

Mittelpleistozäne Tektonik in einer Löß-Paläoboden-Abfolge am westlichen Rand des Oberrheingrabens

MICHAEL WEIDENFELLER & LUDWIG ZÖLLER

Kurzfassung: An der Grenze zwischen Randgebirge (Pfälzer Wald) und Vorbergzone (Randschollen des Oberrheingrabens) sind in einem 130 m langen Wegeanschnitt westlich von Forst (Weinstraße) auf Sandsteinen der Oberen Karlstal-Schichten (Buntsandstein) bis zu 8 m mächtige Lößdeckschichten und Umlagerungssedimente aufgeschlossen, die durch fossile Böden gegliedert sind. Nach den paläopedologischen Befunden erstreckt sich die Abfolge über drei Glazial-Interglazial-Zyklen. Die Thermolumineszenz- (TL-) Datierungen belegen für den oberen Tonanreicherungshorizont ein prä-rißzeitliches Alter. Störungen sind von der Sohle des Aufschlusses bis in diesen Horizont zu verfolgen, so daß für die tektonische Aktivität ein rißzeitliches Mindestalter wahrscheinlich ist.

Abstract: At the boundary between bordering mountains of the Palatinate Forest (Pfälzer Wald) and its sub-mountain region (Upper Rhine Graben) an 8 m thick cover of loess, loess derivatives and loessic sand rests on sandstones of the Upper Karlstal-Schichten (Buntsandstein, Lower Triassic). In a 130 m long sunken road exposure the aeolian cover sediments are divided by buried palaeosols, namely two Bt horizons of para brown earths and two humic horizons. Pedostratigraphy and thermoluminescence dating enabled us to differentiate three glacial-interglacial-cycles. The dating results exclude a last interglacial age for the upper of the buried Bt horizons, rather it represents the penultimate interglacial. Faults are visible from this soil to the bottom of the section. We conclude that the minimum age of tectonic activity at the exposed fault system is Rissian. Precise levellings across the morphotectonic blocks suggest, however, that uplift of the Palatinate Forest and its foothills is continuing to the present.

Inhalt

1. Einleitung
 2. Profilbeschreibung
 3. Sedimentologisch-pedologische Ergebnisse
 4. Thermolumineszenz-Datierung
 5. Paläogeographisch-tektonische Entwicklung
- Schriften

1. Einleitung

Tektonische Aktivitäten im Bereich des Oberrheingrabens vom Untereozän bis in die jüngste Vergangenheit sind durch geologische Untersuchungen (Bohrungen) und die Anwendung geophysikalischer Verfahren (z. B. Seismik) seit langer Zeit bekannt. Mit der quartären Tektonik hat sich vor einem halben Jahrhundert bereits WITTMANN (1937, 1938/

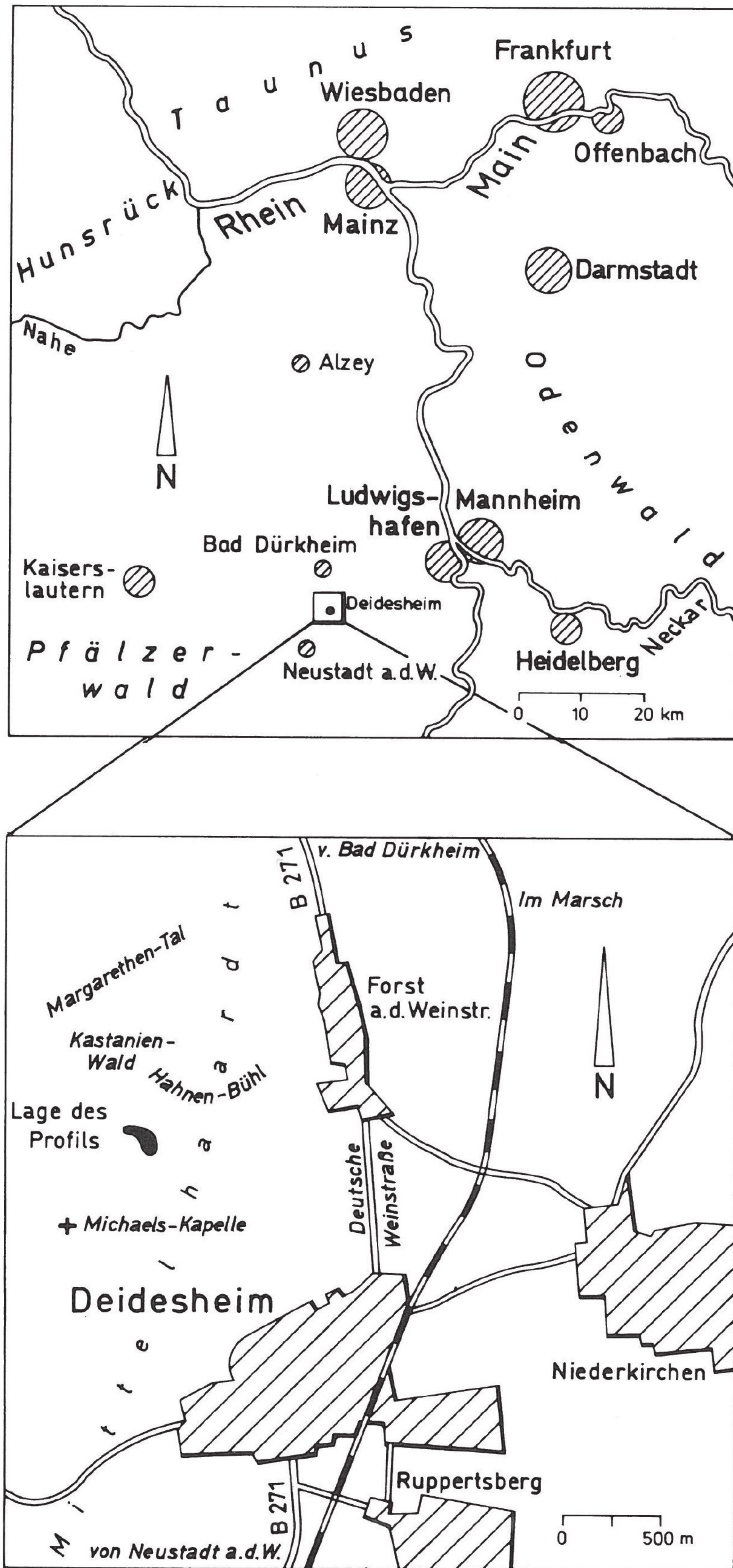


Abb. 1: Lage des Profils.

39, 1941, 1943) intensiv beschäftigt und, ausgehend von geomorphologischen Beobachtungen am westlichen Schwarzwaldrand, drei überregional nachweisbare Phasen tektonischer Bewegungen im Pleistozän postuliert. Die „Wallachische Phase“ stellt er ins Günz-Mindel-Interglazial, die „ortenausche (bakinische) Phase“ stuft er als präriß- bis rißzeitlich ein, was von WAGNER (1950) für das Untermaingebiet und von LIEDTKE (1968, S. 193) für den westlichen Grabenrand bestätigt wird. Die jüngste und als würmzeitlich gedeutete Aktivität bezeichnet WITTMANN als „Brisgovische (baltische) Phase“. In jüngerer Zeit mehren sich die Hinweise auf quartäre Störungen in Deckschichten. Die fossilen Parabraunerden spielen dabei eine wichtige Rolle, da ihre zeitliche Einstufung zur Lösung der Frage des Alters der tektonisch verursachten Versetzungen beitragen kann.

Durch einen neu geschaffenen Wegeanschnitt wurde 1 km westlich Forst (Weinstraße) an der Grenze zwischen Randgebirge (Pfälzer Wald) und Vorbergzone (Randschollen) ein 130 m langes Quartärprofil freigelegt (Abb. 1) (187–203 m NN). Über intensiv verwitterten Sandsteinen der Oberen Karlstalschichten (Buntsandstein) folgt eine Sequenz aus Löß, Sandlöß und niveo-äolischen Sanden. Gegliedert sind diese Deckschichten durch fossile Bodenbildungen, die durch Staffelbrüche treppenartig versetzt sind. Unter Anwendung der Thermolumineszenz-Datierung lassen sich die (Mindest-) Alter der Sedimente bestimmen und damit auch die Phasen tektonischer Aktivität näher eingrenzen.

