

Abb. 6: Relative Anteile der Minerale (K Kaolinit, I Illit, ÜM Übergangsminerale, C Chlorit, AM aufweitbare Minerale) am Gesamtgehalt silikatischer Tonminerale der mT-, gT- und Gesamtonfraktionen (d.h. ohne Quarz und Muskovit). Die fT-Fraktion ist nicht dargestellt, da sie ausschließlich aus aufweitbaren Mineralen besteht.

Vergleich des Tonmineralbestandes und ihrer pedogenen Transformation in Böden unterschiedlichen Alters anhand eines keltischen Bauwerks

Alexandra EHEIM & Jörg VÖLKEL

Universität Regensburg, Lst. Physische Geographie, D-93040 Regensburg

Zusammenfassung

Anhand der spätlatènezeitlichen Viereckschanze Poign ca. 10km südlich von Regensburg werden Böden unterschiedlichen Alters hinsichtlich ihrer pedochemischen Eigenschaften und der mineralogischen Zusammensetzung der Tonfraktion untersucht und erste Ergebnisse vorgestellt. Verglichen werden der native, weitgehend ungestörte Boden im Innenbereich der Viereckschanze, die Bodenbildungen der anthropogen aufgeworfenen Erdwälle und fossilisierten Böden unter den Wällen. Erste Ergebnisse zur Charakteristik des Aziditätsmilieus dokumentieren wie zu erwarten eine progressive Bodenversauerung vom anthropogen fossilisierten Boden über den im Aufschüttungsmaterial der Wälle gebildeten Boden zum ungestörten Boden im Innenraum der Viereckschanze. Die röntgendiffraktometrischen Analysen belegen eine generell geringe Tendenz zur Neubildung von Tonmineralen. In allen drei Referenzprofilen nimmt der Illitanteil und dessen Kristallinität mit abnehmender Profiltiefe zu. Eine sekundäre Chloritisierung ist nur im Referenzprofil des Schanzeninneren sowie im anthropogen fossilisierten Boden unter dem Erdwall festzustellen. Der ca. 2.000 Jahre alten, vergleichsweise jungen Bodenbildung auf dem Erdwerk fehlt sie.

1. Problemstellung und Untersuchungsgebiet

Sowohl die Prozesse natürlicher als auch anthropogen bedingter Bodenversauerung wirken im Boden und verändern das Bodenmilieu. In diesem Zusammenhang haben Fragen der Tonmineralgenese und -transformation in Böden in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Bodenversauerungsprozesse schlagen sich u.a. in der Veränderung der bodeneigenen Tonminerale nieder. Für die Untersuchung des Tonmineralbestandes und der Tonmineralentwicklung an Böden unterschiedlichen Alters wurde als Untersuchungsobjekt ein keltisches Erdwerk gewählt, die spätlatènezeitliche Viereckschanze von Poign südlich von Regensburg. In die Untersuchung gehen folgende Bodenbildungen unterschiedlichen Alters ein:

- a) die originale und weitgehend ungestörte Bodenbildung aus Löß im Innenbereich der Viereckschanze, die als postsedimentäre Bodenbildung spätglazialen und holozänen Alters ist; es handelt sich um eine gut entwickelte Parabraunerde (Referenzprofil Nr. 7038-21);

- b) die Bodenbildung auf dem Erdwerk (Wallposition), die sich seit dem Bau der Anlage vor etwa 2.000 Jahren entwickelt hat und ebenfalls als Parabraunerde schwächeren Entwicklungsgrades anzusprechen ist (Referenzprofil 7038-22a);
- c) die unter a) angesprochenen Parabraunerden, welche durch den Bau des Erdwerkes vor ca. 2.000 Jahren begraben wurden (Referenzprofil 7038-22b), was den Abbruch oder zumindest eine drastische Hemmung pedogener Prozesse vor ca. 2.000 Jahren zur Folge hatte.

