

Zur Sedimentologie der Sandgrube Steinbrunn (Pannonium, Österreich)

MARIE-LOUISE GRUNDTNER *), MATHIAS HARZHAUSER **), OLEG MANDIC **), ERICH DRAGANITS *), SUSANNE GIER *),
ULRIKE EXNER *) & MICHAEL WAGREICH *)

12 Abbildungen, 1 Tabelle

Österreichische Karte 1:50.000
Blatt 77 Eisenstadt

Burgenland
Wiener Becken
Korngröße
Karbonatgehalt
Sedimentationszyklen
Naturdenkmal

Inhalt

Zusammenfassung	441
Abstract	441
Einleitung	443
Geologischer Rahmen	443
Sedimentologisches Profil und environmentanalytische Untersuchungen	443
Profil-Einheiten und Subeinheiten	445
Karbonatanalyse	446
Korngrößenuntersuchungen	446
Korngrößendiagramme	447
Zyklische Sedimentation	450
Dank	450
Literatur	451

Zusammenfassung

Die Sandgrube Steinbrunn liegt am Südostrand des Wiener Beckens und beinhaltet brackisch-limnische Sedimente des Pannoniums (Oberes Miozän, Neufelder Schichten, Čáry-Formation). Die biostratigraphische Einstufung erfolgt über Mollusken in die *Mytilopsis-neumayri*-/*Mytilopsis-zahalkai*- und *Lymnocardium-schedelianum*-Zone des frühen Pannoniums.

In der Sandgrube ist eine 24 m mächtige Abfolge von karbonatischen Sanden, Silten, Tonen und detritären Kalken aufgeschlossen, welche ein generelles coarsening upward und shallowing upward zeigt.

In den liegenden 6 m des Aufschlusses finden sich laminierte, schlecht sortierte Tone und Silte mit Karbonatgehalten um 20 %, deren Ablagerung einem niedrig energetischen Bereich eines brackisch-limnischen Sees zugeschrieben wird. Darüber folgt eine 14 m mächtige rhythmische Wechsellagerung von karbonatischen Sanden und Kalksandsteinen mit Tonen und Mergeln, die von ihren Ablagerungsbedingungen einen Übergang zum darüber folgenden Abschnitt darstellen. Der hangende Teil der Sandgrube weist relativ grobe, gut sortierte Sande und Sandsteine mit Karbonatgehalten um 80 % und teilweise erkennbaren Rinnenstrukturen auf, die als Ablagerungen einer fluviatilen Überflutungsebene interpretiert werden.

Die Sande weisen generell eine gute Sortierung auf, die Silte und Tone eine mäßige Sortierung. Die Sande wurden in einem rollenden Transport abgelagert, was durch die Gegenüberstellung von Median gegen Perzentil (CM-Diagramm) angezeigt wird. Im Vergleich dazu sedimentierten die Tone in Suspension. Mineralogisch setzten sich die Tone aus dem untersten Profilschnitt aus Quarz, Kalzit, Dolomit und wenig Feldspat zusammen. An Tonmineralen sind Smektit, Chlorit und Muskovit vertreten.

Zyklische Änderungen der natürlichen Radioaktivität und der magnetischen Suszeptibilität wurden im Profil gemessen, wobei als wahrscheinlichste Ursache Präzessionszyklen angenommen werden. Die auftretenden acht Zyklen können somit einem Sedimentationsintervall von 170.000 Jahren entsprechen.

Sedimentology of the Sandpit Steinbrunn (Pannonian, Austria)

Abstract

The sandpit Steinbrunn lies at the southeastern margin of the Vienna Basin and contains brackish-limnic sediments of the Pannonian (Upper Miocene, Neufeld beds, Čáry Formation). Biostratigraphic dating based on molluscs indicates the *Mytilopsis-neumayri*-/*Mytilopsis-zahalkai* and *Lymnocardium-schedelianum* Zone of the middle Pannonian.

The sandpit exposes a coarsening and shallowing upward 24 m thick succession of loose sediments like carbonatic sands, silts, clays and detritic limestones. The lower part of the sandpit contains laminated, badly sorted clays and silts, which show carbonate contents around 20 %. This succession is interpreted as

*) MARIE-LOUISE GRUNDTNER, ERICH DRAGANITS, SUSANNE GIER, ULRIKE EXNER, MICHAEL WAGREICH: Department für Geodynamik & Sedimentologie, Universität Wien, Althanstraße 14, A 1090 Wien. marielouisegrundtner@yahoo.de; michael.wagreich@univie.ac.at

**) MATHIAS HARZHAUSER, OLEG MANDIC: Geologisch-Palaeontologische Abteilung, Naturhistorisches Museum Wien, Burgring 7, A 1010 Wien.

deposits of a local brackish-limnic pond. The following 14 m thick interval of rhythmically interbedded detritic limestones, carbonatic sands, clays and marls is interpreted as a transitional interval to the overlying coarser grained and well sorted sands and sandstones with carbonate contents around 80 %. These sands were partly deposited in channels and are interpreted as the product of a floodplain depositional environment.

The sands are generally well sorted whereas the silts and clays display a moderate sorting. Diagrams of median vs. percentile indicate rolling transport for the sands, whereas the clays and silts were deposited from suspension. The mineralogy of the clays of the lower part of the profile is dominated by quartz, calcite, dolomite and low amounts of feldspar. Smectite, chlorite and muscovite comprise the clay minerals.

Cyclic changes in the natural radioactivity and the magnetic susceptibility have been measured and interpreted as representing probably precession signals. Eight cycles were identified which indicate a probable duration of sedimentation of 170.000 years.