Die analytischen Untersuchungen wurden im Labor der Forschungsstelle Archäometrie der Heidelberger Akademie der Wissenschaften und im mineralogisch-petrographischen Labor des Geologischen Landesamtes Rheinland-Pfalz (Bearbeiter: M. HAUENSTEIN, Laborleiter: Dr. M. KRIMMEL) durchgeführt. Herrn Dipl.-Geol. S. Frank sei gedankt, der auf das Profil aufmerksam machte.

2. Profilbeschreibung

Das Profil befindet sich im oberen Abschnitt des Wegeanschnitts (R 34 40 2 50 H 54 76 120) und setzt sich aus mehreren Schürfen zusammen (Abb. 2).

Teufe [m]	Beschreibung	Interpretation
-0,3	Ah-Horizont: schwach lehmiger Mittelsand, grobsandig; dunkelbraun (7,5 YR 4/3)	Fließerde
-0,9	Bv-Horizont: lehmiger Mittelsand, grobsandig; braun (7,5 YR 5/4)	Fließerde
-2,8	II ICkc-Horizont: lehmiger Schluff; braun (10 YR 5/3); karbonatreich; Lößkindel häufig im Bereich zwischen 1,2 und 2,5 m u. GOF (Durchmesser bis 5 cm); gut durchwurzelt; steinfrei; Kohärentgefüge, Nadelstichporen	Löß
-3,1	III fAhC-Horizont: schluffiger Lehm; dunkelbraun (10 YR 4/3); karbonatreich; schwach humos; Kohärentgefüge	Humuszone
-3,85	III ICc-Horizont: lehmiger Schluff; braun (10 YR 5/3); sehr karbonatreich; ohne Lößkindel; Kohärentgefüge	Löß
-4,15	IV IC1-Horizont: schluffig-sandiger Lehm; gelbbraun bis dunkelbraun (10 YR 5/4 bis 4/4); karbonatreich; Kohärentgefüge	Sandlöß

Teufe [m]	Beschreibung	Interpretation
-4,85	V IC2-Horizont: schluffig-lehmiger Fein- bis Mittelsand; dunkelbraun (10 YR 4/3); karbonatarm (zum Liegenden hin abnehmend); subpolyedrisches Gefüge bis Einzelkorngefüge; Wühlgänge (Krotowinen) verfüllt mit braunem (10 YR 5/3), stark karbonathaltigem schluffigem Lehm bis lehmigem Schluff; schwach entwickeltes subpolyedrisches Gefüge	Sandlöß und Sand
-5,05	VI fAh-Horizont: schwach lehmiger Mittelsand mit stark angewitterten, kantengerundeten Buntsandsteingeröllen (Durchmesser bis 3 cm); dunkelbraun bis braun (7,5 YR 4/6 bis 10 YR 4/3); mittel karbonathaltig; Einzelkorngefüge	Humuszone
-5,25	VI fAl-Horizont: stark lehmiger Sand; schwach steinig (Quarzgerölle); braun bis dunkelbraun (7,5 YR 4/4 bis 7,5 YR 4/6); karbonatarm; subpolyedrisches Gefüge	Sandlöß und Sand
-5,60	VII fBt-Horizont: sandig-toniger Lehm ; braun (7,5 YR 4/6); karbonatarm; subpolyedrisches bis polyedrisches Gefüge; Tonkutane auf den Aggregatoberflächen deutlich ausgeprägt	Tonanreicherungs- horizont einer Parabraunerde
-5,75	VII ICk-Horizont: Kalkzementationszone; hellbraun (10 YR 7/4); Krustenbildung mit Kontraktionsrissen	Karbonatkruste
-6,20	VII IC1-Horizont: schluffiger Sand bis stark sandiger Schluff; steinig (Quarzgerölle bis 1 cm Durchmesser); gelblichbraun (10 YR 5/4); karbonatreich; Kalkmycel; kohärentes bis subpolyedrisches Gefüge	Sandlöß
-6,60	VII IC2-Horizont: schwach lehmiger Mittelsand; schwach steinig; kantengerundete Gerölle bis 5 cm Durchmesser; braun (7,5 YR 5/6); karbonatarm; Einzelkorngefüge	Sandlöß und Löß
-6,70	VIII IC-Horizont: kantengerundete Sandsteine bis 45 cm Kantenlänge; intensiv verwittert (gebleicht), vereinzelt unverwitterte rötlich gefärbte Sandsteine	Blocklage
-7,00	IX fBt-Horizont: schluffig-toniger Lehm; schwach steinig; dunkelbraun bis braun (7,5 YR 4/4 bis 4/6); karbonatarm; prismatisches bis feinpolyedrisches Gefüge; ausgeprägte Tonkutane	Tonanreicherungs- horizont einer Parabraunerde
-7,15	IX fBv-Horizont: schluffiger Lehm; braun (7,5 YR 4/6); schwach karbonathaltig; polyedrisches bis kohärentes Gefüge	Verbraunungs- horizont
-7,30	IX ICk1-Horizont: Kalkzementationszone; hellbraun (10 YR 7/4)	Karbonatkruste
-7,80	IX ICk2- Horizont: lehmiger Schluff; gelblichbraun (10 YR 5/6); karbonatreich; vereinzelt bis 5 cm große Lößkindel; Kohärentgefüge	Löß

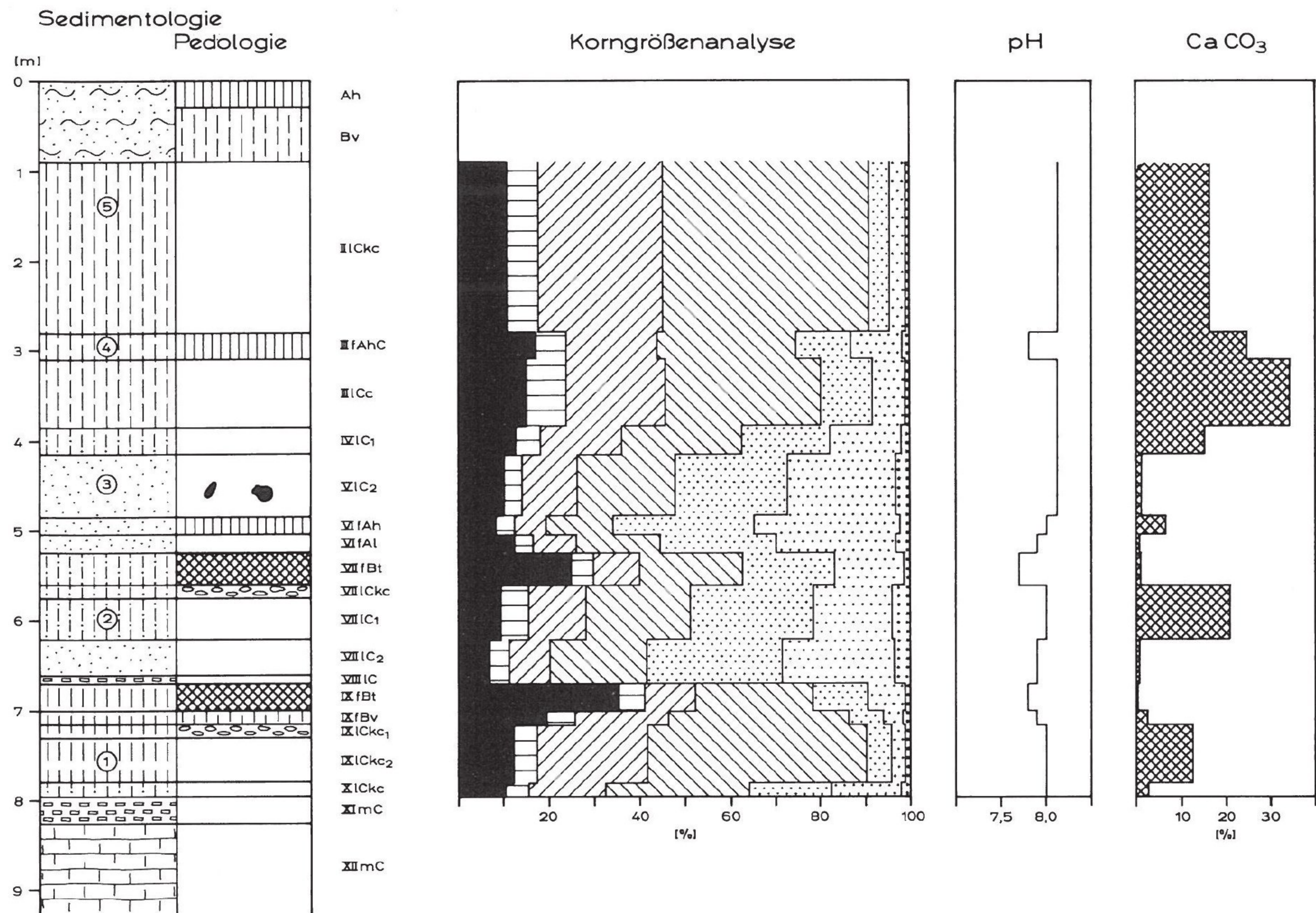
Teufe [m]	Beschreibung	Interpretation
-7,95	X ICkc-Horizont: sandiger Schluff; braun (10 YR 4/4); schwach karbonathaltig; mit bis zu 10 cm großen Lößkindel; Kohärent- bis plattiges Gefüge	Sandlöß
-8,25	XI mC-Horizont: Sandsteinblöcke, gebleicht, 30 bis 40 cm Kantenlänge; in schluffig-sandiger Matrix	Blocklage
-9,20+	XII mC-Horizont: Sandstein, gebleicht; hellgelb bis gelblichbraun	Buntsandstein (Karlstal-Schichten)

