

Veränderungen bodeneigener Tonminerale zwischen Stammablauf- und Zwischenstammbereich in einem Altholz auf Parabraunerden im Lößgebiet von Regensburg

Lorenz DOBLER & Jörg VÖLKE

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

Zusammenfassung

Der Boden in unmittelbarer Nähe zum Stamm von Laubbäumen (Stammablaufbereich) ist u.a. durch einen erhöhten Säure-Input aus der Atmosphäre gekennzeichnet. Er stellt somit einen Sonderstandort innerhalb eines Waldökosystems dar, der sich in charakteristischer Weise vom restlichen Waldboden unterscheidet. Im Untersuchungsgebiet sind die Parabraunerden aus Würmlöß im Zwischenstammbereich bereits stark versauert, so daß die bodenchemischen Unterschiede zum Stammablaufbereich relativ gering sind. Am Stamm sind vor allem die effektive Kationenaustauschkapazität und die Basensättigung aufgrund des sauren Stammablaufwassers niedriger als im Zwischenstammbereich. Hinsichtlich des qualitativen Tonmineralbestandes der Gesamttonfraktion sind mit Ausnahme der stärkeren Chloritisierung im Ah-Horizont des Stammablaufbereiches keine Unterschiede festzustellen. Die semiquantitative Auswertung der Subfraktionen und der Gesamttonfraktion zeigt in beiden Mikrostandorten einen ähnlichen Tiefenverlauf in der Mineralzusammensetzung. Die Unterschiede zwischen beiden Mikrostandorten sind allerdings sehr gering und können aufgrund methodischer Grenzen nicht mit dem sauren Stammabfluß in Zusammenhang gebracht werden. Im Vergleich zum Zwischenstammbereich ist am Stammfuß eine verstärkte Zerstörung der Tonminerale nicht festzustellen.

1. Einleitung

Der Baumfußbereich bzw. Stammfußbereich von älteren Laubbäumen, insbesondere von Buchen, unterscheidet sich vom restlichen Waldboden (Zwischenstammbereich bzw. Normalstandort) durch einen z.T. erheblich höheren Eintrag an Wasser und anderen Bioelementen, wobei hinsichtlich der "neuartigen" Waldschäden anthropogene Säuren (H_2SO_4 , NO_x) von besonderem Interesse sind. Nach WITTIG & WERNER (1986) zeichnet sich dabei der Stammfußbereich durch niedrigere pH-Werte, einen ungünstigeren chemischen Bodenzustand, erhöhte Schwermetallgehalte, geringere biologische Aktivität und Veränderung der Bodenflora aus (zusammenfassende Übersicht bei PAPRITZ 1987). Nach eingehenden Untersuchungen kommen GLAVAC & KOENIS (1986) zusammenfassend zu dem Schluß, "daß z.Zt. eine säurebedingte Umbildung der mitteleuropäischen Buchenwälder stattfindet, die im Stammfußbereich rasch, in den anderen Waldbestandteilen dagegen langsamer verläuft". KOENIS (1985) beschreibt den Baumfußbereich alter Buchen als kleinräumige Sonderstandorte, die einen Modellcharakter für die

mögliche Boden- und Vegetationsentwicklung unter der Belastung luftverunreinigender Stoffe besitzen.

In stark bis extrem versauerten Waldböden ist aber auch eine qualitative und quantitative Veränderung des Mineralbestandes aufgrund einer stärkeren Verwitterung insbesondere von Tonmineralen und anderen Silikaten zu beobachten. Diese führt u.a. zur Bildung von neuen, an das geänderte Bodenmilieu angepaßten und meist schlecht kristallisierten bis amorphen Mineralen, über deren mineralogische und chemische Eigenschaften bisher jedoch nur wenig bekannt ist (MAZZARINO & FÖLSTER 1984, FRANK & GEBHARDT 1989, RAMPAZZO 1991, VEERHOFF 1992, NILLER 1993). Vergleichende bodenmineralogische Untersuchungen zwischen Stammfuß- und Zwischenstammbereich sind bisher nur von RAMPAZZO (1991) bekannt. Die eigenen Studien gehen u.a. anhand röntgenographischer Untersuchungen der Tonfraktion der Frage nach, inwieweit eine verstärkte Säuredeposition am Stamm - auch in einer industriefernen Region - Einfluß auf den qualitativen und quantitativen Tonmineralbestand von Parabraunerden hat. Aufgrund des hohen meßtechnischen und zeitlichen Aufwandes wurde auf eine direkte Bestimmung der Menge und Zusammensetzung des Stammablaufwassers verzichtet.

2. Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet befindet sich ca. 20km südlich von Regensburg. Hier wurde in einem Buchen-Ahorn-Altholz des Hagelstadter Forstes (R: 45 13 950 - H: 54 17 950; 390m üNN) der Baumfußbereich mit deutlichem Stammablauf (high stem-flow-Seite nach GERSPER & HOLOWAYCHUK 1971) von zwei Ahornen bis ca. 60cm Tiefe und deren Zwischenstammbereich bis zum anstehenden Löß bei ca. 75cm Profiltiefe lückenlos beprobt. Als Standardbodentyp tritt die Parabraunerde auf, die sich aus (Würm-) Lössen entwickelte. Der Karbonatgehalt liegt im Durchschnitt bei 30-40 Vol.% und das Korngrößenspektrum setzt sich aus ca. 20-25% Ton, 5% Sand, 8-10% Feinschluff und zu je 30% aus Grob- und Mittelschluff zusammen. Die Al-Horizonte haben eine Mächtigkeit von 25-30cm. Die Tongehalte der Al-Horizonte betragen zwischen 15 und 17%, die der Bt-Horizonte können bis zu 40% und mehr erreichen. Die Horizontgrenzen sind durchwegs unscharf, wobei die Tonverlagerung auch noch die ersten 10-20cm des C-Horizontes erfaßt. Pseudovergleyung der rezenten Parabraunerden tritt nur vereinzelt in wasserzügigen Muldenpositionen auf (VÖLKE 1993).

