

Die Morphogenese der Wachau Versuch einer neuen Deutung

Von HUBERT NAGL und SPYRIDON VERGINIS, Wien

Mit 2 Tab. und 8 Abb. im Text und 3 Abb. im Anhang

Inhalt

1. Einleitung	7
2. Das Problem der Alten Talstücke	8
2.1 Diskussion der bisherigen Ansichten	9
3. Tertiärvorkommen und Grundgebirgsoberkante	12
4. Schottervorkommen und Schotteranalyse	13
5. Ein neues morphogenetisches Bild der Wachau	19
6. Zusammenfassung	19
7. Literaturverzeichnis	23
8. Anhang	24

1. Einleitung

Seit rund einem Jahrhundert beschäftigen sich Geologen und Geographen mit dem Phänomen der Donaudurchbrüche und mit ehemaligen Donauläufen im Alpenvorland und am Südrand des Böhmisches Massivs. Viele Daten beweisen zwar frühere Flußläufe, die auch mit relativ großer Wahrscheinlichkeit der Donau oder einer Vor- bzw. Urdonau zugeschrieben werden können, doch über die eigentliche Ursache der Verlagerung des Flusses in die harten kristallinen Gesteinsbereiche von Mühl- und Waldviertel (Abb. 1) gibt es nur wenige stichhaltige Theorien. Meist wird der eigentliche morphogenetische Vorgang totgeschwiegen.

KARTE von ÖSTERREICH

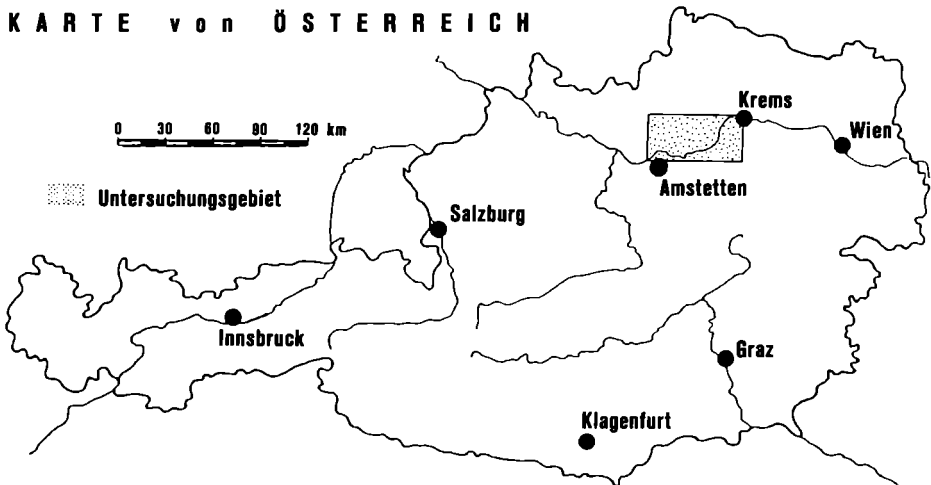


Abb. 1: Die Lage des Untersuchungsgebietes

Von PENCK (1898, 1903) an haben sich in chronologischer Reihenfolge folgende Autoren mit diesem Fragenkomplex direkt oder indirekt befaßt: HÖDEL, KINZL, KÖLBL, SCHAFFER, DWALD, KREBS, KLÜPFEL, POPP, PIA, WALDMANN, GRILL, HAUER, KOHL, PIPPAN, WINKLER-HERMADEN, THIELE, FISCHER u. a.

Die Grundfrage liegt dabei meist auf der Deutung der Entwicklung der Donau zu einem zusammenhängenden Flußsystem sowie der Beurteilung der Engtäler im Sinne einer tektonischen Anlage, einer dominanten Epigenese oder Antezendenz. Nur PENCK erwähnt bereits die Möglichkeit einer Anzapfung der Wachau vom Kremser Trichter aus. Sonst gibt es Hypothesen mit wilden Verschüttungen bis (heute) über 1000 m, Kippungen in alle Richtungen und Urdonauläufe, die eigenartigerweise recht unbegründet zwischen Waldviertel, Dunkelsteiner Wald und Molassezone wechseln. Im Folgenden soll nun gezeigt werden, daß sehr wohl verschiedene Flußlaufstücke „zusammengeschweißt“ worden sind, einen wesentlichen Anteil daran aber hatte die (Ur-)Enns, die der Donau den Weg bereitete.

2. Das Problem der alten Talstücke

Betrachtet man vorerst isoliert die alten, scheinbar unzusammenhängenden Talstücke, die heute meist außer Aktion gesetzt sind oder von kleinen Bächen subsequent durchflossen werden, so kann man diese altersmäßig in drei Gruppen gliedern:

1. oligozäne und miozäne (z. T. mit Tertiär erfüllt)
2. pliozäne (oft als Terrassen weiterverfolgbar)
3. quartäre (meist nur mehr lokale Abweichungen)

Unter die *erste* Gruppe fallen wieder zwei völlig verschiedene Typen: Einerseits die heute mit Molasse oder Melker Sanden erfüllten Tiefenzonen (Melk-Loosdorf), andererseits die echten alten Täler am Südrand des Mühl- und Waldviertels und im Dunkelsteiner Wald (Pöggstaller Talung, Hochtal von Gansbach).

Hier tritt unserer Meinung nach der erste Fehlschluß auf, wenn beispielsweise PIA (1939) oder WALDMANN (1950) die heute mit Tertiärsanden erfüllte Senke südlich des Dunkelsteiner Waldes (Melk-Loosdorf-St. Pölten) als oligozänes Flußtal bezeichnen, das später verschüttet wurde. Es gibt keinerlei gerölmäßige Beweise, ganz abzusehen von der postulierten Anzapfung des Tales von der Wachau aus (durch welchen Fluß und warum?). Das Vorkommen mariner Muscheln unterhalb der heutigen Donau ist ja durchaus kein Hinweis auf einen genetischen Zusammenhang mit der späteren Donauentwicklung.

Hingegen weisen die alten Talungen im Kristallinmassiv durchaus das Bild des Tales eines großen Stromes auf (Querprofil), vor allem sind die Gerölle (Grobshotter bis Kindskopfgröße) der Beweis von großen Wassermassen. Diese Schotter können – wie mehrfach erkannt worden ist – keinen nahen Ursprung haben, da sich im gesamten Bereich die Kiese petrographisch und morphometrisch von ihnen unterscheiden. Die Frage bleibt vorerst: Wer hat sie gebracht und was war mit den großen Alpenflüssen (u. a. Enns), von denen niemand etwas erwähnt.

Hier liegt unseres Erachtens ein Schlüssel zu der Problematik, da die prämarinen Talungen, also solche, die vor der Ablagerung der Melker Sande und deren Äquivalente abgelagert worden sind, ohnehin nicht der Donau im heutigen Sinne zugehört haben. Damit fällt die Melk-Loosdorfer Talung u. ä. weg; ganz abgese-

hen davon bliebe auch hier wieder die Frage offen, was mit Enns- und Ybbsystem gewesen ist.

Die gewaltige Epigenese, die notwendigerweise angenommen werden muß, um eine Donau von der Loosdorfer Talung in die Pöggstaller Talung bzw. möglicherweise wieder von dort in die Wachau zu bringen, ist eher als „deus ex machina“ anzusehen, da eine Verschüttung bis auf (heutige) Höhen von über 1000 m (Gr. Peilstein 1061 m) nirgends nachzuweisen ist und oberhalb 550 m keinesfalls Schotter oder eine Schotterstreu gefunden werden konnte. Es ist daher auch eine spätere Hebung *keine* Erklärung!

Besonders erschwert wird eine zeitliche Zuordnung der einzelnen Abschnitte durch die auch am Massivrand verhältnismäßig stark wirksame Jungtektonik; so führt G. FUCHS beispielsweise die starke Hebung des oben genannten Ostrongs auf sehr junge (pliozäne) postmorphologische Vorgänge zurück.

Bevor daher die Elemente behandelt werden, sollen die bisherigen, wenigen älteren und in der neueren Literatur ausnahmslos nur wiederholten Ansichten diskutiert und das Für und Wider beurteilt werden. Dazu waren Geländebegehungen und -kartierungen 1982–1985 einerseits, Schotteranalysen, die freundlicherweise Herr Univ.-Doz. DDR. S. VERGINIS durchführte, andererseits die Voraussetzungen.

2.1 Diskussion der bisherigen Ansichten

A. PENCK (1903): Er kombinierte die Tatsache, daß die untere Wachau (marine Sedimente bis unter die Flußsohle) eine prämiozäne Anlage ist, mit der Vermutung eines alten Donaulaufes über das Plateau des Dunkelsteiner Waldes bei Gahnsbach und spricht als erster von einer möglichen Anzapfung: Dieses hochgelegene Tal sei also in die untere Wachau bzw. Pöggstaller Talung angezapft worden, allerdings geht er nicht näher auf das „Wie“ ein.

N. KREBS (1928) und L. WALDMANN (1950) nehmen ebenfalls eine Anzapfung und zwar von der Loosdorfer Talung in die untere Wachau hin an, aber ebenfalls ohne die Entwicklung zu erörtern.

O. KENDE (1922) und W. KLÜPFEL (1928) sprechen von einer vorherrschenden Epirogenese, welche auch W. FUCHS (1972) nicht für unmöglich erachtet, da er postmorphologische tektonische Bewegungen großen Ausmaßes (Hebung des Ost-rong) annimmt.

R. GRILL (1951) bewertet ebenfalls die tektonischen Vorgänge hoch, sodaß er, wie auch TH. PIPPAN (1955 im Passauer Tal) einen bestimmten Anteil antezedenter Vorgänge für wahrscheinlich hält.

J. PIA (1939) beschäftigte sich sehr ausführlich mit der Donautalentwicklung und wird daher von allen späteren immer wieder zitiert. Er nimmt oligozäne und miozäne Talbereiche an, so jenen Melk–Loosdorf–St. Pölten, die Pöggstaller Talung–Spitz–untere Wachau, meint aber, daß erst spätere Vorgänge einen einzigen Talzug geschaffen haben (S. 12); hier stellt sich aber wieder die Frage des „Wie“, die unbeantwortet bleibt.

Jedenfalls ist die wechselhafte Geschichte (Verschüttung und Wiederaufdeckung von alten Talstücken) auf Grund der Sedimente vielfach angedeutet, es fehlen jedoch für manche Ansichten ausreichende Beweise, ja selbst logische Ableitungen.

J. PIA und L. WALDMANN, aber auch andere haben bis 520 m SH marine Ablagerungen, durch Fossilfunde eindeutig belegt, gefunden; R. HAUER (1954) und andere vor ihm stellten in Höhen von 310 m–605 m Deltakegel am Südrand des

Mühl- und Waldviertels fest, eine Erscheinung, die A. WINKLER-HERMADEN (1957) bestätigt, indem er eine oberpannone Schotterflur von Hausruck und Kobernauber Wald (über 800 m) gegen Osten auf ca. 600 m absinken läßt. Diese würde im Bereich der Wachau 700 m Akkumulationshöhe erreichen, eventuell sind aber später tektonische Verstellungen wahrscheinlich.

Selbst die modernste Arbeit (H. FISCHER 1979) beschreibt die Vorgänge nur teilweise (S. 57: rückschreitende Erosion von der Donau her zerlegt die Pöggstaller Talung ...). Aber wie die Donau selbst von der Pöggstaller Talung in die Wachau (bzw. in den Strudengau) gekommen ist und ihre Seitenflüsse jetzt rückschreitende Erosion ausüben, bleibt unerwähnt.