3. Sedimentologisch-pedologische Ergebnisse

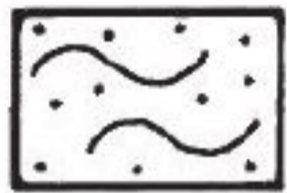


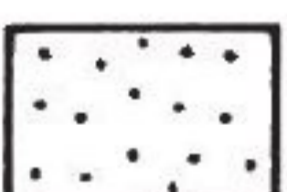
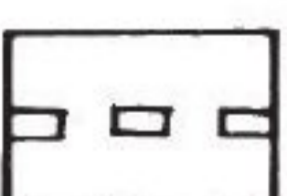
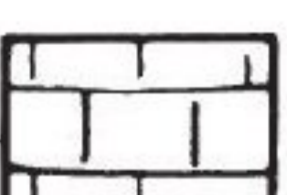
Über Sandsteinen der Oberen Karlstal-Zone folgt eine solifluidal entstandene Blocklage aus schwach verwitterten Sandsteinen, die von Löß überlagert ist. Ein ausgeprägter Bodenhorizont (IX fBt-Horizont) bildet den Abschluß der ersten Sedimentationsphase. Ein Tongehalt von 35,6 %, ein Karbonatgehalt kleiner 1 % und eine Austauschkapazität von 22,4 mmol/z/100g sowie die makroskopisch gut erkennbaren ausgeprägten Toncutane weisen ihn als Tonanreicherungshorizont einer Parabraunerde aus. Desweiteren ist ein Maximum der Spurenelementgehalte (Cu, Cr, Zn) festzustellen, die bei der Lessivierung mit dem Ton verlagert werden (vgl. BOENIGK et al. 1994: S. 316). An der Basis des Bodens ist eine 15 cm mächtige Karbonatkruste entwickelt.

Der Bt-Horizont wird diskordant von einer Blocklage aus Sandsteinen überlagert, so daß eine erosive Kappung wahrscheinlich ist und eine größere Ausgangsmächtigkeit für den Tonanreicherungshorizont angenommen werden muß. Zum Hangenden schließen sich äolische Sande und Sandlöße an, in denen ein zweiter Tonanreicherungshorizont (VII fBt) auftritt. Obwohl dieser Bt-Horizont optisch stärker in Erscheinung tritt, sprechen die bodenphysikalischen und -chemischen Analysendaten für eine schwächere Ausprägung im Vergleich zum unteren Bt-Horizont. Es folgt eine schwach entwickelte Humuszone, die von karbonatarmen Sanden überlagert wird. Im darüber liegenden Profilabschnitt dominieren wiederum feinkörnigere und stärker karbonathaltige Sedimente. Eine Humuszone (III fAhC) gliedert diesen 3m mächtigen Löß in einen älteren und jüngeren Abschnitt. Auffällig sind die hohen Tongehalte der Humuszone (16,9 %) im Vergleich zum hangenden Löß (10,8 %) und der unteren Humuszone (10,2 %). Parallel dazu treten eine höhere Austauschkapazität und die Gehalte der Spurenelemente deutlich hervor. Den Abschluß des Profils bildet eine 90 cm mächtige Fließerde aus Sand. Tuffbänder treten im Profil nicht auf. Auch die Eltville Tephra, die STÄBLEIN (1968, S. 118-121) aus dem 30 km südlich gelegenen Lößprofil Arzheim bei Landau beschreibt, konnte im Profil Forst nicht nachgewiesen werden.

Die Schwermineralspektren (Fraktion 0,063 bis 0,2 mm Korndurchmesser) der Sandlöße (V IC2-Hor., VII IC1-Hor.) und Lössen (II ICkc-Hor., IX ICkc2-Hor.) unterscheiden sich nur unwesentlich voneinander (Abb. 3). Der Anteil opaker Komponenten ist bei den Sandlössen um annähernd 15 % geringer als bei den Lössen. Bei den transparenten Schwermineralen dominieren, abgesehen von hohen Anteilen an Alterit, die stabilen und verwitterungsresistenten Minerale (Zirkon, Turmalin, Rutil, Anatas). Vulkanische Minerale konnten bis auf eine Ausnahme im V IC2-Horizont (Hornblende: 2 %) nicht nachgewiesen werden. Als Lieferanten für die Sandfraktion kommen in erster Linie Rheinsedimente und Gesteine des Buntsandstein in Betracht.



Sedimentologie

-  Fließerde aus Sand (solifluidal umgelagerter Sand)
-  Löß
-  Sandlöß
-  Sand
-  Blocklage aus Sandstein
-  Sandstein (Karlstalschichten, Buntsandstein)

Pedologie

-  Humuszone
-  Verbraunungshorizont
-  Tonanreicherungshorizont
-  Karbonatanreicherungshorizont z.T. Krustenbildung
-  Krotowinen

Korngrößen




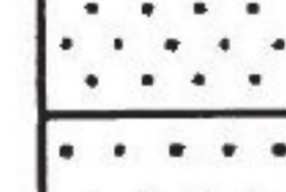
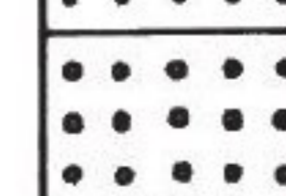