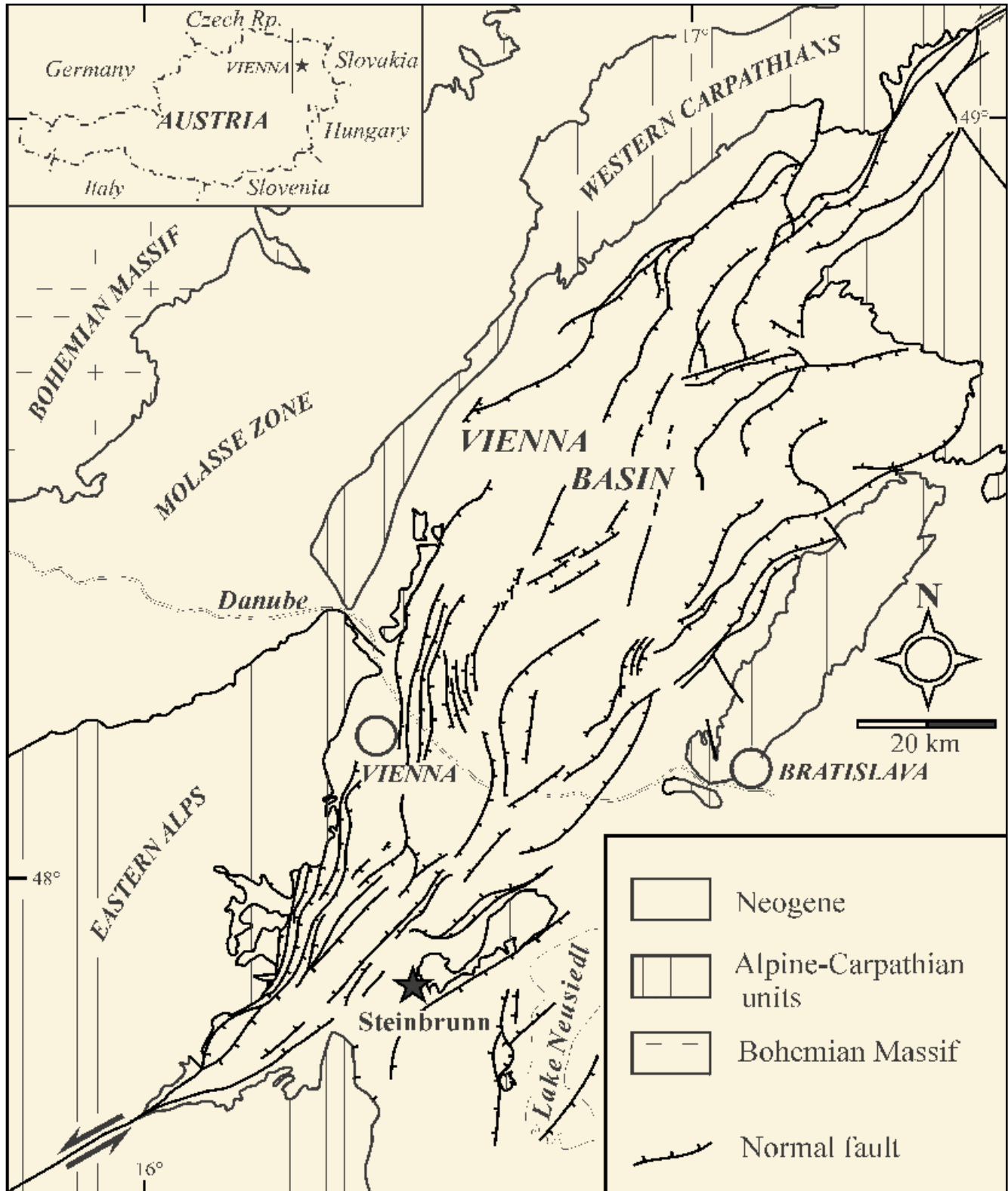


Abb. 1.
Lage der Sandgrube Steinbrunn (Pannonium) im südlichen Teil des neogenen Wiener Beckens (verändert nach: WAGREICH & SCHMID, 2002).

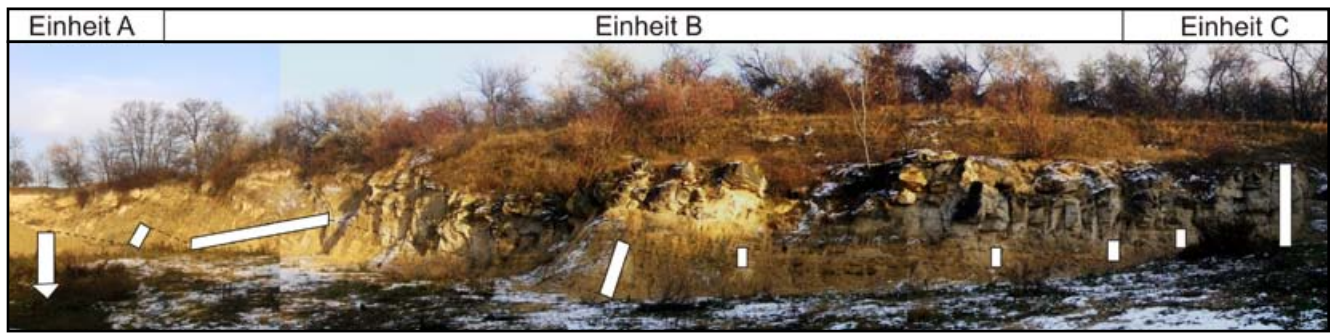


Abb. 2.
Positionen der Profilaufnahme innerhalb der Sandgrube (Blickrichtung Osten), vom Liegenden (Einheit A links) zum Hangenden (Einheiten B und C rechts).

Einleitung

Die ehemalige Sandgrube Steinbrunn im Burgenland (UTM Zone 33N, 606900 E, 5301000 N, 250 m Seehöhe) stellt einen der wenigen, noch erhaltenen Aufschlüsse im Pannonium des südlichen Wiener Beckens dar (Abb. 1). An dieser Stelle wurde bis 1969 durch die „Industriesandwerke Michael Heigl Ges.m.b.H.“ (Sitz in Wiener Neustadt) Sand abgebaut. Da in dieser Sandgrube spektakuläre Deformationsstrukturen aufgeschlossen sind, die von MEYER (1974) in einer geodätischen Aufnahme dokumentiert wurden, entging sie dem Schicksal vieler Abbaue in diesem Gebiet, die als Mülldeponien verwendet wurden und werden. Die Grube wurde auf Betreiben von Georg Riehl-Herwisch (TU Wien) und Herbert Summesberger (Naturhistorisches Museum Wien) mit Unterstützung des damaligen burgenländischen Landesgeologen Hanns Schmid mit Bescheid der Bezirkshauptmannschaft Eisenstadt-Umgebung vom 8.1.1980 (Zl.: IX-H-7/1-1979) zum Naturdenkmal erklärt. Da das Naturdenkmal nach mehr als einem Vierteljahrhundert bis zur Unkenntlichkeit verschüttet und verwachsen war, wurden weite Teile durch die burgenländische Landesregierung (Abteilung 5 – Anlagenrecht, Umweltschutz und Verkehr – Hauptreferat Natur- und Umweltschutz) im Jänner 2008 wieder freigelegt und im November 2009 wurden in einem kleinen Baggerschurf zusätzliche 3 m in die Tiefe erkundet.

Eine detaillierte biostratigraphische Zonierung des Pannoniums im Wiener Becken mittels Makrofossilien wurde von PAPP (1951, 1953) vorgenommen. SOHS (1963) beschrieb als erster detailliert die Sedimentologie des Gebietes westlich des Leithagebirges. SAUER et al. (1992) führten Untersuchungen an Schwermineralen und Mikrofossilien durch. PILLER et al. (1996) beschrieben die Deformationsstrukturen in der Sandgrube. PERESSON & DECKER (1997a,b) führten die WNW-vergente Faltung der Sedimente auf eine spätpannone oder jüngere kompressive, tektonische Phase zurück. Jüngste Untersuchungen der wieder freigelegten Strukturen deuten nach EXNER et al. (2008) auf Faltung durch gravitative Prozesse hin.