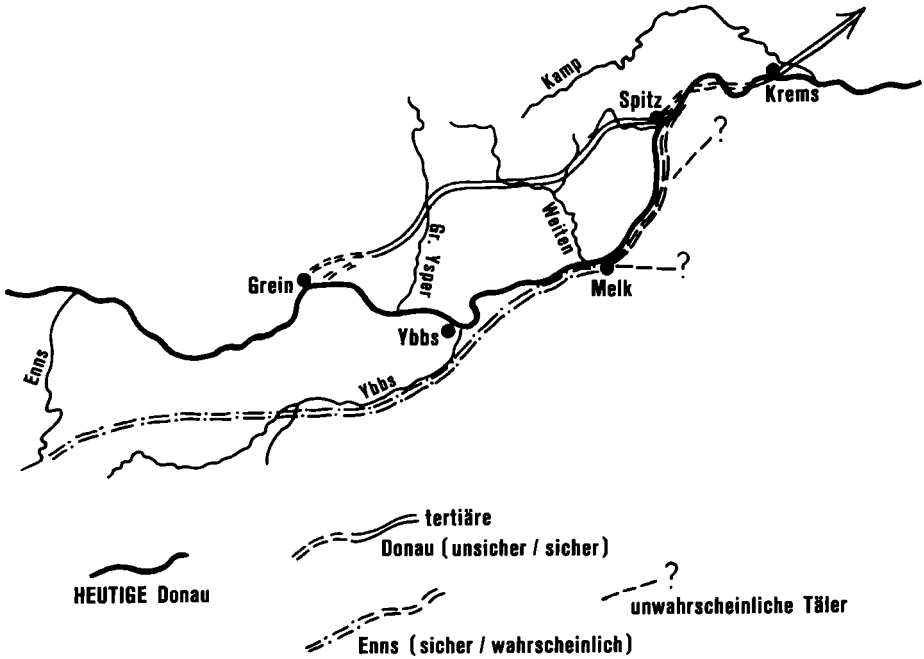


Abb. 2: Die Verlagerung von Donau und Enns im Jungtertiär

Eine wesentliche Feststellung scheint unseres Erachtens zu sein, daß die Gerölle keine Nahschotter, sondern nur durch Ferntransport in ihrem Aussehen und ihrer Größe zu erklären sind (siehe auch zuletzt H. FISCHER). Ein weiteres wesentliches Merkmal ist die Verteilung der Schotter (jungtertiären Alters) der alpinen Zuflüsse, die bisher nie in die Betrachtung einbezogen worden sind.

Abb. 2 zeigt das derzeitige Talnetz der Donau und deren Nebenflüsse sowie die pannonisch bis pontischen Akkumulationen. Es läßt sich aus der Lage und Aufschüttungsrichtung der erhaltenen Schotterkörper, die eigentlich bis ins Altquartär hinein die gleiche Orientierung erhielten, die erste Prämissen leicht ableiten. Eine zweite wesentliche Voraussetzung liegt in den Profilen des Molassebereichs östlich Melk und in der Wachau, die dankenswerterweise von der DOKW zur Verfügung gestellt wurden (Abb. 3). Sie zeigen, wo die Donau einmal nicht ihren Weg genommen haben kann. Schließlich sollen noch die Hinweise auf

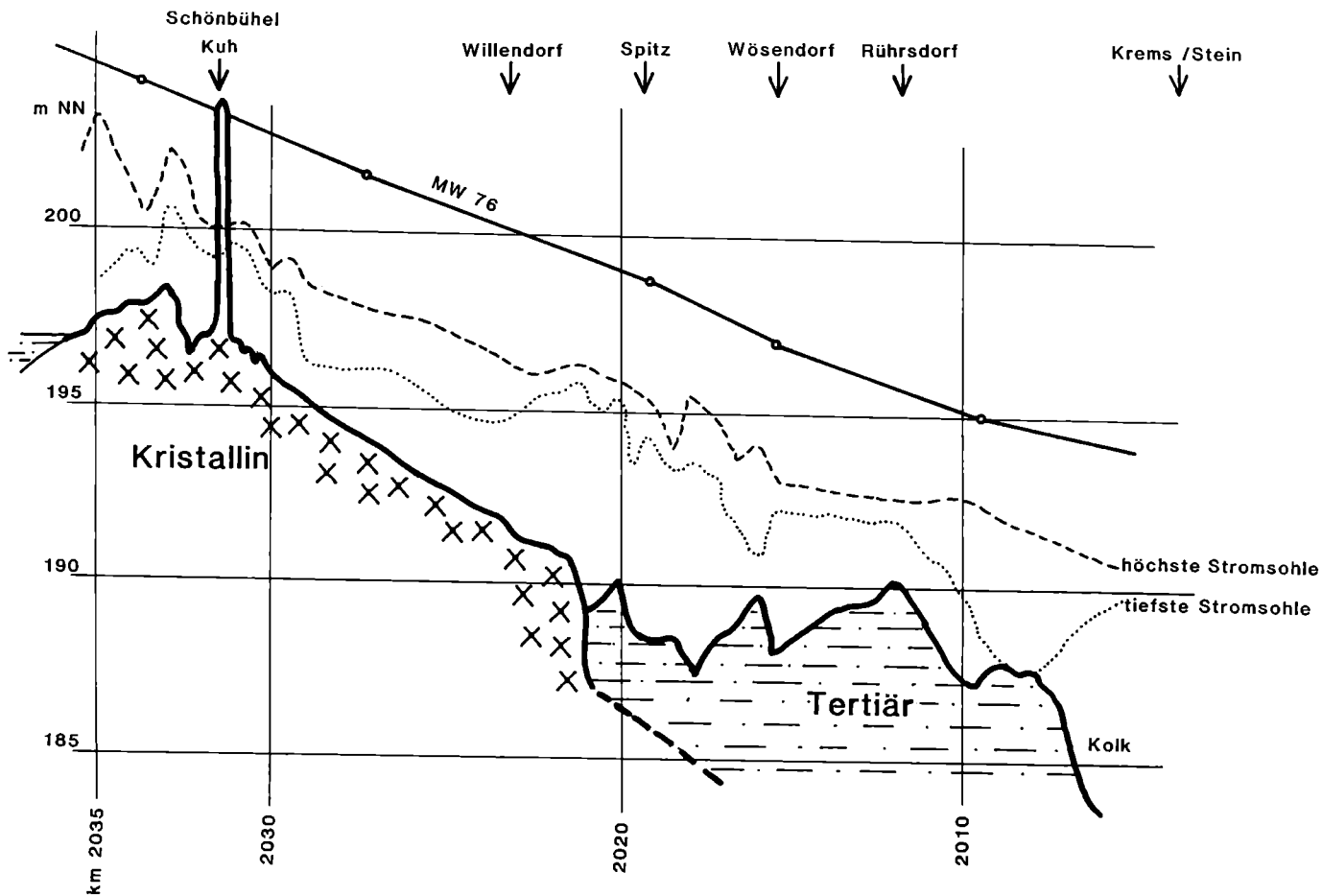


Abb. 3: Längsprofil des Donaubettes in der Wachau (nach Bohrungen der DOKW 1976)

tektonische Vorgänge ausgewertet werden, Vorgänge, die bis in jüngste Zeit (Pleistozän) wiederbelebt worden sind.

3. Tertiärorkommen und Grundgebirgsoberkante

Wie aus den Arbeiten für das Kraftwerk Melk bzw. den Vorarbeiten für das geplante Kraftwerk Rührsdorf/Wachau hervorgeht (nach G. GANGL, F. MARKOVEC und P. STEINHAUSER, 1979 sowie unveröff. Bohrergebnissen), setzt sich die Diendorfer Störung vom unteren Melktal über Melk-Schönbühel in die Wachau fort, gegen Osten ist nirgends im Grundgebirge eine alte Talung zu erkennen (Abb. 3). Hingegen sprechen die Tertiärorkommen bei Schönbühel und Spitz für ein bereits vorhandenes Tal in der heutigen Wachau mit einem etwas höheren Gefälle als heute. Ob dies der alten Erosionslinie oder einer späteren Tektonik entspricht, kann bei dem Fehlen anderer auswertbarer Terrassen nicht gesagt werden. Eindeutig ist jedoch, daß

1. keine Donau vor der Akkumulation der Melker Sande über Loosdorf nach St. Pölten floß (selbst bei Melk finden sich unter dem Tertiär nur mächtige Zonen verwitterten Grundgebirges, aber keine Schotter) und

2. ein Fluß zur Zeit der Pöggstaller Talung die Wachau durchzog. Ebenso ist die Mulde von Gahnsbach (bisher) nicht als Donautal erwiesen.

Demnach bleiben für die Beurteilung nur die Tatsachen, die sich aus der Verbreitung der Schotter in heute zu Talungen zerlegten alten Tälern ergeben, sowie die Gegenbeweise zu anderen Meinungen (Loosdorfer Furche). Zusätzlich sind die neotektonischen Bewegungen (FUCHS 1964) nicht außer Acht zu lassen, die sehr wohl in verschiedenen Bereichen entgegengesetzte Bewegungsrichtungen

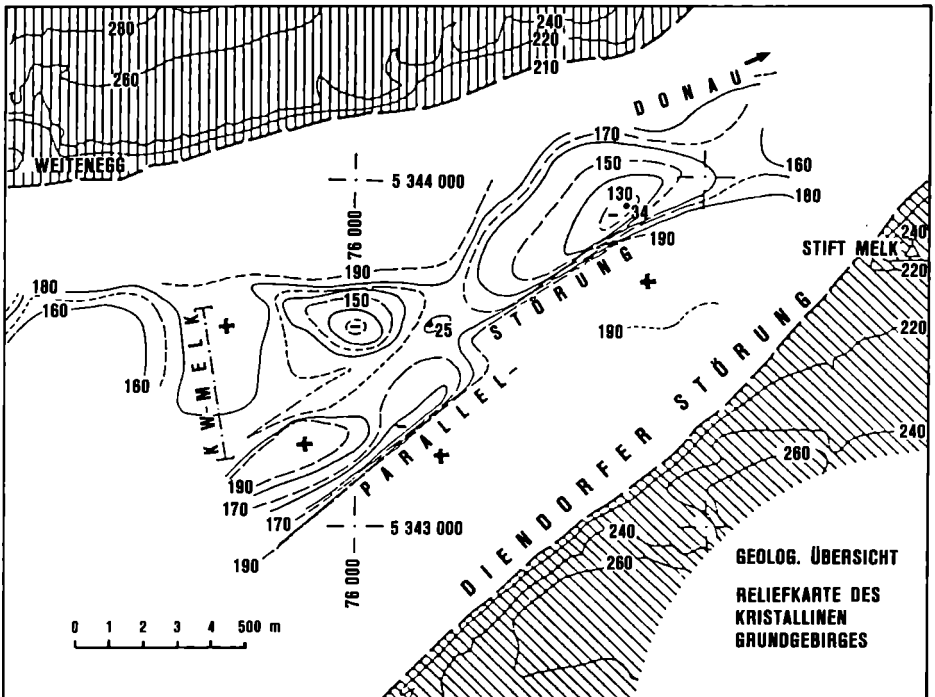


Abb. 4: Die Diendorfer Störung und die „Parallelstörung“ im Bereich von Melk, Wachau-Eingang (aus: G. GANGL, F. MARKOVEC u. P. STEINHAUSER: Anwendung geophysikalischer Verfahren bei einem Kraftwerksprojekt an der österreichischen Donau, Abb. 12)

auswiesen! Vor allem im Bereich der Diendorfer Störung und ihrer Parallelstörung sind zahlreiche schollenartige Auf- und Abbewegungen, Seitenverschiebungen und Kippungen nachweisbar und bis ins Quartär wirksam (nach manchen Ansichten bis in die Gegenwart, vgl. SCHEIDEGGER). Alle diese Befunde führten die Autoren zu folgendem Bild der Genese der Wachau (und des Strudengaus).

