



Geostatistik der Höhenlage und Lithologie der Terrassen in Wien

SEBASTIAN PFLEIDERER*)

3 Abbildungen

Wien
Holozän
Kies
Sand
Geostatistik

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 41, 59

Inhalt

Zusammenfassung	113
Abstract	113
1. Einleitung	113
2. Höhenlage der Ober- und Unterkanten der Wiener Terrassen	114
3. Regionale Trends	114
4. Lithologische Zusammensetzung der Wiener Terrassen	115
5. Diskussion	115
Literatur	116

Zusammenfassung

Als Grundlage der vorliegenden geostatistischen Beschreibung der quartären Terrassen im Wiener Stadtgebiet dienen insgesamt 9.439 Bohrungen, die in den Archiven der Wiener Stadtverwaltung digital vorliegen. Damit werden zum einen die Höhenlage der Ober- und Unterkanten statistisch beschrieben und regionale Trends der Flussgradienten und Beckenform abgeleitet, zum anderen die lithologische Zusammensetzung der Sedimente charakterisiert. Die Ergebnisse konkretisieren bisher publizierte Angaben und sichern diese statistisch ab. Die lithologische Entwicklung der Sedimente zeigt eine deutliche Abnahme von feinkörnigen Einschaltungen in den Kieskörpern während Pleistozän und Holozän.

Geostatistical Analyses of Elevation and Lithology of Terraces in Vienna

Abstract

Quaternary terraces in Vienna are statistically analysed using 9,439 borehole logs from the Vienna city archives. The analysis of elevation data of upper and lower limits of terraces statistically confirms results of earlier investigation and extends their level of detail. Modelling of regional trends in river gradients and basin shape reveal the evolution of the Vienna basin during Pleistocene and Holocene. In addition, statistically derived, typical lithologies of the terraces show a clear decrease in the amount of fine-grained intercalations within gravel units with time.

1. Einleitung

Im Landschaftsbild des Wiener Stadtgebietes stellen die quartären Terrassen ein dominantes Element dar. Zahlreiche Arbeiten befassen sich mit der Höhenlage der Ober- und Unterkanten sowie der Lithologie dieser Terrassen. SCHAFFER (1904), FINK & MAJDAN (1954) und KÜPPER (1968) etablierten die Nomenklatur der Wiener Stadterrassen

und unterschieden sechs verschiedene Höhenlagen. Sie stützen sich dabei auf einzelne Bohrungen, Baugruben und natürliche Aufschlüsse. Die immer zahlreicher vorhandenen Baugrundaufschlüsse, welche von der Wiener Stadtverwaltung digital archiviert werden, erlauben heute eine statistisch abgesicherte, quantitative Beschreibung

*) DR. SEBASTIAN PFLEIDERER: Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A 1030 Wien.
sebastian.pfleiderer@geologie.ac.at

der Höhenlagen und der erste Teil der vorliegenden Arbeit präsentiert eine geostatistische Analyse der altimetrischen Daten der Bohrungen im Wiener Stadtgebiet, welche die Terrassen durchteufen.

Die eindeutige Unterscheidung der Kieskörper ausschließlich aufgrund der Höhenlage wird jedoch in Gebieten, wo vertikale Bewegungen nach der Deposition ablaufen, unmöglich. SCHNABEL (1997), GRUPE & JAWECKI (2004) und PERESSON (2006) beschreiben post-sedimentäre Absenkungen sowohl durch gravitative Massenbewegung als auch durch rezente Tektonik im Wiener Gebiet. In diesen Fällen werden lithologische Eigenschaften der Sedimente mit herangezogen, um Kieskörper einer bestimmten Terrassenstufe zuzuordnen. Auch hier liefern die zahlreichen Bohrdaten wertvolle Aussagen und werden im zweiten Teil der Arbeit benutzt, um die Terrassen hinsichtlich ihrer lithologischen Zusammensetzung zu charakterisieren.