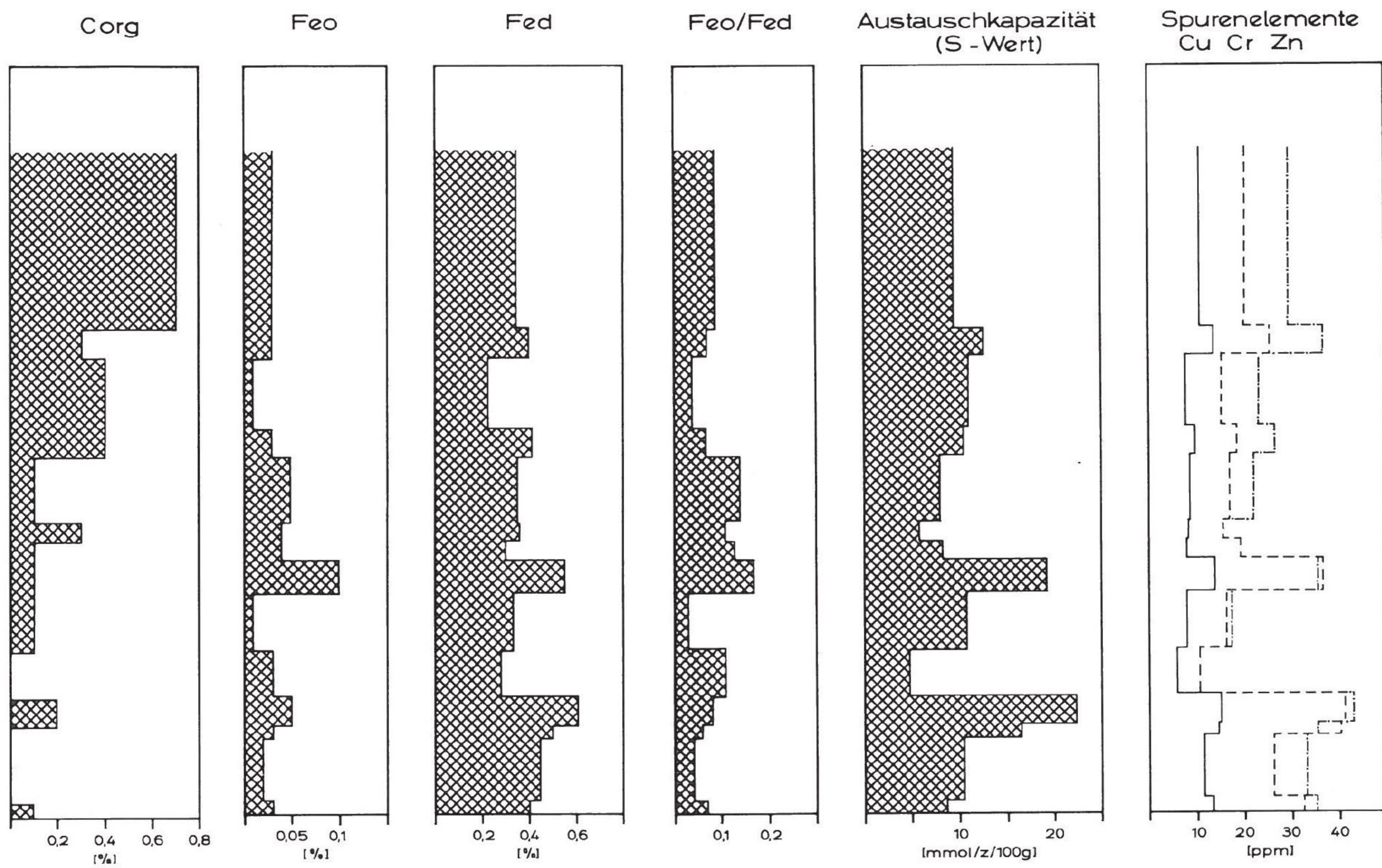
-  T
-  FU
-  MU
-  GU
-  FS
-  MS
-  GS

Abb. 2: Sedimentologische und pedologische Untersuchungsergebnisse.

Mittelpleistozäne Tektonik in einer Löß-Paläoboden-Abfolge



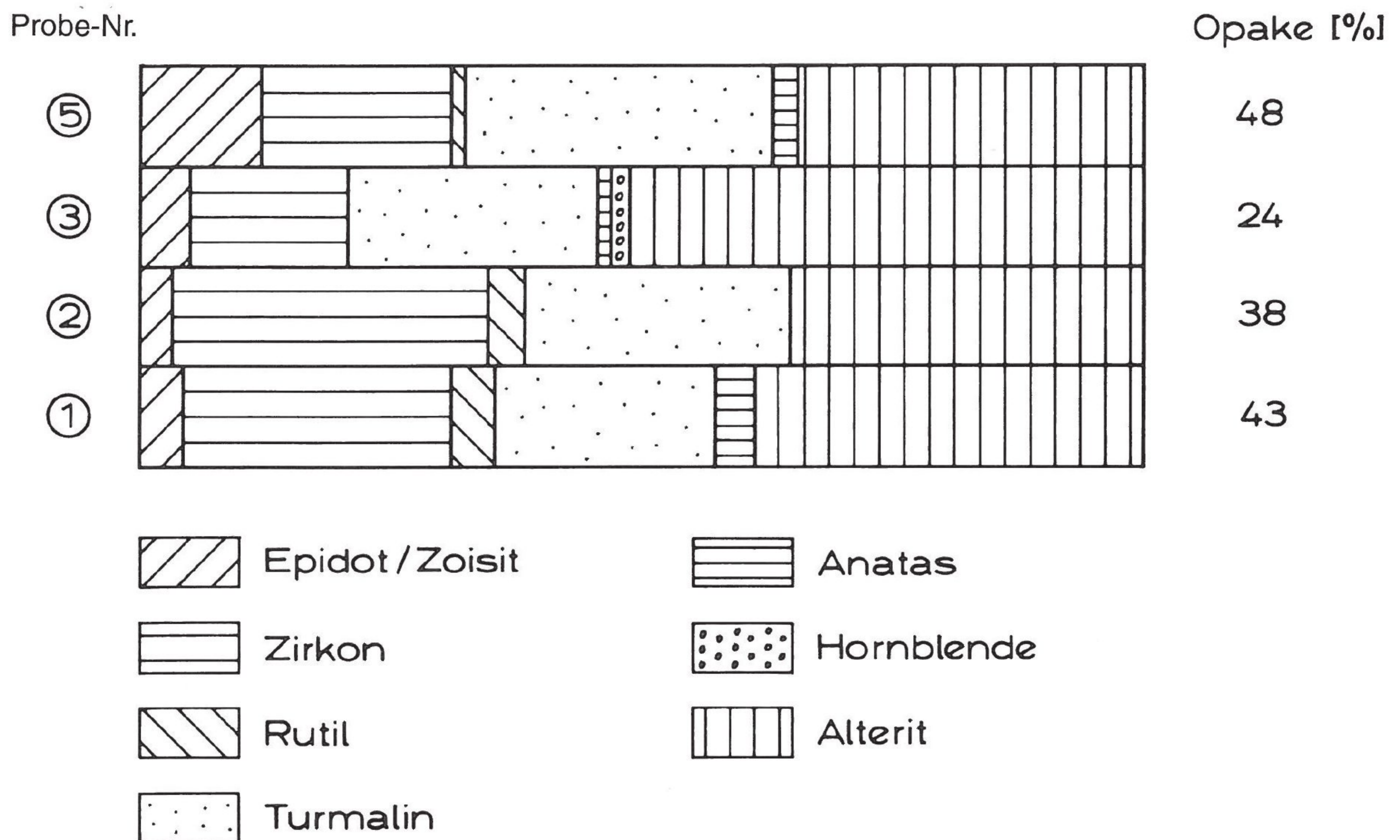


Abb. 3: Schwermineralanalysen (Gehalte in Korn-%, Fraktion 0,063-0,02 mm).