Abb. 4 zeigt die Kristallinoberkante aufgrund von Bohrdaten und geophysikalischen Messungen sowie die Störungslinien. Diese Störungen verlaufen weit nach NE ins Waldviertel und konnten durch Kluftrmessungen und Flußnetzuntersuchungen bestätigt werden (s. NAGL-VERGINIS 1979). Das Tertiär des Alpenvorlandes reicht noch etwas weiter nach NE bis gegen Schönbühel, dann liegt der Felsuntergrund im Donaubeck, von wo er bis gegen Spitz reicht. Dann beginnt wieder die Tertiärfüllung eines „prämarinen“ Tales, was Abb. 3 zeigt.

Tab. 1: Ergebnisse der DOKW-Bohrungen: Höhenangaben in m über Adria

Bl.-Nr.	Strom-km	MW-76	Stromsohle	OKGrundgeb.	OKTertiär
ME-503	2035,0	204,80	198,40	–	196,30
ME-514	2031,05	203,30	200,05	–	195,75
ME-526	2031,9	203,48	198,90	196,00	196,80
RU-309	2021,0	199,39	196,40	(189,28)	187,40
RU-311	2020,6	199,24	194,90	–	188,20
RU-313	2020,0	199,02	195,60	(190,23)	188,30
RU-324	2017,05	197,82	194,90	(188,30)	186,70
RU-327	2015,9	197,32	194,10	–	186,90
RU-329	2015,5	197,13	193,10	–	185,90
RU-331	2012,0	195,86	192,00	–	190,20
RU-332	2012,0	195,86	192,50	–	185,50
RU-337	2007,8	194,56	191,80	(183,20)	187,70
RU-341	2005,5	194,16	190,20	171,70	–
ME-503		Bereich von Emmersdorf			
ME-514		Bereich von Melk			
ME-526		Bereich von Schönbühel			
RU-309-313		südl. Spitz			
RU-324-329		St. Michael-Wösendorf			
RU-331-332		nördl. Weißenkirchen			
RU-337		Bereich Unterloiben			
RU-341		Bereich Mautern, Kolk (Vergleich)			

(die in Klammer angegebenen Oberkanten (OK) sind in unmittelbarer Nähe der angeführten Bohrung).

4. Schottervorkommen und Schotteranalyse

Geländebeobachtungen und Kartierungen der Autoren (1982–1985) sowie auch die geologische Kartierung von O. THIELE (1965–1983), herausgegeben von der geologischen Bundesanstalt (Wien, 1984, Blatt 35, Königwiesen), beweisen ein Schottervorkommen südlich von Waldhausen (Abb. 5). Die Höhenlage der Schotter (490–500 m), ihre petrographische Zusammensetzung (98% Quarzschotter), ebenso die Schotteranalyse weisen eine echte Donauschotterstreu nach. Die morphometrische Analyse der Schotter (es wurden 198 Schotter analysiert) zeigt

DONAUSCHOTTER IM BEREICH DES SÜDLICHEN WALDVIERTELS

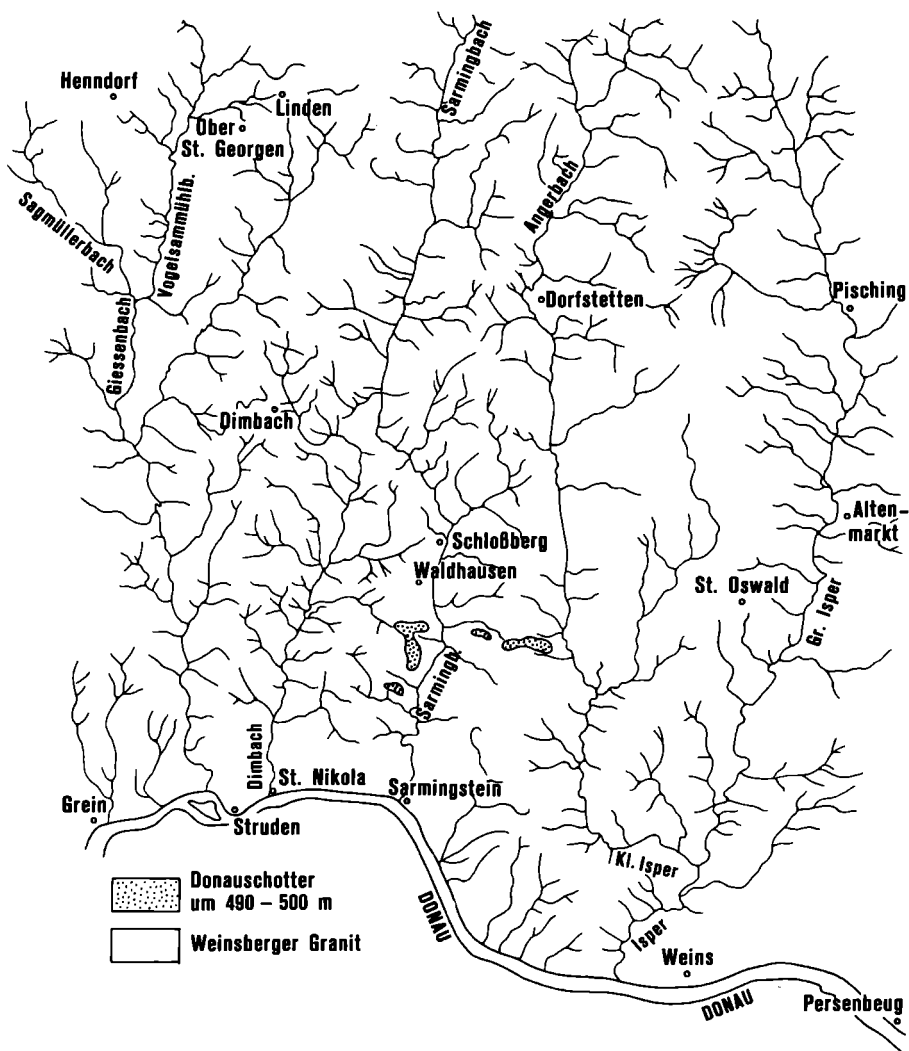


Abb. 5: Donauschotter im Bereich des südlichen Waldviertels

folgende Ergebnisse: Das morphometrische Bild und die Längsachse der Schotter zeigen in die Richtung, in der die Schotter transportiert wurden (Fließrichtung). Das heißt, daß mit dem Geologenkompaß die Richtung der Längsachse der Schotter gemessen und daraus der Schluß gezogen wird, woher die Schotter kommen. Dasselbe beweist auch, daß an dieser Stelle kein Schotterkörper gefunden wird, sondern eine Schotterstreu. Diesbezüglich entspricht die Längsachsenrichtung der Schotter nicht deren Lagerungsverhältnis. Für eine Schotteranalyse können nach der Methode von CALLEUX (1945 und 1965), TRICART (1952 und 1960),

und RICHTER (1952 und 1954) die Abplattung (Ai) und die Zurundung (Zi) der Schotter gemessen und die Herkunft bestimmt werden, sowie daraus auch die damaligen klimatischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes abgeleitet werden.

$$\text{Abplattung: } A_i = \frac{L + B}{2 \cdot E}$$

L = Länge des Schotters (Längsachse)

B = Breite des Schotters

E = Mächtigkeit des Schotters

$$\text{Zurundung: } Z_i = \frac{2 r}{L} \cdot 1000$$

L = Länge des Schotters

r = Radius der kleinsten Zurundung in der Ebene der Längsachse

Nach diesen Messungen kann man die Schotter morphologisch und klimatisch wie folgt klassifizieren:

Schotter	Abplattungsindex (Ai)	Zurundungsindex (Zi)
Steinblock	1,2–1,6	290
Tillit	1,6–1,8	40–90
fluviatile Schotter einer kalten Periode	1,7–2,0	240–300
fluviatile Schotter einer warmen Periode durch Frost zer- kleinertes Material	2,5–3,5	70–200
limnische Schotter	2,0–3,1	10–40
marine (Küsten) Schotter	2,3–4,4	300–370
	2,3–3,8	170–610

In der vorliegenden Arbeit wird aber neben den beiden o. a. Indizes auch das Gewicht der Schotter berücksichtigt, da es eine wesentliche Rolle für die Wassermenge bzw. Wassergeschwindigkeit und Transportfähigkeit innerhalb der Flußbettzone spielt (Tab. 2). Aus Abb. 6 und Abb. 7 sind die Beziehungen des Gewichtes der Schotter zum Abplattungs- und Zurundungsindex zu ersehen, mit einem Häufigkeitsmaximum des Abplattungsindex von 1,66–1,76 und einem Zurundungsindex von 205–235. Diese Werte, verglichen mit den Werten in der Tabelle der Klassifizierung der Schotter, stehen näher dem Wert der „fluviatilen Schotter einer kalten Periode“ (Ai = 1,7–2,0 und Zi = 240–30), weichen aber von den Werten der „fluviatilen Schotter einer warmen Periode“ (Ai = 2,5–3,5 und Zi = 70–200) ab. Die gleiche Auffälligkeit zeigt auch Abb. 8 (Beziehung zwischen Abplattungs- und Zurundungsindex) mit einem Wert von 1,55–1,73 bei Ai und 218–258 bei Zi. Dieser Vergleich weist darauf hin, daß die Donauschotter im Bereich des Untersuchungsgebietes nicht in einer extrem kalten Zeit (Glazial), aber auch nicht in einer warmen Zeit abgelagert worden sind. Daher können wir hier nicht die Grenze Plio/Pleistozän und das Pleistozän (d. h. von Oberpliozän bis spätes Jungpleistozän) mit seinen markanten Klimaschwankungen und einer extrem feuchtwarmen, wechselfeucht warmen und trockenkalten Periode (z. B. Bodenbildungen Stranzendorf und Krems – Profil, vgl. RABEDER-VERGINIS, 1987) annehmen.

Dieses Spektrum an Donauschottern (Ai 1,55–1,73 und Zi 218–258) und die Höhenlage von 490–500 m der Schotterstreuung zeigen uns eine Prä-Glazialzeit, die mit dem Pont (n-PAPP 1985) vergleichbar ist.

