzt wie die Fleckung im Profil Isingerode.

Die Farbe der Flecken kann sehr stark variieren. Und zwar scheint sie in der Regel die Grundfarbe des humusfreien Solums zu sein. Die auffällig gelbbraune Färbung der Flecken in schwarzerartigen Humuszonen erklärt sich dadurch, daß in Schwarzerde-A-Horizonten ein höherer Gehalt an freiem Eisen vorhanden ist als im normalen hellgelben Löss. So ist z. B. im Profil Isingerode die Fleckenfarbe in der mittleren und auch in der oberen Humuszone charakteristisch gelbbraun; in der schwächer humosen Zone dazwischen unterscheidet sie sich kaum von der Eigenfarbe des Lösses; in naßbodenartig überprägten Partien ist sie deutlich gebleicht.

Wie gemeinsam mit Herrn Dr. B. MEYER an einem Podsolprofil angestellte Beobachtungen ergaben, dürfte in einigen Fällen die Humusentfernung auch mit einer gewissen Eisenmobilisierung verbunden sein; und zwar konnten — der Färbung nach — sowohl eisenreichere als auch eisenärmere Partien festgestellt werden. Die Mehrzahl der Flecken besaß aber auch hier die Eigenfarbe des humusfreien Sandes.

Wie weitere Beobachtungen an rezenten Podsolen zeigten, ist die Fleckung nicht an einen bestimmten Horizont gebunden. Sie kann vielmehr überall dort vorkommen, wo Humusstoffe färbend in Erscheinung treten, und konnte seither bis zu einer Tiefe von 1,50 m unter der Oberfläche festgestellt werden.

Da vor allem die Feldbeobachtungen mitgeteilt werden sollten, wird an dieser Stelle auf humus-chemische Erörterungen verzichtet. Es muß sich erst erweisen, ob die Entfärbung auf Humus a b a u *in situ* oder auf Humus a b f u h r zurückzuführen ist. Letztere wäre z. B. durch die Ausscheidungen der Wurzeln selbst, der Mycorrhiza oder anderer

Pilze möglich, Humusabbau auch bei direkter Oxydation durch im Wurzelbereich lebende heterotrophe Pilze.²⁾

Wie oben schon angedeutet wurde, ist auch eine Materialabhängigkeit nicht zu übersehen. Weitere Beobachtungen müssen zeigen, ob Fleckung auch bei starkem Carbonatgehalt des Substrats auftreten kann.³⁾ Auch die erwähnte Abb. 5 in KUKLA, LOŽEK & BARTA (1962) zeigt, daß das Material der beiden von der Fleckung erfaßten Humuszonen eine verschieden ausgeprägte Eignung zur Humusentfernung zeigt.

Die Fleckung ist nicht an eine bestimmte stratigraphische Position gebunden (so auch FINK 1954): verbreitet tritt sie in altwürmzeitlichen Humuszonen auf, nach FINK (1961) auch in der Paudorfer Bodenbildung (im regional-typologischen Sinne). V. LOŽEK führte der INQUA-Subkommission für Lößstratigraphie im August 1963 ein böhmisches Lößprofil vor (Stetf), wo die Fleckung in eindeutig holozänen Schwarzerde-Kolluvien ausgebildet war. Fleckung ist also in allen Straten möglich, in denen humoses Material auftritt.⁴⁾

Die Fleckung kann in humosen Serien der Lößprofile zwar häufig gefunden werden, ist aber nicht die Regel. In den meisten Aufschlüssen ist sie zudem auf ein oder zwei Humuszonen eines mehrgliedrigen Bodenkomplexes beschränkt. Die standörtlichen Bedingungen für das Auftreten und Fehlen des „Gefleckten Horizontes“ sind derzeit noch wenig geklärt. Möglich wäre z. B., daß er an den Wurzelbereich bestimmter Arten gebunden ist.⁵⁾

Wenn in dieser Mitteilung das Gemeinsame bei der Fleckung von schwarzerdeartigen Humuszonen und von Podsolen herausgestellt wurde, so soll zwar die Identität der humusentfernenden Prozesse erwogen, aber noch keineswegs behauptet werden. Das Erscheinungsbild an der Profilwand belegte stets die Bindung der entfärbten Bereiche an Wurzelröhren und zweitens die Tatsache, nicht aber die Ursache der Humusentfernung. Wie die Beobachtungen KLAUSING & TÜXENS (1958) andeuten, könnten auch Konvergenzerscheinungen infolge von Faktorenaustausch möglich sein.