Neben den tonmineralogischen Untersuchungen wurden folgende bodenchemische Analysen durchgeführt: pH-Wert, effektive Kationenaustauschkapazität, organischer Kohlenstoff und Gesamtstickstoffgehalt, pedogene Oxide, NaOH-lösliches Silizium und Aluminium der Tonfraktion.

Für die Untersuchungen der mineralogischen Zusammensetzung der Tonfraktion erfolgten die Vorbehandlungen am getrockneten und gesiebten Feinboden (<2mm) in folgender Form:

1. Entfernung der organischen Substanz mit 15%iger NaOCl (pH 9,5) bei 80-95°C nach ANDERSON (1963);

2. Entfernung der oxidischen Bindemittel mit DCB nach MEHRA & JACKSON (1960);
3. Entfernung der Karbonate mit $\text{Na}_2/3\text{-EDTA}$ (pH 8,5) bei 80 bis 90°C nach KOHLER & WEWER (1980).

Die Gewinnung der Tonfraktion $<2\mu\text{m}$ erfolgte in Atterbergzylindern. Die Standzeiten wurden nach TANNER & JACKSON (1947) ermittelt. Die Subfraktionierung wurde mit einer gekühlten Zentrifuge in Anlehnung an TANNER & JACKSON (1947) und LAGALY & TRIBUTH (1986) durchgeführt. Ziel war es, sowohl in ausreichenden Mengen Material für röntgenographische Untersuchungen als auch eine möglichst vollständige Trennung der einzelnen Fraktionen zu erhalten, d.h. die Subfraktionen sollten in der Korngröße sowohl nach unten als auch nach oben begrenzt sein. Durch Abwiegen der so gewonnenen Subfraktionen konnten somit auch Aussagen über die Korngrößenverteilung innerhalb der Gesamtonfraktion ($<2\mu\text{m}$) gemacht werden. Die Grenzen der Subfraktionen wurden nach einem Kompromißvorschlag von LAGALY & TRIBUTH (1986) wie folgt festgelegt:

2,0-0,2 μm = Grobton (gT)
 0,2-0,06 μm = Mittelton (mT)
 <0,06 μm = Feinton (fT)

Von allen Fraktionen wurden folgende Texturpräparate auf Glasobjektträgern angefertigt und mit dem Röntgendiffraktometer D 5000 der Fa. Siemens vermessen (Cu $\text{K}\alpha$, 40mA/40kV, Theta/2Theta, Primär-Sollerspalt, Sekundär-Monochromator, normal coupled step drive, step scan, step time 2,0 sec, step size 0,050°, ohne Probenrotation) : 1. Magnesium-Präparate; 2. mit Ethylenglycol geweitete Magnesium-Präparate; 3. Kalium-Präparate; 4. stufenweise Erhitzung der Kalium-Präparate der Gesamtonfraktion (110°, 200°, 300°, 400°, 550°C).

Die Quantifizierung erfolgte an den mit Magnesium belegten und mit Ethylenglycol (EG) geweiteten Präparaten, da nur so die notwendige Unterscheidung zwischen quellfähigen und nicht quellfähigen Tonmineralen möglich ist. Problematisch ist hier die Unterscheidung zwischen Vermiculiten und sekundären (Boden-)Chloriten. Eine Unterscheidung beider Mineralarten im Weitungspräparat (EG) ist aufgrund der starken Überlagerung beider Peaks normalerweise nicht möglich. VEERHOFF (1992) berechnet die Chloritintensitäten aus der Peakfläche des 14Å-Peaks im K-Präparat und die Vermiculitintensitäten aus der Differenz der (14Å-) Peakflächen im EG- und im K-Präparat, wobei er für beide Minerale im Gegensatz zu TRIBUTH (1991) den gleichen Korrekturfaktor benutzt (0,34), was zu deutlich niedrigeren Chloritanteilen führt. Da in unserem Fall die absoluten Intensitäten der Weitungspräparate im Durchschnitt deutlich niedriger waren als die der K-Präparate, erschien diese Vorgehensweise nicht geeignet. Wie sich jedoch aus dem Vergleich der K- und Weitungs-Präparate (EG) der gT- und mT-Fraktion herausstellte, unterscheiden sich die Verhältnisse der 14Å- und 10Å-Peaks in beiden Präparaten kaum voneinander. Es wird daher in grober Vereinfachung davon ausgegangen, daß es sich bei den 14Å-Peaks im EG-Präparat ausschließlich um sekundäre Chlorite handelt.

Anhand der von der Firma Siemens angebotenen Software (Diffrac-AT) wurde versucht, eine eigene peakflächenorientierte, semiquantitative Auswertung relativer Intensitäten vorzunehmen, jedoch unter Beibehaltung der in der Literatur vorgegeben Korrekturfaktoren für die einzelnen Minerale bzw. Mineralgruppen (Tab. 1). (Dies bedeutet natürlich auch, daß die Ergebnisse stark von den Möglichkeiten und Beschränkungen der zur Verfügung stehenden Software abhängig sind.)

