

CH. VINZENZ JANIK:

## DIE GENETIK DER SEDIMENTE AUF DER TRAUNHOCHTERRASSE BEI LINZ

Mit einer Karte, einer Falttabelle, acht Tabellen, 23 Diagrammen und vier Farbbildern

### Einleitung

Mit den Untersuchungen der Bodenentwicklung auf der Traunhochterrasse bei Linz, am Harter Plateau\*, wurden nicht nur boden-genetische, sondern auch quartärgeologische Probleme aufgerollt, indem die auf diesem Standort befindlichen zwei grundsätzlich unterscheidbaren Bodenbildungen, der Lößbrohboden und die Parabraunerde, aus völlig verschiedenen Substraten hervorgegangen sind.

Aus dem letztkaltzeitlichen Löß hat sich am Terrassenrand, der einen ehemaligen Uferwall der akkumulierenden Traun darstellt, ein Lößbrohboden entwickelt, während die Parabraunerde im Terrasseninneren, im ehemaligen Aubereich, aus umgelagertem Lehmmaterial entstand, das durch die Seitengerinne von älteren, höhergelegenen Terrassen und Hügeln nach Akkumulation des Lösses über diesem abgelagert wurde.

Diese fluviatile Lehmlagerung (Nahtransport) nach der Lößsedimentation (Ferntransport) zeigt eine Diskontinuität der Akkumulation auf, die als scharfe Trennlinie an den Aufschlüssen erkennbar ist und bei allen physikalischen, chemischen, mineralogischen und mikromorphologischen Untersuchungsergebnissen hervortritt

Die pedologischen Analysen gaben somit einen Hinweis auf eine fluviatile Entstehung aller Hochterrassensedimente im Linzer Raum, so daß weitere sedimentpetrographische Untersuchungen notwendig

---

\* Siehe V. Janik: „Die Bodenentwicklung auf der Hochterrasse der Traun bei Linz.“ Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz 1965 (Förderungspreis der Theodor-Körner-Stiftung 1966.)

waren, um die durch die Bodenkunde aufgeworfenen, quartärgeologischen Fragen eindeutig zu klären.

Einerseits ist eine äolische Sedimentation des liegenden Hochterrassenlösses nicht möglich, da seine Lehmauflagerung nur aus der fluviatilen Akkumulation durch Hochwässer eines anderen Einzugsbereiches erklärt werden kann, und andererseits weist der hohe Granatgehalt des Lösses auf seine Herkunft aus dem tertiären Schlier des Untergrundes hin, wodurch sich völlig neue Gesichtspunkte für die Pleistozänforschung ergeben.

In dieser Arbeit, die auch die Ergebnisse der Untersuchungen 1965 einbezieht, soll nunmehr versucht werden, mittels den verschiedenen Untersuchungsmethoden, die bereits im Vorjahr erörtert wurden, und mittels einer diagrammmäßigen Auswertung dieser Untersuchungsergebnisse das Sedimentationsgeschehen auf der Hochterrasse und die Entstehung des letztkaltzeitlichen Lösses aufzuzeigen.

Zu diesem Zweck wurden das von der Deutschen Quartärgesellschaft anlässlich der Exkursion 1955 besuchte Hochterrassenprofil Linz-Weingartshof sowie ein Profil in Linz-Ebelsberg und außerdem drei Schlierproben untersucht, so daß vom Harter Plateau bei Linz aus einem relativ kleinen Umkreis 26 Analysen pleistozäner Sedimente vorliegen.

## I. UNTERSUCHUNG WEITERER HOCHTERRASSENPROFILE UND VON SCHLIERPROBEN

### 1. Standortbeschreibung

Im untersuchten Raum dominiert das Entwässerungsnetz der Traun; sie vereinigt die Gewässer der nördlichen Kalkalpen und der Flyschzone, durchquert das oberösterreichische Alpenvorland diagonal auf einer Strecke von ungefähr 70 km (Gmunden—Linz) und ist im tertiären Schlier stark eingeschnitten.

Die Traun hat bei Linz eine mittlere Wasserführung von 138 m<sup>3</sup>/sec und erreicht bei Hochwasser bis 2120 m<sup>3</sup>/sec (130), dies ist rund die 16fache Wassermenge. Sie bildet ein 4 bis 8 km breites Tal, das beiderseits von eiszeitlichen Terrassen begleitet wird.

Die Morphologie des Trauntales wurde bereits vielfach beschrieben, zuletzt von H. KOHL anlässlich der Quartärexkursion 1955 (76). Das Alter der quartären Terrassen ist eindeutig bestimmt; außerdem

treten die verschiedenen Terrassen in der Landschaft morphologisch deutlich hervor.

Die linksseitig, d. h. nördlich der Traun gelegene Hochterrasse ist eine bis 2,5 km breite Flur, die sich von Puchberg bei Wels bis Linz hinzieht. Auf diesem fast ebenen Plateau (Harter Plateau) nimmt die Mächtigkeit der Lößdecke zur Traunmündung immer mehr zu und erreicht bei Linz ungefähr 8 bis 10 Meter, wodurch die Stufenhöhe des Abfalles zur Niederterrasse, in Verbindung mit anderen Faktoren, bedeutender wird.

Der Lößaufschluß „Weingartshof“ liegt am Hochterrassenrand an der vom Harter Plateau zur Niederterrasse abfallenden Straße bei 284 Meter Seehöhe, ungefähr 12 Meter über der Niederterrasse bzw. 20 Meter über den Traunauen.

Der Aufschluß wurde 1955 für die Deutsche Quartärgesellschaft (Deuqua) beschrieben und die damals aufgenommenen Horizonte sind trotz teilweisem Versturz noch gut erkennbar.

Da die Bodenbildungen der Hochterrasse bereits erforscht sind (66), wurden nur die tiefergelegenen Lößhorizonte zur Untersuchung herangezogen.

Südlich der Traun, an ihrem rechten Ufer, ist nur ein kleiner Rest einer Hochterrasse vor der Traunmündung in die Donau bei Linz-Ebelsberg vorhanden (76). Diese fällt steil zum Augebiet der Traun und der Donau ab und liegt bei ungefähr 278 Meter Seehöhe. Diese Lage entspricht dem Harter Plateau, jedoch ist der Höhenunterschied zu den Traunauen hier etwas größer und beträgt etwa 24 Meter.

Die Hochterrasse bei Ebelsberg besitzt ebenso wie das Harter Plateau zwei unterschiedliche Bodenbildungen, indem in der Terrassenmitte beiderseits der Bundesstraße die Parabraunerde vorhanden ist, während zum Terrassenabfall auf ganz flachen Kuppen ein Lößrohboden vorliegt.

Aus einem kleinen Aufschluß, bei einer Baustelle östlich des Schlosses Ebelsberg, wurden Proben von der Parabraunerde und vom darunterliegenden Löß entnommen.

Der Lehm der Parabraunerde geht bei 1,40 Meter Tiefe sehr rasch in Löß über, doch ist die Trennlinie hier weniger scharf ausgeprägt als an den Aufschlüssen Bindermechl am Harter Plateau.

Im Norden der Hochterrasse befindet sich an ihrem Steilabfall zur Austufe eine Rutschung, an der auch der tiefergelegene Löß

teilweise ersichtlich ist. Hier wurde eine Probe aus rund 4 Meter Tiefe gezogen.

Auf beiliegender Karte sind alle Standorte der untersuchten Hochterrassenprofile, auch jene von 1965, dargestellt, wobei die räumliche Lage und Dichte der Profilstellen aufgezeigt wird. Außerdem wurden auch die drei Deckenschotterprofile Gaumberg, Stadion und Schiltenberg eingezeichnet, deren Analysen und Interpretation nächstens im Naturkundlichen Jahrbuch der Stadt Linz veröffentlicht werden.

## 2. Die Ergebnisse der sedimentpetrographischen Analysen

### a) Die Untersuchungsergebnisse des Profiles Weingartshof

Da das Profil Weingartshof für die Deutsche Quartärgesellschaft 1955 bereits eingehend beschrieben und von der Landwirtschaftlich-chemischen Bundesversuchsanstalt Linz bezüglich seiner Korngrößenzusammensetzung und seines Karbonatgehaltes untersucht wurde, genügt hier ein kurzer Hinweis auf jene Horizonte, die nunmehr auch sedimentpetrographisch untersucht sind.

Für diese Analysen wurde Lößmaterial aus 0,90 Meter Tiefe (Horizont IV der Deuqua-Beschreibung), 1,50 Meter Tiefe (Horizont V), 3,00 Meter Tiefe (Horizont VII), 3,40 Meter Tiefe (Horizont VIII), 3,60 Meter Tiefe (Horizont IX) und 5,00 Meter Tiefe (Horizont XII) entnommen. Nachstehend werden Kurzbeschreibungen der angegebenen Horizonte und ihre Analyseergebnisse 1955 wiederholt:

- Horizont IV: 0,70 bis 1,30 Meter Tiefe, lichtolivbrauner Löß; locker gelagert, strukturlos, Lößgefüge, Farbe i. f. Z.: 2,5 Y 5/6\*; reichlich Lößschnecken (*Succinea*).
- Horizont V: 1,30 bis 1,50 Meter Tiefe, lichtolivbrauner Löß; etwas dichter gelagert, Farbe i. f. Z.: 2,5 Y 5/4, Schichtaufbiegungen; selten Lößschnecken (*Succinea*) (dzt. Anmerkung: Zone der Kryoturbation).
- Horizont VII: 2,00 bis 3,00 Meter Tiefe, lichtolivbrauner Löß; etwas dichter gelagert, Farbe i. f. Z.: 2,5 Y 5/6, undeutlich schichtige Struktur; reichlich Lößschnecken (häufig *Helix*, seltener *Succinea*).
- Horizont VIII: 3,00 bis 3,50 Meter Tiefe, lichtolivbrauner Löß; dicht gelagert, strukturlos, Farbe i. f. Z.: 2,5 Y 5/4; vereinzelt Lößschnecken (*Helix*).

---

\* Die Farben sind nach der Farbtafel „Munsell soils color Charts“ bestimmt.

- Horizont IX: 3,50 bis 3,65 Meter Tiefe, gelbbrauner Löß; dicht gelagert, un-  
deutlich geschichtet, Farbe i. f. Z.: 10 YR 5/6 (dzt. Anmerkung: in  
der Farbe sich deutlich abhebend vom übrigen Löß, im ganzen  
Aufschluß als rostbraunes Band erkennbar).
- Horizont XII: Ab 4,10 Meter Tiefe, dunkelgelbbrauner Löß; dicht gelagert,  
feinblockige Struktur, schichtig, Mischfarbe i. f. Z.: 10 YR 4/4-5/4,  
stark vergleyt mit zahlreichen kleinen Konkretionen; zertrüm-  
merte Lößschnecken, vereinzelt Quarze bis 2,5 cm Durchmesser.

Die Untersuchungen der Landwirtschaftlich-chemischen Bundes-  
versuchsanstalt ergaben im Jahre 1955 folgende Ergebnisse (76):

Horizont	% der Korngrößenzusammensetzung in mm					% Karbonate
	2,0—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	<0,01	(<0,002)	
IV	6,2	8,6	59,4	25,8	(5,9)	32,6
V	1,2	6,6	68,4	23,8	(5,0)	31,5
VII	1,4	4,4	63,4	30,8	(5,8)	25,0
VIII	1,4	6,2	66,2	26,2	(5,5)	30,8
IX	3,2	6,0	61,8	29,0	(5,6)	23,1
XII	1,2	4,0	50,2	44,6	(12,1)	0,8

Zu diesen Analysenergebnissen, die bei der Gegenüberstellung  
mit den jetzigen Befunden noch eingehender besprochen werden, wird  
bemerkt, daß beim Karbonatgehalt des Horizontes XII anscheinend  
ein Druckfehler vorliegt, da im Original der Untersuchungsergebnisse  
29,8 % Karbonate angegeben sind.

Im Jahre 1955 wurde auch der Tongehalt, die Fraktion kleiner  
als 0,002 mm Korngröße, untersucht, wobei dieser in den oberen  
Horizonten fast gleichbleibend mit rund 5 bis 6 % ist, aber im Basis-  
löß, im Horizont XII, bemerkenswerterweise auf 12,1 % ansteigt.

Der Löß im Aufschluß „Weingartshof“ zeigt schon makroskopisch  
gewisse Unterschiede, da bei 3,60 Meter Tiefe ein schmales, rost-  
braunes Band den ganzen Aufschluß durchzieht und den starkver-  
gleyten Löß des Untergrundes vom mäßigvergleyten Löß des Han-  
genden, der teilweise kryoturbar gestört ist, trennt.

Das gesamte Lößprofil hat eine mehr oder weniger deutliche  
Schichtung und ergab nachstehende sedimentpetrographische Ana-  
lysenresultate, die auf Tabelle 1 und 2 dargestellt sind. (Vom  
Horizont VIII wurden nur Raumtrockengewicht, Karbonate und  
Phosphorsäuregehalt bestimmt.) Die physikalischen, chemischen und  
kolloidchemischen Untersuchungen wurden auch diesmal von der  
Landwirtschaftlich-chemischen Bundesversuchsanstalt Linz vorge-

nommen, und ich danke Herrn Wirkl. Hofrat Dr. Dipl.-Ing. E. B u r g g a s s e r, Direktor der Versuchsanstalt, und Herrn Abteilungsvorstand Dr. Dipl.-Ing. H. S c h i l l e r, herzlichst für die erwiesene wertvolle Hilfe.

Das Raumtrockengewicht ist knapp oberhalb des braunen Bandes im Horizont VIII am größten und erreicht fast 151 Gramm je 100 cm<sup>3</sup> Probenmaterial. Das darunterliegende braune Band hat beinahe 147 Gramm und im Gleylöß beträgt das Raumtrockengewicht 149 Gramm je 100 cm<sup>3</sup>. Der hangende Löß weist ein geringeres Raumtrockengewicht auf; dieses schwankt hier nur zwischen 143,41 Gramm im Horizont V und 146,58 Gramm im Horizont VII, wobei der Löß bei 0,90 Meter Tiefe (Horizont IV) 145,45 Gramm erreicht.

Der Karbonatgehalt ist in den beiden oberen Horizonten (IV und V) mit 48,3 und 44,9 % sehr hoch und wird in den tieferen Schichten geringer. Das braune Band fällt auch beim Karbonatwert mit nur 21,0 % auf und verursacht einen scharfen Knick in der Karbonatkurve: der liegende Gleylöß hat mit 17,0 % Karbonate den geringsten Wert (siehe Tabelle 1).

Bei den Analysen 1955 waren im Karbonatgehalt des Profiles keine so großen Unterschiede vorhanden, denn er schwankte nur zwischen 23,1 und 32,6 %. Da aber der Karbonatgehalt sehr stark von der Menge der mituntersuchten Kalkkonkretionen und zertrümmerten Lößschnecken, die zufällig mit zur Einwaage kommen, abhängig ist, können relativ große Schwankungen auftreten.

Größere Differenzen sind im Horizont IV (+ 15,7 %) und im Horizont V (+ 13,4 %), beide sind kryoturbar verstaucht, sowie im Horizont XII (— 12,8 %) im Gleylöß vorhanden. Alle drei Horizonte weisen deutliche Schichtungen auf und sind von zahlreichen Lößschnecken durchsetzt.

Der Phosphorsäuregehalt ist mit 0,2 bis 0,3 mg auf 100 Gramm Boden sehr gering und im ganzen Aufschluß fast gleichbleibend.

Der T-Wert zeigt eine stetige Zunahme mit der Profiltiefe, da er in den oberen Horizonten mit 5,0 (Horizont IV) bzw. 6,2 mval (Horizont V und VII) aufscheint, aber im braunen Band (Horizont IX) und im Gleylöß (Horizont XII) 10,0 mval erreicht. Diese Zunahme des T-Wertes im vergleyten Basislöß ist sehr auffallend, da es sich um keinen Verwitterungshorizont handelt, und weist somit auf das Vorhandensein von umgelagertem Lehmmaterial hin, das auch im hohen Tonanteil des Horizontes XII (12,1 %) 1955 erkennbar war.

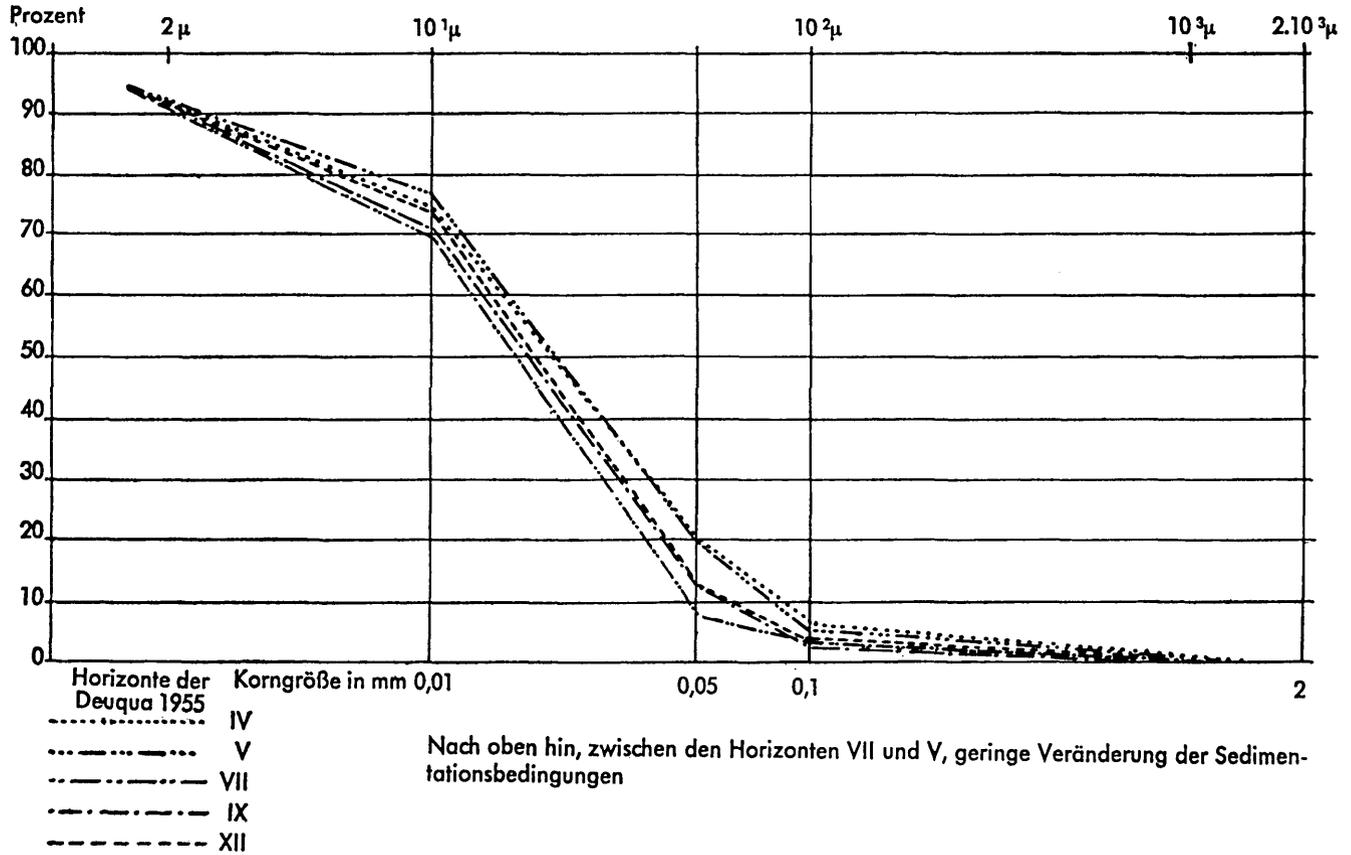
Tabelle 1: Profiluntersuchung: Hochterrasse Traun-N: Aufschluß bei Linz-Weingartshof

Probenentnahme Tiefe in Metern	Horizont 1955	Boden und Untergrund	Farbe nach Munsell soils color Chart <sup>14</sup>	Raum-trockengewicht g/100 cm <sup>3</sup>	Kurve des Rauntrocken-gewichts g/100 cm <sup>3</sup>	% Karbonate	Karbonatskurve % Ca Co <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kurve mg/100 g	T-Wert mval/100 g	T-Wert Kurve mval/100 g	Korngrößenverteilung nach Intern. Methode B In Prozenten			
												S	FS	Stb	A
0,90	IV	mäßig vergleyter Löß	2,5 Y 5/4	145,45		48,3		0,2		5,0		6,0	13,6	55,6	24,8
1,40	V	mäßige verleyter Löß	2,5 Y 5/4	143,41		44,9		0,3		6,2		4,6	15,2	57,0	23,2
3,00	VII	mäßig vergleyter Löß	2,5 Y 5/6	146,58		31,5		0,2		6,2		1,8	6,6	61,4	30,2
3,40	VIII	mäßig vergleyter Löß	5,6 Y 5/6	150,98		38,2		0,2		10,0		3,2	9,4	61,0	26,4
3,60	IX	braunes Band	10 YR 5/6	146,97		21,0		0,2							
5,00	XII	stark vergleyter Löß	2,5 Y 5/4	149,01		17,0		0,2		10,0		2,4	10,2	58,6	28,8

Tabelle 3: Profiluntersuchung: Hochterrasse Traun-S: Parabraunerde bei Linz-Ebelsberg

Probenentnahme Tiefe in Metern	Horizont	Boden und Untergrund	Farbe nach Munsell soils color Chart <sup>14</sup>	Raum-trockengewicht g/100 cm <sup>3</sup>	Kurve des Rauntrocken-gewichts g/100 cm <sup>3</sup>	% Karbonate	Karbonatskurve % Ca Co <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/100 g	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Kurve mg/100 g	T-Wert mval/100 g	T-Wert Kurve mval/100 g	Korngrößenverteilung nach Intern. Methode B In Prozenten			
												S	FS	Stb	A
0,40	I	Lehm	10 YR 4/4	151,60		0,0		19,5				3,2	7,6	48,4	40,8
1,00	II	Lehm	10 YR 5/4	149,13		3,2		6,4		13,0		2,4	6,8	45,2	45,6
1,50	III	mäßig vergleyter Löß	2,5 Y 5/4	138,26		46,2		2,0		8,0		2,2	11,6	61,8	24,4
4,00	IV	mäßig vergleyter Löß	2,5 Y 5/4	148,54		35,3		0,8				2,8	11,2	54,8	31,2

Diagramm 1: Korngrößenkurven des Profiles Weingartshof



Die Korngrößenzusammensetzung läßt ebenfalls gewisse Unterschiede im Profilaufbau erkennen (siehe Diagramm 1).

Im oberen Teil des Aufschlusses (Horizont IV und V) ist ein etwas größerer Sand- und Feinsandgehalt, aber ein etwas geringerer Anteil an Staubsand und Abschlämbbarem vorhanden als im tieferliegenden Löß. Knapp oberhalb des braunen Bandes hat die Korngrößerverteilung den geringsten Anteil an Sand und Feinsand und den größten an Staubsand und Abschlämbbarem. Während in 1,40 Meter Tiefe die einzelnen Fraktionen des Lösses 4,6, 15,2, 57,0 und 23,2 % aufweisen, werden diese Prozentsätze bei 3,00 Meter Tiefe auf 1,8, 6,6, 61,4 und 30,2 % verändert.

Das braune Band hebt sich durch seinen etwas höheren Sand- und Feinsandgehalt und durch seinen geringeren Anteil bei der abschlämbbaren Fraktion (mit 26,4 %) hervor, während im darunterliegenden Gleylöß das Abschlämbbare wieder auf 28,8 % ansteigt.

Wie stark schwankend jedoch die Korngrößenzusammensetzung innerhalb der Horizonte selbst sein kann, zeigt die Gegenüberstellung der jetzigen Analysendaten mit jenen von 1955, da sich bei gleichen Untersuchungsmethoden folgende Unterschiede ergeben:

Horizont	% der Korngrößenzusammensetzung in mm				Prozent CaCO <sub>3</sub>
	2,0—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	< 0,01	
IV	- 0,2	+ 5,0	- 3,8	- 1,0	+ 15,7
V	+ 3,4	+ 8,6	- 11,4	- 0,6	+ 13,4
VII	+ 0,4	+ 2,2	- 2,0	- 0,6	- 6,5
IX	0,0	+ 3,4	- 0,8	- 2,6	- 2,1
XII	+ 1,2	+ 6,2	+ 8,4	- 15,8	- 12,8

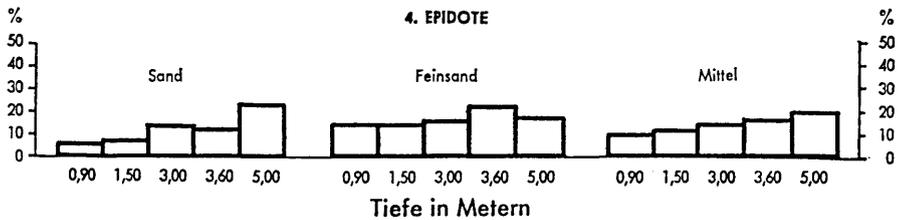
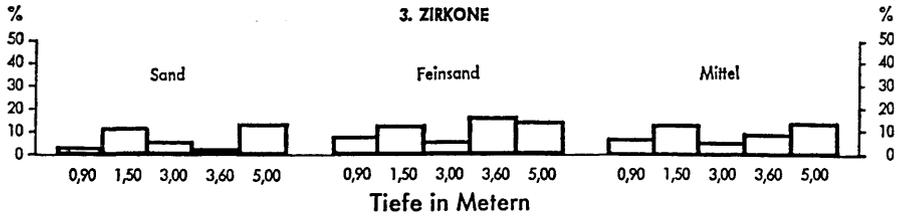
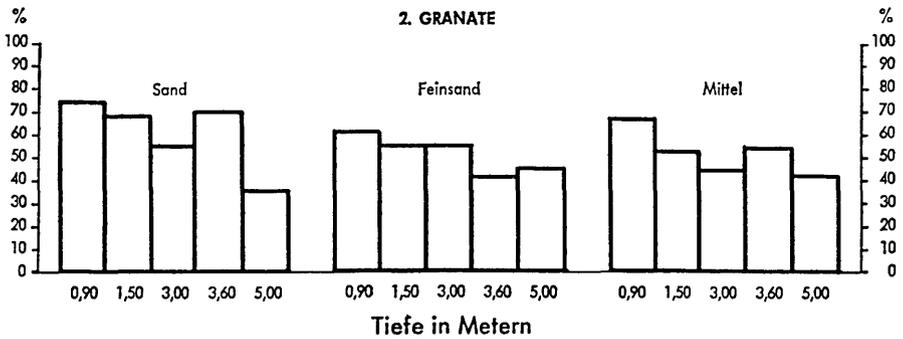
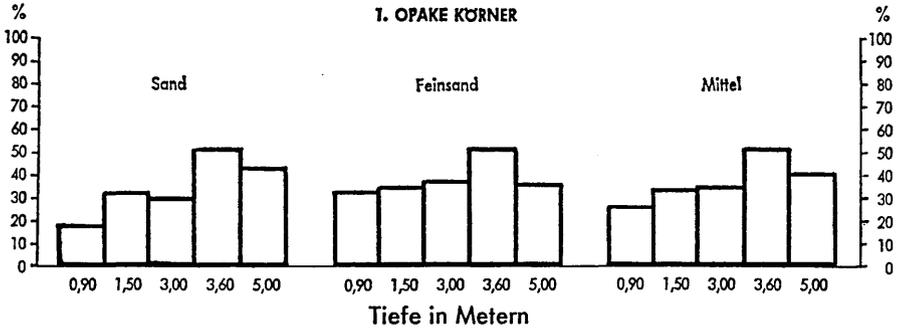
Während in den Horizonten IV, VII und IX die Analysendaten eine gute Übereinstimmung zeigen, sind bei den Horizonten V (Zone der Kryoturbation) und XII (Gleylöß) ziemlich große Differenzen (bis zu 15,8 %) vorhanden, die nur auf Unterschiede in der Lößzusammensetzung zurückzuführen sind, denn in beiden Horizonten sind deutliche Schichtungen erkennbar, die somit unterschiedliche Korngrößen aufzeigen.

Diese durch Feinschichtungen bedingten Differenzen von 10 bis 15 % in einer Fraktion bei gleichen Untersuchungsmethoden können das Korngrößensbild der Horizonte stark verzerren und damit den Aussagewert der Korngrößenanalysen für eine genetische Deutung des Lösses eventuell vermindern. Sie zeigen damit aber auch an, daß die Lößproblematik aus dem Korngrößenaufbau allein nicht gelöst

Tabelle 2: Schwermineraluntersuchung: Hochterrasse Traun-N: Aufschluß bei Linz-Weingartshof

Probenentnahme Tiefe in Metern	Fraktion	Ungefähre Menge	Opake Körner			Prozente der durchsichtigen Körner	Durchsichtige Körner in Prozenten											
			Magnetit	Gele u. a.	Prozente		Zirkon	Monazit u. Titanit	Turmalin	Granat	Staurolith	Disthen u. Sillimanit	Andalusit	Epidot u. Zoisit	Hornblende	Rutil	Apatit	
IV 0,90 (111)	S FS	sehr viel sehr viel	25 55	1 10	17,9 33,3	82,1 66,7	3,4 8,5	4,2 —	— 0,8	74,1 61,5	3,4 7,7	2,5 1,5	— 0,8	— 5,9	13,8	2,5 2,3	1,5 2,3	2,5 0,8
V 1,40 (112)	S FS	wenig sehr viel	45 65	1 4	31,9 35,4	68,1 64,6	11,2 12,7	3,1 3,2	— 0,8	69,4 55,6	3,1 2,4	— 3,2	1,0 1,6	7,1 14,1	2,0 1,6	3,1 4,0	— 0,8	—
VII 3,00 (113)	S FS	wenig sehr viel	35 60	14 5	30,1 37,6	69,9 62,4	5,3 5,6	4,4 3,7	2,6 1,9	56,1 55,6	3,5 3,7	2,6 3,7	— 3,7	— 12,3	15,5	5,3 2,8	2,6 1,9	5,3 1,9
IX 3,50 (115)	S FS	viel viel	110 125	2 6	51,4 51,4	48,6 48,6	1,9 16,9	2,8 3,2	— 0,8	70,9 41,1	5,7 4,8	0,9 1,6	— 2,4	— 11,3	21,2	2,8 2,4	2,8 5,6	0,9 —
XII 5,00 (116)	S FS	sehr viel sehr viel	80 60	9 3	43,2 36,4	56,8 63,6	12,0 14,5	1,7 2,7	2,6 1,8	35,9 46,4	5,1 5,5	5,1 1,8	3,4 1,8	23,0 17,4	4,4 2,7	3,4 4,5	3,4 0,9	

### A Diagramm der Schwerminerale im Profil Weingartshof



werden kann, sondern daß weitere sedimentpetrographische Untersuchungen notwendig sind und daß eine ganzheitliche Zusammenschau aller Ergebnisse erforderlich ist.

Die geringen Unterschiede im Korngrößenaufbau des Profiles und der dadurch bedingte fast gleichmäßige Verlauf der Fraktionskurven weisen auf eine relativ gleichmäßige Sedimentation hin. Doch das etwas steilere Kurvenbild der unteren Horizonte XII, IX und VII zeigt, daß von unten nach oben doch mit einer geringen Veränderung der Sedimentationsbedingungen zu rechnen ist.

Die schwermineralogische Untersuchung des Lößprofiles „Weingartshof“ gibt einige aufschlußreiche Hinweise:

Der opake Anteil nimmt in der Sandfraktion von oben nach unten fast stetig zu. Im Horizont IV beträgt er nur 18 % (die Zahlen wurden abgerundet), im Horizont V bereits 32 %, fast gleich wie im Horizont VII mit 30 %, steigt jedoch im Horizont IX, im braunen Band, auf 51 % an und nimmt im Gleylöß, Horizont XII, wieder etwas ab, wo er nur 43 % erreicht (siehe Tabelle 2).

Das braune Band hat aber auch in der Feinsandfraktion den größten Anteil an opaken Körnern, da diese hier ebenfalls 51 % betragen. Im liegenden Gleylöß ist der opake Anteil bei der Feinsandfraktion 36,4 % und fast gleich dem der oberen Horizonte. Im Mittel beider Fraktionen schwankt der Gehalt an opaken Körnern zwischen 25,6 und 51,4 %, wobei ihre Anzahl in den oberen Horizonten geringer ist als in den tieferen.

Der Granatgehalt, bezogen auf 100 % der durchsichtigen Schwerminerale, hebt sich im hangenden Löß, in den Horizonten IV und V, bei der Sandfraktion mit 74 bzw. 69 % besonders hervor. Im Horizont VII fällt er auf 56 % ab, steigt jedoch im braunen Band wieder auf über 70 % an, während er im liegenden Gleylöß nur 36 % beträgt.

Der Zirkongehalt hat sein Maximum in den Horizonten V und XII mit 11 bzw. 12 %; den geringsten Prozentwert haben die Zirkone im braunen Band, wo sie nur knapp 2 % erreichen.

Andererseits steigt der Epidotgehalt fast gleichmäßig von 6 % im Horizont IV auf das Doppelte, auf 12 %, im Horizont VII an und verdoppelt sich fast nochmals im Horizont XII, wo er 23 % erreicht.

In der Feinsandfraktion tritt ebenfalls der Granatanteil mit 61 bzw. 56 % in den drei obersten Horizonten prägnant hervor; in den unteren Horizonten nimmt dagegen der Granatgehalt wieder ab und beträgt im braunen Band 41 % und im liegenden Löß 46 %.

Der Zirkongehalt schwankt zwischen 5,6 % im Horizont VII und fast 17 % im Horizont IX (braunes Band), wobei im allgemeinen die tieferen Horizonte zirkonreicher sind als die höheren.

Der Epidotgehalt nimmt von 13,8 % im Horizont IV auf 21,2 % im braunen Band zu und sinkt im Gleylöß wieder auf 17,4 % ab.

Das Mittel des Granatgehaltes beider Fraktionen liegt im Horizont IV bei 67,8 % und sinkt zum Horizont XII auf 41,1 % ab, so daß sich die Granate antagonistisch zu den opaken Körnern verhalten.

Demgegenüber schwanken die Zirkone in ihrem Mittelwert nur zwischen 5,5 und 13,2 % und nehmen zum Untergrund zu, während die Epidote bis 20,2 % im vergleyten Basislöß erreichen.

Das Schwermineralspektrum des Aufschlusses ist daher gekennzeichnet durch den hohen Granatgehalt, besonders in der Sandfraktion der oberen Schichten, wo er 70 % aller durchsichtigen Körner erreicht. Aber auch in der Feinsandfraktion beträgt er mehr als die Hälfte der durchsichtigen Schwerminerale, nimmt jedoch im Gleylöß, besonders in der Sandfraktion, wieder ab. Alle übrigen Schwerminerale treten stark zurück und auch der opake Anteil des Spektrums ist relativ gering, nimmt jedoch in der Sandfraktion nach unten fast stetig zu (siehe Diagramm A).

Von den verschiedenen Proben wurden am Bundesinstitut für Kulturtechnik und technischer Bodenkunde in Petzenkirchen, NÖ, Dünnschliffe angefertigt. Ich danke Herrn Direktor Dr. Dipl.-Ing. F. Bl ü m e l herzlichst für die mustergültige Anfertigung der Dünnschliffe. Außerdem danke ich Herrn Abteilungsvorstand Doktor M. S e d l a c z e k für seine Hilfe bei den mikroskopischen Untersuchungen und für seine zahlreichen, wertvollen Hinweise.

#### **Mikromorphologie**

- 0,90 m Tiefe Hohlraumreiches, feinkörniges Mineralgefüge ohne Bindesubstanz; sehr viel Calcite, daneben Quarze, Feldspate und Glimmerschüppchen; Calcitkörner zum größten Teil eckig, teilweise etwas trüb und angeätzt; in zahlreichen Hohlräumen kleine Kalkausfällungen.
- 1,40 m Tiefe Deutlich schichtiges Mineralgefüge mit sehr wenig Bindesubstanz; Calcitkörner trüb, stark zersetzt; daneben Quarz, Feldspate und Glimmerschüppchen, die deutlich eingeregelt sind. Schichtung zum größten Teil waagrecht, stellenweise aber verbogen und ineinandergreifend (kryoturbar verstaucht); an den Schichtändern

- starke Kalkausscheidungen und stellenweise Anhäufung von braungelber, schwach doppelbrechender Bindesubstanz.
- 3,00 m Tiefe Undeutlich schichtiges Mineralgefüge mit sehr wenig Bindesubstanz; sehr viel Calcit, teilweise trüb und zersetzt; daneben Quarz, Feldspate und Glimmerschüppchen, die zumeist eingeregelt sind; an Schichtenrändern und in Hohlräumen kleine Kalkausfällungen, stellenweise auch Anreicherung von gelbbrauner, stark doppelbrechender Bindesubstanz. Schichtung teilweise kryoturbat verstaucht.
- 3,40 m Tiefe Ähnliches Bild wie vorher; noch mehr Kalkausscheidung.
- 3,60 m Tiefe Deutlich schichtiges Mineralgefüge mit viel Bindesubstanz; viel Calcite (trüb und angeätzt); daneben Quarz, Feldspate und Glimmerschüppchen, die teilweise eingeregelt sind. Bindesubstanz braungelb, trüb, schwach doppelbrechend, gleichmäßig verteilt bzw. in waagrechten Schichten etwas angereichert.
- 5,00 m Tiefe Undeutlich schichtiges Mineralgefüge mit viel Bindesubstanz; Mineralgerüst bestehend aus viel Calcit; daneben Quarze, Feldspate und Glimmerschüppchen, die teilweise eingeregelt sind; Calcitkörner zum größten Teil trüb und angeätzt; an Schichtenrändern und in Hohlräumen Anhäufung von brauner, nur schwach doppelbrechender Bindesubstanz.

#### **Beschreibung der Leichtminerale**

- 0,90 m Tiefe Sand: Wenig Biotit; Quarze eckig; Feldspate stark angewittert, und zersetzt.  
Feinsand: Wenig Biotit; Quarze eckig; Feldspate stark angewittert, teilweise zersetzt.
- 1,40 m Tiefe Sand: Etwas Biotit; Quarze eckig; Feldspate angewittert, teilweise zersetzt.  
Feinsand: Sehr wenig Biotit; Quarze eckig; Feldspate angewittert, teilweise zersetzt.
- 3,00 m Tiefe Sand: Etwas Biotit; Quarze eckig; Feldspate angewittert und teilweise zersetzt.  
Feinsand: Sehr wenig Biotit; Quarze eckig; Feldspate wenig angewittert, nur vereinzelt zersetzt.
- 3,60 m Tiefe Sand: Etwas Biotit; Quarze eckig; Feldspate stark angewittert, teilweise stark zersetzt.  
Feinsand: Wenig Biotit; Quarze eckig; Feldspate stark angewittert, teilweise zersetzt.
- 5,00 m Tiefe Sand: Quarze eckig, trüb; Biotit und Feldspate sehr stark zersetzt, sehr viele Gele.  
Feinsand: Etwas Biotit; Quarze eckig, trüb; Feldspate sehr stark angewittert und zersetzt.

