

Originalarbeiten

(Aus dem Institut für Bodenforschung und Baugologie der Universität für Bodenkultur,
Vorstand: o. Univ.-Prof. Dr. W. E. H. Blum)

Basalt/Klärschlamm-Kompost Stoff- und Gefügecharakteristik

VON F. SOLAR, B. SCHWAIGHOFER UND H. W. MÜLLER

(Mit 28 Abbildungen)

Zusammenfassung

Auf dem Gelände eines steirischen Klärwerkes wurde ein zweijähriger Basalt/Klärschlamm-Kompost untersucht, wobei nach Abschluß des Rotteprozesses chemische, mineralogische und morphologische Analysen durchgeführt wurden. Die bodenchemischen Ergebnisse zeigten eine gute Übereinstimmung mit den Feldbefunden, die eine deutliche Horizontierung durch intensive Stoffumsetzungen ergeben hatten. Im Vergleich dazu ließen sich nur geringe mineralogische und mikromorphologische Veränderungen feststellen. Lediglich in den Kontaktbereichen zwischen organischer Substanz (aus dem Klärschlamm) und Basaltmehl konnten stärkere Umsetzungen beobachtet werden, z. B. die Neubildung von Gips und amorphen Eisenoxydhydraten.

Schlüsselworte: Klärschlammkompost, Rotteprozesse, Mineralverwitterung, Bodenmikromorphologie.

Basalt/sludge compost — material and structure characteristic

Summary

A Basalt/sludge compost two years old was investigated in the region of a purification plant in Styria. After the end of the decay processes chemical, mineralogical and morphological analyses were done. The results of the soil chemical investigation correlate very well with the field studies showing clearly formed horizons by intensive processes of weathering and humification. Few alterations in mineralogy and micromorphology could be observed, stronger transformations occurred only in the contact between the organic matter (from sludge) and the basaltic material, e. g. neoformations of gypsum and amorphous ion-hydroxides.

Key-words: Sludge compost, processes of decay, mineral weathering, soil micromorphology.

1. Einleitung

Untersuchungsgegenstand ist ein zweijähriger Basalt/Klärschlamm-Kompost. Solche Komposte entwickeln sowohl während ihrer Hauptrotte als auch während ihrer Nachrotte eine intensive Stoffumsetzungs- und Gefügedynamik.

Die Kompostmiete war im April 1990 auf dem Gelände des Klärwerkes Feldbach gesetzt worden. Die Zubereitung der Miete und die Hauptrotte war von einem der Autoren und von einem Diplomanden (J. MASSWOHL) wissenschaftlich begleitet worden (pH/EH, Gasumsatz, Feuchtegang, Temperatur; chemische und ertragskundliche Abschlußuntersuchungen). Die Hauptrotte währte fünf

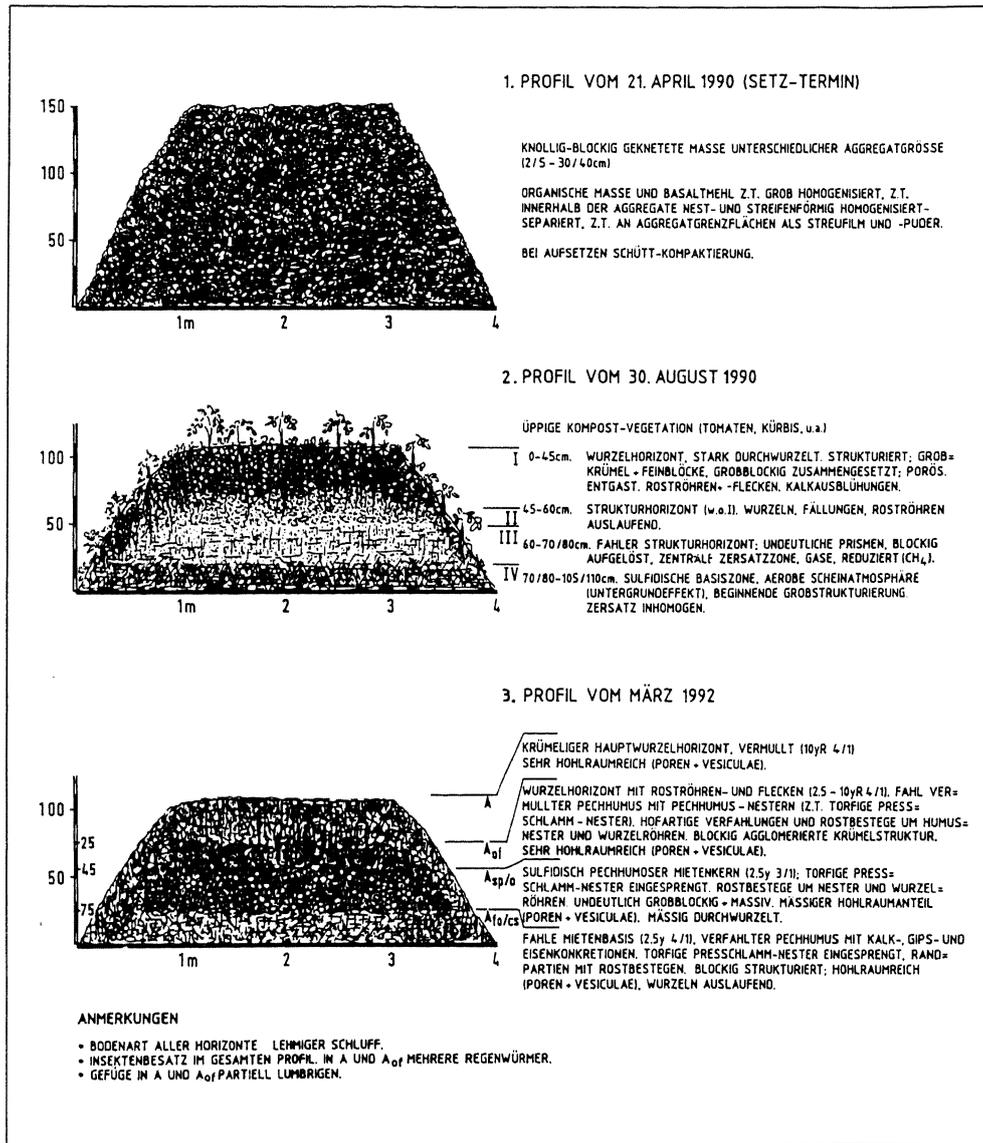


Abb. 1: Basalt/Klärschlamm-Miete

Monate, die Nachrotte weitere 18 Monate. Die Beprobung für die vorliegende Arbeit erfolgte Ende März 1992.

