

Quartärgeologische Beobachtungen in den tertiären Schottern des Pitzenberges bei Münzkirchen im Sauwald (Oberösterreich)

Von H. Kohl und H. Schiller

Feldbeobachtungen

Von H. Kohl

Seit vielen Jahren konnte der Verfasser im Bereich des oberösterreichischen Granit- und Gneishochlandes wertvolles Beobachtungsmaterial zur Frage des Alters und der Entstehung der Verwitterungsdecken und damit zur Bodenbildung in diesem Landesteile sammeln. Mit der Unterstützung des Institutes für Landeskunde in Linz konnte eine nähere Untersuchung eingeleitet werden, die sich zunächst auf einige für die Klärung verworrener Verhältnisse sehr maßgebende Örtlichkeiten beschränken soll. Eine dieser Örtlichkeiten ist die Umgebung von Münzkirchen im Sauwald, wo die Schotter des Pitzenberges zum Studium der Verwitterungsvorgänge verschiedener Zeitalter insofern besonders geeignet erscheinen, als sie vermutlich zu den ältesten postmarinen Schottern des Landes zählen und eine von der Abtragung nicht völlig aufgezehrte Restkuppe bilden, auf der jüngeres Material nicht mehr zur Ablagerung kommen konnte. Rein der Farbe nach fallen in der großen Engelhaminger Schottergrube drei klimatisch ganz verschiedenen Zeitaltern angehörende Verwitterungsbildungen auf: eine weiße (Kaolin-), eine fleischrote und eine braune, lehmige Verwitterung. Es sind dort aber auch tiefgreifende Störungen des Schichtverbandes und der Verwitterungsfolge festzustellen, die nur mit den Frostbildungen des Eiszeitalters in Einklang zu bringen sind. Diesen quartärgeologischen Beobachtungen in den tertiären Schottern des Pitzenberges soll vor allem die folgende Studie gewidmet sein.

Die Feldbeobachtungen des Verfassers konnten durch eine Reihe von Laboratoriumsuntersuchungen ergänzt und bestätigt werden, wie durch Schlämmanalysen, Kolloidanalysen und chemische Untersuchungen, die an der Landwirtschaftlich-Chemischen Bundesversuchsanstalt in Linz durchgeführt wurden und über die H. Schiller selbst einen Bericht gibt.

Für die Ermöglichung dieser Untersuchungen sei dem Leiter des Institutes für Landeskunde, Herrn Dr. P e f f e r, für die Durchführung der Laboratoriumsuntersuchungen Herrn Hofrat Dipl.-Ing. Dr. E. B u r g g a s s e r der aufrichtige Dank ausgesprochen.

Etwa zwei Kilometer westlich von Münzkirchen im Sauwald erhebt sich die flache, 559 m hohe Kuppe des Pitzenberges unwesentlich über das mehrfach getreppte Plateau des westlichen Sauwaldes. Zum Unterschied ähnlicher solcher Kuppen, wie die des Hochbuchs, 572 m, nordwestlich von Münzkirchen und des Frohnforstes, 589 m, bei Schardenberg, die aus den anstehenden kristallinen Gesteinen, Perlgnaisen und Graniten, des Sauwaldes bestehen, wird der Pitzenberg aus 30 bis 40 m mächtigen Schottern aufgebaut, die sich von anderen oberösterreichischen Schotterlagern dadurch unterscheiden, daß sie, soweit die zahlreichen Schottergruben dies erkennen lassen, in ihrer gesamten Mächtigkeit kaolinisiert sind und im plattenartigen Gipfelbereich eine noch in Originallagerung befindliche, durch Kieselsäure verfestigte Konglomeratdecke tragen. Auf diese Eigenschaften haben vor allem K i n z l 1927 in der Arbeit über die „Quarzitkonglomerate“ (Lit. 4) — so werden diese durch Kieselsäure verfestigten Schotter und ihre umgelagerten Einzelblöcke bezeichnet — und vor ihm schon unter anderen K ö n i g (Lit. 5, S. 137 f.) und S t a d l e r (Lit. 8, S. 95 f.) hingewiesen.

Die Schotter des Pitzenberges liegen diskordant über dem kristallinen Fels des Sauwaldes und den noch in 480 m aufgeschlossenen, aber den Böden nach bis über 500 m Seehöhe reichenden helvetischen Tonmergeln (Otnanger Robulus-Schlier), die von Süden her in der Taufkirchener Schlierbucht bis zum Pitzenberg vorgreifen (Lit. 1).

Für die folgenden Ausführungen erscheint auch die geomorphologische Situation von Bedeutung. Von Süden her dringen die Quellbäche des die Taufkirchener Bucht entwässernden Rainbaches mit ihren tobelartig zerschnittenen Quellmulden bis zum Pitzenberg vor und verursachen zwischen Hingsham und Salling, das ist im Schlierbereich, einen steileren und tiefer herabreichenden, mehrfach gegliederten Abfall als dies in der nördlichen Umgebung der Fall ist, wo sich das vorwiegend durch Mulden gegliederte Sauwaldplateau anschließt, das in der unmittelbaren Umgebung des Pitzenberges zwischen 500 und 530 m Seehöhe liegt. Daraus ergibt sich, daß die Schotter des Pitzenberges von SW und SE her stärker den Kräften der Abtragung ausgesetzt waren als von Norden. Wie ein grandioses Naturdenkmal wirkt der schichtstufenartige Abbruch der anstehenden Konglomeratplatte gegen die Schärdinger Straße hin mit den zahlreichen mehr oder weniger weit abgewanderten Blöcken, die oberhalb der Straße durch ihre auffallende Größe und ihre unregelmäßigen Formen besonders eindrucksvoll sind; daher auch die volkstümlichen Bezeichnungen, wie „Ofenloch“ und „Weihbrunnkessel“. Von den beiden größten Blöcken erreicht der eine bei plattenförmiger Gestalt eine Ausdehnung von 9 mal 7 m und 3 m Höhe, der andere bei völlig

unregelmäßiger Gestalt von etwa 10 mal 10 m und über 4 m Höhe, wobei ihre Eintauchtiefe unter die Oberfläche nicht feststellbar ist.

