

- a) ebensolige Aufschüttungstalpoljen mit scharfem Knick zwischen Poljeboden und Hang. Beispiel: Campo Felice, Piano di Pezza, Piano delle Cinquemiglia.
- b) muldenförmige Talpoljen ohne scharfe Grenze zwischen Beckenboden und Hang. Beispiel: Piano Vuto, Piano Viano.

III. Semipoljen

physiognomisch und karsthydrographisch echte Poljen, die jedoch an einer Seite von undurchlässigen, nicht verkarstungsfähigen Gesteinen begrenzt werden

- a) komplexe Semipoljen, bei denen das nicht-kalkige Gestein einem größeren verkarsteten Kalkkomplex eingelagert ist. Beispiel:

Polje von Rocca di Cambio und Ovindoli, Polje des Quarto Grande und Quarto Chiara

- b) Randpoljen, die sich an der Grenze zwischen größeren nichtverkarstungsfähigen Gesteinskomplexen und Karstgebieten finden. Im Hochappennin kein Beispiel, doch nachgewiesen auf Cuba und Jamaica.

Der als Notbehelf vorgeschlagene Ausdruck „Semipolje“ ist nicht identisch mit dem in der Karstliteratur gelegentlich gebrauchten Ausdruck „Halbpolje“ und auch nicht mit dem eines (fluvial) „geöffneten“ Polje. Die hier gegebene Einteilung beansprucht keine Allgemeingültigkeit, sie erscheint mir aber für die Polje der Appenninhalbinsel geeignet.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER ABLAGERUNGEN UND BÖDEN IM EISZEITLICHEN GLETSCHERGEBIET NODRITALIENS

Studies on Sediments and Soils in the Pleistocene Glacier Area of Northern Italy

OTTO FRÄNZLE

Mit 2 Abbildungen

Summary: In the first part of this paper the respective climax soils found on pleistocene deposits of clear stratigraphic position are described, and their applicability as index horizons is discussed. With the aid of the insights gained in the western and middle Po-Plain it is attempted to divide the Quaternary of the Garda region. The present results confirm PENCK's (1909) opinion and contradict that of COZZAGLIO (1934) and VENZO (1957).

The pedogenetic survey of a loess profile of the same region shows its early Wurm age; the soil developed from this loess belongs to a rather pronounced early Wurm interstadial.

Finally the common character of the basal soliflual horizons is pointed out, and several examples of biphasic loess-sedimentation following this initial solifluction phase in the Wurm age are mentioned.

A. Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchungen

Oberitalien ist ein klassisches Land der Eiszeitforschung. Die großartigste und in ihrer Geschlossenheit bis heute unübertroffene Gesamtdarstellung erfuhr dieses Gebiet durch die Untersuchungen PENCKs und BRÜCKNERS, die in dem monumentalen Werk „Die Alpen im Eiszeitalter“ (1909) niedergelegt sind. In der Folgezeit wurden die Untersuchungen vor allem von Italienern vorangetrieben; erinnert sei hier an die großen monographischen Darstellungen einzelner Moränenamphitheater durch NANGERONI (1954), PRACCHI (1954), RIVA (1954), VECCHIA (1954) und VENZO (1957).

Vor allem PENCK hat es in genialer Weise verstanden, die geologisch-geomorphologische Betrachtungsweise durch pedologische Beobachtungen zu untermauern. Inzwischen hat nun die Bodenkunde außerordentliche Fortschritte gemacht, und eine speziell für die Quartärgeologie hochbedeutsame Disziplin, die Paläopedologie, ist entstanden. KUBIENA (1956), einer ihrer bedeutendsten Vertreter, konnte auf dem IV. INQUA-Kongreß mit Genugtuung feststellen, daß die bodenkundlichen Beiträge zu den zahlreichsten gehörten.

In Anbetracht dieser Entwicklung schien es wünschenswert, die Böden der verschiedenen Eiszeitablagerungen des oberitalienischen Alpenrandes zu untersuchen, und zwar einmal als Indikatoren des pleistozänen Klimaablaufes, zum anderen, um stratigraphische Leithorizonte aufzustellen. Dies ist besonders notwendig, da in letzter Zeit wiederholt wenig charakteristische Eigenschaften sehr verschiedenartiger Bodenbildungen zur Grundlage stratigraphischer Einstufungen gemacht wurden.

Daß ich im Verlauf einer mehrmonatigen Studienreise alle Moränenamphitheater der westlichen und mittleren Poebene untersuchen konnte, verdanke ich der Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und dem großen Entgegenkommen des Deutschen Konsuls in Turin, Herrn W. ROSENFELDERS, ohne deren Hilfe die Arbeiten nicht in dem beabsichtigten und durch die Natur

der Sache bedingten Ausmaße möglich gewesen wären.

B. Durchführung der Untersuchungen

In dem genannten Raum wurden in natürlichen und künstlichen Aufschlüssen Profile aufgegraben und in der unten wiedergegebenen Weise untersucht. Sodann wurden aus den deutlich unterscheidbaren Bodenhorizonten Proben für chemische und gefügekundliche Untersuchungen an Dünnschliffen entnommen. Die Analysen werden auf folgende Eigenschaften angelegt: pH in H₂O und KCl, CaCO₃-Gehalt, hydrolytische Azidität, Austauschazidität, S-, T- und V-Wert sowie Gehalt an organischer Substanz in der Krume; außerdem wird von jeder Probe eine Korngrößenanalyse gemacht. Die so gewonnenen Daten lassen dann Rückschlüsse auf andere chemische, physikalische und biologische Eigenschaften des Bodens zu und gestatten in ihrer Gesamtheit, Aussagen über seine spezifische Dynamik und Entstehungsgeschichte zu machen.

Im ganzen wurden etwa 50 Bodenprofile untersucht; dazu kommen weitere 30, bei denen zu Vergleichszwecken nur einzelne Profilmernkmale studiert wurden. In dieser Veröffentlichung können nur sieben repräsentative Profile dargestellt werden; die Schlußfolgerungen basieren natürlich auf der (makroskopischen) Auswertung sämtlicher Profile.