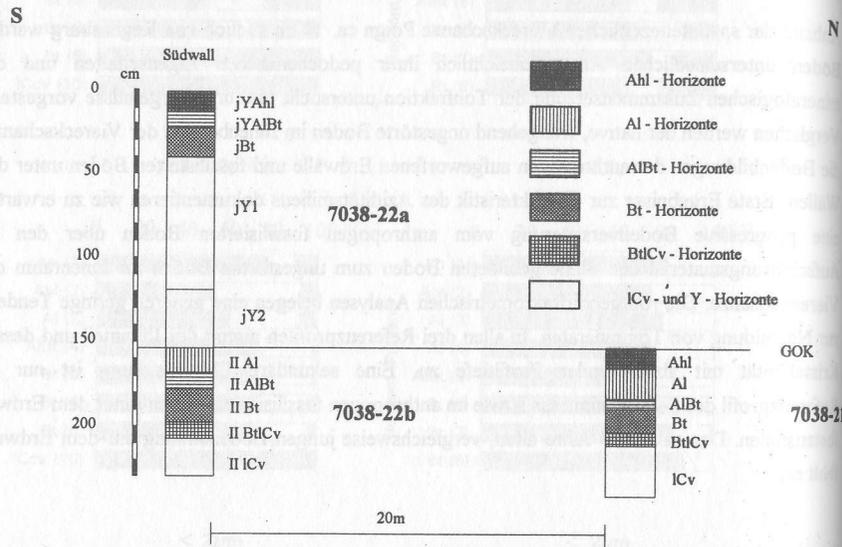


Abb. 1: Position und Horizontabfolge der Referenzprofile

Mit Jahresniederschlägen von weniger als 650mm zählt das Untersuchungsgebiet am Rande des östlichen Tertiärhügellandes südlich von Regensburg zu den niederschlagsärmsten Regionen Deutschlands und ist kontinental geprägt. Nach Ausweis der geologischen Karte 1:25.000 steht im Bereich der Viereckschanze Poign das Hangende der Oberen Süßwassermolasse in Form von Feldspatsanden und den sog. Höhenhofer Schottern an (vgl. auch OSCHMANN 1958). Eigene Kartierungen im Umfeld des Erdwerkes ergeben jedoch, daß die bodenbildenden Substrate von Lößlehm und Lößlehmfließerden gebildet werden, die mehrere Meter mächtig sind. Erst in den dem Erdwerk benachbarten Hangbereichen, die einige hundert Meter entfernt sind, lassen sich die in der Geologischen Karten ausgewiesenen Feldspatsande nachweisen. Diese Feldspatsande finden sich eigenen Kartierungen zufolge als Beimengungen von Lößlehmfließerden im ausgedehnten Rückenbereich, auf dem das Erdwerk errichtet wurde. Die Parabraunerden sind hier vereinzelt mit Pseudogley-Parabraunerden bzw. Parabraunerde-Pseudogleyen vergesellschaftet.

2. Labormethoden

An den in Profilgruben oder über Bohrungen mit dem Kammerbohrer entnommenen Boden- und Sedimentproben wurden im Labor die üblichen Standardanalysen vorgenommen wie die Bestimmung der Korngrößenverteilung, pH(CaCl₂)-Werte, Karbonatgehalte, effektive Kationenaustauschkapazität und Anteil des organischen Kohlenstoffs. Der Anteil an pedogenen Oxiden wurde in einem sequentiellen Extraktionsverfahren bestimmt (näheres bei VÖLKEI et al. 1992). Die Tonfraktion wurde nach Entfernung der organischen und oxidischen Bindemittel mittels 6%-iger H₂O₂ bzw. mittels der DCB-Methode im Sedimentationsverfahren in Atterbergzylindern gewonnen. Karbonathaltige Proben fehlen im Probenkollektiv der hier vorgestellten Profile. Mittels Röntgendiffraktometrie (RDA) vermessen wurden bei Raumtemperatur jeweils drei Präparationsstufen der in definierten Mengen auf Glasobjektträger aufgetragenen Tonpaste, das Mg-Normalpräparat, das in der Ethylenglykolatmosphäre geweitete Mg-Normalpräparat und das K-Präparat; der mit Kalium belegte Ton wurde über jeweils eine Stunde bei Temperaturstufen von 110°, 200°, 300°, 400° und 550°C getempert. Die Vermessung erfolgte am Röntgendiffraktometer D 5000 der Fa. Siemens (weitere Angaben bei VÖLKEI et al. 1992, siehe auch DOBLER & VÖLKEI in diesem Band).