Mineral / Mineralgruppe	Peakposition	Korrekturfaktor
- Quarz (100):	4,26Å	2,30
- Kaolinit (001):	7,13Å	0,24
- Illit (001):	10,0Å	1,00
- Übergangsmminerale (ÜM):	10,0-14,0Å	0,40
- Sekundäre Chlorite	14,2Å	1,07
- nicht bzw. schwach aufweitbare, vermiculitische Tonminerale (V):	14,0-15,2Å	0,34
- aufweitbare Tonminerale, incl. "labile" Minerale (AM):	>15,2Å	0,22
- Wechsellagerungsminerale (WM):	>29,4Å	0,20

Tab. 1: Minerale, Grenzen zwischen Mineralgruppen und Korrekturfaktoren für die semiquantitative Auswertung (nach TRIBUTH 1991 und VEERHOFF 1992).

Die Quantifizierung erfolgte getrennt an den drei Subfraktionen jeder Probe. Die so ermittelten Intensitäten der Minerale in der jeweiligen Subfraktion wurden mit den Korrekturfaktoren von TRIBUTH (1991) multipliziert, woraus sich die korrigierten Intensitäten ergaben. Deren Summe wurde gleich 100% gesetzt und daraus die relativen Anteile der Minerale in der Subfraktion errechnet. Diese relativen Anteile wurden mit dem Faktor für den Massenanteil der jeweiligen Subfraktion (Gew.%) an der Kornfraktion $<2\mu\text{m}$ multipliziert, worauf man den relativen Anteil der Minerale aus einer bestimmten Subfraktion am Gesamttongehalt erhält. Die so ermittelten Mineralgehalte der drei Subfraktionen wurden addiert, woraus sich die Gehalte des jeweiligen Minerals am Gesamtton ergaben.

3. Ergebnisse

Beide Mikrostandorte (Zwischenstamm- und Stammabflußbereich von Ahorn 1) sind bereits stark versauert. Mit Ausnahme des deutlich niedrigeren pH-Wertes im Ah-Horizont des Stammprofils sind die Unterschiede im weiteren Tiefenverlauf geringer, da auch der Zwischenstammbereich schon relativ stark versauert ist und bis zum unteren Bt-Horizont ein geringes Puffervermögen aufweist. Dadurch kommen zusätzliche Säureinträge am Stamm nicht entsprechend zum Ausdruck (JOCHHEIM 1985).

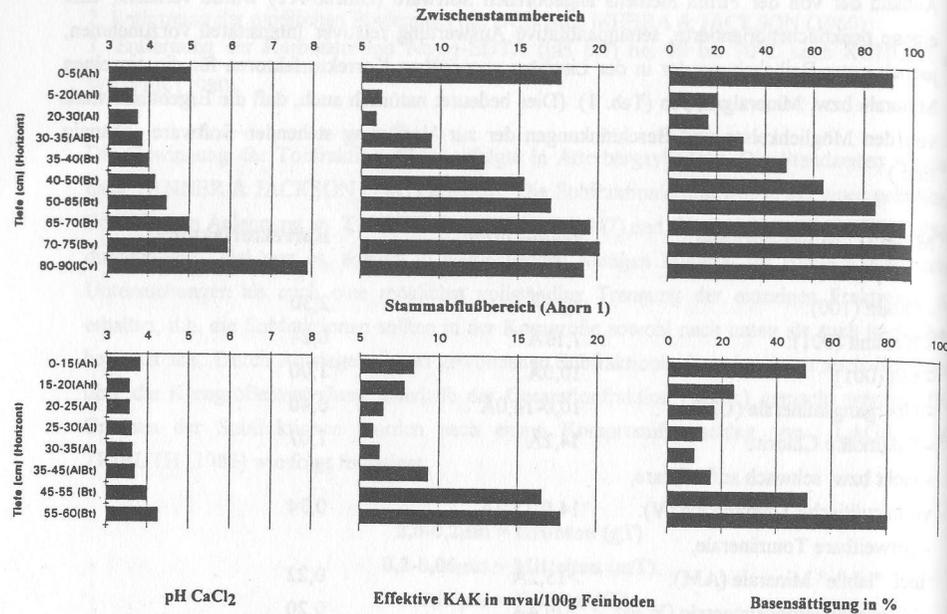


Abb. 1: pH-Werte (CaCl₂), effektive Kationenaustauschkapazität (KAK) und Basensättigung.

Bei der Interpretation der Tiefenfunktion der KAK_{eff} des Feinbodens erweist sich die erweiterte Korngrößenanalyse als sehr hilfreich, da sich zeigt, daß sie eng mit den Anteilen der Fraktionen $<0,2\mu m$ korreliert ist (vgl. Abb 1 u. 2). Im Zwischenstammprofil nehmen die KAK_{eff} und auch die Basensättigung ab dem am stärksten versauerten Horizont (Al-Horizont: 20-30cm) mit der Tiefe kontinuierlich zu. Am Stamm sind die KAK_{eff} und die Basensättigung im gesamten Al-Horizont hingegen sehr niedrig, beim Übergang vom Al- zum Bt-Horizont steigen beide Parameter jedoch stark an. Diese Unterschiede stehen in Zusammenhang mit der Chloritisierung der Zwischenschichten der Tonminerale, durch die deren permanente Ladungen in variable Ladungen umgewandelt werden und somit pH-abhängig sind. Am Stammprofil sind bis in eine Tiefe von ca. 40cm sowohl KAK_{eff} als auch die Basensättigung im Vergleich zum Zwischenstammprofil stark abgesenkt. Auffallend ist dabei der abrupte Anstieg beim Übergang in den Bt-Horizont. Es liegt der Schluß nahe, daß sich in der untersuchten Parabraunerde ein vermehrter Säureeintrag insbesondere auf die bodenchemischen Parameter der Al-Horizonte auswirkt, die aufgrund ihrer geringen Sorptionskapazität besonders anfällig sind. Der Bt-Horizont stellt aufgrund des hohen Tongehaltes anscheinend eine Art Barriere für eine tiefer reichende Versauerung dar (DOBLER 1993).