Zur Ableitung der Bodengeschichte aus dem Bodenprofil bedarf es eines ausreichenden Erfahrungsschatzes, den in idealer Weise nur eine genaue, auf möglichst engabständigen Aufnahmen beruhende Kartierung liefern kann (MÜCKENHAUSEN, 1954), die Aufschluß über die räumliche Verteilung der Glieder einer Bodenentwicklungsreihe, den Einfluß der Bodenbildungsfaktoren im Wechselspiel ihres Wirkens sowie die Übergänge von einem Typ zum anderen und schließlich den flächenmäßigen Anteil der vorkommenden Formen gibt. Im vorliegenden Falle war es natürlich aus zeitlichen wie räumlichen Gründen gleichermaßen ausgeschlossen, diese Voraussetzungen zu erfüllen. Ein spezifisch geographisches Verfahren ist hier indessen wohl geeignet, dennoch zu einer vergleichenden Gesamtbetrachtung zu führen. Hat man nämlich die Dynamik eines Bodens und die daraus resultierenden Bildungsbedingungen an einem Einzelprofil erkannt, so kann man die Frage, ob die so gewonnenen Einsichten repräsentativ für naturgegebene größere pedologische Zusammenhänge sind, oder ob sie isolierte Einzelvorstellungen bleiben müssen, bis zu einem gewissen Grade dadurch entscheiden, daß man eine Strukturanalyse des Raumes, zu dem der Boden als integrierender Bestandteil niederer Ordnung gehört, nach den in ihm wirksamen Kräften durchgeführt. Die so gewon-

nenen Ergebnisse allgemeiner Natur gestatten dann spezifische Rückschlüsse bezüglich der Pedogenese.

C. Die Ergebnisse im einzelnen

I. Böden auf Würmgesteinen

Profil 1

Ort: Innenabfall der Serra (250 m hohe, linke Endmoräne des Dora Báltea-Gletschers), 3 km SW Zubiena.

Lage: etwa 450 m über NN; Hang mit 30—35° nach SW.

Klima¹⁾: mittlerer Jahresniederschlag etwa 900 mm; mittlere Jahrestemperatur 11,6° (Station Biella).

Vegetation: Eichen-Kastanien-Wald.

Ausgangsgestein: Würmmoräne, grobblockig, reich an Feinmaterial.

Bodentypologische Bezeichnung: Braunerde.

Profilaufbau:

- A 0—5 (10) cm graubrauner, mäßig humoser, anlehmiger bis lehmiger Sand, Krümelgefüge, locker, sehr porös, gut durchwurzelt;
- (B) 5—90 cm brauner (7,5—10 YR 5/6 der MUNSSELLSchen Farbtafeln) lehmiger Sand, zum Teil grobsandiger Lehm, schwach bröckliges Gefüge;
- (B)/C 90—110 cm mittelgraue (2,5 Y 5/4) schwach lehmige sand- und grusreiche Moräne;
- C 110 cm + hellgraue, feinkornreiche Moräne mit zahlreichen großen Kristallblöcken.

Für diesen und die übrigen Böden auf Würmmoränen und -schottern sind folgende Eigenschaften charakteristisch:

1. Mit Ausnahme der sehr leicht vergrusenden Tonalite tragen alle Gesteinskomponenten nur eine dünne (1—2 mm) limonitische Verwitterungsrinde; Kalke sind vielfach kaum angeätzt, im äußersten Falle durch Anlösung kantengerundet.

2. Bei sehr günstiger Exposition kann selbst bei moränischem Ausgangsmaterial schon eine initiale Rubefizierung in Form unregelmäßig verteilter, weitabständiger rötlicher Flecken (5 YR 4/6) auftreten; außerordentlich stark ist sie oft auf nackten (d. h. nicht von feinerkörnigen Deckschichten überlagerten) Schotterkörpern, etwa im Vorfeld

¹⁾ Die Angabe der pedogenetisch wenig aussagefähigen Jahresmittelwerte erfolgt hier, weil die Versuche des Verfassers, mit Hilfe der Monatsmittel der Bodendurchfeuchtung und Temperatur zu einer genaueren Erfassung des Zusammenhanges von Klima und Bodenbildung zu gelangen, noch nicht abgeschlossen sind.

des Gardasees. Auf diesen bodenklimatisch extremen Standorten erreicht die Rubefizierung Beträge, die fast an jene des Ferretto heranreichen (z. B. SSE Carzago 5 YR 4/4—6); die Profilmächtigkeit ist natürlich sehr viel geringer als bei jenem und bleibt meist unter einem Meter. Zweifellos liegen hier ähnliche Verhältnisse vor wie mancherorts auf den Schotterfluren des nördlichen Alpenvorlandes.

II. Böden auf Rißgesteinen

Profil 2

Ort: Rißmoräne 500 NW von Mongrando-Fasoletti.

Lage: etwa 350 m über NN; Hang mit 15° nach SW.

Ausgangsgestein: Rißmoräne, grobblockig, reich an Feinmaterial.

Bodentypologische Bezeichnung: Braunerde.

Profilaufbau:

- A 0—15 cm graubrauner, mäßig humoser, lehmiger Sand bis sandiger Lehm, locker, porös, gut durchwurzelt, Krümel- bis Bröckelgefüge;
- (B) 15—120 cm rötlich-gelb-brauner (7,5 YR 6/6) sandiger Lehm, Bröckelgefüge;
- C nicht aufgeschlossen.

Im Vergleich zu Profil 1 dokumentiert sich die fortgeschrittene Pedogenese in einem höheren Lehmanteil, vollständiger Vergrusung der Gesteinskomponenten und vor allem der Entstehung von nesterweise gehäuftem Rotlehm (5 YR 4/6—8) innerhalb der mehr gelblichen grusreichen Grundmasse. Die kieselsäurereiche Tonsubstanz ist hochbeweglich und erfüllt Spalten und Wurzelröhren innerhalb der Grundsubstanz.

Die Klimaxbildung auf Rißablagerungen stellt der Braun- und Rotlehm dar³⁾. Einer genaueren terminologischen Fassung nach dem Vorgange KUBIENAS (1953) steht entgegen, daß das Ausgangsmaterial fast aller in Rede stehenden Böden kalkreich ist; typologisch liegen also Mischformen mit den Eigenschaften der Terrae calcis und der bolusartigen Silikatböden vor. Ein typisches Beispiel hierfür wird bei der Besprechung der Böden des Gardasee-Gebietes abgehandelt.