3. Beschreibung und bodenchemische Charakterisierung der untersuchten Böden

3.1. Referenzprofil im Innenbereich des keltischen Erdwerkes

Bei Profil 7038-21 handelt es sich um die native Parabraunerde aus Lößlehm im Innenbereich der Viereckschanze (vgl. Abb. 1). Interessanterweise finden sich innerhalb des Erdwerkes bis in eine Tiefe von 1.5m keine Hinweise auf Beimengungen von Feldspatsanden oder sonstigen Skelettkomponenten, während westlich der Schanze jenseits des zum Wallbau ausgehobenen Grabens der Lößlehm erosiv fehlt und von uns o.g. Lößlehmfließerden kartiert werden. Nur innerhalb der Schanze trifft man auf die weitgehend unverkürzte holozäne Bodenbildung im ehemals sicherlich karbonathaltigen Löß. Auch sekundäre Karbonatausfällungen ließen sich in keiner der zahlreichen Bohrungen im Schanzeninnenbereich nachweisen. Im südexponierten Hang außerhalb der Schanze hingegen kann primär karbonathaltiger Löß nachgewiesen werden; er ist in Leisten im Mittel- und Unterhangbereich erhalten. Das Referenzprofil 7038-21 im Innenbereich des Erdwerkes ist somit das einzige Bodenprofil, dessen Entwicklung das gesamte Holozän umspannt und vermutlich bis in das Spätglazial zurückreicht. Die wichtigsten Kennwerte sind in Tab. 1 dargestellt. Der Oberboden des heute von fichtendominantem Hochwald bestandenen Schanzeninneren ist mit pH-Werten von 3.5 im AhI-Horizont sehr stark versauert; auch der ICv-Horizont erreicht lediglich pH-Werte von 4.6, was ebenfalls einem starken Versauerungsgrad entspricht (vgl. AG Bodenkunde 1982). Entsprechend niedrig ist die Basensättigung mit Werten von lediglich 2.1-9.0% im Bereich des AhI-Horizontes bis zur Untergrenze des AIBt-Horizontes in einer Profiltiefe von 36cm. Al³⁺ dominiert mit über 90% an den Austauschern des Bodens. Über den Bt-Horizont hinweg steigen die effektive Austauschkapazität der Kationen und die

Basensättigung rasch an. Vor allem die Anteile an Ca aber auch Mg nehmen stark zu, was von den pH-Werten in diesem Ausmaß nicht dokumentiert wird (vgl. Tab. 1).

3.2. Referenzprofil auf dem Schanzenwall (Profil Nr. 7038-22a)

Der vor ca. 2.000 Jahren aufgeworfene Erdwall besteht vorwiegend aus Bt-Material des vorgelagerten Grabens. Auf dem keltischen Erdwerk hat sich seitdem eine Parabraunerde entwickelt (vgl. Abb. 1, Profil 22a), ein Beleg dafür, daß auch in karbonatfreien Substraten in einem vergleichsweise kurzen Entwicklungszeitraum in erheblichem Umfang Tonverlagerung im Sinne einer Lessivierung möglich ist. Die im Vergleich zum Referenzprofil im Innenbereich der Schanze junge Bodenbildung ist nach Ausweis der pH-Werte weniger tiefgreifend versauert, eine Folge der erosiven Verkürzung des Lessivierungshorizontes. Von der Tiefenfunktion abgesehen ist im Vergleich der

Probe	Horizont	Tiefe (cm)	Korngröße %			pH (CaCl ₂)	KAK _{eff} (%)						Basensättigung (%)	
			S	U	T		K	Na	Mg	Ca	Al	Fe		Mn
1	AhI	0-9/12	14,9	69,8	15,3	3,5	0,7	0,2	0,9	1,5	95,0	1,0	0,7	3,3
2	Al	12-21	13,1	68,1	18,9	3,8	0,8	0,0	0,5	0,8	97,1	0,1	0,7	2,1
3	Al	21-30	12,8	64,1	23,1	3,8	1,0	0,4	0,9	3,1	94,0	0,0	0,6	5,4
4	AIBt	30-36	10,8	57,8	31,4	3,9	1,4	0,2	2,4	5,0	90,4	0,0	0,6	9,0
5	Bt	36-43	16,6	52,4	37,0	3,9	1,7	0,2	7,5	18,7	71,4	0,0	0,6	28,1
6	Bt	43-50	12,6	51,5	35,9	4,2	1,5	0,2	11,7	28,6	57,8	0,0	0,2	42,0
7	BtICv	50-58	15,7	47,9	36,4	4,2	1,7	0,3	16,0	40,0	41,3	0,5	0,2	58,0
8	ICv	58-68	20,3	46,7	33,0	4,4	1,8	0,4	18,7	53,5	25,1	0,4	0,1	74,4
9	ICv	68-78	23,0	44,2	32,8	4,5	1,9	0,5	20,8	61,9	14,8	0,0	0,1	85,1
10	ICv	78-88	24,0	45,7	30,3	4,6	1,9	2,9	18,8	64,4	11,4	0,5	0,1	88,0