Die mikromorphologischen Untersuchungen der Dünnschliffe zeigen im hangenden Löß ein deutlich schichtiges Mineralgefüge mit sehr viel Calcite und sehr wenig Bindesubstanz. Die Schichten sind infolge kryoturbater Stauchung teilweise verbogen und ineinander verkeilt (Dünnschliffbild 1). Die Calcite sind angeätzt und teilweise etwas zersetzt, andererseits sind an den Schichträndern und in Hohlräumen geringe Kalkausscheidungen vorhanden.

Das braune Band hebt sich als deutlich schichtiges Mineralgefüge mit viel Bindesubstanz ab; diese ist gleichmäßig verteilt und nur schwach doppelbrechend.

Auch der liegende Gleylöß zeigt ein undeutlich schichtiges Mineralgerüst mit viel Bindesubstanz, die besonders an den Schicht-rändern und in Hohlräumen als dunkle Rostausscheidung angehäuft ist (Dünnschliffbild 2). Die Calcite sind hier zum größten Teil trüb und stark angeätzt.

Die Glimmerschüppchen haben im ganzen Profil zumeist eine waagrechte Einregelung; diese Erscheinung sowie das schichtige Gefüge weist auf fluviatile Sedimentation hin.

Die verwitterungsbedingte Zersetzung der Calcite in den oberen Horizonten und die entsprechende Kalkausfällung in Hohlräumen entspricht bei diesem kalkreichen Substrat der Wanderung kolloidaler Tonsubstanzen in kalkfreien Böden. Durch diese Kalkausscheidungen wird ein fast zusammenhängendes Calcitgerüst und somit das charakteristische Lößgefüge erzeugt.

Demgegenüber zeigt die stärkere Calcitzersetzung im Basislöß sowie die dort auftretende Vergleyung und starke Rostausscheidung einen ehemaligen Grundwassereinfluß auf.

Außerdem läßt die gleichmäßig verteilte, trübe und nur schwach doppelbrechende Bindesubstanz im braunen Band und im Gleylöß auf umgelagertes, älteres Bodenmaterial schließen, das zu Beginn der Sedimentation besonders reichlich in diesen unteren Horizonten eingebracht wurde.

Als Ergebnis zeigt die Mikromorphologie des Gesamtprofiles ein schichtiges Gefüge, das in den oberen Horizonten kryoturbat gestaucht ist. Die Calcite sind angeätzt und teilweise zersetzt, andererseits sind Kalkausscheidungen in Hohlräumen vorhanden, die das Lößgefüge aufbauen. Die gleichmäßige Verteilung und die schwache Doppelbrechung der Bindesubstanz ist auf umgelagertes Bodenmaterial zurückzuführen, das besonders in den unteren Horizonten, im braunen

Band und im Gleylöß, mehr hervortritt. Die Schichtungen und die Einregelung der Glimmerschüppchen weisen auf fluviatile Sedimentation hin.

Die Leichtminerale zeigen nur wenig Biotite; zum größten Teil sind eckige Quarze und Plagioklase vorhanden. Die Feldspate sind im braunen Band und im Gleylöß stärker angewittert und zersetzt als in den oberen Horizonten.

#### b) Die Untersuchungsergebnisse der Parabraunerde Ebelsberg

Von einer Baugrube auf der Hochterrasse Linz-Ebelsberg wurden drei Proben entnommen, wobei die Proben I und II von der hangenden Parabraunerde bei 0,40 und 1,00 Meter Tiefe und die Probe III vom liegenden, mäßigvergleyten Löß aus 1,50 Meter Tiefe gezogen sind (Parzelle 818/2, KG Ebelsberg).

Die Parabraunerde ist vom Löß durch eine Diskontinuität getrennt, so daß auch auf der Hochterrasse Ebelsberg die gleiche Erscheinung zu beobachten ist wie am Harter Plateau.

Aus einem anderen Aufschluß in nächster Nähe wurde außerdem ein mäßigvergleyter Löß aus 4,00 Meter Tiefe als Probe IV analysiert.

Die Parabraunerde hat ein Raumtrockengewicht von 151 bzw. 149 Gramm je 100 cm<sup>3</sup> Boden, so daß der Unterschied zwischen den beiden Horizonten relativ gering ist. Eine gleich geringe Differenz zeigt auch die Korngrößenverteilung, bei der im oberen Horizont eine kleine Abnahme des Abschlämbbaren von 45,6 auf 40,8 % und eine fast gleichgroße Zunahme des Staubsandanteiles von 45,2 auf 48,4 % auftritt (siehe Tabelle 3).

Karbonate sind in der Braunerde bei 0,40 Meter Tiefe keine vorhanden, jedoch bei 1,00 Meter Tiefe bereits 3,2 %. Der Gehalt an laktatlöslicher Phosphorsäure ist im oberen Horizont mit 19,5 mg sehr hoch, nimmt jedoch mit der Tiefe rasch ab und erreicht bei 1,00 Meter Tiefe nur 6,4 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> auf 100 Gramm Boden, so daß im Oberboden bei dieser landwirtschaftlich genutzten Fläche wahrscheinlich ein Düngungseinfluß vorliegt.

Der liegende Löß hat bei 1,50 Meter Tiefe, also knapp unterhalb der Diskontinuität, nur ein Raumtrockengewicht von 138,26 Gramm je 100 cm<sup>3</sup>, einen Karbonatgehalt von 46,2 % und einen Phosphorsäuregehalt von nur 2,0 mg. Diese Werte weisen so bedeutende Unterschiede zur hangenden Parabraunerde auf, die aus einer Bodenentwicklung nicht erklärbar sind. Auch der T-Wert fällt von 13,0 mval

im Lehm bei 1,00 Meter Tiefe auf 8,0 mval im Löß stark ab und ebenso zeigt der Löß im Korngrößenaufbau ein anderes Bild.

Einerseits steigt der Staubsand im Löß auf 61,8 ‰, das sind über 15 ‰ gegenüber der Probe II, an und auch sein Feinsandgehalt ist höher als im Lehm der Parabraunerde, er beträgt 11,6 ‰ gegenüber 6,8 bzw. 7,6 ‰ im Lehm. Andererseits fällt der Anteil des Abschlämmbaren im Löß um über 20 ‰ ab und beträgt nur 24,4 ‰.

Die Probe IV, ein mäßigvergleyter Löß aus 4,00 Meter Tiefe, hat mit 148,54 Gramm ein wesentlich höheres Raumtrockengewicht als die Probe III. Außerdem ist ein geringerer Karbonatgehalt (35,3 ‰) und nur ein sehr geringer Phosphorsäuregehalt (0,8 mg) vorhanden.

In der Korngrößenverteilung ist der Anteil der Staubsandfraktion etwas kleiner und das Abschlämmbare um fast denselben Betrag, rund 7 ‰, größer als beim oberen Löß.

Die Korngrößenkurven des Profiles haben eine auffallende Ähnlichkeit in ihrem Verlauf mit dem Kurvenbild der Parabraunerde Bindermichl (66), da auch zwischen dem hangendem Lehm und liegendem Löß ein deutlicher Sprung vorhanden ist, der die vorhandene Diskontinuität und die Ablagerung unterschiedlichen Materials aufzeigt (siehe Diagramm 2).

Andererseits ist sowohl im liegenden Löß als auch im hangenden Lehm eine gewisse Versteilung der Kurven zu den oberen Horizonten erkennbar, was auf eine Veränderung der Sedimentationsbedingungen innerhalb dieser Ablagerungszeiträume hinweist.

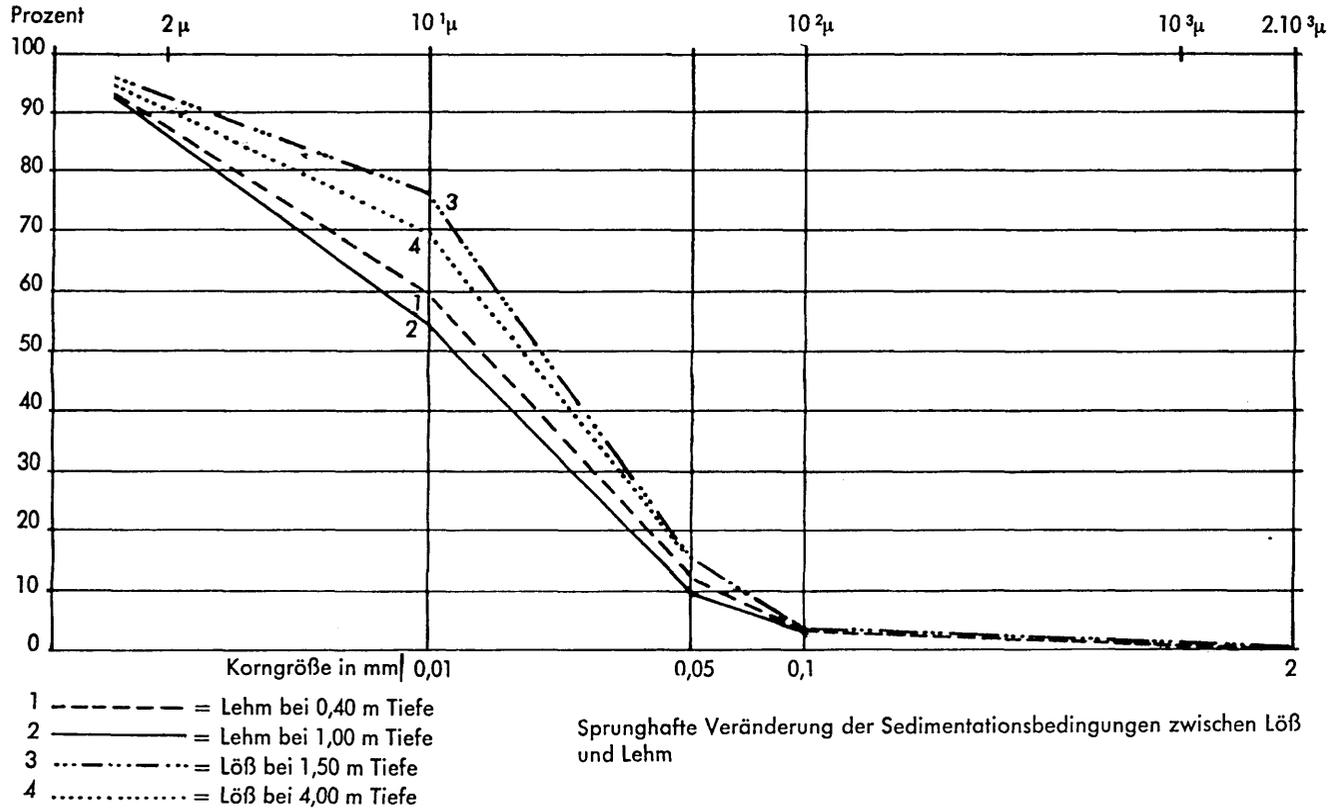
Somit ist die auftretende Diskontinuität zwischen Lehm und Löß bei allen chemischen und physikalischen Untersuchungsergebnissen feststellbar und kann bei den nachfolgenden Schwermineralanalysen interpretiert werden (siehe Tabelle 4).

In der Sandfraktion nimmt der Anteil der opaken Körner von der Parabraunerde zum liegenden Löß stark ab. Während er im Lehm 38 bzw. 35 ‰ beträgt, fällt er im Löß auf 22,6 ‰, steigt jedoch wieder im Löß bei 4,00 Meter Tiefe auf 33,5 ‰ an.

Der Granatgehalt ist in allen Horizonten relativ hoch und beträgt über 50 ‰ aller durchsichtigen Schwerminerale und steigt im Horizont IV sogar auf 69 ‰ an.

Der Zirkonanteil ist mit 13,1 ‰ im Horizont II am höchsten und nimmt sowohl nach oben als auch nach unten bis auf 7 ‰ ab. Eine ähnliche Tendenz zeigt auch der Epidotgehalt, der von 15,4 ‰ im

Diagramm 2: Korngrößenkurven der Parabraunerde Linz-Ebelsberg



Horizont II vorerst auf 8,5 % im Horizont III und sogar auf 4,9 % in der Probe IV absinkt.

In der Feinsandfraktion haben die opaken Körner ihr Maximum bei 55 % im Horizont II und erreichen ansonsten nur 34 bis 36 %. Der Granatgehalt ist im Horizont III mit 48,5 % am höchsten und mit 35,8 % in der Probe II am geringsten.

Ein ähnliches Bild gibt auch der Zirkonanteil, der mit 17,7 % im Horizont III am höchsten liegt, doch hat er sein Minimum im Horizont I mit 2,4 %. Größere Unterschiede weist der Epidotgehalt auf, da er in der Parabraunerde auf 30 % ansteigt und im liegenden Löß bei 1,50 Meter Tiefe nur 13 % hat. Andererseits erhöht er sich im Löß bei 4,00 Meter Tiefe wieder auf 32,7 %.

Das Mittel beider Fraktionen beträgt bei den opaken Körnern im Lehm der Parabraunerde 37,0 bzw. 45,2 %, aber im liegenden Löß nur 28,6 % und in 4,00 Tiefe 33,8 % (siehe Diagramm B).

Der Mittelwert der Granate liegt bei der Parabraunerde mit 42,9 und 47,6 % wesentlich niedriger als im Löß, wo er 51,3 bzw. 53,6 % erreicht.

Die Zirkone haben als Mittel der einzelnen Horizonte 4,8, 10,8, 13,0 und 6,4 %, während die Epidote mit 18,2, 22,7, 10,8 und 18,8 % aufscheinen.

Die Diskontinuität ist erkennbar an der Abnahme der opaken Körner sowie des Epidotanteiles, außerdem durch Zunahme des Granatgehaltes, der besonders in der Sandfraktion sehr hohe Werte annimmt.

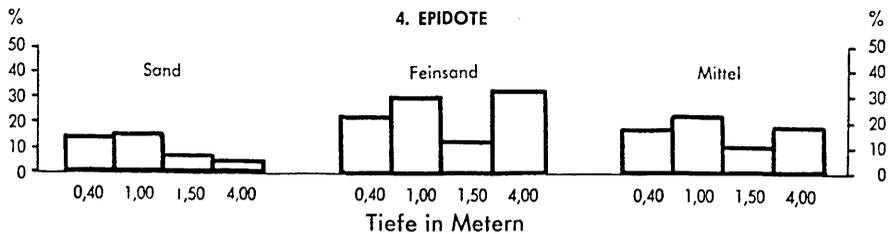
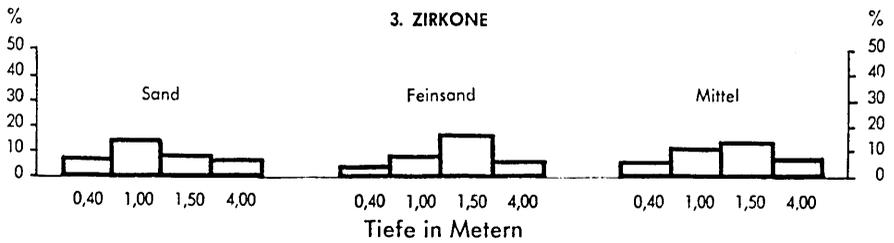
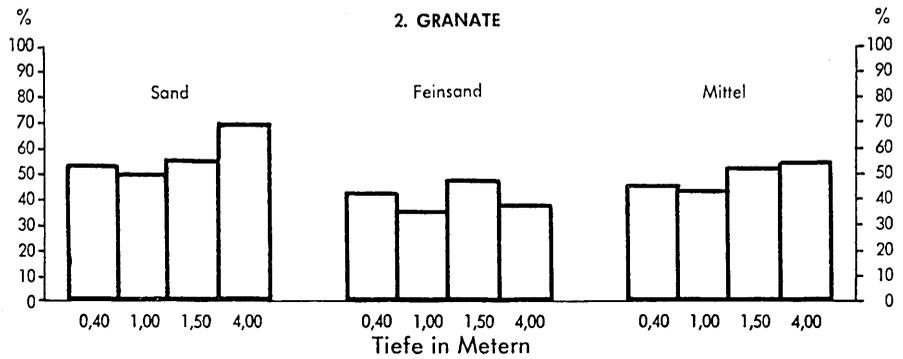
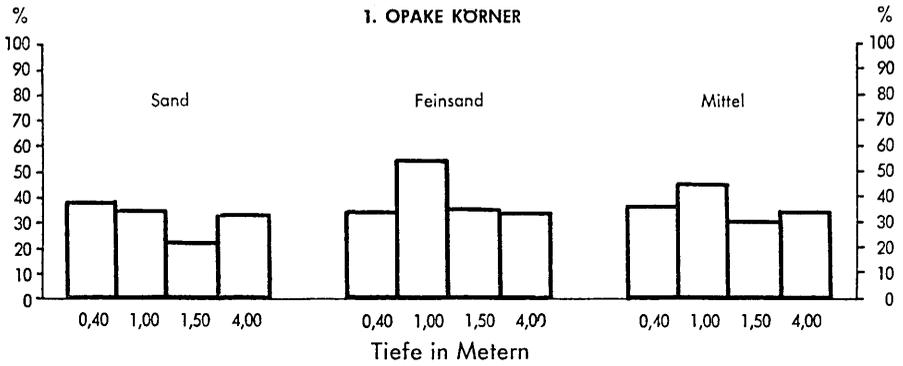
#### **Mikromorphologie**

- |              |   |
|--------------|---|
| 0,40 m Tiefe | Hohlraumreiches Mineralgefüge mit viel Bindesubstanz; Mineralgerüst bestehend aus Quarz, zumeist kleinkörnig, aber vereinzelt auch größere Körner eingelagert (porphyrisch), Feldspaten und Glimmerschüppchen. Bindesubstanz hellbraun, doppelbrechend, fast gleichmäßig verteilt, nur stellenweise etwas schlierig angehäuft. Außerdem vereinzelt große, runde (umgelagerte) Konkretionen vorhanden, die Mineralkörner einschließen. |
| 1,00 m Tiefe | Hohlraumreiches, kleinkörniges Mineralgefüge mit sehr viel Bindesubstanz; Mineralgerüst bestehend aus Quarz, Feldspaten und Glimmerschüppchen, die teilweise eingeregelt sind. Bindesubstanz gelbbraun, doppelbrechend, fast gleichmäßig verteilt, selten schlierenartig angehäuft.   |
| 1,40 m Tiefe | Dünnschliff zeigt uneinheitliches Gefügebild, Übergang von Braunerde zum Löß. Oben: Calcitfreies, bindesubstanzreiches  |

Tabelle 4: Schwermineraluntersuchung: Hochterrasse Traun-S: Parabraunerde bei Linz-Ebelsberg

Probenentnahme Tiefe in Metern	Fraktion	Ungefähre Menge	Opake Körner			Prozente der durchsichtigen Körner	Durchsichtige Körner in Prozenten										
			Magnetit	Gele u. a.	Prozente		Zirkon	Monazit u. Titanit	Turmalin	Granat	Staurolith	Disthen u. Sillimanit	Andalusit	Epidot u. Zoisit	Hornblende	Rutil	Apatit
0,40 (1)	S	wenig	80	18	38,6	61,4	7,2	4,6	—	52,8	12,2	0,6	2,6	14,6	1,2	3,6	0,6
	FS	sehr viel	60	7	35,3	64,7	2,4	0,8	6,5	42,3	9,7	4,9	0,8	22,0	4,1	4,9	1,6
1,0 (2)	S	wenig	61	10	35,3	64,7	13,1	4,5	—	50,0	6,2	1,6	—	15,4	0,8	6,9	1,5
	FS	sehr viel	155	17	55,1	44,9	8,6	0,7	2,1	35,8	8,6	2,1	—	30,0	2,1	7,9	2,1
1,50 (4)	S	sehr wenig	5	2	22,6	77,4	8,3	—	4,2	54,0	8,3	—	4,2	8,5	4,2	—	8,3
	FS	sehr viel	60	15	36,6	63,4	17,7	2,3	1,5	48,5	3,8	0,8	3,1	13,1	1,5	5,4	1,5
4,00 (5)	S	wenig	57	5	33,5	66,5	7,3	4,8	—	69,1	8,2	—	—	4,9	0,8	4,9	—
	FS	viel	50	7	34,1	65,9	5,5	—	0,9	38,2	5,5	—	1,8	32,7	6,3	5,5	—

**B Diagramm der Schwerminerale in der Parabraunerde Ebelsberg**



Material, bestehend aus Quarz, Feldspaten und Glimmerschüppchen, die zum größten Teil eingeregelt sind. Bindesubstanz gelbbraun, doppelbrechend, ziemlich gleichmäßig verteilt; dann schmale Zone mit schichtigem Gefüge, wobei abwechselnd calcitfreies, bindesubstanzreiches Material und calcitreiches bindesubstanzarmes Material übereinander liegt. Unten: Nur calcitreiches, bindesubstanzarmes Material.

- 1,50 m Tiefe Schichtiges Mineralgefüge mit Calcit und etwas dunkelbrauner, nicht doppelbrechender Bindesubstanz, die zum größten Teil aus Eisenhydroxydgelen besteht, wodurch der mäßigvergleyte Löß charakterisiert wird.
- 4,00 m Tiefe Dichtes Mineralgefüge mit sehr wenig Bindesubstanz; sehr viel Calcit, teilweise etwas angeätzt und trübe, daneben Quarz, Feldspate und Glimmerschüppchen, die teilweise eingeregelt sind. Einzelne große, dunkelbraune, abgerundete (umgelagerte) Konkretionen vorhanden, die kleine Mineralkörner einschließen; in Hohlräumen geringe Kalkausscheidungen, die eine Verkittung der Mineralkörner verursachen.

#### **Beschreibung der Leichtminerale**

- 0,40 m Tiefe Sand: Viel Biotit; stark trüb und angewittert; Quarze eckig; Feldspate stark zersetzt und verwittert.  
Feinsand: Wenig Biotit; Quarze eckig; Feldspate stark angewittert und zersetzt.
- 1,00 m Tiefe Sand: Sehr viel Biotit; Quarze eckig; Feldspate angewittert und teilweise zersetzt.  
Feinsand: Etwas Biotit; Quarze eckig; Feldspate teilweise angewittert und zersetzt.
- 1,50 m Tiefe Sand: Wenig Biotit; angewittert und trüb; Quarze zumeist kantengerundet; Feldspate teilweise angewittert, teilweise gelartig zersetzt.  
Feinsand: Wenig Biotit; zumeist trüb und angewittert; Quarze eckig bis kantengerundet; Feldspate angewittert, teilweise gelartig zersetzt.
- 4,00 m Tiefe Sand: Wenig Biotit; Quarze eckig, kantig; Feldspate angewittert, teilweise zersetzt.  
Feinsand: Wenig Biotit; Quarze eckig; Feldspate teilweise angewittert und zersetzt.

Die mikromorphologischen Untersuchungen zeigen bei der Parabraunerde ein aus Quarze, Feldspaten und Glimmer bestehendes Mineralgerüst mit viel kolloidaler Bindesubstanz, die gelbbraun und doppelbrechend, teilweise gleichmäßig verteilt und teilweise auch

schlierenartig angehäuft ist. Außerdem sind vereinzelte, runde große Konkretionen, die kleine Mineralkörper einschließen, vorhanden und die Glimmerschüppchen stellenweise eingeregelt.

Bei 1,40 Meter Tiefe, in einer geringmächtigen Übergangszone, wird deutlich ein schichtiges Gefüge erkennbar, bei dem abwechselnd übereinander calcitreiches und calcitarmes Material liegt (Dünnschliffbild 3). Diese Schichten entsprechen anscheinend einem jahreszeitlich bedingten Rhythmus der Ablagerung, indem zeitweise ortsferner Löß bzw. ortsnaher Lehm abgelagert wurden, so daß beide übereinander liegen. Knapp darunter, bei 1,50 Meter Tiefe, ist jedoch nur mehr deutlich geschichteter Löß erkennbar (Dünnschliffbild 4).

Der Löß bei 4,00 Meter Tiefe hat ein dichtes Mineralgefüge mit sehr viel Calcit und sehr wenig Bindesubstanz. Die Calcite sind etwas trüb und angeätzt, in den Hohlräumen sind geringe Kalkausscheidungen vorhanden. Stellenweise ist die Bindesubstanz etwas zusammengeballt, außerdem gibt es große, dunkelbraune, abgerundete Konkretionen; die Glimmerschüppchen sind teilweise eingeregelt.

Das mikromorphologische Gesamtbild zeigt eine junge Bodenbildung aus kalkarmem Material, in das ältere, umgelagerte Bodensubstanzen mitsedimentiert sind.

Dieser Boden geht bei der Trennlinie in eine Feinschichtung von Lehm und Löß und etwas tiefer in reinen Löß über. Auch in diesem ist etwas umgelagertes Bodenmaterial einbezogen, da er braune, abgerundete Konkretionen enthält. Die Verwitterung bedingte Lösungs- und Ätzungserscheinungen an Calciten, außerdem Kalkausscheidungen in Hohlräumen, wodurch eine Verkittung der Mineralkörner verursacht wird.

Die waagrecht eingeregelteten Glimmerschüppchen deuten auf fluviatile Ablagerung hin.

Die Leichtminerale enthalten in der Parabraunerde mehr Biotite als im Löß. Die Quarze sind zumeist eckig, die Feldspate (Plagioklase) in den obersten Horizonten stärker verwittert und zersetzt als in der Tiefe.

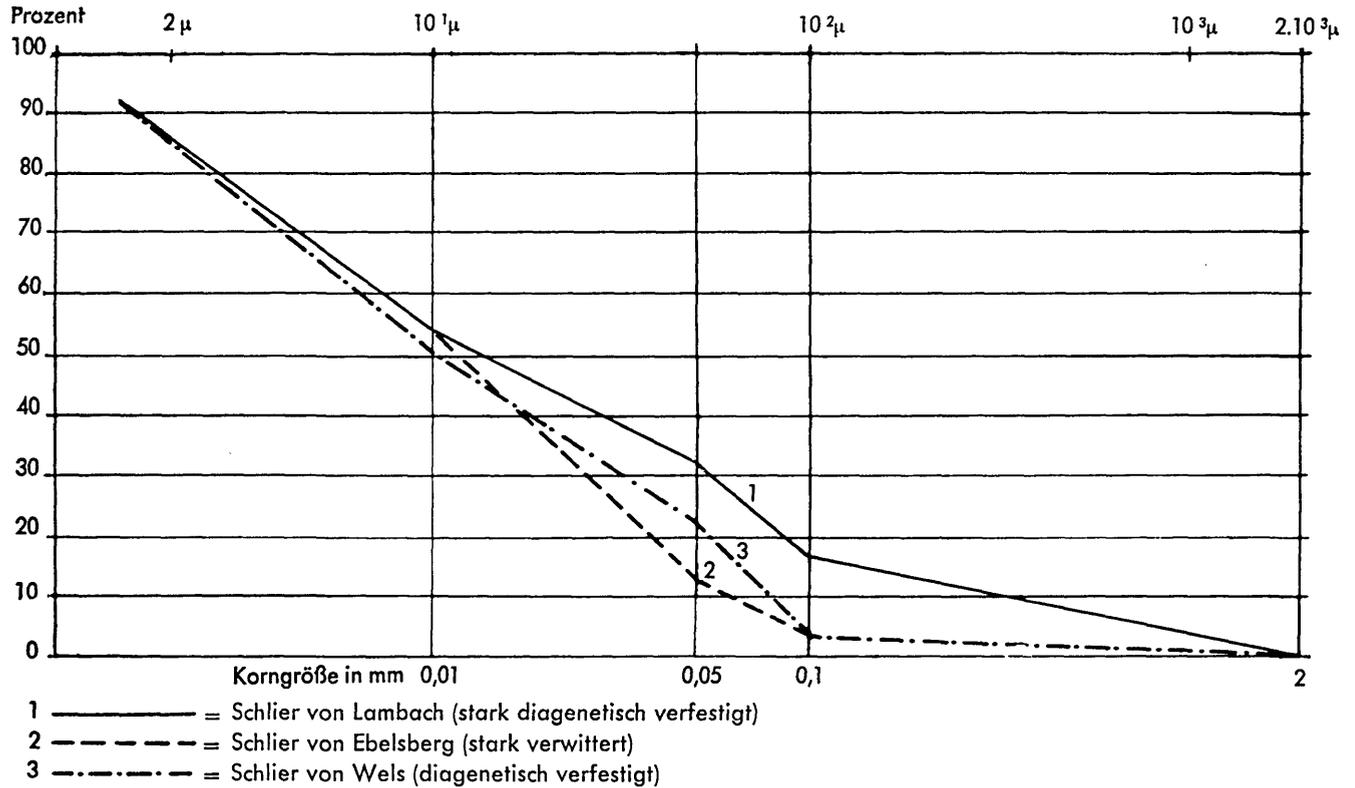
### c) Die Untersuchungsergebnisse der Schlierproben

Zwecks Vergleich mit den Lößablagerungen wurden auch drei Proben von tertiärem Schlier herangezogen, da in ihm das Entwässerungsnetz des oberösterreichischen Alpenvorlandes stark einge-

**Tabelle 5: Profiluntersuchung: Schliere**

	Raum- trockengewicht g/100 cm <sup>3</sup>	% Karbonate	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/ 100 g	T-Wert mval 100 g	Korngrößenverteilung nach Intern. Methode B			
					in Prozenten			
					S 2-0,1	FS 0,1-0,05	Stb 0,05-0,01	A < 0,01
Schlier bei Ebelsberg (Traunufer) Oligozänschlier, verwittert	160,60	5,5	0,2	—	3,8	7,4	42,4	46,4
Schlier bei Wels (Traunufer) Miozönschlier (teilweise durch Karbonate verkittet)	175,79	20,6	2,0	—	4,2	17,6	28,2	50,0
Schlier bei Lambach (Traunufer) Miozönschlier (teilweise durch Karbonate verkittet)	148,54	29,8	1,0	—	16,4	16,0	21,6	46,0

Diagramm 3: Korngrößenkurven der untersuchten Schlierproben



schnitten ist und dieses marine Sediment den Untergrund der eiszeitlichen, mit Löß bedeckten Terrassen bildet.

Zur Untersuchung wurden Proben vom Schlier des Trauntales bei Lambach und bei Wels, beide sind Miozänablagerungen und bereits diagenetisch etwas verfestigt, und vom Oligozänschlier bei Linz-Ebelsberg, der schon stark verwittert ist, ausgewählt.

Das Raumtrockengewicht ist bei der Schlierprobe Wels mit 175,79 Gramm je 100 cm<sup>3</sup> am höchsten und bei der von Lambach mit 148,54 Gramm am geringsten. Der Oligozänschlier von Ebelsberg steht mit 160,60 Gramm ungefähr in der Mitte. Somit sind bei den drei untersuchten Schlierproben keine Beziehung des Raumtrockengewichtes weder zum geologischen Alter noch zur diagenetischen Verfestigung feststellbar; jedoch kann wegen der geringen Probenzahl kein endgültiges Urteil abgegeben werden (siehe Tabelle 5).

Die Karbonatwerte schwanken bei den untersuchten Proben zwischen 29,8 % beim Schlier von Lambach und 5,5 % beim Schlier von Ebelsberg, wobei der geringe Karbonatgehalt der letztgenannten Probe möglicherweise durch ihre starke Verwitterung bedingt ist; hierzu kommt, daß auch keinerlei karbonatische Verkittung der Einzelteilchen wie bei Wels und Lambach vorliegt.

Der Schlier von Wels hat 20,6 % Karbonate und nähert sich damit dem von Lambach, mit dem er auch geologisch gleich alt ist.

Der Gehalt an laktatlöslicher Phosphorsäure beträgt im Schlier bei Wels 2,0 mg, aber bei dem von Ebelsberg nur 0,2 mg, während der Schlier von Lambach 1,0 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aufweist.

Somit sind bei den Schlierproben große Unterschiede sowohl im Karbonatgehalt als auch Phosphorsäuregehalt vorhanden, wobei der untersuchte Oligozänschlier von Ebelsberg bedeutend geringere Werte aufzeigt als die beiden Miozänschliere.

Die Korngrößenzusammensetzung ergab bei allen drei Schlierproben sehr hohe Werte an Abschlämbbarem, dessen Anteil zwischen 46 und 50 % schwankt und somit die Hälfte der ganzen Schliersubstanz umfaßt. Demgegenüber steht ein geringer Sandgehalt von ungefähr 4 %, denn im Sandanteil von Lambach, der 16 % beträgt, sind die durch Karbonate verkitteten Feinteilchen inbegriffen.

Im Feinsand- und Staubsandgehalt sind sich die beiden Miozänschliere ziemlich ähnlich, sie haben 16 bis 17,6 % Feinsand und einen hohen Staubsandanteil mit 21,6 bis 28,2 %, so daß fast die ganze Schliersubstanz eine Körnung kleiner als 0,05 mm aufweist.

Der hohe Anteil der kleinsten Korngrößen bei allen drei Schlierproben wird bedingt durch das Absinken der Feinstteilchen im stehenden Wasser; die fast parallelen Korngrößenkurven weisen auf ziemlich gleichartige Sedimentationsbedingungen hin, da der hohe Sandgehalt des Schlieres bei Lambach auf nachträgliche diagenetische Verfestigung zurückzuführen ist.

Der höhere Feinsandgehalt des Miozänschlier zeigt anscheinend sogar eine etwas schlechtere Sortierung auf, und es kann angenommen werden, daß er mit etwas stärkeren Strömungsverhältnissen als der Oligozänschlier bei Ebelsberg in das damalige Meeresbecken hineingebracht wurde (siehe Diagramm 3).

Die untersuchten Schlierproben haben im Gegensatz zu den See-tonen, die fast keine Schwerminerale aufweisen (68), ein sehr anschauliches und ziemlich ähnliches Schwermineralspektrum. Der Anteil an opaken Körnern ist im Miozänschlier bei Wels sowohl in der Sand- als auch in der Feinsandfraktion mit ungefähr 40 % aller Schwerminerale (Mittelwert 41,2 %) am höchsten, jedoch bei Lambach mit ungefähr 20 % (Mittelwert 21,5 %) am geringsten. Der Oligozänschlier von Wels hat in der Sandfraktion fast 30 % und in der Feinsandfraktion fast 40 % opake Körner (Mittelwert 34 %).

Bei den durchsichtigen Schwermineralen hebt sich besonders auffallend der hohe Granatanteil in beiden Fraktionen hervor, so daß die Granate den Hauptanteil der Schwermineralassoziation stellen. Dieses Ergebnis steht in guter Übereinstimmung mit den Untersuchungen von G. Woletz (192), bei denen im tertiären Schlier Oberösterreichs ebenfalls der Granat als Leitmineral und vorherrschende Komponente im Schwermineralspektrum gefunden wurde.

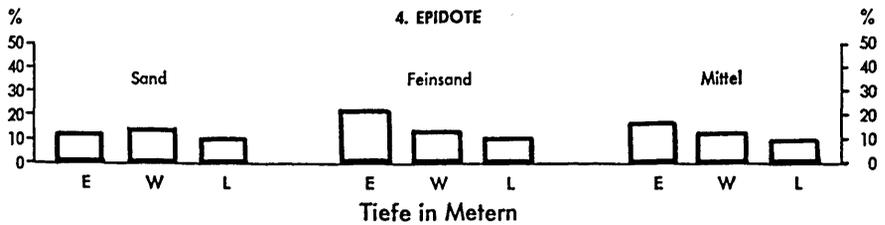
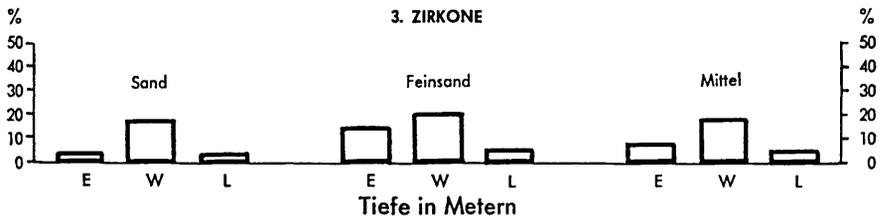
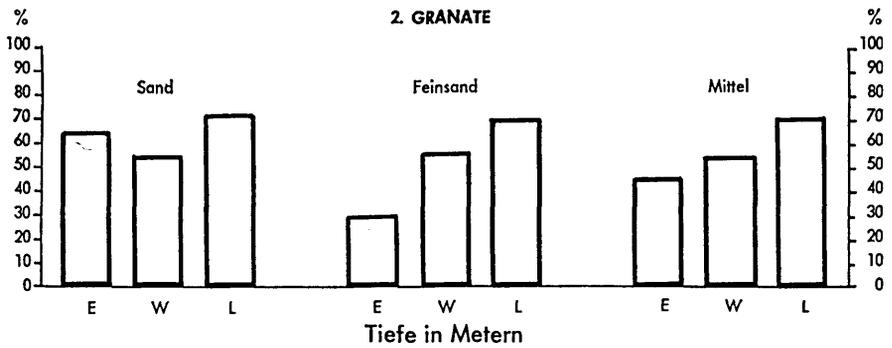
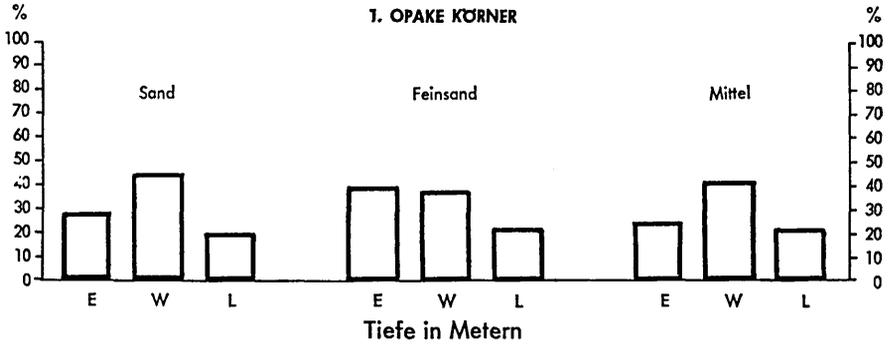
Den höchsten Granatgehalt weist der Schlier von Lambach mit über 70 % Granate in beiden Fraktionen auf (Mittelwert 71 %). Im Schlier von Wels wurden rund 55 % festgestellt, während der Schlier bei Ebelsberg in der Sandfraktion 65 % und in der Feinsandfraktion 30 % aufweist. Im Mittel ergibt dies 47,5 % (siehe Tabelle 6).