2. Rottematerial und Rotte

2.1 Komponenten und Rottemiete

Als Kompost-Ausgangsmaterialien dienten „Basaltmehl“ der Klöcher Basaltwerke (TAUCHER et al. 1989) und vergorener Klärschlamm des Abwasserverbandes Unteres Raabtal. Das Basaltmehl ist Mahlgut aus Klöcher Basalt; es hat sein Körnungsmaximum im Bereich Schluff (2 bis 20 μm 50,5 %, 20 bis 63 μm 32,3 %), sein autigener Rohntonanteil beträgt knapp 6 %, der Sandgehalt liegt bei 11,3 %; es entspricht bodenartig schwach lehmigem Schluff. Der Klärschlamm war vor der Vermengung mit Basaltmehl zum Preßling mit einem Trockensubstanzanteil von 30,5 % abgepreßt worden.

Basaltmehl und aufgelockerter Preßling wurden im Verhältnis 1,6:1 abgemischt. Der Trockenschlammanteil betrug umgerechnet und gemittelt 11,6 %, davon waren rund 70 % organisch. Damit errechnet sich ein durchschnittlicher Gehalt des Gemenges an organischer Substanz zu 8,1 %. Die Vorgangsweise der Vermengung erbrachte allerdings keine Vollhomogenisierung (siehe Abb. 1, vgl. Preßschlammnester und streuartige Bestege).

Das abgemischte Material wurde auf eine Miete geschüttet. Die Miete wurde zu einer Tafelmiete geformt.

2.2 Rotteführung, Rottebedingungen

Die Rotte wurde aus Gründen der geruchsfreien und substanzschonenden Kompostierung gedrosselt (an-)aerob geführt. Aus eben denselben Gründen wurde die Miete auch nie umgesetzt, Haupt- und Nachrotte erfolgten umsetzungsfrei-ortsstet.

Eine derartige Rotte ist eine Methan/Kohlendioxid-Sukzessionsrotte ($\text{CH}_4 \leq 55 \%$, $\text{CO}_2 \leq 25 \%$). Diese Rotte geht knapp bis an die Bildungsbedingungen des Schwefelwasserstoffes (vgl. Abb. 2). Sehr wohl aber werden SH^- - und NH_2 - bzw. geruchsfreie, NH_3 führende basische Gruppen freigesetzt und diese Zersetzungsbedingungen von Eisenmetahydroxid und von Eisen (II, III)-Oxid erreicht.

Erst mit dem Abklingen der Hauptrotte und mit dem stärkeren Anstieg des O_2 in der Mietenatmosphäre kommt es zur Sukzession $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CO}_2$, $\text{SH}^- \rightarrow \text{SO}_4$ und $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ und damit zur Ausfällung von Sulfaten, Karbonaten und von Eisenoxidhydraten (Abb. 1).

Die organische Ausgangssubstanz wurde zu sulfidischem Pechhumus geformt. Dieser setzt sich nach Maßgabe einer Tiefenfunktion um gemäß: Pechhumus \rightarrow fahler Pechhumus \rightarrow Mull; im Mietenkern ist dieser Prozeß reversibel (Abb. 1). Die Pechhumusphase ist im allgemeinen die Mobilisierungs-, die Verfahlungsphase eine Fällungs- und Mineralneubildungsphase (Abb. 5, 12).

Die Entwicklung eines komposteigenen Gefüges setzt sofort, und zwar als Folge der starken Gasentwicklung ein. Die Umformung der primären Knetmasse folgt gegen Ende der Hauptrotte (Abb. 1, [3]).

3. Gefüge- und Mineralbestand

3.1 Feldbefund

Die Miete durchläuft während der Hauptrotte einen Setzungsprozeß und erreicht gegen Ende der Hauptrotte ihr Endvolumen, das sich auch während der