Entscheidend für die stratigraphische Verwertbarkeit dieser zur Hauptsache leztinterglazialen Bodenbildungen, d. h. der Abgrenzung der Rißablagerungen von den jüngeren Eiszeitbildungen,

ist in vielen Fällen ihr Lehmcharakter³⁾, in allen aber die außerordentlich markante Vergrusung der Gesteinskomponenten des (B)-Horizontes. Dieses Merkmal, welches in allen Klimaxbildungen mit einer (wenigstens initialen) Rubefizierung einhergeht, gestattet, sie einwandfrei von den Böden der Würmmoränen und -schotter zu unterscheiden, bei denen nach dem oben Gesagten wohl Rubefizierung vorkommen kann, wobei aber stets Vergrusung der Kristallinkomponenten (mit Ausnahme des Tonalits) fehlt. Als zusätzliches Unterscheidungsmerkmal bietet sich bei kalksteinhaltigem Ausgangsmaterial die Auflösung der Kalke, die in den Würmablagerungen vielfach noch nicht einmal angeätzt sind.

III. Ferretto

Eine der frühesten Erwähnungen des Ferretto in der wissenschaftlichen Literatur findet sich meines Wissens bei STAUDIGL (1866), der, gestützt auf CRIVELLI und CURIONI, in ihm die Ablagerung des sogenannten „Ferrettomeeres“ erblickt. TARAMELLI (1876) verwendet die Bezeichnung für die gänzlich verwitterten Glazialschotter der Lombardei, die älter als die Moränen der Amphitheater sind. PENCK (1894) nannte zunächst alle rotgefärbten Verwitterungsgebilde des Alpenrandes Ferretto, beschränkte dann aber (1909) diese Bezeichnung auf „die gänzlich verwitterten Geröllablagerungen, in denen aller Kalk gelöst, aller Feldspat kaolinisiert, alles Hydratisierbare hydratisiert ist“. BLANCK (1926, 1928, 1930), dem wir die gründlichsten Untersuchungen über die roten Bodenbildungen des Gardasee-Gebietes verdanken, erblickt in dem seiner Ansicht nach auch heute noch fortdauernden Ferrettisierungs Vorgang eine Illuvialhorizontausbildung und stellt den Ferretto zur Roterde. COMEL (1937) hält umgelagerten Ferretto für das Ausgangsmaterial der klimatischen Terra rossa. Für VECCHIA (1954) stellt jede Art von Rubefizierung, die nach dem oben Gesagten selbst auf Würmgesteinen vorkommen kann, Ferrettobildung dar. MANCINI (1955) endlich erweitert den Begriffsumfang in ganz unbestimmter Weise: Ferretto ist jede beliebige Tertiär- oder Quartärablagerung von ± lebhaftem Rot.

Wie diese Auswahl von Auffassungen über Wesen und Entstehung des Ferretto zeigt, wurden und werden unter diesem Begriff pedologisch wie stratigraphisch heterogene Dinge zusammengefaßt. Meines Erachtens ist es daher am besten, das Wort „Ferretto“ ganz aus dem pedologischen Schrift-

³⁾ Typisch entwickelt auf der Altmoräne bei Mongrando-San Michele, wo der Verfasser einen Rotlehm in einer Baugrube studieren konnte.

³⁾ Die Bezeichnung „Lehm“ bezieht sich hier nicht auf eine bestimmte Bodenart, sondern soll den spezifischen Gesamtcharakter dieser Böden ausdrücken. (Vgl. die diesbezüglichen Ausführungen KUBIENAS (1953) über die bolusartigen Silikatböden.)

tum zu verbannen. Seiner Verwendung als stratigraphischer Bezeichnung steht hingegen nichts im Wege, denn der Ferretto stellt eine wohlcharakterisierbare und darum gegen jüngere Böden gut abzugrenzende Bildung von stratigraphischem Leitwert dar (s. u.), sofern man eben darunter mit PENCK (1909) nur die Verwitterungsschicht der Mindelablagerungen versteht. Typologisch stellt er wie die Böden auf Reißgesteinen gewissermaßen eine Mischbildung dar, welche die Eigenschaften der Terrae calcis und der Plastosole in sich vereinigt. Außerdem ist der Ferretto keineswegs immer und in allen Teilen rot, wie vielfach angenommen wird, sondern häufig durch sekundäre Umwandlungen in ein stumpfes Braun und sogar helles Grau verwandelt⁴⁾.

Zur Erläuterung seien nun einige typische Profile beschrieben.

Profil 3

Ort: Mongrando-San Michele (linker Hang eines zur Ingagna führenden Wasserrisses).

Lage: eben (unter Reißmoräne).

Ausgangsgestein: da alle Gesteinskomponenten verwittert sind, lassen sich keine genaueren Aussagen machen; es handelt sich wahrscheinlich auch hier um eine kristallinreiche, kalkige Moräne.

Bodentypologische Bezeichnung: Rotlehm⁵⁾-Pseudogley.

Profilaufbau:

fg 0—500 cm bräunlich-gelber (10 YR 6/6), rostfleckiger Lehm mit zahlreichen horizontalen und vertikalen fahlgrauen Bleichungsstreifen und unregelmäßig verteilten dunkelvioletten bis schwarzen, verschmierenden Konkretionen (bis zu 2 cm ϕ) von unregelmäßiger Gestalt; schwach plattig, in wenig ausgeprägte, stumpfkantige Polyeder zerfallend;

f(B) _{2g}	500—600 cm	} in allen Eigenschaften Übergang von fg zu f(B) ₂ ;
fg(B) ₂	600—700 cm	
f(B) ₂	700—1500 cm ziegelroter (2,5 YR 5/8) Lehm von undeutlichem \pm klumpigen Gefüge; im oberen Teil mit einzelnen gelben Streifen und wenigen kleinen verschmierenden Konkretionen.	

Bemerkenswert ist an diesem Profil neben der enormen Mächtigkeit⁶⁾ die tiefreichende Pseudovergleyung und die intensive Gelbfärbung des oberen Profiltails, die sonst nur selten und in schwacher Ausbildung zu beobachten ist.