Tab. 1: Profil 7038-21, bodenanalytische Standardwerte

Probe	Horizont	Tiefe (cm)	Korngröße %			pH (CaCl ₂)	KAK _{eff} (%)						Basensättigung (%)	
			S	U	T		K	Na	Mg	Ca	Al	Fe		Mn
1a	jYAhl	0-12	18,4	47,1	34,5	3,7	1,2	0,1	3,9	12,5	81,1	0,0	1,2	17,7
2a	jYAlBt	12-22	14,4	44,1	41,5	4,0	1,2	0,2	9,9	28,4	59,9	0,1	0,3	39,7
3a	jYBt	22-32	14,9	42,7	42,4	4,1	0,4	0,2	12,3	34,3	52,8	0,0	0,0	47,2
4a	jYBt	32-40	16,6	42,0	41,4	4,2	0,6	0,1	14,0	38,3	46,9	0,0	0,1	53,0
5	jY	40-50	20,2	40,5	39,3	4,2	1,8	0,1	19,3	61,8	16,2	0,0	0,8	83,0

Tab. 2: Profil 7038-22a, bodenenanalytische Standardwerte

Probe	Horizont	Tiefe (cm)	Korngröße %			pH (CaCl ₂)	KAK _{eff} (%)						Basensättigung (%)	
			S	U	T		K	Na	Mg	Ca	Al	Fe		Mn
17a	II Al	150-155	17,6	61,7	20,7	5,3	1,5	0,6	15,0	82,7	0,0	0,0	0,2	99,8
17b	II Al	155-165	14,5	66,2	19,3	5,5	1,9	1,0	15,5	81,2	0,0	0,0	0,4	99,6
18	II AIBt	165-170	14,5	56,6	28,9	5,4	1,7	0,9	16,6	80,6	0,0	0,0	0,2	99,8
19	II Bt	170-180	15,2	42,8	42,0	5,5	2,0	0,9	16,8	80,2	0,0	0,0	0,1	99,9
20	II Bt	180-190	19,7	44,2	36,1	5,7	2,2	0,9	17,6	79,2	0,0	0,0	0,1	99,9
21	II BtICv	190-200	21,9	44,1	34,0	5,8	1,1	1,0	16,0	81,8	0,0	0,0	0,1	99,9
22	II ICv	200-210	25,6	45,4	29,0	5,9	1,1	1,1	15,9	81,8	0,0	0,0	0,1	99,9
23	II ICv	210-220	30,5	45,3	24,2	6,1	1,0	1,0	14,5	83,4	0,0	0,0	0,1	99,9

Tab. 3: Profil 7038-22b, bodenanalytische Standardwerte

Bodenhorizonte untereinander anhand der pH-Werte jedoch zunächst keine Abweichung im Aziditätsmilieu zwischen dem Wallprofil 7038-22a und Profil 7038-21 im Schanzeninnern festzustellen, was den geringen interpretatorischen Wert des pH-Wertes dokumentiert. Die Tiefenfunktion der KAK_{eff} im Wallprofil zeigt jedoch, daß die Kationenversorgung im Vergleich zum Profil 7038-21 sehr viel besser ist und die Basensättigung bereits in 40cm Profiltiefe (jY-Horizont) 83% beträgt. Der Versauerungsgrad des Oberbodens jYAhl ist anhand der 81%igen Al³⁺-Belegung der Austauscherelemente etwas geringer als in der entsprechenden Tiefenstufe des nativen Bodens im Schanzeninnern (Ahl-Horizont mit 95% Al³⁺). Die bodenanalytischen Standardwerte sind in Tab. 2 dargestellt.