Der Pitzenberg stellt bei relativ hohen Niederschlägen – Münzkirchen 1020 mm (Lit. 3, S. 17) – mit seinen durchlässigen, sauren und stark podsolierten Böden auch landschaftsökologisch eine sich aus seiner Umgebung klar abhebende Einheit dar.

Fünf Schottergruben vermitteln einen guten Einblick in diesen Rest eines ursprünglich wohl flächenhaft weit verbreiteten Schotterkörpers. Sie lassen nicht nur erkennen, daß mehrere unter verschiedenen klimatischen Bedingungen entstandene Verwitterungen auf diesen Schotterkörper eingewirkt haben, sondern zeigen auch äußerst eindrucksvoll auf engem Raum eine derartige Fülle kaltzeitlicher Erscheinungen und Umprägungen aus dem Eiszeitalter, wie sie sonst nur ausnahmsweise in eiszeitlichen Schottern festgestellt werden können. Vor allem in der größten, nach Westen geöffneten Engelhaminger Schottergrube (s. Abb.) beherrschen diese Erscheinungen dermaßen die oberen 6 bis 7 m des Aufschlusses, daß man geneigt sein könnte, diese Schotter als kaltzeitliche Sedimente zu betrachten, wenn nicht ihr tertiäres Alter auf Grund ihrer Höhenlage sowie der Kaolinisierung und Verkieselung sicher feststünde. Aus dem Vergleich mit dem weit ausgedehnten und in einem geschlosseneren Schichtverband auftretenden bayrischen Vorkommen des „Quarzrestschotter“ westlich des Inns, der erst jüngst einer umfassenden Neuuntersuchung unterzogen wurde (Lit. 6), kann auch hier ziemlich sicher auf ein obermiozänes (tortonisch-sarmatisches) Alter geschlossen werden.

Die erwähnte große Schottergrube ist in dem etwa 8 Grad geneigten W- bis SW-Abfall des Pitzenberges unterhalb der Gipfelkonglomeratplatte eingesenkt. Sie schließt die Schotter annähernd 10 m auf und zeigt folgendes Profil, vgl. Abb.:

Ia) 0,30 bis 0,80 m mächtige, gegen das Liegende hin scharf abschneidende Decke aus einem sepiabraunen Lehm-Schotter-Gemisch (Farbe* aus 0,6 m Tiefe 10 YR 4/4) mit einem leicht rötlich getönten bis 20 cm mächtigen schwarzbraunen Moderhorizont an der Oberfläche (Farbe 10 YR 2/2), der deutlich Spuren der Podsolierung aufweist.

Ib) Maximal 1,5 bis in die liegenden Schotter IIa eingreifende weiße Bleichtaschen aus blankem Quarzsand und Quarzkies von sehr unregelmäßiger Gestalt und mit gelegentlich leicht rötlichem Stich (Farbe in 0,3 m Tiefe 10 YR 8/2). Die Taschen sind nur teilweise mit 5 bis 8 cm leicht gebleichtem, rötlichgrauem Humus bedeckt (Farbe 5 YR 4/2).

IIa) 5,0 bis 6,0 m mächtige, vorwiegend aus Quarzen und Quarziten zusammengesetzte, stark gewaschene weißgelbe Sand-Kies- und Grob-Schotter-

*) Nach M u n s e l l, Soil Color Charts, Baltimore 2, USA. – Die Farbe bezieht sich jeweils auf die sandig-tonige Füllmasse.

schichten bis zu Korngrößen von 10 cm Durchmesser, deren Kaolingegehalt nach der Handprobe an der Oberfläche gering ist, mit der Tiefe aber zunimmt (Farbe in 2 m Tiefe 10 YR 8/6, in 4 m Tiefe 2,5 Y 8/2 bzw. 10 YR 8/2).

I Ib) Der Schotterkörper IIa wird von einer großen Zahl 3 bis 30 cm mächtiger brauner oder rötlichgelbbrauner bis weißgelber Bänder durchzogen (Farbe in 1,3 m Tiefe 7,5 YR 5/6), die völlig unregelmäßig, oft zu einem Netzwerk verstrickt, im allgemeinen so auftreten, daß ihre Mächtigkeit und ihre Farbenintensität gegen das Liegende hin abnimmt und ihr Abstand voneinander gleichzeitig größer wird. Sie fallen annähernd gleichsinnig mit der Oberfläche ein, divergieren hangabwärts etwas, zeigen aber gleichzeitig zahlreiche Störungen. Die näher der Oberfläche liegenden breiteren Bänder bestehen deutlich aus einem Lehm-Schotter-Gemisch. Der Lehmgehalt nimmt mit zunehmender Tiefe ab.

I Ic) Von oben her greifen bis 2 m tief Frostkessel ein, die diskordant von Ia überlagert werden und im Kern aus dem gleichen Material wie Ia bestehen, außen herum jedoch von einer schotterreicheren und lehmärmeren, etwas helleren, mehr rötlichbraunen Zone umgeben werden. Die Frostkessel sind deutlich in der Richtung des Hanges gekippt.

I Id) 2,5 m hoher Frostaufbruch innerhalb der Schotter IIa mit einer Manganhydroxyd-Anreicherung auf der Ostseite und deutlichen Aufbiegungen der gelben Bänder IIb auf beiden Seiten.