Da es ausgeschlossen ist, daß derart mächtige Verwitterungsprofile⁷⁾ in einem — wenn auch vergleichsweise sehr langen — Interglazial entstehen können, bleibt zur Erklärung nur die Annahme, daß der Ferretto an dieser Stelle ein Bodensediment darstellt. Seine aus den makroskopischen Befunden rekonstruierbare Entwicklungsgeschichte ist folgende:

1. Nach Ablagerung der Mindelmoräne tiefgründige Rotlehmverwitterung unter feuchtwarmem Klima; Temperatur höher als heute.
2. Abtragung und Sedimentation in ein Sammelbecken.
3. Bei vergleichsweise mäßiger Durchfeuchtung der oberflächennahen Schichten und immer noch relativ hoher Temperatur Umwandlung der wasserarmen roten Eisenverbindungen in wasserhaltige limonitische von ockergelber Farbe.
4. Bei stärkerer Durchfeuchtung und niedrigerer Temperatur intensive Pseudovergleyung, möglicherweise unter Mitwirkung von Gerbsäure-Solen.

Es steht außer Frage, daß diese letzte Phase spätestens mit dem Beginn der reißzeitlichen Temperaturabsenkung einsetzte. Die Überlagerung durch die Reißmoräne mag eine Unterbrechung der Pseudovergleyung hervorgerufen haben, einen grundsätzlichen Wandel in der Pedogenese leitete sie jedoch nicht ein; diese scheint vielmehr seitdem sogar zum Gley hinzutendieren.

In zahlreichen Ferretto-Profilen zeigt sich eine sehr vollkommene Marmorierung (LAATSCH, 1937); größere Konkretionen treten in ihnen im allgemeinen erst im tieferen g-Horizont in vorwiegend horizontaler Anordnung auf, woraus eine plattige Absonderung resultiert. Im höheren Teil des g-Horizontes hingegen herrscht die Senkrechte als Ablösungsfläche vor, und es bilden sich sehr großprismatische, stumpfkantige Gefügeelemente. Die sehr intensive Bleichung (5 Y 6/3) folgt diesen Klufflächen (wohl primär als Frostspalten angelegt) als Leitbahnen und erreicht Breiten von mehreren Zentimetern. Die solcherart gegeneinander abgegrenzten Prismen sind fester als die trennende Bleichschicht und stets von einer peripheren Rostschicht umgeben.

Die am stärksten ausgeprägte Marmorierung wurde in der Ziegelei Sessana in Carnate (Pro-

⁴⁾ Dies kommt auch in einigen Lokalbezeichnungen (terra bruna, terra pallida) zum Ausdruck.

⁵⁾ Wegen des typologischen Übergangscharakters wird hier die Bezeichnung Rotlehm allein verwandt.

⁶⁾ PENCK (1909) beschreibt die gleiche Lokalität nach seinen Beobachtungen aus dem Frühjahr 1904; damals war der Ferretto in 75 m Mächtigkeit aufgeschlossen.

⁷⁾ Auf ebenen Schotterflächen entstandene Ferrettoprofile, bei denen Umlagerungen ausgeschlossen werden können, haben in der Regel Mächtigkeiten von 4 bis 6 m.

vinz Mailand) beobachtet. Das ursprüngliche Rot des Ferretto ist hier einem dunklen Gelbbraun (10 YR 4/4—5/6) gewichen, und die oft mehr als 5 cm breiten fahlgrauen (2,5 Y 6/2) Streifen und Äderungen schließen sich oben zu einer fast 2 m mächtigen Ausbleichungszone zusammen, die vermutlich in einer (in der heutigen Topographie nicht mehr vorhandenen) flachen Mulde entstanden ist (Stagnogley).

Dort, wo die basalen Partien des Ferretto aufgeschlossen sind, z. B. in der Ziegelei von Cascina Maisa (Morazzone, Provinz Varese), zeigt sich, daß die eingeschlossenen vollkrustigen vergrusten Steine einen viel geringeren Zusammenhalt haben als jene der Böden auf Rißgesteinen; es sind die „sassi morti“ (= tote Steine) der Ziegeleiarbeiter.

Faßt man die vorstehend aufgeführten pedologischen Charakteristika der verschiedenen Ferretto-vorkommen im Hinblick auf die Verwendung dieses Bodens als stratigraphischen Leithorizont zusammen, so ergibt sich folgendes. Der Ferretto zeichnet sich aus durch:

1. ausgesprochen bolusartige Beschaffenheit,
2. völlige Steinfreiheit der höheren Profileile in nicht oder verhältnismäßig wenig abgetragenen Vorkommen,
3. intensive leuchtende Rotfärbung (2,5 YR 5/8—6/6) der nicht veränderten basalen Partien,
4. geringen Zusammenhalt der völlig vergrusten Gesteinskomponenten der Basalteile; sie werden in Aufschlußwänden glatt durchschnitten, während die vergrusten Steine der Klimaxböden auf Rißablagerungen wenigstens zum Teil nagelkopffartig vorragen,

5. die in der Regel außerordentlich starke Pseudovergleyung.

Wenn auch diese fünf Charaktermerkmale nicht immer zusammen auftreten, so sind doch die möglichen Kombinationen schon von jeweils zweien hinreichend typisch, um den Ferretto von jüngeren Bodenbildungen mit Sicherheit abzutrennen.

IV. Eiszeitablagerungen und Böden im Gardasee-Gebiet

Mit Hilfe der an piemontesischen und westlombardischen Profilen gewonnenen Einsichten soll nun versucht werden, das Quartär des Gardasee-Gebietes zu gliedern oder — anders ausgedrückt — zu entscheiden, ob sich die von PENCK (1894, 1909) entwickelten Auffassungen entgegen denen COZZAGLIOs (1934) und VENZOs (1957) durch pedologische Untersuchungen bestätigen lassen.

Der Gardasee-Gletscher hinterließ das größte und stratigraphisch differenzierteste Moränenamphitheater der gesamten Südalpen. PENCK (1894, 1909) unterschied die Ablagerungen von vier Vergletscherungen und stellte im besonderen die flachen, verwaschenen Moränenzüge am Chiese ins Riß; nach COZZAGLIO (1934) und VENZO (1957) gehören sie hingegen ins Mindel. Die letztgenannten Autoren begründen ihre Einstufung damit, daß der Boden auf diesen Moränen und den zugehörigen fluvioglazialen Schottern Ferretto sei.