3.3 Fossilisierter Boden unter dem keltischen Erdwerk (Profil Nr. 7038-22b)

Die fossilisierte Parabraunerde unter der Wallschüttung ist in einer Entwicklungstiefe von 50cm erhalten; die Lessivierungs- und Tonanreicherungshorizonte lassen sich im Kammerbohrer im Sinne einer Profildifferenzierung gut ansprechen. Die Korngrößenverteilung (vgl. Tab. 3) unterstützt die Feldansprache. Der Bt-Horizont erreicht mit 42% Ton die typischen Werte der Parabraunerden auf stark karbonathaltigen (Würm-)Lössen im Raum Regensburg am südlichen Rand des Donautales (siehe VÖLKEL 1993). Das Profil zeigt eine insgesamt mäßig saure bis schwach saure Bodenreaktion. Die pH-Tiefenfunktion dokumentiert eine gleichmäßige Abnahme des Versauerungsgrades. Bestätigt die Tiefenfunktion der prozentualen Verteilung der Kationen mit Ausnahme des Mn diese Uniformität, so weisen die absoluten Werte (KAK_{eff} mval/100g Boden) - hier nicht dargestellt - die niedrigsten Ca- und Mg-Gehalte im IIfAl auf, mit einer Zunahme sowohl zum Hangenden und als auch zum Liegenden. Die ehemals sicherlich größeren Differenzen zwischen Ober- und Unterbodenhorizonten scheinen durch Sickerwasser, das aus der Aufschüttung Ca- und Mg-Ionen mit sich führte, massiv überprägt worden zu sein.

4. Ergebnisse der tonmineralogischen Untersuchungen

Allgemein setzt sich das Mineralspektrum der hier untersuchten Böden aus 14Å-Mineralen, 10-14Å Wechsellagerungsmineralen, Illit (10Å und 5Å), Kaolinit (7.2Å und 3.57Å), Muskovit (4.47Å), Quarz (4.27Å und 3.33Å) sowie den Feldspäten Plagioklas (3.19Å) und Orthoklas (3.25Å) zusammen. Weiterhin treten Röntgenreflexe bei 4.7Å auf, die u.a. nach GRIM (1968) sowie KÖSTER & SCHWERTMANN (1993) als Hinweis auf Chlorite zu deuten sind. Jedoch treten an dieser Stelle auch Reflexe der 14Å-Mineralen Vermiculit und Smectit auf. In der Mehrzahl der Proben findet sich am 002-Peak des Kaolinit ein teils als Schulter, teils als Peak entwickelter 3.54Å-Reflex, welcher ebenfalls auf sekundäre Chlorite hinweist. Neben einem 2.99Å-Reflex, der nach BRINDLEY & BROWN (1980) einem Kaliumfeldspat zuzurechnen wäre, ist ein 2.84Å-Peak ausgebildet, welcher auf die Anwesenheit von nicht quellfähigen 14Å-Mineralen hinweist. Nach einer Kaliumbelegung der Tone tritt dieser Peak allerdings nicht mehr in Erscheinung. Es dürfte sich somit um einen Röntgenreflex hochgeladener Vermiculite handeln. Die Röntgendiffraktogramme sind in den Abb. 2-4 dargestellt.

NIEDERBUDE & SCHWERTMANN (1980) bewerten die Tonmineralneubildung und Tonmineralumwandlung in holozänen Böden als eher gering. Dies kann auch an den hier untersuchten Böden unterschiedlichen Alters festgestellt werden. Anhand der Röntgendiffraktogramme sind zwei Veränderungen im Bereich der Dreischichttonminerale zu bemerken. Sie betreffen den Grad der sekundären Chloritisierung der 14Å-Minerale sowie den Kristallinitätsgrad der Illite in den Oberböden. In jedem der drei Referenzprofile unterschiedlicher Entwicklungsdauer fällt eine tendenzielle Zunahme des Illitgehaltes und eine verbesserte Kristallinität der Illite mit abnehmender Profiltiefe auf. Dies könnte auf eine Illitisierung der 14Å-Minerale i.S. NIEDERBUDES (1975) hinweisen, ein Aspekt, der durchaus konträr diskutiert wird (vgl. TRIBUTH 1974, ALLEN & HAJEK 1989). Hier müssen die Ergebnisse einer Subfraktionierung der Tonfraktion und ihrer röntgenographischen Darstellung abgewartet werden (u.a. TRIBUTH 1990).