In der vorliegenden Arbeit wurde in der Sandgrube Steinbrunn ein detailliertes lithologisches Profil aufgenommen, um die Ablagerungsbedingungen und biostratigraphische Stellung genauer zu klären. Im Aufschluss wurden weiters magnetische Suszeptibilität und Gamma-Log gemessen. An den Sedimentproben wurden Korngröße, Karbonatgehalt und mineralogische Zusammensetzung der Sedimente analysiert.

Geologischer Rahmen

Das Wiener Becken bildet eine große miozäne Pull-apart-Struktur im Übergangsbereich der Alpen zu den Karpaten (u.a. ROYDEN, 1985; DECKER, 1996; HÖLZEL et al., 2008). Nach marinen Phasen im Badenium und Sarmatium ist das Wiener Becken im Pannonium (11,6–7,1 Ma) paläogeographisch ein Teil des Pannonischen Sees. Dieser ist ein Brackwassersee, der von der Paratethys abgeschnürt wurde und zunehmend aussüßte (u.a. HARZHAUSER et al., 2004; HARZHAUSER & PILLER, 2007). Randlich wurden vorwiegend Sande und Schotter, im Beckeninneren Mergel abgelagert (u.a. HARZHAUSER et al., 2004; WESSELY, 2006). Die Mächtigkeit der abgelagerten Sedimente erreicht mehr als 1500 m (PILLER & VÁVRA, 1991; HARZHAUSER et al., 2004).

Aufgrund der raschen endemischen Evolution einiger Molluskengattungen können die Sedimente des Pannoniums biostratigraphisch gut gegliedert werden. Die von PAPP (1951, 1953) etablierte und von MAGYAR et al. (1999) und HARZHAUSER et al. (2004) erweiterte stratigraphische Gliederung erlaubt eine Einstufung der untersuchten Abfolge in die *Mytilopsis-neumayri*-/*Mytilopsis-zahalkai*- und *Lymnocardium-schedelianum*-Zonen, was einem Alter von ungefähr 10,9–9,9 Ma entspricht (nach HARZHAUSER et al., 2004).

Im Bereich des Wiener und des Eisenstädter Beckens wird die jüngste pannonische Einheit als Neufelder Schichten (informelle Neufeld-Formation) bezeichnet (BRIX & PLÖCHINGER, 1988). Die „Unteren Neufelder Schichten“ führen neben bedeutenden Lignitvorkommen Tone, Sande und Schotter. Der Aufschluss Steinbrunn wird diesem Abschnitt zugezählt. Die Oberen Neufelder Schichten sind geprägt von Sand- und Ton-Wechselagerungen. Diese informelle lithostratigraphische Einheit entspricht der von BARTEK (1989) definierten Čáry-Formation (HARZHAUSER et al., 2004).

Sedimentologisches Profil und environmentalanalytische Untersuchungen

In der Sandgrube ist eine Abfolge von Sanden, Silten und Tonen aufgeschlossen, die um eine NNW-SSE-streichende Faltenachse verstellt ist (DECKER, 1996; EXNER et al., 2008). Durch die Freilegung des Naturdenkmals sind derzeit maximal 24 m der Schichtfolge aufgeschlossen. Basierend auf lithologischen Eigenschaften und sedimentären Strukturen wird das aufgenommene Profil (Abb. 2, 3) in drei Einheiten mit jeweiligen Subeinheiten eingeteilt.

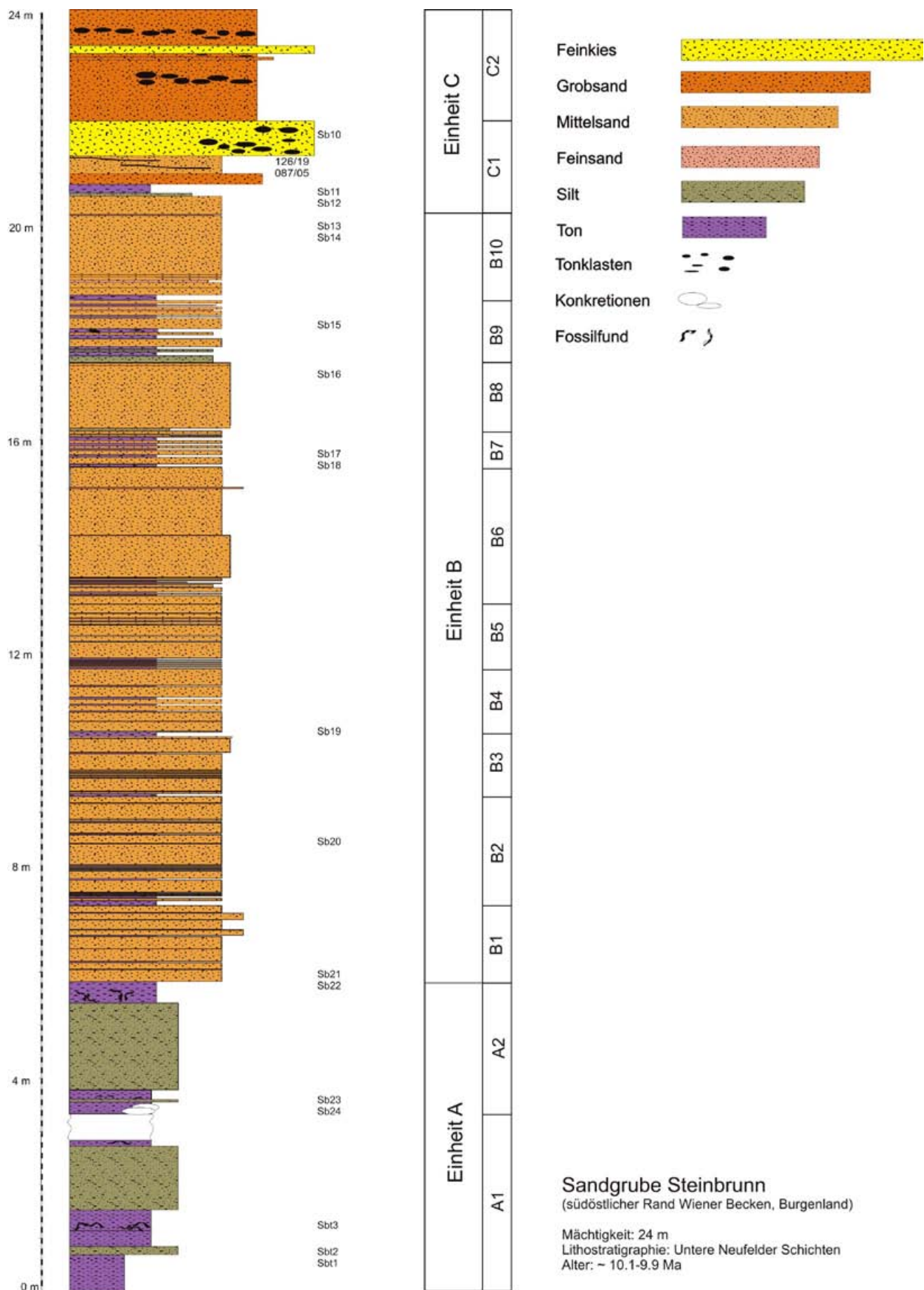


Abb. 3. Sedimentologisches Gesamtprofil der Sandgrube Steinbrunn.