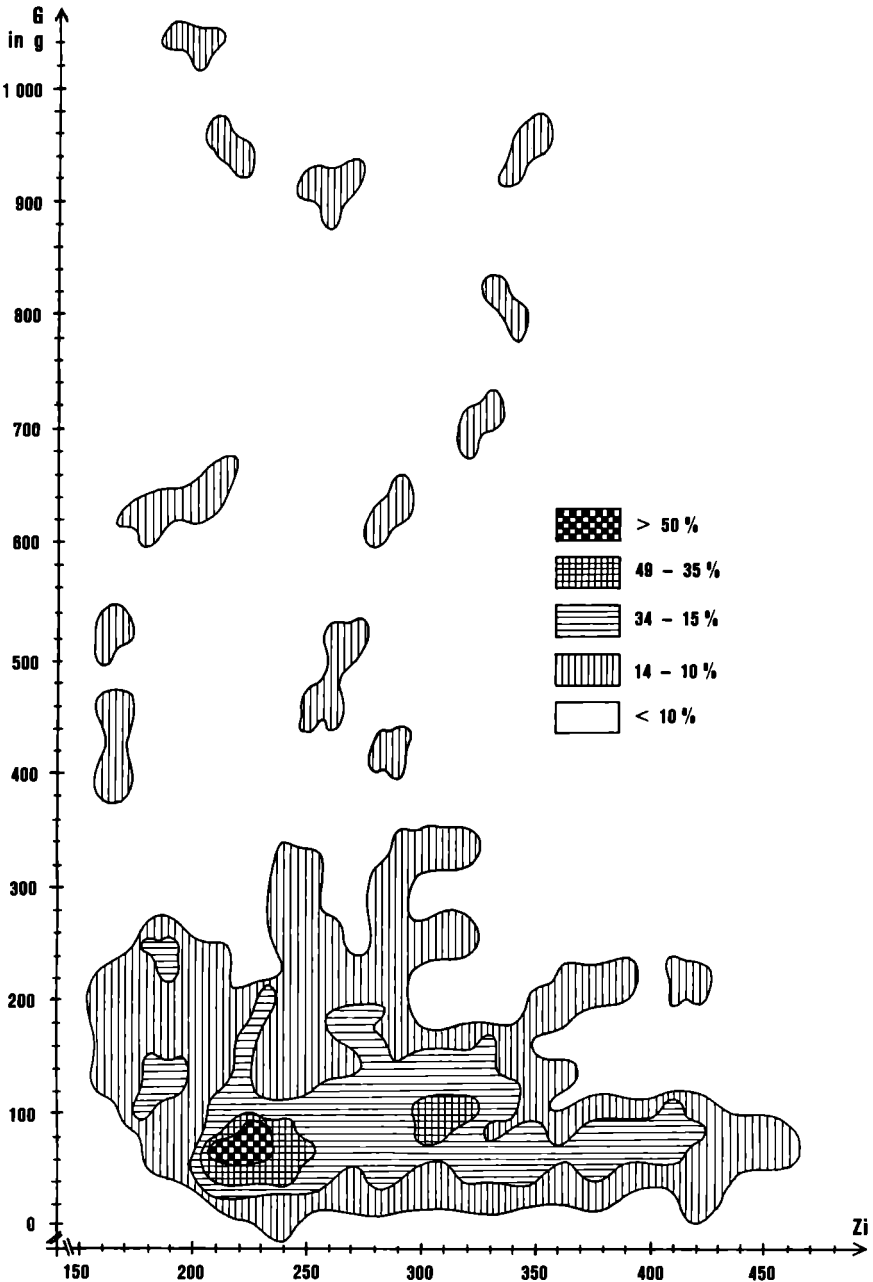


Abb. 6: Beziehung zwischen Gewicht des Schotters und Zurundungsindex

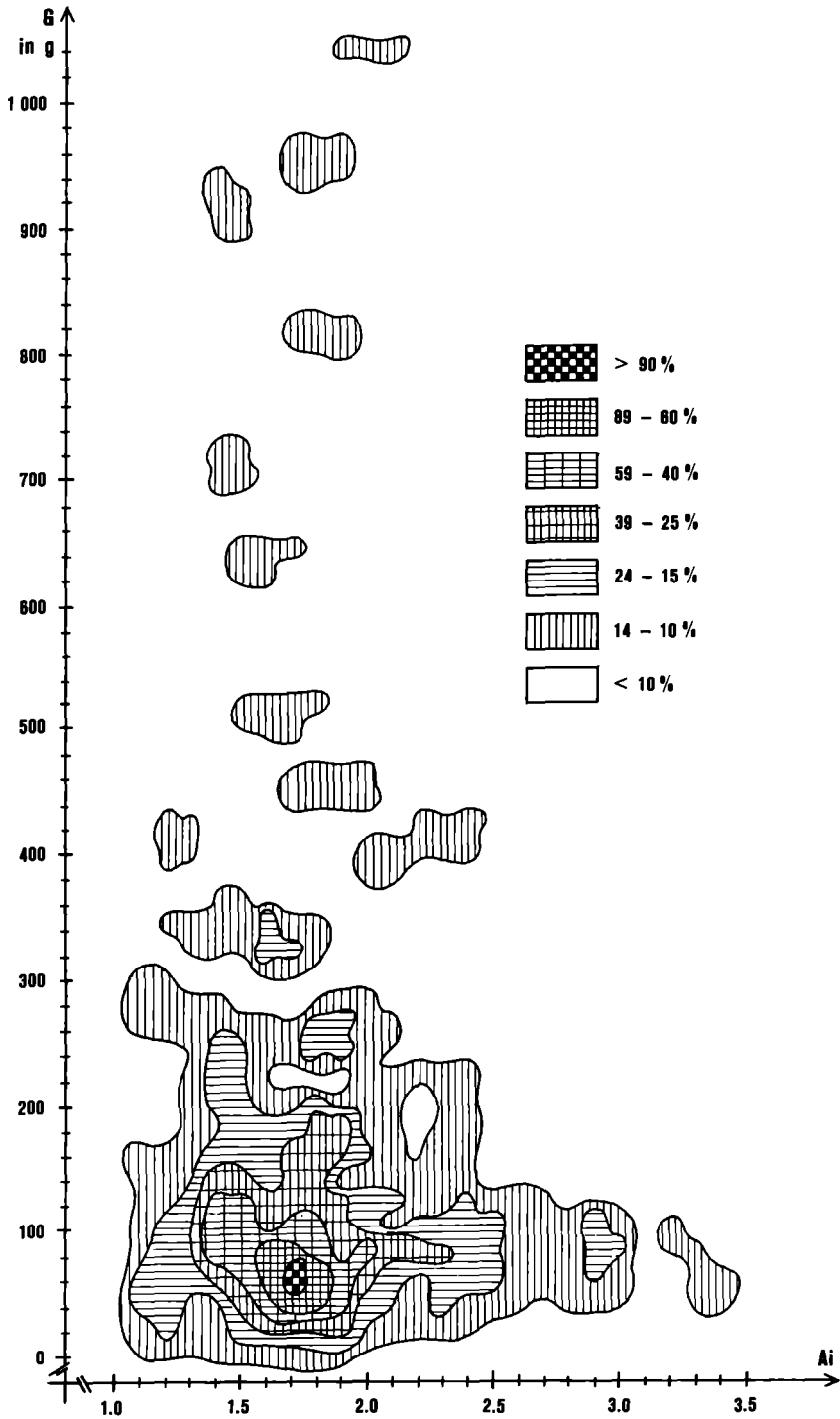


Abb. 7: Beziehung zwischen Gewicht des Schotters und Abplattungsindex

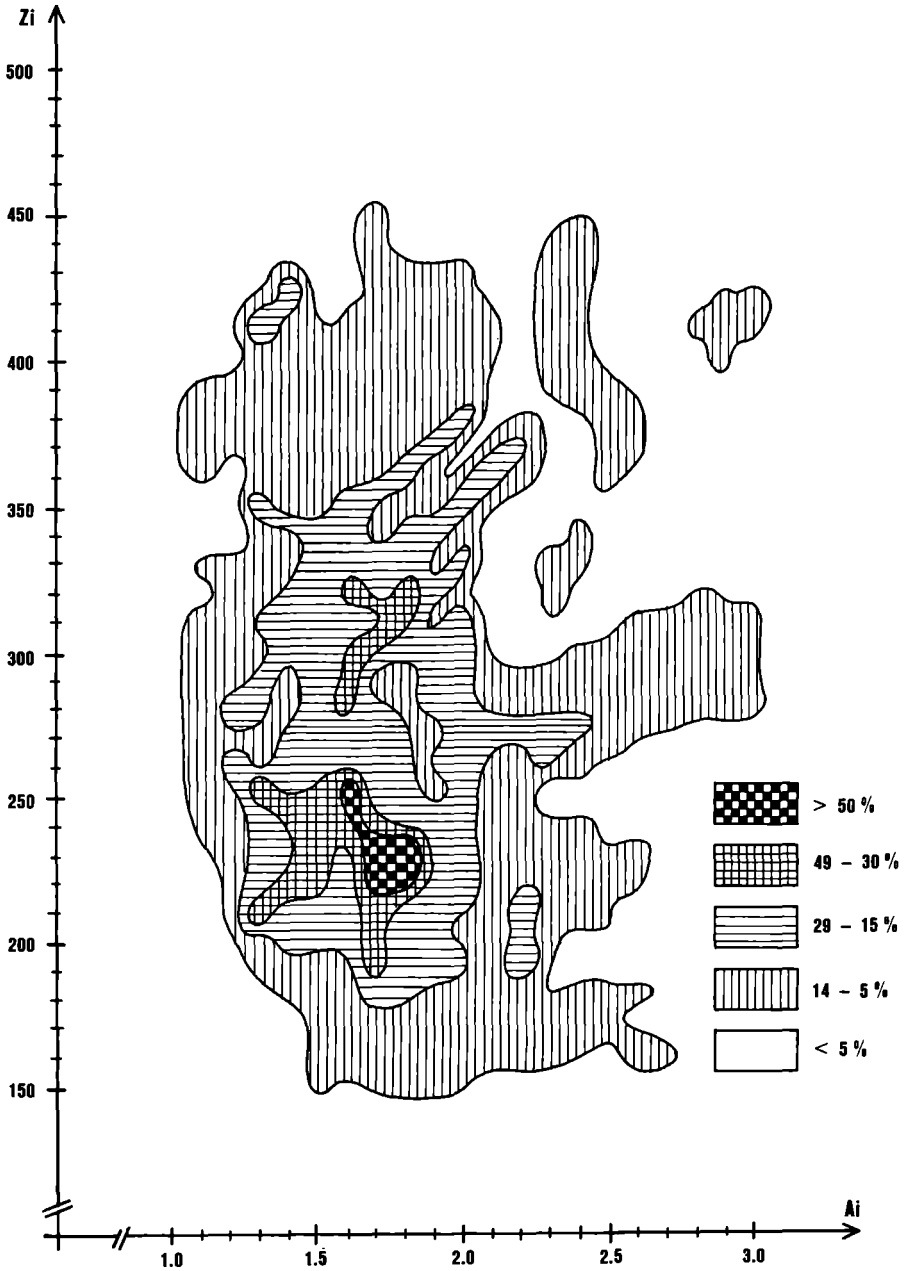


Abb. 8: Beziehung zwischen Zurundungsindex und Abplattungsindex der Donauschotter im Bereich des südlichen Waldviertels

5. Ein neues morphogenetisches Bild der Wachau

Die Tatsache des Vorhandenseins eines Donauspektrums in der Tiefenzone (Talung) Waldhausen im Strudengau – St. Oswald – Altenmarkt – Pöggstall – Streitwiesen – Raxendorf – Mühldorf – Spitz einerseits, die durch Tertiär bis in das Niveau des heutigen Stromes reichenden Bestätigungen eines Tales im Verlauf der rezenten Donau andererseits, die durch tektonische Vorgänge z. T. gehoben (Pöggstaller Talung), z. T. abgesenkt (Alpenvorland, Nibelungengau) wurden, machen zwei gleichzeitige Flußläufe wahrscheinlich. Daß dies keine gespaltene Donau sein konnte, geht u. a. aus dem Fehlen von Tertiär in dem viel jüngeren Taleinschnitt Sarmingstein–Isperdorf hervor, also dem unteren Abschnitt des Strudengaus.