Eine sekundäre Chloritisierung der 14Å-Minerale tritt sowohl im Referenzprofil 7038-21 (Innenbereich der Schanze) und als auch im anthropogen fossilisierten Boden unter der Wallschüttung (Profil 7038-22b) auf. Die röntgenographische Vermessung der schrittweise erhitzten K-Präparate belegt eine Instabilität des kontraktionsstabilen 14Å-Peaks ab 200°C. Es wird vermutet, daß es sich um eine Einlagerung von Al-Hydroxo-Kationen in Form einer Atoll-Struktur nach BARNHISEL & BERTSCH (1989) handelt, die bereits bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen zusammenbricht. Während die pedochemischen Standarddaten kaum Hinweise auf eine pedogenetische Differenzierung des fossilisierten Parabraunerdeprofils geben, haben die Tonminerale diese Informationen nachdrücklich erhalten. Demzufolge lag bereits vor ca. 2.000 Jahren eine geringe sekundäre Chloritisierung der Oberbodenhorizonte vor. Inwieweit der Grad der Al-Chloritisierung infolge der hohen Anteile an Calcium am Kationenbelag der Bodentauscher rückläufig ist, kann derzeit nicht beurteilt werden. Die Parabraunerde, welche sich auf dem Erdwerk nach dessen Aufschüttung entwickelte (Profil Nr. 7038-22a), läßt im Unterschied zu den beiden vorgenannten Profilen anhand der Röntgendiffraktogramme Hinweise auf eine sekundäre Chloritisierung vermissen. Wir nehmen an, daß vor allem das frischere, weniger stark versauerte Substrat der Wallbodenbildung in Form des Bt-Materials der ehemaligen Grabenfüllung eine Al-Chloritisierung bislang ausschloß, wengleich die Aluminiumanteile an der Kationenaustauschkapazität im Oberboden (jYAh) des Wallbodenprofils ebenfalls bereits nachhaltig erhöht sind. Ferner ist auf die Profilverkürzung infolge erosiver Prozesse hinzuweisen.

5. Literatur

AG Bodenkunde, 1982: Bodenkundliche Kartieranleitung. - Hrsg. BGR u. d. Geol. Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland, Hannover.

Allen, B.L., Hajek, B.F., 1989: Mineral Occurrence in Soil environments. - in: Dixon, J.B., Weed, S.B., (1989): Minerals in Soil Environments. Soil Sci. Soc. Am., 199-278.

Barnhisel, R.I., Bertsch, P.M., 1989: Chlorites and Hydroxy-Interlayered Vermiculite and Smectite. -in: Dixon, J.B., Weed, S.B., 1989. Minerals in Soil Environments. Soil Sci. Soc. Am., 729-788.

Brindley, G.W., Brown, G., 1980: Crystal structures of clay minerals and their identification. - Mineralogical Society, Monographs No.5.

Bronger, A., 1974: Zur postpedogenen Veränderung bodenchemischer Kennwerte von pedogenen Eisenoxiden in fossilen Lößböden. - Trans. Int. Congr. Soil Sci. Moskau IV (II), 429-441.

Grim, R.E., 1968: Clay Mineralogy, 2nd Edition.

Köster, H.M., Schwertmann, U., 1993: Beschreibung einzelner Tonminerale. - in: Jasmund, K., Lagaly, G., (Hrsg.): Tonminerale und Tone. Struktur, Eigenschaften, Anwendung und Einsatz in Industrie und Umwelt.

Niederbude, E.A., 1975: Veränderungen von Dreischicht-Tonmineralen durch natives Kalium in mitteldeutschen und niederbayerischen holozänen Lößgebieten. - Z. Pflanzenernähr., Bodenk., 138, 214-217.

Niederbude, E.A., Schwertmann, U., 1980: Clay Mineralogy of Soils. - Geolog. Jahrbuch, Reihe D, 39: 99-114.

Oschmann, F., 1958: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, 1: 25 000, Blatt Nr. 7038 Bad Abbach.

Tributh, H., 1974: Die Umwandlung von Dreischichtmineralen in Böden aus Löß. - Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 18: 413-418.

Tributh, H., 1990: Die Tonmineralentwicklung in Abhängigkeit von der Bodengeneese. - Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 62: 153-156.

Völkel, J., 1993: Periglaziale Deckschichten im Bayerischen Wald und seinen Randgebieten als geogene Grundlagen landschaftsökologischer Forschung im Bereich naturnaher Waldstandorte. - Habilitationsschrift Universität Regensburg, 243 S. und Anhangband. (im Druck, Z. Geomorph. N.F. Monographie, Suppl. 98)

Völkel, J., Eiberweiser, M., Mahr, A., Niller, H.-P., 1992: Bodenkundlich-sedimentologische Labormethoden im Rahmen der Arbeitsgruppe „Landschaftsökologische Forschung im Bayerischen Wald und seinen Randgebieten“. - Institut für Geographie der Universität Regensburg, Teil I und II, 30 S.