Literatur

- DÜCKER, A. & G. C. MAARLEVELD: Hoch- und spätglaziale äolische Sande in Nordwestdeutschland und in den Niederlanden. - Geol. Jb. 73, 215-234, Hannover 1957.
 FINK, J.: Die fossilen Böden im österreichischen Löß. - Quartär 6, 85-108, Bonn 1954.
 FINK, J.: Der östliche Teil des Alpenvorlandes. - Mitt. d. österr. bodenkdl. Ges. 6, 26-51, bes. Fußn. S. 33, Wien 1961.
 KLAUSING, O. & R. TÜXEN: Die Zerstörung des Ortsteins durch Brand. - Die Kunde NF 9, 1-5, Hannover 1958.
 KUKLA, J.; LOŽEK, V. & J. BARTA: Das Lößprofil von Nové Mesto im Waagtal. - Eiszeitalter u. Gegenwart 12, 73-91, Öhringen 1962.
 REUTER, G.: Bodenkundliche Untersuchungen in Wahlitz. - Wiss. Abh. d. Dtsch. Akad. d. Landwirtschaftswiss. zu Berlin 15, 59-66, Berlin 1953.
 SCHEFFER, F. & B. ULRICH: Morphologie, Biologie, Chemie und Dynamik des Humus. - Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde, T. 3, Bd. 1, bes. S. 178-79, Stuttgart 1960.

2) Da in beiden Fällen die jeweils aktiven Bereiche des Wurzelsystems begünstigt sind, ist es erklärlich, wenn die humusfreien Röhren oben und unten blind enden. Auch bei den rezenten Vorkommen ist zu erkennen, daß nicht das gesamte Wurzelsystem „entwickelt“ wird.

3) Ein Beispiel für Fleckung bei mäßigem Carbonatgehalt gibt FINK (1954). Wahrscheinlich können die dort festgestellten Unterschiede im Carbonatgehalt zwischen den Flecken und ihrer Umgebung auch auf die Stoffmetabolik innerhalb der Rhizosphäre zurückgeführt werden.

4) Vielleicht sind auch manche der „fingerförmigen Texturen“ der Allerödhorizonte (DÜCKER & MAARLEVELD 1957, Abb. 8) auf die hier beschriebene Fleckung zurückzuführen.

5) Holozäne Fleckung wurde bisher unter Kiefer, Fichte und in schwächerer Form auch unter Buche gefunden.

- SMOLÍKOVÁ, L.: Fossile gefleckte Böden in der Tschechoslowakei. - Věstník ústředního ústavu geol. 35, 371-73, Praha 1960.
- STEFANOVITS, P.: zitiert in FINK, J.: Rundschreiben Nr. 2 der Subkommission für Lößstratigraphie der INQUA, S. 3, Wien 1962.
- TÜXEN, R.: Die Schrift des Bodens. - Angewandte Pflanzensoziologie 14, Stolzenau 1957.
- ZÁRUBA, Q.; KUKLA, J. & V. LOŽEK: Die altpleistozänen Ablagerungen in Žalov bei Prag. - Anthro-
pozoikum 10, 135-162, (bes. S. 150 und Taf. IV, 1), Praha 1960.

Manusk. eingeg. 30. 12. 1963.

Anschrift des Verf.: H. Rohdenburg, Agrikulturchemisches und Bodenkundliches Institut der Uni-
versität Göttingen (Direktor: Prof. Dr. Dr. h. c. F. Scheffer).