In der Tat liegt aber hier kein Ferretto vor, sondern ein Braunlehm, der in allen Eigenschaften

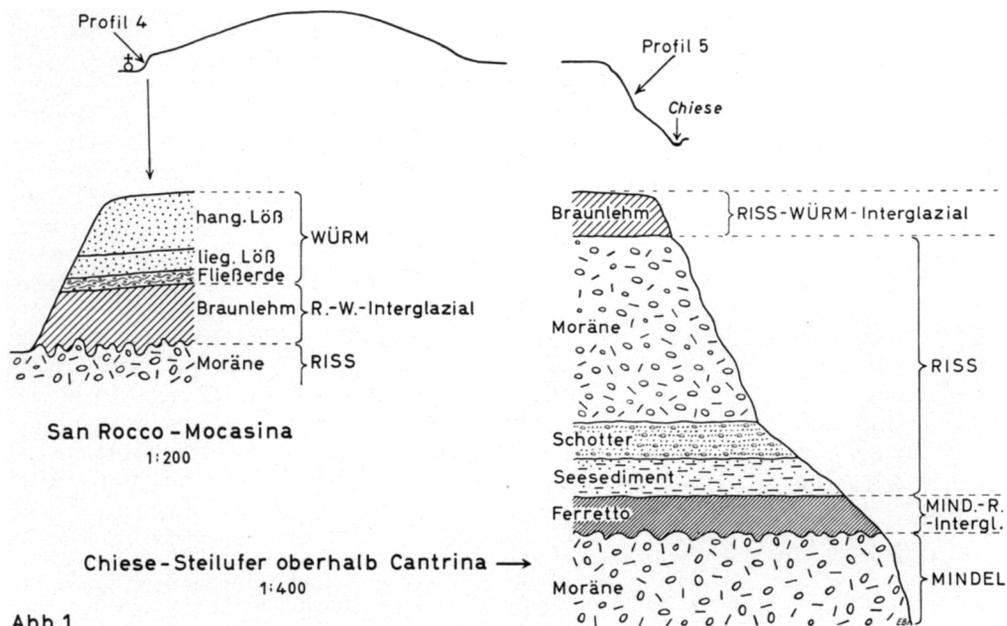


Abb.1

den oben (s. S. 49) beschriebenen Klimaxbildungen anderer Moränenamphitheater entspricht. Der beste Aufschluß findet sich im Weganschnitt bei San Rocco-Mocasina.

Profil 4 (Abb. 1)

Lage: flacher Rücken 5—10° Gefälle nach W und E.

Ausgangsgestein: Reißmoräne.

Bodentypologische Bezeichnung: Braunlehm, schwach pseudovergleyt.

Profilaufbau:

fA ist abgetragen;

fg(B) 0—150 cm dunkelrotbrauner (5 YR 3/4), von vergrusten kristallinen Erratika durchsetzter, zäher Lehm, der beim Austrocknen in sehr feste, scharfkantige, etwas poröse Polyeder zerfällt; schwärzliche Flecken (Eisen- und möglicherweise auch Manganverbindungen) sind auf Kluftflächen sehr gemein, kleine Konkretionen hingegen selten;

fg(B)/C 150—160 (180) cm wie oben, jedoch mit höherem Steinanteil, aber ebenfalls entkalkt, taschenförmig in C eingreifend;

C 160—200 cm + durch kalkiges Bindemittel zementierte Reißmoräne (Kalk, Dolomit, Porphy, Tonalit, Gneis, Glimmerschiefer).

Die Reißmoräne hat eine Gesamtmächtigkeit von 8—10 m und wird unterlagert von fluvioglazialen Schotter, der augenscheinlich in die (bzw. eine) Vorstoßphase der Reißvereisung gehört. Darunter folgt dann ein 1,50—2,00 m mächtiges, zu einer pseudovergleyten Braunerde entwickeltes lehmiges Seesediment, in dem CORTI (1895) eine Diatomeenflora von insgesamt 35 Arten nachwies⁸⁾. Nun erst kommt der echte Ferretto, der bei VENZO (1957) weder im Text noch dem Profil (S. 95) erscheint, eine Tatsache, die verwundern muß, da er ausführlicher auf das hangende Seesediment eingeht, das PENCK (1909) als Deckschicht des Ferretto angibt, welche letzteren übrigens auch COZZAGLIO (1934) — allerdings als Bodenbildung des Günz-Mindel-Interglazials — beschreibt. Leider sind die klassischen Aufschlüsse heute so stark verstürzt und überwuchert, daß sie für pedologische Untersuchungen nicht mehr ausreichen. Das nachstehend beschriebene Profil (vgl. Abb. 1) wurde am rechten Hange eines Wasserrisses im Chiese-Steilufer zwischen Cantrina und Mocasina aufgedeckt.

⁸⁾ Davon 18 alpin und 4 nival. Der lakustre Charakter der Ablagerung folgt nach CORTI aus dem massenhaften Auftreten der Gattung *Cyclotella*, die er aber merkwürdigerweise in seiner Übersichtstabelle nicht anführt.

Profil 5

Lage: eben.

Ausgangsgestein: Mindelmoräne.

Bodentypologische Bezeichnung: Rotlehm.

Profilaufbau:

fA nicht mehr erkennbar; entweder abgetragen oder durch spätere Umwandlungen beseitigt;

f(B)₁ 0—50 cm gelblich-roter (5 YR 4/6), steinreicher, etwas feinsandiger, zäher Lehm; in den übrigen Eigenschaften dem folgenden Subhorizont entsprechend;

f(B)₂ 50—200 cm dunkelroter (2,5 YR 3/6), von völlig zersetzten kristallinen Erratika durchsetzter zäher toniger Lehm, der beim Austrocknen in ziemlich scharfkantige große Polyeder zerfällt; schwarze, unregelmäßige Flecken und Überzüge auf Spaltflächen sowie bis erbsengroße Konkretionen sind nicht selten; Bleichung hingegen fehlt vollständig; bezeichnend ist die ungemäin dichte Lagerung der lehmigen Grundsubstanz, selbst „Nadelstichporen“ fehlen;

C 200—600 cm + durch kalkiges Bindemittel stark verfestigte Moräne (Kalk, Porphy, Gneis, Glimmerschiefer).