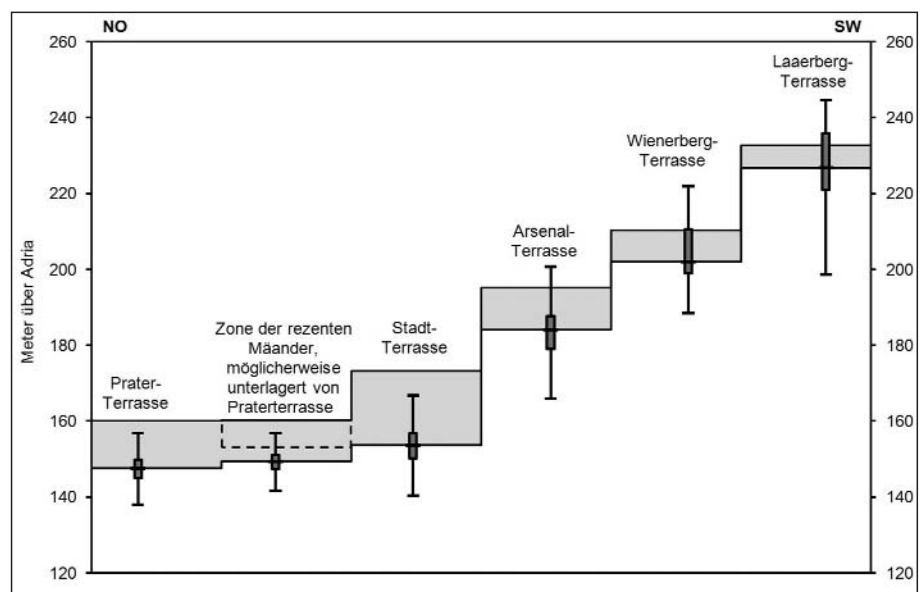
2. Höhenlage der Ober- und Unterkanten der Wiener Terrassen

Die 9.439 Bohrungen stellen einen Teil der bei der Wiener Stadtverwaltung digital vorliegenden Baugrundaufschlüsse (www.wien.gv.at/verkehr/grundbau/kataster.html) dar. Mit einer speziell entwickelten GIS-Anwendung (REITNER, 2000) wurden die Bohrungen halbautomatisch auf oberflächige Kiesschichten, mit möglicher Überlagerung von Lehm oder Löß und unterlagert von Schluff oder Ton (Neogen), geprüft. In Gebieten, wo Neogene Sande und Kiese vorkommen oder die Terrassen durch mächtigere feinkörnige Zwischenschichten unterteilt sind (GRUPE & JAWECKI, 2004), erfolgte eine manuelle Identifikation der Ober- und Unterkanten der Terrassen.

Abb. 1 zeigt eine statistische Auswertung der Daten. Mit Ausnahme der Oberkanten von Praterterrasse und Zone der rezenten Mäander (Holozän) lassen sich sämtliche Höhenlagen statistisch signifikant unterscheiden. Während sich jüngere Terrassen im Laufe des Pleistozäns erwartungsgemäß immer tiefer in ältere einschneiden, fällt im Holozän auf, dass das Bett der Donau höher liegt als am Ende des Pleistozäns. Möglicherweise enthalten die Schotter innerhalb der heute auskartierten Zone der Mäander im untersten Bereich Material, welches zur Zeit der Praterterrasse angeschüttet wurde. Die Medianwerte der Höhenlagen von Praterterrasse (Würm), Stadterrasse (Riß) und Arsenalterrasse (Mindel) stimmen mit bisher veröffentlichten Ergebnissen (BRIX, 1970; FUCHS, 1985) überein und sichern diese statistisch mit einer hohen Anzahl von Bohrdaten ab.

Für Wienerbergterrasse (Günz) und Laaerbergterrasse (Prägünz) liegen die Ober- und Unterkanten etwas tiefer, als bisher angegeben. Zusätzlich liegen hier bimodale Verteilungen innerhalb der Daten vor, die durch sedimentäre Prozesse der Terrassenaufschüttung nicht erklärbar sind. Eine regionale Betrachtung zeigt, dass vertikale

Abb. 1. Medianwerte der Ober- und Unterkanten von Kieskörpern im Wiener Stadtgebiet. Box- und Whiskers-Plots zeigen die statistischen Verteilungen (Minimalwert, Q_{25} , Median, Q_{75} und Maximalwert) der Unterkanten.