4. Thermolumineszenz-Datierung

Methodik

Aus den äolischen Decksedimenten wurden fünf Proben für Thermolumineszenz (TL)-Datierungen unter Lichtabschluß in Stechzylindern entnommen (stratigraphische Position der Proben s. Abb. 2). Gleichzeitig wurde mittels eines tragbaren NaJ-Vierkanal-Gammaspektrometers die Umgebungsdosisleistung der natürlichen Radioaktivität gemessen. Die Probenaufbereitung nach der Feinkorntechnik (4–11 µm) erfolgte unter gedämpftem Rotlicht nach der bei ZÖLLER et al. (1988) bzw. ZÖLLER (1994) beschriebenen Labortechnik. Zum optischen Bleichen der TL von Teilproben wurde eine Dr. Hönle SOL2-Sonnensimulatorlampe eingesetzt (3 h Belichtung auf wassergekühlter Kupferplatte). Zur künstlichen ionisierenden Bestrahlung kamen geeichte ⁹⁰Sr und ²⁴¹Am-Quellen zum Einsatz. Die Messung der TL aller Teilproben erfolgte mittels eines EMI-9635Q-Photomultipliers mit vorgesetztem Blaufilter (Corning 5-58) und Wärmeschutzfilter (Chance Pilkington HA-3) bei einer Heizrate von 5K/s nach einminütigem Vorheizen bei 270°C. Die Bestimmung der Äquivalent-Dosis ionisierender Strahlung (ED) erfolgte für alle Proben sowohl nach der additiven Totalbleichungstechnik als auch nach der Regenerierungstechnik. Wegen Sättigungserscheinungen des TL-Signals wurde an das additive TL-Wachstum eine gewichtete exponentielle Sättigungsfunktion angepaßt (nach BERGER 1990), während das regenerierte TL-Wachstum nach einer polynomen Funktion 3. Ordnung interpoliert wurde.

Zur Ermittlung der natürlichen Radioaktivität der Proben wurde hochauflösende Gammaspektrometrie mittels eines Reinst-Germanium-Planardetektors eingesetzt. Signifikante Ungleichgewichte der Uran-Reihen wurden nicht festgestellt. Da an der abgetrockneten Wand der bergfrische Feuchtegehalt nicht mehr zuverlässig bestimmt werden

Tab. 1: Thermolumineszenz-Datierungen: Analytische Ergebnisse und Alter.

Probe	Konzentrationen			a-Wert (%)	Dosis- leistung (Gy/ka)	ED (Äquivalentdosis)		TL-Alter	
	U (µg/g)	Th	K			add.	regen. (Gy)	add.	regen (ka)
Forst5	2.24	7.76	1.37	0.097	3.21	336 ± 58	360 ± 31	105 ± 17	112 ± 12
Forst4	2.79	9.73	1.63	0.090	3.80	513 ± 33	448 ± 33	135 ± 13	118 ± 12
Forst3	1.93	6.18	1.70	0.092	3.13	658 ± 111	428 ± 54	210 ± 34	137 ± 18
Forst2	1.60	6.16	1.68	0.097	3.00	701 ± 84	695 ± 81	234 ± 30	232 ± 29
Forst1	2.92	10.87	1.73	0.083	3.97	1465 ± 206	850 ± 58	369 ± 51	214 ± 21

konnte, wurde für den „ δ -Wert“ (Feuchtgewicht/Trockengewicht) einheitlich $1,15 \pm 0,05$ angenommen, was für Lössen der Region typisch ist.

Die analytischen Daten und Ergebnisse der TL-Datierungen sind in Tab. 1 zusammengestellt. Die angegebenen Fehler sind 1σ -Fehler. Beim Vergleich der Datierungsergebnisse nach der additiven und der regenerativen Methode fallen z. T. bedeutende Unterschiede auf, besonders bei den Proben 3 und 1. Die Ursache hierfür dürfte nach neueren Untersuchungen (ZHOU & WINTLE 1994, ZÖLLER 1994) in einer dosisabhängigen TL-Empfindlichkeitsänderung liegen: danach kann das TL-Wachstum mit der Dosis ionisierender Strahlung nach optischer Bleichung anders verlaufen als additiv, also ohne Bleichung. Dieser Effekt macht sich insbesondere bei älteren Lössen ($> 50-60$ ka) störend bemerkbar. An Lössen aus Süddeutschland und angrenzenden Gebieten fand ZÖLLER (1994) empirisch, daß TL-Alter der Feinkornfraktion $> ca. 100$ ka als Mindestalter zu interpretieren sind. Unabhängig davon besteht das Problem, daß TL-Alter an der Feinkornfraktion älterer Lössen aufgrund von langzeitigen Ausheilerscheinungen zu jung ausfallen können. Die optimistische Auffassung von BERGER et al. (1992), daß Lössen bis zu etwa 800 ka zuverlässig mittels TL datierbar seien, konnte bisher noch nicht reproduziert werden. Deshalb ist die Datierungsobergrenze zur Zeit noch nicht zuverlässig bestimmt.

Aus diesen methodischen Problemen und Erkenntnissen folgert:

- Bei Lössen älter als 50–60 ka ist den TL-Altern nach der additiven Methode mehr Vertrauen zu schenken als denen nach der regenerativen Methode. Im Idealfall stimmen die beiden Alter überein.
- Auch bei der additiven Methode sind die TL-Alter > 100 ka einstweilen als Mindestalter zu verstehen.

Bei den hier vorgelegten Datierungen zeigt sich, daß alle additiven Alter stratigraphisch konsistent sind, während die Regenerierungs-Alter bei etwa 200 ka einer (vorübergehenden?) Sättigung zustreben (s. Probe 1). Eine bedeutende Differenz zwischen den beiden Altern ergibt sich auch für die Probe 3, während sie für die Probe 4 wieder übereinstimmen. Dies ist nicht durch die Annahme einer geringeren Langzeitstabilität der regenerierten TL erklärbar, sondern weitaus besser durch dosisabhängige Empfindlichkeitsänderung. Für die chronostratigraphische Diskussion des Profils Forst werden daher im folgenden die additiven Alter herangezogen.

Ergebnisse

Die paläopedologischen Befunde sprechen zunächst für eine Löß-Paläoboden-Sequenz, die sich über drei Glazial-Interglazial-Zyklen erstreckt. Die Annahme, daß Bt-Horizonte von Parabraunerden nur in Interglazialen gebildet werden, ist jedoch nach jüngsten Untersuchungen (vgl. FRECHEN et al. 1995) in Frage zu stellen.

Bei den Proben 5 und 4 sind die TL-Alter nach der additiven und nach der regenerativen Methode innerhalb ihrer Fehlergrenzen identisch. Die Alter stehen nicht im Widerspruch zu einer Interpretation, nach der der oberste Löß (Probe 5) ins unterste Würm und die liegende Humuszone (Probe 4) ins letzte Interglazial gestellt werden. Eine Deutung als frühwürmzeitliche „Mosbacher Humuszone“ ist nach den vorliegenden TL-Daten eher unwahrscheinlich. Für eine interglaziale Bildung sprechen auch die bodenphysikalischen und bodenchemischen Analysendaten (vgl. Kap. 3.). Die genannten Einschränkungen bezüglich TL-Altern an älterem Löß können aber auch nicht ausschließen, daß der oberste Löß bereits rißzeitlich sein könnte, Eem-Boden und würmzeitlicher Löß wären unter dieser Annahme bereits abgetragen. Allerdings ist selbst das additive TL-Alter der Probe 4 ungewöhnlich jung im Vergleich zu TL-Altern frührißzeitlicher „Weilbacher Humuszonen“ in Süddeutschland (vgl. ZÖLLER et al. 1988, ZÖLLER 1994). Die TL-Alter der Proben 3 (additiv) und 2 (additiv und regenerativ) belegen hingegen signifikant (95 % Wahrscheinlichkeit), daß der durch die Probenentnahmestellen eingegrenzte Bodenkomplex aus einem fossilen Bt-Horizont und einer überlagernden schwachen Humuszone älter als das letzte Interglazial ist.