Horizont: I, II-IV aus PROFIL 2, Abb.1

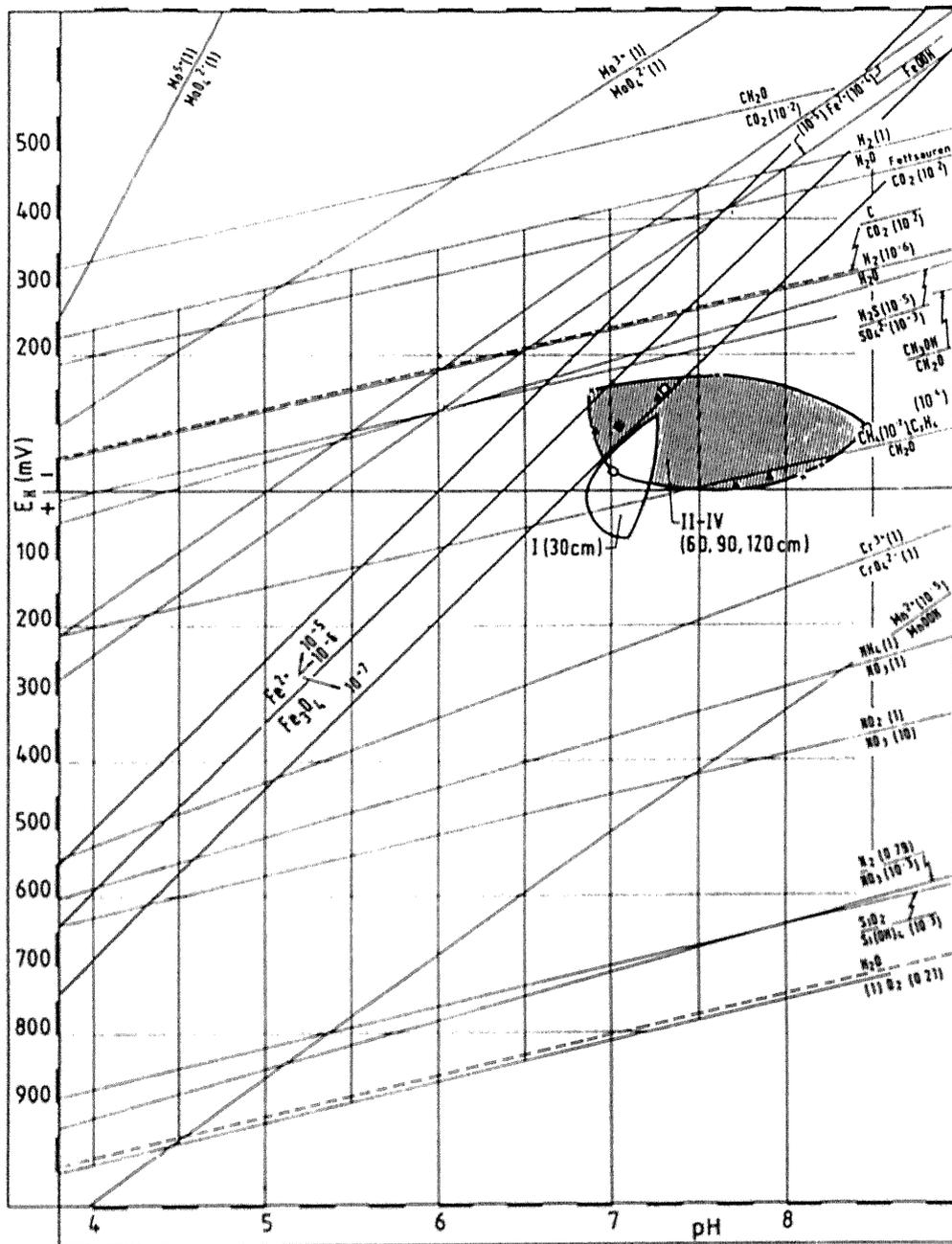


Abb. 2: pH/E_h Redoxzustand (zusätzliche Feldgliederung durch Gleichgewichtslinien relevanter Redoxpaare)
pH/E_h-Felder der Haupttrotte

Nachrotte nicht weiter verändert. Der Volumsverlust beträgt rund ein Drittel und ist das überwiegende Ergebnis von Setzungsprozessen und nicht von Prozeßverlusten.

Unabhängig davon entwickelte die Miete eine ausgeprägte Gefügedynamik, die von der Auflösung der manipulationsbedingten Formen zu mieteneigenen Struktur- und Hohlraumformen und zur Aufgliederung der Miete in vier verschiedene Horizonte führte (Abb. 1). Zu Ende der Hauptrotte sind nach Maßgabe des Entwicklungszustandes Krume und Krumenuntersaum sowie zentrale Zersetzungzone (Mietenkern) und Mietenbasis nahe verwandte Horizontblöcke. Zu Ende der Nachrotte (März 1992) hat sich die Mietenbasis dem Entwicklungszustand von Krume und Krumenuntersaum, wie er dort nach Ende der Hauptrotte (August 1990) vorlag, angenähert. Der Mietenkern hat eine rückläufige Entwicklung erfahren und Gefügemerkmale der Mietenbasis aus 1990 angenommen.

Blockige Aggregation und intensive Stofffällung bzw. Konkretionsbildung ist an die Umprägung des primär vorgelegenen, sulfidischen Pechhumus zu fahlem Pechhumus geknüpft (Abb. 1: Profil 2, Horizont I und II; Profil 3, Horizont A_{of} und A_{fo/cs})¹. Bei Weiterentwicklung zu reinem Mull lösen sich die Ausfällungen wieder auf (Abb. 1: Profil 3, Horizont A); im ersten Vermullungsstadium lösen sich zwar die Karbonate und Sulfate, nicht aber die Rostbestege auf (Horizont A_{of}). Bei Umkehrung des Verfahlungsstadiums zum sulfidischen Pechhumusstadium bleiben die Rostbestege aus ersterem erhalten (Horizont (A_{sp/o})).

Die Anordnung der Fällungsprodukte ist in charakteristischer Weise auf zum Teil gefüllte Hohlräume oder an Hohlraumränder gebunden. Die vorhandenen Hohlraumfüllungen sind Wurzeln und Wurzelreste (Abb. 7, 8). Zusätzliche Füllungen bestehen aus nestartig eingekneteten Preßlinganteilen, die bei der Zubereitung nicht homogen mit dem Basalt vermischt wurden (Abb. 7). Karbonatische und sulfatische Fällungsprodukte durchdringen auch die organische Masse in den Hohlräumen.

Dieser Feldbefund weist aus, daß die Lösungs- und Fällungsprozesse auf das Engste mit der Um- und Zersetzung der organischen Substanz, an die räumliche Nähe zu dieser und an die redoxbedingte Humusform geknüpft sind.

3.2 Gesamtmineralbestand

Im Basaltmehl konnten mittels Röntgendiffraktometeranalyse die Minerale Anorthit, Sanidin, Augit, Nephelin, Olivin, Phlogopit, Apatit und Magnetit nachgewiesen werden.

In der Rotte kommt zu diesen Mineralen Quarz als Bestandteil des Klärschlammes dazu.

3.3 Tonmineralverteilung in der Fraktion <2 µm

Der Anteil der Fraktion <2 µm ist in allen vier Horizonten (siehe Profil 3, Abb. 1) sowie auch im Basaltmehl sehr gering. An Schichtsilikaten konnten nachgewiesen werden: Smectit, Illit, Kaolinit.