Bewegungen nach der Deposition für die ungewöhnliche Datenverteilung verantwortlich sind. Die betroffenen Gebiete liegen am Ostabhang des Laaerbergs, wo Abschiebungen entlang des Leopoldsdorfer Bruchs heute noch aktiv sind (PERESSON, 2006), sowie am Ostabhang der Schmelz, einer Hochzone, wo SCHNABEL (1997) bereits „verschwemmte Schotter der Laaerbergterrasse“ kartiert hat. Nimmt man die post-sedimentär abgesenkten Gebiete aus dem Datenpool, so verteilen sich die Höhenwerte normal und stimmen mit Angaben in der Literatur überein.

Die in Abb. 1 erkennbaren Mächtigkeiten zeigen eine klare Zunahme von alten Terrassen bis zur Stadterrasse, gefolgt von einer Abnahme bis ins Holozän. Dies hängt zusammen mit einem Trend in der zeitlichen Entwicklung der Erosions- und Depositionsenergie der Donau, der im folgenden Kapitel anhand von Flussgradienten abgeleitet wird.

3. Regionale Trends

Ober- und Unterkanten zeigen naturgemäß ein Gefälle entlang der Fließrichtung der Donau. Abb. 2 präsentiert die Höhenlagen der Unterkante von Stadt- (blaue Symbole) und Praterterrasse (rosa Symbole) sowie der Zone der rezenten Mäander (grüne Symbole) in einem Nord-Süd-Profil. Die Gradienten der linear berechneten Regressionsgeraden (Medianregression) betragen 1,5 ‰ für die Stadterrasse und 0,8–0,9 ‰ für die beiden jüngeren Einheiten. Die Analyse der Oberkanten ergibt ähnliche Trends. Die Abnahme der Gradienten vom Riß bis ins Holozän ist für andere größere Flüsse in Österreich beschrieben (WINKLER-HERMADEN, 1955) und hängt letztendlich mit der tektonischen Hebung der Alpen (KOHL, 2000) bzw. der Subsidenz der vorgelagerten Becken zusammen. Die tektonischen relativen Vertikalbewegungen steuern Gefälle und Energie der Flüsse und der oben erwähnte Trend in Mächtigkeitszunahmen und -abnahmen ist mit diesen Prozessen direkt verknüpft. Wegen der flächenmäßig geringen Ausmaße der älteren Terrassen innerhalb von Wien lassen sich ähnliche Berechnungen und Darstellungen wie in Abb. 2 statistisch nicht absichern.

Am südlichen Ende des Profils lässt sich eine Zone auffallend niedriger Höhenwerte erkennen (gestrichelte Linie in Abb. 2). Dieser Bereich liegt über der sogenannten Schwechater Senke (KRÖLL & WESSELY, 1993), einer tektonischen Absenkungszone, die schon während des Neogens aktiv war. Die hier präsentierten Höhendaten demonstrieren deutlich, dass auch während des Quartärs