Sowohl lößstratigraphisch als auch TL-chronologisch ergeben sich Parallelen zu Schlüsselprofilen des Oberrheingebietes wie Achenheim/Elsaß (Achenheim-II-Pedokomplex, s. ZÖLLER 1994). Bei der Probe 3, welcher für die Bestimmung des Mindestalters des liegenden Bodenkomplexes besondere Bedeutung zukommt, tritt die TL-Empfindlichkeitsänderung nach optischem Bleichen deutlich in Erscheinung, weshalb das Regenerierungsalter zu verwerfen ist. Mit der additiven Methode ergab sich erfreulicherweise für diese Probe ein besonders langes und klares ED-Plateau zwischen 300 und 415°C Leuchtkurventemperatur (Abb. 4, oben). Die ermittelte TL-Wachstumsfunktion für das Leuchtkurvenmaximum bei 345°C samt ihrer Extrapolation ist in Abb. 4 (unten) dargestellt. Es ist nach den bisherigen Ergebnissen naheliegend, den Bodenkomplex zwischen den Proben 3 und 2 ins vorletzte Interglazial, entsprechend der Sauerstoffisotopenstufe 7, zu stellen; ein höheres Alter kann aber nicht ausgeschlossen werden. Der zweite fossile Bt-Horizont zwischen den Proben 1 und 2 muß folglich mindestens ins drittletzte Interglazial zurückdatiert werden. Für den liegenden Löß (Probe 1) bestätigt das TL-Alter nach der additiven Methode diese Einstufung, ohne daß ein noch höheres geologisches Alter auszuschließen ist.

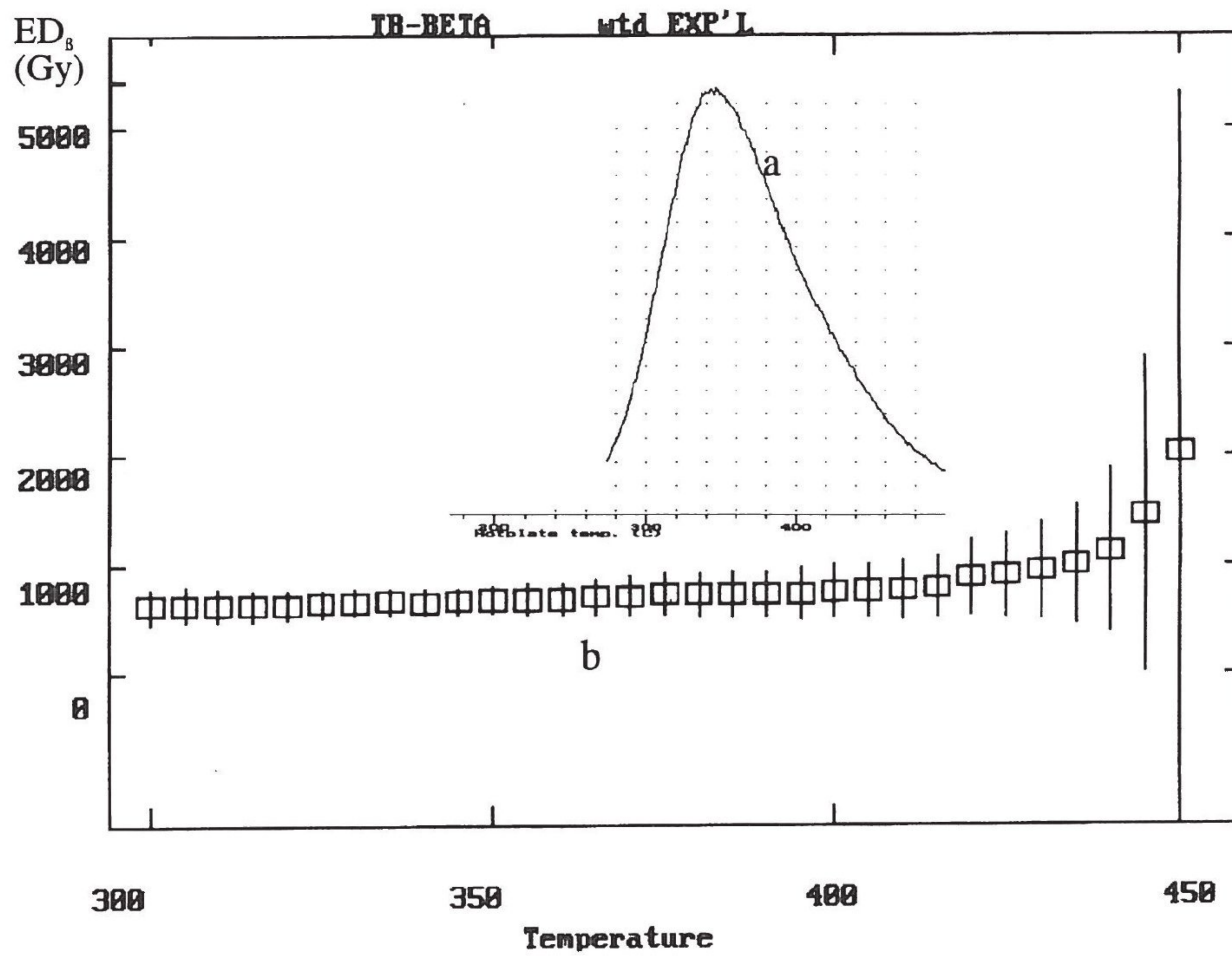
Durch weitere Untersuchungen (Pollenanalyse, paläontologische Bearbeitung der Lößschnecken, Aminosäuren-Razemisierungs-Methode) sind nähere Erkenntnisse zur Altersstellung der Sedimente zu erwarten (vgl. ZÖLLER et al. 1994).

5. Paläogeographisch-tektonische Entwicklung

Die quartären Deckschichten grenzen an einer steil einfallenden Störung an die intensiv verwitterten Sandsteine der Oberen Karlstalschichten. Da die Sandsteine auch an der Quartärbasis anstehen, handelt es sich um eine tiefer liegende Scholle, auf der die Lokersedimente in erosionsgeschützter Position erhalten blieben. Dieser Befund erlangt besondere Bedeutung dadurch, daß bei Forst die weiter südlich ausgebildete, nach STÄBLEIN (1968) pliozän-altpleistozäne Pedimentregion nach Norden hin auskeilt. Die Pedimentregion vermittelt geomorphologisch zwischen der jüngeren, terrassenartigen Riedelzone und den älter angelegten Altflächen des Pfälzer Waldes. Eine rein morphostratigraphische Eingrenzung der tektonischen Bewegungen an dieser Störungszone wäre nur sehr ungenau möglich.

Als besonders auffällig tritt in diesem Profil die treppenförmige Stufung der fossilen Böden in Erscheinung (Abb. 5). Im mittleren Abschnitt der Aufschlußwand sind die