3.4 Mikromorphologischer Befund

Mittels lichtmikroskopischer und rasterelektronenoptischer Untersuchung wurden die mikromorphologischen Merkmale erfaßt, wobei die Beschreibung den Methoden von BULLOCK et al. 1985 folgt. Im folgenden werden die einzelnen Horizonte mit charakteristischen Abbildungen dargestellt (Abb. 3 bis 26).

¹ Anmerkung zu Profil 3: A=A-Horizont; Indices: o=Oxidationsfladen und Eisenkonkretionen; f=fahl (Fahlmull); s=sulfidisch; P=Pechhumus; c=Sulfatkonkretionen

Horizont 1:

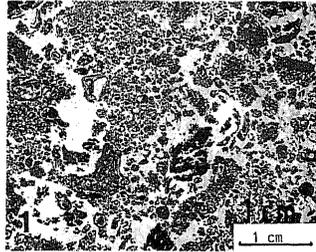


Abb. 3: Die Übersichtsaufnahme zeigt ein sehr hohlräumreiches Gefüge mit starker Durchwurzelung; deutlich unterscheidbar sind die Basaltmehlkomponenten und die organischen Bestandteile des Klärschlammes

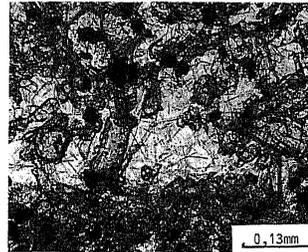


Abb. 4: Basaltfragment mit den üblichen Hauptgemengeteilen: basische Plagioklase, Pyroxene und Magnetit; nadelförmige Apatitaggregate

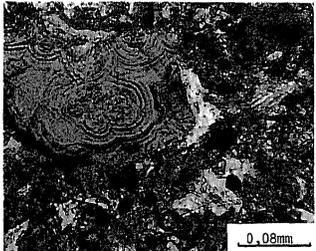


Abb. 5: Hohlraum in Basaltfragment mit konzentrisch strukturierten Fe-Oxyd-Hydroxyd-Ausfällungen

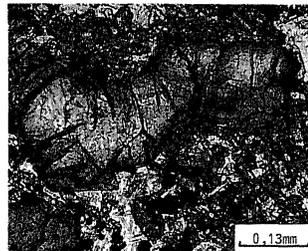


Abb. 6: Olivinkristall in Basaltmehlkorn; starke Fe-Oxyd-Anreicherung an den Rändern und entlang der Spaltrisse

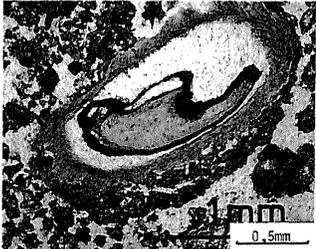


Abb. 7: Lockeres Granulatgefüge mit linsenförmigem Wurzelquerschnitt

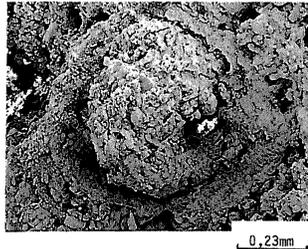


Abb. 8: Kreisförmiger Wurzelkanal

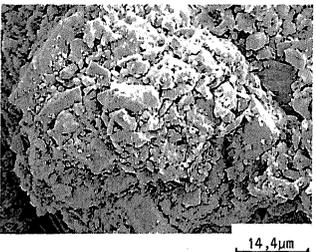


Abb. 9: Detail aus Abb. 8 — verkittete Mineralbruchstücke

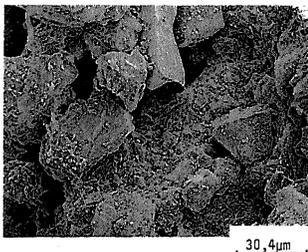


Abb. 10: Eckige Komponenten des Basaltmehls mit größeren Anorthiten und feingranuliertem Klärschlamm als Bindemittel

Horizont 2:

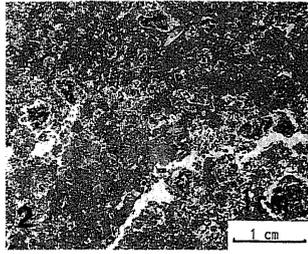


Abb. 11: Die Übersichtsaufnahme zeigt ein dichteres Gefüge als Horizont 1 – vor allem im Bereich des Basaltmehls

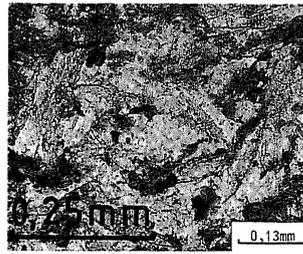


Abb. 12: In einzelnen Hohlräumen finden sich Aggregate neugebildeter, linsenförmiger Gipskristalle

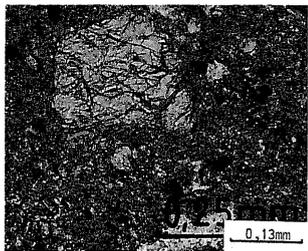


Abb. 13: Unverwitterter Augitkristall in feinkörniger, stark pigmentierter Grundmasse; opake Magnetitkörner

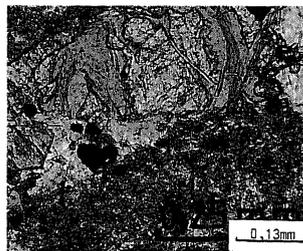


Abb. 14: Olivinkristall – partiell in hellbraune Fe-Oxyde umgewandelt, teilweise ist die Mineralsubstanz noch gut erhalten

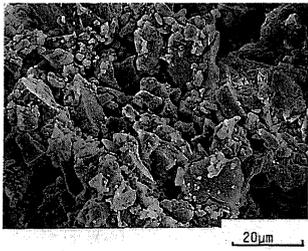


Abb. 15: Bereich mit höherem Basaltmehlanteil

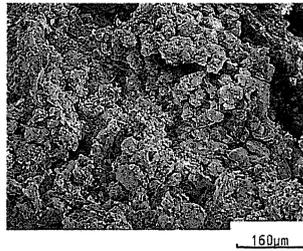


Abb. 16: Gefügeübersicht; vorwiegend eckige Basaltkomponenten mit feineren Klärschlammanteilen