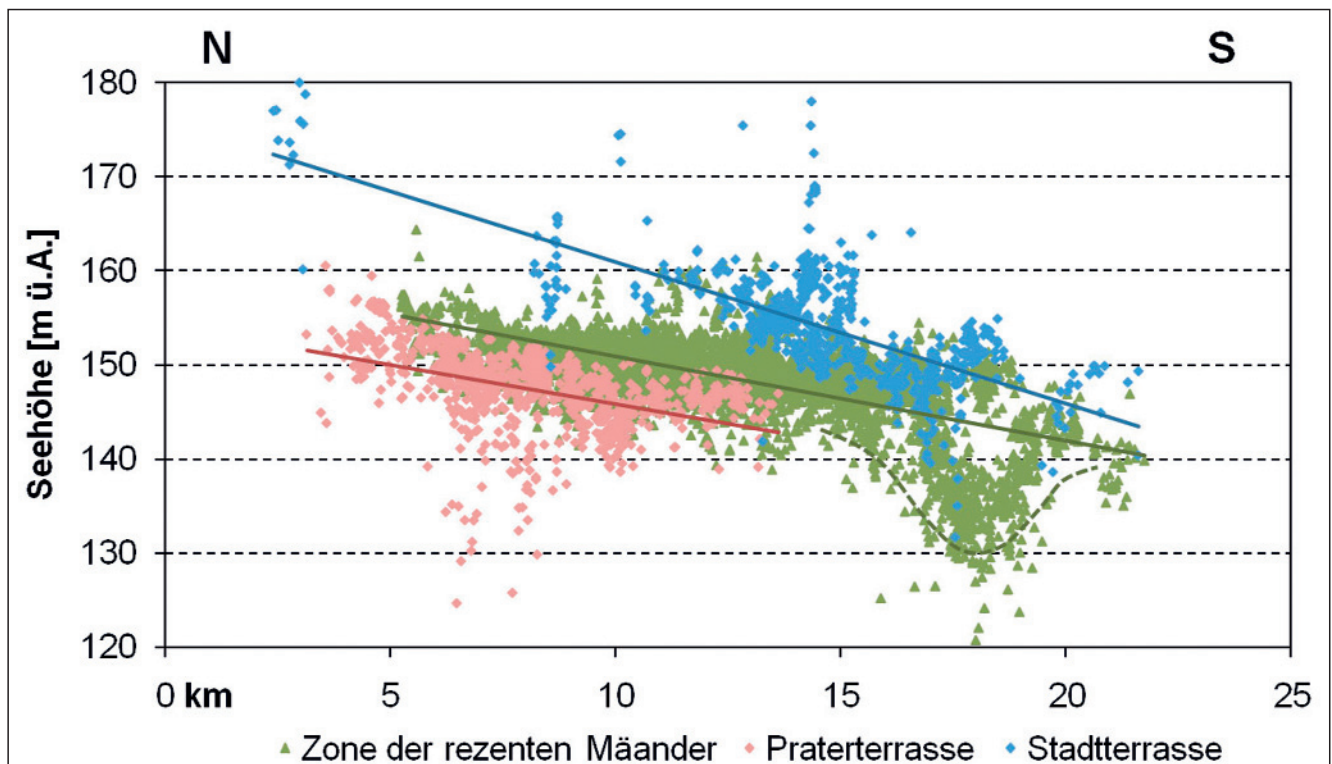


Abb. 2. Trends der Unterkanten der drei jüngsten Kieskörper parallel zur Fließrichtung. Die Gradienten betragen 1,5 ‰ für die Stadtterrasse und 0,8–0,9 ‰ für die Praterterrasse und die Zone der rezenten Mäander. Die gestrichelte Linie zeigt ein Gebiet tektonischer Absenkung.

eine Absenkung erfolgte. Präzisionsnivelements des Österreichischen Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen zeigen überdies, dass die Subsidenz in diesem Gebiet auch heute noch anhält.

Zusätzlich zu der Berechnung konstanter Gradienten erlaubt die Fülle von Bohrdaten eine drei-dimensionale Trendanalyse der Terrassenunterkanten mit Polynomen höherer Ordnung. Damit kann die Morphologie der Beckenform zu verschiedenen Zeitpunkten des Quartärs simuliert werden. Modellierung mit geostatistischen Werkzeugen von ArcGIS™ ergeben für die Unterkante der Stadtterrasse entlang der Fließrichtung ein Gefälle, welches im Norden bei Eintritt der Donau in das Becken etwas steiler ist und nach Süden abnimmt. Quer zur Donau ergibt sich ein U-förmiger Trend, dessen tiefste Lage dem heutigen Verlauf der Donau entspricht. In der Würm-Eiszeit (Unterkante Praterterrasse) verflacht die Rinne und verlängert sich um 5 km nach Osten, im Holozän nähert sich die tiefste Lage wieder der heutigen Situation an. Es wird betont, dass diese Ergebnisse statistische Modellrechnungen darstellen und daher lediglich als mögliche Anzeichen der Beckenentwicklung zu sehen sind.

4. Lithologische Zusammensetzung der Wiener Terrassen

Die verwendeten Bohrprofile enthalten neben der Höhenlage von Schichtgrenzen auch Materialbeschreibungen, welche eine Fülle geologischer Informationen bezüglich Lithologie der Haupt- und Nebenbestandteile der durchteuften Schichten, deren Farbe und teilweise auch Angaben über Kornform, Verwitterungsgrad, Lagerungsdichte, Wassergehalt oder Porosität enthalten. Die Wiener Terrassen bestehen naturgemäß nicht ausschließlich aus reinen Kiesen, sondern weisen Einschaltungen von Sand, Schluff und Ton meist in Form von cm- bis dm-mächtigen Linsen auf, die sich lateral mehrere Hundert Meter ausdeh-