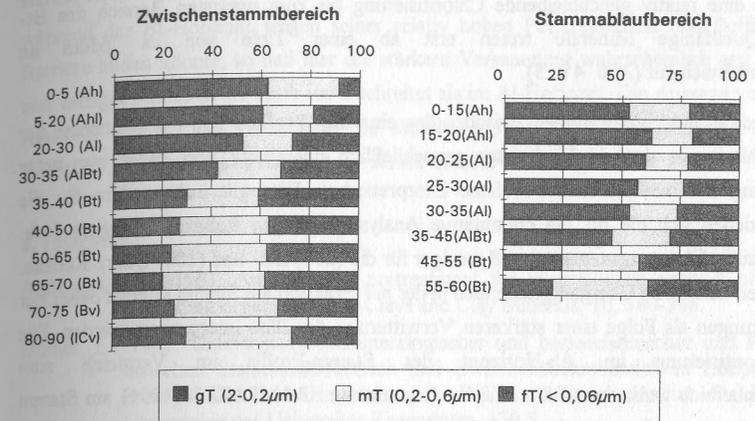


Abb. 2: Relative Anteile der Subfraktionen an der Gesamtonfraktion (Gew.-%).

Hauptkomponenten der Gesamtonfraktion sind Illit, Kaolinit, sekundärer Chlorit, quellfähige 14Å-Minerale und Quarz. Vermiculit-ähnliche 14Å-Minerale sind nur im ICv und in sehr geringen Mengen nachzuweisen. In allen Profilen nehmen die Intensitäten der aufweitbaren Komponenten mit der Tiefe zu, während die Intensität des Quarzpeaks bei 4,26Å abnimmt. Ein deutliches Maximum der Chloritisierung ist in der Gesamtonfraktion nicht genau zu erkennen, im Ah-Horizont und im Übergang zum Bvt-Horizont (Zwischenstammbereich) sind die Chloritpeaks jedoch sehr schwach bzw. sie fehlen ganz. Nach stufenweisem Erhitzen der K-Präparate brechen die 14Å-Peaks bereits bei relativ tiefen Temperaturen zusammen, so daß zu vermuten ist, daß die sekundären Chlorite aus Vermiculiten gebildet wurden (KOZAK & HUANG 1971) (vgl. Abb. 3). Qualitative Unterschiede im Tonmineralbestand der Fraktion $<2,0\mu m$ sind am Standort nur durch das teilweise Fehlen der sekundären Chlorite im Ah-Horizont des Zwischenstammprofils gegeben. Eine Auflösung der sekundären Chlorite, eine Aufweitung der Illite auf 12Å (RAMPAZZO 1991) oder eine Zunahme der röntgenamorphen Bestandteile (VEERHOFF 1992) unter dem Einfluß des sauren Stammabflusses ist auch am Stamm nicht festzustellen.

Die Feintonfraktion ($<0,06\mu m$) ist näherungsweise als monomineralisches Gemisch aufzufassen, da sie fast vollständig aus quellfähigen 14Å-Mineralen besteht. Eine genaue Identifizierung der Mineralspezies ist aber aufgrund der schlechten Kristallinität und den entsprechend diffusen Peaklagen und -formen anhand der angewandten Methode nicht möglich. Die Mitteltonfraktion ($0,2-0,06\mu m$) ist weitaus besser kristallisiert als die Feintonfraktion und zeichnet sich durch einen maximalen Chloritanteil und sehr geringe Illitanteile im Ah- bzw. Al-Horizont aus. Die Anteile der quellfähigen Komponenten nehmen mit der Tiefe zu. Die Grobtonfraktion ($2,0-0,2\mu m$) ist gekennzeichnet durch relativ hohe Quarzanteile ($>50\%$), die mit der Tiefe abnehmen, das Vorhandensein von geringen Mengen an Muscovit, Feldspäten (Orthoklase, Plagioklase) und

Kaolinit sowie eine relativ gleichbleibende Chloritisierung bis zum untersten Bereich des Bt-Horizontes. Quellfähige Minerale treten erst ab einer Tiefe von ca. 65cm im Zwischenstammbereich auf (Abb. 4 u. 5).

Die Unterschiede in den Subfraktionen zwischen den einzelnen Profilen sind mit Ausnahme der sekundären Chlorite in den Ah-Horizonten ausschließlich quantitativ und daher nur unter Berücksichtigung der methodischen Probleme interpretierbar. Dies gilt insbesondere für die Minerale, bei denen sich die für die quantitative Analyse wichtigen Reflexe überlagern (sek. Chlorit, Vermiculit, Übergangsmminerale) und weniger für die (001) Illit- und (100) Quarz-Reflexe. Die z.T. höheren Anteile an Übergangsmmineralen in der mT-Fraktion am Stamm können daher nur mit Einschränkungen als Folge einer stärkeren Verwitterung der Illite interpretiert werden. Die stärkere Chloritisierung im Ah-Horizont des Stamm-Profiles im Vergleich zum Zwischenstammbereich weist darauf hin, daß im Gegensatz zu RAMPAZZO (1991) am Stamm die Bildungsbedingungen für sekundäre Chlorite sogar günstiger sein können, wobei die höheren Humusanteile und die höheren pH-Werte des Zwischenstammbereiches oder die stärkere Wechselfeuchte am Stamm eine Rolle spielen könnten. Die um ca. 50% niedrigeren Anteile der aufweitbaren Minerale im Ah-Horizont des Stammprofils im Vergleich zum Zwischenstammprofil sind ein Hinweis darauf, daß hier die sekundären Chlorite auf Kosten der aufweitbaren Minerale entstanden sind bzw. immer noch entstehen. In der Mitteltonfraktion lassen die maximalen Anteile der sekundären Chlorite in den am stärksten versauerten Ah-Horizonten, das weitgehende Fehlen von Übergangsmmineralen im Bereich von 10-14Å und die sehr niedrigen Illitanteile (<10%) vermuten, daß in diesem stärker versauerten Horizont die sekundären Chlorite ohne Zwischenstadien direkt aus den Illiten entstehen (Entwicklungsmodell "saure Braunerde", TRIBUTH 1976). Am Stamm erstrecken sich die niedrigen Illitgehalte bis in eine Tiefe von ca. 30cm, während sie im Zwischenstammbereich auf den Ah-Horizont (5-20cm) beschränkt sind. Vermutlich sind im stärker sauren Milieu des Al-Horizontes die Bedingungen für die direkte Bildung sekundärer Chlorite aus Illiten im trockeneren Zwischenstammbereich günstiger als im feuchteren Stammbereich, da hier die Illitanteile höher und die Anteile der sekundären Chlorite niedriger sind (Abb. 6).