Abb. 4.
Aushub an der Nordseite der Sandgrube Steinbrunn, liegendste Einheit A1 mit Verfaltung, Mächtigkeit ca. 6 m. Probenpunkte rot markiert.



Abb. 5.
Typische Wechsellagerung von Sand und dünnen Tonlagen, Einheit B.

Profil-Einheiten und Subeinheiten

Die liegendste **Einheit A** besteht aus Tonen und Silten (Abb. 4), die in einem lakustrinen Environment abgelagert wurden. Durch das relativ häufige Auftreten von limnischen Bivalven wie *Mytilopsis neumayri* und *Melanopsis sturii* können sie in das Ober-Pannonium eingestuft werden. Die Sedimente haben relativ geringe Karbonatgehalte (ca. 20 %). Die Einheit A setzt sich aus zwei Subeinheiten zusammen. Subeinheit A1 ist hellbraun bis dunkelgrau und weist einen auffälligen bituminösen Geruch auf. In der untersten Tonschicht von Subeinheit A2 finden sich septarische Konkretionen. Mineralogisch ist Einheit A aus Quarz, Kalzit, Dolomit, etwas Feldspat und den Tonmineralen Smektit, Muskovit und Chlorit zusammengesetzt.

Die mittlere **Einheit B** ist 14 m mächtig und wurde anhand von unterschiedlicher, lithologischer Wechsellagerung in ihrer Abfolge in 10 Subeinheiten eingeteilt (Abb. 5). Charakteristisch für diesen Abschnitt ist die rhythmische Wechsellagerung der schlecht sortierten detritären Kalke und karbonatischen Sande mit Tonen und Mergeln. Die Mittelsande werden wiederholt von Tonlagen getrennt. Die Wechsellagerungen zeigen lateral wechselnde Mächtigkeiten.

Der Karbonatgehalt von durchschnittlich 80 % in Einheit B stammt im Wesentlichen von der Resedimentation von mittelmiozänen, aufgearbeiteten Kalken („Leithakalk“), die am Rande des Leithagebirges weitverbreitet sind (u.a. PILLER et al., 1996).



Abb. 6.
Hellgraue Tonklasten in Mittelsand, Einheit C.



Abb. 7.
Oberster Abschnitt des Profils, Einheit C, südöstlicher Bereich der Sandgrube.

Die **Einheit C** repräsentiert den hangendsten Abschnitt des Profils und wird in zwei Subeinheiten C 1 und C 2 eingeteilt (Abb. 6, 7). Lithologisch besteht der Abschnitt aus detritären Kalksandsteinen, karbonatischen Sanden und Klasten. Verglichen mit den darunter liegenden Einheiten sind diese Sedimente grobkörniger. Weiters finden sich oft Rinnenstrukturen mit erosiver Basis und seltener Schrägschichtungen, was auf einen fluviatilen Ablagerungsraum einer Überflutungsebene (Floodplain) rückschließen lässt. Die Orientierung der Schrägschichtung deutet auf Paläoströmungsrichtungen aus dem Nordwesten hin.

In den Grob- bis Mittelsanden der Subeinheit C 1 sind vereinzelt horizontal orientierte, hellgraue Tonklasten (rip-up clasts) zu finden (Abb. 6). Sie treten besonders an der Basis mit einer Größe bis zu 43 cm auf. Laut SAUER et al. (1992) stammen diese Klasten von wieder aufgearbeiteten Tonen des Badeniums und sind häufig in fluviatilen Sedimenten des Pannoniums zu finden. Die Kiesanteile dieser Einheit sind umgelagerte Komponenten aus Leithakalk des Badeniums (z.B. Corallinaceen, Bryozoen).

Karbonatanalyse

Die Karbonatanalyse zeigt, dass der unterschiedliche Karbonatgehalt der einzelnen Lithologien im Wesentlichen durch die Menge des detritären Eintrages bestimmt wird – je gröber die Korngröße des Eintrages, desto höher die Karbonatgehalte (Abb. 8). Den höchsten Karbonatgehalt haben dementsprechend die Grobsande (Probe Sb10) mit ca. 80 %, feinkörnigere Sande zeigen einen etwas geringeren Karbonatanteil von rund 76 %. Ton hingegen ergibt nur Werte von durchschnittlich 20–30 %.

Korngrößenuntersuchungen

Bei der Korngrößenuntersuchung wurden insgesamt 17 Proben analysiert. Für die Analyse der Tonproben wurde der SediGraph 5100 (Micromeritics) verwendet, für die Sandproben die Sedimentationsröhre MacroGranometer® (Granometry). Für die Bestimmungen der Korngrößenparameter wurde die Methode der Momentstatistik nach MARSHALL (1967) angewandt. Die verschiedenen erhobenen Korngrößenparameter (Tab. 1) wurden gegeneinander geplottet, sodass verwertbare Aussagen über die Fazies möglich sind (siehe auch GRUNDTNER, 2009).

Von jeder analysierten Probe wird jeweils eine repräsentative Kornsummenkurve vorgestellt (Abb. 9).

Mittelsand: In den untersuchten Proben ist der Mittelsand (0,63–0,2 mm) am häufigsten vertreten. Typisch für den Mittelsand ist die in Relation zu den übrigen Kornsummenkurven steile Kurve, die wie die Kornverteilungskurve eine gute Sortierung anzeigt (Abb. 9, Tab. 1).

Feinsand: Die Kornsummenkurven der Feinsande (Abb. 9) zeigen einen flacheren Verlauf und damit eine schlechtere Sortierung. Die Verteilung zeigt keine eindeutig dominierende Kornklasse. Eine größere Streuung um den, im Vergleich zu den Mittelsanden nach rechts verschobenen, Mittelwert ist ersichtlich (Tab. 1).

Silt und Ton: Die untersuchte Tonprobe stammt aus Einheit A. Kennzeichnend sind ihre dunkelgraue Farbe und ihr bituminöser Geruch. Die Kornsummenkurve ist flach und zeigt kaum eine S-Form (Abb. 9, Tab. 1). Die Verteilung ist im Vergleich zu den grobkörnigeren Proben noch weiter