nen können (GRUPE & JAWECKI, 2004). Eine statistische Auswertung der Materialbeschreibungen ergibt die in Abb.3 dargestellten typischen lithologischen Zusammensetzungen der einzelnen Kieskörper (PFLEIDERER & HOFMANN, 2007). Die Säulen stellen hierbei nicht Korngrößenverteilungen etwaiger Bodenproben dar, sondern spiegeln vielmehr die Häufigkeit und kumulative Mächtigkeit von feinkörnigen Einschaltungen innerhalb der Kiespakete wider. Ein deutlicher abnehmender Trend feinkörniger Zwischenschichten wird im Laufe des Quartärs sichtbar, der zum einen mit der oben beschriebenen Zunahme der Strömungsenergie, zum anderen mit der stärkeren Verwitterung älterer Terrassen zusammenhängt.

In der regionalen Verteilung der feinkörnigen Zwischenschichten lassen sich keine statistisch signifikanten Häufigkeitsanomalien feststellen. Offensichtlich blieb die Sedimentfracht der Donau innerhalb des heutigen Wiener Stadtgebietes gut durchmischt und wurde einheitlich abgelagert. Allerdings zeigt sich südlich des Mündungsbereiches des Wienflusses in die Donau eine sprunghafte Zunahme von Sandeinschaltungen. Dies wird besonders deutlich innerhalb der Stadt- und Arsenalterrasse, in geringerem Maße auch in der Wienerberg- und Laaerbergterrasse. Die Ursache der gehäuften Sandlinsen liegt darin, dass der Wienfluss sandiges Erosionsmaterial aus dem westlichen Wienerwald antransportiert, welches sich zwischen die Donausedimente einschaltet und vom Mündungsbereich nach Süden eine deutliche Fahne hinterlässt.

5. Diskussion

Die vorliegende geostatistische Analyse quartärer Kiesablagerungen im Wiener Stadtgebiet beschreibt Höhenlagen und lithologische Zusammensetzung mit Hilfe einer sehr hohen Anzahl von Bohrdaten (9.439 Bohrungen insgesamt). Die Höhendaten liefern eine statistische Absicherung früherer Angaben aus der Literatur und konkretisieren