Auch im Einflußbereich des Stammablaufes fehlt nach Ausweis der hier verwendeten Methode eine verstärkte Zerstörung der Tonminerale. Wir nehmen an, daß auch in den am stärksten versauerten Horizonten (Ahl, Al) die Versauerung (noch) nicht stark genug ist und evtl. die besonderen Bedingungen der Chloritisierung dazu beitragen, daß die Tonminerale auch im stärker sauren Milieu noch stabil sind. Auch bei einem Angleich des chemischen Milieus im Zwischenstammbereich an das Niveau des Stammfußes ist (noch) keine irreversible Tonzerstörung zu erwarten.

Zusammenfassend läßt sich aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen die Belastungssituation und die mögliche weitere Entwicklung des Bodens am Untersuchungsstandort folgendermaßen charakterisieren: Bei einer weiteren Belastung wird wahrscheinlich vor allem der Al-Horizont des Zwischenstammbereiches aufgrund seines geringen Puffervermögens eine ähnlich

starke Absenkung der KAK_{eff} und der Basensättigung erfahren wie im Stammfußbereich, während der Bt-Horizont wegen seiner relativ hohen Pufferkapazität und Pufferrate eine Art Barriere bilden könnte, so daß hier die stärkere Versauerung wahrscheinlich erst später einsetzt und weniger schnell in die Tiefe voranschreitet als im Al-Horizont. Die Aussage von GLAVAC & KOENIS (1986), daß am Stamm die säurebedingte Umwandlung schneller verläuft als im restlichen Waldboden, kann hiermit für diesen Standort bestätigt werden.

4. Literatur

- Anderson, J.U., 1963: An improved pretreatment for mineralogical analysis of samples containing organic matter. - *Clays and Clay Minerals*, 10, 380-388.
- Dobler, L., 1993: Unterschiede tonmineralogischer und bodenchemischer und Parameter zwischen Stammablaufbereich und Zwischenstammbereich in Lößparabraun-erden südlich von Regensburg. - Diplomarbeit am Institut für Physische Geographie der Universität Regensburg, 130 S.
- Frank, U. & Gebhardt, H., 1989: Mineralverwitterung, Tonmineralumwandlung und Tonzerstörung als Folge starker Bodenversauerung auf ausgewählten Waldstandorten. - *Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges.*, 59/II, 1163-1168.
- Gersper, P.L. & Holowaychuk, N., 1971: Some effects of stemflow from forest canopy trees on chemical properties of soils. - *Ecology*, 52, 691-702.
- Glavac, V. & Koenis, H., 1986: Kleinräumige Verteilung der pflanzenaufnehmbaren Mineralstoffe in den vom Stammablaufwasser beeinflussten Bodenbereichen alter Buchen verschiedener Waldgesellschaften. - *Düsseldorfer Geobot. Kolloqu.*, 3, 3-13.
- Jochheim, H., 1985: Der Einfluß des Stammablaufwassers auf den chemischen Boden-zustand und die Vegetationsdecke in Altbuchenbeständen verschiedener Waldbestände. - *Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben*, 13, 225 S.
- Koenis, H., 1985: Über die Eigenart der Mikrostandorte im Fußbereich der Altbuchen unter besonderer Berücksichtigung der Schwermetallgehalte in der organischen Auflage und im Oberboden. - *Ber. d. Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben*, 9, 288 S.
- Kohler, E.E. & Wewer, R., 1980: Gewinnung reiner Tonmineralkonzentrate für die mineralogische Untersuchung. - *Keram. Zeitschr.*, 32 (1980), 250.
- Kozak, L.M. & Huang, P.M., 1971: Adsorption of hydroxy-Al by certain phyllosilicates and its relation to K/Ca cation exchange selectivity. - *Clays and clay minerals*, 19, 95-102.
- Lagaly, G.A. & Tributh, H., 1986: Aufbereitung und Identifizierung von Boden- und Lagerstättentonen. II. Korngrößenanalyse und Gewinnung von Tonsubfraktionen. - *GIT, Fachz. Lab.*, 30, 771-776.
- Mazzarino, M.J. & Fölster, H., 1984: Freisetzung und Verteilung von Al- und Si-Oxiden in mitteldeutschen Lößböden unter Wald. - *Catena* 11, 27-38.
- Mehra, O.P. & Jackson, M.L., 1960: Iron oxide removal from soils and clays by dithionite citrate system buffered with sodium bicarbonate. - *Clays and clay minerals*, 7, 317-327.