Weiters spricht für einen Flußlauf, der dem heutigen unteren Ybbstal und dem Nibelungengau folgte, daß bis in die Günzeiszeit die Enns ihre Schotter in diesem Raum ablagerte. Der bekannteste Rest von älteren Deckenschottern der Enns ist der südlich Amstetten (Gemeindegebiet Haag–Dorf) bzw. östl. Ulmerfeld, wo diese seit langem (PENCK, LECHLEITNER, NAGL, FISCHER, H.) beschrieben worden sind.

Demnach würde ein tertiäres Donautal im Waldviertel (Pöggstaller Talung) und ein tertiäres Ennstal im Bereich des heutigen unteren Ybbstales und der Wachau existiert haben. Von letzterem aus wurde später die Donau angezapft (Hebung im Norden, relative Senkung und Störungen im Süden) und nach Süden abgelenkt. Erst viel später (ca. mindelzeitlich) hat sich der Zusammenfluß von Donau und Enns vom Bereich des Nibelungengaus in die heutige Zone verlagert und – mit Zwischenphasen – die Ybbs diesen ehemaligen Ennsabschnitt bis zur Donau erfüllt.

Somit ist es nicht mehr notwendig, eine Epigenese mit einer 1000 m hohen Verschüttung (die es nie gab) oder eine entsprechende spätere Hebung anzunehmen. Vor allem sprechen auch die sedimentologischen Befunde dafür.

6. Zusammenfassung

Diese Theorie erklärt, ohne daß komplizierte und nicht belegbare Erscheinungen herangezogen werden müssen, wie sich ein Strom von der Größe der Donau derart verlagern konnte. Man darf auch nicht vergessen, daß in NÖ mehrfach große Flußverlagerungen von Donau und Nebenflüssen bis in jüngste Zeit stattgefunden haben (s. J. FINK): Bis in die Würmeiszeit floß die Donau in einem großen Bogen nach Süden in den heutigen Seewinkel, der durch einen großen jungquartären Schwemmfächer ausgezeichnet ist, ganz zu schweigen von den großräumigen Verlagerungen der Donau im Tertiär (Hollabrunner–Mistelbacher Schotter).

Auch die Nebenflüsse sind in ihrem Verlauf während der Eiszeit stärkeren Veränderungen unterlegen (Enns, Ybbs, die bis in die Rißeiszeit nachzuweisen sind, vor allem durch spezifische Akkumulationen (wie Quarzschotter im Ybbsgebiet usw.).

Als weitere Beweisstütze dienen die Schotteranalysen, welche eine zeitliche und räumliche Zuordnung ermöglichen, sowie Bohrergebnisse, die manche Theorie widerlegen und neue Ansichten stärken.

So z. B. erlaubt die morphometrische Analyse der Schotter keine Einordnung der Donauschotter im Bereich von Waldhausen innerhalb des Plio/Pleistozäns sondern in das Präglazial (Pont?).

In diesem Sinne soll der Beitrag eine vielfach gestützte Theorie vorstellen und die weitere Diskussion fördern, um die Entstehung dieser so bekannten Landschaft endgültig zu klären.

Tab. 2: Morphometrische Analyse der Schotter im Bereich des südlichen Waldviertels

Schotter-Nr.	Gewicht	L	l	E	2E	2r	Ai	Zi
1	168,70	8,0	4,9	3,4	6,8	2,2	1,90	275
2	445,33	12,0	6,3	5,2	10,4	2,0	1,76	167
3	411,62	8,1	7,7	4,6	12,8	2,3	1,23	284
4	1048,67	13,6	9,9	5,9	11,8	2,7	1,99	199
5	918,56	11,6	9,1	7,0	14,0	3,0	1,48	259
6	450,99	10,5	7,1	4,8	9,6	2,7	1,83	257
7	38,94	5,7	3,0	2,1	4,2	1,3	2,07	228
8	83,91	5,0	3,8	3,4	4,8	1,9	1,29	380
9	127,13	7,1	5,3	3,0	6,0	1,3	2,07	183
10	130,70	5,8	4,9	4,2	8,4	1,8	1,27	310
11	107,14	6,4	3,4	3,3	6,6	2,1	1,48	328
12	95,56	6,6	3,6	2,9	5,8	1,4	1,76	212
13	149,40	7,4	6,0	2,8	5,6	1,7	2,39	230
14	35,53	3,5	2,9	2,8	5,6	1,3	1,14	371
15	26,32	3,9	2,5	1,7	3,4	1,4	1,88	359
16	46,50	5,2	2,6	2,6	5,2	1,2	1,50	231
17	93,84	5,7	4,5	2,6	5,2	1,7	1,96	298
18	—	—	—	—	—	—	—	—
19	18,72	2,8	2,7	1,7	3,4	1,4	1,62	500
20	48,18	5,4	3,4	1,9	3,8	1,5	2,32	278
21	16,91	3,1	2,2	1,9	3,8	1,3	1,39	419
22	68,78	5,3	3,2	2,9	5,8	1,3	1,47	245
23	19,17	3,8	2,2	1,7	3,4	0,9	1,76	237
24	38,02	3,7	2,8	2,6	5,2	1,0	1,25	270
25	106,02	5,7	4,2	3,4	6,8	1,8	1,46	316
26	143,04	6,2	4,7	3,2	6,4	2,0	1,70	323
27	250,10	8,3	5,9	3,8	7,6	2,6	1,87	313
28	335,60	9,4	5,6	4,7	9,4	2,9	1,60	309
29	81,41	5,0	3,2	3,2	6,4	1,3	1,28	260
30	117,94	6,9	4,2	3,0	6,4	2,2	1,85	319
31	77,35	6,3	3,3	2,6	5,2	1,8	1,85	286
32	174,03	7,3	4,2	4,1	8,2	1,6	1,40	219
33	975,25	13,0	7,4	7,1	14,2	4,5	1,44	346
34	126,59	6,3	4,3	3,6	7,2	1,8	1,47	286
35	126,14	5,9	4,2	3,5	7,0	2,1	1,44	356
36	143,67	6,0	5,0	3,2	6,4	1,9	1,72	317
37	124,49	6,2	4,1	3,4	6,8	1,9	1,51	306
38	51,81	5,1	3,1	2,4	4,8	1,8	1,71	353
39	65,31	5,6	3,1	2,9	5,8	1,4	1,50	250
40	159,53	6,5	4,7	3,8	7,6	2,1	1,47	323
41	255,24	7,5	5,3	4,5	9,0	2,3	1,42	307
42	243,41	8,8	5,1	4,5	9,0	2,2	1,54	250
43	180,36	7,6	4,9	3,3	6,6	2,7	1,89	355
44	196,28	7,1	5,2	4,3	8,6	1,6	1,43	225
45	106,37	5,4	3,9	3,8	7,6	1,7	1,22	315
46	22,56	3,2	3,2	1,7	3,4	1,0	1,88	313
47	132,46	6,4	5,0	3,3	6,6	1,2	1,73	188
48	51,27	5,1	3,5	2,5	5,0	1,2	1,72	235
49	28,61	4,1	3,4	1,6	3,2	1,1	2,34	268
50	136,55	7,5	4,6	3,1	6,2	2,2	1,95	293
51	247,35	8,4	5,6	5,0	10,0	1,6	1,40	190
52	88,86	5,6	4,0	2,7	5,4	1,3	1,78	232
53	950,41	12,8	8,3	5,9	11,8	2,9	1,79	227
54	814,68	13,4	7,7	5,8	11,6	4,5	1,82	336
55	639,31	10,8	6,3	5,6	11,2	3,0	1,53	278
56	715,46	11,0	8,2	6,5	13,0	3,6	1,48	327
57	186,59	8,2	4,9	3,9	7,8	1,3	1,70	159
58	506,32	11,5	6,7	5,4	10,8	3,0	1,69	261
59	337,06	8,6	5,5	5,2	10,4	2,5	1,36	291
60	523,03	11,0	6,4	5,6	11,2	1,8	1,55	164

Schotter-Nr.	Gewicht	L	l	E	2E	2r	Ai	Zi
61	644,37	12,0	7,1	5,6	11,2	2,5	1,70	208
62	628,36	10,6	6,0	5,3	10,6	1,9	1,57	179
63	258,12	10,1	3,7	3,5	7,0	2,6	2,97	257
64	392,22	12,0	5,1	4,1	8,2	2,0	2,09	167
65	243,05	8,8	5,1	3,7	7,4	1,6	1,88	182
66	334,98	8,9	6,1	4,6	9,2	2,8	1,63	315
67	359,02	8,1	6,6	5,2	10,4	4,3	1,41	531
68	279,98	8,8	6,1	3,9	7,8	2,5	1,91	284
69	234,32	11,1	5,2	3,1	6,2	1,9	2,63	171
70	173,62	8,8	3,6	3,5	7,0	2,3	1,77	261
71	207,31	8,2	5,5	3,4	6,8	3,0	2,01	366
72	337,45	10,6	5,8	4,6	9,2	2,3	1,78	217
73	208,64	7,8	4,2	4,1	8,2	2,2	1,46	282
74	304,46	8,5	6,3	4,5	9,0	2,1	1,64	247
75	213,73	6,9	6,0	4,6	9,2	1,8	1,40	261
76	145,49	6,1	5,8	4,0	8,0	1,8	1,49	295
77	74,36	6,8	3,6	3,5	5,0	1,2	2,08	176
78	246,26	9,5	4,6	3,9	7,8	1,8	1,81	189
79	207,48	8,8	6,0	3,1	6,2	1,5	2,39	170
80	108,07	7,7	4,5	2,3	4,6	2,2	2,65	286
81	83,93	6,8	4,9	1,8	3,6	1,9	3,25	279
82	218,90	7,2	5,3	4,4	8,8	2,8	1,42	389
83	165,85	7,8	4,2	3,9	7,8	2,2	1,54	282
84	144,66	6,6	3,9	3,8	7,9	2,2	1,38	333
85	174,47	7,7	4,9	3,2	6,4	1,2	1,99	156
86	119,55	7,3	4,0	3,3	6,6	1,3	1,71	178
87	146,61	6,8	4,6	3,5	7,0	1,5	1,63	221
88	86,27	4,6	3,5	3,5	7,0	1,4	1,16	304
89	98,14	6,3	3,9	2,8	5,6	1,2	1,82	190
90	104,63	6,0	5,4	2,4	4,8	2,0	2,38	333
91	24,50	5,0	2,3	1,6	3,2	1,2	2,28	240
92	112,75	6,4	4,0	3,5	7,0	1,4	1,49	219
93	79,24	5,5	4,0	2,7	5,4	1,3	1,76	236
94	54,39	4,5	3,0	3,0	6,0	1,0	1,25	222
95	99,96	6,3	4,9	2,3	4,6	1,9	2,43	302
96	64,07	4,0	3,4	3,1	6,2	1,0	1,19	250
97	180,96	6,9	5,3	3,6	7,2	1,6	1,69	232
98	87,24	5,8	3,7	2,9	5,8	1,8	1,64	310
99	97,91	7,4	3,4	2,4	4,8	1,7	2,25	230
100	81,71	6,5	3,5	2,9	5,8	1,4	1,72	215
101	95,57	7,2	4,7	2,0	4,0	3,0	2,98	417
102	132,88	8,5	3,4	2,7	5,4	2,3	2,20	271
103	104,62	6,6	3,6	3,0	6,0	1,7	1,70	258
104	150,09	7,5	4,8	3,0	6,0	1,6	2,05	213
105	57,69	5,5	3,3	2,6	5,2	1,8	1,69	327
106	69,24	5,8	4,2	2,1	4,2	2,5	2,38	431
107	65,08	5,1	3,3	3,1	6,2	1,1	1,35	216
108	35,46	4,2	3,2	2,0	4,0	0,9	1,85	214
109	62,00	5,4	3,8	2,4	4,8	2,1	1,92	389
110	210,27	8,0	5,7	3,3	6,6	1,6	2,08	200
111	273,47	7,9	5,3	4,9	9,8	2,8	1,35	354
112	73,30	4,9	3,9	2,6	5,2	1,8	1,69	367
113	119,46	7,4	4,9	2,5	5,0	2,0	2,46	270
114	164,99	8,4	5,2	2,9	5,8	1,5	2,34	179
115	214,28	7,3	5,5	4,3	8,6	3,0	1,49	411
116	73,12	5,3	4,2	2,8	5,6	1,2	1,70	226
117	110,18	6,4	4,8	3,0	6,0	1,7	1,87	266
118	182,27	7,6	6,6	3,9	7,8	1,7	1,82	224
119	68,10	6,4	3,9	2,1	4,2	2,5	2,45	391
120	102,64	5,9	4,2	3,2	6,4	2,0	1,58	339