I Ie) Durch Kieselsäure verfestigte Konglomeratblöcke verschiedener Größe und Gestalt, die zusammenhanglos in den Schottern IIa schwimmen und nur eine äußerst bescheidene Abnutzung an den Kanten erkennen lassen.

III) Bescheidene eingebrachte Reste (Illuviallinsen) einer aufgearbeiteten, nicht mehr geschlossen auftretenden fleischroten Verwitterung (Farbe in 5 m Tiefe 2,5 YR 5/6–6/6), die in verschiedenen Tiefen, insbesondere längs der Bänder IIb, bis zur Oberfläche von IV auftreten. In den oberen Lagen tritt scheinbar auch eine Vermengung mit IIb bzw. Ia auf, so in der Hülle der von oben eingreifenden Frosttaschen. Oft zeigen auch einzelne Schotterstücke gleichfarbige Überzüge.

IV) Ungestörte, der Handprobe nach kaolinreiche weiße Schotter mit teilweise leicht rötlichem Stich (Farbe in 6,5 m Tiefe 7,5 YR 8/0); etwas gröber im Korn als die Hangendschotter (schichtweise bis 20 cm Durchmesser), gut gerundet, manchmal auch nur gut kantengerundete Geschiebe. Diese Liegendschotter bilden das Ausgangsmaterial der Hangendschotter IIa und zeigen eine viel buntere Zusammensetzung als diese. Sie bestehen weniger aus reinen Quarzen als aus Quarziten und einer großen Zahl stark zersetzter (kaolinisierter) Gneise alpiner Herkunft (Zentralgneise, Serizitgneise, Hornblendegneise, Grünschiefer, Amphibolite usw.).

IVa) Bis über 3 m aufragende pfropfenartige Frostaufbiegungen aus den liegenden kaolinreichen Schottern IV. Zum Teil Mangananreicherung an den

Begrenzungsflächen bzw. auch Aufbiegungen eines fossilen Mangan-Grundwasserhorizontes und der gelbbraunen Bänder IIb.

Dieser Aufschluß zeigt also eindeutig nahezu bis zu seiner Sohle großartige Bodenfrosterscheinungen. Schon auf den ersten Blick bezeugen dies die von oben eingreifenden Frostkessel mit eingewürgtem Boden (IIc) und die von unten her sich auftürmenden, den Schichtverband störenden und ihn durchbrechenden pfropfenartigen Aufbiegungen (IID und IVa) des jeweils liegenden Schotters (IIa und IV). Da es sich bei den Schottern des Pitzenberges ausnahmslos nur um tertiäre Schotter handeln kann, sind syngenetische Frostbildungen auch bei den von unten her emporgequollenen Pfropfen ausgeschlossen. Auch diese können also nur auf den von oben her wirkenden Frostwechsel zurückgeführt werden. Da in unserem Raum nach vielseitigen Forschungsergebnissen für die Kaltzeiten des Eiszeitalters Dauerfrostboden anzunehmen ist (Lit. 7, S. 55 u. 59), der wieder nach den Erfahrungen in den Polargebieten auch bei uns sicher tiefer als 7 m gereicht hat, müssen also die Frostbildungen mit der sommerlichen Auftautiefe zusammenhängen. In diesem Bereich des ständigen Frostwechsels konnten aber die Erscheinungen von der erwähnten Art entstehen. Die Ursachen für die außergewöhnlich große Auftautiefe von etwa 6 bis 7 m — P o s e r gibt für das Alpenvorland um 1 m an (Lit. 7, Skizze) — sind zweifellos neben dem relativ hohen Sonnenstand unserer Breiten (bei $48^{\circ} 30'$ ein maximaler Sonnenstand von 65°) in der West- bis Südexposition des Hanges zu suchen; für die große Zahl der Bodenfrosterscheinungen aber in den sehr tonreichen und damit für solche Bildungen besonders anfälligen Ausgangsmaterial, den kaolinisierten Schottern IV.

Es kann auch kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß es sich bei Ia um eine (kaltzeitliche) Solifluktsdecke handelt, deren Material zumindest zum Teil von aufgearbeiteten warmzeitlichen (interglazialen und präglazialen) Böden stammt und die gleichzeitig den postglazialen Boden trägt. Für die Solifluktion spricht vor allem ihre diskordante Lagerung über dem Liegenden; für warmzeitliche Böden als Ausgangsmaterial der im Verhältnis zum Liegenden (IIa) höhere Tongehalt und die intensive Verwitterungsfarbe, die einen entsprechenden Wandel der Eisenverbindungen verrät. Der Bleichungsvorgang in Ib, der bis in die liegenden Schotter IIa eingreift, müßte demnach jünger sein; für ihn käme also spät- bis postglaziales Alter in Frage. Ungeklärt bleibt jedoch zunächst die Tatsache, daß es sich dabei um ein anderes Material als bei Ia handelt. Der Unterschied ist, wie auch die Laboratoriumsuntersuchungen ergeben haben, so groß, daß er durch den Bleichungsvorgang und damit durch die Verwitterung allein nicht erklärt werden kann. Abgesehen vom Lehmgehalt, sind auch die Korngrößen grundsätzlich verschieden. Möglicherweise handelt es sich bei dem wesentlich feinkörnigeren Material von Ib (Quarkiese und Quarzsande) um Restbestände aus dem hangenden Teil der kaolinisierten Schotter. Nach den jüngeren Untersuchungen in Bayern

wird der unseren Pitzenbergschottern entsprechende „Quarzrestschotter“-Komplex nach oben hin feinkörniger und von „gebleichten Decksanden“ abgeschlossen (Lit. 6, Grimm S. 111). Es bleibt allerdings noch immer die Frage offen, wie die Taschenform und wann diese entstanden ist.