Dem hohen Granatgehalt folgt in weitem Abstand der Epidotanteil, der zwischen 10 und 22 % liegt. Seinen Höchstwert erreicht er in der Feinsandfraktion von Ebelsberg, während er sein Minimum im Schlier von Lambach in beiden Fraktionen erlangt. Im Sand ist bei allen drei Proben der Epidotgehalt ziemlich gleichmäßig zwischen

Tabelle 6: Schwermineraluntersuchung: Schliere

Probenentnahme Tiefe in Metern	Fraktion	Ungefähre Menge	Opake Körner			Prozente der durchsichtigen Körner	Durchsichtige Körner in Prozenten										
			Magnetit	Gele u. a.	Prozente		Zirkon	Monazit u. Titanit	Turmalin	Granat	Staurolith	Disthen u. Sillimanit	Andalusit	Epidot u. Zoisit	Hornblende	Rutil	Apatit
Ebelsbg. (230)	S	viel	38	2	28,6	71,4	3	2	—	65	3	5	2	13	2	5	—
	FS	sehr viel	62	3	39,4	60,6	15	3	2	30	6	7	3	22	2	8	2
Wels (215)	S	viel	80	—	43,6	56,4	19	—	—	54	3	1	1	14	4	4	—
	FS	viel	72	—	38,5	61,5	20	2	1	55	3	1	—	13	3	2	—
Lambach (221)	S	wenig	25	—	20,0	80,0	4	—	—	72	6	—	—	10	4	4	—
	FS	sehr viel	30	—	23,0	77,0	5	2	—	70	4	1	2	10	3	3	—

### C Diagramm der Schwerminerale in Schlier



10 bis 14 % vorhanden. Die Mittelwerte der Epidote betragen zwischen 10 % (Lambach) und 17,5 % (Ebelsberg).

Demgegenüber weist der Zirkonanteil größere Schwankungen auf, denn er hat sein Maximum im Schlier bei Wels mit rund 20 % und sein Minimum im Schlier von Lambach mit nur 4 bis 5 %. Der Schlier von Ebelsberg hat in der Sandfraktion bloß 3 %, aber in der Feinsandfraktion 15 % Zirkone, d. i. im Mittel 9 % (siehe Diagramm C).

Zusammenfassend ergibt sich, daß beim Miozänschlier nur geringe Unterschiede im Schwermineralbestand beider Fraktionen vorhanden sind, wobei der Schlier von Lambach den höchsten Granatanteil und den geringsten Gehalt an Zirkon und Epidot besitzt, während der Schlier von Wels etwas weniger Granate, aber mehr Zirkone aufweist. Andererseits hat der Oligozänschlier von Ebelsberg größere Unterschiede bei den untersuchten Fraktionen, da im Sand sehr viele Granate und nur wenig Zirkone aufscheinen, während im Feinsand nur die Hälfte der Granate, aber bedeutend mehr Zirkone und Epidote vorhanden sind.

Bei dieser Probe sei noch hervorgehoben, daß trotz ziemlich starker Verwitterung des Schlieres die Granate so zahlreich und wenig zersetzt aufscheinen, womit die Untersuchungen von H. WIESENEDER (180) über den geringen Verwitterungseinfluß bei Braunerdeentwicklung auf den Schwermineralbestand bestätigt werden.

#### **Mikromorphologie**

- 1722 **Schlier bei Ebelsberg:** Dichtes, undeutlich schichtiges Mineralgefüge, bestehend aus Quarzen, Feldspaten und Glimmerschüppchen. Letztere sowie vereinzelte größere porphyrische Feldspate sind stellenweise eingeregelt. Vereinzelt, stark zersetzte Calcite, geringe Bindesubstanz, dunkelbraun, schwach doppelbrechend, konkretionsförmig angehäuft.
- 1535 **Schlier bei Wels:** Dichtes, deutlich schichtiges Mineralgefüge, bestehend aus feinkörnigen, calcitreichen und grobkörnigeren, silikatischen Schichten. Die Silikatschichten sind aus Quarzen, Feldspaten und Glimmerschüppchen zusammengefügt, letztere und vereinzelte größere Mineralkörner zeigen teilweise bevorzugte Einregelungsrichtung auf. Stellenweise zwischen den Schichten etwas Bindesubstanz vorhanden. Calcite teilweise durch Karbonatausfällungen verkittet.
- 1639 **Schlier bei Lambach:** Dichtes Mineralgefüge aus viel Calcit, daneben Quarze und Feldspate. Verkittung der Mineralkörner durch Kalkausfällung (karbonatische Diagenese).

#### **Beschreibung der Leichtminerale**

Quarze bei allen Schlieren stark trüb und angeätzt.

Die Dünnschliffbilder der drei Schlierproben zeigen ein dichtes Mineralgefüge mit nur wenig Bindesubstanz, wobei entsprechend den chemischen Untersuchungsergebnissen in den Proben von Wels und Lambach sehr viele Calcite vorliegen, aber im Schlier von Ebelsberg nur wenig Calcit aufscheint.

Da bei diesen Schlierproben die Verwitterung für die Fragestellung ohne Bedeutung ist, erübrigten sich weitere mikromorphologische Beobachtungen. Hingegen ist bei den Quarzkörnern eine auffallende Trübung und teilweise Ätzung feststellbar, die wahrscheinlich auf den Einfluß mariner Gewässer zurückzuführen ist.

## II. AUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Aus den vielfältigen Analysenergebnissen sämtlicher Hochterrassenprofile, einschließlich jener von 1965, und der Schlierproben, die alle übersichtshalber in nachfolgender Tabelle zusammengefaßt sind, soll nunmehr die Genetik der Hochterrassensedimente interpretiert werden. Für diese Schlußfolgerung eignen sich besonders die Korngrößenzusammensetzung und der Schwermineralbestand sowie die Mikromorphologie der untersuchten Proben, während die anderen Untersuchungen nur mehr oder weniger zur Unterstützung der Interpretation herangezogen werden können (siehe Übersichtstabelle).

### A) DIE KORNGRÖSSENZUSAMMENSETZUNG ALS ERGEBNIS DER TRANSPORT- UND SEDIMENTATIONSBEDINGUNGEN

#### 1. Allgemeines

Die Beziehungen zwischen der Korngrößenzusammensetzung und den jeweiligen Transport- und Sedimentationsbedingungen wurden schon von verschiedenen Autoren eingehend untersucht, so daß in vorliegender Arbeit diesbezüglich nur zusammenfassend berichtet wird.\*

Auf Grund zahlreicher Literaturangaben können einerseits aus dem Verhältnis zwischen Windstärke und transportierter Korngröße

---

\* Auch vom Verfasser liegt hierfür eine ausführliche Bearbeitung vor, die später veröffentlicht wird und aus der obiger Kurzauszug gemacht wurde (68).

nach J. THOULET (45) und R. BRINKMANN (7) bzw. zwischen Flußströmung und abgelagerter Korngröße nach M. A. MOSTKOW (100) und M. SCHMIDT (141) und andererseits aus den ermittelten Sinkgeschwindigkeiten nach L. KÖLBL (78) nachfolgende Zahlenwerte von Korndurchmesser und Strömungs- und Sinkgeschwindigkeit im äolischen und fluviatilen Medium gegenübergestellt werden:

Korngröße in mm	ä o l i s c h		f l u v i a t i l	
	Windstärke in m/sec	Sinkgeschw. in m/sec	Strömungsgeschw. in m/sec	Sinkgeschw. in m/sec
2,0	25,0	5,0	0,60	0,16
0,2	3,0	2,5	0,35	0,02
0,06	0,5	0,5	0,33	0,002
0,02	sehr gering	sehr gering	0,30	0,0002
0,002	sehr gering	sehr gering	0,10	0,000003

Diese Gegenüberstellung zeigt den stark unterschiedlichen Energieaufwand für den Transport gleicher Korngrößen, indem z. B. der Sand von 2,0 mm Korndurchmesser schon bei einer Flußströmung von 0,60 m/sec, aber erst bei einer Windstärke von 25 m/sec, transportiert wird. Andererseits geht daraus ein verschiedenwertiges Absinken der notwendigen Transportenergie mit abnehmender Korngröße hervor, so daß bei ungefähr 0,06 bis 0,05 mm Korndurchmesser die gleiche Energie von rund 0,32 m/sec sowohl bei äolischer als auch bei fluviatiler Verfrachtung aufgewendet werden muß.

Dieser Korndurchmesser hat jedoch in beiden Medien eine völlig verschiedene Sinkgeschwindigkeit, da diese in der Luft rund 0,5 m/sec, aber im Wasser nur 0,002 m/sec beträgt. Daher dient das charakteristische Verhalten gerade dieser Korngröße zur Unterscheidung der beiden Medien (KÖLBL 1931).

Aus dem Zahlenverhältnis ist außerdem ersichtlich, daß die Sinkgeschwindigkeit im Wasser schon bei der Korngröße 0,2 mm sehr gering und sowohl gegenüber der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers als auch im Vergleich zur Sinkgeschwindigkeit in der Luft unbedeutend wird. Dadurch werden alle kleineren Teilchen im Wasser bereits schwebend verfrachtet und ihre Sedimentation ist mehr von der Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit als von ihrer Sinkgeschwindigkeit abhängig. Beim äolischen Transport hingegen haben die Teilchen größer als 0,5 mm noch eine relativ hohe Sinkgeschwindigkeit, so daß sie sehr bald zu Boden fallen.

Das ungünstige Verhältnis zwischen Strömungs- und Sinkgeschwindigkeit im aquatischen Medium wird infolge seiner Dichte, die rund tausendfach größer ist als die der Luft, bei Feinsteilchen unter 0,02 mm Korndurchmesser noch verschlechtert. Somit können sich Schluff und Ton nur in fast strömungslosem Bereich langsam absetzen, da sie noch bei geringer Strömung von über 0,30 m/sec als Schwebstoffe weiterverfrachtet werden.

Aus dem Vorherrschen einer bestimmten Korngröße sind daher die Transport- und Sedimentationsbedingungen eines Mediums ersichtlich bzw. bei Kenntnis dieser Bedingungen kann man auf das Medium selbst schließen.

Denn aus den unterschiedlichen Strömungs- und Sinkgeschwindigkeiten ergibt sich eine charakteristische Seigerung, die nach L. KÖBL (78) „der gesetzmäßige Ausdruck einer besonderen Aufbereitungsart ist, welcher diese Sedimente bei einem längeren Transport in dem betreffenden Medium unterworfen waren“.

Die Seigerung erfolgt somit unter den Wechselbeziehungen von Strömungs- und Sinkgeschwindigkeit, wobei entweder eine Anreicherung oder eine Verarmung bestimmter Korngrößen eintritt.

Die Strömungsvorgänge im Wasser und in der Luft sind jedoch zumeist ungeordnet oder turbulent (und nicht laminar mit parallelen Strömungskomponenten), wodurch eine ständige Durchmischung der benachbarten Schichten bzw. ein fortwährender Austausch der transportierten Korngrößen durch aufwärtsgerichtete Bewegungskomponenten stattfindet.

Dieser Austausch ist umso größer, je stärker die Turbulenz bzw. die Strömung ist, so daß sich bei starker Turbulenz eine größere Anzahl von Teilchen in höheren Schichten befinden als es ihrer Fallgeschwindigkeit entsprechen würde.

Bei Abnahme der Strömung tritt daher eine weitgehende Entmischung der transportierten Teilchen und ihr Absinken mit der ihr eigentümlichen Sinkgeschwindigkeit ein, indem ein Weitertransport nur nach Korngröße und somit eine Seigerung gegeben ist.

Aus diesem Grund wird die Turbulenz ein Faktor der Sortierung, denn je geringer sie ist, umso gesetzmäßiger gehen Transport- und Sinkbewegungen vor sich, wodurch eine bessere Sortierung, als Resultierende zwischen Strömungs- und Sinkgeschwindigkeit, stattfindet.

Beim äolischen Transport ist infolge der notwendigen großen Windstärke für die Bewegung großer Körner, die sich nur am Boden hüpfend und springend fortbewegen können, und wegen ihrer großen Sinkgeschwindigkeit der Austausch von kleinen und großen Teilchen schwieriger als im Wasser, so daß im allgemeinen durch den Wind eine bessere Sortierung gegeben ist als durch das fließende Wasser.

Da bei geringer Turbulenz die Teilchen rascher absinken können als bei großer, ist umgekehrt die Turbulenz bei großen Körnern infolge ihrer bedeutenden Sinkgeschwindigkeit weniger wirksam als bei kleinen Teilchen, wodurch eine sehr rasche Abnahme des Anteiles großer Körner mit der Höhe des sich bewegenden Mediums festzustellen ist. Zum Beispiel werden Kies und Schotter auch bei großer Turbulenz bzw. bei großer Strömung zum größten Teil nur am Boden des Flußbettes transportiert, während Schwebstoffe auch bei geringer Turbulenz bzw. Strömung im ganzen Stromquerschnitt verfrachtet werden.

Andererseits kann ab einem gewissen Schwellenwert der Teilchengröße und bei Überschreiten einer bestimmten Turbulenz eine fast gleichmäßige Verteilung aller Korngrößen im strömenden Wasser eintreten, wodurch bei plötzlicher Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit eine schlechte Sortierung gegeben ist.

Somit ist beim Transport verschiedener Korngrößen das Verhältnis der Sinkgeschwindigkeit zum Austausch ( $c/A$ ) wesentlich für die Sortierung, wobei einerseits bei Zunahme der Sinkgeschwindigkeit, also bei größeren Teilchen oder andererseits bei Abnahme des Austausches, also bei kleinerer Turbulenz (bzw. Strömung), eine gute Sortierung gewährleistet wird.

Wenn jedoch der Austausch einen hohen Wert erreicht, ist eine Sortierung unmöglich. Dieser Fall kann eintreten bei sehr kleinen Korngrößen mit sehr geringen Sinkgeschwindigkeiten oder bei starker Turbulenz auch mit größeren Körnern.

Außerdem ist wegen der rund tausendfach größeren Dichte des Wassers und wegen der dadurch bedingten geringeren Sinkgeschwindigkeit der Teilchen in diesem Medium bei gleicher Turbulenz eine schlechtere Sortierung gegeben als beim Windtransport, wo die Durchmischung mit der Höhe infolge Fehlens größerer Teilchen rasch abnimmt.

Andererseits kann der Wind bei ungleichmäßigen starken Windstößen kurzfristig eine größere Turbulenz erzeugen als das Wasser,

doch werden die größeren Teilchen weniger weit vertragen und bei Abnahme der Windstärke infolge größerer Sinkgeschwindigkeit rasch absinken, wodurch wieder eine bessere Sortierung erfolgt.

Im aquatischen Medium hingegen wird durch die Turbulenz die Geschwindigkeitsverteilung im Flußquerschnitt gleichmäßiger, jedoch tritt in Ufernähe eine starke Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit ein, wobei diese bei bodennaher Strömung infolge Reibung noch weiter verringert wird. Infolge dieser Verringerung der Strömung wird im strömungssanften Uferbereich und im strömungsschwachen Auegebiet eine gesetzmäßigere Ablagerung und bessere Sortierung kleinerer Korngrößen als im strömungsstarken Flußbett erreicht.

Diese bedeutende Änderung der Strömungsgeschwindigkeit entlang des Ufersaumes bedingt auch, daß die Hauptströmung (Stromstrich) vom Flachufer abgedrängt und eine Totarmbildung sowie eventuelle Verlandung ermöglicht wird.

Überdies ist die Durchmischung auch von der Mächtigkeit des sich bewegendes Mediums abhängig und in bodennahen Schichten größer als in höheren, indem an der Bodenoberfläche infolge Reibung die Verringerung der Turbulenz mit der Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit nicht Schritt hält.

Die Seigerung eines verfrachteten Materials ist aber auch abhängig vom Transportweg und umso schlechter, je kürzer der zurückgelegte Weg des Sedimentes im betreffenden Medium ist. Dies gilt besonders für den Flußtransport, da dem Wind bei der Teilchenverfrachtung fast keine Grenzen gesetzt sind. Die Entfernung, in der das Teilchen auf dem Boden abgelagert wird, ist die Resultierende aus der horizontalen Strömungsbewegung und der vertikalen Fallgeschwindigkeit:  $E = \frac{H \cdot S}{v}$  (wobei  $H$  = die Höhe des bewegten Teilchens,  $S$  = die Sinkgeschwindigkeit und  $v$  = die Fallgeschwindigkeit).

Die Fallgeschwindigkeit der Teilchen mit kleinerem Radius als 0,05 mm wird mittels des Stoke'schen Gesetzes berechnet (19), indem bei einer fallenden Kugel der Widerstand des Mediums entgegengesetzt wirkt. Daher geht die zunächst beschleunigte Bewegung in eine gleichförmige über, wenn der Widerstand ebenso groß wird wie die Fallgeschwindigkeit;  $6 r \cdot \pi \cdot \eta \cdot v = \frac{4}{3} r^3 \cdot \pi (D_1 - D_2) \cdot g$  ( $r$  = Kugelradius,  $\eta$  = die innere Reibung des Mediums,  $v$  = die Geschwindigkeit der Kugel in cm/sec,  $D_1$  = Dichte des fallenden Teilchens,  $D_2$  = Dichte des Mediums,  $g$  = Gravitationskonstante = 981).

Die Fallgeschwindigkeit der Teilchen ist somit  $v = \frac{2}{9} r^2 \cdot g \cdot \frac{(D_1 - D_2)}{y}$  und die Zeit, die das Teilchen zum Sinken benötigt,  $t = \frac{s}{v} = \frac{9 s \cdot y}{2 g \cdot (D_1 - D_2)}$  ( $s$  = Fallhöhe).

Andererseits ergibt sich aus der Gleichung auch der Radius einer bestimmten Korngröße, wenn Fallzeit und Fallhöhe gegeben sind (was bei der analytischen Bestimmung der Korngrößen angewendet wird), wobei jedoch bei Korngrößen über 0,05 mm Radius eine Korrektur notwendig wird.

Die Verknüpfung des STOKES'schen Gesetzes bzw. der etwas abgeänderten Formel von SUDRY für größere Körner mit der Ablagerungsentfernung eines bewegten Teilchens zeigt den Zusammenhang zwischen Strömung und Sinkgeschwindigkeit auf. Da jedoch die Dichte des Wassers 1 und die der Luft 0,0013 beträgt, sind die Sinkgeschwindigkeiten in beiden Medien völlig verschieden.

Auf Grund der gegebenen Transport- und Sedimentationsbedingungen können bei der fluviatilen Sortierung die sedimentierten Korngrößen unter 2 mm Korndurchmesser in drei große Gruppen unterschieden werden, wobei jeder Gruppe ein charakteristischer Ablagerungsraum zukommt.

1. Bei Korndurchmesser größer als 0,2 mm benötigen die Teilchen zum Transport schon eine sanfte Strömung von über 0,35 m/sec und werden im Uferbereich infolge des stärkeren Strömungsabfalles wegen der dort herrschenden Reibung abgelagert.
2. Bei Korndurchmessern zwischen 0,2 und 0,02 mm benötigen die Teilchen zum Transport nur eine schwache Strömung von ungefähr 0,30 bis 0,35 m/sec und werden schon bei geringer Strömungsverminderung abgelagert. Diese tritt ein im strömungsschwachen Auegebiet, wo sich die Hochwässer bei Überschwemmung langsam ausbreiten können.
3. Teilchen mit einem Korndurchmesser unter 0,02 mm werden nur, dispers verteilt, schwebend verfrachtet und mit geringer Strömung in fast strömungslosen Bereichen, wie Seebecken und Totarmen oder bei Hochwasser auch im Rückstaugebiet sedimentiert.

Demgegenüber steht die äolische Sortierung, bei der folgende charakteristische Merkmale aufscheinen:

1. Korngrößen unter 0,05 mm Durchmesser können nicht mehr auseinandersortiert werden, da sie bei geringsten Windstärken mit-

einander weit verweht und nur bei Windstille langsam absinken können = Staubfälle.

2. Andererseits können Korngrößen über 0,5 mm wegen ihrer großen Sinkgeschwindigkeit nur bei starkem Wind sehr ortsnahe verweht werden, wobei alle kleineren Teilchen ausgeblasen werden = stark ausgeblasene Flugsande.
3. Die dazwischenliegenden Korngrößen von 0,5 bis 0,05 mm Durchmesser benötigen bereits eine ziemliche Windstärke und haben eine relativ hohe Sinkgeschwindigkeit, so daß sie nicht allzu weit vertragen werden können. Auch sie verlieren während des Transportes alle kleineren Teilchen (unter 0,05 mm), können aber mit den größeren Körnern zusammen abgelagert werden und sind dadurch eventuell schlechter sortiert als die sehr stark ausgeblasenen Flugsande = ausgeblasene Flugsande.

Zusammenfassend kann daher aus dem Vergleich zwischen den äolischen und fluviatilen Sedimentationsbedingungen folgendes ausgesagt werden:

Als bedeutsamster Unterschied zwischen den Transport- und Sedimentationsbedingungen im äolischen und aquatischen Medium muß das Verhalten der Fraktion zwischen 0,2 bis 0,02 mm angesehen werden, indem ihr Transport, ihre Seigerung und Ablagerung ein verschiedenartiges und charakteristisches Verhalten im Wasser und in der Luft aufweisen.

Als Maß kann das besonders unterschiedliche Verhalten der Korngröße von 0,02 bis 0,05 mm (Staubsand) gelten, die beim äolischen Transport mit noch kleineren Teilchen (Abschlämbbarem) verfrachtet, aber beim fluviatilen Transport zusammen mit den Teilchen 0,05 bis 0,2 mm Korngrößen (Feinsand) im strömungsschwachen Aubereich abgelagert werden.

Dieses Ergebnis hat bereits L. KÖLBL 1931 (78) mit folgenden Worten formuliert:

„Bei einer Seigerung in Luft liegt die scharfe Grenze im Verhalten der Korngrößen bei einem Durchmesser der Teilchen von 0,05 mm, bei einer Seigerung im Wasser bei einer solchen von 0,02 mm.“

Leider wurden diese grundlegenden Untersuchungen und Erkenntnisse damals nicht weitergeführt, so daß sie nunmehr, 35 Jahre später, wieder aufgegriffen werden müssen.

## 2. Der Korngrößenaufbau der untersuchten Hochterrassenprofile als Ergebnis fluviatiler Strömung

Auf Grund der möglichen Unterscheidung von äolischen und fluviatilen Sedimenten soll anschließend die Genetik der untersuchten Hochterrassensedimente, auch jener von 1965, geklärt werden, wobei der Korngrößenaufbau der einzelnen Profile mittels Veränderung der Transportenergie bzw. der Strömungsgeschwindigkeiten gedeutet wird.

Bei Auswertung der Korngrößenanalysen nach J. KOPETZKY im Dreiecksdiagramm wurden die Fraktionen Sand und Feinsand zusammengezogen, wodurch das wesentlichste Merkmal der fluviatilen Sortierung, nämlich das Verhalten des Staubsandes zum Abschlämbbaren, zur Geltung kommt.

Aus dem Korngrößendreieck ergeben sich auch verschiedene Sortierungsgrade, die ein Mischungsverhältnis zwischen den vorhandenen Kornkomponenten darstellen, wenn z. B. neben dem Abschlämbbaren auch viel Sand abgelagert wurde, ist eine schlechtere Sortierung gegeben als wenn nur Staubsand und Abschlämbbares zusammen sedimentieren.

Die Abnahme des Sortierungsgrades wird bei geringer Wassertiefe durch die erhöhte Turbulenz, ansonsten durch plötzliche Strömungsverminderung bedingt, indem bei ersterer wegen der starken Durchmischung eine gleichzeitige Sedimentation unterschiedlicher Korngrößen erfolgt, aber bei letzterer die Transportfähigkeit rasch abnimmt.

Aus den möglichen Mischungsverhältnissen der feinklastischen Sedimente ergibt sich eine Unterscheidung in gutsortierte, mäßig-sortierte und schlechtsortierte Bereiche, wobei diese Zuteilung einen raschen Überblick über die Veränderung der Sedimentationsvorgänge ermöglicht.

Die Beziehungen zwischen Transportenergie und Korngröße werden einerseits durch Verringerung des Staubsandanteiles und des Abschlämbbaren bei Zunahme der Transportenergie und andererseits durch Vermehrung des Abschlämbbaren bei Abnahme der Transportenergie dargestellt, wodurch die Wichtigkeit und Sonderstellung des Staubsandes (0,05 bis 0,01 mm Durchmesser) hervorgehoben wird.

### a) Das Profil „Weingartshof“

Der vorletzt-kaltzeitliche Schotterkörper mit der darauf entwickelten interglazialen Bodenbildung der jetzigen Hochterrasse wurde in der letzten Kaltzeit von den Hochwässern der infolge neuerlichen Gletschervorstoßes stark akkumulierenden Traun überflutet, wobei mit zunehmender Schotterakkumulation im Flußbett auch das Grundwasser im damaligen Aubereich, das ist die derzeitige Hochterrasse, anstieg.

Die nachträglich durch Landhebung höhergeschaltete Hochterrassefläche wurde als Augebiet von den Hochwässern überschwemmt, wobei in diesem strömungsschwachen Bereich gleichartige gutsortierte, feinstkörnig-psammnitische Sedimente, Löß als erosiv aufgearbeitetes Material des tertiären Untergrundes, abgelagert wurden.

Im vergleyten Basislöß, dessen Vergleyung auf ehemaligen Grundwassereinfluß hinweist, ist noch abgetragenes Lehmmaterial, das beim Gletschervorstoß aus dem periglazialen Gebiet erodiert wurde, vermengt, aber mit zunehmender Vergletscherung wird die Lehmkomponente geringer und die Lößkomponente verstärkt. Daher hat der Basislöß einen höheren Anteil an Abschlämbbarem, viel feinverteilte Bindesubstanz und einen geringeren Karbonatgehalt.

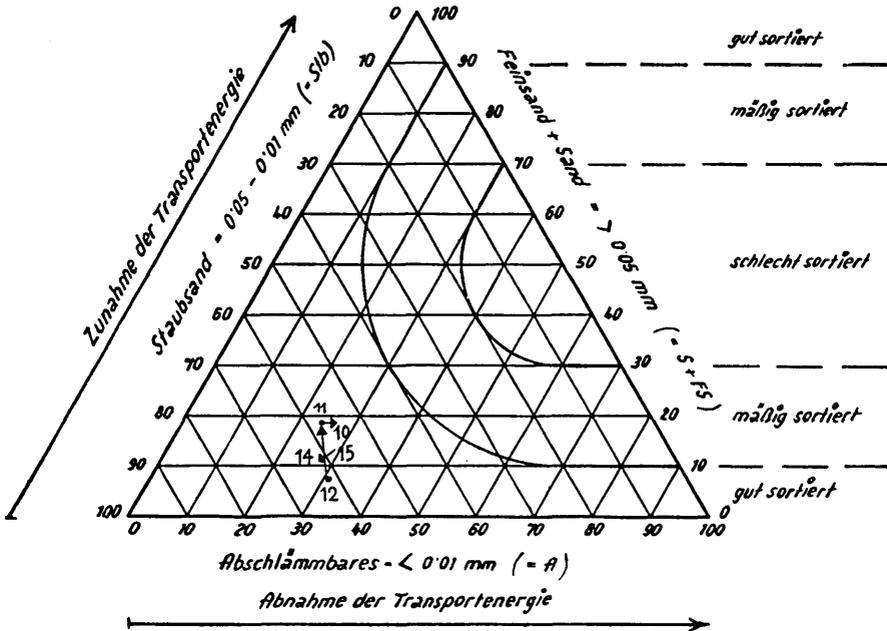
Mit beginnendem Gletscherrückgang begann sich die Traun einzutiefen, wobei die Nebengerinne den aufgelassenen Aubereich überfluteten und ihre Sedimente, den Lehm der Parabraunerde, in diesem Rückstaugebiet über dem Löß ablagerten.

Nach den geringen Unterschieden in der Korngrößenzusammensetzung des Lösses im Profil „Weingartshof“ zu schließen, waren im allgemeinen nur kleine Abweichungen bei den Transport- und Sedimentationsbedingungen gegeben, indem der vergleyte, grundwasserbeeinflusste Basislöß eine etwas feinere Körnung (höheren Gehalt an Abschlämbbarem) hat als der darüberliegende Horizont; doch mit ansteigender Akkumulation ist eine geringe Zunahme der Transportenergie erkennbar, die durch die verstärkten Hochwässer im Hochglazial gegeben war (von Probe 15 auf 14 und von 12 auf 11 zeigt der Pfeil nach links, im Sinne einer zunehmenden Transportenergie).

In der weiteren Akkumulationsfolge, Probe 11 und 10, tritt eine stärkere Zunahme des Sand- und Feinsandgehaltes bzw. eine Abnahme des Abschlämbbaren ein, wodurch eine etwas größere Transportenergie bzw. eine verstärkte Turbulenz in den höheren

Diagramm 4

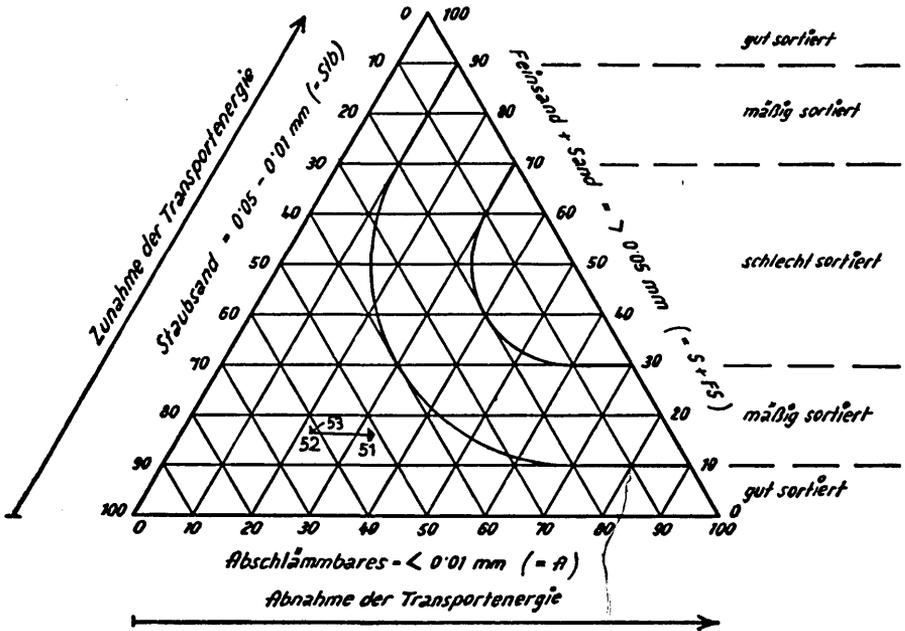
Korngrößendreieck des Profiles Weingartshof



Hor. 1955	Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% S+FS	% Stb	% A	Anmerkung
IV	10	0,90	mäßig vergleyter Löß	19,6	55,6	24,8	
V	11	1,50	mäßig vergleyter Löß	19,8	57,0	23,2	
VII	12	3,00	mäßig vergleyter Löß	8,4	61,4	30,2	
VIII	13	3,40	mäßig vergleyter Löß	nicht untersucht			
IX	14	3,60	mäßig vergleyter Löß	12,6	61,0	26,4	braunes Band
XII	15	5,00	vergleyter Löß	12,6	58,6	28,8	

Diagramm 5

**Korngrößendreieck des Profiles Lößbrohboden Bindermichl**



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% S+FS	% Stb	% A	Anmerkung
51	0,20	A-Horizont	16,3	51,3	32,4	
52	0,40	AC-Horizont	16,2	62,4	21,4	
53	0,70	C-Horizont	17,6	60,0	22,4	

Schichten (infolge der Akkumulationshöhe wird das Hochwasser bodennäher) anzunehmen ist, da auch eine etwas schlechtere Sortierung als bei Probe 12 vorliegt (siehe Diagramm 4).

Aus diesem relativ gleichmäßigen Korngrößenaufbau im ganzen Profil ist die fast gleichförmige Lößakkumulation ersichtlich, wodurch die Beobachtungen von J. FINK über die Einheitlichkeit der Sedimentation des Hochterrassenlösses bestätigt werden (32).

#### b) Das Profil des Lößrohbodens Bindermichl \*

Am Rande der Hochterrasse sind vereinzelte, flach ansteigende Kuppen vorhanden, auf denen sich ein Lößrohboden als autochthone Bodenbildung entwickelte. Dieser Löß ist nicht vergleht und in seinen obersten Schichten ist eine Zunahme des Abschlämbaren und ein Rückgang des Staubsandes festzustellen, was auf eine geringe Abnahme der Transportenergie hinweist. In dieser bodennahen Uferregion wurde anscheinend jedoch die Turbulenz verstärkt, so daß trotz der Zunahme des Abschlämbaren der Sand- und Feinsandgehalt gleichgeblieben ist. Dadurch wird auch eine etwas schlechtere Sortierung infolge Uferrandlage (Uferwall) aufgezeigt; umgekehrt wieder kann aus dieser schlechteren Sortierung und dem hohen Sand- und Feinsandgehalt auf eine Uferrandlage geschlossen werden.

Im Korngrößendreieck zeigt sich die Abnahme der Transportenergie bzw. die Zunahme der Turbulenz als Richtungspfeil, der von der Probe 52 (AC-Horizont) zur Probe 51 (A-Horizont), d. h. mit ansteigender Akkumulation nach rechts verläuft. Gleichzeitig rückt er näher zur Linie der Sortierungsgrenze zwischen gutsortiertem und mäßigsortiertem Material (siehe Diagramm 5).

#### c) Das Profil der Parabraunerde Bindermichl-Schulbau \*

Die Sedimentation des Lehmes erfolgte im Zusammenhang mit einer Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit, als beim Rückzug der Gletscher sich die Traun einzutiefen begann und das Augebiet nur mehr von ihren Nebengerinnen überflutet wurde, die im Rückstauraum der Traunhochwässer ihre Sedimente ablagerten.

Mit dieser Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit ist aber nicht nur eine Veränderung in der Korngrößenzusammensetzung bzw. eine

\* Die mit \* bezeichneten Profile wurden vom Verfasser bereits 1965 beschrieben (66).

Zunahme des Abschlämbbaren bei diesen feinstkörnig psammitischen Sedimenten, sondern auch ein Wechsel des Einzugsgebietes und damit die Ablagerung eines völlig anderen Materials verbunden, wodurch die geologische Diskontinuität entstand.

Nach oben hin ist mit zunehmender Lehmakkumulation eine etwas größere Turbulenz festzustellen, so daß die obersten Lehmschichten einen etwas höheren Sand- und Feinsandgehalt und auch mehr Abschlämbbares, d. h. eine geringfügige Sortierungsverschlechterung aufweisen.

Die abnehmende Transportenergie mit ansteigender Akkumulation wird zwischen den Proben 62 (D<sub>1</sub>-Horizont) bis 59 (A-Horizont) durch den Verlauf des Pfeiles nach rechts deutlich erkennbar; insbesondere ist zwischen den Proben 62 und 61, d. h. an der Diskontinuität zwischen liegendem Löß und hangendem Lehm, ein größerer Abstand vorhanden, der auf eine ziemlich starke Abnahme der Transportenergie (Strömungsenergie) schließen läßt. Die Hochwässer der kleinen Nebengerinne, die das Lehmmaterial brachten, haben sich bedeutend langsamer ausgebreitet als die Hochwässer der großen Traun, die den Löß, das aufgearbeitete Schliermaterial des Untergrundes, mit sich führten (siehe Diagramm 6).

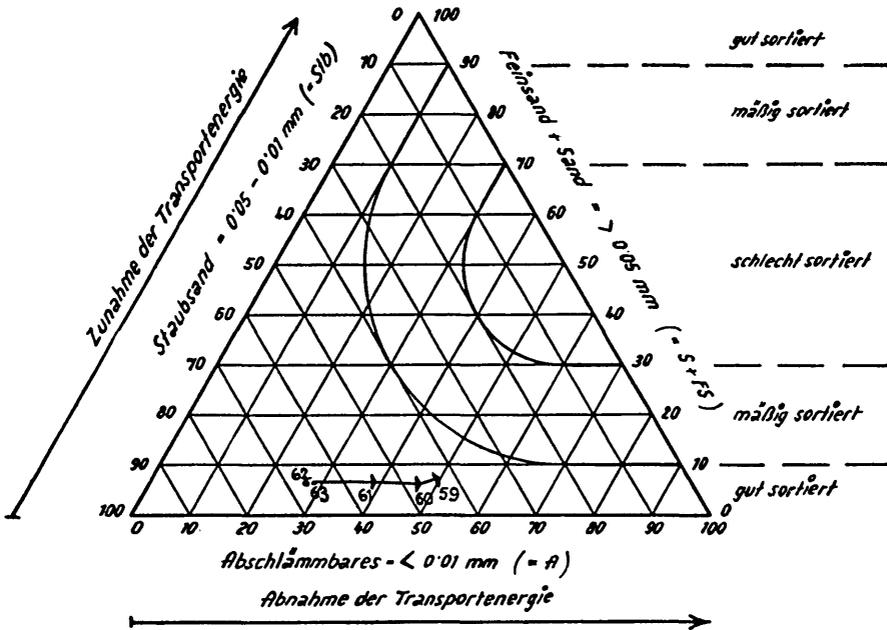
Im liegenden Löß hingegen sind fast gleichmäßige Sedimentationsbedingungen erkennbar, da nur eine geringfügige Veränderung des Staubsandes und des Abschlämbbaren vorhanden ist, so daß auch die Proben 62 und 63 im Korngrößendreieck eng beisammen liegen.

#### d) Das Profil des Grabens Hanuschstraße \*

Dieselbe Erscheinung, nämlich die Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit zwischen Löß- und Lehmsedimentation, ist auch am Profil des Grabens Hanuschstraße, anzutreffen. Zwischen 3,00 und 2,50 Meter ist vorerst noch kein wesentlicher Rückgang der Strömungsenergie ersichtlich, da der Staubsand nur gering abnimmt und das Abschlämbbare wenig zunimmt. Erst mit zunehmender Grabenfüllung ist am bedeutend geringeren Gehalt des Staubsandes und am höheren des Abschlämbbaren die Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit besser erkennbar, wodurch auch die Verlandung des Grabens mit Lehmmaterial bedingt wurde. Da aber die Strömungsabnahme das Aufgeben dieses Armes durch die Traun und die Ablagerung eines völlig verschiedenen Materials verursachte, ist ebenfalls eine geolo-

Diagramm 6

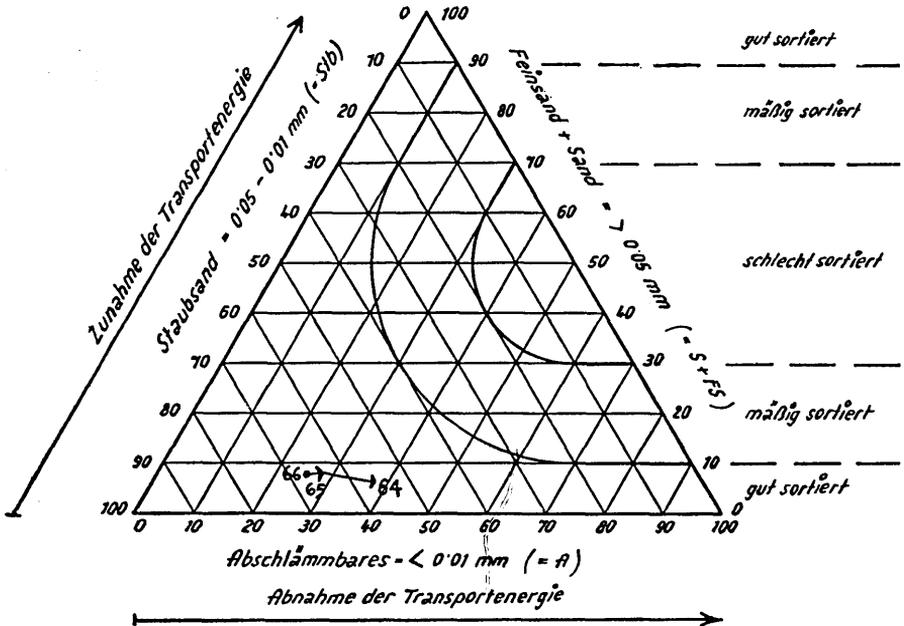
**Korngrößendreieck des Profiles Parabraunerde Bindermühl-Schulbau**



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% S+FS	% Stb	% A	Anmerkung
59	0,20	A-Horizont	8,2	41,8	50,0	
60	0,40	AB-Horizont	6,6	45,0	48,4	
61	0,80	B-Horizont	7,6	53,8	38,6	Diskontinuität
62	1,00	D <sub>1</sub> -Horizont	7,8	66,2	26,0	
63	1,50	D <sub>2</sub> -Horizont	7,8	65,2	27,0	

Diagramm 7

Korngrößendreieck des Profiles Graben Hanschstraße



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% S+FS	% Stb	% A	Anmerkung
64	1,50	nicht vergleyter Lehm	7,4	53,8	38,8	
65	2,50	nicht vergleyter Lehm	8,6	63,2	28,2	
66	3,00	mäßig vergleyter Löß	8,0	65,6	26,4	Diskontinuität

gische Diskontinuität gegeben, die einen großräumigen Gletscher-rückgang aufzeigt.