- Niller, H.P., 1993: Tonmineralogische und bodenchemische Untersuchungen zum Versauerungsgrad von Löß-Parabraunerden ausgewählter Waldstandorte südlich von Regensburg. - Diplomarbeit am Institut für Physische Geographie der Universität Regensburg, 144 S.
- Papritz, A., 1987: Veränderungen von Bodeneigenschaften im Stammfußbereich von Waldbäumen. - Schweiz. Z. Forstwes., 138, 11, 945-962.
- Rampazzo, N., 1991: Physikalisch-chemische Zustandsänderungen von Waldböden durch Luftimmissionen. - Diss., Universität für Bodenkultur in Wien, 36, 159 S.
- Tanner, G.B. & Jackson, M.L., 1947: Nomographs of sedimentation times for soil particles under gravity or centrifugal acceleration. - Soil Sci. Proceed., 12, 60-65.
- Tributh, H., 1991: Qualitative und "quantitative" Bestimmung der Tonminerale in Bodentonen. - In: LAGALY, G.A. & TRIBUTH, H., 1991: Identifizierung und Charakterisierung von Tonmineralen. - Berichte der Deutschen Ton- und Tonmineralgruppe, 162 S.
- Tributh, H., 1976: Die Umwandlung der glimmerartigen Schichtsilikate zu aufweitbaren Dreischichttonmineralen. - Z. Pflanzenernähr., Bodenkd., 1, 7-25.
- Veerhoff, M., 1992: Silicatverwitterung und Veränderung des Tonmineralbestandes in Waldböden als Folge von Versauerungsvorgängen. - Bonner bodenkundliche Abhandlungen, 8, 249 S.
- Völkel, J., 1993: Periglaziale Deckschichten und Böden im Bayerischen Wald und seinen Randgebieten als geogene Grundlagen landschaftsökologischer Forschung im Bereich naturnaher Waldstandorte. 243 S. (im Druck: Monographie Z. Geomorph. N.F. Suppl. 98)
- Wittig, R. & Werner, W., 1986: Beiträge zur Belastungssituation des Flattergras-Buchenwaldes der Westfälischen Bucht - eine Zwischenbilanz. - Düsseldorfer Geobot. Kolloqu., 3, 33-70.

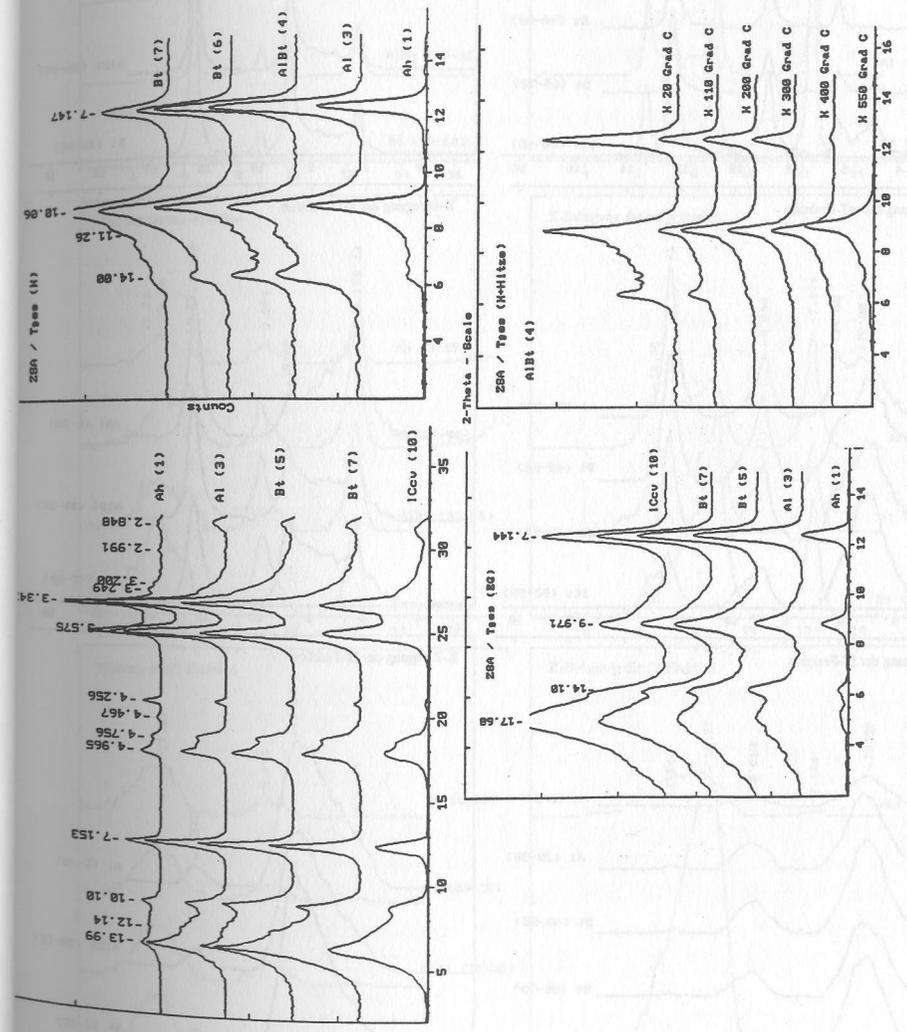


Abb. 3: Mg-, K-Belegung, Weitung mit Ethylenglycol und stufenweise erhitzte K-Präparate der Gesamtfraktion ausgewählter Horizonte des Zwischenstammbereiches.