Rätselhaft war zunächst auch das Gewirr der netzartigen Bänder IIb, die sich nach unten hin verlieren. Eine Erklärung als fossile Grundwassermarken mit Eisenhydroxyd- und Manganhydroxydfällung, die in einzelnen Horizonten zahlreicher quartärer Schotter auftreten, scheidet aus. Ein kräftiger, teilweise gestörter solcher Manganhorizont ist unabhängig von den genannten Bändern in etwa 7 m Tiefe vorhanden und Ansätze dazu auch hin und wieder in geringerer Tiefe. Die Bänder des Pitzenberges unterscheiden sich aber von diesen fossilen Grundwassermarken vor allem durch den eingemengten Lehm (vgl. Tab. 1 u. 2), das Fehlen von Manganfällungen, das netzartige, nicht an bestimmte Horizonte gebundene Auftreten und schließlich die große Zahl und die geringen Abstände.

Die gekippten Frostkessel einerseits und die schwimmenden Konglomeratblöcke, die nicht aus dem Schotterverband, sondern von der im Gipfelbereich in situ liegenden Konglomeratplatte stammen, sprechen dafür, daß die Schotter IIa in Richtung des Hanges bewegt wurden.

Die auffallend fleischroten Verwitterungsreste III sind linsenartig in die Bänder IIb eingelagert oder sie sind nahe der Oberfläche mit den dort stärker lehmigen Bändern vermischt – so auch in der äußeren Hülle der Frostkessel. Es ist dabei wahrscheinlich, daß die oberflächennahen braunroten Bildungen Reste von interglazialen Böden darstellen, die in größerer Tiefe aber linsenartig vorhandenen Reste von III auf Grund der auffallenden Farbe, der Höhenlage, des Ausgangsmaterials im Vergleich zu sicheren interglazialen Bodenbildungen auf der Traun-Enns-Platte unbedingt als Reste präglazialer Böden anzusprechen sind. Im großen Interglazial waren auf der Traun-Enns-Platte infolge des kalkigen Ausgangsmaterials und die durch die geringere Seehöhe gegebene höhere Temperatur sicher günstigere Voraussetzungen für die intensive Rotfärbung der Böden als auf dem Pitzenberg und trotzdem ist dort die Intensität der roten Farbe weit geringer als in III des Pitzenberges. Der Verfasser kann seinen Notizen entnehmen, daß vor 11 Jahren, als der Abbau der Schotter noch nicht so weit fortgeschritten war, etwa in der Mitte der Schottergrube diese fleischroten Verwitterungsreste noch wesentlich stärker und geschlossener hervortraten als heute. Dieses Einbringen von Verwitterungsmaterial der Oberfläche in die Bänder IIb und deren Einfallen im großen ganzen im Sinne des Hanges lassen darauf schließen, daß diese nichts anderes als Bewegungsflächen darstellen, die durch Frostaufbrüche teilweise wieder gestört wurden. Nach weiterem Abbau der Schotter hat sich herausgestellt, daß der östliche der beiden großen Pfropfen teilweise gekappt wurde.

Damit steht also fest, daß der Schotterkörper im Bereich der kaltzeitlichen Auftautiefe nicht nur in vertikaler Richtung durchbewegt wurde, son-

dem auch annähernd parallel zum Hang in der Richtung des Hanggefälles; das heißt, wir haben es neben der Decke Ia mit einer zweiten außergewöhnlich tief wirkenden kaltzeitlichen Solifluktionserscheinung zu tun, deren Bewegungsintensität aber nicht sehr groß sein konnte, wie die erhaltenen vertikalen Frosterscheinungen zeigen, und die außerdem mit zunehmender Tiefe abnehmen mußte. An der Untergrenze dieser Bewegung sind schließlich die Bänder nur mehr angedeutet. Sie scheinen eine Art Scherflächen einer lamellen- oder schollenartig vor sich gegangenen Bewegung zu sein. Mit diesen Beobachtungen steht auch die nach oben hin festzustellende Verarmung der Schotter bei gleichzeitiger Abnahme des Kaolingehaltes im Einklang, was auch in den speziellen Untersuchungsergebnissen (vgl. Tab. 1) zum Ausdruck kommt.

Diese Erscheinungen in IIa entsprechen also durchaus dem, was Büdel als episodische Solifluktion bezeichnet (Lit. 2), nur daß die Tiefenwirkung wohl infolge der außergewöhnlichen Eigenschaften dieser Schotter noch größer ist als die bei Büdel angeführten Maximaltiefen von 4 m. Im Gegensatz dazu zeigt die Decke Ia die Erscheinungen der periodischen Solifluktion im Sinne Büdels.

Ergänzende Beobachtungen zu den beschriebenen Erscheinungen gestatten auch alle übrigen kleineren Schottergruben des Pitzenberges, nur daß in ihnen die glazial bewegte Decke kaum 3 bis 4 m Mächtigkeit überschreitet.