Das Korngrößendreieck dieses Profiles zeigt vorerst zwischen den Proben 66 und 65, d. h. in der Tiefe von 3,00 bis 2,50 Metern, nur eine geringfügige Abnahme der Transportenergie an, so daß angenommen werden kann, daß in diesem Graben als ehemaligen Traunarm noch ein gewisses Gefälle vorhanden war. Erst mit weiterer Akkumulation bzw. mit dem Auffüllen des Grabens bis zu 1,50 Meter Tiefe (Probe 64) ist eine stärkere Abnahme der Transportenergie ersichtlich, die durch eine starke Rechtsbewegung des Pfeiles gekennzeichnet wird (siehe Diagramm 7).

#### e) Das Profil der Parabraunerde „Biolabor Hart“\*

Auch im Profilaufbau der Parabraunerde „Biolabor Hart“ bedingt das Aufgeben des Auegebietes durch die Traunhochwässer eine Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit, wodurch über den feinstkörnig-psamnitischen Löß noch etwas feinkörnigere, fast pelitische Sedimente abgelagert wurden. Auch bei dieser Lokalität nimmt jedoch mit zunehmender Lehmakkumulation die Strömungsgeschwindigkeit bzw. die Turbulenz etwas zu, wodurch in den obersten Schichten mehr Sand abgelagert wird und damit eine etwas schlechtere Sortierung aufscheint.

Die Diskontinuität zwischen liegendem Löß (Probe 58) und hängendem Lehm (Probe 57) wird auch bei diesem Profil durch eine starke Abnahme der Transportenergie verursacht, wobei im Korngrößendreieck der Pfeil ebenfalls nach rechts wandert. Nach oben hin, zu den oberen Horizonten der Parabraunerde (Probe 55 und 54), ist wieder eine relative Zunahme der Transportenergie bzw. der Turbulenz erkennbar, indem diese Lokalität knapp an dem Grundbach liegt, wo in ufernaher Randlage die Turbulenz der oberflächennahen Hochwässer verstärkt wirksam war (siehe Diagramm 8).

#### f) Das Profil der Parabraunerde Linz-Ebelsberg

Die Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit infolge Rückzug des Gletschers im Jungpleistozän, die im linksseitigen Auegebiet der Traun, am Harter Plateau, zur Veränderung der Sedimentation und damit zu einer geologischen Diskontinuität führte, muß sich selbstverständlich auch auf der rechtsseitigen Hochterrasse bei Ebelsberg auswirken.

Diese Strömungsabnahme bedingte hier ebenfalls die Sedimentation des Lehmes durch den Wambach über dem liegenden Löß der Traun, so daß auch auf dieser Hochterrassenfläche das gleiche Geschehnis wie am Bindermichl aufscheint.

An beiden Lokalitäten, d. h. sowohl nördlich als auch südlich der Traun, sind dieselben Akkumulationsbedingungen in gleicher Seehöhe vorhanden, indem mit Abnahme der fluviatilen Transportenergie eine geologische Diskontinuität verbunden ist. Durch das Einschneiden der Traun nach Rückzug des Gletschers wurden diese ehemaligen Auflächen vom Traunhochwasser nicht mehr erreicht, so daß auf ihnen über dem liegenden Löß (Ferntransport durch die Traun) ein Lehm (Nahtransport durch Nebengerinne) bei geringerer Strömung abgelagert wurde. (Von Probe 26 zu 25 zeigt der Pfeil nach rechts.)

Außer dieser Strömungsabnahme ist auch die mit zunehmender Lehmakkumulation auftretende geringe Strömungszunahme wie beim Profil „Bindermichl Schulbau“ ersichtlich, wodurch eine völlige Übereinstimmung der Strömungsverhältnisse auf beiden Seiten der Traun feststellbar ist.

Diese gleichartige Sedimentation von Lehm über dem Löß südlich und nördlich der Traun kann nur durch fluviatile Strömung erklärt werden, indem sich ein gleichartiges Strömungsgeschehen in Korngrößenunterschieden an verschiedenen Standorten entlang des Flusses auswirkt.

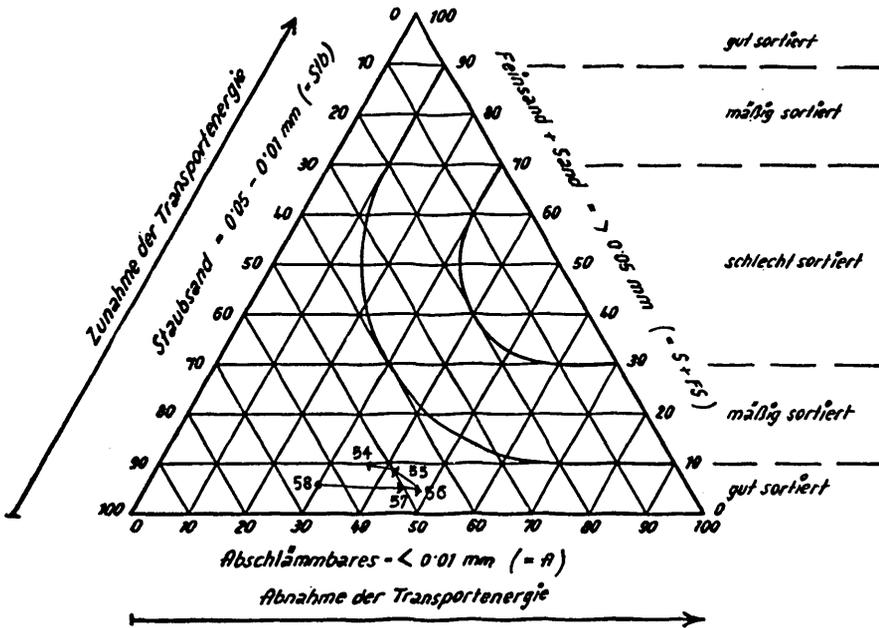
Solche Gesetzmäßigkeit der Akkumulation, die sich in vollkommen entgegengesetzten Himmelsrichtungen abspielt, ist durch äolische Lößverfrachtung unmöglich, insbesondere noch, weil auch die Parabraunerde aus dem liegenden Löß gar nicht entstanden ist, wie dies der unterschiedliche Chemismus und Schwermineralbestand aufzeigt (66) (siehe Diagramm 9 und vergleiche es mit den Diagrammen 6, 7 und 8).

### 3. Die Beziehungen in der Korngrößenzusammensetzung zwischen Schlier und Löß

Zum Abschluß der Erörterungen über die Beziehungen zwischen der Korngrößenzusammensetzung und den Transport- und Sedimentationsbedingungen wird die Schlierprobe von Wels den Lössen der Hochterrasse gegenübergestellt, um die Zusammenhänge, die schwermineralogisch durch den hohen Granatgehalt beider Sedimente und landschaftsmorphologisch bzw. geologisch durch das Einschneiden der

Diagramm 8

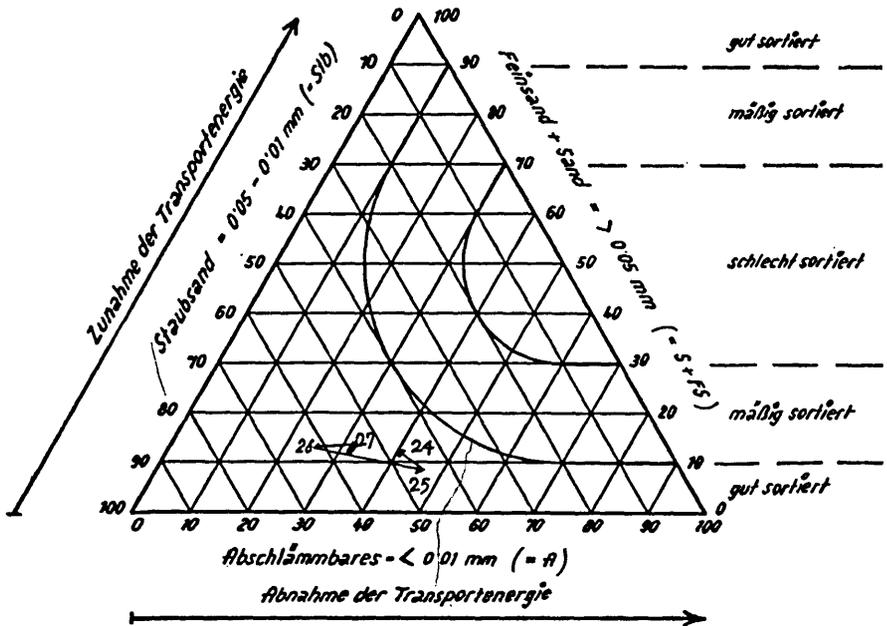
**Korngrößendreieck des Profiles Parabraunerde Biolabor Hart**



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% S+FS	% Stb	% A	Anmerkung
54	0,20	nicht vergleyter Lehm	9,8	53,0	37,2	
55	0,45	nicht vergleyter Lehm	9,2	50,0	40,8	
56	0,75	nicht vergleyter Lehm	5,6	48,0	46,4	
57	1,10	nicht vergleyter Lehm	5,4	50,0	44,6	
58	1,30	mäßig vergleyter Löß	6,8	63,0	30,2	Diskontinuität

Diagramm 9

Korngrößendreieck des Profiles der Parabraunerde Ebelsberg



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% S+FS	% Stb	% A	Anmerkung
24	0,40	nicht vergleyter Lehm	10,8	48,4	40,8	
25	1,00	nicht vergleyter Lehm	9,2	45,2	45,6	
26	1,50	mäßig vergleyter Löß	13,8	61,8	24,4	
27	4,00	mäßig vergleyter Löß	14,0	54,8	31,2	Diskontinuität

Traun im tertiären Schlier des Alpenvorlandes gegeben sind, auch Korngrößenmäßig zu erfassen.

In der berechtigten Annahme, daß der eiszeitlich erosiv aufgearbeitete Schlier von Wels die gleiche Korngrößenzusammensetzung wie die untersuchte Probe hatte, dies ist beim Schlier mit seiner großen Mächtigkeit gleicher Korngrößen ohne weiteres möglich, und aus der Tatsache der ortsnahen Umlagerung der Sedimente (138), kann gefolgert werden, daß dieses Schliermaterial im Linzer Raum wieder zum größten Teil als Löß im Aubereich der Traun abgelagert wurde. Somit vermittelt nachstehende Gegenüberstellung der Korngrößenzusammensetzung dieser beiden Sedimente einen Einblick in das eiszeitliche Geschehen.

Die untersuchten Lößproben liegen alle ungefähr in gleicher Tiefe von 0,70 bis 1,50 Meter, so daß die bei ihrer Ablagerung herrschenden Strömungsverhältnisse verglichen werden können.

Probe-Nr.	Standort	% der Korngrößenzusammensetzung in mm			
		2,0—0,1	0,1—0,05	0,05—0,01	< 0,01
68	Schlier: bei Wels	4,2	17,6	28,2	50,0
10	Löß: Weingartshof	6,0	13,6	55,6	24,8
53	Löß: BinderMichl, C-Horizont	5,2	12,4	60,0	22,4
16	Löß: Ebelsberg D-Horizont	2,2	11,6	61,8	24,4
	Schlier: Löß	1:1	1:1	1:2	2:1

Der tertiäre Schlier von Wels kam infolge erosiver Aufarbeitung durch Seitenerosion der eiszeitlich hochwasserführenden Traun, die im Bereich der jetzigen Niederterrassenbreite pendelte, neuerlich in einen Strömungsbereich. Dadurch wurde das marine, pelitische (tonreiche) Sediment, das bereits vor seiner Ablagerung im strömungslosen Meeresbecken eine sehr gute Sortierung durchgemacht hatte, durch die fluviatile Strömung der Traun nochmals sortiert.

Mit diesem Transport wurde ein bedeutender Anteil des Abschlämmbaren als Schwebstoffe weiterverfrachtet und der Staubsand in strömungsschwachen Auegebieten abgelagert, so daß auch hier das antagonistische Verhalten der beiden Korngrößen aufgezeigt wird, das im Löß eben durch die Umlagerung und Neusortierung des Schliermaterials entsteht.

Aus dem Verhältnis des Staubsandanteiles zwischen Schlier und Löß geht hervor, daß mindestens die doppelte Schliermenge aufge-

arbeitet werden mußte, um die vorhandene Lößmenge zu erzeugen. Diese Schliermassen waren gegeben im Ablagerungsraum der Niederterrassenschotter zwischen Lambach und Linz (Welser Heide), die den miozänen Schlier ausräumten. Dieses ungefähre Verhältnis 2 : 1 zwischen erodierter Schliermenge und abgelagerter Lößmenge steht in auffallender Übereinstimmung mit der Landschaftsmorphologie, da die Niederterrassenbreite bei Wels, der Ausräumungsraum, rund 4 km beträgt und die Hochterrasse bei Linz, als Ablagerungsraum, rund 2 km breit ist, jedoch hat diese Beziehung wegen Fehlens von Kubaturberechnungen nur eingeschränkte Beweiskraft.

Aus dem Verhältnis des Abschlämbbaren in Schlier und Löß ist außerdem ersichtlich, daß von der gesamten Schliermenge nur ungefähr ein Viertel des Abschlämbbaren im Linzer Raum sedimentiert wurde, während drei Viertel davon der Fluß als Schwebstoffe (Flußtrübe) weiterverfrachtete.

Bemerkenswerterweise ist der Sand- und Feinsandgehalt des Schlieres und Lösses trotz Umlagerung annähernd gleich geblieben, so daß angenommen werden muß, daß einerseits ein Teil davon mit der größeren Strömung im Flußbett abtransportiert wurde, wofür auch der etwas höhere Anteil dieser Fraktionen in der Uferregion (Bindermichl und Weingartshof mit 17,6 bzw. 19,6 % gegenüber 13,8 % in Ebelsberg) spricht, und daß andererseits eventuell eine teilweise Zertrümmerung der diagenetischen Verkittung des Schliermaterials erfolgt ist.

Aus dem gleichartigen Verhältnis von annähernd 1 : 1 zwischen Schlier und Löß beim Sand- und Feinsandgehalt geht außerdem hervor, daß beide Fraktionen unter den gegebenen Sedimentationsbedingungen dieser Standorte ziemlich gleichmäßig abgelagert wurden, so daß ihre Vereinigung im Korngrößendreieck von Natur aus gegeben erscheint.

Die Umlagerung des tertiären Schliers von Wels auf die Hochterrasse im Raum von Linz durch die Traun wurde gleichfalls im Korngrößendreieck dargestellt und dieses zeigt die Transport- und Sedimentationsbedingungen auf.

Die Schlierprobe von Wels erscheint infolge ihrer Diagenese nur mäßig sortiert, da die zu Sand verkitteten Feinstteilchen durch die Probenvorbereitung nach der internationalen Methode B (durch zweistündiges Kochen) anscheinend nicht zur Gänze zertrümmert wurden.

Die Transportbewegung des Schliers erfolgte durch neuerliche Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit, wodurch er nochmals sortiert und der Gehalt an Feinstteilchen verringert wurde, indem der Fluß sie als Schwebstoffe weitertrug.

Dadurch liegen alle Lößproben im Korngrößendreieck (siehe Diagramm 10) links von der Schlierprobe in der Richtung zunehmender Transportenergie und sind auffallenderweise segmentförmig ausgefächert, indem eine Abnahme des Sand- und Feinsandgehaltes und eine geringe Zunahme der Staubsandfraktion und des Anteiles an Abschlämbbarem von den Uferrandlagen zum Terrasseninneren feststellbar ist.

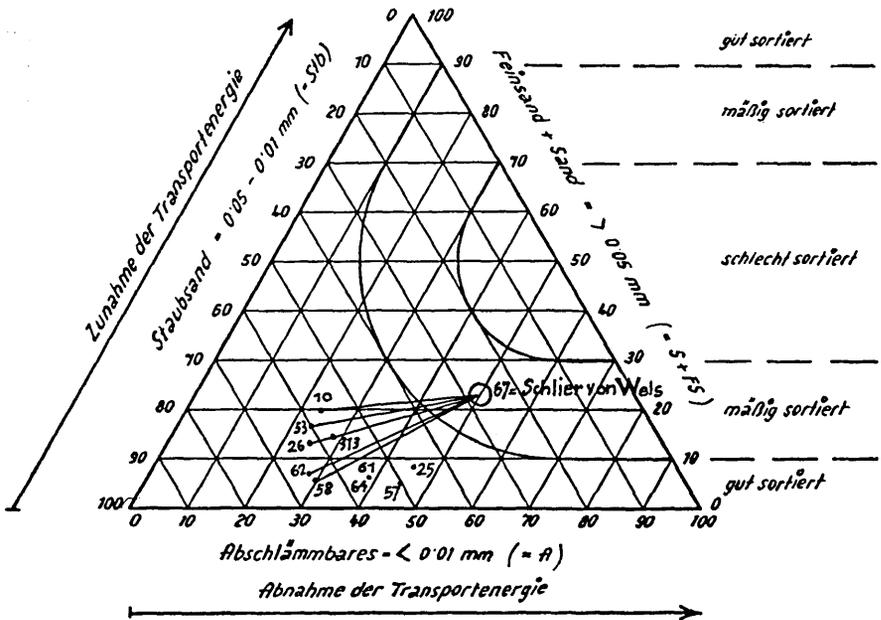
Einerseits haben die Lössе von Weingartshof und vom Lößrohboden, als Randlössе, bei fast gleichem Sand- und Feinsandgehalt ziemlich genau die Hälfte des Abschlämbbaren und das Doppelte des Staubsandanteiles wie der Schlier, so daß bei ihnen das oben aufgezeigte gesetzmäßige Verhältnis am deutlichsten sichtbar ist. Andererseits zeigen die Lössе im Terrasseninneren eine bessere Sortierung, eine etwas andere Korngrößenzusammensetzung, wobei der Löß auf der kleinen Hochterrassenfläche von Ebelsberg als Übergang zwischen den beiden Gruppen aufscheint. Bei den Proben 62 (D<sub>1</sub>-Horizont, Schulbau) und 58 (D-Horizont, Biolabor) beträgt der Sand- und Feinsandgehalt nur ungefähr ein Drittel von dem des Schliermaterials, wodurch die Abnahme der Transportenergie senkrecht zum Stromstrich beim Ausbreiten der Hochwässer ersichtlich wird. Daher ist auch beim Staubsand und beim Abschlämbbaren eine gewisse Zunahme festzustellen, indem im Terrasseninneren infolge verringerter Strömung für diese Korngrößen günstigere Ablagerungsbedingungen herrschen.

Demgegenüber zeigt die Korngrößenzusammensetzung der Lehme der Parabraunerde auf der Hochterrasse oberhalb der Diskontinuität ein anderes Bild. Ihr Sand- und Feinsandgehalt beträgt zwar ebenfalls nur ungefähr ein Drittel, aber das Abschlämbbare erreicht fast den Anteil wie ihn der Schlier besitzt; während der Staubsand nicht die doppelte Menge wie der Schlier aufweist.

Demnach müßten die Lehme nach der Sand- und Feinsandfraktion und dem Gehalt an Abschlämbbarem weitab vom Flußbett im Terrasseninneren abgelagert worden sein, aber ihr Staubsandanteil ist geringer als jener der Innenlössе, wodurch auch im Korngrößenaufbau ein Gegensatz zwischen liegendem Löß und hangendem Lehm

Diagramm 10

### Korngrößendreieck des Schlieres von Wels und der daraus hervorgegangenen Löss bei Linz



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% S+FS	% Stb	% A	Anmerkung
67		Schlier bei Wels	21,8	28,2	50,0	
10	0,90	Löß Weingartshof	19,6	55,6	24,8	Randlöß
53	0,70	Löß Bindermichl C-Horizont	17,6	60,0	22,4	viel Sand u. Feinsand
26	1,50	Löß Ebelsberg D-Horizont	13,8	61,8	24,4	Übergang
62	1,00	Löß Schulbau D <sub>1</sub> -Horizont	7,8	66,2	26,0	Innenlöß, wenig Sand u. Feinsand
58	1,30	Löß Biolabor D-Horizont	6,8	63,0	30,2	
61	0,80	Lehm Schulbau B-Horizont	7,6	53,8	38,6	Lehm:
64	1,50	Lehm Graben Hanuschstr.	7,4	53,8	38,8	enges Verhältnis
57	1,10	Lehm Biolabor B <sub>2</sub> -Horizont	5,4	50,0	44,6	zwischen Stäubsand u. Abschlümmbarem
25	1,00	Lehm Ebelsberg B-Horizont	9,2	45,2	45,6	
313	0,70	Löß Ebelsberg C-Horizont	14,4	57,6	28,0	Randlöß

aufscheint. Daher bilden diese Lehme im Korngrößendreieck eine eigene Gruppe, die mit den Lössen keine genetischen Beziehungen hat. Während im Löß ein weites Verhältnis zwischen Staubsand und Abschlämbbarem (ungefähr 1 : 2) besteht, haben die Lehme ein bedeutend kleineres Zahlenverhältnis zwischen diesen beiden Fraktionen (siehe Gegenüberstellung im Diagramm 10).

Da sich aber die Verwitterung zum größten Teil innerhalb der abschlämbbaren Fraktion abspielt, ist das verschiedenartige Verhältnis zwischen dieser und dem Staubsand bei Löß und Lehm genetisch bedingt und keine Erscheinung der Bodenentwicklung (66).

Das Dreiecksdiagramm zeigt durch diese Abhängigkeit der Korngrößenzusammensetzung mit der Transportentfernung, indem sogar geringe Unterschiede im Korngrößenaufbau des Lösses auf engem Raum erklärbar wird, die fluviatile Umlagerung des Schliers von Wels als Hochterrassenlöß bei Linz auf. Dadurch kann korngrößmäßig der Löß ohne Schwierigkeit aus der fluviatilen Umlagerung des Schlieres gedeutet werden, da auch der charakteristische Antagonismus zwischen Staubsand und Abschlämbbarem mit der Sedimentation im Aubereich klargestellt wird, während beim äolischen Transport beide Korngrößen zusammen weiterverweht werden.

Aus beiliegendem Diagramm wird der Vorgang der nochmaligen Sortierung des Lösses deutlich aufgezeigt, indem die Korngrößenzusammensetzung des Schliers, der ehemals im strömungslosen Gewässer abgelagert wurde, infolge seiner fluviatilen Aufbereitung als Löß in den Ablagerungsraum strömungsschwacher Gewässer, das heißt, in den Aubereich rückt. Dadurch verschiebt sich das Maximum der Korngrößen vom Abschlämbbaren zum Staubsand, wodurch der Löß etwas grobkörniger ist als der Schlier.

Dieser Vorgang kann vielleicht teilweise auch die doppelte Seigerung bei jenen Lössen erklären, auf die L. KÖLBL 1931 (77) hingewiesen hat, wobei er jedoch eine fluviatile und eine äolische Seigerung annahm.

Bei noch geringeren Strömungsgeschwindigkeiten könnte die Sedimentation des Abschlämbbaren sich so vergrößern, daß neben dem Maximum an Staubsand auch ein zweites an Abschlämbbarem aufscheint. In diesem Fall wird die doppelte Seigerung des Lösses besonders auffallend, ist aber ebenfalls ohne äolischen Transport erklärbar.

#### 4. Die Beziehungen zwischen Korngrößenzusammensetzung, Standort und Profilmorphologie

Aber aus der Korngrößenzusammensetzung allein ist es oft schwierig, immer eindeutig auf das Wirken äolischer oder fluviatiler Kräfte zu schließen, insbesondere wenn es sich um sehr gut sortierte, sehr feinkörnige (schluff- und tonreiche) oder grobkörnige (grobsandreiche) Sedimente handelt. Denn bei ersteren sind weitverblasene Staubfälle sehr ähnlich mit den Hochwasserablagerungen in Totarmen und Rückstaugebieten und bei letzteren gleichen sich die stark ausgeblasenen Flugsande mit den fluviatilen Grobsanden.

In diesen Fällen müssen alle anderen stratigraphischen Merkmale zur Unterscheidung herangezogen werden, wobei besonders die Vergleungsintensität der Profilhorizonte einen weiteren Hinweis liefert.

Da die Vergleung, d. h. das Auftreten von Oxydations- und Reduktionsflecken einen postsedimentären Wassereinfluß aufzeigt, ist ihr Vorhandensein an Standorten, wo derzeit keinerlei Tag- oder Grundwassereinfluß herrscht, wie dies sowohl bei der Parabraunerde als auch beim Lößprofil der Hochterrasse der Fall ist, ein Hinweis auf deren ehemalige Audynamik.

In diesem Zusammenhang sind auch folgende Beobachtungen erklärbar: die Vergleung ist im allgemeinen am Terrassenrand und in den oberen Horizonten geringer als im Terrasseninneren und an der Profilbasis, wo der vergleyte Löß auch mehr Abschlämmbares aufweist.

Diese Erscheinung ist typisch für Auegebiete, wo am Ufersaum und in den sich oberhalb des ständigen Grundwassers befindlichen Schichten eine geringere Vergleungsintensität vorhanden ist als in den tieferen und vom Ufer entfernteren, stärker grundwasserbeeinflußten Horizonten.

Weiter sind die Lößprofile auf der Hochterrasse zumeist weniger vergleyt als auf den höhergelegenen, älteren Terrassen, was anscheinend mit dem geringeren Grundwasseranstieg der Flüsse durch Akkumulation in der letzten Kaltzeit zusammenhängt, während im Altpleistozän die überfluteten Flächen einen höheren Grundwasserspiegel hatten, weil das Entwässerungsnetz noch weniger eingeschnitten und mehr verwildert war.

Bei den hier aufgezeigten Vergleungen handelt es sich um ehemalige, derzeit bereits fossile Rost- und Gleyflecken, die mikro-

morphologisch von den rezenten gut unterschieden werden können und somit zur stratigraphischen Gliederung der Lößprofile dienen (siehe Dünnschliffbild 2).

Auf Grund weiterer Untersuchungen verschiedener Lößprofile in ganz Oberösterreich (68) wurde festgestellt, daß auffallenderweise die Korngrößenzusammensetzung der Lössen mit zunehmender Vergleyungsintensität immer gleichartiger wird, da die Schwankungen im Korngrößenaufbau bei nichtvergleyten Lössen der oberen und ufernahen Horizonte bedeutend größer sind als bei vergleyten Lössen der Profilbasis oder des Terrasseninneren. Diese Erscheinung kann nur fluviatil durch die Strömungsverhältnisse bei der Sedimentation der Lössen erklärt werden, indem die ersteren im Uferbereich unter etwas unterschiedlicheren Strömungsgeschwindigkeiten sedimentierten als die letzteren im strömungsschwächeren Auegebiet.

Einerseits zeigt es sich, daß im Löß eine Zunahme des Sand- und Feinsandgehaltes mit abnehmender Vergleyung in den oberen Schichten erkennbar ist, indem nur der nichtvergleyte Löß die Höchstwerte und im allgemeinen über 10 Prozent Feinsand und ebensoviel Sand besitzt. Andererseits ist im Löß eine deutliche Korrelation zwischen Staubsandanteil und Vergleyung feststellbar, denn die geringsten Staubsandwerte, unter 50 %, sind nur im nichtvergleyten Löß anzutreffen, während beim mäßigvergleyten und vergleyten Löß der Staubsandanteil ungefähr zwischen 50 und 60 % liegt.

Wie ersichtlich, ist die Staubsandfraktion beim Löß besonders stark vertreten und wird als charakteristisches, äolisch bedingtes Merkmal angesehen. Im Profilaufbau zeigt jedoch die Staubsandfraktion nicht immer ein gleichmäßiges Verhalten, da sie mit zunehmender Akkumulation nach oben hin sowohl zu- als auch abnehmen kann. Daher muß bei der Erforschung der Genetik eines Lößprofiles der Korngrößenaufbau aller seiner Horizonte verglichen werden, wodurch der jeweilige Rhythmus der Sedimentation bzw. die Veränderung der Sedimentationsbedingungen aufgezeigt wird.

Eine Zunahme des Staubsandgehaltes wird im allgemeinen durch die Verstärkung jener Sedimentationsbedingungen bewirkt, durch die ein größeres Korn abgelagert wird, d. h. durch Zunahme der Transportenergie; denn die Abnahme des Staubsandgehaltes bewirkt eine Zunahme des Abschlämbaren und diese Erscheinung wird durch jene Sedimentationsbedingungen hervorgerufen, die eine Ablagerung

der kleineren Korngrößen verursachen, d. h. durch Abnahme der Transportenergie.

Zumeist wird dieser Wechsel der Sedimentationsbedingungen auch durch einen Wechsel zwischen Löß und Lehm veranschaulicht, so daß schon makroskopisch eine gut sichtbare Diskontinuität zu beobachten ist, indem ein Material eines anderen Einzugsgebietes abgelagert wurde. Dieser Fall tritt insbesondere ein, wenn sich der Gletscher zurückzieht und das Auegebiet nur noch von kleineren Nebengerinnen mit schwächerer Strömungsenergie überflutet wird.

Bei den untersuchten 66 Proben ist auch eine Beziehung der abschlämmbaren Fraktion mit der Vergleyungsintensität festzustellen, indem ihre Schwankungsbreite mit der Vergleyung des Lösses oder des Lehmes stark abnimmt (68).

Während beim nichtvergleyten Löß der verschiedensten Standorte der Anteil des Abschlämmbaren noch zwischen 15,8 und 44,6 % schwankt, Unterschied = 28,8 %, verringert sich diese Schwankungsbreite beim mäßigvergleyten Löß auf rund 18 %, denn hier beträgt das Abschlämmbare zwischen 20,2 und 38,4 %, und beim vergleyten Löß sogar auf 4 %, da dieser bloß zwischen 27,6 und 33,2 % Abschlämmbares aufweist.

Weil die Vergleyung bei den untersuchten Profilen durch einen ehemaligen Grundwassereinfluß bedingt ist, zeigen die einst im Grundwasserbereich abgelagerten basalen Sedimente der verschiedenen Aufschlüsse eine gleichmäßigere Körnung als die oberen nichtvergleyten Sedimente. Indem beim Lehm auch die fossile Vergleyung mit der Profiltiefe zunimmt, ist die gleiche Gesetzmäßigkeit wie beim Löß feststellbar.

Dadurch wird die Vergleyung eindeutig ein genetisches Merkmal, das bei der Profiluntersuchung zur stratigraphischen Gliederung herangezogen und auf das besonders geachtet werden muß, da sie bei den jetzt trockengefallenen Lößprofilen einen ehemaligen Grundwassereinfluß und eine Ablagerung des Sedimentes im schwankenden Grundwasserbereich, aber keine rezente Bodenentwicklung anzeigt.

Die Vergleyung eines äolischen Lösses auf Standorten, wo kein rezenter Tag- oder Grundwasserstau vorhanden ist, steht im Widerspruch zur äolischen Lößtheorie selbst; denn entweder wurde dieser Löß durch Windtransport im trockenen Zustand verweht und auf höhergelegenen, nicht mehr vom Grundwasser beeinflussten Flächen abgelagert, dann kann er keine Vergleyung aufweisen, oder er wurde

im gleichen Aniveau des Flußbettes auf grundwasserbeeinflußten Flächen sedimentiert, dann braucht aber keine äolische Sedimentation vorzuliegen, weil die Ablagerung durch Hochwässer stattfindet.

Die Vergleyung der basalen Lößschichten auf der Hochterrasse steht somit im Zusammenhang mit dem ehemaligen Grundwasserspiegel der akkumulierenden Traun und ist fossil, da sich über dem durchlässigen Schotter ihres Untergrundes keine rezente Vergleyung entwickeln konnte.

## B) DER SCHWERMINERALGEHALT ALS ERGEBNIS DER TRANSPORT- UND SEDIMENTATIONSBEDINGUNGEN

### 1. Allgemeines

Neben der Korngrößenzusammensetzung, die eine Einsicht in die Aufbereitungsart eines transportierten Sedimentes ermöglicht, ist der Mineralgehalt von größter Wichtigkeit, da dieser auch einen Hinweis auf das Anlieferungsgebiet gibt.

Dieser mineralogische Zusammenhang des Sedimentes mit seinem Ursprungsraum drückt sich besonders in seinem Schwermineralgehalt aus, der trotz gewisser Veränderungen während des Transportes noch gesetzmäßige Beziehungen zum Herkunftsgebiet aufweist.

Dadurch ist nach C. H. EDELMANN (29) die sedimentologische Provinz eine natürliche Einheit der Sedimente nach Verbreitung, Alter und Entstehung, so daß sowohl räumlich als auch zeitlich eine Verknüpfung der Sedimente mit ihrem Anlieferungsgebiet gegeben ist.

Aber das gegenseitige Verhältnis detritischer Minerale ist infolge Transportauslese niemals ganz konstant, und daher ist es notwendig, den Einfluß der Aufbereitung auf den Schwermineralgehalt zu untersuchen und die Schwermineralspektren in den einzelnen Horizonten zu erklären, wobei folgendes zu beachten ist:

1. Die Schwerminerale (Minerale mit einer Dichte größer als 2,95) werden zumeist nur im Feinsand (0,1 bis 0,05 mm Korngröße) bestimmt, doch ist ihre Bestimmung auch in der Sandfraktion (2,00 bis 0,1 mm Korngröße) sehr zweckmäßig, da hiedurch eine bessere Verknüpfung mit dem Einzugsgebiet und mit der Transportauslese möglich wird.
2. Indem die Korngröße bei den Transport- und Sedimentationsbedingungen eine sehr große Rolle spielt, erhält sie bei den Schwer-

mineralen wegen ihres höheren spezifischen Gewichtes eine noch größere Bedeutung. Leider wird der Schwermineralgehalt der Sandfraktion infolge Transportauslese oft zu gering, um weitreichende Schlüsse zu ziehen, so daß es notwendig ist, das Mittel der Sand- und Feinsandfraktion zu berechnen, obwohl die Schwerminerale der Sandfraktion ein deutlicheres Bild der Aufbereitung des Sedimentes geben als jene der Feinsandfraktion.

Da aber die beiden Fraktionen, wie es bereits ersichtlich war, unter ähnlichen Sedimentationsbedingungen, nur bei starker Abnahme der Transportenergie abgelagert werden, können auch ihre Schwerminerale ohne Bedenken vereinigt und aus diesem Mittel die Transport- und Sedimentationsgeschehnisse festgestellt werden.

3. Die Aussagekraft der Schwerminerale ist um so besser, je größer ihre Anzahl ist, und andererseits sind auch hier, wie bei allen Untersuchungen, viele Analysen notwendig, um gesetzmäßige Zusammenhänge aufzuzeigen.

Bei den Schwermineralspektren der untersuchten Proben wurde neben dem Gehalt an opaken Körnern auch die schon bisher zur Gliederung der Profile herangezogenen Schwerminerale Granate, Zirkone und Epidote beurteilt, da diese die häufigsten und damit wichtigsten Schwerminerale sind, und ihre Beziehungen zu den fluviatilen Transport- und Sedimentationsbedingungen untersucht.

Zur Darstellung im Dreiecksdiagramm wurden die opaken Körner den Granaten und allen anderen durchsichtigen Schwermineralen gegenübergestellt und zu diesem Zwecke die Prozentzahlen der Granate und der restlichen Schwerminerale vom gesamten Schwermineralbestand, d. h. einschließlich der opaken Körner im Mittel beider Fraktionen berechnet (diese Zahlen sind auf der zusammenfassenden Tabelle in den letzten drei Kolonnen angegeben).

Als mittleres spezifisches Gewicht dieser ausgeschiedenen Gruppen können folgende abgerundete Werte angenommen werden:

1. Opake Körner, zum größten Teil Magnetit und etwas Hämatit sowie Fe-Konkretionen; mittleres spezifisches Gewicht  $5,0 \text{ g/cm}^3$ ;
2. Granate, mittleres spezifisches Gewicht  $4,0 \text{ g/cm}^3$ ;
3. restliche Schwerminerale. In dieser Gruppe sind als Hauptanteil Zirkon und Epidot vereinigt, die jedoch ein unterschiedliches spezifisches Gewicht haben. Da dieses bei den Zirkonen um  $4,5$  und bei den Epidoten um  $3,5 \text{ g/cm}^3$  liegt, kann als mittleres spezifisches

Gewicht dieser Gruppe ebenfalls  $4,0 \text{ g/cm}^3$  wie bei den Granaten angenommen werden, doch wurde in jedem Horizont das Vorwiegen des jeweiligen Hauptanteiles angemerkt.

Die Strömungsenergie kann vor allem nach ihrer Wirkung auf die Sedimentation der opaken Körner beurteilt werden, indem eine Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit im allgemeinen eine s o f o r t i g e Zunahme dieser Schwerminerale bedingt.

Bei den beiden anderen Gruppen ist die Auslesewirkung durch die Strömungsgeschwindigkeit weniger prägnant, doch führt eine Strömungszunahme i n d i r e k t, infolge Verringerung der opaken Körner, im weiteren Verlauf zu einer Zunahme der Granate und der anderen Schwerminerale im gesamten Schwermineralspektrum.

Ein zunehmender Gehalt an durchsichtigen Schwermineralen ist daher bei gleichem Anlieferungsgebiet nur eine Folge der Transportauslese, indem die opaken Körner bei Strömungsabnahme wegen ihres höheren spezifischen Gewichtes bedeutend leichter sedimentieren als die anderen Schwerminerale, wodurch eine Verschiebung des Verhältnisses zuungunsten der opaken Körner eintritt.