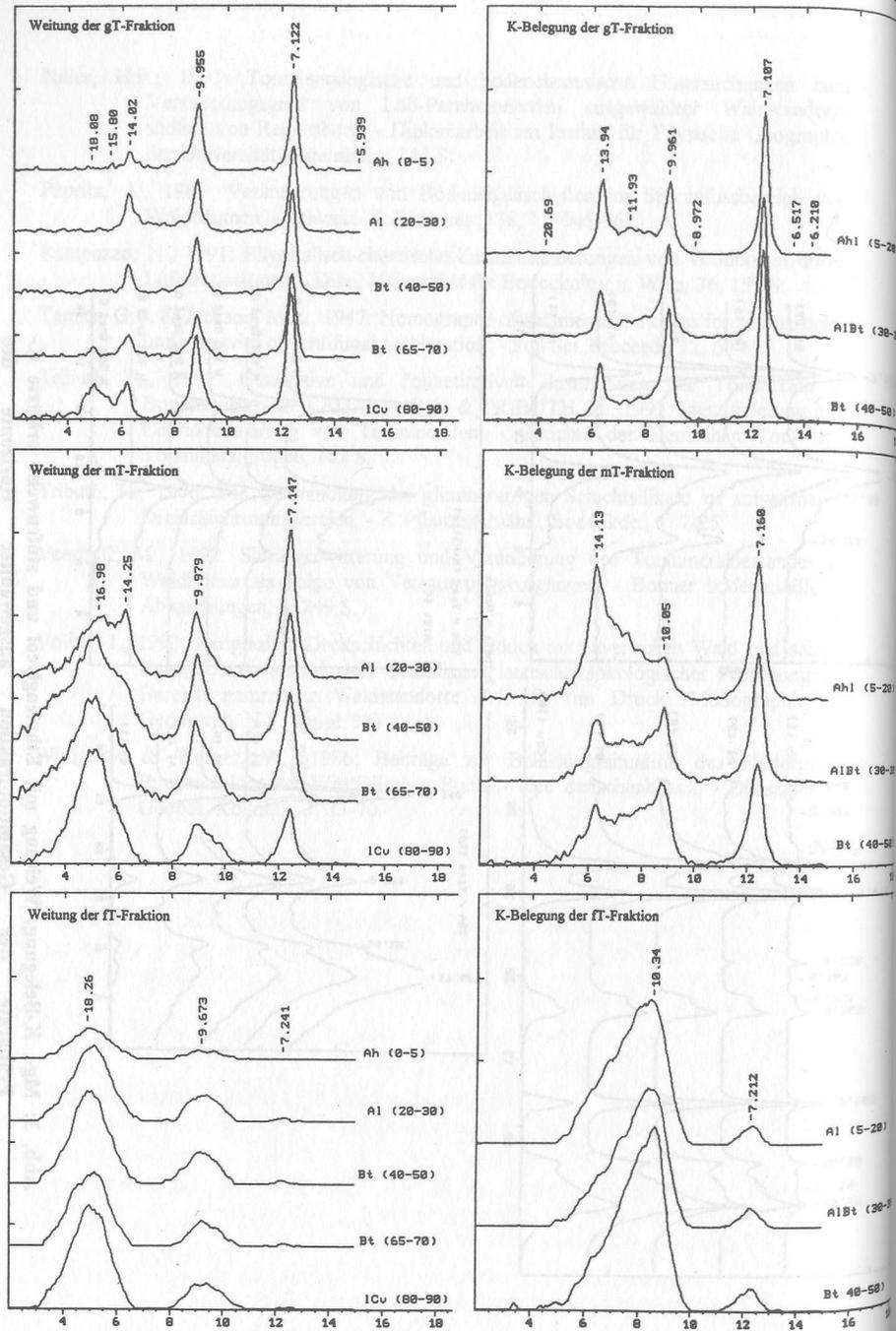


Abb. 4: Ethylenglycol- (EG) und K-Präparate der Subfraktionen in ausgewählten Horizonten des Zwischenstammereiches.