Horizont 3:

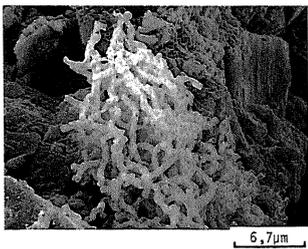


Abb. 17: Sehr häufig sind Geflechte von Pilzhyphen zu beobachten

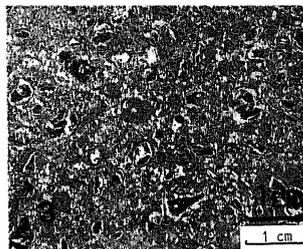


Abb. 18: Auf der Übersichtsaufnahme erkennt man eine feinkörnig strukturierte Grundmasse (Basaltmehl) mit bis 1 cm großen, zersetzten organischen Bestandteilen des Klärschlamm

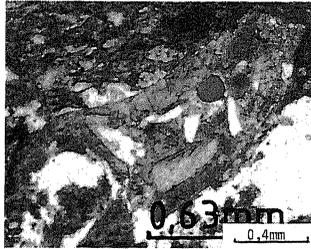


Abb. 19: In einem stark zersetzten Basaltbruchstück steckt ein eckiges Nebengesteinsfragment – vorwiegend Karbonat mit unregelmäßig begrenzten Quarzkörnern und Glimmerschuppen; vereinzelt finden sich gerundete Hämatitkomponenten

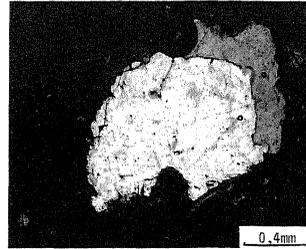


Abb. 20: Großer, unverwitterter Sani-dinzwilling (Korngröße ca. 1 mm) in feinkörniger Basaltgrundmasse

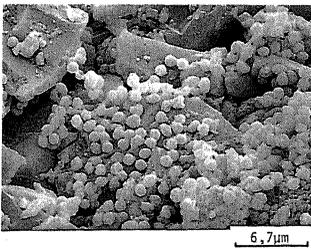


Abb. 21: Auf unverwitterten Basaltbruchstücken finden sich an vielen Stellen Bakterienkolonien

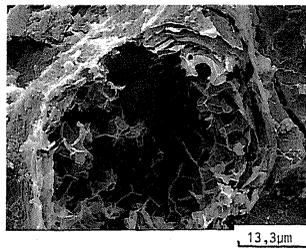


Abb. 22: Wurzelquerschnitt; im Kontaktbereich mit den Mineralkomponenten Auflösungsstrukturen

Horizont 4:

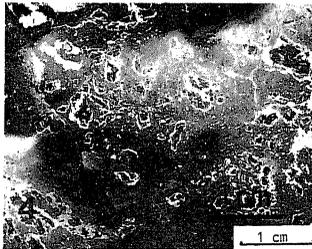


Abb. 23: Das Übersichtsbild zeigt eine stark aufgelockerte Struktur – Hohlräume bis 2 cm Durchmesser

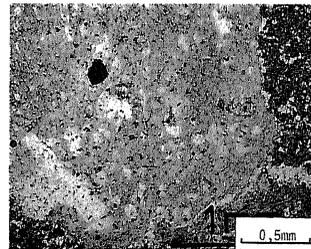


Abb. 24: Gutgerundete Basaltpartikel mit idiomorphen, teilweise aufgelösten Plagioklasleisten in hellbrauner, dichter Grundmasse

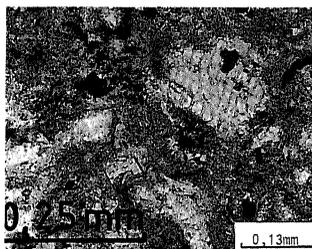


Abb. 25: Dichtes Gefüge aus org. Komponenten und Basaltmehl; Reste von Zellwandstrukturen org. Substanzen aus dem Klärschlamm

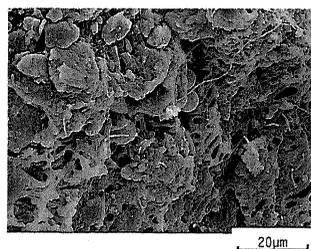


Abb. 26: Organische Reste aus dem Klärschlamm, teilweise in engem Verband mit Mineralkörnern

4. Stabilität, Existenz und Koexistenz der Minerale im Gleichgewicht mit den Bodenlösungen

Die Ionenverteilungen der Kompostlösung (die Ionen und deren Konzentrationen wurden aus dem Zentrifugat der Kompostlösungen ermittelt) legen die Bedingungen für die Existenz und Koexistenz von Mineralen und für die Umwandlung des ursprünglichen, basaltischen Mineralspektrums fest. Die Umwandlungsbedingungen wurden nach Maßgabe der Ionenverteilung und zuordenbarer Minerale und mittels zugehöriger Reaktionen und ihrer Massenwirkungskonstanten berechnet und graphisch dargestellt (Abb. 27). Die Graphik illustriert die Stabilitätsfelder der entsprechenden Minerale. Die Feldgrenzen sind Koexistenzlinien der in Rechnung gestellten, mineralischen Reaktions- bzw. Umwandlungspartner.