Die Sedimentation bedingt sodann auch bei größerer Strömungsenergie eine Vermehrung der sedimentierten Granate gegenüber dem Anteil der opaken Körner, indem die spezifisch leichteren Körner im Gesamtspektrum stärker zunehmen und relativ mehr abgelagert werden. Da ihre Anzahl infolge des Ausfalles der schwereren ständig wächst, treten Granate und opake Körner antagonistisch auf. Dadurch herrscht zwischen diesen beiden Schwermineralen ein ähnliches Verhältnis wie zwischen Staubsand und Abschlämbbarem, denn bei Strömungsverminderung muß außer dem spezifisch schwereren Korn (Seifenbildung) auch das kleinste Korn sedimentieren, während bei etwas stärkerer Strömung nur mehr größere Körner und aus dem Restbestand auch spezifisch leichtere Körner ausfallen können beziehungsweise immer dann ausfallen müssen, wenn die Strömungsenergie plötzlich nachläßt.

Dieser letzte Fall tritt in den Auegebieten ein, wenn die Hochwässer das Flußbett verlassen und sich mit abnehmender Strömungsenergie ausbreiten. Um jedoch den Gegensatz zur Strömungsabnahme, die zur Sedimentation der opaken Körner führt, besser aufzeigen zu können, wird bei der Zunahme der spezifisch leichteren Granate auch eine Zunahme der Strömungsenergie angenommen, obwohl dies im

Augebiet absolut kaum zutrifft, sondern nur eine Veränderung im gegenseitigen Verhältnis der Schwerminerale infolge des allgemeinen Strömungsabfalles, wie oben dargestellt, eintritt.

## 2. Der Schwermineralbestand der untersuchten Hochterrassenprofile als Ergebnis fluviatiler Strömung

Zur Dreiecksdarstellung wurde das Mittel der Sand- und Feinsandfraktion, bezogen auf alle Schwerminerale, genommen und dieses zeigt in den einzelnen Profilen folgende Beziehungen zwischen Strömungsgeschwindigkeit und Schwermineralbestand auf.

### a) Das Profil „Weingartshof“

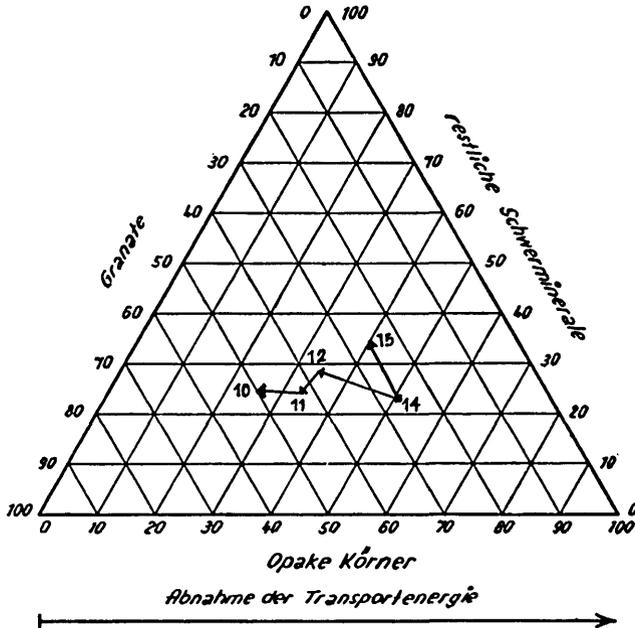
Der Aufschluß „Weingartshof“ zeigt im Schwermineralbestand mit zunehmender Lößakkumulation im allgemeinen eine Abnahme der opaken Körner (von 40 bzw. 51 auf 26 Prozent) und eine Zunahme der Granate (von 25 bzw. 27 auf 50 Prozent) und diese beiden Erscheinungen lassen wie bei der Korngrößenzusammensetzung auf eine Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit durch verstärkte Hochwässer im Hochglazial schließen, mit der die Sedimentation eines größeren Sandgehaltes Hand in Hand geht.

Interessanterweise scheinen im Schwermineraldreieck (siehe Diagramm 11) größere Unterschiede zwischen den einzelnen Proben als im Korngrößendreieck (vergleiche Diagramm 4) auf, was anscheinend auf eine erhöhte Auslesewirkung bei dieser Randlage zurückzuführen ist. Besonders hebt sich im braunen Band (Probe 14) der hohe Gehalt an opaken Körnern (51 Prozent aller Schwerminerale) hervor; diesem steht ein fast gleich hoher Prozentwert für Granate in Probe 10 (bei 0,90 Meter Tiefe, das ist 2,50 Meter höher) gegenüber, wobei die Granate eindeutig mit dem höheren Sand- und Feinsandgehalt dieser Probe in Beziehung gebracht werden kann.

Der höhere Gehalt an opaken Körnern in den Proben 15 und 14 ist zweifellos in Verbindung mit der größeren Menge an Bindesubstanz, die aus feinverteiltem, umgelagertem Lehmmaterial besteht, wie dies auch aus den Lehmproben ansonsten hervorgeht. Dieses wurde beim Vorrücken des Gletschers im periglazialen Gebiet abgetragen und der damals noch wasserärmeren Traun zugeführt, die es in ihrem Augebiet über der interglazialen, terrestrischen Bodenbildung

Diagramm 11

## Dreiecksdarstellung aller Schwerminerale des Profiles Weingartshof



Hor. 1955	Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% opake K.	% Granate	% restl. Schwerm.	Prozentverhältnis Zirkon : Epidot
IV	10	0,90	mäßig vergleyter Löß	26	50	24	4 : 7
V	11	1,50	mäßig vergleyter Löß	34	42	24	8 : 8
VII	12	3,00	mäßig vergleyter Löß	34	37	29	4 : 9
VIII	13	3,40	mäßig vergleyter Löß	nicht untersucht			
IX	14	3,60	mäßig vergleyter Löß	51	27	22	5 : 8
XII	15	5,00	vergleyter Löß	40	25	35	8 : 12

zusammen mit dem aufgearbeiteten Schliermaterial ihres Untergrundes als „Basislöß“ abgelagerte. Später, infolge weiteren Ansteigens des Grundwassers durch die sehr stark akkumulierende Traun wurden diese unteren Lößschichten vergleyt.

Bei diesem Profil stellt das Schwermineralspektrum in der Dreiecksdarstellung ungefähr das Spiegelbild vom Korngrößendreieck dar und wahrscheinlich ist dafür der Einfluß der Turbulenz maßgebend, die an diesem Uferrand sicherlich stark wirksam war. Dies ist besonders beim Vergleich der Proben 11 und 12 erkennbar, wo einem bedeutenden Korngrößenunterschied nur eine kleine Veränderung des Schwermineralspektrums gegenübersteht bzw. in den Proben 10 und 11 ist eine minimale Korngrößendifferenz mit größeren Schwankungen bei opaken Körnern und Granaten verknüpft. Inwieweit aus dieser Erscheinung auch auf eine Verlagerung der Flußströmung bzw. des Stromstriches geschlossen werden kann, ist aus diesen Untersuchungen derzeit nicht ersichtlich.

Der Unterschied im Schwermineralbestand zwischen dem vergleyten Basislöß und dem darüberliegenden mäßigvergleyten Löß kann nur aus einer anderen Materialzufuhr erklärt werden, da beim letzteren weniger Epidot im Verhältnis zum Zirkon vorhanden ist und trotz geringerer Strömung auch weniger opake Körner vorliegen. Diese veränderte Materialanlieferung ist auch an der geringeren Binde substanzmenge und am höheren Karbonatgehalt der oberen Lößhorizonte erkennbar.

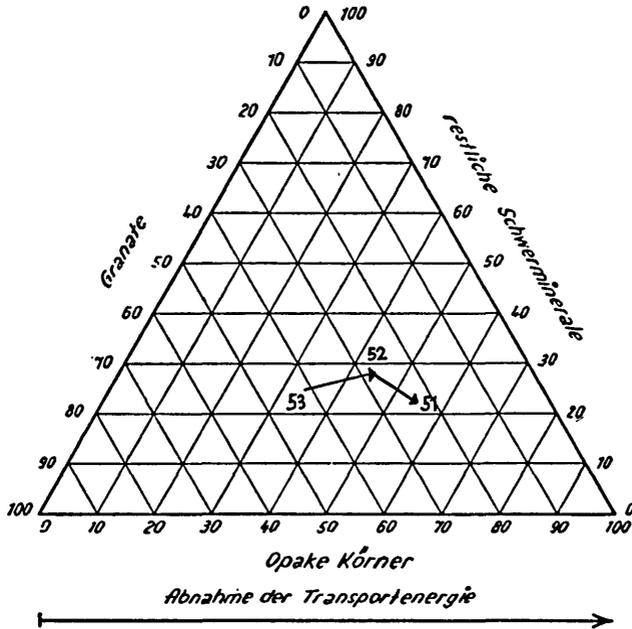
#### b) Das Profil des Lößrohbodens „Bindermichl“

Die drei Horizonte des Lößrohbodens weisen durch die Zunahme der opaken Körner und Abnahme der Granate auf eine Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit in den obersten Horizonten mit zunehmender Akkumulation hin, die auch in der Korngrößenzusammensetzung an der Zunahme der abschlämmbaren Fraktion und Abnahme des Staubsandanteiles festzustellen ist.

Auch in diesem Profil zeigt das Dreiecksdiagramm der Schwerminerale (siehe Diagramm 12) die Strömungsabnahme, besonders zwischen den Proben 53 und 52 deutlicher auf als das Korngrößendreieck (vergleiche Diagramm 5), bei dem im AC-Horizont (Probe 52) der Staubsand mit etwas höherem Wert aufscheint, da in dieser Fraktion wahrscheinlich die durch Verwitterungseinfluß entstandenen, kleinen Kalkkonkretionen inbegriffen sind.

Diagramm 12

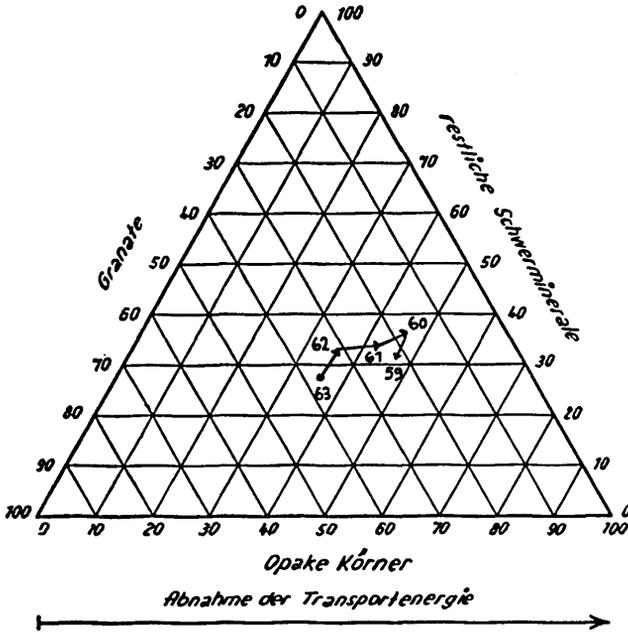
**Dreiecksdarstellung aller Schwerminerale des Profiles Lößrohboden Bindermichl**



Probe Nr.	Meter Tiefe	Charakteristik	$\frac{1}{100}$ opake K.	$\frac{1}{100}$ Granate	$\frac{1}{100}$ restl. Schwerm.	Prozentverhältnis Zirkon : Epidot
51	0,20	nicht vergleyter Löß	54	24	22	6 : 6
52	0,40	nicht vergleyter Löß	43	28	29	9 : 9
53	0,70	nicht vergleyter Löß	34	41	25	4 : 7

Diagramm 13

Dreiecksdarstellung aller Schwerminerale des Profiles Parabraunerde Binderdmichl-Schulbau



Probe Tiefe Nr. Meter	Charakteristik	% opake K.	% Granate	% restl. Schwerm.	Prozentverhältnis Zirkon : Epidot
59 0,20	A-Horizont (Lehm)	47	22	31	7 : 12
60 0,40	AB-Horizont (Lehm)	45	17	38	7 : 14
61 0,80	B-Horizont (Lehm)	42	24	34	6 : 13
					Diskontinuität
62 1,00	D <sub>1</sub> -Horizont (Löß)	36	31	33	7 : 13
63 1,50	D <sub>2</sub> -Horizont (Löß)	35	38	27	4 : 9

Die Strömungsabnahme nach oben, zum A-Horizont hin, ist sowohl bei der Schlämmung als auch bei den Schwermineralen eindeutig an der Verschiebung gegen rechts erkennbar, wodurch auch die fluviatile Ablagerung dieses Lösses an der gleichzeitigen Zunahme der großen opaken Körner der Sand- und Feinsandfraktion und der kleinsten Korngrößen des Abschlämbaren infolge Strömungsabnahme bewiesen wird.

Diese Strömungsveränderung bedingt auch eine gewisse Verschiebung im Verhältnis zwischen Zirkon und Epidot durch eine geringe Zunahme der Zirkone, so daß auch auf eine etwas veränderte Materialzufuhr geschlossen werden kann, die aus den anderen Untersuchungsergebnissen ebenfalls hervorgeht.

Dadurch wird das Verschneiden der Hochwässer auf der Dammkronen des Uferwalles bestätigt, was auch am höheren Anteil an Bindesubstanz und an Abschlämbarem ersichtlich war.

### c) Das Profil der Parabraunerde „Schulbau“\*

Auch in diesem Profil ist eine Strömungsabnahme mit zunehmender Akkumulation wie beim Lößrohboden am Schwermineralspektrum festzustellen, indem vom liegenden Löß zum hangenden Lehm eine Zunahme der opaken Körner und eine Abnahme der Granate erfolgt (siehe Diagramm 13 und vergleiche mit Diagramm 6).

Diese Veränderung in der Schwermineralauslese entspricht völlig der Verschiedenheit der Korngrößenzusammensetzung, bei der durch Zunahme des Abschlämbaren und Abnahme des Staubsandgehaltes nach oben hin ebenfalls eine geringere Strömungsenergie aufgezeigt wird.

Die vorhandene Diskontinuität, die durch die Abnahme der Strömungsenergie verursacht wurde und eine Anlieferung unterschiedlichen Materials aus verschiedenen Einzugsgebieten aufzeigt, wird durch die Schwermineralauslese bestätigt, indem sowohl bei den opaken Körnern als auch bei den Granaten größere Sprünge an dieser Trennlinie vorliegen. In beiden Dreiecksdarstellungen ist unter den Proben 62 und 61 ein Rechtsweisen der Pfeile im Sinne der abnehmenden Transportenergie feststellbar.

---

\* Die mit \* bezeichneten Profile wurden vom Verfasser 1965 beschrieben (66).

#### d) Das Profil „Graben Hanuschstraße“\*

Die Abnahme der Strömungsenergie in den oberen Horizonten kann auch im Graben Hanuschstraße erkannt werden, wobei diese Erscheinung durch die Diskontinuität und den Wechsel des angelieferten Materials aus einem anderen Einzugsgebiet mehr überdeckt ist.

An der Grenze von Löß und Lehm, bei 2,50 bis 3,00 Meter Tiefe, findet vorerst eine plötzliche Abnahme der opaken Körner von 40 auf 28 % und eine Zunahme der restlichen Schwerminerale von 28 auf 42 % statt, so daß auf Anlieferung eines auch schwermineralogisch unterschiedlichen Materials geschlossen werden kann, die durch die Diskontinuität und durch die anderen Analyseergebnisse aufgezeigt wurde (66).

Erst mit weiterer Lehmmakkumulation werden wieder mehr opake Körner (51 %) sedimentiert, was auf eine Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit hinweist.

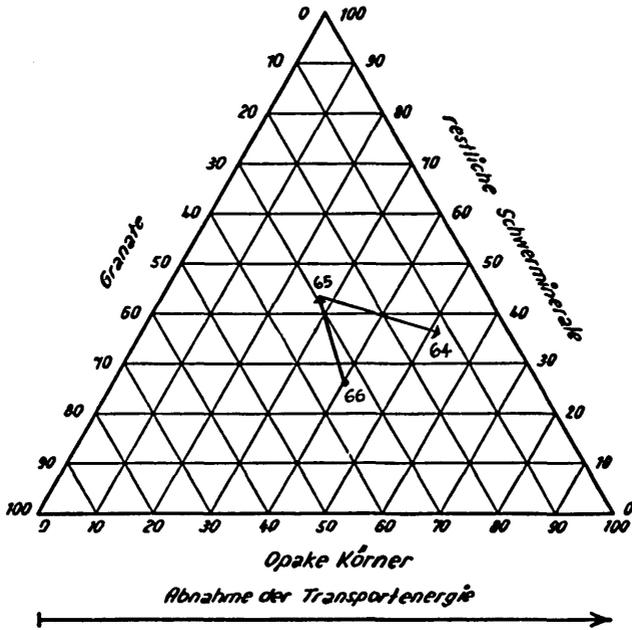
Aber auch die starke Verringerung des Granatgehaltes nach oben hin ist auf den Wechsel des Anlieferungsgebietes zurückzuführen, wobei noch im untersten Lehmhorizont über dem liegenden Löß ein relativ hoher Granatgehalt vorliegt, der dem hohen Staubsandanteil und dem Karbonatgehalt dieser Schichte entspricht. Damit wird auch schwermineralogisch bestätigt, daß in der Grabensohle noch durch Seitenerosion aufgearbeitetes Lößmaterial abgelagert wurde und noch mehr Strömung als bei der Akkumulation der oberen Lehmhorizonte vorhanden war, worauf auch der höhere Staubsandgehalt und der geringere Anteil der opaken Körner hinweist.

Der Graben Hanuschstraße ist unverkennbar ein Totarm der Traun gewesen, der mit Lehmmaterial durch Nebengerinne aufgefüllt wurde. Darauf deutet nicht nur sein morphologisches Bild und das hohe Raumtrockengewicht des Lösses an der Grabensohle, 169,82 g/100 cm<sup>3</sup> in 3,00 Meter Tiefe gegenüber 142,53 g/100 cm<sup>3</sup> des Lehmes bei 2,50 Meter Tiefe (66), sondern auch schwermineralogisch die starke Zunahme des Epidots, des spezifisch leichtesten Schwerminerals, das nur bei sehr geringer Strömungsenergie, d. h. in Totarmen und Rückstaugebieten, in größeren Mengen abgelagert wird.

Das Schwermineraldreieck (siehe Diagramm 14) zeigt daher bei der Diskontinuität zwischen Probe 66 und 65 wegen der Anlieferung verschiedenartigen Materials ein weniger deutliches Bild des Strö-

Diagramm 14

**Dreiecksdarstellung aller Schwerminerale des Profiles Bindermühl, Graben  
Hanschstraße**



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% opake K.	% Granate	% restl. Schwerm.	Prozentverhältnis Zirkon : Epidot
64	1,50	nicht vergleyter Lehm	51	12	37	8 : 19
65	2,50	nicht vergleyter Lehm	28	29	43	8 : 18
66	3,00	mäßig vergleyter Löß	40	32	28	7 : 13

Diskontinuität

nungsgeschehens als die Korngrößenzusammensetzung (vergleiche Diagramm 7), beweist jedoch durch den gleichen Pfeilverlauf zwischen Probe 65 und 64 ebenfalls die Strömungsabnahme und damit die fluviatile Sedimentation der Grabenfüllung.

#### e) Das Profil der Parabraunerde Ebelsberg

Die Parabraunerde von Ebelsberg zeigt ebenso wie die Parabraunerde „Schulbau“ an der Diskontinuität eine Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit, wodurch eine Zunahme der opaken Körner von 30 auf 45 % und eine Abnahme des Granatgehaltes von 36 auf 24 % verbunden ist. Diese Strömungsabnahme bedingt auch die Veränderung im Korngrößenaufbau, wo eine Zunahme des Abschlämbaren und eine Verminderung des Staub- und Feinsandgehaltes erfolgt.

Zwischen den Proben 26 und 25 tritt sowohl im Korngrößendreieck (vergleiche Diagramm 9) als auch im Schwermineraldreieck (siehe Diagramm 15) eindeutig eine Rechtsverlagerung im Sinne der Abnahme der Transportenergie ein, so daß auch hier die fluviatile Transportauslese klar aufscheint.

Nach oben hin, mit zunehmender Lehmakkumulation, tritt wieder eine gewisse Zunahme der Strömungsenergie bzw. eine etwas verstärkte Turbulenz ein, wodurch einerseits im Schwermineralbestand eine Abnahme der opaken Körner von 45 auf 37 % und eine Zunahme des Granatgehaltes von 24 auf 30 % und andererseits in der Körnung eine Zunahme des Sandgehaltes und eine Abnahme des Abschlämbaren verursacht wird.

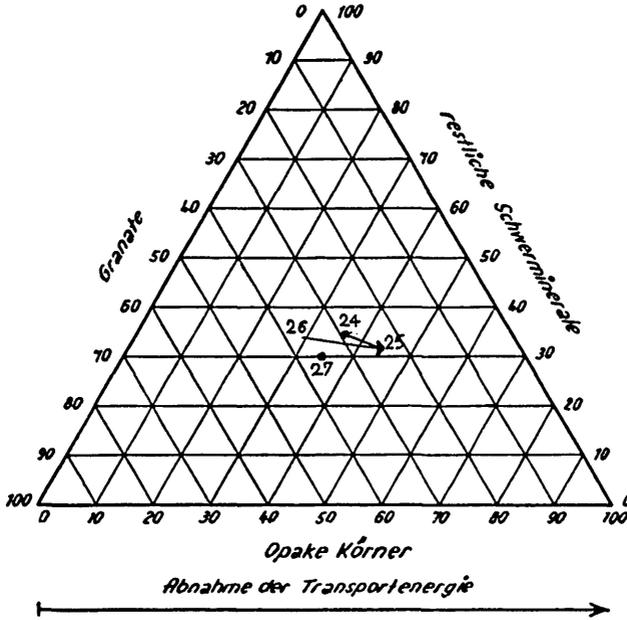
Somit ist das fluviatile Geschehen sowohl am Korngrößenaufbau als auch am Schwermineralbestand gleichermaßen erkennbar und wird am gleichartigen Wirken bei diesen beiden wichtigsten Eigenschaften des Sedimentes bewiesen.

### 3. Die Beziehungen im Schwermineralbestand zwischen Schlier und Löß

Zum Abschluß sollen auch die schwermineralogischen Beziehungen zwischen dem Hochterrassenlöß der Traun im Linzer Raum und dem Schlier von Wels überprüft werden, indem aus der Dreiecksdarstellung die Strömungsverhältnisse mit jenen des Korngrößen-

Diagramm 15

**Dreiecksdarstellung aller Schwerminerale des Profiles der Parabraunerde Ebelsberg**



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% opake K.	% Granate	% restl. Schwerm.	Prozentverhältnis Zirkon : Epidot
24	0,40	nicht vergleyter Lehm	37	30	33	3 : 11
25	1,00	nicht vergleyter Lehm	45	24	31	6 : 13
Diskontinuität						
26	1,50	mäßig vergleyter Löß	30	36	34	9 : 8
27	4,00	mäßig vergleyter Löß	35	35	30	4 : 12

dreieckes vergleichbar sind (siehe Diagramm 16 und vergleiche mit Diagramm 10).

Der Schlier von Wels weist mit 41 % opaker Körner und 32 % Granate, bezogen auf den gesamten Schwermineralbestand, sehr große Unterschiede zum Löß des Linzer Raumes auf, indem sein Gehalt an opaken Körnern bedeutend größer und sein Anteil an Granaten wesentlich kleiner ist. Außerdem überwiegt im Schlier von Wels der Zirkon gegenüber dem Epidot, so daß sich im Löß infolge Transportauslese auch das Verhältnis zwischen diesen beiden Schwermineralen verschiebt.

Dieser marine Schlier, dessen Sedimentation unter abnehmenden Strömungsverhältnissen in fast strömungslosem Gewässer erfolgte — daher auch sein hoher Anteil an opaken Körnern —, wurde infolge erosiver Aufarbeitung nochmals fluviatil sortiert und im Augebiet der Traun abgelagert.

Infolge des neuerlichen Wirkens der Strömungsenergie trat eine nochmalige Sortierung der Schwerminerale nach dem spezifischen Gewicht ein, wobei der Anteil der opaken Körner flußabwärts geringer und der Granatgehalt relativ größer wurde, so daß die Lössse des Linzer Raumes zwischen 26 und 36 % opake Körner und zwischen 31 und 50 % Granate aufweisen.

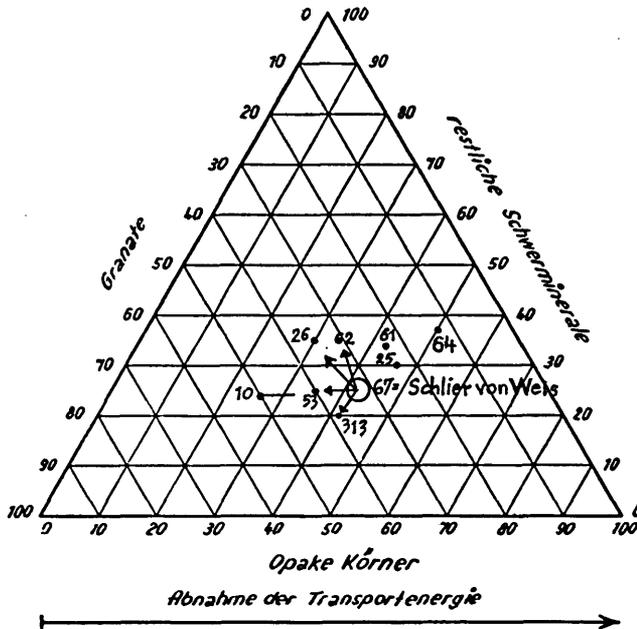
Wegen der Transportauslese muß auch beim Schwermineralgehalt, ebenso wie bei der Korngrößenzusammensetzung, die Lage der Lokalität zur Traun berücksichtigt werden, indem die Lössse der Randlagen Weingartshof und Bindermichl einen bedeutend höheren Granatgehalt und wesentlich weniger restliche Schwerminerale besitzen als die Lössse im Terrasseninneren.

Dieser Granatreichtum geht Hand in Hand mit einem höheren Anteil an Sand, Feinsand und Staubsand, aber geringeren Gehalt an Abschlämbbarem, wodurch in beiden Fällen eine verstärkte Strömungsenergie gegenüber dem Terrasseninneren erkennbar ist.

Der Löß des D-Horizontes am Standort Schulbau, der am weitesten von der Traun gelegen ist, nähert sich infolge der dort vorhandenen geringen Strömungsbedingungen schwermineralogisch sehr stark wieder dem Schlier, da er wie dieser in fast stehendem Wasser abgelagert wurde. Korngrößenmäßig jedoch hat er eine ganz andere Zusammensetzung, da das Abschlämbbare sowie Sand und Feinsand, wie bereits dargestellt, zwar ebenfalls verringert, aber der Staubsandanteil bedeutend vergrößert wurde.

Diagramm 16

**Dreiecksdarstellung aller Schwerminerale, Beziehung zwischen Schlier und Löß beziehungsweise Lehm**



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% opake K.	% Granate	% restl. Schwerm.	Prozentverhältnis Zirkon : Epidot
67		Schlier bei Wels	41	32	27	12 : 8
10	0,90	Löß Weingartshof	26	50	24	4 : 7 Randlöß
53	0,70	Lößrohboden C-Hor.	34	41	24	4 : 7 sehr viel Granate
26	1,50	Löß, Ebelsberg D-Hor.	30	36	34	9 : 8 Terrassenlöß
62	1,00	Löß Schulbau D <sub>1</sub> -Hor.	36	31	33	7 : 13 viel Granate
61	0,80	Lehm Schulbau B-Hor.	42	24	34	6 : 13 Lehm
64	1,50	Lehm Graben Hanuschstr.	51	12	37	8 : 19 viel opake Körner, wenig Granate
25	1,00	Lehm Ebelsberg B-Horizont	45	24	31	6 : 13 Randlöß
313	0,70	Löß Ebelsberg C-Horizont	41	39	20	5 : 9

Die Randlagen hingegen zeigen im Schwermineralgehalt den größten Unterschied gegenüber dem Schlier auf, da ihre Sedimentationsbedingungen von denen des Schliers wesentlich abweichen. Sie haben infolge größerer Strömungsenergie bei ihrer Sedimentation bedeutend weniger opake Körner und noch mehr Granate, die dem hohen Sand- und Feinsandgehalt der Proben entsprechen.

Die kleinen Unterschiede im Schwermineralbestand, die zwischen dem Löß von Weingartshof und dem von Bindermichl vorhanden sind, könnten eventuell aus örtlichen Strömungsverhältnissen erklärt werden, indem bei der Sedimentation am Bindermichl anscheinend eine etwas geringere Strömung bzw. Turbulenz herrschte als in Weingartshof, obwohl beide am Uferrand liegen, und die erhöhte Turbulenz des Lösses von Weingartshof ist auch an seiner etwas schlechteren Sortierung erkennbar.

Andererseits zeigt der Löß unter der Parabraunerde von Ebelsberg eine auffallende Verknüpfung mit der Transportentfernung bzw. mit der geringeren Strömung im Rückstaugebiet an, da hier mehr opake Körner und Zirkone und weniger Granate und Epidote abgelagert sind als bei Weingartshof und am Bindermichl, wodurch die geringere Strömung ersichtlich wird.

Auch im Schwermineraldreieck tritt somit eine ähnliche Ausfächerung der Standorte wie beim Korngrößendreieck ein (vergleiche Diagramm 16 mit Diagramm 10), wobei die abnehmende Transportenergie gegen das Terrasseninnere eine gewisse Zunahme der opaken Körner und Zirkone sowie der Epidote bewirkt, denn erstere müssen und letztere können bei verringerter Strömung sedimentieren, wodurch der prozentuelle Anteil der Granate geringer wird.

Diese Relation erklärt das antagonistische Verhalten zwischen opaken Körnern und Granaten, indem eine Zunahme der opaken Körner eine Verschiebung der Prozentverhältnisse bedingt, da bei verringerter Strömung gleichzeitig auch mehr Epidote ausfallen können.

Umgekehrt wieder ermöglicht die Strömungszunahme eine bessere Transportauslese, wovon sowohl die schwersten als auch die leichtesten Schwerminerale, d. h. opake Körner und Epidote, mehr betroffen werden als die Granate, wodurch diese relativ zunehmen.

Die Transportauslese hat somit bei den Schwermineralen eine ähnliche Wirkung wie die Sortierung beim Korngrößenaufbau. Aber während bei dieser das Verhältnis der Sand- und Feinsandfraktion

zum Abschlämbaren eine wesentliche Rolle spielt, ist bei jener das Verhalten der opaken Körner zum Epidot ausschlaggebend.

Denn eine gute Sortierung ist gegeben, wenn entweder eine der beiden extremen Korngrößen sehr stark überwiegt oder wenn beide nur wenig vertreten sind, d. h. wenn der Staubsand vorherrscht, und eine gute Transportauslese bewirkt, daß entweder die opaken Körner oder die leichtesten Minerale bzw. der Epidot, vorwiegend vertreten sind oder daß im allgemeinen die Granate dominieren. Damit kann die Wirkung der Transportauslese auf Grund dieser qualitativen Schwermineraluntersuchungen mit dem Fließvorgang verknüpft und im vorliegenden Dreiecksdiagramm dargestellt werden. Sowohl der hohe Staubsandgehalt als auch der Granatreichtum des letztkaltzeitlichen Lösses ist aus fluviatilen Transport- und Sedimentationsbedingungen ableitbar.

Auch im Schwermineralbestand ist somit eine Ableitung der Hochterrassenlösses der Traun bei Linz aus dem marinen Schlier bei Wels infolge neuerlicher Sortierung durch Strömungszunahme wie bei der Korngrößenzusammensetzung möglich, so daß sowohl die Lößgenetik als auch die aufgezeigten Strömungsverhältnisse als gesichert anzusehen sind.

Zum Abschluß wäre noch der Vergleich der Schwermineralspektren zwischen Schlier und den Lehmen der Parabraunerde zu ziehen und ihre Beziehung auf Grund der vorhergehenden Darstellungen zu deuten.

Die Lehme haben fast durchwegs einen höheren Gehalt an opaken Körnern als der Schlier und daraus wird auch die Beimengung von Lehmmaterial im vergleyten Basislöß von Weingartshof ersichtlich, so daß in diesem zwischen dem höheren Anteil an Abschlämbarem, dem geringeren Gehalt an Karbonaten, der größeren Menge an Bindesubstanz und zunehmenden Zahl von opaken Körnern eine feste Beziehung besteht. Außer dem höheren Gehalt an opaken Körnern haben die Lehme auch mehr Epidote als der Schlier, was gleichfalls auf Sedimentation unter geringer Strömungsenergie hinweist, und damit geht konform ein relativ kleiner Granatgehalt.

Im Schwermineraldreieck bilden die dargestellten Lehmproben ebenso wie im Korngrößendreieck eine gesonderte Gruppe und stehen auffallenderweise alle rechts von der Schlierprobe, d. h. im Sinne einer abnehmenden Transportenergie. Dies bedeutet jedoch, daß sie

vom Schlier des Welser Raumes gar nicht abstammen können, denn dieser mußte umgelagert werden, damit er auf der Hochterrasse zu liegen kommt. Diese Umlagerung kann nur durch neuerliches Wirken einer Strömung geschehen, so daß eine Transportauslese unumgänglich ist, wobei die bereits dargelegten Erscheinungen auftreten.

Die Tendenz der gleichzeitigen Zunahme des Gehaltes an opaken Körnern und der Epidote hat zwar eine gewisse Ähnlichkeit mit der des Lösses im Terrasseninneren (Probe 62), doch kann der Lehm vom Schlier nicht abgeleitet werden, weil damit unbedingt eine Transportauslese auch in Bezug der Granate verbunden wäre.

Indem sich die Schwermineralspektren der hangenden Lehme stark von denen der liegenden Lössse unterscheiden, ist eine Veränderung der Strömungsenergie zwischen den Ablagerungen beider Sedimente unerlässlich, um diese Unterschiede zu erklären, und es müßten die Lehme mit noch bedeutend geringerer Transportenergie abgelagert worden sein als die Lössse im Terrasseninneren. Diese starke Abnahme der Strömungsenergie an der vorhandenen Diskontinuität ist aber nicht durch die Hochwässer der Traun bedingt, die weiterhin, wie dies am Terrassenrand ersichtlich ist (siehe Lößbrohboden), Löß akkumulierten, sondern durch das Überfluten der Fläche durch die Nebengerinne, die als Schwebstoffe das Lehmmaterial mitbrachten.

Aber nicht nur die Schwerminerale, sondern auch der Korngrößenaufbau und außerdem auch alle anderen physikalischen und chemischen Analysenergebnisse zeigen zwischen Löß und Lehm einen Wechsel der Sedimentation an, so daß die Lehme der Parabraunerde nicht aus dem liegenden Löß bzw. aus umgelagertem Schlier entstanden sein können, da sie genetisch mit diesem in keiner Weise in Verbindung stehen.

Die Ablagerung des Lehmes über dem Löß wird bedingt durch eine Änderung im quartärgeologischen Geschehen, indem nach dem letztkaltzeitlichen Gletschervorstoß bzw. Gletscherhalt, der die Lößakkumulation auf der jetzigen Hochterrasse — im damaligen Auegebiet — verursachte, wieder ein Gletscherrückgang erfolgte, der eine Eintiefung der Traun und damit das Aufgeben dieser Auflächen durch die Traunhochwässer bedingte, worauf die Nebengerinne in diesem Rückstauraum ihre Sedimente ablagern konnten. Durch die spätere, nachfolgende Landhebung wurde die Traun noch weiter eingetieft und das jetzige Landschaftsbild geschaffen.

#### 4. Die Beziehungen zwischen Schwermineralgehalt, Sedimentation und Verwitterungsauslese

Da die untersuchten Profile einen guten Zusammenhang des Schwermineralbestandes der Sand- und Feinsandfraktion mit der Strömungsgeschwindigkeit aufweisen, kann nachstehender Überblick über die Auslese nach dem spezifischen Gewicht beim fluviatilen Transport gegeben werden:

1. Mit abnehmender Strömungsgeschwindigkeit ist im allgemeinen eine zunehmende Sedimentation opaker Körner und eine Abnahme der Granate verbunden, da letztere weiter fortgeführt werden. Bei entgegengesetzter Erscheinung kann somit ev. auf zunehmende Strömungsgeschwindigkeit geschlossen werden, indem die opaken Körner bereits aussortiert (Seifenbildung) und weniger weit vertragen wurden; auf diesem Auslesevorgang beruht der zu beobachtende Antagonismus dieser beiden Schwerminerale. Bei der Auslese der Schwerminerale spielen die spezifisch schweren opaken Körner eine ähnliche Rolle wie das Abschlämbare bei der Kornauslese, indem beide empfindliche Anzeiger in Bezug der Verringerung der Strömungsenergie sind. Aber bei sehr geringer Strömung, in fast stehendem Gewässer, können auch die Epidote, die spezifisch leichtesten Schwerminerale, sedimentieren, wodurch sich das Verhältnis opake Körner : Granate : Epidote zuungunsten der Granate verschiebt. Dadurch zeigt umgekehrt die Granatzunahme indirekt eine etwas verstärkte Strömung gegenüber der Epidotesedimentation an, nachdem aber bereits vorher infolge allgemeiner Strömungsabnahme die opaken Körner zum größten Teil sedimentiert wurden. Diese aufgezeigten Schwankungen der Strömungsenergie sind sicherlich sehr gering, wie dies auch aus den geringen Unterschieden der Korngrößenzusammensetzung hervorgeht.
2. Bei Veränderung des Anlieferungsgebietes können obige Schwerminerale durch andere ersetzt werden, wobei die Zirkone (Dichte = 4,5) an Stelle der opaken Körner (Dichte = 5) treten, so daß zwischen Zirkon- und Granatgehalt auch ein gewisser Antagonismus besteht. Andererseits können die Epidote (Dichte = 3,5) teilweise die Granate (Dichte = 4) vertreten, wodurch bei geringerer Strömung ihre Sedimentation konform verläuft.

3. Infolge des verschiedenen spezifischen Gewichtes wirken sich im strömungsschwachen Augebiet schon geringe Strömungsveränderungen im Schwermineralbestand aus, so daß dieser ebenso wie die Korngrößenzusammensetzung ein guter Indikator der Strömungsenergie ist.
4. Bei der Auslese der Schwerminerale spielt die Strömungsenergie in der Sortierung anscheinend eine größere Rolle als die Turbulenz, da auch der Austausch bzw. die Durchmischung nach dem spezifischen Gewicht erfolgt und bei den Schwermineralen daher behindert wird. Eine Abnahme der Turbulenz erhöht jedoch die Gesetzmäßigkeit der Schwermineralauslese, während die verstärkte Turbulenz diese nicht allzu sehr beeinflusst. Somit wirkt sich eine Zunahme der Turbulenz, die im Korngrößenaufbau an der schlechteren Sortierung erkennbar ist, beim Schwermineralbestand wie eine Strömungszunahme aus, indem sich der Gehalt an opaken Körnern im Sediment verringert.