Schotter-Nr.	Gewicht	L	l	E	2E	2r	Ai	Zi
121	149,69	6,3	4,6	4,6	9,2	1,8	1,18	286
122	43,31	4,8	3,0	2,3	4,6	1,5	1,70	313
123	46,99	5,3	3,0	2,4	4,8	1,4	1,73	264
124	85,65	5,8	4,1	2,4	4,8	2,2	2,06	379
125	281,14	7,2	5,7	5,6	11,2	3,6	1,15	500
126	231,47	8,4	4,8	4,4	8,8	1,7	1,50	202
127	73,04	5,3	3,9	2,9	5,8	1,5	1,59	283
128	71,60	6,1	3,2	2,9	5,8	1,5	1,60	246
129	50,92	4,6	3,4	2,0	4,0	1,0	2,00	217
130	81,14	4,3	4,0	2,8	5,6	1,8	1,48	419
131	111,81	6,6	3,4	3,4	6,8	1,2	1,47	182
132	29,38	4,2	3,4	1,6	3,2	1,4	2,38	333
133	103,21	6,2	3,5	3,4	6,8	1,9	1,43	306
134	43,99	4,4	3,3	2,3	4,6	1,0	1,67	227
135	78,12	6,5	3,7	2,5	5,0	1,7	2,04	262
136	65,88	4,9	4,6	2,1	4,2	2,0	2,26	408
137	35,88	5,0	3,2	1,4	2,8	1,4	2,93	280
138	60,82	4,9	2,8	2,6	5,2	1,0	1,67	204
139	38,06	4,5	3,1	2,0	4,0	1,9	1,90	422
140	56,25	5,0	3,5	2,6	5,2	1,1	1,63	220
141	186,45	7,7	5,2	3,9	7,8	2,1	1,65	273
142	190,31	6,4	5,0	4,0	8,0	1,6	1,43	250
143	70,74	5,1	4,1	2,4	4,8	1,9	1,92	373
144	79,50	5,9	3,7	3,1	6,2	1,6	1,55	271
145	59,98	5,3	3,4	2,4	4,8	1,8	1,81	340
146	61,32	4,4	4,0	2,4	4,8	2,0	1,75	455
147	87,49	6,7	4,5	1,9	3,8	2,7	2,95	403
148	53,86	4,8	3,7	2,4	4,8	1,1	1,77	229
149	78,69	6,5	3,8	2,3	4,6	1,4	2,24	215
150	92,97	6,3	3,7	3,0	6,0	1,9	1,67	302
151	61,91	5,6	3,6	2,4	4,8	1,9	1,92	339
152	25,51	4,0	2,3	2,0	4,0	1,3	1,58	325
153	45,14	4,7	3,3	2,2	4,4	1,3	1,82	277
154	63,74	4,9	3,8	2,9	5,8	1,7	1,50	347
155	63,81	5,1	4,0	2,4	4,8	1,8	1,90	353
156	32,69	4,3	2,8	2,0	4,0	1,4	1,78	326
157	74,95	6,4	4,2	2,0	4,0	1,4	2,65	219
158	83,12	6,4	3,3	2,8	5,6	2,0	1,73	313
159	68,80	6,4	3,0	2,8	5,6	2,0	1,68	313
160	90,05	6,7	4,7	2,0	4,0	2,1	2,85	313
161	70,64	5,0	3,3	3,2	6,4	1,1	1,30	220
162	28,83	3,6	2,5	2,0	4,0	0,9	1,53	250
163	101,85	6,3	4,2	2,7	5,4	1,4	1,94	222
164	102,47	5,4	4,8	3,0	6,0	1,8	1,70	333
165	91,40	5,9	4,0	3,4	6,8	1,7	1,46	288
166	63,55	4,9	2,8	2,6	5,2	1,2	1,48	245
167	61,16	5,8	4,4	2,1	4,2	1,3	2,43	224
168	59,24	5,7	4,0	1,7	3,4	1,6	2,85	281
169	36,18	3,8	3,1	2,3	4,6	0,9	1,50	237
170	34,55	4,1	3,0	2,1	4,2	1,2	1,69	293
171	67,34	5,0	4,2	3,3	6,6	1,1	1,39	220
172	38,91	4,1	3,3	2,3	4,6	1,4	1,61	341
173	134,12	7,8	4,6	3,3	6,6	1,8	1,88	231
174	71,13	6,2	4,5	1,8	3,6	1,9	2,97	306
175	68,79	5,3	4,0	2,8	5,6	1,6	1,66	302
176	110,57	7,0	3,9	2,8	5,6	1,8	1,95	257
177	63,81	5,3	4,0	2,3	4,6	2,2	2,02	415
178	100,31	6,2	4,0	3,3	6,6	1,8	1,55	290
179	92,80	6,8	3,4	2,8	5,6	1,5	1,82	221
180	51,20	5,0	4,2	1,8	3,6	1,9	2,56	380

Schotter-Nr.	Gewicht	L	l	E	2E	2r	Ai	Zi
181	107,20	6,7	5,2	2,4	4,8	0,9	2,48	134
182	141,94	8,9	5,8	1,9	3,8	1,5	3,84	169
183	37,65	4,7	3,0	1,8	3,6	1,4	2,14	298
184	41,35	4,6	3,0	2,2	4,4	1,7	1,73	370
185	122,26	6,9	4,2	3,2	6,4	1,3	1,73	188
186	34,99	4,1	3,1	2,0	4,0	1,4	1,80	341
187	114,47	7,7	4,3	2,8	5,6	2,1	2,14	273
188	112,83	5,6	4,8	3,9	7,8	1,5	1,33	268
189	86,00	7,6	3,0	2,4	4,8	2,0	2,21	263
190	126,99	6,2	4,7	3,5	7,0	2,4	1,56	387
191	126,63	7,8	3,3	2,9	5,8	1,7	1,91	218
192	168,03	7,6	4,9	3,3	6,6	1,5	1,89	197
193	53,41	6,9	3,1	1,5	3,0	1,4	3,33	203
194	—	6,6	3,8	3,7	7,4	1,6	1,41	242
195	45,79	4,7	3,3	3,2	4,4	1,9	1,82	404
196	39,45	3,5	3,3	3,0	6,0	1,6	1,13	457
197	83,19	5,3	3,5	3,1	6,2	1,1	1,42	208
198	50,43	4,5	2,9	2,4	4,8	1,1	1,45	244
199	—	2,9	2,4	1,3	2,6	1,1	2,09	379

7. Literaturverzeichnis

- BAYER, J.: Entdeckung von Ablagerungen der I. Mediterranstufe in der Wachau. In: Verh. Geol. BA., Wien 1927: S. 107–110.
- CAILLEUX, A.: Distinction des paltes marins et fluviatiles. In: Bull. Soc. Géol. France, Ser. 5, 1945.
- CAILLEUX, A.: Les actions éoliennes péroglaciaires en Europe. Mém. – Soc. Géol. France. N. S., Mémoire Nr. 46, Paris 1942.
- CAILLEUX, A.: Petrographische Eigenschaften der Gerölle und Sandkörner als Klimazeugen. In: Geol. Rdsch. 1965.
- DIWALD, K.: Talstudien aus dem niederösterreich. Waldviertel. Z. f. Geom. II, Beiträge der Entstehung des Wachauer Donautales. In: Mitt. Geol. Ges. 21, Wien 1928: S.153–255.
- ELLISON, F.: Das Tertiär von Melk und Loosdorf. In: Mitt. Alpenländ. Geol. Vers. 33: S. 35–86.
- Erdöl und Erdgas in Österreich. – Hgg. v. F. BACHMAYER. Vgl. Naturhist. Museum Wien und F. Berger Horn, Wien 1980. 312 S. 12 Beilagen.
- FIGOR, M. – SCHEIDEGGER, A.: Geomorphologische Untersuchungen an der Diendorfer Störung. In: Verh. Geol. BA, 1977/3, Wien 1977: S. 243–270.
- FINK J.: Paläographie der Donau. In: Limnologie der Donau, hgg. v. R. LIEPOLD. Stuttgart Schweizerbart, 1966. III u. IV: S. 1–50.
- FISCHER, H.: Reliefgenerationen im Kristallinmassiv, Donaauraum, Alpenvorland und im westlichen NÖ. Forsch. z. Dt. Ldkde. 213, Trier 1979: 232 S.
- FUCHS, W.: Tertiär und Quartär in der Umgebung von Melk. In: Verh. Geol. BA. 2, Wien 1964: S. 283–294.
- FUCHS, W.: Tertiär und Quartär am Südostrand des Dunkelsteiner Waldes. In: Jb. Geol. BA, Wien 1972: S. 205–245.
- GRAUL, H.: Untersuchungen über Abtragung und Aufschüttung im Gebiet des unteren Inn und des Hausruck. In: Mitt. Geogr. Ges. XXX, München 1937: S. 181–259.
- GRILL, H. und L. WALDMANN: Die Donau; geologische Beschreibung. In: Wasserwirtschaftskataster, BuMiHW I/3, Wien: S. 1–40.
- GRILL, R. u. L. WALDMANN: Alpenvorland und Südrand der Böhmisches Masse. In: Verh. Geol. BA., SH A, Wien 1951: S. 26–37.
- GRILL, R.: Erdgeschichte des Donauebietes in Österreich. In: Universum 14, Wien 1950: S. 458–464.
- GROLL, H.: Morphologie des südwestlichen Waldviertels. Diss. Univ. Wien 1933: 162 S. Handbuch für Donaureisen, hgg. v. d. DDSG, Wien 1936: 194 S.
- HAUER, R.: Als das Meer am Waldviertel brandete. In: Waldviertel. Krems 1954: S. 7–8.
- HÖDL, R.: Die Landschaftsformen an der Grenze zwischen Böhmischer Masse und dem Alpenvorland in NÖ. In: Jb. Ver. f. Landeskd. v. NÖ, Wien 1904: S. 261–298.
- JANOSCHEK, R. R.: Tertiär in Österreich. In: Mitt. Geol. Ges. 56/2, Wien 1964: S. 319–360.
- KAPAUNEK, J., PAPP, A. u. K. TURNOVSKY.: Grundzüge der Gliederung von Oligozän und älterem Miozän in NÖ nördlich der Donau. In: Jb. Geol. BA., Wien 1960: S. 217–226.