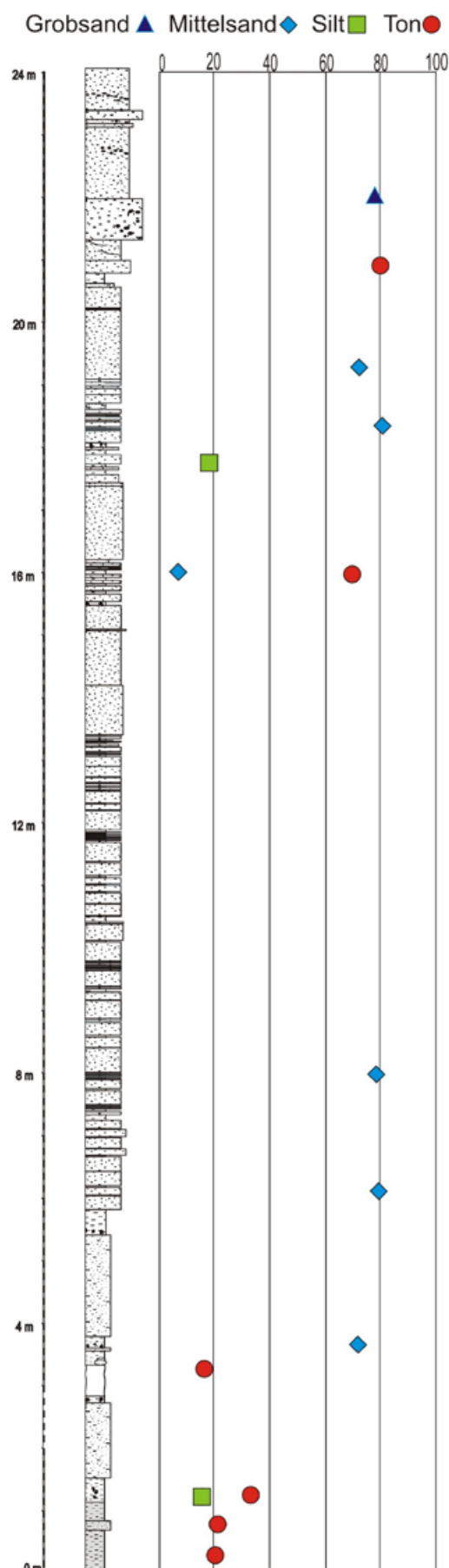


Abb. 8.
Karbonatgehalte der unterschiedlichen Lithologien im Gesamtprofil aufgetragen.

Ton				
Proben	xquer[φ]	σ	α3	κ
Sb 11	5,56	2,36	1,77	1,90
Sb 18	4,89	2,21	1,70	-1,03
Sb 22	4,14	2,03	1,61	-0,51
Sb 24	4,99	2,23	1,71	-1,18
Sbt 1	5,42	2,03	1,61	-0,51
Sbt 2	4,75	2,18	1,68	-0,62
Sbt 3	5,10	2,21	1,70	-1,03
Silt				
Proben	xquer[φ]	σ	α3	κ
Sb 16	2,81	0,44	1,95	-8,61
Sb 23	3,74	0,71	-2,38	1,90
Sand				
Proben	xquer[φ]	σ	α3	κ
Sb 10	1,84	0,80	-1,39	7,87
Sb 13	2,01	0,40	-0,15	0,66
Sb 14	2,21	0,79	-0,28	0,68
Sb 15	2,29	0,48	-0,05	9,91
Sb 17	2,23	0,32	0,97	8,47
Sb 19	2,18	0,34	1,58	-11,11
Sb 20	2,16	0,43	0,31	0,10
Sb 21	2,31	0,47	2,39	-12,35

Tab. 1.
Korngrößenparameter der Sand-, Silt- und Tonproben aus der Sandgrube Steinbrunn.
xquer = Mittelwert (Phi-Skala), σ = Standardabweichung als Maß für die Sortierung,
α3 = Schiefe und κ = Kurtosis.

nach rechts gerückt. Ein eindeutiges Maximum ist nicht erkennbar, da die Streuung um den Mittelwert größer geworden ist.

Zusammenfassend sind die Silte und Tone schlecht, die Fein- bis Grobsande mäßig sortiert und die Mittelsande zeigen im Allgemeinen eine gute Sortierung.

Korngrößendiagramme

Generell zeigen die Sande eine bessere Sortierung als die Silte und der Grobsand (Tab. 1; siehe auch GRUNDTNER, 2009).

Sortierung und Schiefe (Tab. 1; GRUNDTNER, 2009) bringen ebenfalls eine gute Abgrenzung der Sande zu den feinkörnigeren Proben. Somit liegen diese gut sortierten Proben im positiven Bereich der Schiefe, da sie mehr Kornklassen im feinkörnigen Bereich haben. Die Feinsande/Silte und der Grobsand mit mäßiger Sortierung hingegen sind negativ und haben daher mehr Kornklassen im grobkörnigen Bereich.

In dem CM-Diagramm (Median gegen 1% Perzentil; Abb. 10) korrelieren die gemessenen Werte mit den jeweiligen Ablagemilieus. Nach PASSEGA & BYRAMJEE (1969) steht jedes dieser Felder für einen speziellen zugeteilten Faziestyp, der durch eine Klasse repräsentiert wird (Abb. 10). Die als blaue Kreise markierten Sande sind vorwiegend im oberen Bereich des Feldes VII und im unteren Feld der Klasse III lokalisiert. Diese zeigen einen rollenden Transport an, der einer fluviatilen Transportdynamik entspricht. Die als rote Rechtecke markierten Tone weisen auf einen