Die vorgegebenen Ionenverteilungen legen die Prüfung solcher Minerale nahe, deren Zersetzungsprodukte in der Bodenlösung dominieren. Die vorherrschenden Kationen sind Erdalkalien und Alkalien, das dominante Anion ist das Sulfat; miteinbezogen wurde auch Silizium im Sinne des Zersetzungsproduktes Orthokieselsäure (Si(OH)_4). Diesem Ionenspektrum werden Anorthit, Kalzit und Gips als Ca-Quellen, Smektit und Olivin als Mg-Quellen, Plagioklas als Na-Quelle und Sanidin und Illit als K-Quelle unterstellt. Da das Gleichgewicht unter den Tonmineralen sowohl über die Mg- als auch über die K-Konzentrationen geregelt ist, wurden diese bzw. das Paar Mg/K zu einer Prüfungsgruppe zusammengefaßt; miteinbezogen wurde auch Kaolinit. Ca/Na bzw. die Ca- und Na-Quellen bilden das zweite Prüfungs paar. Al und Si gehen zwar auch immer in die Berechnungen ein, Al scheint jedoch in den Gleichungen überwiegend nicht mehr auf, weil die Gleichgewichtsbedingungen über die zugehörigen Alkalien und Erdalkalien darstellbar sind.

Der Zustand der Basaltmehllösung legt folgende Stabilitätsbedingungen fest (SILLEN und MARTELL 1964, SCHNITZER und HOFFMANN 1966):

- Der Kaolinit ist in Gegenwart primärer K-Silikate das stabilste Tonmineral.
- Kalzit ist im Gemenge mit primären Ca-Silikaten selbst bei hohen CO_2 -Partialdrücken ($\text{CO}_2 > 30\%$) nicht existenzfähig. Bei Hinzutreten von primären Na-Silikaten bzw. von Na-Ionen vermag er sich bei ausreichender CO_2 -Atmosphäre zu bilden ($\text{CO}_2 > \sim 6\text{ V}\%$).
- Die Beifügung von Gips bzw. SO_4 -Ionen zu obigem Gemenge stabilisiert die Existenzfähigkeit des Kalzites durch Absenkung des erforderlichen CO_2 -Gleichgewichtspartialdruckes auf ein Zehntel des obigen Wertes ($\text{CO}_2 > \sim 0,6\text{ V}\%$). In reinem Gips/Kalzit-Gemenge erfolgt die Umwandlung des Gipses zu Kalzit schon bei CO_2 -Partialdrücken, wie sie in Öko-Systemen meist überschritten werden ($\text{CO}_2 > \sim 0,2\text{ V}\%$).

Die Zustandsbedingungen der Kompostlösungen sind entscheidend andersartig als in den Basaltmehllösungen. Daraus resultieren folgende Umwandlungsbedingungen:

- Kaolinit verliert seine Existenzfähigkeit, Smektit und Illit werden stabil, wobei der Smektit infolge des stärkeren Anstiegs von Mg gegenüber K stabiler ist.
- Die Kalzitbildung aus Anorthit ist zwar immer noch nicht möglich, wohl aber rücken die Bedingungen näher an die Anorthit/Kalzit-Koexistenzgerade. Das Näherrücken ist die Folge der pH-Absenkung im Kompost. Die anhaltende Kalzitininstabilität ist die Folge der in Relation zu Al und Si zu geringen H^+ -Ionenkonzunahme bei gleichzeitig extremer pH-Abhängigkeit der Reaktion (s. Gl. 3).

— Die Kalzitbildung wird möglich, wenn zum Anorthit noch Albit tritt. Hier ist die Gleichgewichtsbedingung durch das Verhältnis der Gl. 4 festgelegt, sodaß bei hohen Na- sowie hohen Si-Konzentrationen Calcit entstehen kann. Dies ist in der Mietenbasis durch den extremen Na-Reichtum schon bei $\text{CO}_2 > \sim 0,1 \text{ V\%}$ möglich, in der Na-armen Mietenoberpartie aber erst in nahezu reiner CO_2 -Atmosphäre.