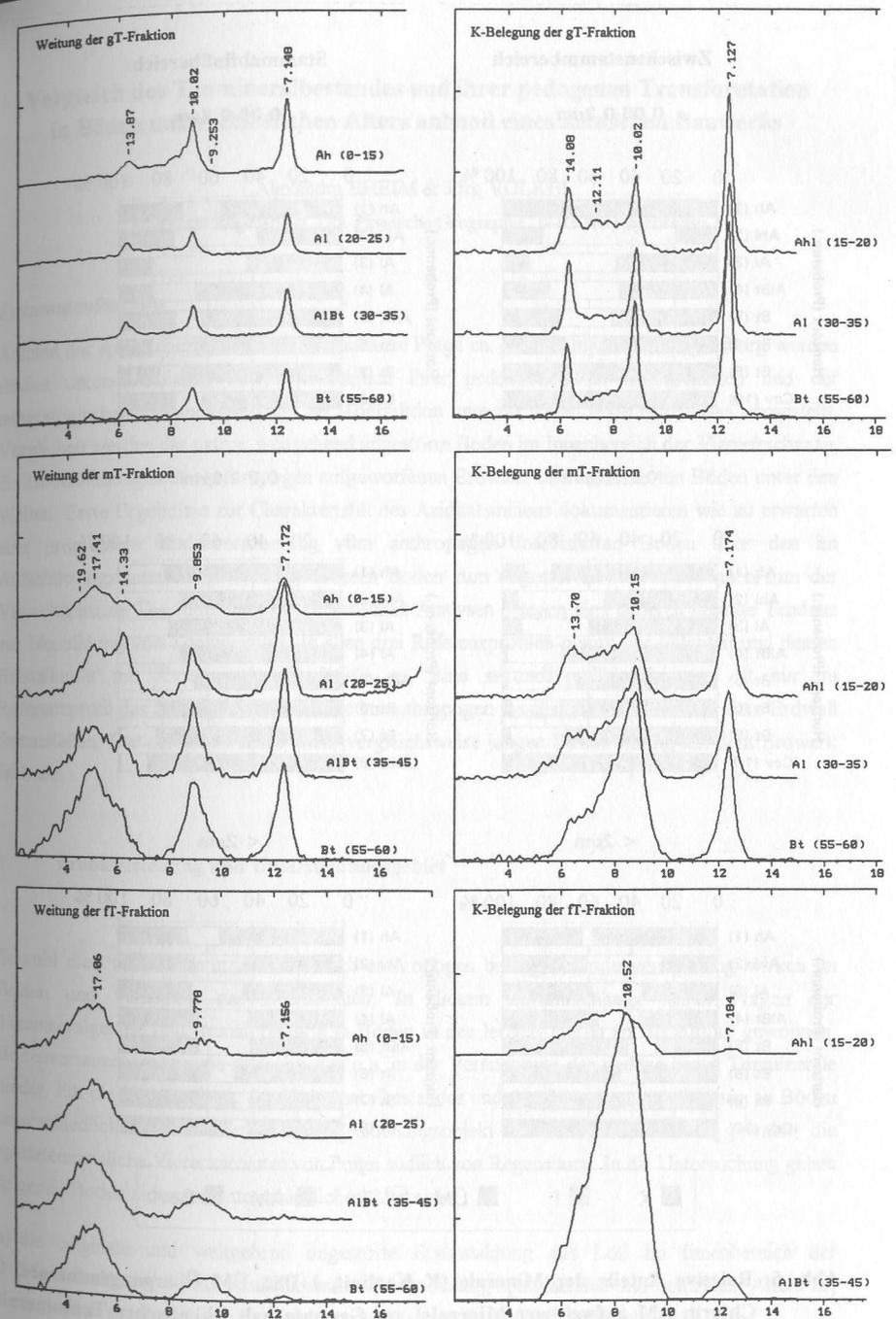


Abb. 5: Ethylenglycol- (EG) und K-Präparate der Subfraktionen in ausgewählten Horizonten des Stammablaufbereiches von Ahorn 1.

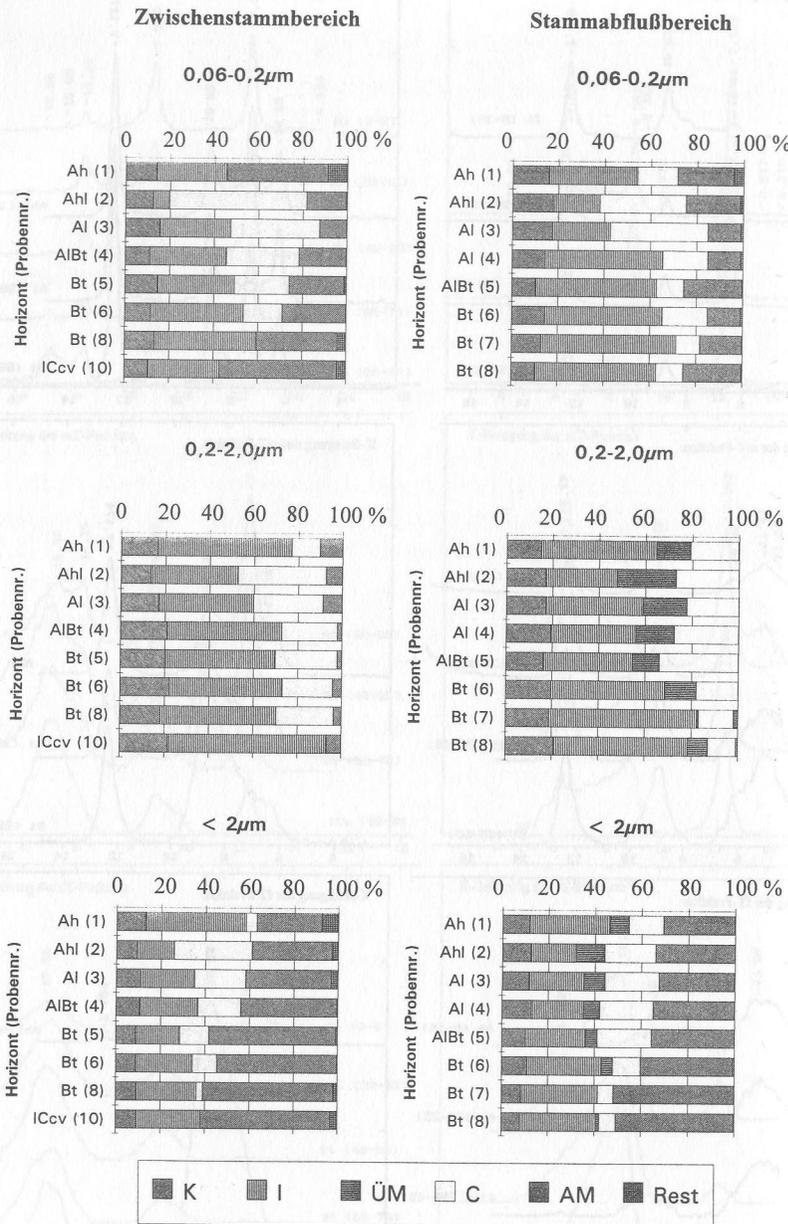


Abb. 6: Relative Anteile der Minerale (K Kaolinit, I Illit, ÜM Übergangsminerale, C Chlorit, AM aufweitbare Minerale) am Gesamtgehalt silikatischer Tonminerale der mT-, gT- und Gesamtonfraktionen (d.h. ohne Quarz und Muskovit). Die fT-Fraktion ist nicht dargestellt, da sie ausschließlich aus aufweitbaren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

- 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);