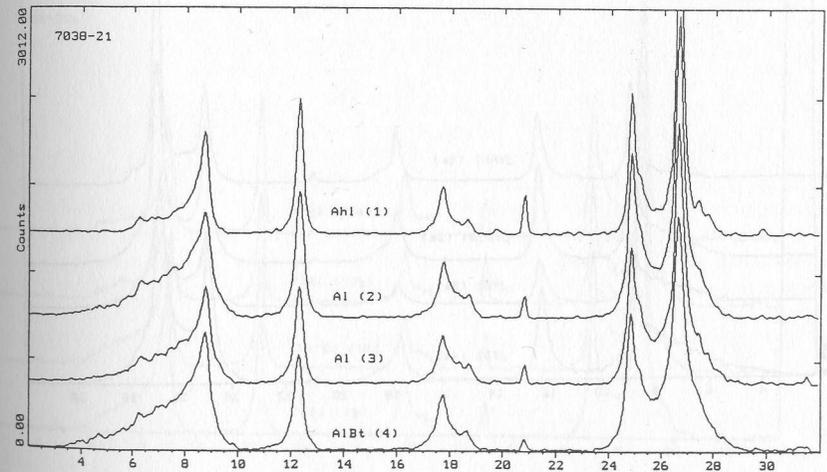
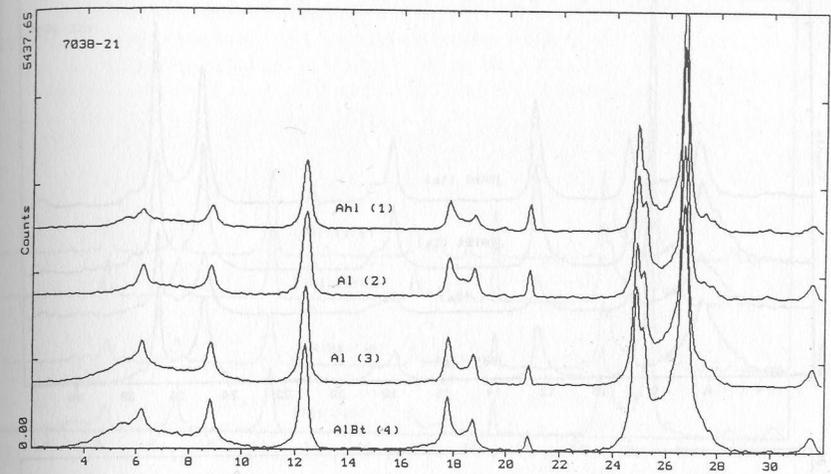


Abb. 2: Parabraunerde aus Lößlehm im Schanzeninneren (Profil Nr. 7038-21/1-4), Ethylenglycolpräparate oben und Kaliumpräparate unten.