Angesichts der Überlagerung des Ferretto durch das diatomeenführende Seesediment⁹⁾ erhebt sich die Frage, warum in diesem Profil Vergleungserscheinungen mit Ausnahme des schwachen Fleckenbildes fehlen. Ich kann diese Erscheinung nur durch die Annahme deuten, daß die Ablagerung des hangenden Seesediments in dem wohl kurzlebigen See sehr rasch erfolgte, so daß infolge dieses Abschlusses die Reduktion der recht stabilen Fe-Verbindungen nicht weit fortschreiten konnte. Außerdem fehlt die Umwandlung der roten in limonitische gelbe Eisenverbindungen, welche die nachfolgende Pseudovergleyung in Profil 3 begünstigte.

Von ähnlich großer Bedeutung wie das Chiese-Steilufer für die Stratigraphie des Mittelpleistozäns ist das Valsorda östlich Bardolino für jene des Oberpleistozäns. Hier findet sich nahe des Weilers Incaffi an einem „Torrior“ genannten Pfeiler, dessen Lößpartie von weitem durch außerordentlich großprismatische Absonderung auffällt, folgendes Profil 6 (Abb. 2).

⁹⁾ Es handelt sich möglicherweise um einen in Wasser abgelagerten Sandlöß; Näheres wird die sedimentpetrographische Untersuchung ergeben.

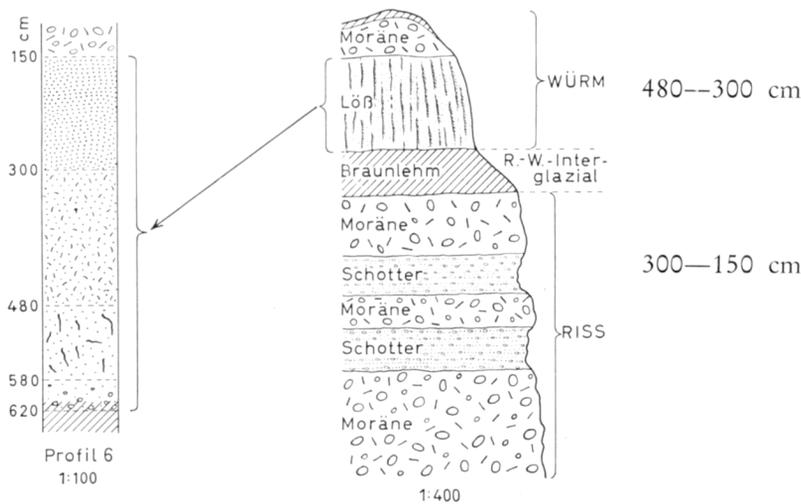


Abb. 2: „Torrión“ im Valsorda (östlich Bardolino)

Der tiefste aufgeschlossene Boden ist ein rötlich-brauner (5—7,5 YR 4/4) Lehm, der in allen sonstigen Eigenschaften dem von San Rocco-Mocasina (vgl. Profil 4) entspricht. Die mit dieser pedologischen Feststellung verbundene zeitliche Einordnung wird gestützt durch eine Angabe von NICOLIS (1895), derzufolge sich unter der liegenden Moräne ein intensiv rotgefärbter Ferretto befindet, der freilich schon zu PENCKs Zeit (PENCK, 1909) nicht mehr aufgeschlossen war.

Nach oben geht der letztinterglaziale Boden allmählich (50 cm mächtige Übergangzone) in den hangenden Löß über; der Stein- und Grusgehalt nimmt ab, die Farbe verliert an Leuchtkraft.

620—580 cm mittelbrauner (10 YR 4/3) feinsandiger Lößlehm mit zahlreichen, zwar von der Verwitterung durchdrungenen, aber noch ziemlich fest zusammenhaltenden Steinen und Einzelmineralen; Rostfleckigkeit tritt auf, ist aber in diesem Bereich an die Verwitterung der genannten Einzelminerale gebunden und nicht Ausdruck seitlicher Stoffverlagerungen in der Grundmasse; Poren fehlen praktisch vollkommen;

580—480 cm dunkelgraubrauner bis olivgrauer (2,5—5 Y 4/2) steinfreier, sandiger Lößlehm mit nach oben breiter werdenden Spaltenfüllungen, die im Anschnitt Ähnlichkeit mit Suturen haben und bald gelblichweiß, bald rostig gefärbt

sind; auch punktförmige Rostflecken treten gelegentlich auf.

480—300 cm tiefdunkel-graubrauner (10 YR — 2,5 Y 3/2) sandiger Lößlehm mit sehr zahlreichen stäbchenförmigen CaCO_3 -Sekretionen, die oft einen winzigen achsialen Kanal haben;

300—150 cm tiefdunkel-graubrauner (wie oben) sandiger Lößlehm mit sehr schwach ausgeprägter Rostfleckigkeit ohne CaCO_3 -Sekretionen. Das Gefüge des gesamten Profils ist schwach polyedrisch in allen Teilen; darüber hinaus zeichnen sich die Randpartien — insbesondere der Südwand — durch die einleitend erwähnte außerordentlich großprismatische Absonderung aus. Der Kalkgehalt der einzelnen Abschnitte schwankt, ist aber überall relativ hoch.

Da die zehn entnommenen Proben noch nicht chemisch und mikromorphologisch untersucht sind, ist es nicht leicht, nähere Ausführungen über Bildungsbedingungen und systematische Stellung dieses Bodens zu machen. Mit einiger Sicherheit läßt sich indes aus den Lagerungsverhältnissen seine zeitliche Stellung erschließen: wie im folgenden gezeigt wird, handelt es sich um die Bildung eines frühen — evtl. des Göttweiger — Würminterstadials.

Da der Boden auf dem letztinterglazialen Braunlehm liegt, muß er jünger sein als dieser und ebenfalls jünger als der Löß, aus dem er entstand. Er ist älter als die Hangendmoräne, die zur Zeit der maximalen Gletscherausdehnung — d. h. der stärksten Temperaturabsenkung — zur Ablagerung kam. Es ist nur logisch, dieses Temperaturminimum der Würmeiszeit auch in den Südalpen im Mittelwürm zu suchen. Dann bleibt aber für die Ablagerung des Lösses nur eine frühe Phase dieses Mittelwürms oder aber das Frühwürm. Für letzteres spricht m. E. die Mächtigkeit und relative Intensität der Bodenbildung, die auf ein längeres Interstadial hindeutet.