Vergleichshalber verdienen auch noch die zahlreichen großen Streublöcke auf der S- und SE-Seite des Pitzenberges Beachtung. Sie sind nicht nur im Bereich der Schotter festzustellen, wo sie, teilweise vollkommen vom Schotter verdeckt, in diesem schwimmen (Schottergrube am S-Ende des SW-Hanges) oder an der Oberfläche herausragen, sondern auch über der fremden Schlierunterlage. Ein ganzes Blockmeer erstreckt sich von der eingangs erwähnten schichtstufenartigen Abbruchstelle am SE-Hang. Oberhalb der Schärddinger Straße liegen die Riesenblöcke noch gut in die Schotter eingebettet. Das Blockfeld breitet sich jedoch mit kleineren Blöcken noch weit unterhalb der Straße bis in etwa 480 m Seehöhe herab aus und hört dann allerdings plötzlich auf. Bis hierher zeigen die Blöcke kaum irgendeine Abnützung und sind jedenfalls durch eiszeitliche Solifluktion auf einen Hang transportiert worden, dessen Neigung anfangs 6 bis 7° beträgt und nach einer kurzen Verteilung von 11° (ohne Blöcke) auf 4 bis 5° abnimmt. In der Fortsetzung dieses geschilderten Blockfeldes liegen jenseits eines Bachtobels nordöstlich Salling am Abfall eines Riedels von 480 m abwärts vereinzelt gut gerundete Konglomeratblöcke derselben Schotter, die aber jedenfalls schon lange vor den eiszeitlich bewegten Blöcken einen größeren Transport im Zusammenhang mit einer fluviatilen Umlagerung mitgemacht haben. Der Maximalweg, den die Blöcke von ihrer schichtstufenartigen Abbruchstelle an durch eiszeitliche Solifluktion zurückgelegt haben (heute läßt sich keine Bewegung mehr feststellen), beträgt etwa 600 m. Da im Wald die Blockstreu gut erhalten ist,

ist kaum anzunehmen, daß sie in tieferer Lage so vollkommen weggeräumt worden wäre. Dagegen ist im waldfreien Gelände gegen Hingsham und Salling zu wohl damit zu rechnen. Hier sind südlich der Schäringer Straße nur noch einige wenige Blöcke erhalten. Die tiefere Erosionsbasis, das gleitfähige Material (im Liegenden der kaolinisierten Schotter der tonreiche tertiäre Schlier) und die infolge der stärkeren Erwärmung intensiver einsetzende Schneeschmelze auf der Südseite haben eine verstärkte Solifluktion verursacht, die einerseits in dem schichtstufenartigen Abfall der anstehenden Konglomeratbank, andererseits in dem weiteren Transport der Blöcke zum Ausdruck kommt. Sie dürfte den gegebenen Verhältnissen entsprechend in der Tiefe, so wie auf der SW-Seite, auch hier als episodisch zu bezeichnen sein, wobei gleichzeitig, hier stärker als auf der SW-Seite, eine jeweils in geringerer Tiefe wirksame, aber intensive Abtragung durch periodische Solifluktion erfolgen mußte, wie die zum größten Teil hier freigelegten Blöcke beweisen.

L i t e r a t u r

1. A b e r e r, F.: Die Molassezone im westl. Oberösterreich und in Salzburg. (Mitt. d. Geologischen Gesellschaft in Wien, 50 Bd., 1957.)
2. B ü d e l, J.: Periodische und episodische Solifluktion im Rahmen der klimatischen Solifluktionstypen. (Erdkde. Bd. XIII Lfg. 4, 1959, S. 297–314.)
3. Hydrographischer Dienst in Öst.: Die Niederschlagsverhältnisse in Österreich im Zeitraum 1901–1950. (Beiträge zur Hydrographie Österr. Wien 1952 H. Nr. 26, S. 17.)
4. K i n z l, H.: Über die Verbreitung der Quarzitkonglomerate im westlichen Oberösterreich und im angrenzenden Bayern. (Jb. d. Geol. BA. 77. Bd., 1927, H. 3 u. 4.)
5. K ö n i g, A.: Geologische Beobachtungen in Oberösterreich, III. Schotter und Konglomerate zwischen Traun und Inn. (Jber. d. Mus. Franz.-Carol. in Linz 1910, S. 117–144.)
6. N e u m a i e r, F.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der ungefalteten Molasse Niederbayerns – (einschließlich der einschlägigen Arbeiten, insbesondere von E. Blissenbach, W. D. Grimm, J. Stiefel und M. Mayr). (Beiheft zum Geol. Jb. H. 26, Amt f. Bodenforschung, Hannover 1957.)
7. P o s e r, H.: Boden- und Klimaverhältnisse in Mittel- und Westeuropa während der Würmeiszeit. (Erdkunde II, H. 1–3, Bonn 1948, S. 53–68.)
8. S t a d l e r, J.: Geologie der Umgebung von Passau. (Geognostische Jahreshefte, Jg. 38, S. 39–118, München 1925.)

Auslegung der Analysenergebnisse

Von H. S c h i l l e r

D i e a n g e w a n d t e n M e t h o d e n

Zur Ergänzung der interessanten Feldbeobachtungen von H. K o h l wurden aus den charakteristischen Profilschichten der Engelhaminger Schottergrube (Pitzenberg) Proben entnommen und auf ihre Korngrößenzusammensetzung, ihren Gehalt an leichtlöslichen Sesquioxiden und auf ihre Azidität untersucht. Die Laboratorien, die sich mit derartigen Bestimmungen befassen,

wenden nicht immer die gleichen Methoden an. Es ist deshalb für die Beurteilung der Resultate erforderlich, die Art der angewandten Untersuchungsverfahren zu kennen.

So wirkt sich die Vorbereitung der Proben, mit welcher man eine möglichst vollkommene Zerteilung der Aggregate zu erreichen sucht, entscheidend auf die Ergebnisse der mechanischen Bodenanalyse aus. Eine gute Dispergierung läßt sich mit einer 0,4-n-Natriumpyrophosphatlösung erreichen. Sie eignet sich besonders zur Zerstörung von Eisenkonkretionen, wie Vergleichsuntersuchungen der österreichischen landwirtschaftlichen Versuchsanstalten (8) ergaben. Da Eisenkonkretionen in relikten Bodenbildungen besonders häufig anzutreffen sind, war es naheliegend, die Erdproben aus den tertiären Schottern des Pitzberges nach der Natriumpyrophosphatmethode von J. L ü t t m e r und L. J u n g (4) zu behandeln. Die Feststellung des Rohtones und Schluffes erfolgte mittels Pipette im Sedimentverfahren, die Abgrenzung vom Feinsand durch Naßsiegung. Die Groberde wurde von der Feinerde durch trockene Siebung getrennt.