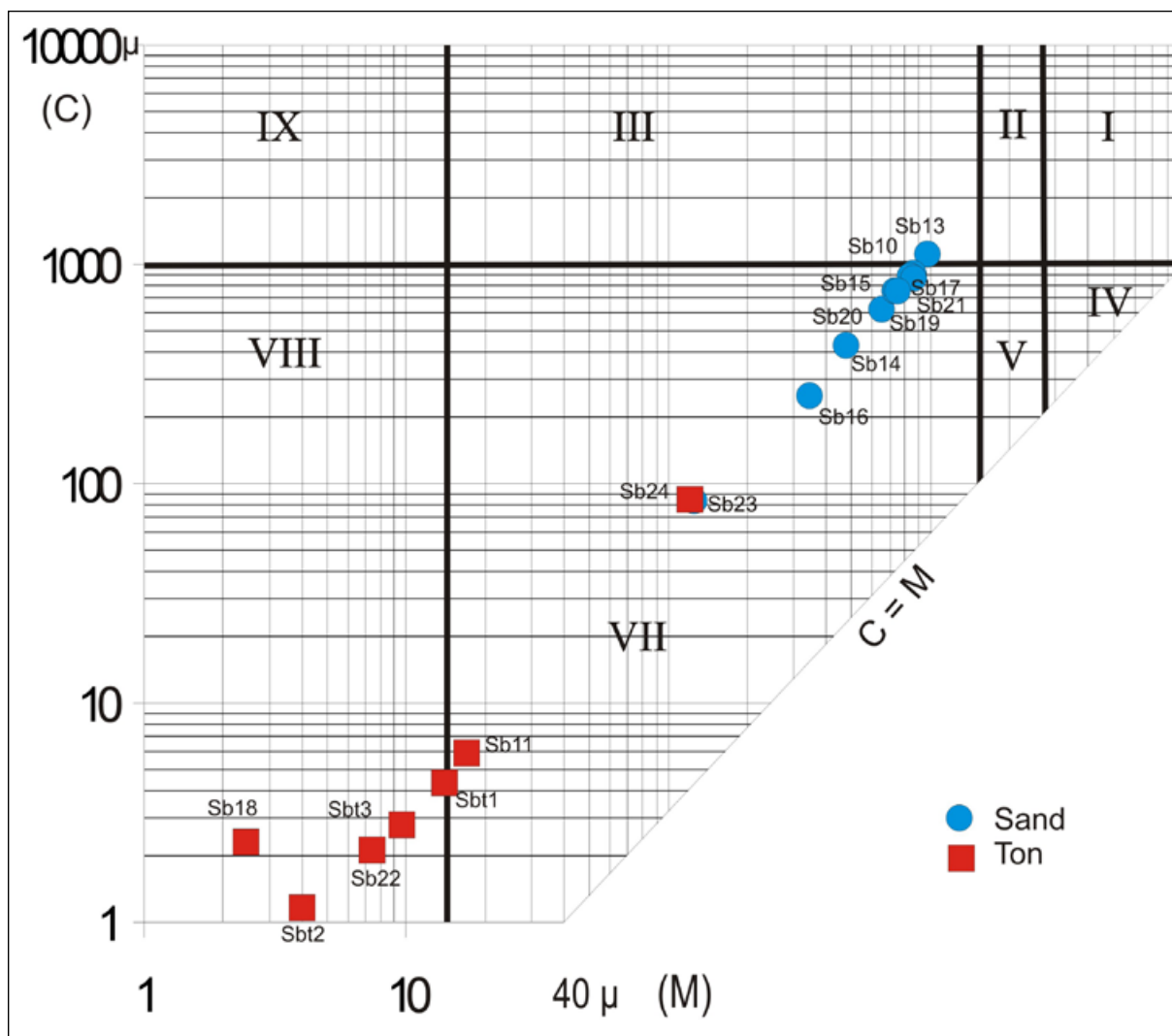
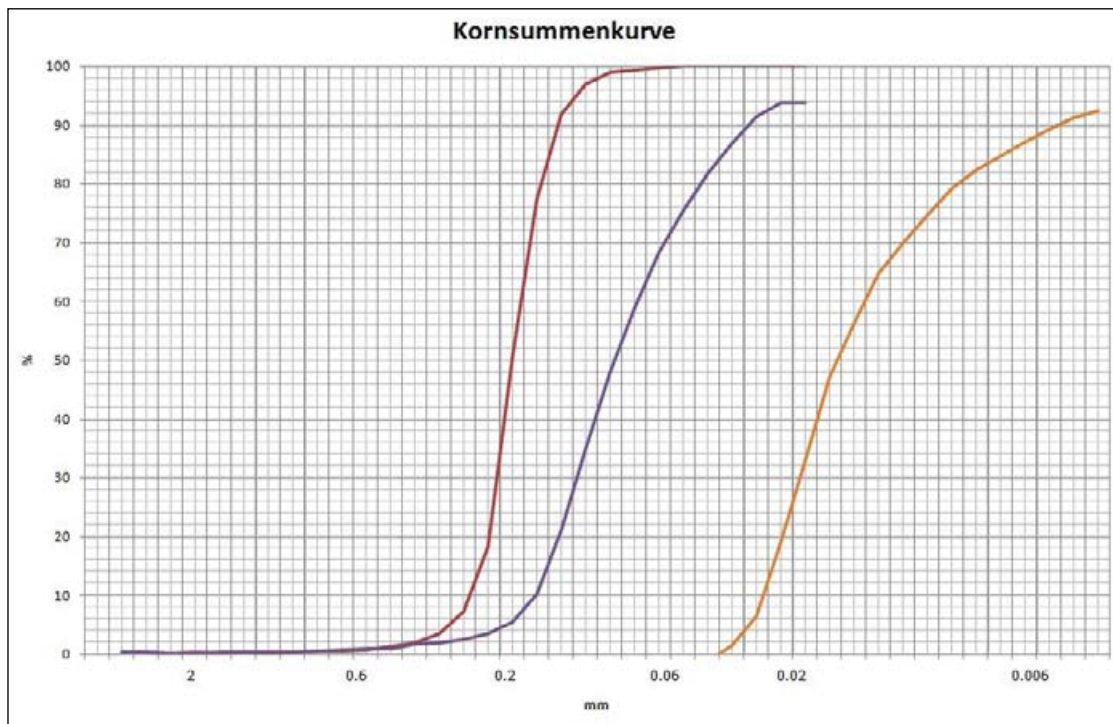


Abb. 10. Die untersuchten Proben der Sandgrube Steinbrunn im CM-Diagramm (nach PASSEGA & BYRAMJEE, 1969).