Im einzelnen zeigt dieser Lößlehm folgende Entwicklungsphasen:

1. Überdeckung des Altmoränengebietes mit Löß.
2. Verlehmung in der folgenden Wärmephase.
3. Neuerliche — wohl kurzfristige — Kältephase, in der dieser braune Lehm mit dem liegenden letztinterglazialen Lehm durch kryoturbate Vorgänge vermischt und dann von einer Lößlage bedeckt wurde.

4. Wärmere Phase, in deren Verlauf der Löß zu einer Schwarzerde verwitterte.

Dieser Wechsel von Lösssedimentation und Schwarzerdebildung kann sich nun mehrere Male wiederholt haben, wobei die neue Lößschicht stets zur Gänze in Schwarzerde umgewandelt wurde, so daß auf diese Weise das fünf Meter mächtige Profil des Valsorda autochthon entstand. Die oben beschriebenen CaCO_3 -Sekretionen sind ein Anzeichen dafür, daß während der Bildung der zweitobersten Bodenschicht aufsteigende Wasserbewegung eine beträchtliche Rolle spielte.

Die andere Möglichkeit ist die, daß mit der Phase 4 die Bodenbildung in situ aufhörte und die an den Hängen gebildete Schwarzerde in einer feuchteren Phase (Frühphase der maximalen Gletscherausbreitung?) abgetragen und im Taltiefsten abgelagert wurde, so daß der Lößlehm des Torrion zur Hauptsache eine allochthone Bildung darstellt. Dies ist m. E. wahrscheinlicher, denn es ist wohl möglich, daß Schwarzerdebildung bei weitergehender Lösssedimentation stattfindet (BRANDTNER, 1954); aber wohl nicht in der hier vorliegenden Intensität, selbst wenn man im Südalpengebiet mit höheren Temperaturen rechnet¹⁰⁾.

Da der Torrion den Eckpfeiler einer starker Erosion unterliegenden Zwischentalscheide bildet, ist die insgesamt 30 m mächtige würmeiszeitliche Hangendmoräne bis auf wenige Meter abgetragen; am Rande des Valsorda, wo sie voll entwickelt vorliegt, trägt sie folgendes

Profil 7

Lage: etwa 350 m über NN; fast eben, lokal schwach gewellt.

Klima: mittlerer Jahresniederschlag etwa 1100 mm;

mittlere Jahrestemperatur etwa 12° (reduziert nach Salò).

Ausgangsgestein: Würmmoräne.

Bodentypologische Bezeichnung: Braunerde.

Profilaufbau:

- A 0—5 cm feinsandiger, mittelbrauner Lehm, Bröckelgefüge (z. T. subangulär), zum geringeren Teil auch Krümel; alle Kristallinkomponenten sind in diesem und den folgenden Horizonten frisch, die zahlreichen Kalke durch Anlösung kantengerundet;
- (B) 50—80 cm feinsandiger, brauner (7,5 YR 4/4) Lehm; subanguläre Bröckel mit zahlreichen Wurzel- und Wurmröhren;

C > 80 cm Moräne, Kalk mit zahlreichen Kristallinkomponenten.

Abschließend sei zu diesem Profil noch bemerkt, daß es in allem dem in VENZO (1957) „Riß“-Moränen 3 km WSW Salò beobachteten entspricht.

Dieses auf pedologisch-stratigraphischen Untersuchungen beruhende Ergebnis bestätigt die Auffassungen PENCKS (1909), v. KLEBELSBERGS (1936) und TODTMANNs (1950), welche die von COZZAGLIO (1934) und VENZO (1957) ins Riß gestellten inneren Moränenzüge des Gardasee-Gebietes auf Grund ihrer Formenfrische dem Würm zuweisen.

V. Solifluktion und Lösssedimentation in der Würmeiszeit

Bei der Beschreibung des Profil 6 war die Rede von einem frühglazialen kryoturpaten Durchmischungshorizont. Klimageschichtliche Analogie in Form von Fließerdehorizonten finden sich in Oberitalien in großer Zahl, vor allem in den Moränenamphitheatern der Dora Riparia, Dora Báltea und des Gardasees und beweisen in ihrer Gesamtheit, daß ein Glazial bzw. Stadial jeweils durch eine feuchte Fließerdephase eingeleitet wurde, worauf dann die Lösssedimentation folgte.

Aber nicht nur diese basale Fließerde ist eine charakteristische Erscheinung von allgemeiner Verbreitung, sondern es finden sich auch noch an mehreren Stellen mehrschichtige Lößprofile, welche die Befunde im Valsorda bestätigen und ergänzen, z. B. westlich Rívoli (Turin), San Rocco-Mocassina; ferner erwähnt BECK (1938) zwei Lösser über Ferretto südlich Varese, wobei aber nichts über deren Altersstellung ausgesagt wird, so daß es sich möglicherweise um Riß- und Würmlöß handelt.

Es steht zu hoffen, daß es gelingt, diese einzelnen Solifluktions-, Löß- und Bodenbildungsphasen zeitlich genau einzuordnen und auf diese Weise zu einer, der mitteleuropäischen vergleichbaren Gliederung der Würmeiszeit zu gelangen.

Literaturverzeichnis

- BECK, P.: Zur Revision der Quartärchronologie der Alpen. Verh. d. III. Internat. Quartär-Konferenz. Wien, 1938.
- BLANCK, E.: Vorläufiger Bericht über die Ergebnisse einer bodenkundlichen Studienreise im Gebiet der südlichen Etschbucht und des Gardasees. Chem. d. Erde 2, 1926.
- u. GIESECKE, F.: Über die Entstehung der Roterde im nördlichsten Verbreitungsgebiet ihres Vorkommens. Chem. d. Erde, 3, 1928.
- Die Mediterran-Roterde (Terra rossa). Handb. d. Bodenlehre III. Berlin, 1930.
- BRANDTNER, F.: Jungpleistozäner Löß und fossile Böden in Niederösterreich. Eiszeitalter u. Gegenwart 4—5, 1954.
- COMEL, A.: Elementi di pedologia climatica. Udine, 1937.
- CORTI, B.: Di alcuni depositi quaternari di Lombardia. Atti Soc. ital. di Sc. nat. XXXV, 1895.
- COZZAGLIO, A.: Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio Peschiera. Mag. Acque Venezia, 1934.