Auf Grund der Sortierung nach spezifischem Gewicht ergibt sich in großen Zügen ungefähr folgende Zuordnung der Schwerminerale je nach Strömungsbedingungen, unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit, wobei auch nachstehende Beziehungen mit den Korngrößen aufscheinen.

1. Im strömungsstarken Bereich (Flußbett) werden zumeist noch alle Schwerminerale der Sand- und Feinsandfraktion mit diesen Korngrößen verfrachtet.
2. Im strömungssanften Bereich (Uferregion) können bei guter Sortierung opake Körner und Zirkone beider Fraktionen in bedeutenden Mengen sedimentiert werden, während von den Granaten mehr die größeren Körner (Sandfraktion) absinken und kleinere Körner sowie die Epidote zum größten Teil noch weiter verfrachtet werden.
3. Im strömungsschwachen Bereich (Augebiet) werden sowohl opake Körner als auch Zirkone und Granate beider Korngrößen sedimentiert, jedoch kann der spezifisch leichtere Epidot besonders der Feinsandfraktion eventuell noch transportiert werden.
4. Im strömungslosen Bereich (Totarme, Rückstaugebiet, Seebecken) werden alle Schwerminerale sedimentiert, jedoch ist bereits eine negative Auslese in Bezug der spezifisch schwereren Minerale vorher möglich und nur ein geringer Gehalt an opaken Körnern vorhanden.

Andererseits sind auch gewisse Beziehungen zwischen dem Schwermineralbestand und der Vergleyungsintensität gegeben, indem auf Grund weiterer Untersuchungen (68) mit zunehmender Vergleyung im Löß die opaken Körner im allgemeinen ansteigen, während die Granate abnehmen. Dadurch wird ebenfalls der Antagonismus dieser beiden Schwerminerale sichtbar, wobei der geringe Granatgehalt der vergleyten Lößproben nicht auf Verwitterungs- oder Grundwassereinfluß, sondern dem geringeren Schlieranteil an der Basis der Profilaufschlüsse zuzuschreiben ist. Auch beim Epidotgehalt ist eine Korrelation mit der Vergleyung vorhanden, indem dieser bei stark vergleyten Lössen, die bei geringer Strömungsenergie abgelagert wurden, zunimmt; bei den Zirkonen ist aber anscheinend wegen ihrer kleinen Menge keine Beziehung zur Vergleyung nachweisbar.

Über die Verwitterung der Schwerminerale liegen sehr unterschiedliche Beobachtungen verschiedener Autoren vor, da die klimatischen Unterschiede der Erdteile sowie der Vorzeit und auch lokale Verwitterungsfaktoren eine große Rolle spielen.

Nach H. WIESENER (180) ist ein starker chemischer Angriff nur bei saurer Humusverwitterung und bei Lateritverwitterung zu beobachten, jedoch „bei der normalen Braunerdeverwitterung ist, wie sich aus dem Studium verschiedener Verwitterungsprofile Mitteleuropas ergibt, kein wesentlicher Einfluß auf die mineralogische Zusammensetzung des Detritus zu bemerken.“

Da die quartären Ablagerungen ein relativ junges, erdgeschichtliches Alter haben und die Mineralverwitterung sich nur in längeren geologischen Zeiträumen abspielt, wie dies aus der Verwitterung des Lößrohbodens am Harter Plateau hervorgeht (66), und außerdem die Klimabedingungen im mitteleuropäischen Raum keine besonderen Extreme aufweisen, kann mit größter Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß die Verwitterung auf den Schwermineralbestand der pleistozänen Ablagerungen keinen wesentlichen Einfluß gehabt hat.

Daher ist das Aussehen der Schwerminerale im allgemeinen relativ frisch und es sind kaum Zersetzungserscheinungen erkennbar.

Die Verwitterungsauslese tritt somit bei den untersuchten Schwermineralen gegenüber der Transportauslese stark zurück und kann für die erörterte Lößgenetik als unwesentlich betrachtet werden.

### C) DIE BEDEUTUNG DER MIKROMORPHOLOGIE FÜR DIE STRATIGRAPHISCHE GLIEDERUNG

Die Dünnschliffuntersuchungen der Horizonte sind nicht nur eine wertvolle Ergänzung der physikalischen und chemischen Analysen in bezug auf Dichtlagerung, Körnung und Mineralgehalt, sondern ergeben auch bedeutsame Erkenntnisse über die Genetik des abgelagerten Materials und über dessen Entwicklung.

Bezüglich der genetischen Entstehung zeigen die Lößdünnschliffe oftmals eine Feinschichtung oder eine Einregelung großer Mineralkörner sowie der Glimmerschüppchen und damit eine bevorzugte Richtung der fluviatilen Sedimentation. Andererseits ist die gleichmäßige Verteilung der Bindesubstanz und das Vorhandensein größerer, abgerundeter dunkler Konkretionen ein Hinweis auf die Umlagerung älteren Bodenmaterials.

Das Auftreten großer Mineralkörner, zumeist sind es Quarze, steht in Zusammenhang mit einem höheren Sandgehalt und ist oft nur in den obersten Horizonten beim Hochterrassenlöß beobachtbar, wo sie durch die erhöhte Turbulenz hingebracht wurden.

Die Menge der kolloidalen Bindesubstanz steht ungefähr im proportionalen Verhältnis mit der abschlämmbaren Fraktion und ist besonders bei den Lehmen anteilmäßig sehr bedeutend.

Außerdem ist eine gewisse Korrelation zwischen der vorhandenen Bindesubstanz und der Vergleyungsintensität vorhanden, indem vergleyte Lössе und Lehme mehr kolloidale Bindesubstanz aufweisen als nichtvergleyte Substrate.

In Bezug der Entwicklung des abgelagerten Materials durch Verwitterungseinfluß ist, wie bei allen anderen Untersuchungen, die grundsätzliche Unterscheidung zwischen Lehm und Löß unbedingt notwendig, da bei letzterem die Verwitterung zum größten Teil nur an den Calciten erkennbar ist. Diese werden in den obersten Horizonten trüb und angeätzt, während in den unteren Horizonten konkretionäre Kalkausscheidungen in Hohlräumen zu beobachten sind, wobei diese Erscheinung auf dem Deckenschotterniveau weit intensiver und häufiger wahrnehmbar sind als auf der Hochterrasse.

Beim Lehm hingegen ist die Unterscheidung zwischen Hochterrasse und Deckenschotter mikromorphologisch noch besser ausgeprägt, da bei den Böden der Hochterrasse, bei der Parabraunerde, die kolloidale Bindesubstanz gelblich und stark doppelbrechend auf-

scheint, während sie am Deckenschotterniveau, bei den tagwasservergleyten Braunerden, zum größten Teil dunkler und weniger oder gar nicht doppelbrechend ist.

### III. DISKUSSION

Da die vorliegenden Untersuchungen und ihre Auswertung in bezug auf die Lößgenetik im Linzer Raum eine fluviatile Sedimentation ergeben und damit zur äolischen Lößtheorie im Gegensatz stehen, erscheint es notwendig, die Lößproblematik nochmals zu diskutieren.

Bei den untersuchten Lößprofilen wurde bisher, zuletzt noch bei der Deuqua-Exkursion 1955 (76), nur auf Grundlage ihres morphologischen Aufbaues und eventuell aus der Korngrößenzusammensetzung, d. h. aus dem hohen Anteil des Staubsandes, eine äolische Verfrachtung angenommen, doch leider keine weiteren Untersuchungen insbesondere der Schwerminerale und der Mikromorphologie durchgeführt.

Die sedimentpetrographischen Analysen ermöglichen aber, die Lößentstehung eindeutig zu klären, indem die wichtigsten Sediment-eigenschaften, die Korngrößenzusammensetzung und der Schwer-mineralbestand miteinander in Beziehung gebracht werden können, da beide durch die jeweiligen Transport- und Sedimentationsbedingungen eine Veränderung erfahren. In diesem Zusammenhang sollen nunmehr verschiedene Widersprüche der äolischen Lößtheorie aufgezeigt und geklärt werden.

1. Der Korngrößenaufbau der untersuchten nichtvergleyten Lössе aus Oberösterreich (68) — diese können mit den äolischen Stauffällen am ehesten verwechselt werden — weist ungefähr zwischen 30 und 60 % Staubsand (0,01 bis 0,05 mm Korndurchmesser), 15 bis 45 % Abschlämbbares (kleiner als 0,01 mm Korndurchmesser) und 10 bis 35 % Feinsand (0,05 bis 0,1 mm Korndurchmesser) auf, der Rest von 5 bis 15 % ist Sand (0,1 bis 2,00 mm Korndurchmesser).

Nun besteht im Löß ein gewisser Antagonismus zwischen dem Abschlämbbaren und dem Staubsand, indem wenig Abschlämbbares einen höheren Prozentwert Staubsand und viel Abschlämbbares einen entsprechend geringeren Anteil davon bedingt.

Dieses antagonistische Verhalten der aufeinanderfolgenden Korn-größen bei einem Grenzwert um 0,01 mm Korndurchmesser wird aus

der Korngrößenzusammensetzung des Lößrohbodens am Bindermichl (66) ersichtlich:

Nr. der Probe	Horizont	% der Korngrößenzusammensetzung in mm			
		< 0,01	0,01—0,05	0,05—0,1	0,1—2,0
51	A	32	51	13	4
52	AC	21	62	15	2
53	C	22	60	12	5
	Größte Differenz	11	11	3	3

Demgegenüber zeigt der mäßigvergleyte Löß von Weingartshof und Ebelsberg, obwohl sie auf verschiedenen Standorten liegen, geringere Unterschiede in der Korngrößenzusammensetzung auf:

Nr. der Probe	Horizont	% der Korngrößenzusammensetzung in mm			
		< 0,01	0,01—0,05	0,05—0,1	0,1—2,0
10	Weingartshof IV	24,8	55,6	13,6	6,0
11	Weingartshof V	23,2	57,0	15,2	4,6
12	Weingartshof VII	30,2	61,4	6,6	1,8
14	Weingartshof IX	26,4	61,0	9,4	3,2
26	Ebelsberg III	24,4	61,8	11,6	2,2
27	Ebelsberg IV	31,2	54,8	11,2	2,8
	Größte Differenz	8	7	7	4

Da aber beim äolischen Transport die Korngrößen kleiner als 0,05 mm zusammen verfrachtet und abgelagert werden, macht bei den Staubfällen die Summe dieser beiden Fraktionen fast den ganzen Kornbestand aus, so daß ein antagonistisches Verhalten zwischen dem Abschlämbaren und dem Staubsand scheinbar auch gegeben ist.

Demgegenüber entspricht aber die gemeinsame Ablagerung von Staubsand und Feinsand nicht den äolischen Transport- und Sedimentationsbedingungen, da ersterer schon bei sehr geringer Windstärke Hunderte von Kilometern verweht werden kann (45), während letzterer schon stärkere Winde zur Verfrachtung benötigt und viel weniger weit transportiert wird.

Diese bei den äolischen Sedimenten prägnant aufscheinende Sortierungsgrenze bei 0,05 mm Korndurchmesser ist jedoch beim Löß nicht vorhanden, da immer ein geordnetes Mischungsverhältnis zwischen Abschlämbarem, Staubsand und Feinsand (und eventuell auch Sand) besteht.

Auf Grund der äolischen Transport- und Sedimentationsbedingungen hat der untersuchte Löß als ausgeblasenes und ortsnahe ver-

frachtetes Material zuviel Abschlämbbares und als verblasenes, weitverwehtes Material zuviel Feinsand.

L. KÖLBL (78) und H. WIESENER (179) haben schon 1931 die Unterschiede der äolischen und fluviatilen Transportbedingungen aufgezeigt und in ihren Untersuchungen sind die Korngrößen nachstehender Sedimente angegeben:

Probe	% der Korngrößen in mm (nach L. KÖLBL)			
	Rohton+Schluff < 0,02	Mehlsand 0,02—0,05	Feinsand 0,05—0,2	Grobsand > 0,2
Staubfall in Polen	52	44	3	1
Staubfall in der Bukowina	80	14	2	4
Staub aus der Sahara	2	1	78	19
Äolischer Löß der Börde	1	13	71	15

Die beiden ersten Proben haben als sehr weit verwehte Staubfälle fast nur die Fraktionen kleiner als 0,05 mm und die beiden letzten Proben als relativ ortsnahe verfrachtetes Material nur Feinsand und Grobsand, das heißt, die Fraktionen über 0,05 mm, nur sehr wenig Mehlsand (= Staubsand) und nahezu keinen Schluff und Rohton.

Beim fluviatilen Transport des Lösses sedimentiert jedoch der Staubsand als Hauptgemengeteil der Korngrößenzusammensetzung bei der Umlagerung des Schliers infolge abnehmender Strömungsgeschwindigkeit im strömungslosen Augebiet, wobei eine gute Seigerung von Feinsand und Abschlämbbarem bei langsamer Abnahme der Strömungsenergie erfolgen kann.

Da aber der Strömungsabfall der Hochwässer im Aubereich nicht gleichmäßig vor sich geht, indem sich der Flußquerschnitt beim Heraustreten der Hochwässer aus dem Flußbett plötzlich vergrößert, hat der Löß neben dem Staubsand auch einen relativ hohen Gehalt an Feinsand und an Abschlämbbarem. Daher ist der Staubsand des Lösses bei beschleunigter Sedimentation in Ufernähe mit Feinsand und etwas Grobsand und bei verzögerter, uferferner Ablagerung mit viel Abschlämbbarem vermengt.

Diese Beziehung des Staubsandes zur Sand- und Feinsandfraktion einerseits und zum Abschlämbbaren andererseits, die bei einem äolischen Transport gar nicht aufscheinen kann, ist das Kriterium der fluviatilen Sedimentationsbedingungen, indem bei schlechter Sortierung das Abschlämbbare sogar mit zunehmendem Sandgehalt ansteigt. Bei gut sortiertem Material hingegen ist nur

ein Maximum im Korngrößenaufbau vorhanden, das je nach den Sedimentationsbedingungen im Bereich einer bestimmten Fraktion liegt. Beim äolischen Transport jedoch ist eine solche schlechte Sortierung unmöglich, da die Sinkgeschwindigkeiten der Körner bedeutend größer und der Austausch im allgemeinen geringer ist, wie dies auch aus den angeführten Beispielen hervorgeht.

Da die Korngrößenuntersuchungen leicht durchführbar sind, werden ihre Ergebnisse oftmals einseitig als wichtigste Lößeigenschaft beurteilt und aus ihnen bedeutsame Schlußfolgerungen in bezug Lößentstehung und Bodenentwicklung gezogen. Hiebei wird der hohe Staubsandgehalt des Lösses einerseits als scheinbar wesentliches Kennzeichen des äolischen Transportes und andererseits der Lehm bei ziemlich gleicher Korngrößenzusammensetzung als Verwitterungsprodukt des Lösses hingestellt, obzwar im Löß diese Fraktion zum größten Teil aus Calciten und im Lehm aus Quarzen und Feldspaten besteht. Daher ist es grundsätzlich notwendig, den Verwitterungseinfluß von der Genetik des Sedimentes zu unterscheiden, wobei die Entstehung bei jungen Ablagerungen eine bedeutend größere Rolle spielt als die stattgefundene Bodenentwicklung.

Die durchgeführten Untersuchungen beim Lößrohboden und bei der Parabraunerde ergaben, daß die Verwitterung sich zum größten Teil und besonders im Unterboden nur im Bereich der abschlämmbaren Fraktion, d. h. in den Korngrößen kleiner als 0,01 mm abläuft; daher stellen die Schlämmungsergebnisse nach J. KOPETZKY mit Vorbehandlung der Internationalen Methode B (zweistündiges Kochen) das ungefähre Bild des durch die jeweiligen Sedimentationsbedingungen verursachten Korngrößenaufbaues dar (66, 68).

Der hohe Staubsandanteil des Lösses wäre somit nur bei einer weiten Verwehung ein charakteristisches Merkmal des äolischen Transportes (siehe Staubfälle von Polen und der Bukowina); dies trifft aber beim Hochterrassenlöß gar nicht zu, denn die äolische Lößtheorie behauptet, daß der Löß von der derzeitigen Niederterrasse ausgeweht wurde. Daher könnte nur ein relativ ortsnaher Transport stattgefunden haben, bei dem jedoch schon die Feinstteilchen verlorengehen müssen.

Nun ist aber die jetzige Schotterflur der Niederterrasse im Linzer Raum die seit der Lößablagerung umgestaltete und nach C. TROLL (169) erodierte Flußsohle der Traun, in der die Schotter transportiert wurden, während die Hochwässer die Auegebiete, das heißt, die jetzige

Hochterrasse, überschwemmt. Die Erosion des ehemaligen Flußbettes fand nach Rückzug des Traungletschers mit Ende des Hochglazials statt, wodurch die Gefällsverhältnisse verändert und die Höhen des Abfalles der Hochterrasse zur Niederterrasse vergrößert wurden. Auf der rechtsseitigen Niederterrasse in Fischdorf und Gottschalling, westlich von Ebelsberg, finden sich noch Reste dieses einstigen Flußbettes als höhere Niederterrassenstufe (65).

Diese Schotterflächen sind ungefähr 3 bis 4 Meter höher als die Niederterrasse und ebenfalls nicht lößbedeckt; sie bildeten das ehemalige Flußbett der Traun zur Zeit der Lößablagerung im Hochglazial; der Höhenunterschied zwischen ihnen und dem Hochterrasseniveau beträgt ungefähr 8 bis 10 Meter, so daß eine fluviatile Überflutung der Hochterrasse durch die Hochwässer der letzten Kaltzeit möglich war. Hiezu kommt, daß die Hochterrasse bei Linz als Augebiet im Rückstauraum der Donau lag, wodurch die Lößablagerungen mächtiger sind als weiter im Westen, z. B. bei Hörsching. Die gleichmäßige Zunahme der Lößmächtigkeit nördlich und südlich der Traun ist aber durch äolische Sedimentation nicht erklärbar, da hiefür Winde aus völlig verschiedenen Richtungen notwendig wären. Nun führt die Donau sogar in der Gegenwart noch bedeutende Hochwässer (Pegelstand Juli 1954 bei Linz 9,5 Meter), so daß ein Überschwemmen der Hochterrasse im Hochglazial absolut erfüllbar war und zweifellos denkbar ist.

Bei der Traun jedoch werden derzeit die Hochwässer durch die Zwischenschaltung des Traunsees stark abgeschwächt und daher erfolgte nach dem Gletscherrückzug aus dem Traunsee sogleich die Tiefenerosion, da der Traunsee den Abfluß der Schmelzwässer verzögerte und Geschiebefracht auffing. Dadurch wurden die Augebiete, das heißt, die jetzige Hochterrasse, nicht mehr überflutet, so daß die Nebengerinne ihre Sedimente darauf ablagern konnten\*.

Da zur Erklärung des Lößvorkommens auf der Traunhochterrasse bei Linz die stattgefundenen epirogenetische Landhebung und das pleistozäne und postglaziale Geschehen völlig ausreicht, besteht auch landschaftsmorphologisch kein Grund, großräumige Lößverwehungen anzunehmen, da dieser letztkaltzeitliche Löß durch fluviatile Transport- und Sedimentationsbedingungen ohne Schwierigkeit als Fluß-

\* Außer den vorliegenden sedimentpetrographischen Analysen wurde vom Verfasser auch die Landschaftsentwicklung Oberösterreichs, insbesondere die stattgefundenen Landhebung im Pleistozän, eingehend untersucht (67) und diesbezügliche Ergebnisse werden in Kürze veröffentlicht werden.

ablagerung im ehemaligen Augebiet erklärt werden kann. Dabei sind geringfügige, örtliche Ausblasungen windexponierter Flächen ohne weiteres möglich und stehen nicht im Gegensatz zur hier dargestellten fluviatilen Sedimentation des letztkaltzeitlichen Lösses auf der Traunhochterrasse.

Doch ist es unbedingt nötig, das Lößproblem ausführlicher zu behandeln, zahlreiche Untersuchungen durchzuführen und diese ganzheitlich zu interpretieren, da nur die Zusammenschau aller Analyseergebnisse mit der Profilmorphologie ein gesichertes Bild ergibt.

2. Mineralogisch hat der Löß außer Calciten auch einen bedeutenden Quarz- und Feldspatgehalt und außerdem wie der Schlier viele Schwerminerale, z. B. opake Körner und Granate, so daß eine Verringerung durch Auslese nach dem spezifischen Gewicht kaum erkennbar ist. Diese muß jedoch beim Windtransport infolge der hohen Sinkgeschwindigkeit dieser schweren Körner eintreten, denn die Flugsande bestehen zumeist nur aus Quarz und Feldspaten, das heißt aus Leichtmineralen, und haben nur wenig Schwerminerale.

Das reiche Schwermineralspektrum des Lösses sowohl in der Sand- als auch in der Feinsandfraktion, das auf Grund der fluviatilen Umlagerung des Schliers erklärbar ist, steht in Beziehung mit der Korngrößenzusammensetzung, indem sich die Veränderungen der Strömungsgeschwindigkeiten gesetzmäßig sowohl auf den Korngrößenaufbau als auch auf den Schwermineralbestand auswirken.

Da die Abnahme der Strömungsenergie einerseits das Absinken der kleinsten Teilchen, das heißt, eine Zunahme des Abschlämbbaren, und andererseits gleichsinnig eine Zunahme der spezifisch schwersten Körner der Sand- und Feinsandfraktion verursacht, wird eine fluviatile Sedimentation bewiesen.

Denn nur beim fluviatilen Transport kann infolge der erhöhten Dichte des aquatischen Mediums und der damit verbundenen größeren Durchmischung eine gemeinsame Verfrachtung dieser sich wegen ihrer Größe und Schwere gegensätzlich verhaltenden Körner erfolgen und ihr Absinken findet statt, wenn die Strömungsgeschwindigkeit beim Ausbreiten der Hochwässer im Augebiet eine starke Abnahme erfährt. Bei der äolischen Verfrachtung hingegen ist wegen der stark unterschiedlichen Transportenergie und Sinkgeschwindigkeit auf Grund der geringen Dichte dieses Mediums ein gleichzeitiges Ausfallen der kleinsten Körner und der größten sowie spezifisch schwersten Körner nicht möglich, da selbst bei geringer Windenergie

die leichten Feinstteilchen bedeutend weiter verfrachtet werden als der Sand und Feinsand und außerdem erfolgt wegen der geringeren Durchmischung aus gleichem Grund eine bessere Auslese nach dem spezifischen Gewicht.

Auch ist beim Löß keine Verarmung an Glimmerschüppchen festzustellen, wie dies bei Verwehungen der Fall ist; im Gegenteil, diese sind zwischen Quarz und Feldspatkörnern zum größten Teil gut eingeregelt und zeigen damit eine bevorzugte Richtung der fluviatilen Strömung auf.

Außer diesen Unterscheidungen durch Transport und Sortierung müssen noch weitere grundsätzliche Verschiedenheiten zwischen dem Löß und den äolischen Staubfällen, denen er korngrößenmäßig am ähnlichsten ist, hervorgehoben werden.

3. Während die fluviatile Strömung, abgesehen vom Austrocknen der Flüsse, ununterbrochen verläuft und somit eine andauernde Sortierung der Teilchen ermöglicht, ist der äolische Transport nur fallweise und beim Auftreten des Windes gegeben. Wenn auch periodische Luftströmungen angenommen werden, ist dennoch die Wirkung des fließenden Wassers im mitteleuropäischen Klimabereich bedeutend größer als die des Windes. Außerdem ist die Wirksamkeit der Flüsse gesetzmäßiger mit den klimatischen Geschehen verknüpft als die Winderosion, da die Schneeschmelze und die großen Regenfälle alljährlich ungefähr zur selben Zeit Hochwässer verursachen, während starke Windstürme unregelmäßig auftreten. Andererseits sind schwache Winde zwar viel häufiger, aber nicht immer aus einer Richtung.

Die Strömung des fließenden Wassers erfolgt immer in der Richtung des jeweiligen Höhenunterschiedes, wobei der Stromstrich das größte Gefälle angibt; doch das Ausbreiten der Hochwässer findet ungefähr senkrecht zum Stromstrich statt, wodurch bei der fluviatilen Strömung zwei bevorzugte Richtungen des Materialtransportes und der Sortierung vorhanden sind. Einerseits werden die Grobstoffe, Schotter, Kies und Grobsand, nur in der Hauptströmungsrichtung bewegt und sortiert, andererseits aber werden die Schwebstoffe mit den Hochwässern senkrecht hiezu in den Flußauen ausgebreitet und dort bei abnehmender Strömungsgeschwindigkeit sedimentiert.

Demgegenüber kann der Wind das aufgenommene Material nur in einer Richtung bewegen und sortieren, wobei die Strömungsrichtung des Windes sich jederzeit ändern kann, während die des Flusses eindeutig an das Gefälle gebunden ist.

Räumlich ist daher beim äolischen Transport eine Verknüpfung der Ausblasungsstelle mit dem Sedimentationsort nur fallweise, eventuell bei großen Korndurchmessern, das heißt, bei nahverwehten Flugsanden, gegeben, aber besonders bei Teilchen unter 0,05 mm unmöglich, da diese Hunderte von Kilometern verblasen werden können (7, 19). Ihre fluviatile Sedimentation jedoch erfolgt bei langsamer Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit in den Talauen der Flüsse, wobei die flächenhafte Ausdehnung des Sedimentationsraumes von der Breite der Talau und von der Hochwassermenge abhängig ist.

Bei geringer Wasserführung ist der Abfluß unter relativ gleichmäßigen Strömungsbedingungen an das Flußbett gebunden, während er bei Hochwässer sich mit sehr unterschiedlichen Strömungsbedingungen in der ganzen Breite der Talau vollzieht, wobei im überfluteten Augebiet nur ein strömungsschwaches Fließen vorhanden ist. Nun werden aber seit der Donau- und Traunregulierung kleinere Hochwässer noch im Flußbett abgeführt, wodurch ihr Ausbreiten im Augebiet verhindert und das Absinken der Schwebstoffe sowie eine Verlandung der Totarme unterbunden wird.

4. Aus diesen Überlegungen ergibt sich auch ein Hinweis auf die Struktur und Mächtigkeit der abgelagerten Sedimente, wobei erstere bei äolischer Ablagerung unbedingt lose als Einzelkornstruktur in lockerer Lagerung aufscheint, während sie bei fluviatiler Ablagerung auch dicht sein kann.

Makroskopisch zeigt der Löß nur selten Schichtungen auf, doch in Dünnschliffen sind fallweise Feinschichtungen besonders im vergleyten Löß erkennbar, indem dünne Lagen von Bindesubstanz mit calcitreichen, bindesubstanzarmen Lagen abwechseln.

Aber die Schichtlosigkeit des Lösses spricht weder für noch gegen eine bestimmte Sedimentationsbedingung, da sie nur von den Schwankungen in der Materialzufuhr abhängig ist. Wenn aber immer gleichartiges Material sedimentiert wird, wie dies bei der Umlagerung des tertiären Schliers der Fall war, ist eine Schichtung nicht möglich und daher nicht erkennbar.

Andererseits ist bei äolischen Sedimenten eine weit ausgedehnte und gleichmäßige mächtige Ablagerung so einheitlich gekörnten Materials, wie dies beim Hochterrassenlöß der Fall ist, wegen der hierfür notwendigen, gleichstarken Windwirkung aus einer Richtung sehr unwahrscheinlich, doch bei fluviatiler Sedimentation ohne Schwierigkeiten möglich, da die Periodizität der Hochwässer und ihr

flächenhaftes Ausbreiten im Augebiet eine gleichmäßige Akkumulation verursachen können.

Bei fluviatilen Ablagerungen ist somit eine gesetzmäßige Bindung der Sedimentation in räumlicher und zeitlicher Hinsicht mit dem Flußgeschehen vorhanden, indem diese sich räumlich in der Talau und zeitlich mit den Hochwässern vollzieht.

Dadurch ist ein bedeutender Gegensatz zur äolischen Sedimentation gegeben, die weder räumlich noch zeitlich an ein bestimmtes Gebiet gebunden ist.

5. Die räumliche Beziehung des Lösses zum Flußlauf zeigt sich an der Ablagerung innerhalb der Talau, indem die Sedimentation zumeist beiderseits der Flüsse auf den Terrassen senkrecht zum Stromstrich erfolgte, so daß im allgemeinen keine Bevorzugung irgendeiner Himmelsrichtung vorliegt.

Bei Windverfrachtung wären hingegen zwei Windkomponenten aus völlig entgegengesetzten Richtungen notwendig, die sich teilweise in ihrer Wirkung aufheben würden. Außerdem ist der Steilabfall der Hochterrasse zur Niederterrasse oder zum Augebiet nur durch fluviatile Erosion erklärbar, da bei äolischer Akkumulation des Lösses ein solcher Steilabfall unmöglich wäre.

Andererseits liegen oft Lössen in engen Tälern, wo gar keine Ausblasungsflächen vorhanden sind, z. B. in der Wachau bzw. sind bei großräumigen, windexponierten Schotterflächen oftmals keine nennenswerten Lößablagerungen vorhanden, z. B. am Steinfeld.

6. Zeitmäßig wäre eine Verwehung des Lösses aus den unteren, von Hochflutablagerungen bedeckten Talauen erst nach Rückgang der Hochwässer und Abtrocknung der Flächen möglich. Jedoch waren diese eiszeitlichen Augebiete wegen des Abflusses großer Mengen von Schmelzwässern und wegen ihres stark verwilderten Flußlaufes im Sommer wahrscheinlich sehr lang überflutet. Da erst nach Abtrocknung dieser ziemlich feinkörnigen Sedimente eine Auswehung möglich war, stand wahrscheinlich hierfür alljährlich nur eine relativ kurze Zeit zur Verfügung, so daß die gleichmäßige Ablagerung mächtiger Lößschichten unmöglich wird.

7. Ebenso erscheint es unvorstellbar, daß den großen Schotterablagerungen der letzten Kaltzeit keine echten, autogenen (selbständigen) feinklastischen, fluviatilen Sedimente gegenüberstehen, da nach der äolischen Lößtheorie, z. B. der ganze letztkaltzeitliche Löß

aus seinem Ablagerungsraum, das heißt, von der Niederterrasse (die aber Flußbett war), ausgeweht worden ist und Schicht für Schicht auf der Hochterrasse gleichmäßig abgelagert wurde. Somit gebe es im ganzen Umkreis der Nordalpen aus dem letzten Hochglazial keine feinkörnigen Flußsedimente, die noch an Ort und Stelle ihrer Ablagerung liegen.

Diese aufgezeigten Widersprüche der äolischen Lößtheorie fallen bei der fluviatilen Sedimentation des Lösses weg, indem dieser als Hochwassersediment im ehemaligen Augebiet verstanden wird. Mit diesem klimatisch-fluviatilen Geschehen interferiert außerdem die epirogenetische Landhebung, wodurch das heutige Landschaftsbild entstanden ist.

Die Landhebung während des Pleistozäns, die sowohl von der Geologie (18, 83) als auch von der Landschaftsmorphologie (184, 185) nachgewiesen ist, wurde bisher bei der Lößsedimentation nicht berücksichtigt. Sie wird durch die Höherschaltung der Terrassen sowie durch die Ablagerung der Terrassenschotter bewiesen, die von den Flüssen in den jeweiligen Kaltzeiten in einem Niveau abgelagert wurden, das der damaligen Erosionsbasis entsprochen hat. Die jetzt hochgelegenen quartären Schotter, z. B. bei 340 Meter Seehöhe in Linz, wurden ebensowenig in ihrer derzeitigen Seehöhe abgelagert, wie die pliozänen Hausruck- und Kobernaußerwaldschotter, die jetzt bei 800 Meter Seehöhe liegen, oder gar wie die Augensteine des Dachsteinplateaus, die doch seit ihrer Ablagerung auf ihre jetzige Seehöhe von rund 2700 Metern g e h o b e n wurden (67, 184).

Andererseits sind die quartären Terrassen sicherlich Reste des ehemaligen Talbodens der pleistozänen Flüsse, die infolge Landhebung und Tiefenerosion aufgegeben und trockengelegt wurden, dies bezeugen die Schotterkörper unter dem Löß. Wegen der Durchlässigkeit dieser Basisschotter kann die Vergleyung des Lösses auf der Hochterrasse nur durch Grundwasseranstieg infolge der Traun-Akkumulation gedeutet werden und ist daher fossil und nicht durch rezente Bodenentwicklung oder derzeitigen Wassereinfluß entstanden.

Somit kann der Löß der Traunhochterrasse bei Linz ohne Schwierigkeit als fluviatile Ablagerung des Hochglazials der letzten Kaltzeit durch die Hochwässer der Traun in ihrem ehemaligen Augebiet erklärt werden, wie dies aus den vorliegenden sedimentpetrographischen Untersuchungen hervorgeht.

Aus dem gleichen gesetzmäßigen, fluviatilen Ablauf konnte auch die Genetik des Lösses als erosiv aufgearbeitetes Material des tertiären Schlieruntergrundes dargelegt werden, so daß die Lößproblematik gelöst ist. Die Ablagerung dieser feinklastischen Sedimente im ehemaligen Aubereich steht in keinem Widerspruch zur Paläobiologie, da die Lößfauna, wie *Helix hispida*, *Pupilla muscorum*, *Succinea oblonga* u. a., als Aubewohner selbstverständlich Landschnecken waren, die nach R. SIEBER (1953) teilweise auch auf feuchte Standorte hinweisen.

Die Erforschung des Eiszeitalters und damit der Lößfrage ist nicht nur ein klimatisches Problem, sondern benötigt zu ihrer Lösung sehr verschiedenartige Wissenschaftszweige, von denen jeder bereits ein eigenes Spezialgebiet umfaßt.

Wie aus den vorangegangenen Untersuchungen hervorgeht, sind beim quartären Geschehen außer den klimatischen und landschaftsmorphologischen Veränderungen auch die Tektonik, in Oberösterreich als eriprogenetische Landhebung und in der ungarischen Tiefebene teilweise noch im Altpleistozän als Senkungsvorgang (1955), maßgebend beteiligt und außerdem müssen hydrologische (Gerinnedynamik), sedimentpetrographische (Mineralogie und Petrographie) sowie pedologische Erkenntnisse (Entstehung und Entwicklung der Böden) berücksichtigt werden.

Dadurch wird die Lößfrage sehr kompliziert und kann nur ganzheitlich, nach Berücksichtigung aller dieser wirkenden Faktoren, bei genauester Feldbeobachtung und mittels mannigfaltiger Laboratoriumsanalysen gelöst werden.

Vorliegende Arbeit versucht in Verbindung mit den bodenkundlichen Ergebnissen von 1965 alle diese Grundlagen zu vereinigen und zur Klärung der Quartärstratigraphie die verschiedenen Untersuchungsmethoden anzuwenden.

Indem sogleich am Beginn dieser zusammenfassenden Betrachtungsweise die dargelegten Untersuchungsergebnisse zu einer völlig neuartigen Anschauung der pleistozänen Geschehnisse führen, sind aus derartiger Ganzheitssicht in der Zukunft neue Impulse für die Quartärgeologie zu erwarten, wobei gerade die Pedologie als jüngere Wissenschaft sowohl durch ihre ausgebauten physikalischen, chemischen und mikromorphologischen Untersuchungsmethoden gemeinsam mit der Sedimentpetrographie wesentliche Erkenntnisse beisteuern kann.

#### IV. ZUSAMMENFASSUNG

Sedimentpetrographische Untersuchungen von 26 Hochterrassenproben im Linzer Raum ergaben, daß ihre Sedimentation durch fluviatile Strömungsverhältnisse der Hochwässer in der letzten Kaltzeit erklärt werden kann.

Einerseits wurde der Lehm der Parabraunerde durch kleine Nebengerinne von den höheren und älteren Terrassen des Periglazialgebietes abgetragen und über dem liegenden Löß der Hochterrasse nach Rückzug der Gletscher mit beginnender Eintiefung der Traun in deren Rückstaugebiet sedimentiert (Nahtransport). Dadurch entstand eine scharfe Diskontinuität, die bei allen Analysen mehr oder weniger deutlich zur Geltung kommt.

Andererseits wurde der liegende Löß durch die Traunhochwässer beim Vorrücken und Halt des letzkaltzeitlichen Gletschers im strömungsschwachen Auegebiet abgelagert (Ferntransport), wobei an der Basis der Lößprofile eine fossile, inaktive Vergleyung infolge Grundwasseranstieges durch die Akkumulation der Traun noch zu beobachten ist.

Die fluviatile Ablagerung beider Sedimente ist sowohl im Korngrößenaufbau als auch am Schwermineralbestand deutlich erkennbar, indem bei Abnahme der Strömungsenergie eine Zunahme des Abschlämmbaren (kleiner als 0,01 mm Korndurchmesser) und gleichzeitig der spezifisch schweren, opaken Körner der Sand- und Feinsandfraktion eintritt.

Bei stärkerer Strömungsenergie jedoch erhöht sich der Staubsandgehalt und der Granatanteil, wodurch gesetzmäßige Beziehungen zwischen der Transportauslese der Hochwässer und der Korngrößenzusammensetzung sowie dem Schwermineralbestand der abgelagerten Sedimente gegeben sind.

Dieselben Gesetzmäßigkeiten scheinen auch bei der Umlagerung des tertiären Schliers auf, indem dieses marine Sediment durch erosive Aufarbeitung wieder in die verstärkte Strömung der Traun einbezogen wurde, so daß die Korngrößen und Schwerminerale des Lösses, insbesondere sein hoher Staubsandanteil und Granatgehalt, aus denen des Schliers durch neuerliche Sortierung abgeleitet werden können.

Landschaftsmorphologisch war die Hochterrassenfläche zur Zeit des letzkaltzeitlichen Hochglazials noch die von den Hochwässern der

Traun überschwemmte Austufe und infolge der seither stattgefundenen Landhebung und Flußerosion ist die heutige Landschaftsprägung entstanden.

#### NACHTRAG 1967: DER LÖSSROHBODEN LINZ-EBELSBERG

Infolge Erkrankung des Verfassers konnte der vorhergehende Beitrag „Die Genetik der Sedimente auf der Traunhochterrasse bei Linz“, obwohl als Umbruch fast druckfertig, im Vorjahr nicht mehr veröffentlicht werden. Dadurch war es möglich, noch den Lößrohboden auf der Hochterrasse Ebelsberg nachträglich in die Untersuchungsreihe einzubeziehen, womit das Bild des letztkaltzeitlichen Sedimentationsgeschehens auch auf dieser Fläche vervollständigt wird.

Die physikalisch-chemischen Analysen wurden auch diesmal in bewährter Weise von der Landwirtschaftlich-chemischen Bundesversuchsanstalt Linz durchgeführt, wofür ich nochmals Herrn Direktor Wirkl. Hofrat Dr. Dipl.-Ing. E. B u r g g a s s e r und Herrn Abteilungsvorstand Dr. Dipl.-Ing. H. S c h i l l e r für die wertvolle und große Hilfe bei der Klärung aller dieser bodengenetischen und glazialgeologischen Probleme meinen herzlichsten Dank ausspreche.