- KENDE, O.: Das Donautal in Österreich. Naturwiss. Wochenschr., Berlin 1922: S. 185ff.
- KINZL, H.: Durchbruchstäler am Südrand der böhmischen Masse in Oberösterreich. In: Veröff. ostbayr. Heimatschg. 1, Passau 1926: S. 1–25.
- KINZL, H.: Der Aschachdurchbruch in Oberösterreich. In: Verh. Geol. BA., Wien 1930: S. 144–147.
- KLÜPFEL, W.: Die Entstehung der Donau. In: Zeits. Dt. Geol. Ges. 80, Berlin 1928: S. 282–287.
- KOHL, H.: Geomorphologie des mittleren Mühlviertels und des Donautales von Ottensheim bis Mauthausen. Diss. Univ. Graz 1952: 244 S.
- KOHL, H.: Das Donautal zwischen Passau und Hainburg. In: Geogr. Rdsch. 18, Braunschweig 1966: S. 196–198.
- KÖLBL, L.: Der Südrand der Böhmisches Masse. In: Geol. Rdsch. 18, Berlin 1927: S. 321–349.
- KREBS, N.: Die Ostalpen und das heutige Österreich. Engelshorn Nachf., Stuttgart 1928. 2 Bde. Leipzig 1927: S. 236–277.
- LIMBROCK, H.: Geologisch-petrographische Beobachtungen im südöstlichen Teil der Böhmisches Masse zwischen Marbach und Sarmingstein. In: Jb. Geol. BA., Wien 1925: S. 129–180.
- NAGL, H. – VERGINIS, S.: Talentwicklung und Wasserhaushalt im oberen Kampgebiet – Waldviertel, NÖ. In: Geogr. Jahresber. Österr. XXXVII (1977/78), Inst. f. Geogr. Univ. Wien 1979: S. 34–53.
- PAPP, A.: Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys Bb. VII. Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften – Budapest 1985.
- PENCK, A.: Die Bildung der Durchbruchsthäler. In: Ver. z. Verbr. naturw. Kennt., Wien 1888: S. 2–53.
- PENCK, A.: Das Durchbruchstal der Wachau und die Lößlandschaft von Krems. Führer 9. Int. Geol. Kong., Wien 1903: S. 1–20.
- PIA, J.: Zur geologischen Geschichte des Donautales. In: Wissenschaftlicher Donauführer, hgg. v. V. PIETSCHMANN, Waldheim-Ebele, Wien 1939: S. 9–49.
- PIPPAN, Th.: Geologisch-morphologische Untersuchungen im west. oberösterreich. Grundgebirge. In: Sitzber. ÖAW, math. natw. Kl. 164, Wien 1955: S. 335–365.
- POPP, K. A.: Morphologische Studien im Donautal zwischen Enns- u. Melkmündung. In: Geogr. Jber. Österr. 18, Wien 1935: S. 1–24.
- RABEDER, G. VERGINIS, S.: Die Plio/Pleistozänen Lößprofile von Stranzendorf und Krems (NÖ). In: Geogr. Kongr. in Athen 1987 (im Druck).
- RAMETSTEINER, M.: Morphologie des westlichen Greinerwaldes. Diss. Univ. Wien 1947.
- RICHTER, K.: Die Klimatische Gliederung von Terrassenschottern. In: 2. Dt. Geol. Ges. 1952.
- RICHTER, K.: Morphometrische Gliederung von Terrassenschottern. In: Eiszeitalter und Gegenw. 1952.
- SCHAFFER, F. X.: Das prämiozäne Donautal in Österreich. In: Zentrbl. Min. B. 7, Wien 1927.
- SCHAFFER, R. X. u. R. GRILL: Die Molassezone. In: Geologie von Österreich, hgg. v. F. X. SCHAFFER. Wien, Deuticke, 1951 (2. Aufl.): S. 694–761.
- THIELE, O.: Zum Alter der Donaustörung. In: Verh. Geol. BA., Wien 1961: S. 131–133.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich. 2 Bd. Außerzentralalpiner Anteil. Wien, Deuticke, 1985.
- TRICART, J.: Etude morphométrique des galets de formation attribuées á une glaciation préglünz dans le région du plateau bravarois. In: Geol. Bavaria, 1952.
- TRICART, J.: Le taux des concentration en quartz dans diverses formations glaciaires de Fennoscandre. In: Sv. Geogr. Ann. 1960.
- WALDMANN, L.: Geologische Beobachtungen um Grein an der Donau. In: Verh. Geol. BA., Wien 1950: S. 140–141.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Geologisches Kräftepiel und Landformung. Wien, Springer, 1957: 822 S.

8. Anhang

VON WOLFGANG MOSER

8.1 Einleitung

Dieser Anhang besteht aus zwei Teilen. Im ersten Teil soll untersucht werden, ob die gebildeten Variablen Abplattungsindex und Zurundungsindex als Vertreter der Meßwerte geeignet sind. Das heißt:

- ob die gemessenen Variablen durch die gebildeten Variablen gut repräsentiert werden,
- ob sich diese gebildeten Variablen eindeutig voneinander unterscheiden,
- ob nicht durch die Beschränkung auf zwei gebildete Variablen zuviel Information verloren geht.

Die dann verwendete Methode ist die Hauptkomponenten-Faktorenanalyse.

Der zweite Teil ist eine Datenauswertung mittels EDV. Die langwierige Arbeit mit Millimeterpapier und Bleistift kann durch den Computer sehr beschleunigt werden. Das Fortran-Programm wurde am IBM-Rechner der Universität Wien erstellt.

8.2 Ursprungsdaten:

Die Zufallsstichprobe bestehend aus 192 gemessenen Schotterkörnern (vgl. Tab. 2). Dabei wurden jeweils *Länge*, *Breite*, *Höhe*, *Gewicht* und *Durchmesser der kleineren Abrundung* der Schotterkörner bestimmt.

- Aus den Parametern Länge, Breite und Höhe wurde nach der Formel

$$A_i = \frac{L + B}{2 \cdot E}$$

L = Länge

B = Breite

E = Mächtigkeit des Schotters (Höhe)

A_i = Abplattungsindex

der *Abplattungsindex* berechnet.

Der *Zurundungsindex* wurde berechnet nach der Formel

$$Z_i = \frac{2r}{L} \cdot 1000$$

r = Radius der kleinsten Zurundung in der Ebene der Längsachse

L = Länge des Schotters

Z_i = Zurundungsindex

Die Korrelationsmatrix der Ausgangsvariablen zeigt eine hohe Korrelation zwischen allen Variablen:

	P/M-Korrelationskoeffizient Signifikanz der Koeffizienten				
	Gewicht	Länge	Breite	Höhe	Durchm.
Gewicht	1.00000				
	•				
Länge	•86378	1.00000			
	•00000	•			
Breite	•85565	•81242	1.00000		
	•00000	•00000	•		
Höhe	•85175	•75349	•79260	1.00000	
	•00000	•00000	•00000	•	
Durchmesser	•67130	•65147	•64906	•62339	1.00000
	•00000	•00000	•00000	•00000	•

Wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist, korreliert einzig die Variable *Durchmesser* (der kleine Durchmesser) in etwas geringerem Maße mit den anderen Variablen. Dementsprechend erbrachte eine Faktorenanalyse (PC) auch nur die Extraktion eines einzigen Faktors (Eigenwert: 4,02), der 80,5% der Gesamtvarianz erklärte.

Ein weiterer Faktor (Eigenwert: 0,44) erklärte weitere 8,9% der Gesamtvarianz.

	4,023	+	*			<i>Faktor</i>	Eigenwert	%-Varianz	
E		I				1	4,023	80,5%	
I		I				2	0,444	8,9%	
G		I							
E		I							
N		I							
W		I				<i>Variable</i>	Komunalität		
E		I				Gewicht	0,92159		
R		I				Länge	0,84523		
T		I				Breite	0,86357		
E	●444	+		*		Höhe	0,83789		
	●000	+ -- + -- +	— *	— *	— *	Durchmesser	0,99889		
			1	2	3	4	5		
			Faktoren						

Die orthogonal rotierte Faktorenmatrix erbrachte folgendes Bild:

Variable	Faktor 1		Faktor 2
Gewicht	●88715	<input type="checkbox"/>	●36682
Länge	●83925	<input type="checkbox"/>	●37536
Breite	●85860	<input type="checkbox"/>	●35549
Höhe	●86078	<input type="checkbox"/>	●31137
Durchmesser	●37445		●92665 <input type="checkbox"/>

= hohe Ladung in dem entsprechenden Faktor

Eine Faktorenanalyse (PC), die auch die gebildeten Variablen Zurundungsindex und Abplattungsindex mit einbezog, erbrachte nach orthogonaler Rotation folgendes interessantes Ergebnis:

Variable	Kommunalität
Gewicht	●91355
Länge	●93804
Breite	●86525
Höhe	●97984
Durchmesser	●95266
Abplattungsindex	●99449
Zurundungsindex	●98597

Faktor	Eigenwert	erklärte Varianz (%)
1	4,04632	57,8
2	1,40345	20,0
3	1,18003	16,9

Rotierte Faktormatrix:

Variable	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
Gewicht	●94718 □	●01629	●12706
Länge	●94711 □	●16167	●12202
Breite	●92975 □	●00506	●02820
Höhe	●85974 □	●00725	●49054 (□)
Durchmesser	●75170 (□)	●62177 □	●04177
Abplattungsindex	●01562	●05301	●99571 □
Zurundungsindex	●15037	●97921 □	□06708

□ = Hohe Ladung in dem entsprechenden Faktor

(□) = etwas geringere Ladung in dem entsprechenden Faktor

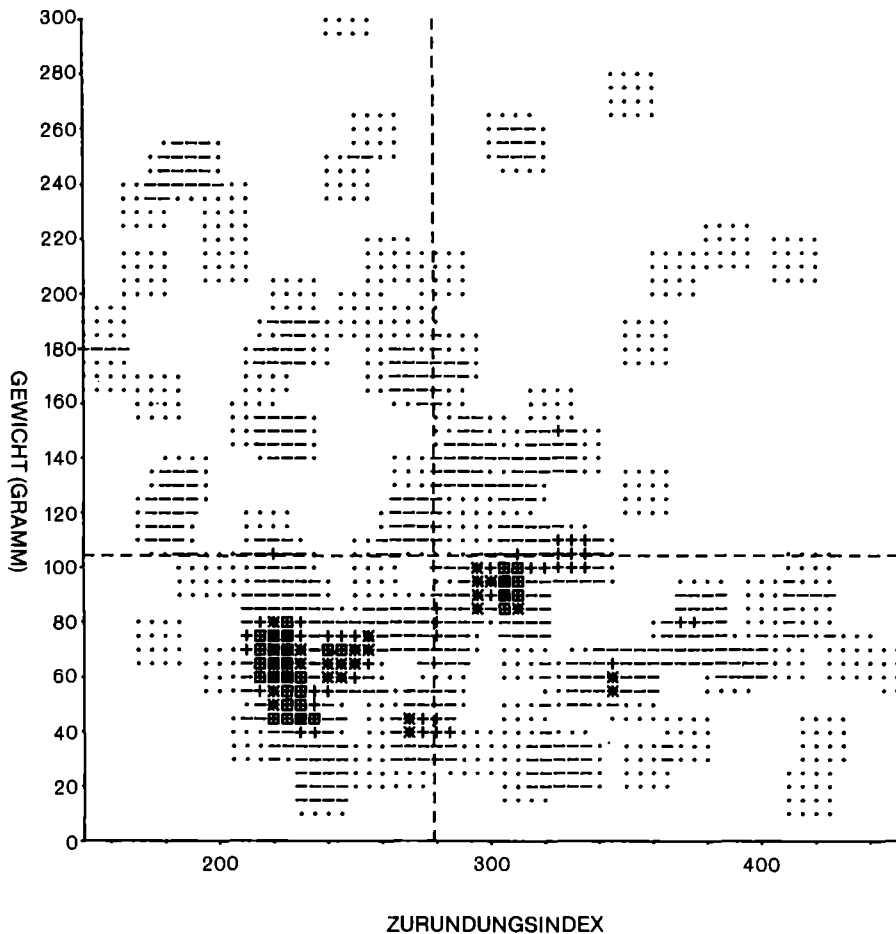
Im Vordergrund stehen wieder die miteinander hoch korrelierenden Variablen Gewicht, Länge, Breite und Höhe, etwas weniger der Durchmesser, die hoch in den Faktor 1 (Eigenwert: 4,05) laden.