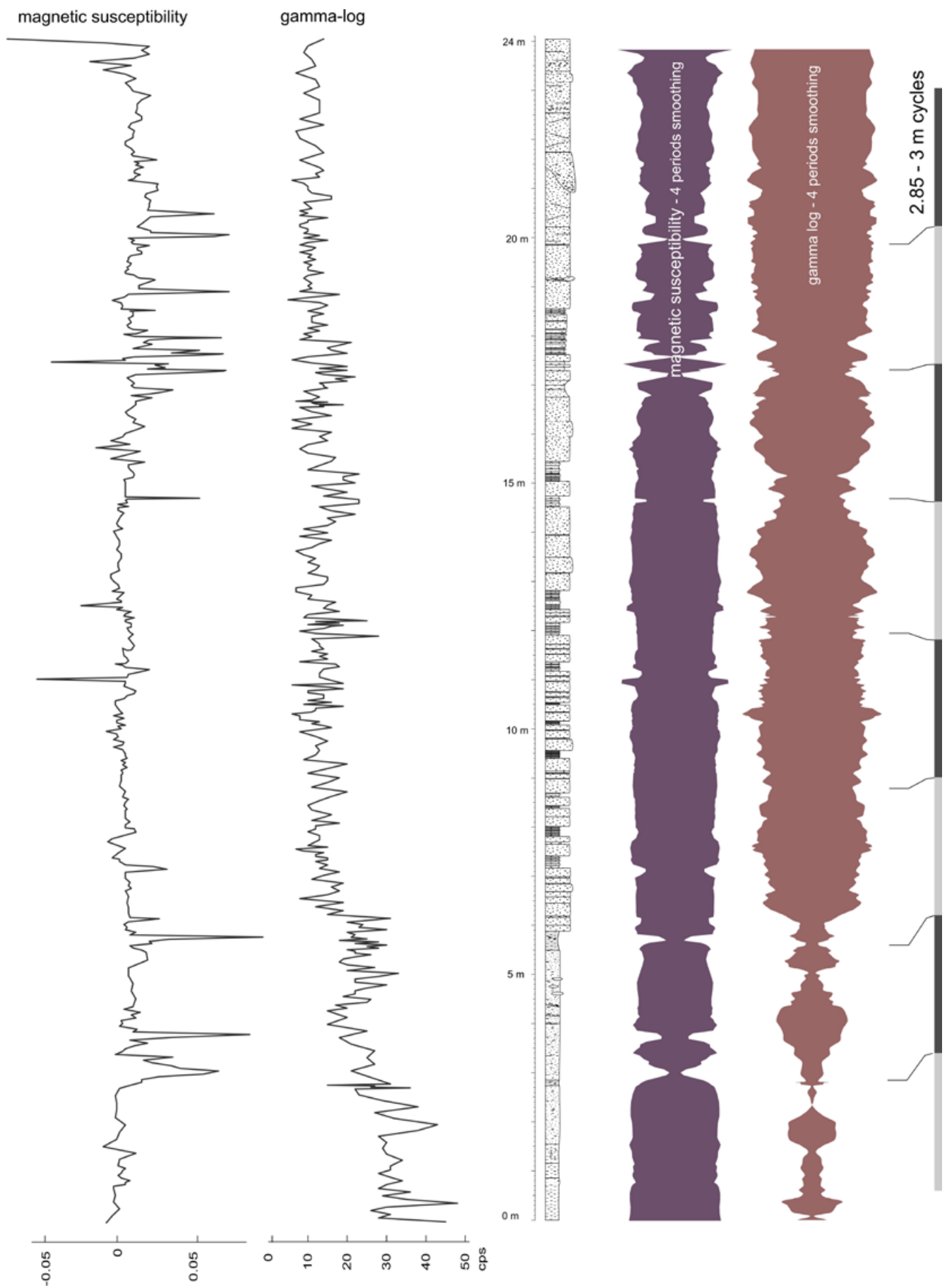


Abb. 11.
Gamma-Log (in cps) und magnetische Suszeptibilität (in SI^{-3}) des Gesamtprofiles und Position der interpretierten Zyklen.

Transport in homogener Suspension hin. Während die Tone mit höherem Siltanteil im Feld VII geplottet sind, zeigen die feinkörnigeren Tone Ablagerung in einem (lakustrinen) Stillwasserbereich an.

Zyklische Sedimentation

Die untersuchte Abfolge weist besonders in ihrem mittleren Teil einen ausgesprochen rhythmischen Aufbau auf. Um diese Zyklizität auch objektiv zu erfassen, wurden mit Hilfe eines tragbaren Szintillation-Gammaradiometers und eines Magnetik-Suszeptibilitätsmeters (beide Geräte – GF Instruments) zwei durchgehende Messserien mit 10 cm Abstand zwischen den einzelnen Messungen über das ganze Profil angefertigt (Abb. 11). Die Änderungen der natürlichen Radioaktivität und der magnetischen Suszeptibilität stehen in Relation mit den Schwankungen des Tonmineralanteils in den Sedimenten. Deswegen werden sie als ein ausgezeichneter Indikator zur Schätzung von Schwankungen des terrigenen Eintrags im Ablagerungssystem betrachtet.

Die gewonnenen Gamma-Log- und magnetische Suszeptibilitäts-Kurven (Abb. 11) zeigen im Profilverlauf vom Liegenden ins Hangende gegenläufige Muster mit der deutlichen Abnahme der natürlichen Radioaktivität (cps) bzw. mit der leichten Zunahme der magnetischen Suszeptibilität (SI^{-3}). Die regelmäßig auftretenden Schwankungen innerhalb dieser Trends sind schon optisch gut sichtbar. Die Spektralanalyse, basierend auf dem Lomb-Periodogram-Algorithmus aus dem PAST-Programmpaket (HAMMER et al., 2001), wurde angewendet, um die Zyklizität zu quantifizieren. Das gesamte Ergebnis wurde durch die Analyse mehrerer Teilprofile kontrolliert.

Der einzig relevante Zyklus hat einen Rhythmus zwischen 2,86 und 3,05 m Mächtigkeit (Abb. 12). In der gesamten Abfolge konnten acht derartige Zyklen erkannt werden. Die klar definierbare Regelmäßigkeit dieser somit statistisch belegbaren zyklischen Sedimentation dürfte ein guter Hinweis auf eine Steuerung durch astronomische Zyklen sein, welche wiederum mit Klimaschwankungen zusammenhängen. Basierend auf der geringen Länge und der realistisch zu erwartenden Sedimentakkumulationsrate für das gegebene Environment kann die Präzession der Erdachse als der wahrscheinlichste Motor hinter diesen Zyklen vermutet werden. Die Präzession und die damit in Funktion stehende zyklische Änderung der Sonneneinstrahlung hat eine durchschnittliche Periode von etwa 21.000 Jahren. Mit acht solchen Zyklen könnte die untersuchte Abfolge einem durchgehenden Sedimentationsintervall von 170.000 Jahren entsprechen, was einer durchschnittlichen Sedimentakkumulationsrate von ca. 14 cm/ka entsprechen würde.

Dank

Diese Arbeit beruht auf einer Bakkalaureatsarbeit am Department für Geodynamik und Sedimentologie der Universität Wien. Wir bedanken uns bei Maria Tschach (Amt der Burgenländischen Landesregierung, Abteilung 7 – Kultur, Wissenschaft und Archiv) und Anton Koo (Abteilung 5 – Anlagenrecht, Umweltschutz und Verkehr, Hauptreferat Natur- und Umweltschutz) für die Finanzierung der Freilegung der Sandgrube. Geländearbeiten wurden teilweise von der Hochschuljubiläumsstiftung der Stadt Wien, Projekt H-1976/2008 (Verfaltete Sedimente im Naturdenkmal Sandgrube Steinbrunn – Tektonik oder gravitative Rutschung?) unterstützt.