Auf Grund früherer günstiger Erfahrungen (7) erfolgte die Bestimmung der Austauschkapazität (AK) der Feinerde mit dem von P. S c h a c h t s c h a b e l geänderten Verfahren nach M e h l i c h (2). Bei dieser Methode werden die Grenzflächen der Feinstteilchen vorerst mit Ba-Ionen belegt und diese dann in einem zweiten Analysengang gegen Mg-Ionen ausgetauscht und im Filtrat bestimmt. Die Austauschkapazität „AK“ gibt an, wieviele mg Äquivalente an Kationen 100 g Boden zu binden vermögen.

Die gebräuchlichen Verfahren der mechanischen Bodenanalyse können den Feinton, dessen Teilchen kleiner als $0,2 \mu$ sind, wegen der Brown'schen Bewegung nicht erfassen. Dies ist mit der Kolloidanalyse nach F. S e k e r a und F. S c h n e i d e r (10) möglich. Die Bodensuspension wird bei diesem Verfahren abzentrifugiert. Die Methode wurde an der Bundesversuchsanstalt Linz soweit fortentwickelt, daß sich mit ihrer Hilfe dynamische Bodenvorgänge kennzeichnen lassen. Es ist u. a. möglich, eine qualitative Aussage über den Verwitterungsgrad der Böden, über die Beweglichkeit des Feintones und über seine Verlagerung zu machen (1, 6). Das Wesen der Methode beruht darin, daß die Erde mit kohlenstoffreiem destilliertem Wasser bzw. mit einer 0,2%igen Lithiumkarbonatlösung im Verhältnis 1:3 ausgeschüttelt und die Suspensionen zentrifugiert werden. Die Zentrifugate dekantiert man in kalibrierte Röhrchen, versetzt sie mit einer 20%igen Kalziumnitratlösung und mißt nach 24 Stunden die Koagelvolumina. Für die Gewinnung der 2. und 3. Fraktion wird der beschriebene Analysenvorgang wiederholt. Durch Division der $Li I / W I$ erhält man den Koagulationsfaktor, während der Quotient aus der Summe von $Li II + III / W II + III$ als Stabilitätsfaktor bezeichnet wurde. Der reziproke Wert aus der Summe beider Faktoren stellt ein Maß der Kolloidbeweglichkeit dar.

Die Ermittlung der pH-Werte erfolgte in einer n/KCl-Lösung, wobei das

konventionelle Verhältnis vom Boden : Flüssigkeit mit 1 : 2^{1/2} eingehalten wurde. Als Ergänzung wurden noch die austauschbaren Ca-Ionen mittels einer 1%igen Ammoniumchloridlösung ermittelt.

Das freie Eisen wurde nach Mackenzie bestimmt. Man extrahiert bei diesem Verfahren die Erde vorerst mit einer 4% Natriumdithionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) – und dann mit einer 0,05 normalen HCl-Lösung in einem zweimaligen Analysengang. Um den Anteil an röntgenamorphen Eisenoxyden in den Proben kennenzulernen, wurden sie mit einem Gemisch von 700 ccm 0,2 n Ammoniumoxalat und 535,0 ccm 0,2 n Oxalsäure (und zwar 100 ml hievon auf 5 g Boden) ausgeschüttet. Dieses Analysenverfahren sowie das für die Ermittlung des austauschbaren Al verdankt die Linzer Anstalt Herrn Dozent Dr. U. Schwertmann, wofür ihm nochmals aufrichtigst gedankt sei. Das mit einer n/KCl-Lösung ausgetauschte Al wurde im Filtrat mit und ohne Zusatz von 4% NaF durch Titration mit n/50 NaOH ermittelt.

Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Beim Aufschluß der Engelhaminger Schottergrube fielen H. Kohl drei charakteristisch gefärbte Schichten auf, die unter verschiedenen Verwitterungsbedingungen entstanden sind. Diese Erscheinungen wirkten sich aber nicht nur auf das Aussehen des Materials, sondern auch auf seine chemischen und physikalischen Eigenschaften aus, wie die Untersuchungen zeigen. Für das leichtere Verständnis der Analysenresultate dürfte es angebracht sein, die nach dem Obermiozen erfolgte Umprägung des Materials auf die Liegendschotter zu beziehen und bei der Diskussion von letzteren auszugehen.

Die ungestörten weißen Schotter IV weisen in der Feinerde, siehe Tab. 1, einen Gehalt von 60,6% an Sand auf. Trotzdem ist das Material nach der Nomenklatur der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft nicht bei den Sanden, sondern auf Grund der hohen Schluffmenge von 28,5% bei den sandigen Lehmen einzuordnen. Der Anteil an Rohton beträgt 9,2%; bringt man ihn mit der AK in Beziehung, so errechnet sich je Gramm Ton ein durchschnittlicher mval-Wert von 0,26. Diese Bezugsgröße weist auf nur schwach aufweitbare Tonminerale, vermutlich Kaolinite, hin. Durch das Ausschütteln der Proben mit einer 0,2%igen Lithiumkarbonatlösung ließ sich bei der Kolloidanalyse außerdem noch Feinton feststellen, siehe Tab. 2, der in der Wassersuspension weitgehend beständig ist. Von freiem und ammonoxalatlöslichem Eisen wies das Material nur Spuren auf, dagegen konnte 0,8 mval/100 g Boden austauschbares Aluminium ermittelt werden. Die Feinerde dürfte, nach der niedrigen pH-Zahl zu schließen, fast vollkommen frei von Metallkationen sein, wofür auch die niedrige Menge von austauschbarem Ca spricht.