Für die Anfertigung der Bodendünnschliffe bin ich Herrn Abteilungsvorstand Direktor Dr. Dipl.-Ing. F. B l ü m e l, Bundesinstitut für Kulturtechnik und Technische Bodenkunde in Petzenkirchen, NÖ., zu großem Dank verpflichtet, weil ohne mikromorphologische Untersuchungen eine einwandfreie Interpretation der physikalisch-chemischen Analysenergebnisse in bezug auf Genetik und Dynamik der Böden bereits undenkbar ist.

Die Eiszeitfragen können künftig nur durch eine ganzheitliche Zusammenschau aller pedologischen, sedimentpetrographischen, landschaftsmorphologischen und klimatischen Blickpunkte einer richtigen Lösung zugeführt werden, wobei außer den Transport- und Sedimentationsbedingungen bei der Um- und Ablagerung der Sedimente auch die Bodenentwicklungen besonders zu untersuchen und neu zu überprüfen sind.

#### 1. S t a n d o r t b e s c h r e i b u n g

Der Lößrohboden auf der Hochterrasse Ebelsberg liegt ebenso wie jener am Harter Plateau am Rande des Terrassenabfalles auf einem flach ansteigenden, sanften und langgestreckten Rücken und ist

damit auch morphologisch von der Verebnungsfläche des Terrasseninneren gut unterscheidbar (65, 66).

Sein Standort kann als Uferwall der eiszeitlich akkumulierenden Traun deutlich erkannt werden, da sich die Schichtenlinie von 280 Meter Seehöhe längs des Flußlaufes von Südwest gegen Nordost hinzieht (siehe Karte). Von dieser Bodenbildung auf Parzelle 154/1, KG. Ufer, wurden drei Proben aus Tiefen 0,20, 0,40 und 0,70 Meter entnommen und somit die gleichen Horizonte wie beim Lößrohboden Bindermichl untersucht. Da sich im Terrasseninneren nur der kalkfreie Lehm der Parabraunerde vorfindet, liegen rechts des Traunflusses ganz ähnliche Verhältnisse vor wie links am gegenüberliegenden Harter Plateau.

Diese gesetzmäßige Abfolge von Lößrohböden an den Terrassenrändern und von Parabraunerden im Inneren der Terrassen sowohl nördlich als auch südlich der Traun kann nur durch fluviatile Akkumulation und nicht durch äolische Lößverwehung gedeutet werden, da diese flachen Randkuppen entlang der beiden Traunufer durch keinen Windtransport erklärbar sind. Denn eine Windströmung in der Richtung des Traunales, das heißt, Ost- oder Westwinde, hätte den Löß nicht bloß am Terrassenrand aufgeweht, und die Winde senkrecht zum Traunale, das heißt, Nord- oder Südwinde, können den Löß nicht an beiden gegenüberliegenden Ufern ablagern. Daher sind diese Lößvorkommen die ehemaligen Uferwälle der akkumulierenden Traun aus der letzten Kaltzeit, hinter denen sich das letztkaltzeitliche Augebiet mit völlig andersgearteten Sedimenten und Bodenbildungen, mit den Lehmen der Parabraunerden, befindet.

Westlich von Ebelsberg breitet sich die große Schotterflur der Niederterrasse mit den Ortschaften Gottschalling und Fischdorf bei ungefähr 268 Meter Seehöhe aus, von der eine bedeutend schmälere und 3 bis 4 Meter höhere Schotterfläche im Süden mit einem Erosionsrand ansteigt. Auf dieser Terrassenleiste verläuft eine kurze Strecke lang die Westautobahn vor der Ausfahrt Linz Mitte, nachdem sie vom Deckenschotterniveau des Schiltenberges abfällt und bevor sie auf der eigentlichen Niederterrasse weiterzieht.

Diese höhergelegene, ebenfalls lößfreie Niederterrassenfläche war das Traunflußbett beim letztkaltzeitlichen Gletschervorstoß bzw. Gletscherhalt, so daß im Hochglazial die jetzige Hochterrasse, das heißt, das damalige Augebiet, rund 8 bis 9 Meter höher als das Fluß-

bett der Traun lag und von ihren Hochwässern noch überflutet werden konnte.

Aus dieser Schotterflur ging mit Rückzug des Traungletschers, als dieser sich aus dem Traunsee zurückzog, die große Niederterrassenfläche hervor, in der sich nacheiszeitlich die Austufen eingeschnitten haben. Die tiefste Talau liegt bei Ebelsberg bei 254 Meter Seehöhe und wird von den Traunhochwässern oft überflutet.

## 2. Ergebnisse der sedimentpetrographischen Analysen

Das Raumtrockengewicht des Lößrohbodens von Ebelsberg beträgt in den oberen Horizonten rund 137 Gramm je 100 cm<sup>3</sup> Boden und verringert sich im C-Horizont, bei 0,70 Meter Tiefe, auf kaum 130 Gramm (siehe Tabelle 7). Es zeigt sich hiemit die gleiche Tendenz wie beim Lößrohboden Bindermichl am gegenüberliegenden Traunufer (86), der jedoch im AC-Horizont mit fast 140 Gramm ein etwas höheres und im C-Horizont mit rund 128 Gramm ein etwas geringeres Raumtrockengewicht aufweist. Der liegende Löß im D-Horizont der Parabraunerde Ebelsberg hat mit 138,26 Gramm ein ähnliches Raumtrockengewicht, während ihr Lehm mit 151 bzw. 149 Gramm eine bedeutend dichtere Lagerung erkennen läßt.

Der Karbonatgehalt steigt im Lößrohboden Ebelsberg von 29,2 % des A-Horizontes auf 47,9 % im AC-Horizont stark an und fällt anderseits im C-Horizont auf 46,6 % gering ab. Einen fast gleichen Karbonatgehalt, nämlich 46,2 %, hat auch der Löß im A-Horizont der Parabraunerde Ebelsberg, wodurch diese beiden Lössе als gleichartig und als nicht verwittert erkennbar sind. Im Vergleich mit dem Lößrohboden Bindermichl, dessen Karbonatwerte 16,4, 31,1 und 28,6 % betragen, scheint ein ähnliches, durch die Verwitterung der Calcite im obersten Horizont bedingtes Zahlenverhältnis auf, wobei jedoch der Ebelsberger Löß um rund 13 bis 18 % karbonatreicher ist. Die Ursache dieses höheren Karbonatgehaltes des Lösses bei der Traunmündung in die Donau kann derzeit noch nicht geklärt werden, hiefür wären noch weitere, eingehendere Untersuchungen notwendig.

Der Phosphorsäuregehalt ist mit 1,0 Milligramm je 100 Gramm Boden im Profilaufbau konstant und relativ gering. Er ist kleiner als im Löß des D-Horizontes unterhalb der Parabraunerde, aber durchwegs höher als beim Löß von Weingartshof und Bindermichl.

Der Korngrößenaufbau des Lößrohbodens Ebelsberg ist ziemlich einheitlich und zeigt nur im AC-Horizont kleine Differenzierungen auf. Während der Sandgehalt fast gleichbleibend 3 bis 4 % beträgt und der Feinsandanteil nur zwischen 11,2 und 13,2 % schwankt, sind im Staubsandgehalt und im Abschlämbaren größere Unterschiede zu verzeichnen. Der erstere steigt von 55,2 % im A-Horizont auf 58,6 % im AC-Horizont an und fällt im C-Horizont wieder auf 57,6 % ab; letzteres erreicht im A-Horizont mit 29,7 % sein Maximum, um im AC-Horizont auf 24,2 % abzusinken, und erreicht bei 0,70 Meter Tiefe nochmals 28,0 %. Damit liegen auch die Kurven der Korngrößenzusammensetzung eng beisammen und es kann geschlossen werden, daß nur geringfügige und unwesentliche Veränderungen im Sedimentationsvorgang stattfanden (siehe Diagramm 17).

Ein Vergleich mit dem Korngrößenaufbau des Lösses im D-Horizont der Parabraunerde zeigt ebenfalls nur geringfügige Differenzen, da bei diesem die entsprechenden Fraktionen 2,2, 11,6, 61,8 und 24,4 % betragen. Auch mit dem Löß in 4 Meter Tiefe, dessen Korngrößenanalyse 2,8, 11,2, 54,8 und 31,2 % ergab, ist er gut vergleichbar; er hat jedoch eine völlig andere Korngrößenzusammensetzung als der Lehm der Parabraunerde, der mit 2,4 bis 3,2 % Sand, 6,8 bis 7,6 % Feinsand, 45,2 bis 48,4 % Staubsand und 40,8 bis 45,6 % Abschlämbarem bedeutend feinkörniger ist.

Andererseits zeigt der Löß am gegenüberliegenden Ufer, am Binderloch, bei dessen Fraktionierung 5,2, 12,4, 60,0 und 22,4 % herauskam, einen sehr ähnlichen Korngrößenaufbau, so daß auch in dieser Beziehung ein großer Unterschied zwischen Lehm und Löß, aber nur ein kleiner zwischen den rechts- und linksseitigen Lössen besteht.

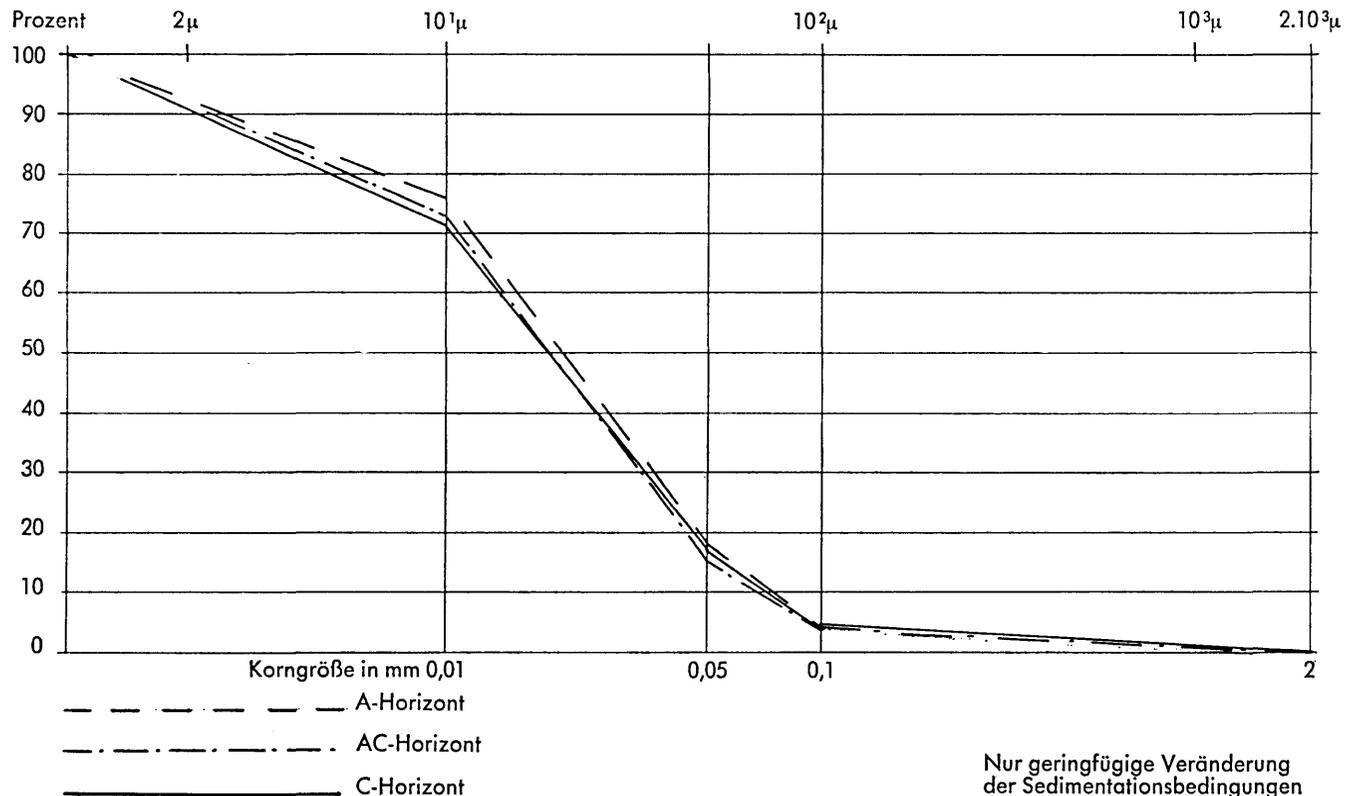
Das Schwermineralspektrum dieses Lößrohbodens bestätigt ebenfalls den Granatreichtum des letztkaltzeitlichen Lösses (66). Während der opake Anteil in der Sandfraktion von 56,8 % des A-Horizontes auf 36,6 % im AC-Horizont bzw. auf 44,3 % im C-Horizont absinkt, steigt der Granatgehalt von 63 auf 70 bzw. 75 % an.

In der Feinsandfraktion scheinen sowohl bei den opaken Körnern als auch bei den Granaten nur geringe Differenzen auf, erstere schwanken zwischen 41,8 und 36,3 %, letztere nur zwischen 56 und 58 % (siehe Tabelle 8).

Die Zirkone haben ihr Maximum in der Sandfraktion mit 10,4 % und in der Feinsandfraktion mit 13 %, die Epidote bei 21 bzw. 22 %. Das Minimum beträgt bei den Zirkonen in der Sandfraktion 4 % und



**Diagramm 17: Korngrößenkurven des Lößrohbcdens Linz-Ebelsberg**



bei den Epidoten 12 %, bei beiden liegt es im C-Horizont bei 0,70 Meter Tiefe. Die Feinsandfraktion zeigt bei diesen Schwermineralen nur geringe Schwankungen, da ihre Minima 10 bzw. 17 % betragen.

Der große Granatreichtum besonders der Sandfraktion steht in voller Übereinstimmung mit jenem des Lößrohbodens Bindermichl, wo ebenfalls 74 % im C-Horizont vorhanden sind, jedoch wurden auf diesem Standort in der Feinsandfraktion maximal nur 51,4 % erreicht.

Bei den opaken Körnern sowie bei den Zirkonen und Epidoten können keine besonderen Beziehungen zwischen den beiden Lössen festgestellt werden. Der Löß im Terrasseninneren, im D-Horizont der Parabraunerde, ist mit 22,6 % opaker Körner in der Sandfraktion und mit 36,5 % in der Feinsandfraktion sowie mit 54,0 bzw. 48,5 % Granate ärmer an diesen Schwermineralen. Andererseits ist der Löß in 4 Meter Tiefe in Ebelsberg mit 33,5 bzw. 34,1 % opaker Körner und 69,1 bzw. 38,2 % Granate dem Löß des Lößrohbodens ähnlicher. Der Lehm der Parabraunerde in Ebelsberg hat jedoch bedeutend weniger Granate und teilweise mehr opake Körner, so daß seine Herkunft aus einem anderen Einzugsgebiet erkennbar wird.

#### **Mikromorphologie**

- 0,20 m Tiefe Lockeres, hohlraumreiches Mineralgefüge fast ohne Binde-  
substanz; sehr viel Calcite, daneben Quarz, Feldspat und Glim-  
mer; Calcite stark trüb und angeätzt; stellenweise kleine Kalk-  
ausfällungen in Hohlräumen.
- 0,40 m Tiefe Lockeres, hohlraumreiches Mineralgefüge ohne Binde-  
substanz; sehr viel Calcite, daneben Quarz, Feldspate und Glimmer; Calcite  
nur wenig angeätzt, doch stellenweise zu größeren Verbänden ver-  
kittet bzw. konkretionär ausgefällt in Hohlräumen.
- 0,70 m Tiefe Ähnliches Bild wie im AC-Horizont; calcitreiches, lockeres Mine-  
ralgefüge; Calcite wenig angeätzt und stellenweise zu Konkretio-  
nen zusammengeballt.

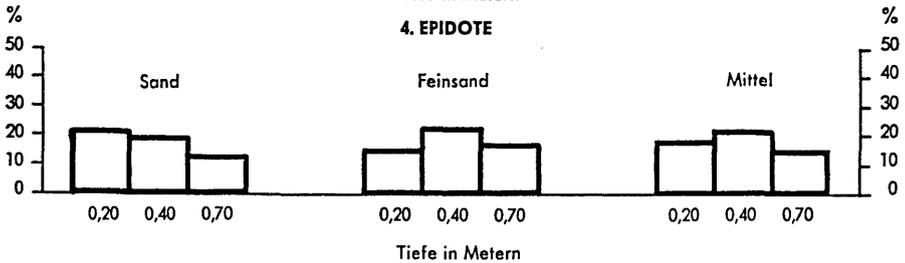
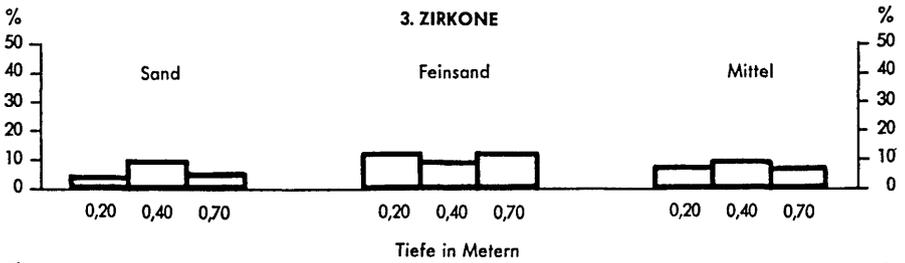
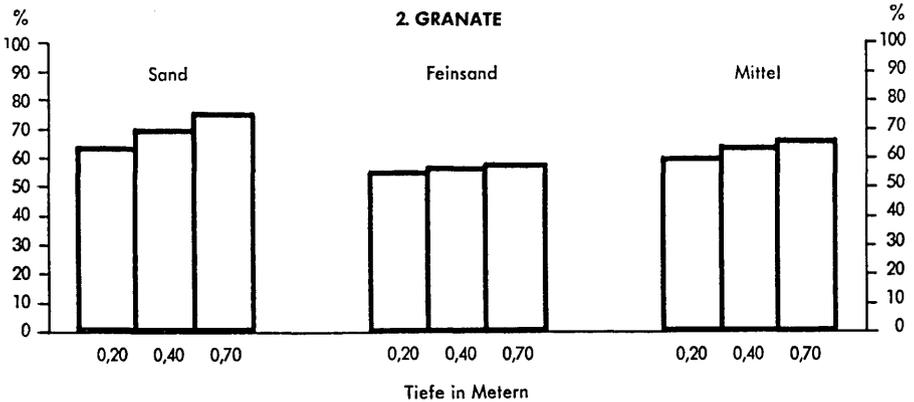
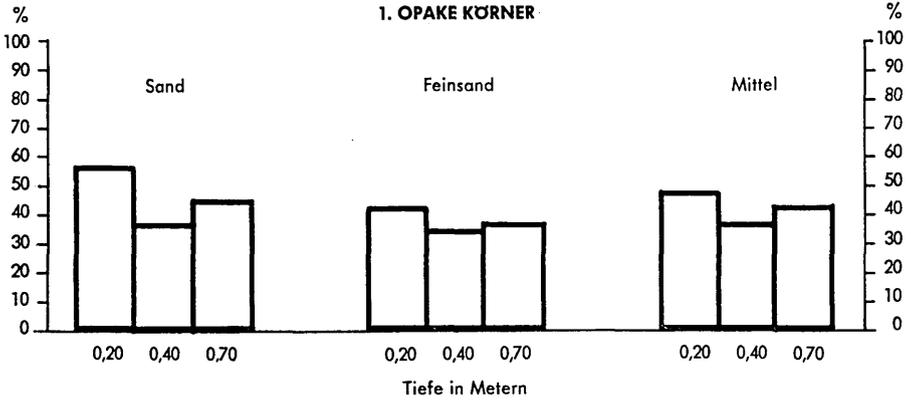
#### **Beschreibung der Leichtminerale**

- 0,20 m Tiefe Sand: Sehr wenig Biotit; Quarze eckig bis kantengerundet; Feld-  
spate angewittert und teilweise zersetzt.  
Feinsand: Minerale wie im Sand.
- 0,40 m Tiefe Sand: Sehr wenig Biotit; Quarze eckig bis kantengerundet; Feld-  
spate etwas angewittert und teilweise schwach zersetzt.  
Feinsand: Minerale wie im Sand.
- 0,70 m Tiefe Sand: Sehr wenig Biotit; Quarze eckig bis kantengerundet; Feld-  
spate teilweise schwach angewittert.  
Feinsand: Minerale wie im Sand.

Tabelle 8: Schwermineraluntersuchung: Lößrohoden Linz-Ebelsberg

Probenentnahme Tiefe in Metern	Fraktion	Ungefähre Menge	Opake Körner			Prozente der durchsichtigen Körner	Durchsichtige Körner in Prozenten										
			Magnetit	Gele u. a.	Prozente		Zirkon	Monazit u. Titanit	Turmalin	Granat	Staurolith	Disthen u. Sillimanit	Andalusit	Epidot u. Zoisit	Hornblende	Rutil	Apatit
0,20 (311)	S	wenig	25	—	56,8	33,2	5	—	—	63	—	—	—	21	11	—	—
	FS	sehr viel	70	2	41,8	58,2	13	—	—	56	2	3	—	17	1	8	—
0,40 (312)	S	wenig	15	—	36,6	63,4	10	—	—	70	—	—	—	20	—	—	—
	FS	sehr viel	55	3	36,3	63,7	10	—	—	57	3	1	—	22	1	6	—
0,70 (313)	S	wenig	30	5	44,3	55,7	4	—	—	75	—	2	—	12	—	7	—
	FS	sehr viel	60	—	38,6	61,4	13	—	—	58	1	1	—	18	1	8	—

**D Diagramm der Schwerminerale im Lößbrohboden Linz-Ebelsberg**



Das mikromorphologische Bild der untersuchten Horizonte gleicht in Bezug der Calcitverwitterung im Oberboden und der Kalkausfällungen in den darunterliegenden Horizonten völlig jenem des Lößrohbodens Bindermichl, weist jedoch im A-Horizont demgegenüber fast keine gelbbraune, feinverteilte Bindesubstanz auf.

### 3. Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Die vorliegenden Analysenergebnisse des Lößrohbodens von Ebelsberg sind in gleicher Art und Weise wie die anderen Hochterrassenprofile bezüglich der Sedimentationsbedingungen und der Genetik des Lösses ausgewertet, wobei vor allem der KorngröÙenaufbau und der Schwermineralbestand in ihrer Beziehung zur Transportenergie untersucht wurden.

#### a) KorngröÙenaufbau und Sedimentation

Obwohl die Unterschiede in der KorngröÙenzusammensetzung der drei Lößhorizonte nur sehr klein sind, geben sie dennoch in der angewendeten Dreiecksdarstellung ein charakteristisches Bild des Sedimentationsgeschehens, das mit jenem des Lößrohbodens am Bindermichl, d. h. am gegenüberliegende Traunufer, eine starke Ähnlichkeit aufweist (siehe Diagramm 18 und vergleiche es mit Diagramm 5).

Auf beiden Standorten ist nach oben hin, vom AC-Horizont zum A-Horizont, eine Zunahme des Abschlämbbaren und eine Abnahme bei den größeren Kornfraktionen und somit auch der Transportenergie sowie eine etwas schlechtere Sortierung feststellbar. Diese Erscheinung erklärt sich – soweit sie nicht verwitterungsbedingt ist – aus der zunehmenden Akkumulationshöhe des Sedimentes und der damit verbundenen größeren Turbulenz der oberflächennahen Hochwässer.

Die Gesetzmäßigkeiten der Lößsedimentation in gleichen Horizonten beiderseits der Traun können aber nur durch fluviatile Ablagerung erklärt werden, wie dies auch bei den Lehmen der Parabraunerden im Terrasseninneren auf der Nord- und Südseite der Traun bereits hervorgeht (siehe vorangehenden Beitrag).

#### b) Schwermineralbestand und Sedimentation

Die gleichen, wenn auch nur geringfügigen Veränderungen bei den Transport- und Sedimentationsbedingungen sind auch im Schwermineralbestand, dargestellt im übersichtlichen Dreiecksdiagramm,

sichtbar, indem dieser nach oben hin gleichfalls eine Abnahme der Transportenergie anzeigt. Diese Tendenz ist auch im Lößrohboden Bindermühl deutlich erkennbar. In beiden Fällen nimmt im A-Horizont der Anteil der opaken Körner zu, während der Granatgehalt absinkt, so daß sich bei den Schwermineralen dieselbe Gesetzmäßigkeit wie bei den Korngrößen widerspiegelt (siehe Diagramm 19 und vergleiche es mit Diagramm 12).

Da aber im Schwermineralgehalt der Verwitterungseinfluß nur unwesentlich ist (180), zeigt die Ähnlichkeit in den Diagrammen der Korngrößen und der Schwerminerale eine gesetzliche Ordnung im Sedimentationsvorgang auf. Bedingt jedoch bei ersteren die Abnahme der Transportenergie eine verstärkte Sedimentation des kleinsten Kornes, des Abschlämbaren (kleiner als 0,01 mm), so verursacht dieses Geschehen gleichzeitig auch die Ablagerung der größten und schwersten Körner, der opaken Minerale, in der Sand- und Feinsandfraktion. Dieses gleichartige Verhalten von Teilchen, die in Größe und Gewicht extrem unterschiedlich sind, kann aber nur durch fluviatile Transport- und Sedimentationsauslese erklärt werden, indem bei Hochwässern im strömungsschwachen Aubereich sowohl die kleinsten als auch die größten und schwersten Körner gleichzeitig ausfallen müssen.

Unter äolischen Transport- und Sedimentationsbedingungen hingegen ist eine gemeinsame Ablagerung dieser leichtesten und kleinsten Teilchen zusammen mit den größten und schwersten unmöglich, da erstere in der Luft weit verblasen und letztere nur boden- und ortsnahe verfrachtet werden.

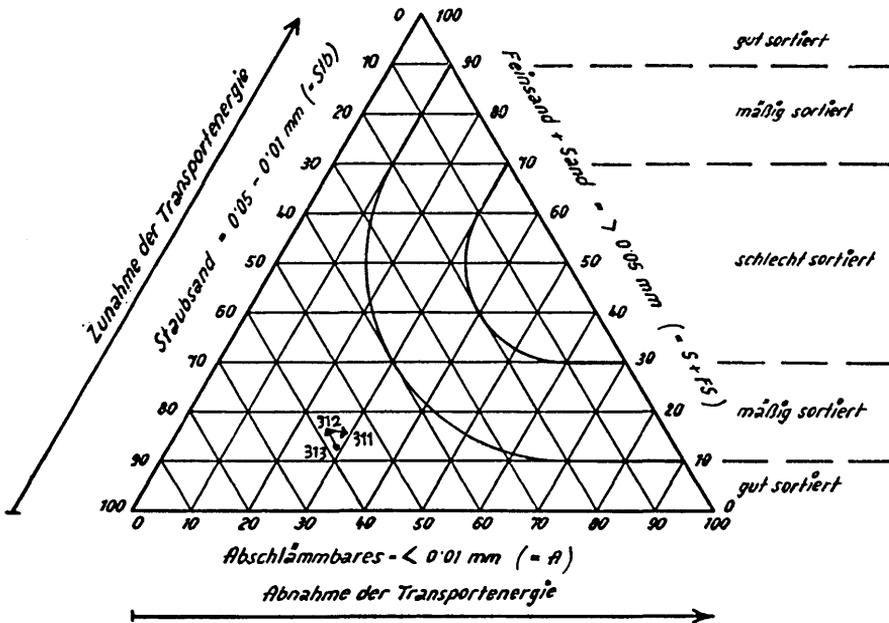
Daß diese aufgezeigte Beziehung im Löß nicht zufällig oder nur im Einzelfall gegeben ist, beweisen die umfangreichen Untersuchungen im vorangehenden Beitrag, indem an verschiedenen Standorten der Traunhochterrasse das Auftreten der gleichen Sedimentationsgesetze aufgezeigt werden konnte.

#### 4. Weitere Verknüpfung mit den bisherigen Ergebnissen

Aus der Korngrößenzusammensetzung und dem Schwermineralbestand des Lösses im C-Horizont des Profiles Ebelsberg ist auch

Diagramm 18

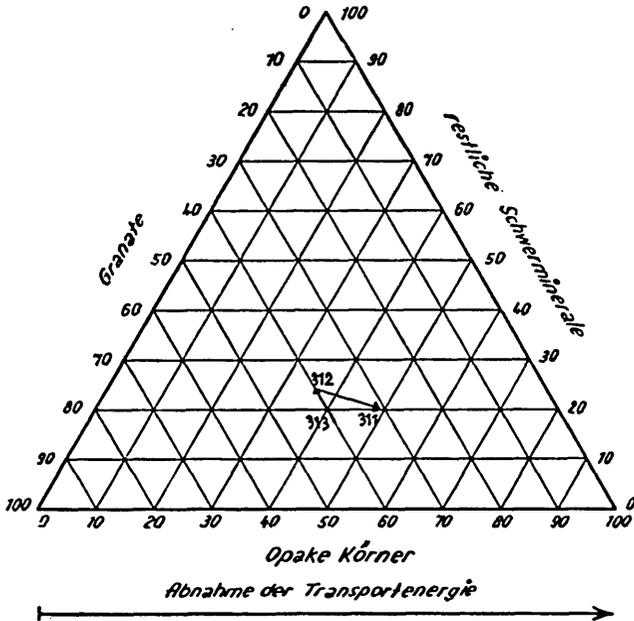
Korngrößendreieck des Profiles Lößrohboden Ebelsberg



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% S+FS	% Stb	% A	Anmerkung
311	0,20	nicht vergleyter LÖB	15,6	55,2	29,2	
312	0,40	nicht vergleyter LÖB	17,2	58,6	24,2	
313	0,70	nicht vergleyter LÖB	14,4	57,6	28,0	

Diagramm 19

Dreiecksdarstellung aller Schwerminerale des Profiles Löbrohbodens Ebelsberg



Probe Nr.	Tiefe Meter	Charakteristik	% opake K.	% Granate	% restl. Schwerm.	Prozentverhältnis Zirkon : Epidot
311	0,20	nicht vergleyter LöB	49	30	21	7 : 21
312	0,40	nicht vergleyter LöB	36	40	24	10 : 21
313	0,70	nicht vergleyter LöB	41	39	20	7 : 15

seine Entstehung und Umlagerung ebenso wie die der anderen Lösser der untersuchten Hochterrassenprofile aus dem tertiären Schlier des Untergrundes ersichtlich.

Da zur Zeit meiner Erkrankung im Vorjahr die Dreiecksdiagramme zwar schon gezeichnet, aber nach nicht klischiert waren, konnten diese Ergebnisse noch in die Gesamtschau des vorangehenden Beitrages eingebaut werden.

Im Diagramm 10, das die Korngrößenmäßige Beziehung des Schlieres von Wels zu den Hochterrassenlössen bei Linz aufzeigt, liegt der Löß des C-Horizontes des Lößrohbodens von Ebelsberg auffallenderweise in einer Geraden der zunehmenden Transportenergie mit dem Löß des D-Horizontes der Parabraunerde Ebelsberg und erscheint nur etwas schlechter sortiert als dieser. Da die angeführten Lösser ungefähr aus gleicher Sedimentationshöhe entnommen sind, kann mittels des Korngrößenaufbaues auch eine Unterscheidung zwischen den etwas schlechter sortierten Randlössen und den besser sortierten Innenlössen getroffen werden, indem erstere mehr Sand und Feinsand aufweisen, während letztere aus mehr Staubsand bestehen. Die Grenze im Korngrößenaufbau dieser Lösser der verschiedenen Standorte liegt auf Grund vorliegender Untersuchungen bei ungefähr 14 % Sand- und Feinsandgehalt bzw. bei 60 % Staubsandanteil. Lösser aus einer Entnahmetiefe von rund einem Meter, die mehr gröberes Korn und weniger Staubsand haben, können im Linzer Raum als ufernahe Randablagerungen betrachtet werden, andererseits sind die untersuchten Lösser aus dem Terrasseninneren durchwegs staubsandreicher und ärmer an Sand und Feinsand.

Im Diagramm 16, das den Schwermineralgehalt der Lösser in seiner Beziehung zum tertiären Schlier aufzeigt, liegt der Löß vom C-Horizont des Lößrohbodens Ebelsberg wie alle anderen Lösser links vom Schlierpunkt, das heißt, ebenfalls in der Richtung der zunehmenden Transportenergie, die sich aus der fluviatilen Umlagerung des marinen Schliers resultiert.

Durch seinen hohen Granatgehalt ist er aber auch eindeutig als Randlöß gekennzeichnet, da die Innenlösser weniger Granate aufweisen. Dieser Randlöß von Ebelsberg hat jedoch relativ viel opake Körner, die vielleicht aus dem oligozänen Schlier von Ebelsberg, der ziemlich reich an opaken Mineralen ist (siehe vorangehenden Beitrag), herkommen und wegen ihres hohen spezifischen Gewichtes und er-

heblicher Korngröße sehr rasch im strömungsschwachen Rückstau-  
gebiet der Traunmündung abgelagert wurden.

Somit kann die Entstehung auch des Lößbrohbodens von Ebelsberg  
durch fluviatile Umlagerung des tertiären Schliers erklärt werden, da  
sowohl seine Korngrößenzusammensetzung wie auch sein Schwer-  
mineralspektrum der stattgefundenen neuerlichen Sortierung ent-  
spricht.

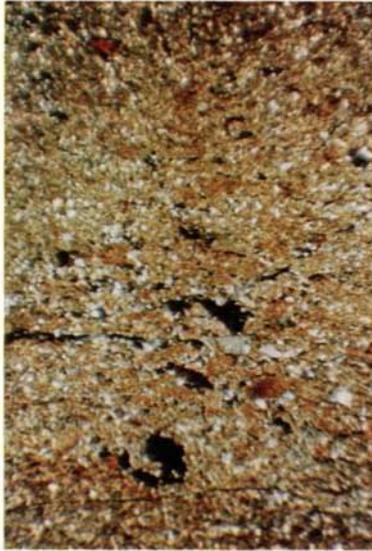
### Z u s a m m e n f a s s u n g

Durch die Untersuchung des Lößbrohbodens von Ebelsberg konnte  
auch südlich der Traun das Bild des Sedimentationsgeschehens ver-  
vollständig und als gesetzmäßiger fluviatiler Vorgang dargelegt  
werden.

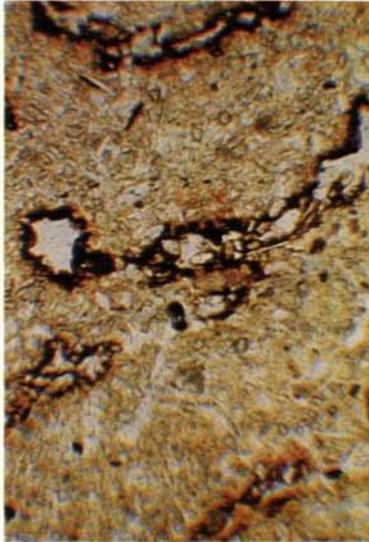
Es zeigt sich, daß hier am Terrassenrand, ebenso wie gegenüber  
und nordseitig der Traun, der Löß als Uferwall des akkumulierenden  
Traunflusses in der letzten Kaltzeit durch Hochwässer abgelagert  
wurde und sich aus ihm gleichfalls ein Lößbrohboden, wie auf den  
flachen Kuppen am Bindermichl, entwickelt hat (65).

Die sedimentpetrographischen Ergebnisse beweisen die fluviatile  
Entstehung auch dieses Lösses, indem im strömungsschwachen Be-  
reich des ehemaligen Auegebietes gleichzeitig die leichtesten und klein-  
sten zusammen mit den größten und spezifisch schwersten Körnern  
infolge Abnahme der Transportenergie abgelagert wurden. Von die-  
sem Löß unterscheidet sich jedoch der Lehm der Parabraunerde im  
Terrasseninneren, indem korngrößenmäßig ein bedeutend höherer  
Anteil an Abschlämbbarem und ein geringerer an Staubsand auf-  
scheint sowie schwermineralogisch viel weniger Granate infolge  
seiner Herkunft aus einem anderen Einzugsgebiet vorliegen.

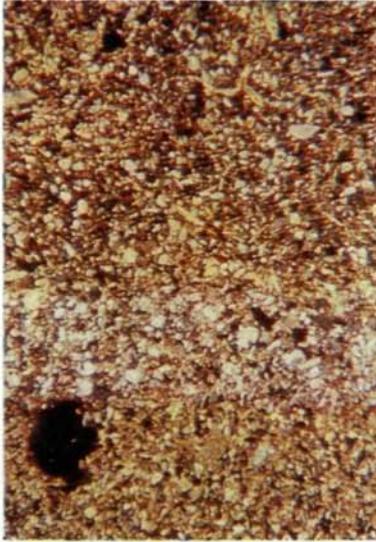
Da beiderseits der Traun die gleichen Tendenzen bei der Sedi-  
mentation sowohl im Korngrößenaufbau als auch im Schwermineral-  
bestand erkennbar sind, ist die fluviatile Umlagerung bzw. die Ent-  
stehung des Lösses aus dem tertiären Schlier des Untergrundes auf  
der Hochterrasse der Traun bei Linz völlig geklärt, insbesondere  
wenn man auch landschaftsmorphologisch die seit seiner Ablagerung  
stattgefundene Landhebung berücksichtigt, wodurch dieser ehemalige,  
von Hochwässern überflutete Auebereich in die jetzige Lage und See-  
höhe gebracht wurde.



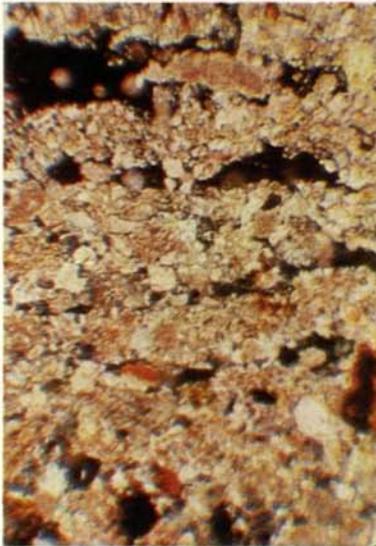
**Bild 1: Lößprofil Weingartshof in 1,40 Meter Tiefe.** x-Nicols, 15fach vergrößert. Deutlich geschichtetes Lößgefüge mit viel Calcit und wenig Bindesubstanz. Schichten kryoturbat verstaucht.



**Bild 2: Lößprofil Weingartshof in 5,00 Meter Tiefe.** Nicht polarisiertes Licht, 15fach vergrößert. Vergleyter Löß; in Hohlräumen starke Ausscheidung von irreversiblen Eisenhydroxydgelen, die infolge Absenkung des Grundwassers dunkelbraune Farbe haben.