De vs T plot for Forst 3



LSQ fit for Temperature 345,
photons per °C

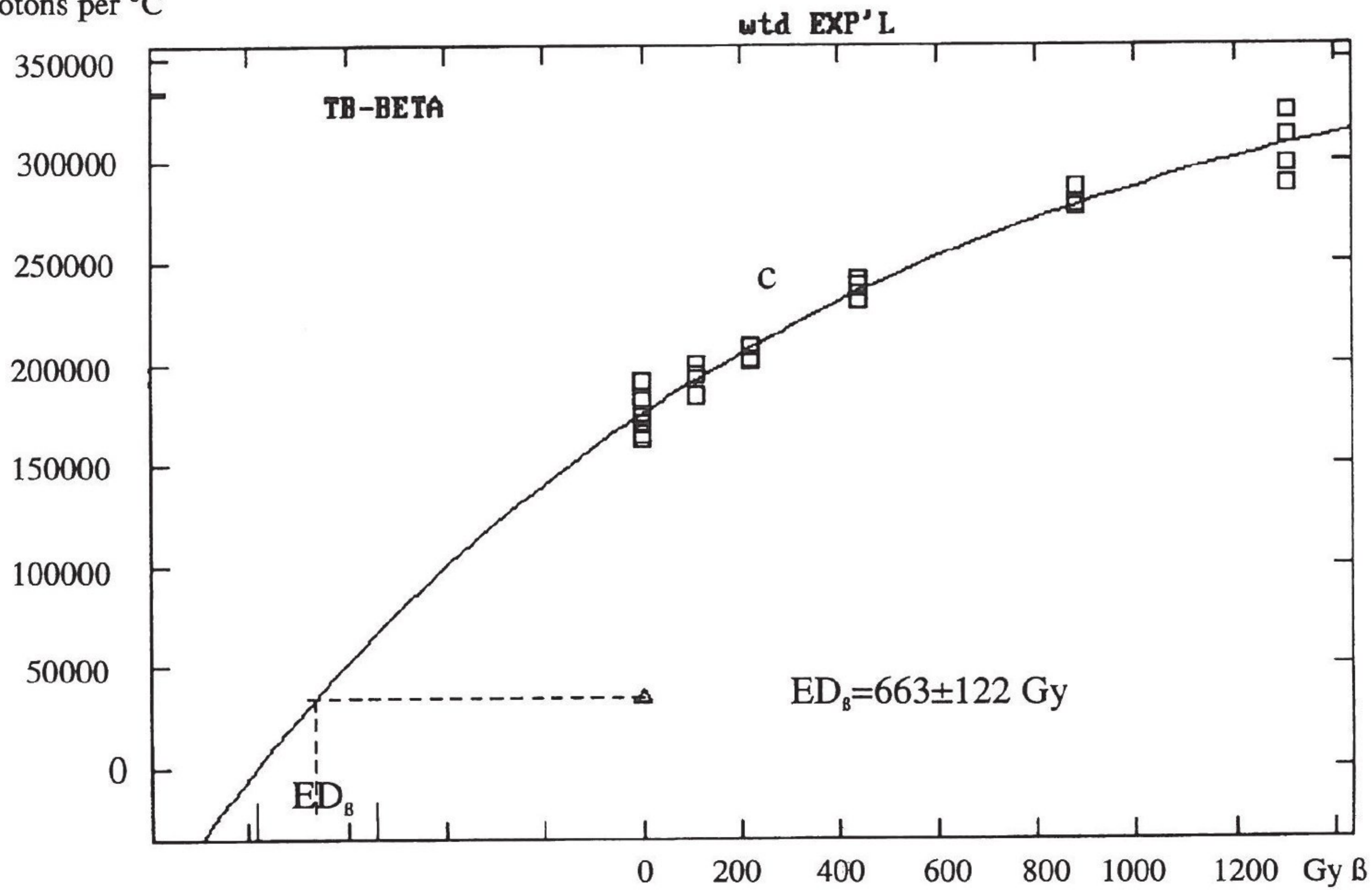


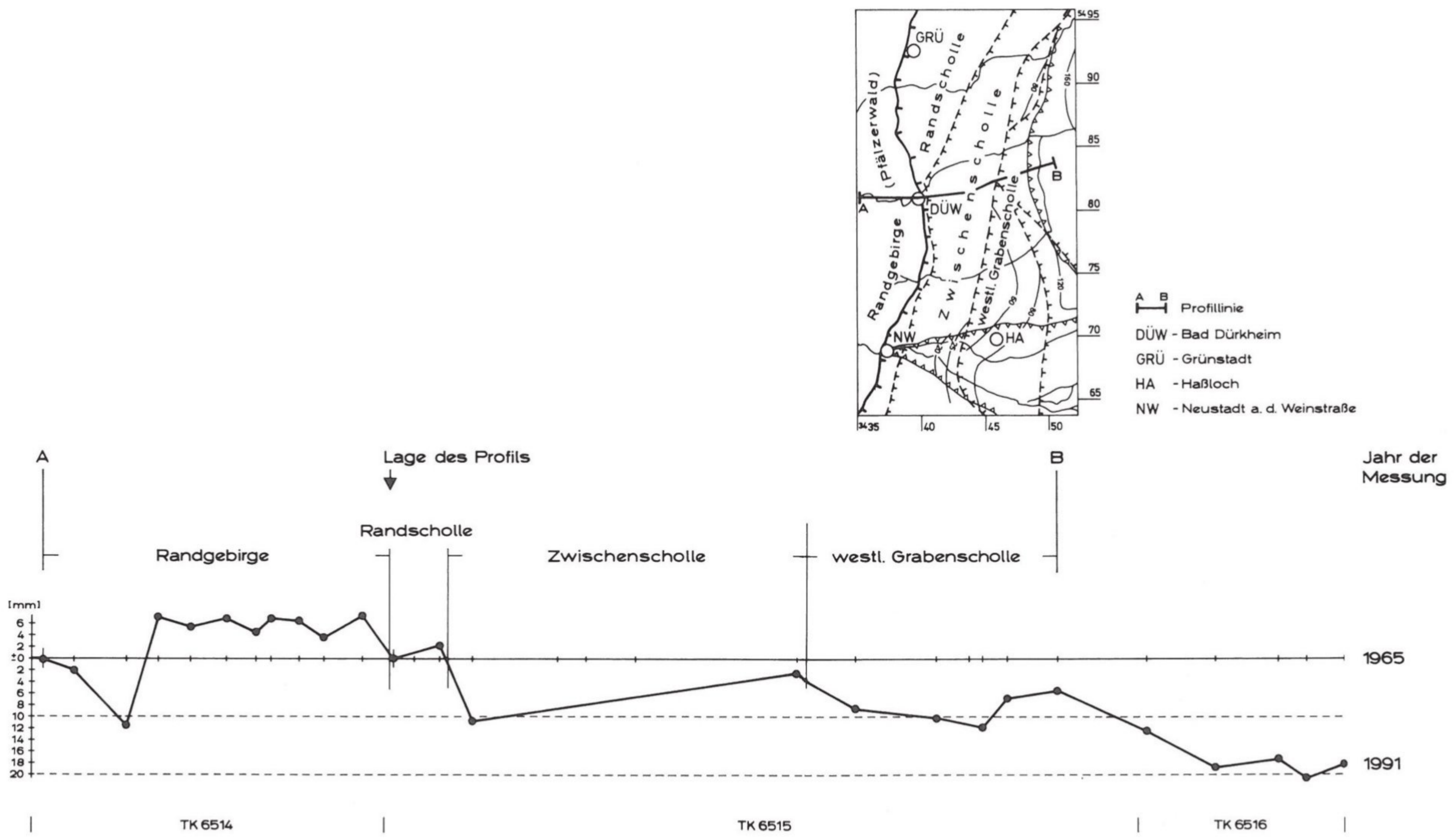
Abb. 4: Thermolumineszenz-Datierung der Probe Forst 3: a) Leuchtkurve der natürlichen TL nach einminütigem Vorheizen bei 270°C, b) Plateaufunktion der Äquivalentdosis (ED_β) gegen die Aufheiztemperatur, und c) exponentielle Sättigungsfunktion des Wachstums der TL (additiv) für die Maximums-Temperatur (345°C, siehe a) und ihre Extrapolation zur Bestimmung der Äquivalentdosis (Ed_β) im Schnittpunkt mit der Intensität der nichtbleichbaren TL (horizontal gestrichelt).



Abb. 5: Bt-Horizont der oberen fossilen Parabraunerde.

quartären Deckschichten horstartig herausgehoben. Beidseitig begrenzt wird dieser Abschnitt durch Staffelbrüche mit Versetzungsbeträgen bis 50 cm. Die Störungen sind von der Sohle bis in den oberen Tonanreicherungshorizont (VII fBt-Horizont) zu verfolgen. Im oberen Abschnitt des Profils sind sie nicht nachweisbar. Eine ähnliche Situation beschreiben SCHMITT & SEMMEL (1971) aus einer Sandgrube südlich Bensheim sowie SEMMEL (1974, 1978) in einem Lößprofil der Ziegeleigrube Bad Soden. Hier erwähnt SEMMEL einen kleinen Grabeneinbruch, wobei nur die älteren fossilen Bodenhorizonte gestört sind, der oberste, eemzeitliche (ZÖLLER et al. 1988) fossile Boden jedoch ungestört durchzieht. Unter Berücksichtigung der TL-Daten läßt sich für die Aktivität der Störungen im Profil „Forst“ ein rißzeitliches Mindestalter belegen.