Die beiden gebildeten Indizes laden jeweils hoch in einen eigenen Faktor, wobei der kleinere Durchmesser, der durch den Faktor 1 in etwas geringerem Maße repräsentiert wird, begrifflicherweise ziemlich hoch in den Faktor des Zurundungsindex lädt.

8.3 Auswertung

Es handelt sich um eine zweidimensionale Häufigkeitsauszählung der Variablen *Abplattungsindex*, *Zurundungsindex* und *Gewicht*.

Jede Probe wird, jeweils definiert durch 2 Parameter, als Punkt auf einer Fläche dargestellt, die durch ein kartesisches Koordinatensystem aufgespannt wird. Jede Dimension wird in 60 äquidistante Intervalle unterteilt. Damit werden 3600 Meßpunkte in zeilenweisem Durchlauf abgesucht. Das Gesamtintervall wird durch die jeweiligen Maxima und Minima bestimmt, oder kann frei definiert werden (Zoom-Effekt). Dabei wird immer die doppelte Entfernung eines Schrittes (in jeder Dimension) in der Umgebung des Suchzentrums betrachtet; die in dieser Umgebung gefundenen Punkte werden jeweils dem Zentrum zugeordnet. Dem Zentrum größten Inhalts wird der Wert 100 zugeordnet, relativ dazu werden die anderen Zentren bewertet. Das Gesamtspektrum wird unter Nichtberücksichtigung der nur einen Punkt repräsentierenden Zentren in 6 Bereiche unterteilt (>10 bis 25; >25 bis 45; >45 bis 65; >65 bis 85; >85 bis 99; >99). Jedem Bereich wird in der graphischen Darstellung ein Symbol zugeordnet. Es ist klar ersichtlich, daß das Geometrische Mittel nicht geeignet ist, um die reale Situation zu beschreiben, da die Meßwerte keine Normalverteilung aufweisen.



Legende:

- : Maximum (7 Punkte)
- ▣ : 86 — 99 % (Max.)
- ✱ : 66 — 85 % (Max.)
- ⊕ : 46 — 65 % (Max.)
- : 26 — 45 % (Max.)
- : 11 — 25 % (Max.)

Statistische Kennwerte

(beziehen sich auf Berechnungsbereich und Rohdaten)

$$\bar{X} = 279.204$$

$$\sigma_x^2 = 4317.957 \quad \text{St.abw.}_x = 65.906$$

$$\text{skew}_x = 0.346 \quad \text{kurt}_x = -0.675$$

$$\bar{Y} = 104.439$$

$$\sigma_y^2 = 3647.035 \quad \text{St.abw.}_y = 60.570$$

$$\text{skew}_y = 0.879 \quad \text{kurt}_y = -0.025$$

$$y = 161.307 + -0.204 \quad \text{✱} \quad x$$

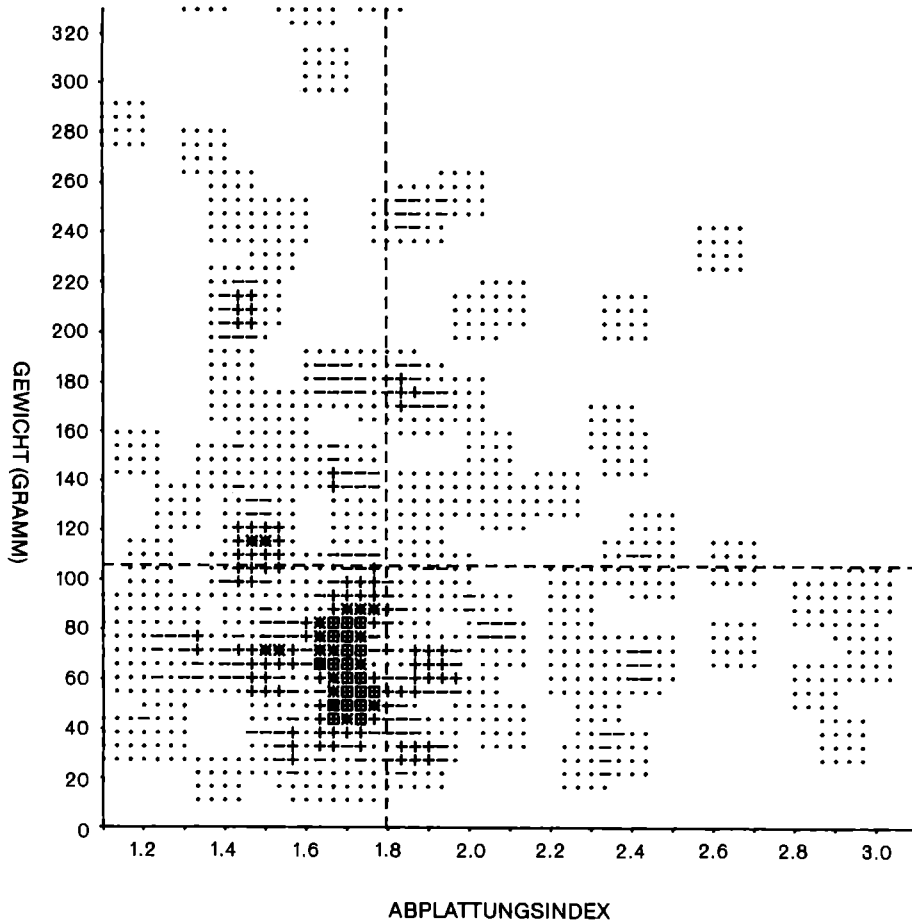
$$x = 304.389 + -0.241 \quad \text{✱} \quad y$$

$$r = 0.221621 \quad N = 169$$

BERECHNUNGSBEREICH:

X : 150.00 bis 450.00

Y : 0. bis 300.00



Legende:

- : Maximum (8 Punkte)
- ▣ : 86 — 99 % (Max.)
- ▤ : 66 — 85 % (Max.)
- ⊕ : 46 — 65 % (Max.)
- : 26 — 45 % (Max.)
- : 11 — 25 % (Max.)

Statistische Kennwerte
(beziehen sich auf Berechnungsbereich und Rohdaten)

$$\bar{X} = 1.798$$

$$\sigma_x^2 = 0.159$$

$$\text{St.abw.}_x = 0.400$$

$$\text{skew}_x = 0.913$$

$$\text{kurt}_x = 0.598$$

$$\bar{Y} = 105.717$$

$$\sigma_y^2 = 4048.296$$

$$\text{St.abw.}_y = 63.812$$

$$\text{skew}_y = 0.962$$

$$\text{kurt}_y = 0.220$$

$$y = 138.697 + - 18.344 \text{ } \text{▤} \text{ } x$$

$$x = 1.874 + - 0.001 \text{ } \text{▤} \text{ } y$$

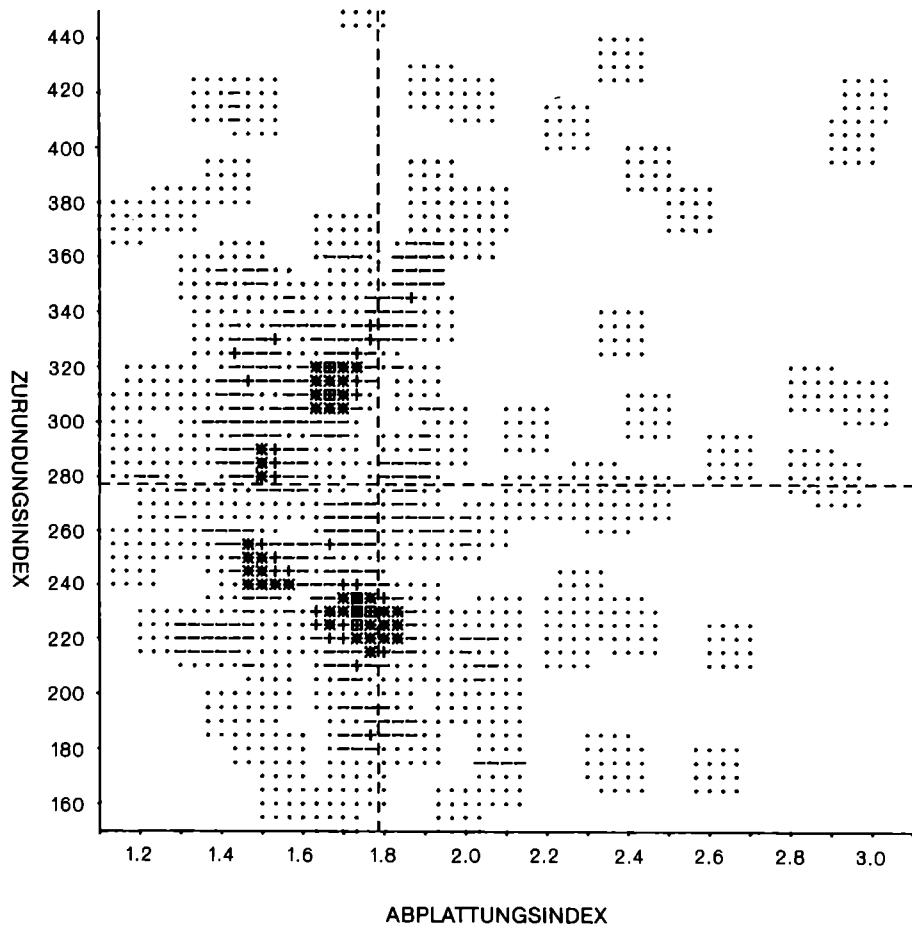
$$r = 0.114881$$

$$N = 172$$

BERECHNUNGSBEREICH:

$$X : 1.10 \text{ bis } 3.10$$

$$Y : 0. \text{ bis } 330.00$$



Legende:

- : Maximum (9 Punkte)
- ▣ : 86 — 99 % (Max.)
- ⦿ : 66 — 85 % (Max.)
- ⊕ : 46 — 65 % (Max.)
- : 26 — 45 % (Max.)
- : 11 — 25 % (Max.)

Statistische Kennwerte

(beziehen sich auf Berechnungsbereich und Rohdaten)

$$\bar{X} = 1.787$$

$$\sigma_x^2 = 0.146$$

$$\text{St.abw.}_x = 0.383$$

$$\text{skew}_x = 1.025$$

$$\text{kurt}_x = 0.948$$

$$\bar{Y} = 277.256$$

$$\sigma_y^2 = 4260.062$$

$$\text{St.abw.}_y = 65.445$$

$$\text{skew}_y = 0.328$$

$$\text{kurt}_y = -0.625$$

$$y = 267.686 + 5.355 \text{ ⦿ } x$$

$$x = 1.736 + 0.000 \text{ ⦿ } y$$

$$r = 0.031365$$

$$N = 186$$

BERECHNUNGSBEREICH:

X : 1.10 bis 3.10

Y : 150.00 bis 450.00