Horizont: 1-4, aus PROFIL 3, Abb.1

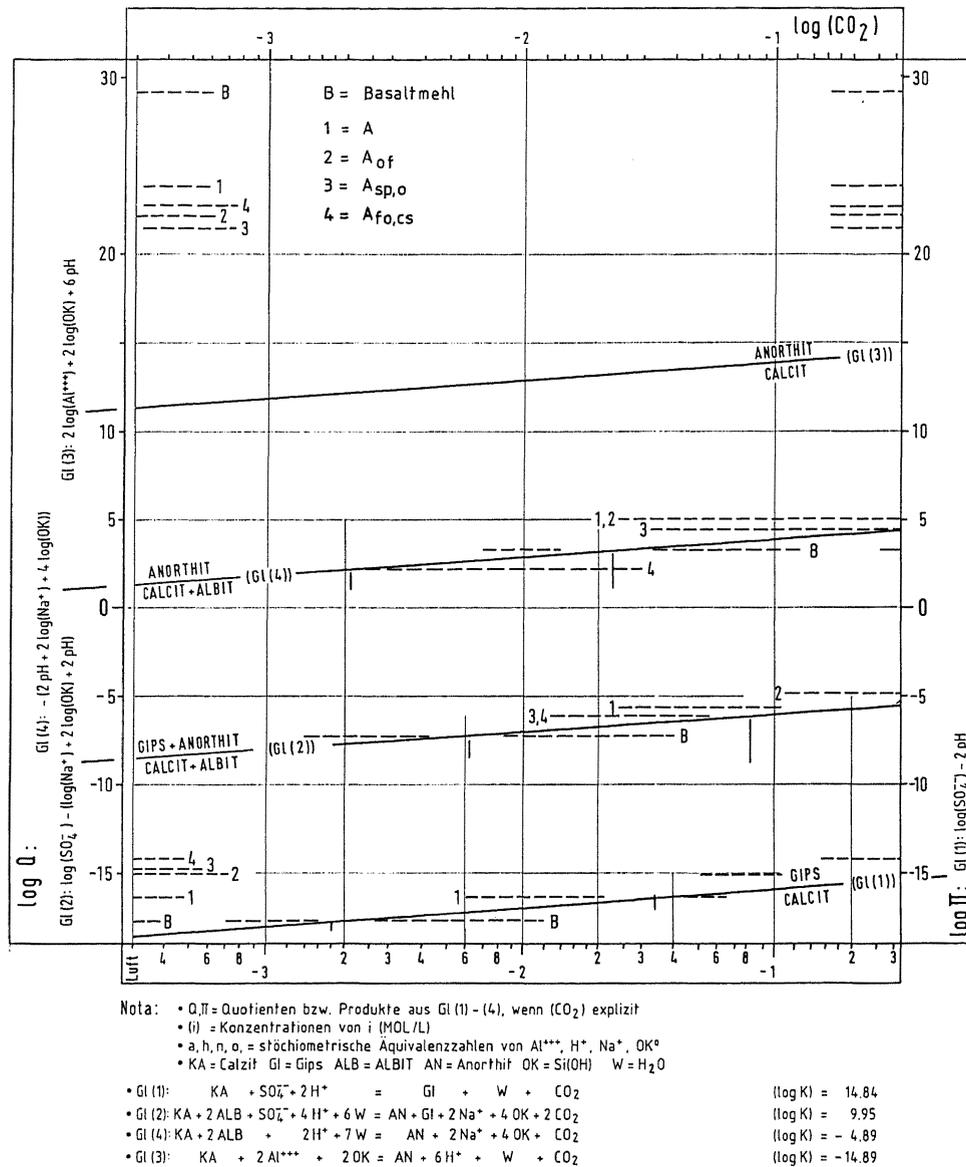


Abb. 27: Stabilitätsfelder und Koexistenzlinien von Ca- und von Na-Mineralen nach Maßgabe der Lösungskomponenten und Lage der Proben (Abb. 2), SILLEN und MARTELL 1964, SCHNITZER und HOFFMANN 1966

- In reinen Gips-Kalzit-Gemengen verliert der Kalzit stark an Stabilität. Dieser Stabilitätsverlust ist die Folge der pH-Abnahme und der Sulfatzunahme. Deshalb ist der Kalzit nur in der sulfatarmen Mietenoberpartie existenzfähig, allerdings auch nur bei $\text{CO}_2 > 1 \text{ V\%}$.

Die vorliegenden Verhältnisse ermöglichen eine Vielzahl von Umwandlungen nach Maßgabe des Zustandes der Gleichgewichtslösungen. Damit wird aber die allgemeine Instabilität der Komposte als Folge der Instabilität ihrer C- und S-Komponenten und die damit verbundene Reversibilität der Umwandlungsprozesse dokumentiert. Diese Reversibilität hat sich schon im Feldbefund am Werden und Vergehen von Konkretionen gezeigt (Abb. 1).

Obige Überlegungen erfassen eine wesentliche Komponente der Basalt- und Kompostmiete nicht, nämlich das Eisen. Wegen seiner relativ niedrigen Konzentrationen tritt es in den Lösungen als Nebenkomponente auf. Ungeachtet dessen sind diese Konzentrationen um neun Zehnerpotenzen höher als die Fe^{+++} -Gleichgewichtskonzentrationen des amorphen Eisenhydroxides und noch weit höher als es der Löslichkeit der kristallinen Metahydroxide und Oxide entspricht.

Dieser Konzentrationsvergleich zeigt, daß Umwandlungsprozesse auch im Bereich der Eisenverbindungen stattgefunden haben müssen. Diese Annahme wird vor Ort durch die Bildung von Rostflecken und -konkretionen und durch die Verfärbungen in der Miete bestätigt (Abb. 1).

Die Lösung aus dem Primärmineralgemenge muß als kombinierter Prozeß von Reduktion und Bildung organischer Fe-Komplexe verlaufen sein. Während der Hauptrotte konnten sowohl das amorphe $\text{Fe}(\text{OH})_3$ als auch der Magnetit in geringfügigem Umfang (10^{-6} — 10^{-7} Mol Fe^{++} /L) gelöst werden (Abb. 2). Diese Konzentrationen liegen aber immer noch um den Faktor 100 bis 800 unter den Fe-Konzentrationen im nachgerotteten Kompost. Als Erklärung dieser Differenz wird die Bildung organischer Fe-Komplexe unterstellt. Die dazu erforderlichen, negativ geladenen organischen Liganden treten nach Ausweis der Lösungsbilanzierung tatsächlich auch auf. Die mit der Zeit stark schwankende organische Ladungskomponente und die felddiagnostisch bestätigten Konkretionen weisen auf Rückwandlungsprozesse des Eisens zu anorganischen Verbindungen hin.

5. Organische Komponenten, Humus und Humusstabilität

Aufgrund der relativ geringen Beimengung von organischer Substanz zum Basaltmehl sind auch die Humusgehalte (bzw. Gesamtkohlenstoffgehalte) des fertigen Kompostes niedrig. Dazu kommen Rotteverluste, die vor allem in der Nachrotte kräftig ausfielen (bis 26 %); dabei hat sich der Humus der Mietenbasis als der stabilste, der Humus des Mietenkernes aber als der labilste erwiesen. Dieser intensive Abbau macht die starken Umsetzungsprozesse (siehe Kapitel 4) unter Mitbeteiligung organischer Substanzen verständlich und weist den Humus als Motor der Umsetzungsprozesse aus (BROADBENT et al. 1960, FLARG et al. 1975).

Die Stabilität des Humus veranschaulicht Abbildung 28. Der Humus wurde einer oxidativen Fraktionierung unterworfen, indem die organischen Substanzen steigenden Konzentrationen radikalisierten Sauerstoffes ausgesetzt wurden. Die Oxidation erfolgt in stark saurem Milieu, als Sauerstoffträger dient $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ in gestaffelter Konzentration analog Abbildung 28. Gemessen wurden der Sauerstoffverbrauch und die CO_2 -Entwicklung. CO_2 gilt als Äquivalent des Humusabbaues, der CO_2 -freie Sauerstoffverbrauch gilt als Äquivalent des oxidativen Humusumbaus. Dabei tritt ein stufenweiser Ab- und Umbau der organischen