Rezente Bewegungen in diesem Raum lassen sich durch Fein-Nivellement-Messungen nachweisen (SCHWARZ 1976). Die von West nach Ost sich erstreckenden Nivellement-Linien „Frankenstein – Oggersheim“ verdeutlichen, daß an der Grenze Randgebirge/Randscholle, an der das Profil „Forst“ aufgeschlossen ist, aktive tektonische Bewegungen bis zum heutigen Zeitpunkt stattfinden (Abb. 6). Ähnliche Tendenzen sind auch an der Grenze Randscholle/ Zwischenscholle zu beobachten. Die Gliederung des westlichen Grabenrandes in Teilschollen und deren räumliche Abgrenzung, basierend auf der Auswertung von Tiefbohrungen (KÄRCHER 1987), scheint sich durch die Feinnivellementmessungen zu bestätigen. Das Profil Forst liefert somit einen weiteren Hinweis auf neotektonische Bewegungen am Rande des Oberrheingrabens (vgl. BARTZ 1967, HIRSCH 1952, MONNINGER 1985, SCHNEIDER & SCHNEIDER 1975), die nachweislich bis ins jüngere Mittelpleistozän, möglicherweise bis heute aktiv sind. Da im aufgeschlossenen Teil des Profils Forst die Störungen im obersten Profilabschnitt nicht mehr nachweisbar sind, ist damit zu rechnen, daß sich die jüngste tektonische Aktivität an benachbarte, nicht aufgeschlossene Parallelstörungen verlagert hat.



99 Abb. 6: Nivellementlinie 2. Ordnung von Frankenstein nach Oggersheim (westlicher Grabenrand) (Lageplan aus KÄRCHER 1987, S. 289).

Schriften

- BARTZ, J. (1967): Recent movements in the Upper Rhinegraben between Rastatt and Mannheim. – The Rhinegraben progress report 1967. Intern.-Upper Mantle Project, Scientific Report Nr. 13. – Abh. geol. Landesamt Baden-Württ., 6, S. 1–2, Freiburg.
- BERGER, G. W. (1990): Regression and error analysis for a saturating-plus-linear model. – *Ancient TL*, 8, S. 23–25, Durham.
- BERGER, G. W. & PILLANS, B. J. & PALMER, A. S. (1992): Dating loess up to 800 ka by thermoluminescence. – *Geology*, 20, S. 403–406, Boulder.
- BOENIGK, W. & FRECHEN, M. & WEIDENFELLER, M. (1994): Die mittel- und oberpleistozäne Deckschichtenfolge im Naturschutzgebiet „Eiszeitliches Lößprofil“ in Koblenz-Metternich. – *Mainzer geowiss. Mitt.*, 23, S. 287–320, 14 Abb., Mainz.
- FRECHEN, M. & BOENIGK, W. & WEIDENFELLER, M. (1995): Chronostratigraphie des „Eiszeitlichen Lößprofils“ in Koblenz-Metternich. – *Mainzer geowiss. Mitt.*, 24, S. 151–176, 13 Abb., 2 Tab., Mainz.
- HIRSCH, L. G. (1952): Jungdiluviale Tektonik im Oberrheintalgraben. – *Eiszeitalter u. Gegenwart*, II, S. 97–105, Öhringen.
- KÄRCHER, T. (1987): Beiträge zur Lithologie und Hydrogeologie der Lockergesteinsablagerungen (Pliozän, Quartär) im Raum Frankenthal, Ludwigshafen-Mannheim, Speyer. – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F.*, 69, S. 279–320, 17 Abb., 2 Tab., Stuttgart.
- LIEDTKE, H. (1968): Die geomorphologische Entwicklung der Oberflächenformen des Pfälzer Waldes und seiner Randgebiete. – *Arb. geogr. Inst. Univ. des Saarlandes, Sonderband I*, 232 S., Saarbrücken.
- MONNINGER, R. (1985): Neotektonische Bewegungsmechanismen im mittleren Oberrheingraben. Diss. Univ. Karlsruhe, 219 S., 74 Abb., 28 Tab., Karlsruhe.
- SCHMITT, O. & SEMMEL, A. (1971): Zum Aufbau der Bergsträßer Diluvialterrasse südlich Bensheim. – *Notizblatt hess. Landesamt Bodenforschung*, 99, S. 232–239, 4 Abb., 1 Taf., Wiesbaden.
- SCHNEIDER, E. F. & SCHNEIDER, H. (1975): Synsedimentäre Bruchtektonik im Pleistozän des Oberrheintal-Grabens zwischen Speyer, Worms, Hardt und Odenwald. – *Münstersche Forsch. Geologie und Paläontologie*, 36, S. 81–126, 15 Taf., Münster/Westf.
- SCHWARZ, E. (1976): Präzisionsnivellement und rezente Krustenbewegung dargestellt am nördlichen Oberrheingraben. – *Z. Vermessungswes.*, 101, S. 14–25, Stuttgart.
- SEMMEL, A. (1974): Der Stand der Eiszeitforschung im Rhein-Main-Gebiet. – *Rhein. Main. Forsch.*, 78, S. 9–56, Frankfurt a. M.
- (1978): Untersuchungen zur quartären Tektonik am Taunus-Südrand. – *Geol. Jb. Hessen*, 106, S. 291–302, 8 Abb., Wiesbaden.
- STÄBLEIN, G. (1968): Reliefgenerationen der Vorderpfalz. – *Würzburger geogr. Arb.*, 23, 191 S., 58 Abb., Würzburg.
- WAGNER, W. (1950): Diluviale Tektonik im Senkungsbereich des nördlichen Rheintalgrabens und seinen Rändern. – *Notizblatt hess. Landesamt Bodenforschung*, 6, 1, S. 177–192, 2 Taf., Wiesbaden.
- WITTMANN, O. (1937): Tektonik und diluviale Sedimentation im Oberrheintal. – *Badische geol. Abh.*, IX, 1/2, S. 78–126, 6 Abb., 1 Tab., Karlsruhe.
- (1938/39): Die Phasengliederung der diluvialen Rheintalrandtektonik und die Stratigraphie des gebirgsnahen oberrheinischen Diluviums. – *Badische geol. Abh.*, X, 1/2, S. 38–94, 9 Tab., Karlsruhe.
- (1941): Gibt es auch im Diluvium orogene Phasen? – *Geol. Rundschau*, 32, 3, S. 337–367, 1 Abb., Stuttgart.

- (1943): Tektonik und Klima und deren Phasen im oberrheinischen Diluvium. – Z. deutsch. geol. Ges., 95, S. 223, Berlin.
- ZHOU, L. P. & WINTLE, A. G. (1994): Sensitivity change of thermoluminescence signals after laboratory optical bleaching: experiments with loess fine grains. – Quaternary Geochronology (Quaternary Science Reviews), 13, S. 457–463, (Pergamon) Oxford, Tarrytown, New York.
- ZÖLLER, L. (1994): Würm- und Rißlöß-Stratigraphie und Thermolumineszenz-Datierung in Süddeutschland und angrenzenden Gebieten. Habilitationsschrift Univ. Heidelberg, 199 S., Anh., Heidelberg. – [unveröff.].
- ZÖLLER, L. & OCHES, E. A. & MCCOY, W. D. (1994): Towards a revised chronostratigraphy of loess in Austria with respect to key sections in the Czech Republic and in Hungary. – Quaternary Geochronology (Quaternary Sci. Rev.), 13, S. 465–472, (Pergamon) Oxford, Tarrytown, New York.
- ZÖLLER, L. & STREMMER, H. E. & WAGNER, G. A. (1988): Thermolumineszenz-Datierung an Löss-Paläoboden-Sequenzen von Nieder-, Mittel- und Oberrhein. – Chemical Geology, Isot. Geosc. Sect., 73, S. 39–62, Amsterdam.

Anschriften der Autoren:

Dr. MICHAEL WEIDENFELLER, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Emmeransstr. 36, D-55116 Mainz.

Privatdozent Dr. LUDWIG ZÖLLER, Forschungsstelle Archäometrie der Heidelberger Akademie der Wissenschaften am Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, D-69117 Heidelberg.

Manuskript eingegangen am 29. 3. 1995