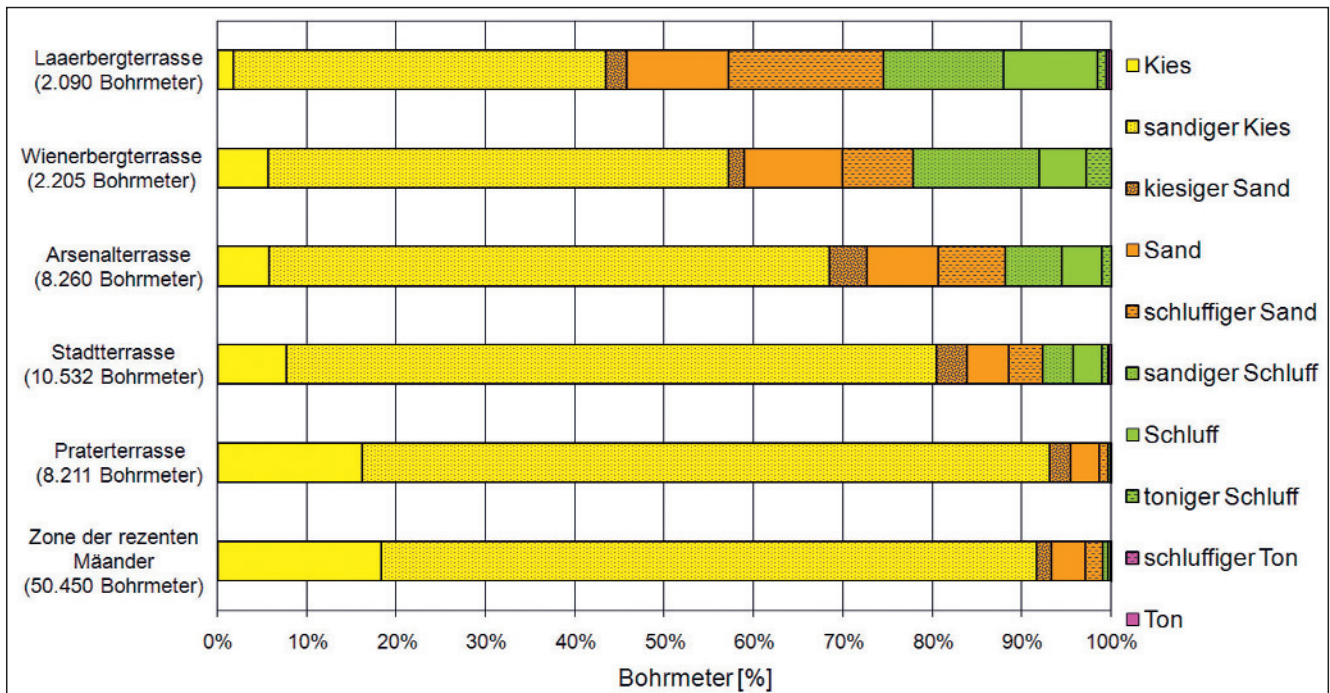


Abb. 3. Typische lithologische Zusammensetzung der quartären Kieskörper (nach PFLEIDERER & HOFMANN, 2007).

diese. Damit werden Rückschlüsse auf die Entwicklung von Flussgradienten, Beckenform, tektonischen Hebungs- und post-sedimentären Absenkungen möglich. Die Auswertung lithologischer Daten unterstützt diese Rückschlüsse und bietet außerdem wertvolle Informationen für angewandt-geologische Bereiche der Hydrogeologie, Bodenphysik, Ingenieurgeologie und Rohstoffgeologie.

Literatur

- BRIX, F. (1970): Die Entstehung der Steine und der Landschaft (Geologie, Geomorphologie und Geophysik). – In: STARMÜHLNER, F. & EHRENDORFER, F. (Red.): Naturgeschichte Wiens, Bd. I: Lage, Erdgeschichte und Klima, 419 S., Wien – München (Jugend und Volk).
- FINK, J. & MAJDAN, H. (1954): Zur Gliederung der pleistozänen Terrassen des Wiener Raumes. – Jb. Geol. B.-A., **97**, 211–249, Wien.
- Fuchs, W. (1985): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50 000, Blatt 59 Wien. – Wien (Geol. B.-A.).
- GRUPE, S. & JAWECKI, C. (2004): Geomorphodynamik der Wiener Innenstadt. – 14–30, Wien.
- KOHL, H. (2000): Das Eiszeitalter in Oberösterreich. Abriss einer Quartärgeologie von Oberösterreich. – Schriftenreihe des Oberösterreichischen Musealvereins – Gesellschaft für Landeskunde, **17**, 487 S., Linz.
- KRÖLL, A. & WESSELY, G. (1993): Wiener Becken – Relief und Tektonik des Untergrundes. – In: BRIX, F. & SCHULTZ, O.: Erdöl und Erdgas in Österreich, Wien – Horn.
- KÜPPER, H. (1968): Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen: Wien. – 206 S., Geol. B.-A., Wien.
- PERESSON, H. (2006): Neotektonik. – In: WESSELY, G.: Geologie der österreichischen Bundesländer: Niederösterreich, 416 S., Geol. B.-A., Wien.
- PFLEIDERER, S. & HOFMANN, T. (2007): Digitaler Angewandter Geo-Atlas – Stadtgeologie am Beispiel von Wien. – Jb. Geol. B.-A., **147**, 263–273, Wien.
- REITNER, H. (2000): 3d Visualization and Analysis of Borehole Data with ArcView 3D Analyst. – Proceedings of 2nd ICGESA 2000 International Conference on GIS for Earth Science Applications, Ljubljana.
- SCHAFFER, F.X. (1904): Zur Frage der alten Flußterrassen in Wien. – Mitteilungen der k.k. Geographischen Gesellschaft in Wien, **47**, 91–95, Wien.
- SCHNABEL, W. (1997): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50 000, Blatt 58 Baden. – Geol. B.-A., Wien.
- VAN HUSEN, D. (1987): Zur Entwicklung des oberen Ennstales im Pleistozän. – Arbeitstagung 1987, 86–93, Geol. B.-A., Wien.
- WINKLER-HERMADEN, A. (1955): Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpensaum außerhalb der Vereisungsgebiete. – Springer Verlag, 180 S., Wien.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 9. Juni 2008