Die Frostaufbiegung (IVa) aus den Liegendschottern zeigt in ihrer Korngrößenzusammensetzung eine Abnahme des Mittel- und Fein- und eine

Zunahme des Grobschluffes. Der Rohtonanteil und die AK sind annähernd gleich wie bei IV, doch ist ein merklicher Verlust an Feinton festzustellen, vermutlich verursacht durch seine Beweglichkeit im Wasser. Weiterhin fällt auf, daß das Material, trotz des gleichen pH-Wertes, frei von austauschbaren Al-Ionen ist.

Die beiden Proben aus der Grobschotterschichte IIa haben den höchsten Sandgehalt, der vermutlich aus den aufgearbeiteten zersetzten Gneis- und Schieferstücken des liegenden Schottern (IV) stammt. Der Grobschluffanteil liegt ähnlich wie in der Frostaufbiegung IVa, dagegen waren nur geringe Mengen von Korngrößen $> 20 \mu$ zu finden. Das Material aus der Tiefe von 4 m weist nur mehr Spuren von Feinton auf, der sich zur Gänze mit Wasser dispergieren ließ. Die Austauschkapazität der Feinerde aus der Grobschotterschichte ist sehr klein und läuft nicht vollkommen parallel mit dem Rohtongehalt. Vielmehr nimmt das Sorptionsvermögen des Rohtones im Schotteraufschluß von unten nach oben zu. Die Erklärung ist aus der chemischen Analyse zu ersehen, die einen gleichsinnigen Verlauf im Gehalt an freien Eisenoxiden ergab. Die AK der freien Oxyde ist wohl weit geringer als die der Tonminerale (5), doch dürfte sie sich in unserem Fall verhältnismäßig stärker am Kationenumtausch beteiligt haben. Hervorzuheben wäre noch der hohe pH-Wert von 5,7 in 4 m Tiefe, der auf einer Einwaschung von Metallkationen aus den oberen Horizonten, die bei der Verwitterung frei wurden, beruhen dürfte. Neben den Kationen dürfte auch Ton von der Oberfläche her eingebracht worden sein, wie der höhere Feintongehalt von IIa in 2 m Tiefe ergibt. Die Abnahme des Rohtongehaltes von IV über IIa in 4 m zu IIa in 2 m Tiefe kann auf die eiszeitlichen Bewegungsvorgänge zurückgeführt werden.

Die braunen bis rötlichbraunen Bänder IIb haben einen mehr als viermal so hohen Gehalt an Rohton wie die Feinerde in den umgebenden Grobschottern; auch die AK ist weit größer. Weiters haben die Bänder den höchsten Feintongehalt, der sehr stabil sein muß, da die zweite und dritte Wasserfraktion Nullwerte ergaben. Charakteristisch für die Bänder ist das weite Verhältnis von freiem zu oxalatlöslichem Eisen. Dies läßt auf gealterte, gut durchkristallisierte Oxydhydrate schließen. Nach J. K a t a o k a (3) ist auf Grund der sauren Reaktion vorwiegend die Ausbildung von Hämatit in Betracht zu ziehen. Letzteres Mineral bedingt den fleischroten Farbton von III und die teilweise rötliche Verfärbung der braunen Bänder IIb. Damit wäre auch ein Hinweis gegeben, daß in die Bänder Reste älterer warmzeitlicher, vermutlich auch präglazialer Verwitterungsrückstände eingebracht wurden.

Die Feinerde der auf den Grobschottern liegenden Decke Ia wird, da die Sandfraktion auf 50 % abfällt und der Rohton über 15 % ansteigt, bereits als toniger Lehm angesprochen. In dieser Schicht ist die AK am größten, das spezifische Sorptionsvermögen aber geringer als in den braunen Bändern. Es dürfte sich hier um ein anderes Verhältnis in den Anteilen an den Ton-

mineralen handeln als dort, wofür auch ihre größere Stabilität in der 0,2%igen Lithiumkarbonatlösung der ersten Fraktion spricht. Durch spät- und nachglaziale Verwitterungsprozesse ist der ammonoxalatlösliche Anteil an freiem Eisen gestiegen, was auf amorphe Eisenoxydhydrate zurückzuführen ist. Der niedrige pH-Wert von 4,1 dürfte nach U. S c h w e r t m a n n (9) vor allem durch das austauschbare Al bedingt sein.

Die Schlämmanalyse der Feinerde aus der Bleichtasche Ib ergab einen auffallend hohen Grobschluffgehalt, wobei die Fraktion 2 bis 20 μ den niedrigsten Wert unter allen Proben ergab. Die AK erreichte nur 0,6 mval/100 g und stimmt mit den äußerst geringen Feintonmengen überein. Das Material enthält praktisch keine freien Sesquioxidhydrate. Damit dürfte auch das Ansteigen des pH-Wertes in der n/KCl-Lösung auf 4,7 zusammenhängen.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß die von H. K o h l aus den Feldbeobachtungen abgeleiteten, durch die Verwitterungsvorgänge verschiedener geologischer Zeitalter bedingten chemischen und physikalischen Veränderungen in den Pitzenbergschottern durch die angeführten Laboratoriumsuntersuchungen ergänzt und weitgehend bestätigt werden konnten. Vor allem gibt die auf 1 g Rohton berechnete AK, die Stabilität des Feintones und das Verhältnis von freiem zu oxalatlöslichem Eisen wertvolle Hinweise auf die Art und den Aufbau der Verwitterungsprodukte. Der Wert dieser Beobachtungen liegt vor allem darin, daß sich die von ihnen abgeleiteten sehr unterschiedlichen Vorgänge (verschiedene warmzeitliche Verwitterung und kaltzeitliche Aufbereitung, Störung und Abtragung) verschiedener Zeitalter auf dasselbe autochthone Ausgangsmaterial beziehen, das somit eine ausgezeichnete Vergleichsbasis abgibt und eine weitgehende Trennung der einzelnen Vorgänge und deren Produkte erlaubt.