¹⁰⁾ Anm. bei der Korrektur: die inzwischen durchgeführten chemischen Untersuchungen sprechen für diese letztgenannte Möglichkeit.

- v. KLEBELSBERG, R.: Die Eiszeitgletscher im Gardasee-Tale. Zschr. f. Gletscherkde. 24, 1936.
- KUBIENA, W.: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Stuttgart, 1953.
- , Zur Methodik der Paläopedologie. Actes IV. Congr. Intern. du Quaternaire. Roma, 1956.
- LAATSCH, W.: Entwicklungstendenzen und System der deutschen Acker- und Waldböden. Kolloid-Beihefte 46, 1937.
- MANCINI, F.: Delle terre brune d'Italia. Firenze, 1955.
- MÜCKENHAUSEN, E.: Über die Geschichte der Böden. Geol. Jb. 69, 1954.
- NANGERONI, G.: I terreni pleistocenici dell' anfiteatro morenico del Verbano e del territorio varesino. Atti Soc. ital. di Sc. nat. XCIII, 1954.
- , Il morenico del Lario orientale, della Valsässina e delle Vallassina. Ebenda, 1954.
- NICOLIS, E.: Depositi quaternari nel Veronese. Atti R. Ist. Veneto di Sc., lettere ed arti 7, VI, 1895.
- PENCK, A., BRÜCKNER, E. et du PASQUIER: Le système glaciaire des Alpes. Neuchâtel, 1894.
- PENCK, A., und BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. 3. Bd. Leipzig, 1909.
- PRACCHI, R.: Il quaternario nel Lario occidentale. Atti Soc. ital. di Sc. nat. XCIII, 1954.
- RIVA, A.: Il „Glaciale“ della valle di Rovagnate. Atti Soc. ital. di Sc. nat. XCIII, 1954.
- STAUDIGL, E.: Die Wahrzeichen der Eiszeit am Südrande des Gardasees. Jb. k. k. geol. Reichsanst. Wien 16, 1866.
- TARAMELLI, E.: Alcune osservazione sul Ferretto della Brianza. Atti Soc. ital. di Sc. nat. 19, 1876.
- TODTMANN, E.: Über das Moränenamphitheater des Gardasees in Oberitalien. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 49, 1950.
- VECCHIA, O.: I terreni glaciali pleistocenici dei dintorni del Lago d'Iseo (Lombardia). Atti Soc. ital. di Sc. nat. XCIII, 1954.
- VENZO, S.: Rilevamento geologico dell' anfiteatro morenico del Garda. Parte I^a: Tratto occidentale Gardone-Desenzano. Mem. Soc. ital. di Sc. nat. XII, Fasc. II, 1957.
- Die im Text genannten Orte finden sich auf folgenden Blättern der 1:100 000-Karte: 31, 43, 45, 47, 48, 56.

PERIODISCHE UND EPISODISCHE SOLIFLUKTION IM RAHMEN DER KLIMATISCHEN SOLIFLUKTIONSTYPEN¹⁾

JULIUS BÜDEL

Mit 7 Abbildungen

Summary: Periodic and Episodic Solifluction as Different Climatic Types of Solifluction

To begin with a more precise definition of the term solifluction is given. Then the phenomenology of this denudation process in the frost-split debris zone and the tundra of the present high arctic region (example: observations in South-Eastern Spitsbergen during the author's expedition in 1959) is compared with the soliflual denudation phenomena in the analogous zones of the pleistocene cold periods then extending far into the middle latitudes (example: Central Europe). It is pointed out that the soliflual processes here as well as there show very characteristic differences despite of many a principal similarity. The differences are analyzed in detail and explained climatically.

First of all the cold climates of the present high arctic region and of the pleistocene middle latitudes that control directly the soliflual processes show very pronounced differences in radiation. Secondly the respective climatic state of each of these zones was preceded by different climates in the past ("climato-genetic" evolution), which had created already different morphological and pedological initial conditions for the development of solifluction.

It is further demonstrated that during cold periods (especially of the Wurm) in Central Europe a specific type of episodic solifluction, not yet surveyed systematically, came into existence on smooth slopes (angle of inclination varying between 1.7 to 4° respectively 6°; figs. 2—6). This type differs essentially and characteristically from the normal type of periodic solifluction (fig. 1).

The latter type created soliflual mantles on steeper slopes, which predominate among the extended fossil traces in Central Europe and in the recent high arctic region. The type of episodic solifluction, however, came only into existence under the special conditions of the late pleistocene cold periods in the middle latitudes.

Finally a diagram (fig. 7) gives a graphic synopsis of all the erosion processes, which were active in Central Europe during the Wurm under various conditions of inclination and rock resistance.

A. Definition: Was ist Solifluktion?

Als zu Beginn dieses Jahrhunderts ANDERSSON (1906) die Solifluktion als „a component of sub-aerial denudation“ in die Wissenschaft einfuhrte, haben er und seine unmittelbaren Nachfolger, wie HÖGBOM (1914) diesen Begriff schon klar bestimmt. Er bedeutet danach die langsamen kontinuierlichen und zugleich tiefgründigen Fließbewegungen der polaren Böden, die durch den Jahreszeitenwechsel von Einfrieren und Auftauen im Oberboden erzeugt und beim Vorhandensein eines während der Schneeschmelzzeiten noch gefrorenen Unterbodens (vor allem einer ewigen Gefrornis, einer perennen Tjäle) besonders wirksam werden. Zu dieser Definition gehört also außer der Frostgebundenheit und dem ansehnlichen Tiefgang (mehrere dm bis 1 m und selbst darüber) auch die zeitliche Kontinuität der Bewegung, solange das stimulierende Frostklima eben erdgeschichtlich anhält. Sie schließt ferner folgerichtig einen weiteren wichtigen Zug ein, den die Schöpfer des Begriffes wohl nur deshalb nicht

¹⁾ Der Aufsatz stellt die erweiterte Fassung eines am 16. 9. 1958 auf der Tagung der „Deutschen Quartärvereinigung“ (DEUQUA) in Überlingen gehaltenen Kurzvortrages dar.