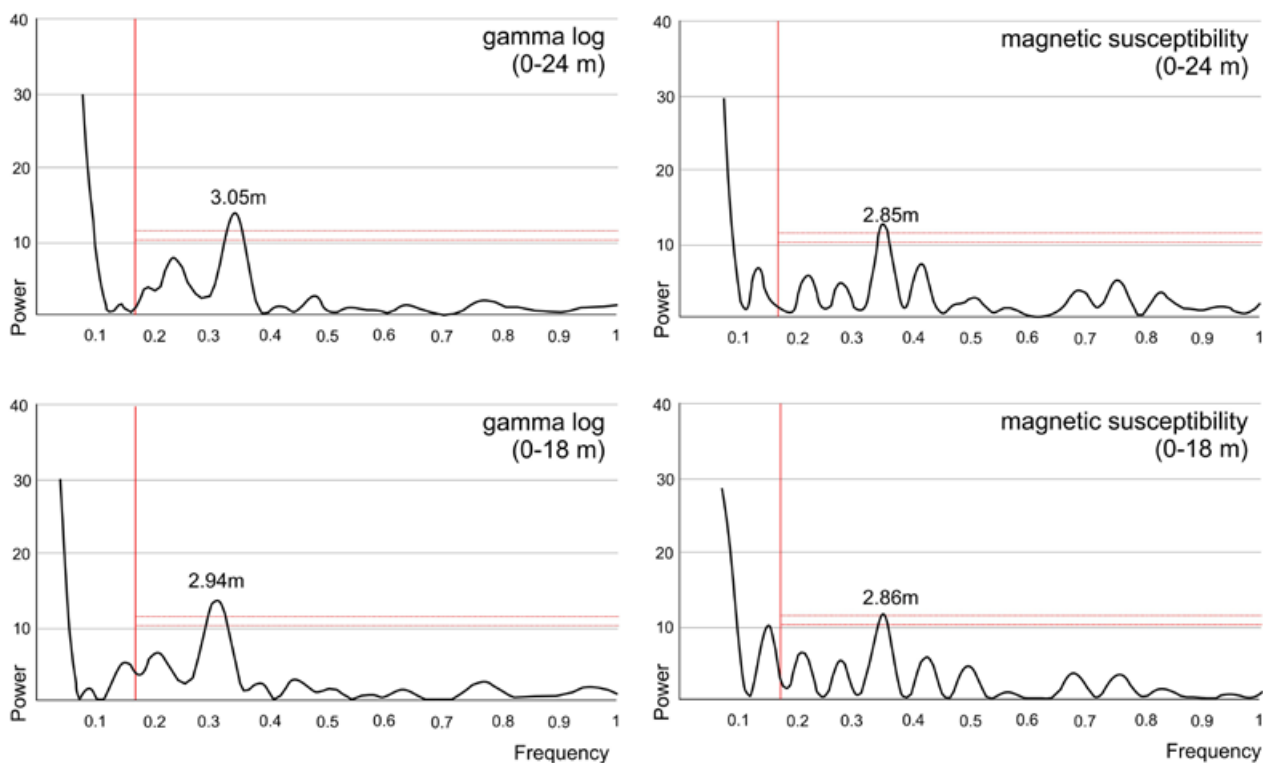


Abb. 12. Gamma-Log (in cps) und magnetische Suszeptibilität (in SI^{-3}) des Gesamtprofiles und Position der interpretierten Zyklen.

Literatur

- BARTEK, V. (1989): Nové litostratigrafické členenie vrchného panónu a pontu v slovenskej časti vienskej panvy. – *Mineralia slovacica*, **21**, 275–281, Bratislava.
- BRIX, F. & PLÖCHINGER, B. (1988): Erläuterungen zu Blatt **76** Wiener Neustadt, Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000. – Geol. B.-A., 1–85, Wien.
- DECKER, K. (1996): Miocene tectonics at the Alpine-Carpathian junction and the evolution of the Vienna Basin. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, **41**, 33–44, Wien.
- EXNER, U., RATH, A., GRASEMANN, B. & DRAGANITS, E. (2008): Soft-sediment deformation and deformation of porous sand: Structural highlights in the southern Vienna and Eisenstadt Basin. – *Journal of Alpine Geology*, **49**, 129–136, Leoben.
- GRUNDTNER, M.-L. (2009): Sedimentologisches Profil der Sandgrube Steinbrunn/Bgld. – Unveröff. Bakkalaureatsarbeit, Universität Wien, Department für Geodynamik und Sedimentologie, 50 S., Wien.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & RYAN, P. D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. – *Palaeontologia Electronica* **4**/1: 9 pp. [http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm]
- HARZHAUSER, M., DAXNER-HÖCK, G. & PILLER, W. (2004): An integrated stratigraphy of the Pannonian (Late Miocene) in the Vienna Basin. – *Austrian Journal of Earth Sciences*, **95/96**, 6–19, Wien.
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E. (2007): Benchmark data of a changing sea. – *Palaeogeography, Palaeobiogeography and Events in the Central Paratethys during the Miocene*. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **253**, 8–31, Amsterdam.
- HÖLZEL, M., WAGREICH, M., FABER, R. & STRAUSS, P. (2008): Regional subsidence analysis in the Vienna Basin (Austria). – *Austrian Journal of Earth Sciences*, **101**, 89–98, Wien.
- MAGYAR, I., GEARY, D.H., SÜTÖ-SZENTAI, M. & MÜLLER, P. (1999): Integrated biostratigraphic, magnetostratigraphic and chronostratigraphic correlations of the Late Miocene Lake Pannon deposits. – *Acta Geologica Hungarica*, **42**/1, 5–31, Budapest.
- MARSHALL, D. (1967): Statistische Methoden für Erdwissenschaftler. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 192 S., Stuttgart.
- MEYER, A. (1974): Die geodätische Aufnahme der geologischen Wandaufschlüsse in der Sandgrube Steinbrunn (Burgenland). – *Wiss. Arbeiten Bgld.*, **53**, 31–50, Eisenstadt.
- PAPP, A. (1951): Das Pannon des Wiener Beckens. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **39–41** (1946–1948), 99–193, Wien.
- PAPP, A. (1953): Die Molluskenfauna des Pannon im Wiener Becken. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **44** (1951), 85–222, Wien.
- PASSEGA, R. & BYRAMJEE, R. (1969): Grain-size image of clastic deposits. – *Sedimentology*, **13**, 233–252, Amsterdam.
- PERESSON, H. & DECKER, K. (1997a): The tertiary dynamics of the northern Eastern Alps (Austria) changing palaeostresses in a collisional plate boundary. – *Tectonophysics*, **272**, 125–157, Amsterdam.
- PERESSON, H. & DECKER, K. (1997b): Far-field effects of Late Miocene subduction in the Eastern Carpathians: E-W compression and inversion of structures in the Alpine-Carpathian-Pannonian region. – *Tectonics*, **16**/1, 38–56, Washington.
- PILLER, W.E., DECKER, K. & HAAS, M. (1996): Exkursion A1: Sedimentologie und Beckendynamik des Wiener Beckens. Exkursionsführer SEDIMENT '96, 11. Sedimentologentreffen, Wien. – *Berichte Geol. B.-A.*, **33**, 41 S., Wien.
- PILLER, W.E. & VÁVRA, N. (1991): Das Tertiär im Wiener und Eisenstädter Becken. – In: ROETZEL, R. & NAGEL, D. (Hrsg.): Exkursionen im Tertiär Österreichs, Wien. – *Österr. Paläont. Ges.*, 169–216, Wien.
- ROYDEN, L.H. (1985): The Vienna Basin: A thin-skinned pull-apart basin. – In: BIDDLE, K.T. & CHRISTIE-BLICK, N. (Eds.): Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation. – *SEPM Spec. Publ.*, **37**, 319–338, Tulsa.
- SAUER, R., SEIFERT, P. & WESSELY, G. (1992): Guidebook to Excursions in the Vienna Basin and the adjacent Alpine-Carpathian Thrustbelt in Austria. – *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, **85**, 5–239, Wien.
- SOHS, F. (1963): Das Neogen am Westrand des Leithagebirges (zwischen Hornstein und Sommerein). – Dissertation, Naturwissenschaftliche Fakultät, Universität Wien, 191 S., Wien.
- WAGREICH, M. & SCHMID, H.P. (2002): Backstripping dip-slip fault histories: apparent slip rates for the Miocene of the Vienna Basin. – *Terra Nova*, **14**, 163–168, Oxford.
- WESSELY, G. (2006): Niederösterreich. – *Geologie der Österreichischen Bundesländer*, Geol. B.-A., 416 S., Wien.