**Bild 3: Übergang vom B- zum D-Horizont bei der Parabraunerde Linz-Ebelsberg.** x-Nicols, 15fach vergrößert. Deutliche Schichtung infolge Sedimentationswechsel (Diskontinuitäten). Zwischen braunem, calcitarmem, bindesubstanzreichem Lehmmaterial, dessen Bindesubstanz fein verteilt ist, eine Schichte von gelbem, calcitreichem, bindesubstanzarmem Löß.



**Bild 4: D-Horizont der Parabraunerde Linz-Ebelsberg.** x-Nicols, 60fach vergrößert. Deutlich geschichtetes Lößgefüge mit viel Calcit und wenig Bindesubstanz; vereinzelte, dunkle, umgelagerte Konkretionen.

### Literaturverzeichnis:

Zur Einsicht in die vielfältigen Wissenszweige, die sich um die Probleme der Quartärgeologie gruppieren bzw. sich mit diesen Fragen beschäftigen, werden außer der im Vorjahr bereits zitierten Literatur noch folgende Veröffentlichungen angeführt:

- 1 F. Ahnert, 1954: Zur Frage der rückschreitenden Denudation und des dynamischen Gleichgewichtes bei morphologischen Vorgängen. *Erdkunde*, Band VIII/1, Bonn.
- 2 H. J. Altemüller, 1962: Beitrag zur mikromorphologischen Differenzierung von durchschlammter Parabraunerde, Podsol-Braunerde und Humus-Podsol. *Zt. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde*, Bd. 98/3, Weinheim/Bergstraße.
- 3 Bauer, 1957: Hochwasserabfluß und Landschaftshaushalt. *Pet. Geogr. Mitt., Erg.-Bd.* 259, Gotha.
- 3a H. Bremer, 1962: Probleme der deutschen Quartärforschung. *Zt. f. Geomorphologie*, 3/4, Berlin.
- 4 C. Bloomfield, 1956: Die Verteilung von Eisen- und Aluminium-Oxyden in Gleyböden. *Zt. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde*, 72/1, Weinheim/Bergstraße.
- 5 F. Blümel, 1947: Untersuchungen über die Ursache der Flugerdebildung im südlichen Wiener Becken. *Unv. Diss. der Hochschule für Bodenkultur*, Wien.
- 6 F. Blümel, V. Janik und H. Schiller, 1959: Die Mikromorphologie und der Kolloidzustand unterschiedlicher Bodentypen. *Land.-chem. Bundesversuchsanstalt, Linz/D., LX/4.*
- 7 R. Brinkmann, 1956: *Allgemeine Geologie*. F. Enke, Stuttgart.
- 8 K. Brunnacker, 1954: Löß und diluviale Bodenbildungen in Südbayern. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 4/5, Öhringen.
- 9 K. Brunnacker, 1955: Würmeiszeitlicher Löß und fossile Böden in Mainfranken. *Geologica Bavarica*, Nr. 25, München.
- 10 K. Brunnacker, 1957: Die Geschichte der Böden im jüngeren Pleistozän in Bayern. *Geologica Bavarica*, Bd. 34, München.
- 11 K. Brunnacker, 1961: Zur Kenntnis des Spät- und Postglazials in Bayern. *Geologica Bavarica*, Nr. 43, München.
- 12 K. Brunnacker, 1962: Pleistozäne Böden im nördlichen Oberschwaben. *Pet. Geogr. Mitt., Jg.* 106/4, Gotha.
- 13 K. Brunnacker, 1964: Grundzüge einer quartären Bodenstratigraphie in Süddeutschland. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 15, Öhringen.
- 14 K. Brunnacker, 1964: Böden des älteren Pleistozäns bei Regensburg. *Geologica Bavarica*, Bd. 53, München.
- 15 J. Büdel, 1949: Neue Wege der Eiszeitforschung. *Erdkunde*, Bd. III, Bonn.
- 16 J. Büdel, 1953: Die „periglazial-morphologischen“ Wirkungen des Eiszeitklimas auf der ganzen Erde. *Erdkunde*, Bd. VII/4, Bonn.
- 17 E. Burggasser, V. Janik und H. Schiller, 1959: Bodenartenkarte von Oberösterreich. *Landw.-chem. Bundesversuchsanstalt Linz/D., LX/4.*
- 18 H. P. Cornelius, 1950: Zum Beitrag der jugendlichen Hebung der Alpen. *Mitt. Geogr. Ges., Jg.* 92, 7/9, Wien.
- 19 C. W. Correns, 1939: *Die Sedimentgesteine*. Springer, Berlin.

- 20 J. B. Dabrymyrle, 1959: Die Anwendung der Bodenmikromorphologie auf fossile Böden. *Zt. für Pflanzenern., Düngung u. Bodenk.*, Bd. 85, Weinheim/Bergstraße.
- 21 K. Diwald, 1924: Neue Grundlagen zur praktischen Analyse der Landschaft. „Die Eiszeit“, Bd. I/1.
- 22 K. Diwald, 1936: Zur Analyse der flußbürtigen Tallandschaft. *Mitt. der Geogr. Ges. Wien*, Bd. 79.
- 23 E. Ebers, 1934: Die Eiszeit im Landschaftsbild des bayerischen Alpenvorlandes. *Mitt. der Geogr. Ges. München*, Bd. 27/2.
- 24 E. Ebers, 1952: Die mindel-riß-interglaziale Landoberfläche des Salzachvorlandgletschers. *Eiszeitalter und Gegenwart*, Bd. 2, Öhringen.
- 25 E. Ebers, 1955: Hauptwürm, Spätwürm, Frühwürm und die Frage der älteren Würmschotter. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 6, Öhringen.
- 26 E. Ebers, 1956: Der bayerische Anteil des Salzach-Gletschers. *Zt. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie*, III/2.
- 27 C. H. Edelmann, 1931: Mineralogische Untersuchungen von Sedimentgesteinen. *Min.-petrogr. Mitt.*, Bd. 41, Leipzig.
- 28 C. H. Edelmann, 1938: Lößfragen. *Geol. Rundschau*, Bd. 29, Stuttgart.
- 29 C. H. Edelmann, 1938: Ergebnisse der sedimentpetrologischen Forschung in den Niederlanden und den angrenzenden Gebieten 1932–1937. *Geol. Rundschau*, Bd. 29, Stuttgart.
- 30 W. v. Engelhardt, 1940: Die Unterscheidung wasser- und windsortierter Sande auf Grund der Korngrößenverteilung ihrer leichten und schweren Gemengteile. *Chemie der Erde*, Bd. XII/4, Jena.
- 31 Ch. Exner, 1949: Beitrag zur Kenntnis der jungen Hebungen der östlichen Hohen Tauern (Katschbergzone). *Mitt. der Geogr. Ges. Wien*, Bd. 91.
- 32 J. Fink, 1956: Zur Korrelation der Terrassen und Lösses in Österreich. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 7, Öhringen.
- 33 J. Fink, 1954: Die Gliederung der Würmeiszeit in Österreich. *Report of the VI<sup>th</sup> International Congress on Quaternary*, Lodz.
- 34 H. Fischer, 1963: Zur Quartärgeologie des unteren Ybbstales. *Verh. Geol. B. A.*, Heft 1/2, Wien.
- 35 K. Fischer, 1937: Wasserhaushalt der Flußgebiete. *Mitt. der Geogr. Ges. Wien*, Bd. 80.
- 36 H. Flohn, 1950: Neue Anschauungen über atmosphärische Zirkulation und klimatische Bedeutung. *Erdkunde*, Bd. IV, 3/4, Bonn.
- 37 H. Flohn, 1952: Allgemeine atmosphärische Zirkulation und Paläoklimatologie. *Geol. Rundschau*, Stuttgart.
- 38 H. Flohn, 1953: Studien über die atmosphärische Zirkulation in der letzten Eiszeit. *Erdkunde*, Bd. VII, 4, Bonn.
- 39 H. Flohn, 1963: Zur meteorologischen Interpretation der pleistozänen Klimaschwankungen. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 14, Öhringen.
- 40 E. Forster, 1939: Neuere hydrographische Daten über die Donau. *Mitt. der Geogr. Ges. Wien*, Bd. 82, 7/8.
- 41 H. Gams, 1953: Fortschritte der Spätglazialforschung. *Zt. für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, II/2, Innsbruck.

- 42 H. Gams, 1953: Die relative und absolute Chronologie des Quartärs. *Geologica Bavarica*, Bd. 19, München.
- 43 R. German, 1961: Die Würmvereisung am Rhein- und Illergletscher zwischen Federseebecken und Günztal. *Geologica Bavarica*, Nr. 43, München.
- 44 R. German und P. Filzer, 1964: Beiträge zur Kenntnis der spät- und postglazialen Akkumulation im nördlichen Alpenvorland. *Eiszeitalter und Gegenwart*, Bd. 15, Öhringen.
- 45 T. Giesecke, 1930: Das Verhalten des Bodens gegen Luft. *Blanck-Handbuch der Bodenlehre*, Bd. 6, Springer, Berlin.
- 46 W. Glander, 1956: Die Bodenerosion und ihre Bekämpfung. *Deutscher Bauernverlag*, Berlin.
- 47 G. Götzinger, 1938: Das Quartär im österreichischen Alpenvorland. *Geol. B. A.*, Wien.
- 48 H. V. Graber, 1929: Beiträge zur Geschichte der Talbildung im oberösterreichischen Grundgebirge. *Verh. Geol. B. A.*, Jg. 1929, 10/11, Wien.
- 49 H. Graul, 1937: Untersuchungen über Abtragung und Aufschüttung im Gebiet des unteren Inn und des Hausrucks. *Mitt. der Geogr. Ges. München*, Band 30.
- 50 H. Graul, 1950: Stratigraphische Probleme im Diluvium des Alpenvorlandes. *Zt. der Deutschen Geol. Ges.*, Bd. 102.
- 51 H. Graul, 1953: Zur Gliederung der letzten Eiszeit. *Zt. der Deutschen Geol. Ges.*, Bd. 105/3.
- 52 H. Graul, 1957: Sind die Jungmoränen im nördlichen Alpenvorland gleichaltrig? *Pet. Geogr. Mitt. Erg.*, Heft 262, Gotha.
- 53 H. Graul, 1962: Eine Revision der pleistozänen Stratigraphie des schwäbischen Alpenvorlandes. *Pet. Geogr. Mitt.*, Jg. 106/1, Gotha.
- 54 H. Graul und I. Schaefer, 1953: Zur Gliederung der Würmeiszeit im Illergebiet. *Geologica Bavarica*, Bd. 18, München.
- 55 H. Gross, 1952: Die Radiokarbon-Methode, ihre Ergebnisse und Bedeutung für die spätglaziale Geologie, Paläontologie und Vorgeschichte. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 2, Öhringen.
- 56 H. Gross, 1958: Die bisherigen Ergebnisse von  $C^{14}$ -Messungen und paläontologischen Untersuchungen für die Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und den Nachbargebieten. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 9, Öhringen.
- 57 H. Gross, 1960: Die Bedeutung des Göttweiger Interstadials im Ablauf der Würm-Eiszeit. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 11, Öhringen.
- 58 H. Gross, 1964: Das Mittelwürm in Mitteleuropa und angrenzenden Gebieten. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 15, Öhringen.
- 59 J. Hesemann, 1949: Über die Geschiebeverteilung im Jungdiluvium und geschiebekundliche Hinweise für eine zweimalige Vereisung Norddeutschlands. *Zt. der Deutschen Geol. Ges.*, Bd. 101.
- 60 W. Heybrook, 1957: Gletscherrückgang und Erhöhung des Meeresspiegels. *Pet. Geogr. Mitt.*, Jg. 101/3, Gotha.
- 61 L. G. Hirsch, 1952: Jungdiluviale Tektonik im Oberrheingraben. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 2, Öhringen.

- 62 V. Hilber, 1918: Baustufen, Paläolithikum und Löß-Stellung. Mitt. der Geol. Ges. Wien, Bd. 11.
- 63 K. F. Holm, 1950: Zur Frage der thermischen Kontinentalität. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 94/4, Gotha.
- 64 M. L. Jackson und G. D. Sherman, 1955: Die chemische Verwitterung der Bodenmineralien. Zt. für Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde, Bd. 71/3, Weinheim/Bergstraße.
- 65 V. Janik, 1961: Die Böden des Linzer Raumes. Linzer Atlas, Heft 1.
- 66 V. Janik, 1965: Die Bodenentwicklung auf der Hochterrasse der Traun bei Linz. Naturkundl. Jb. der Stadt Linz 1965.
- 67 V. Janik, 1966: Geologie und Landschaftsentwicklung des Innviertels. OÖ. Landesverlag, Jg. 16, 1/2.
- 68 V. Janik, 1966: Sedimentpetrographische Untersuchungen verschiedener Löß-profile von Oberösterreich. Univ. Dissertation der Universität Wien.
- 69 H. Jung, 1943: Untersuchungen über ein Lößvorkommen bei Derenburg (Harz). Chemie der Erde, Bd. XV, 1/2, Jena.
- 70 H. Kärber, 1959: Zur oberpliozänen und altpleistozänen Entwicklung der östlichen Untermainebene und des Aschaffener Beckens. Notizbl. des Hess. Landesamtes für Bodenforschung, Bd. 87, Wiesbaden.
- 71 N. Karlov, 1954: Zur Genese des Lösses im Dnjeprgebiet. Zt. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde, Bd. 65/1, Weinheim/Bergstraße.
- 72 J. Keindl, 1940: Unterschiede zwischen heutigen und eiszeitlichen Klimazonen. Mitt. der Geogr. Ges. Wien, Bd. 83.
- 73 G. Keller, 1951: Die Beziehungen zwischen Brauneisenausscheidungen in quartären Feinsandboden und Grundwasserspiegelschwankungen. Zt. der Deutschen Geol. Ges., Bd. 103, Stuttgart.
- 74 A. Klein, 1953: Die Niederschläge in Europa im Maximum der letzten Eiszeit. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 97/2, Gotha.
- 75 F. Klute, 1951: Das Klima Europas während des Maximums der Weichsel-Würmeiszeit und die Änderungen bis zur Jetztzeit. Erdkunde, Bd. V/4, Bonn.
- 76 H. Kohl, 1955: Die Exkursion zwischen Lambach und Enns. Verh. Geolog. B. A., Wien, Sonderheft D.
- 77 L. Kölbl, 1930: Studien über den Löß. Mitt. der Geol. Ges. Wien, Bd. 23.
- 78 L. Kölbl, 1931: Über die Aufbereitung fluviatiler und äolischer Sedimente. Min. Petr. Mitt., Wien, Bd. 41.
- 79 E. Kopp, 1964: Zur Genese der Böden aus Hochflutlehm auf der Niederterrasse im Raume Bonn-Köln-Krefeld. Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 15, Öhringen.
- 80 W. Köppe und A. Wegener, 1924: Die Klimaten der geologischen Vorzeit. Bornträger, Berlin.
- 81 H. Korn, 1956: Morphologische und tektonische Initialursachen großer Klimaschwankungen. Geol. Rundschau, Bd. 45/2, Stuttgart.
- 82 R. Köstler, 1960: Junge isostatische und eustatische Bewegungen an der schleswig-holsteinschen Ostseeküste. Zt. der Deutschen Geol. Ges., Bd. 112/3, Stuttgart.

- 83 E. Kraus, 1955: Über die jüngsten Bewegungstendenzen der Alpen. Geol. Rundschau, Bd. 43/1, Stuttgart.
- 84 H. Küpper, 1962: Pleistozän im südlichen Wiener Becken. Verh. Geol. B. A., Wien, Jg. 1962/1.
- 85 W. L. Kubierna, 1956: Zur Mikromorphologie, Systematik und Entwicklung der rezenten und fossilen Lößböden. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 7, Öhringen.
- 86 W. L. Kubierna, 1959: Prinzipien und Methodik der paläopedologischen Forschung im Dienste der Stratigraphie. Zt. der Deutschen Geol. Ges., Bd. 111/3, Stuttgart.
- 87 H. Kuron, 1950: Löß und Bodenerosion. Zt. für Pflanzenern., Düngung und Bodenkd., Bd. 50. Weinheim/Bergstraße.
- 88 H. Louis, 1957: Rumpfflächenproblem, Erosionszyklus und Klimamorphologie. Pet. Geogr. Mitt., Erg.-Bd. 262, Gotha.
- 89 H. Louis, 1961: Über Weiterentwicklungen in den Grundvorstellungen der Geomorphologie. Zt. für Geomorphologie, Heft 3, Berlin.
- 90 F. Machatschek, 1935: Niveauveränderungen des Eiszeitalters. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 81/5, Gotha.
- 91 F. Machatschek, 1953: Über seitliche Erosion. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 97/1, Gotha.
- 92 H. Matschinski, 1964: Die Erdoberfläche und die Gesetze der Formung. Zt. für Geomorphologie, 1964/2, Berlin.
- 93 E. Mayer, 1964: Neue Wege der alpinen Glazialgeologie. Zt. für Geomorphologie, Heft 1, Innsbruck.
- 94 H. Mensching, 1951: Akkumulation und Erosion niedersächsischer Flüsse seit der Rißeiszeit. Erdkunde, Bd. V/1, Bonn.
- 95 R. Molnar, 1963: Sedimentgeologische Untersuchungen in pliozänen und pleistozänen Ablagerungen im Osten des ungarischen Tieflandes. Geol. Rundschau, Bd. 53/2, Stuttgart.
- 96 S. Morawetz, 1942: Die eiszeitlichen Temperaturerniedrigungen im Vergleich zu den gegenwärtigen Temperaturschwankungen und das Verhalten der Schneegrenze. Mitt. der Geogr. Ges. Wien, Bd. 85, 3/6.
- 97 S. Morawetz, 1949: Gletschergang und Klimafaktoren. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 93/4, Gotha.
- 98 S. Morawetz, 1961: Schneegrenze, Gletscherablation, Temperatur und Sonnenstrahlung in den Ostalpen. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 105/2, Gotha.
- 99 S. Morawetz, 1961: Zur Frage der Entstehung der jungdiluvialen Murterrassen. Mitt. der Geogr. Ges. Wien, Bd. 103/I.
- 100 M. Mostkow, 1956: Handbuch der Hydraulik. Verb. Verlag Technik, Berlin.
- 101 E. Mückenhausen, W. Gerkhausen und W. Kerpen, 1959: Entstehung und Eigenschaften der Böden auf den fossilen Verwitterungsdecken der Eifel. Zt. für Acker- und Pflanzenbau, Bd. 108, 1/2, Paray, Hamburg.
- 102 H. Müller, 1959: Schwermineralanalytische Untersuchungen am Löß von Zehren. Jb. des Staatl. Museums für Min. u. Geol. zu Dresden.
- 103 H. Müller-Beck, 1959: Bemerkungen zur Stratigraphie des mitteleuropäischen Jungpleistozäns. Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 10, Öhringen.

- 104 H. Murray und R. v. Leininger, 1955: Der Einfluß der Verwitterung auf Tonminerale. *Zt. für Pflanzenern., Düngung u. Bodenk.*, Bd. 71/3, Weinheim/Bergstraße.
- 105 E. Neweklowsky, 1955: Die Donau bei Linz und ihre Regulierung. *Naturkundl. Jb. der Stadt Linz* 1955.
- 106 H. Nietsch, 1952: Zur spät- und nacheiszeitlichen Entwicklung einiger Flußtäler im nordwestlichen Deutschland. *Zt. der Deutschen Geol. Ges.*, Bd. 104/1, Stuttgart.
- 107 E. Ostendorff, 1964: Über erste postglaziale Bodenbildung nach einem Vergleich der Bodenbildung in Skandinavien und im deutschen Raum. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 15, Öhringen.
- 108 M. Parde, 1954: Beziehungen zwischen Niederschlag und Abfluß bei großen Sommerhochwässern. *Bonner Geogr. Abh.*, Heft 15.
- 109 M. Parde, 1957: Katastrophale Abflüsse als Funktion der Einzugsgebiete. *Mitt. der Geogr. Ges. Wien*, Bd. 99/I.
- 110 H. Paschinger, 1937: Die Bedeutung der Gefällsverhältnisse der Flüsse für den Nachweis junger Krustenbewegungen. *Pet. Geogr. Mitt.*, Jg. 83/10, Gotha.
- 111 H. Paschinger, 1957: Leitformen der spätglazialen Vergletscherung in den Ostalpen. *Pet. Geogr. Mitt.*, Erg.-Bd. 262, Gotha.
- 112 H. Paschinger, 1958: Klimamorphologische Studien im Quartär des alpinen Inntales.
- 113 A. Penck und E. Brückner, 1909: Die Alpen im Eiszeitalter. Ch. Tauchnitz, Leipzig.
- 114 M. Pecci, 1958: Das Ausmaß der quartären tektonischen Bewegungen im ungarischen Abschnitt des Donautales. *Pet. Geogr. Mitt.*, Jg. 102/4, Gotha.
- 115 M. Pfannenstiel, 1948: Das Klima der Würmeiszeit in Mittel- und Westeuropa. *Pet. Geogr. Mitt.*, Jg. 92, 3/4, Gotha.
- 116 M. Pfannenstiel, 1953: Die pleistozänen, klimatisch bedingten Spiegelchwankungen des Mittelmeeres und des Schwarzen Meeres. *Zt. d. Deutschen Geol. Ges.*, Bd. 105/3, 1953.
- 117 J. Pia, 1939: Geologische Geschichte des Donautales. Waldheim-Eberle, Wien.
- 118 Th. Pippan, 1955: Geologisch-morphologische Untersuchungen im westlichen oberösterreichischen Grundgebirge. *Sitzungsber. der Öst. Akad. der Wissenschaften*.
- 119 S. Prey, 1947: Zur Gliederung der eiszeitlichen Ablagerungen im Trauntal östlich Ohlsdorf. *Verh. Geol. B. A.*, Wien, Jg. 1947, 7/9.
- 120 K. Popp, 1935: Morphologische Studien im Donautal zwischen Enns- und Melkmündung. *Geogr. Jahresbericht*, Bd. XVIII.
- 121 H. Poser, 1948: Boden- und Klimaverhältnisse in Mitteleuropa während der Würmeiszeit. *Erdkunde*, Bd. II, 1/3, Bonn.
- 122 H. Poser, 1951: Die nördliche Lößgrenze in Mitteleuropa und das spätglaziale Klima. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 1, Öhringen.
- 123 J. Putzinger, 1919: Das Ausgleichsgefälle geschiebeführender Wasserläufe und Flüsse. *Zt. des Öst. Ingenieur- und Architekten-Vereines*, Heft 13, Wien.
- 124 H. Quiring, 1949: Ekliptikschiefe, Jahres- und Eiszeiten. *Zt. der Deutschen Geol. Ges.*, Bd. 101, Stuttgart.

- 125 C. Rathjens, 1952: Asymmetrische Täler in den Niederterrassen des nördlichen Alpenvorlandes. *Geologica Bavarica*, Bd. 14, München.
- 126 C. Rathjens, 1954: Das Schlernstadium und der Klimaablauf der Späteiszeit im nördlichen Alpenraum.
- 127 C. Rathjens, 1957: Geomorphologische Beschreibung der Eiszerfall-Landschaft von Seeom. *Mitt. der Geogr. Ges. München*, Bd. 42.
- 128 H. Remy, 1963: Die Terrassen der vorletzten Vereisung am Rhein und an der Donau. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 14, Öhringen.
- 129 K. Richter, 1958: Fluorteste quartärer Knochen in ihrer Bedeutung für die absolute Chronologie des Pleistozäns. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 9, Öhringen.
- 130 F. Rosenauer, 1948: Wasser und Gewässer in Oberösterreich. OÖ. Landesverlag, Wels.
- 131 R. Rungaldier, 1961: Der Löß in Niederösterreich. *Geogr. Jahresbericht aus Österreich*, Bd. XXVIII.
- 132 W. Salomon, 1926: Die Rehbock'schen Wasserwalzen und ihre Bedeutung für Erosion und Akkumulation. *Geol. Rundschau*, Bd. 17, Stuttgart.
- 133 I. Schaefer, 1939: Morphologische Studien über das Jungdiluvium in Oberschwaben. *Mitt. der Geogr. Ges. München*, Bd. 32.
- 134 I. Schaefer, 1950: Die Entstehung der Münchener Ebene. *Zt. der Deutschen Geol. Ges.*, Bd. 102.
- 135 I. Schaefer, 1950: Über methodische Fragen der Eiszeitforschung im Alpenvorland. *Zt. der Deutschen Geol. Ges.*, Bd. 102.
- 136 Scheffer - Mayer - Kalk, 1959: Mineraluntersuchungen am Würm-Löß südniedersächsischer Lößfluren als Voraussetzung für Mineralanalyse verschiedener Lößbodentypen. *Zt. für Pflanzenern., Düngung und Bodenk.*, Bd. 85/2, Weinheim/Bergstraße.
- 137 F. Scheffer, E. Welte und F. Ludwig, 1957: Zur Frage der Eisenoxydhydrate im Boden. *Chemie der Erde*, Bd. XIX/1, Jena.
- 138 H. Schiller und V. Janik, 1958: Der Nährstoffgehalt der Böden in seiner Beziehung zum Einzugsgebiet der Flüsse. *Die Bodenkultur*, Bd. 10/1, Wien.
- 139 H. Schiller und V. Janik, 1959: Ein Beitrag zur Kenntnis der oberösterreichischen Böden. *Die Bodenkultur*, Bd. 10/3, Wien.
- 140 H. Schiller, V. Janik und N. Eder, 1959: Der Nährstoffzustand der Böden Oberösterreichs. *Landw.-chem. Bundesversuchsanstalt Linz/., LX/4*, Linz.
- 141 M. Schmidt, 1957: *Gerinnehydraulik*. Bauverlag, Wiesbaden.
- 142 E. Schmid, 1963: Zur alpinen Schneegrenze und Waldgrenze während des Würmglazials. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 14, Öhringen.
- 143 H. Schmiedel, 1954: Löss, Staublehne und Staubböden. *Jb. des Staatl. Museums für Min. u. Geol. zu Dresden*, 1954.
- 144 E. Schönhals, 1951: Über fossile Böden im nicht vereisten Gebiet. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 1, Öhringen
- 145 E. Schönhals, 1955: Kennzeichen für den Feinheitsgrad des Lösses. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Bd. 6, Öhringen.
- 146 E. Schönhals, 1959: Klima, äolische Sedimentation und Bodenbildung während der Eiszeit in Hessen. *Zt. der Deutschen Geol. Ges.*, Bd. 111/1, Stuttgart.

- 147 D. Schroeder, 1954: Untersuchungen über Verwitterung und Bodenbildung an Lößprofilen. Zt. für Pflanzenern., Düngung u. Bodenkunde, Bd. 67/1, Weinheim/Bergstraße.
- 148 M. Schwarzbach, 1940: Das diluviale Klima während des Höchststandes einer Vereisung. Zt. der Deutschen Geol. Ges., Bd. 92, Stuttgart
- 149 M. Schwarzbach, 1950: Das Klima der Vorzeit. F. Enke, Stuttgart.
- 150 E. Seefeldner, 1961: Salzburg und seine Landschaften. Bergland-Buch, Salzburg- Stuttgart.
- 151 W. Selle, 1952: Die Interstadiale der Weichselvereisung. Eiszeitalter und Gegenwart, Bd. 2, Öhringen.
- 152 W. v. Senarclens-Grancy, 1956: Zur Glazialgeologie des Ötztales und seiner Umgebung. Mitt. der Geol. Ges. Wien, Bd. 49.
- 153 R. Sieber, 1956: Fossilführung und Molluskenfauna Österreichs. Öst. Akad. der Wiss., Math. naturwiss. M. Jg. 1956/5, Wien.
- 154 R. Spitaler, 1937: Linien gleicher Wärme-Ein- und Ausstrahlung und gleichen Kontinentalitätsgrades auf der Erde. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 83/2, Gotha.
- 155 H. Spreitzer, 1951: Die Piedmonttreppen in der regionalen Geomorphologie. Erdkunde, Bd. V/4, Bonn.
- 156 H. Spreitzer, 1961: Der eiszeitliche Murgletscher in Steiermark und Kärnten. Geogr. Jahresbericht aus Österreich, Bd. XXVIII.
- 157 H. Spreitzer, 1964: Zur Frage des Größenmaßes der Glazialerosion. Zt. für Geomorphologie, 1964/1, Berlin.
- 158 O. Streck, 1953: Wasserwirtschaft und Gewässerkunde. Springer, Berlin.
- 159 H. E. Stremme, 1955: Die charakteristischen Tonmineralien einiger Hauptbodentypen. Zt. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenk., Bd. 65, 1/3, Weinheim/Bergstraße.
- 160 H. E. Stremme, 1960: Bodenbildungen auf Geschiebelehm verschiedenen Alters in Schleswig-Holstein. Zt. d. Deutschen Geol. Ges., Bd. 112/2, Stuttgart.
- 161 G. Stratil-Sauer, 1961: Über Erosion und Tansportarbeit im Flußbett. Geogr. Jahresbericht aus Österreich, Bd. XXVIII, 1961.
- 162 E. Stummer, 1936: Die interglazialen Seen von Salzburg. Verh. Geol. B. A., Wien, Jg. 1936/4.
- 163 E. Stummer, 1938: Die interglazialen Ablagerungen in den Zungenbecken der diluvialen Salzach- und Saalachgletscher. Jahrb. Geol. B. A., Wien, Bd. LXXXVIII, 1938.
- 164 E. Stummer, 1941: Zum interglazialen Alter des Mönchs- und Reinberges in Salzburg. Berichte der Reichsstelle für Bodenforschung, Wien, Jg. 1941, 5/6.
- 165 R. M. Swanson und F. F. Riecken, 1955: Die Eisenbewegungen bei der Entwicklung der Lößbraunerde. Zt. für Pflanzenern., Düngung u. Bodenk., Bd. 71/3, Weinheim/Bergstraße.
- 166 P. Szabo, 1961: Angaben zur Entwicklung des Flußnetzes im Wiener Becken und auf ungarischem Gebiet während des Quartärs auf Grund der Schwermineralanalysen. Geogr. Jahresbericht aus Österreich, Bd. XXVIII.
- 167 E. Thenius, 1954: Über die Alterseinstufung der Arsenalterrasse von Wien. Mitt. der Geol. Ges. Wien, Bd. 45, Wien.

- 168 F. Treichel, 1961: Eine Definition des Begriffes Wasserscheide. Mitt. der Geogr. Ges. Wien, Bd. 103/II, Wien.
- 169 C. Troll, 1926: Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen. Forschung zur deutschen Landes- und Volkskunde, XXIV, Stuttgart.
- 170 C. Troll, 1948: Der subnivale und periglaziale Zyklus der Denudation. Erdkunde, Bd. II, 1/3, Bonn.
- 171 C. Troll, 1957: Tiefenerosion, Seitenerosion und Akkumulation der Flüsse im fluvioglazialen und periglazialen Bereich. Pet. Geogr. Mitt., Erg.-Heft 262, Gotha.
- 172 W. Wagner, 1950: Diluviale Tektonik im Senkungsbereich des nördlichen Rheintalgrabens. Notizbl. des Hess. Landesamtes für Bodenforschung, Bd. 82, Wiesbaden.
- 173 L. Weinberger, 1948: 100 Jahre Eiszeitforschung in Oberösterreich. OÖ. Heimatblätter, Jg. 2/1, Linz.
- 174 L. Weinberger, 1950: Gliederung der Altmoränen des Salzach-Gletschers östlich der Salzach. Zt. für Gletscherkunde und Glazialgeologie, I/2.
- 175 L. Weinberger, 1957: Bau und Bildung des Ibmer-Moor-Beckens. Mitt. der Geogr. Ges., Bd. 99, II/III, Wien.
- 176 W. Weischet, 1954: Die gegenwärtige Kenntnis vom Klima in Mitteleuropa beim Maximum der letzten Vereisung. Mitt. der Geogr. Ges. München, Bd. 39.
- 177 E. Werth und H. Groß, 1957: Zur Frage der postglazialen Niveauänderungen im Ost- und Nordseegebiet. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 101/1, Gotha.
- 178 R. Weyl, 1952: Schwermineraluntersuchungen aus eiszeitlichen Ablagerungen der Riß-Lechplatte. Geologica Bavarica, Bd. 14, München.
- 179 H. Wieseneder, 1930: Studien an Sanden des niederösterreichischen Marchfeldes. Tschermaks Min. petrogr. Mitt., Bd. 40, Wien.
- 180 H. Wieseneder, 1953: Über Veränderungen des Schwermineralbestandes durch Verwitterung und Diagenese. Erdöl und Kohle, Jg. 6/7, Hamburg.
- 181 H. Wieseneder und I. Maurer, 1958: Ursachen der räumlichen und zeitlichen Änderung des Mineralbestandes der Sedimente des Wiener Beckens. Eclogae Geologicae Helvetiae, Vol. 51, Nr. 3.
- 182 A. Winkler-Hermaden, 1955: Ergebnisse und Probleme der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Alpensaum außerhalb der Vereisungsgebiete. Öst. Akad. der Wissenschaft, Bd. 110/1, Wien.
- 183 A. Winkler-Hermaden, 1955: Über jüngste Bewegungen am östlichen Alpensaum. Mitt. der Geogr. Ges. Wien, Jg. 92, 7/9.
- 184 A. Winkler-Hermaden, 1957: Geologisches Kräftespiel und Landformung Springer, Wien.
- 185 A. Winkler-Hermaden, 1960: Zur Frage der Beziehungen zwischen Tektonik und Landformung. Geol. Rundschau, Bd. 50.
- 186 P. Woldstedt, 1952: Probleme der Terrassenbildung. Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 2, Öhringen.
- 187 P. Woldstedt, 1952: Interglaziale Meereshochstände in NW-Europa als Bezugsflächen für tektonische und isostatische Bewegungen. Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 2, Öhringen.

- 188 P. Woldstedt, 1952: Die Entstehung der Seen in den ehemals vergletscherten Gebieten. Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 2, Öhringen.
- 189 P. Woldstedt, 1956: Die Geschichte des Flußnetzes in Norddeutschland und angrenzenden Gebieten. Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 7, Öhringen.
- 190 P. Woldstedt, 1956: Über die Gliederung der Würmeiszeit und die Stellung der Lössе in ihr. Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 7, 1956, Öhringen.
- 191 P. Woldstedt, 1958: Eine neue Kurve der Würmeiszeit. Eiszeitalter u. Gegenwart, Bd. 9, Öhringen.
- 192 G. Woletz, 1954: Schwermineralanalysen von Gesteinen aus Helvetikum, Flysch und Gosau. Verh. Geol. B. A., Jg. 1954/3, Wien.
- 193 G. Woletz, 1955: Die Bedeutung der Schwermineralanalyse für die Stratigraphie und ihre Anwendung in Österreich. Erdöl-Zeitung, Wien, Jg. 71, 5/6.
- 194 W. Wundt, 1938: Die Verschiebung der Klimagürtel seit dem Ausklang der Eiszeit. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 84/11, Gotha.
- 195 W. Wundt, 1945: Der sommerliche Wasserreichtum der Alpenflüsse. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 91, Gotha.
- 196 W. Wundt, 1950: Die hydrographischen und klimatischen Auswirkungen der Abdämmung von Meerengen. Pet. Geogr. Mitt., Jg. 94/4, Gotha.
- 197 W. Wundt, 1952: Abtragung und Aufschüttung in den Alpen und dem Alpenvorland während der Jetztzeit und der Eiszeit. Erdkunde, Bd. VI/1, Bonn.
- 198 W. Wundt, 1953: Gewässerkunde. Springer, Berlin.
- 199 W. Wundt, 1962: Aufriß und Grundriß der Flußläufe vom physikalischen Standpunkt aus betrachtet. Zt. für Geomorphologie, 1962/2, Berlin.
- 200 H. Zakosek, 1956: Grundwasser und Staunässe. Zt. f. Pflanzenern., Düngung u. Bodenk., Bd. 74/1, Weinheim/Bergstraße.
- 201 K. Zebera, 1957: Graphische Lösung des Erosions- und Akkumulationszyklus eines Flusses. Anthropozoikum, VII, Prag.
- 202 J. Zeitlinger, 1954: Versuch einer Gliederung der Eiszeitablagerungen im mittleren Steyrtal. Jahrbuch des OÖ. Musealvereines, Bd. 99, Linz.
- 203 P. E. Zeuner, 1948: Eiszeiten, absolute Zeitrechnung — biologische Entwicklung. Geol. Rundschau, Bd. 35/36, Stuttgart.
- 204 E. Zimmermann, 1953: Quartärtektonik und ihre Phasen. Zt. der Deutschen Geol. Ges., Bd. 95, Stuttgart.

**Anschrift des Verfassers:**

DDr. Dipl.-Ing. Ch. Vinzenz Janik  
4020 Linz/Donau, Ramsauerstraße 50

## Inhaltsverzeichnis:

	Seite
Einleitung . . . . .	7
I. Untersuchung weiterer Hochterrassenprofile und von Schlierproben .	8
1. Standortbeschreibung . . . . .	8
2. Die Ergebnisse der sedimentpetrographischen Analysen . . . . .	10
a) Die Untersuchungsergebnisse des Profiles Weingartshof . . . . .	10
b) Die Untersuchungsergebnisse der Parabraunerde Ebelsberg . . . . .	21
c) Die Untersuchungsergebnisse der Schlierproben . . . . .	28
II. Auswertung der Untersuchungsergebnisse . . . . .	36
A) Die Korngrößenzusammensetzung als Ergebnis der Transport- und Sedimentationsbedingungen . . . . .	36
1. Allgemeines . . . . .	36
2. Der Korngrößenaufbau der untersuchten Hochterrassenprofile als Ergebnis fluviatiler Strömung . . . . .	43
3. Die Beziehungen in der Korngrößenzusammensetzung zwischen Schlier und Löß . . . . .	53
4. Die Beziehungen zwischen Korngrößenzusammensetzung, Standort und Profilmorphologie . . . . .	60
B) Der Schwermineralgehalt als Ergebnis der Transport- und Sedimentationsbedingungen . . . . .	63
1. Allgemeines . . . . .	63
2. Der Schwermineralbestand der untersuchten Hochterrassenprofile als Ergebnis fluviatiler Strömung . . . . .	66
3. Die Beziehungen im Schwermineralbestand zwischen Schlier und Löß . . . . .	74
4. Die Beziehungen zwischen Schwermineralgehalt, Sedimentation und Verwitterungsauslese . . . . .	81
C) Die Bedeutung der Mikromorphologie für die stratigraphische Gliederung . . . . .	84
III. Diskussion . . . . .	85
IV. Zusammenfassung . . . . .	96
Nachtrag 1967: Der Lößbrohboden Linz-Ebelsberg . . . . .	97
1. Standortbeschreibung . . . . .	97
2. Ergebnisse der sedimentpetrographischen Analysen . . . . .	99
3. Auswertung der Untersuchungsergebnisse . . . . .	105
4. Weitere Verknüpfung mit den bisherigen Ergebnissen . . . . .	106
Zusammenfassung . . . . .	110
Literaturverzeichnis . . . . .	111