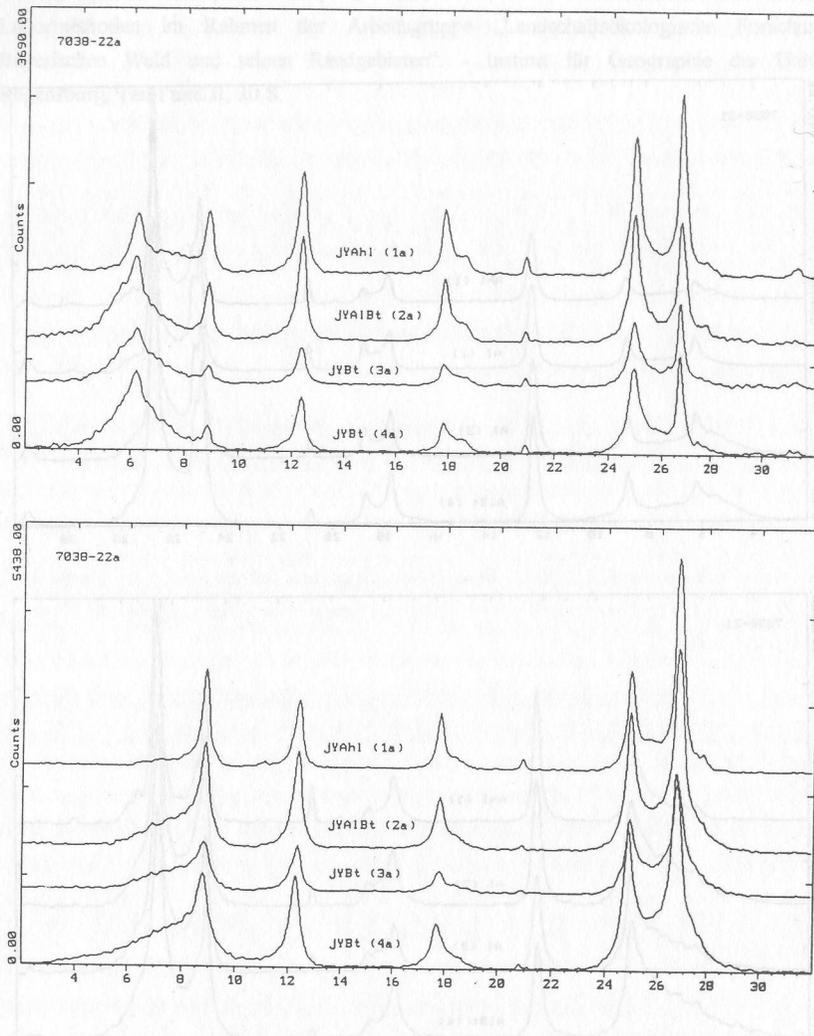


Abb. 3:

Parabraunerde aus künstlicher Aufschüttung des Erdwerkes (Profil Nr. 7038-22a/1a-4a); Ethylenglycolpräparate oben und Kaliumpräparate unten.

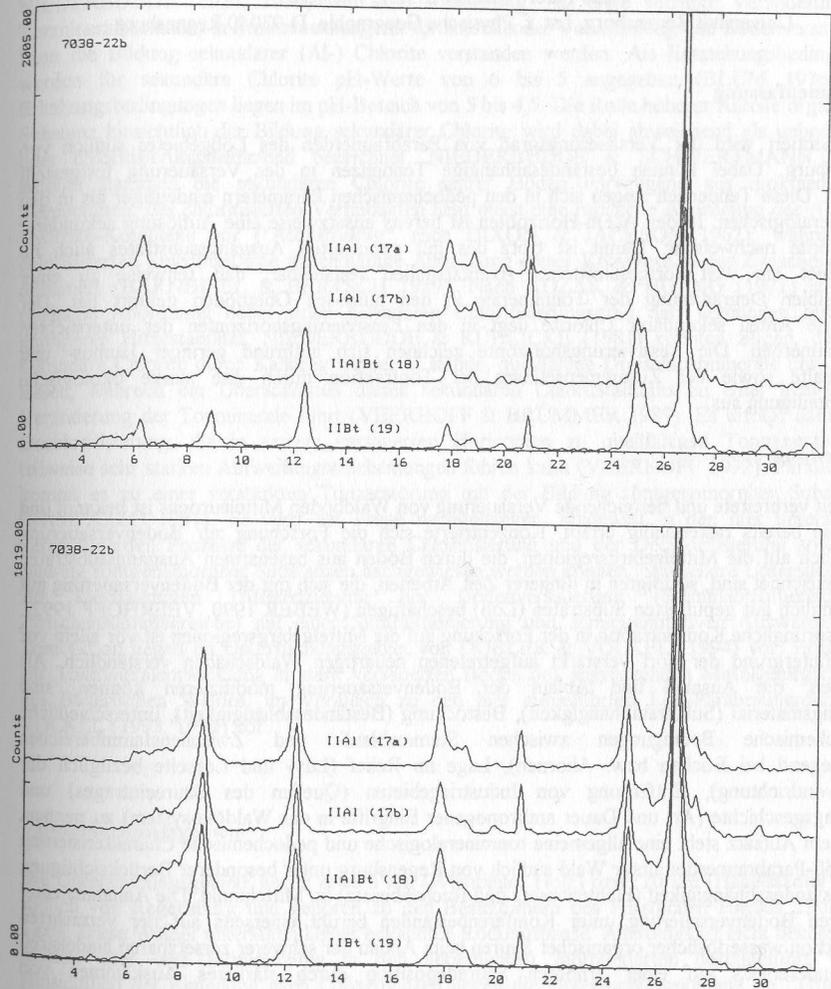


Abb. 4:

Anthropogen fossilisierte Parabraunerde aus Lößlehm unter dem Erdwerk (Profil Nr.7038-22b/17a-19); Ethylenglycolpräparate oben und Kaliumpräparate unten.