Tabelle 1

Ergebnisse der Schlämmanalyse

Bezeichnung	Tiefe der Probe	Groberde %	Gewichtsanteil in % der Feinerde				AK mval/100 g	AK mval/1 g Rohton
			Sand 2-0,06	Grobschluff 0,06-0,02	Mittel- u. Feinschluff 0,02-0,002	Rohton < 0,002 m/m		
Ia	0,6 m	45	50,0	17,1	17,5	15,4	7,0	0,45
Ib	0,3 m	51	73,5	21,8	0,7	4,0	0,6	0,15
IIa	2,0 m	52	84,1	10,2	3,3	2,4	1,0	0,42
IIa	4,0 m	51	83,6	10,2	1,2	5,0	0,8	0,16
IIb	1,3 m	61	75,4	9,1	5,3	10,2	5,8	0,57
IV	7,0 m	52	60,6	1,7	28,5	9,2	2,4	0,26
IVa	5,5 m	60	61,0	10,7	18,0	10,3	2,8	0,27

Tabelle 2
Ergebnisse der Kolloidanalyse

Bezeichnung	Tiefe der Probe	H ₂ O %	Kolloidfraktionen in ccm						Disp. Feinton ccm	Koagulationsfaktor K	Stabilitätsfaktor St	Kolloidbeweglichkeit $\frac{1}{K + St}$
			Aqua dest.			0,2 % Li ₂ CO ₃						
			I	II	III	I	II	III				
Ia	0,6 m	24,0	0,1	0	0	0,1	1,0	0,7	1,8	1,0	> 100	< 0,01
Ib	0,3 m	8,0	Sp.	Sp.	Sp.	0,1	0,05	0,1	0,25	> 100	> 100	< 0,01
IIa	2,0 m	7,5	Sp.	0,4	0,6	0,5	0,3	0,3	1,1	> 100	0,6	< 0,01
IIa	4,0 m	11,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,01	0,16	1	0,04	1,0
IIb	1,3 m	8,2	0,1	0	0	1,5	1,0	1,0	3,5	15	> 100	< 0,01
IV	7,0 m	24,2	Sp.	Sp.	0	0,7	0,7	0,6	2,0	> 100	> 100	< 0,01
IVa	5,5 m	22,0	0,02	0,05	0,05	0,3	0,2	0,15	0,65	15	3,5	0,05

Tabelle 3
Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

Bezeichnung	Tiefe der Probe	pH n/ KCl	austauschb. Ca mg/100 g	Freies Eisen %	ammonoxalatl. Eisen %	austauschb. Aluminium mval/100 g
Ia	0,6 m	4,1	5,4	0,79	0,12	0,9
Ib	0,3 m	4,7	0,8	0,02	0,003	0
IIa	2,0 m	4,5	1,4	0,20	0,005	0
IIa	4,0 m	5,7	3,0	0,03	0,002	0
IIb	1,3 m	4,1	1,8	0,85	0,046	1,9
IV	7,0 m	4,0	0,2	0,01	0,004	0,8
IVa	5,5 m	4,0	0,2	0,04	0,004	0

Literatur

- Blümel, F., Janik, V. und Schiller, H.: Die Mikromorphologie und der Kolloidzustand unterschiedlicher Bodentypen. Festschrift z. 60jähr. Bestand d. Landw.-Chem. Bundesversuchsanstalt Linz, 1959.
- Herrmann, R., Thun, R. u. Knickmann, E.: Handbuch der landw. Versuchs- und Untersuchungsmethoden (Methodenbuch). Die Untersuchung von Böden, 3. Aufl., Verl. Neumann, Radebeul-Berlin, 1955.
- Kataoka, J., Studies on free ferric oxide in view of soil science. Mem. Fac. Agric. Kodu University, Japan, Nr. 5.
- Lüttmer, J. u. Jung, L.: Über die Eignung des Natrium-Pyrophosphates zur Dispergierung bei der mechan. Bodenanalyse. (Notizbl. d. Hess. Landesamtes für Bodenforschung, 83, 282-291, Wiesbaden 1955.)
- Scheffer, F., u. Schachtschabel, P.: Lehrbuch d. Agrikulturchemie u. Bodenkunde, I. Teil Bodenkunde, Verl. Enke, Stuttgart, 1960.
- Schiller, H.: Die Kolloidbeweglichkeit in naturfeuchten und lufttrockenen Böden. Festschrift z. 50jähr. Bestand d. Landw.-Chem. Bundesversuchsanstalt Linz, 1949.
- Schiller, H., u. Janik, V.: Ein Beitrag zur Kenntnis der öö. Böden. (Die Bodenkultur 10, 187-211, Verl. Fromme, Wien 1959.)
- Schiller, H.: Zur Methodik der mechanischen Bodenanalyse. Vortrag anlässlich des Kongresses der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Wien, 1961.
- Schwertmann, U.: Über das lösl. u. austauschbare Aluminium im Boden und seine Wirkung auf die Pflanze. (Landw. Forschung 14, 53-59, Verl. Sauerländer, Frankfurt, 1961.)
- Sekera, F., u. Schneider, A.: Der Kolloidzustand des Bodens. Unveröffentlicht.