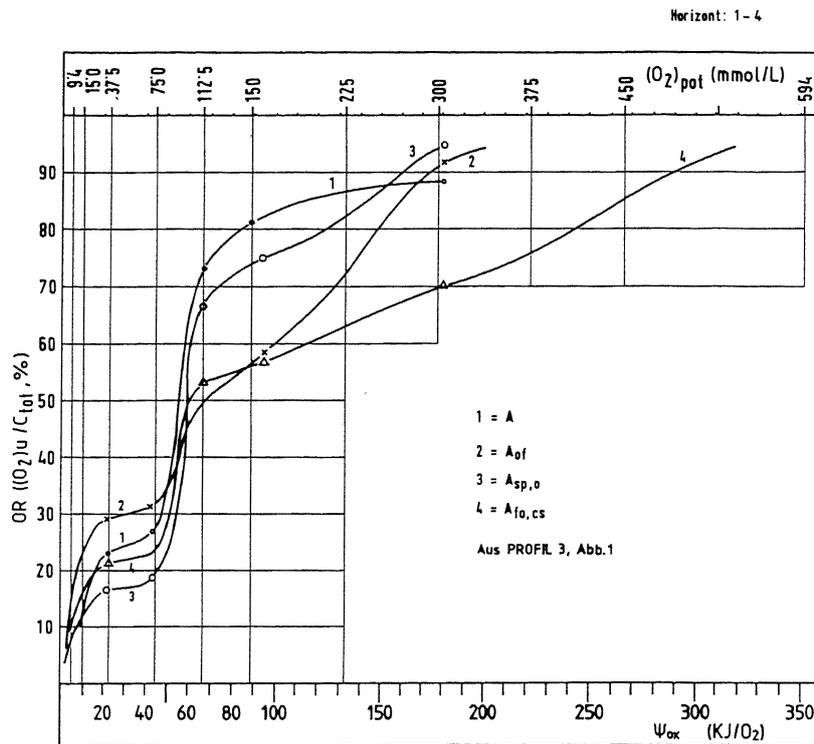


Abb. 28: Oxidationsstabilität. Oxidationsraten (OR) als Funktion von O₂-Angebot ((O₂)_{pot}) bzw. Oxidationspotential (ψ_{ox})

Substanzen auf. Die steilen Kurvenäste in Abbildung 28 kennzeichnen instabile Fraktionen, die flachen Kurvenäste stabile. Die Kurven zeigen den internen oxidativen Umbau des Humus, bei dem untergeordnet (6 bis 12 %) eine Verbrennung (Abbau) zu CO₂ erfolgt.

6. Schlußfolgerungen

Ein zweijähriger Basalt-Klärschlamm-Kompost wurde anhand feldbodenkundlicher, bodenchemischer, bodenmineralogischer und struktureller Parameter charakterisiert. Der Feldbefund weist intensive Stoffumsetzungen verbunden mit einer deutlichen Horizontierung der Rottemiete aus, wobei die bodenchemischen Analysen mit diesen Geländeergebnissen eine gute Übereinstimmung zeigen.

Aufgrund des Feldbefundes und der chemischen Untersuchungen wäre zu erwarten gewesen, daß sich stärkere Umwandlungserscheinungen auch im Mikrobereich feststellen lassen. Eine Gegenüberstellung der Makro- bzw. Mikrobeobachtungen zeigt allerdings folgendes:

Ergebnisse des Feldbefundes:

- Rostflecken- und Konkretionsbildungen
- Karbonat- und Gipsfällungen

- sulfidische pechartige Verfärbungen (Pechhumus)
- Setzungserscheinungen
- Vesikuläre Strukturen
- ungenügende Homogenisierung

Ergebnisse der mineralogischen und mikromorphologischen Untersuchungen:

- Tonmineralneubildungen (Kaolinit, Illit, Smektit)
- Gipsneubildung
- Bildung amorpher Eisenoxydhydrate

Insgesamt haben die mineralogischen und mikromorphologischen Analysen ergeben, daß im Zuge der Kompostierung beim Basaltmehl keine wesentlichen Veränderungen zu beobachten sind — die autometasomatischen Umwandlungen stehen ja nicht im Zusammenhang mit der Rotteführung. Offensichtlich war der Zeitraum für entsprechende Veränderungen zu kurz. Die räumlich eingegengten, unregelmäßig verteilten und insgesamt doch geringen Mineralneubildungen weisen im Verein mit der Instabilität des Humus auf eine noch nicht abgeschlossene Kompostreife hin.

Die mineralogischen und mikromorphologischen Untersuchungen ergaben, daß die intensiven Stoffumsätze auf die unmittelbaren Kontaktbereiche zwischen organischer Substanz und Basaltmehl, also auf ein spezifisches Mikromilieu, beschränkt waren.

Literatur

- BROADBENT, F. E., W. D. BURGESS and T. NAKASHIMA, 1960: Factors influencing the reactions between ammonia and soil organic matter. 7. Int. Kongr. Bodlen, Madison, V3: 509—516.
- BULLOCK, P., M. FEDOROFF, A. JONGERIUS, G. STOOPS, T. TORSIMA and U. BABEL, 1985: Handbook of Soil Thin Section Description. Waine Research Publication, Wolverhampton.
- FLAIG, W., H. BEUTELSPACHER and E. RIETZ, 1975: Chemical composition and physical properties of humic substances. Soil components V1, 1—211. Springer-Verlag.
- SCHNITZER, M. and J. HOFFMANN, 1966: A thermogravimetric approach on the classification of organic soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30, 63—66.
- SILLEN, L. G. and A. C. MARTELL, 1964: Stability constants of metal-ion complexes. Special Publication 17, The Chemical Society, London.
- TAUCHER, J., W. POSTL, B. MOSER, D. JAKELY und P. GOLOB, 1989: Klösch — ein südoststeirisches Basaltvorkommen und seine Minerale. Graz 1989.

(Manuskript eingelangt am 10. September 1993, angenommen am 17. Dezember 1993)

Anschrift der Verfasser:

Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Franz SOLAR, Univ.-Prof. Dr. Bernd SCHWAIGHOFER und Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Harald W. MÜLLER, Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Universität für Bodenkultur Wien, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien