

† ROBERT LAIS

ÜBER DEN LÖSS VON
UNTERWISTERNITZ (MÄHREN)

INHALTSÜBERSICHT*

EINLEITUNG	137
I. DAS PROFIL DER LEHMGRUBE VON UNTERWISTERNITZ	138
A. Der Flugsand und Sandlöß	138
B. Die rötlichbraune untere Verlehmungszone	143
C. Die dunklen Horizonte und ihre Zwischenschichten	145
D. Der mittlere Löß	153
E. Die obere Verlehmungszone (Kulturschicht)	154
F. Der obere Löß	157
G. Die Humusdecke	159
II. DIE ABLAGERUNGEN DES BEI DER GRABUNG VON 1942 ERSCHLOSSENEN PROFILS	159
A. Die durch die rezente Verwitterung veränderten Oberflä- chenschichten 1-6	159
B. Der unveränderte Löß über der Kulturschicht (Probe 7-18)	160
C. Die Kulturschicht (Probe 19)	161
D. Der Löß unter der Kulturschicht (Probe 20)	161
III. WEITERE LÖBPROFILE IM GEBIET VON UNTERWISTERNITZ	163
IV. ERGÄNZENDE BEMERKUNGEN ZUR DEUTUNG DES SCHICHT- PROFILS DER LEHMGRUBE	164
V. ZUSAMMENFASSUNG	166
VI. VERZEICHNIS DER BENUTZTEN SCHRIFTEN	169

* Arbeit abgeschlossen im Frühjahr 1944. Die zum Druck notwendige Überholung besorgte Dr. Elisabeth Schmid, Freiburg i.Br.

EINLEITUNG

Die alte Lehmgrube in der Ziegelei am Ostausgang von Unterwisternitz (Mähren) ist im Zusammenhang mit den altsteinzeitlichen Funden des Gebietes zwischen Unterwisternitz und Pollau im einschlägigen Schrifttum öfters erwähnt oder kurz besprochen worden. Sie ist auch hier das Kernstück einer Untersuchung, die darauf hinzielt, auf geologischem Wege das Alter jener Funde, das Klima der damaligen Zeit und die Art des Pflanzenkleides zu ermitteln, das den Nordabhang der Pollauer Berge über der Thaya bedeckt hat.

Dieses Ziel kann nur da erreicht werden, wo die Kulturschicht im Verband mit älteren und jüngeren Ablagerungen erschlossen ist. Solche Voraussetzung war jedoch gerade an den Grabungsstellen, an denen bisher reiche urgeschichtliche Funde gemacht worden sind, nur zum kleinen Teil erfüllt. Hier fanden sich in geringer Tiefe unter der Kulturschicht bereits tertiäre Gesteine, und der Löß, der sie ehemals bedeckt haben muß, ist stellenweise durch Abtragung entfernt.

Aus diesen Gründen hat die Lehmgrube von Unterwisternitz, in deren Wand die altsteinzeitliche Kulturschicht ausstreicht, auch heute noch ihre grundlegende Bedeutung.

Damit wird auch die eingehende Darstellung gerechtfertigt, die hier der Entstehungsgeschichte des ganzen Sand- und Sandlößprofiles gewidmet ist. Sie fußt auf den Untersuchungen im Gelände und im Laboratorium, die der Verfasser in den Jahren 1941 und 1943 durchgeführt hat. Bodenkundliche Betrachtungen werden dabei in stärkerem Maß herangezogen, als dies bisher bei diluvialgeologischen Untersuchungen geschehen ist. Wo, wie in der Lehmgrube von Unterwisternitz, mehrere begrabene Böden auftreten, können die Erkenntnisse der Bodenkunde nicht entbehrt werden.

Im zweiten Teil dieser Arbeit wird das Schichtprofil der Grabung von 1942 behandelt. Sie hat über der Kulturschicht nur eine einheitliche Lößmasse und unter ihr schon in geringer Tiefe tertiären Ton und Mergel erschlossen. Auch hier konnte die Stellung der Kulturschicht im Ablauf der würmeiszeitlichen Klimawandlungen festgelegt werden. Die Bedeutung dieses Profils liegt vor

allem darin, daß die reichen Funde, die in der Kulturschicht gemacht worden sind, eine weitgehende typologische Auswertung ermöglichen. Schon liegen Anzeichen dafür vor, daß nicht alle Unterwisternitzer Funde völlig gleichaltrig sind. Die Bestimmung des geologischen Alters der bei dieser Grabung gehobenen Funde wird dann auch für die Einweisung der übrigen bedeutungsvoll sein.

I. DAS PROFIL DER LEHMGRUBE VON UNTERWISTERNITZ

Die aufgelassene Lehmgrube der Ziegelei am Ostausgang von Unterwisternitz zeigt an ihrer von Westen nach Osten verlaufenden und dann nach Nordosten umbiegenden Abbauwand ein reich gegliedertes Schichtprofil von etwa 15 m Höhe. Als ich im Herbst 1941 diesen Aufschluß besuchte, waren als tiefstes noch Flugsand- und Sandlöß-Schichten sichtbar; die von Absolon und Žapletal (1933) erwähnten darunterliegenden Niederterrassenschotter waren damals schon nicht mehr aufgeschlossen. Über dem Sandlöß liegt ein rotbrauner Verwitterungslehm, dem im mittleren Teil der Wand drei durch hellere braune Lagen getrennte dunkelgraubraun bis schwarz gefärbte stark humose Schichten folgen. Diese steigen im westlichen und östlichen Teil der Grube stark an und vereinigen sich zu einer einzigen dunklen Schicht. Sie ist im ganzen Aufschluß von hellem Löß bedeckt, dem etwas über der Mitte eine ziemlich stark verlehnte, Holzkohlen und Knochen führende „Kulturschicht“ eingelagert ist. Den Abschluß bildet die dünne dunkle Humusfläche des jetzigen Ackerbodens. (Abb. 1).

A. DER FLUGSAND UND SANDLÖß

Die in der Lehmgrube aufgeschlossene Schichtenfolge (Abb. 2) des Flugsandes beginnt mit einem Sand (Probe a), an dessen Zusammensetzung die vier Korngrößenfraktionen, die der Kópečkysche Apparat liefert, fast genau gleich stark vertreten sind. In b folgt eine leichte Vermehrung des Anteils an Körnern der Fraktion II von 0,01 bis 0,05 mm Ø, dann in c die Ablagerung ziemlich groben Sandes, der zu 90 % aus Körnern von 0,1–2 mm Ø besteht. Nach ihrem Korngrößenaufbau müssen diese unteren drei Proben als *Flugsand* bezeichnet werden. Insbesondere zeigt Probe c die für Dünenande in den Nachbargebieten der unteren March und von Göding (Hodonin) in Süd-Mähren kennzeichnende Zusammensetzung. Nach Pelíšek (1943) ist der Mittelwert des Korngrößenaufbaus¹ für diese Sande folgender:

	I	II	III	IV
Dünen an der unteren March	5,2 %	3,5 %	6,7 %	84,5 %
Dünen bei Göding	4,7 %	2,3 %	3,6 %	89,4 %

Obwohl diese Dünensande kalkfrei sind, zeigen sie, vor allem der von Göding, in allen Fraktionen größte Übereinstimmung mit unserer Probe c.

Nach oben hin (Proben d-f) nimmt die Fraktion I vor allem auf Kosten der Fraktion III und IV stetig zu. Im Korngrößenaufbau haben diese Proben mit echtem äolischem Löß nur geringe Ähnlichkeit. Die Anteile an Körnern der Fraktion III und IV sind viel zu hoch und dementsprechend die der Fraktionen I und II zu gering. Der zweite Unterschied besteht darin, daß allgemein in echtem äolischem Löß Fraktion II nicht ganz doppelt so stark vertreten ist wie Fraktion I. Dies gilt auch für benachbarte Stellen, wie Pelíšek (1939) nachgewiesen hat. Er bezeichnet solche Lössen als *typische Lössen*. Sieben Analysen von sechs mährischen Fundorten haben folgenden durchschnittlichen Korngrößenaufbau ergeben:

I: 33,4 % II: 52,4 % III: 12,5 % IV: 1,7 %.

Auch bei den „lehmigen Lössen“ Pelíšek's² lassen sich unsere Proben d-f nicht unterbringen. Bei diesen übersteigt (bei gleich hohem Kalkgehalt) der Anteil der Fraktion I, des tonigen Materials, den der Fraktion II ziemlich erheblich oder er ist ihm ungefähr gleich. Auch hierfür seien die aus sechs mährischen Fundstellen errechneten Durchschnittswerte wiedergegeben (nach Pelíšek):

I: 50,2 % II: 39,7 % III: 7,8 % IV: 2,3 %.

Entsprechend dem großen Anteil an fein- bis grobsandigen Komponenten und dem Überwiegen der tonigen Bestandteile über den Staub (Fraktion II) kann er als „*toniger Sandlöß*“ bezeichnet werden.

Absolon und Žapletal deuteten im Jahre 1933 den Flugsand, wie es scheint, als fluviatilen Sand und einen Teil des Sandlösses als Hochflutlehm. 1938 spricht Absolon nur noch von Sandlöß über der Niederterrasse.

Im Ganzen gesehen läßt sich von unten nach oben eine ziemlich stetige Abnahme der Anteile an größeren Körnern (Fraktion IV) und eine Zunahme der feinsten Fraktion (I) erkennen, während die mittleren Fraktionen sich ungefähr gleich bleiben. Der Unterschied in der Höhenlage der Entnahmestellen (2,4 m) ist zu geringfügig, als daß man ihn als Ursache dieser Korngrößenverfeinerung ansehen dürfte. In ihr kündigt wohl mehr das Zurücktreten örtlich wirkender Bodenwinde und das Überhandnehmen von Staubfällen an, deren Material aus großen Entfernungen herangetragen ist. Diese im allgemeinen stetige Entwicklung war allerdings einmal (Probe c) von einer mächtigen Einwehung groben Sandes unterbrochen.

Die Hauptmasse des Sandes besteht aus kristallinen Körnern, unter denen Quarz und Feldspat überwiegen; helle Glimmerplättchen sind ziemlich häufig. Alle diese Sande enthalten Kalk in beträchtlicher Menge, bis zu 10 %, der grobe Sand c am wenigsten (siehe Abb. 2). Sehen wir von dieser Schicht ab, so erkennen

wir von unten nach oben eine im ganzen stetige Zunahme des Karbonatgehaltes von 7,0% auf 11,5%. Es wäre aber falsch, daraus etwa den Schluß ziehen zu wollen, daß in den tieferen Schichten eine gewisse Entkalkung, vielleicht im Zusammenhang von einer nach oben abnehmenden Verlehmung stattgefunden habe. Die *Zunahme des Karbonatgehaltes* nach oben hin ist vielmehr die unmittelbare *Folge der Verfeinerung in der Korngrößenzusammensetzung*. Von unten nach oben nimmt die Summe der Korngrößemengen I + II von 48,8% bis 65,0% stetig zu (Abb. 3), genau wie der Karbonatgehalt.

Probe	Unter Oberkante des braunen Lehms	Korngrößenfractionen				Karbonatgehalt
		I	II	III	IV	
f	1,00—1,15 m	35,1	29,9	21,8	13,2	11,5
e	1,50—1,65 m	31,9	29,5	27,8	10,8	9,5
d	2,00—2,15 m	28,0	31,4	25,4	15,2	8,7
c	2,30—2,40 m	5,4	2,4	2,2	90,0	0,58
b	2,50—2,90 m	22,2	32,3	20,0	22,5	6,5
a	3,25—3,40 m	23,7	25,1	25,0	26,2	7,0

Tabelle 1

Die Ursache dieses Zusammenhangs ist die Erscheinung, daß der Karbonatgehalt nur zum kleinen Teil auf dem Vorkommen einzelner Kalkkörner beruht, die unter die übrigen Mineralkörner gemengt sind, in der Hauptsache aber auf der Umkrustung der Quarz- Feldspat- und sonstigen nichtkarbonatischen Mineralkörner, die offenbar durch eine Diagenese dieser feinsandigen Ablagerungen entstanden ist. Da kein Grund vorliegt, warum grobe Körner in dickerer Schicht von Kalk umkrustet sein sollen als feinere, darf man für diese Kalküberzüge überall gleiche Dicke annehmen. Dann aber ergibt eine einfache Rechnung, daß in einer gewissen Gewichtsmenge grober Körner der Anteil an Kalk geringer sein muß, als in der gleichen Gewichtsmenge kleiner Körner.

Dies läßt sich rechnerisch leicht beweisen, wenn man die vereinfachende Annahme macht, daß die Körner Kugelgestalt hätten. Ist der Radius des ganzen Kornes n mal so groß als die Dicke d der Rinde, so ist das Verhältnis des Volumens des Kalküberzugs (V_R) zu dem des ganzen Kornes (V_K):

$$V_R : V_K = \frac{n^3 - (n-1)^3}{n^3} : 1 = \frac{3n^2 - 3n + 1}{n^3} : 1$$

Für Werte bis hinab zu $n = 7$ kann unter Vernachlässigung des konstanten Gliedes 1 ohne großen Fehler

$$V_R : V_K = \frac{3(n-1)}{n^2} : 1 \text{ gesetzt werden.}$$

Da Quarz und Kalkspat etwa das gleiche spezifische Gewicht haben, geben diese Raummengenverhältnisse auch die Gewichtsverhältnisse an.

Beträgt der Radius des Kornes beispielsweise 10 d, so ist $V_R : V_K = 27 : 100$. Der Kalkgehalt beträgt dann 27 %. Bei größerem Kornradius, etwa 100 d wird $V_R : V_K = 3 : 100$, also der Kalkgehalt nur 3 %.

Abb. 4 veranschaulicht diesen Zusammenhang unter der nicht ganz zutreffenden Annahme, daß der Karbonatgehalt *nur* in Form eines Überzuges vorhanden ist. Man sieht, daß die Kurve des Kalkgehalts mit zunehmender Korngröße zuerst sehr steil, dann flach absinkt. Dieses theoretisch gewonnene Ergebnis wurde durch Karbonatbestimmungen an den 4 Fraktionen, die der Kopeckysche Apparat liefert, bestätigt. Probe 13 der Grabung von 1942 (siehe II. Teil) ergab für Fraktion I 15,7 %, für Fraktion II 14,4 %, für Fraktion III 12,1 % und für Fraktion IV 6,2 % Karbonate, also stetig abnehmende Werte. Ferner enthielt aus Material von Probe c abgesiebter Sand von 0,2–1 mm Ø 1,0 % Karbonate, von < 0,2 mm Ø aber 5,6 % Karbonate. Es ergab sich also übereinstimmend eine starke Zunahme des Karbonatgehaltes von den groben zu den feinen Fraktionen. Während der grobe Sand mehr graue Farbe hat, ist die der übrigen Proben lößähnlich hellgelb. Auch diese Unterschiede hängen mit dem Korngrößenaufbau zusammen. Die Proben mit größerem Anteil an groben Körnern sind um ein wenig grauer als die feinkörnigeren; siebt man von c etwas Material von < 0,2 mm Ø ab, so hat dieses viel mehr gelblich lößähnliche Farbe als der übrig bleibende grobe Sand. Träger der gelben Farbe ist das feinste abschlämmbare Material. Jede Schlämmanalyse der Proben lehrt dies. Die groben Fraktionen IV und III sind hellgrau, Fraktion II gelblich-grau und Fraktion I hellgelb gefärbt.

Von den Proben a, d, e und f wurden ferner jeweils 750 g Material auf dem 0,5 mm Drahtsieb durchgeschlämmt. Der Rückstand von mehr als 0,5 mm Ø betrug bei a: 4,1 %, bei d: 2,3 %, bei e 3,1 %, bei f: 2,5 %.

Er bestand aus *Urgesteinskörnern* bis zu 4 mm Durchmesser, wenig kleinen *Wurzelröhrchen* bis zu 9 mm Länge und — in d, e und f — *Schneckenhäusern*.

In der von unten nach oben erfolgenden Abnahme des groben Rückstandes drückt sich wiederum das allmähliche Nachlassen lokaler Windströmungen aus.

Die Wurzelröhrchen, die übrigens auch in der groben Fraktion IV aller der Schlämmanalyse unterworfenen Proben a bis f (mit Ausnahme von c) gefunden wurden, sind im allgemeinen sehr klein, höchstens 4 mm lang. Ihre Kleinheit beweist das Bestehen einer Decke aus kleinwüchsigen Pflanzen während der Zeit der Anwehung dieses Flugsandes und Sandlösses. Im Aufschluß der Lehmgrube erwies sich allerdings der Sandlöß in seinem obersten Meter mit kleinen, aus weißem Kalkspat bestehenden Wurzelröhrchen förmlich gespickt, während

diese nach unten hin spärlicher wurden. Gegen Ende der Sandlößablagerungen muß also hier eine mit seiner Anwehung ständig in die Höhe wachsende geschlossene Decke aus kleinwüchsigen Pflanzen bestanden haben. (Beim Kochen des Materials vor der Schlämmanalyse werden diese sehr zerbrechlichen weißen Wurzelröhrchen zerstört; sie erscheinen deswegen in den gröberen Fraktionen der Schlämmanalyse nicht).

In der dünnen Pflanzendecke des Sandlösses lebte eine entsprechend dürftige Schneckenfauna. Aus jeweils 750 g Material schlämmte ich aus:

In f:	<i>Pupilla muscorum</i> Müll.	10	Expl.
In e:	<i>Succinea oblonga</i> Drap.	10	„
	<i>Columella edentula f.columella</i> Drap.	13	„
	<i>Pupilla muscorum</i> Müll.	16	„
	<i>Pupilla triplicata</i> Studer	9	„
	Dazu noch zahlreiche nicht unterscheidbare Anfänge von <i>Pupilla muscorum</i> oder <i>P.triplicata</i>		
In d:	<i>Vallonia tenuilabris</i> Al.Br.	3	„
	<i>Pupilla muscorum</i> Müll	36	„

An dieser aus nur 5 Arten bestehenden Kümmerfauna sind vor allem *Succinea oblonga* und *Pupilla muscorum* stark beteiligt, zwei äußerst anspruchslose oder, besser gesagt, sehr verschiedenartigen, auch ungünstigen Verhältnissen weitgehend angepaßte Arten. *Succinea oblonga* hat weite eurasiatische, *Pupilla muscorum* circumpolare Verbreitung. Größere sonst im Diluvium häufige Arten wie *Fruticicola hispida* L. und *Arianta arbustorum* L. fehlen, weil ihnen der allzu dürftige Pflanzenwuchs nur ungenügende Deckung bieten konnte. Von den übrigen Arten lebt *Columella edentula f.columella* heute nur im hohen Norden und im Hochgebirge über der Baumgrenze. *Pupilla triplicata* hat alpin-osteuropäische Verbreitung. Sie besiedelt heute die Pyrenäen, die Alpen von den französischen Westalpen bis zu den niederösterreichischen Alpen und Karawanken Dalmatien, Thessalien und Siebenbürgen (nach Ehrmann 1933). *Vallonia tenuilabris* ist in Europa ausgestorben; sie lebt heute in Sibirien, Ostturkestan und Nordchina.

Diese drei Arten sind ganz eindeutig Zeugen für ein kontinental kaltes Klima, in dem allerdings *Pupilla triplicata* heute die besonnten Hänge aufsucht. Zusammen mit dem Fehlen aller ein niederschlagsreicheres oder wärmeres Klima beanspruchenden Arten beweisen sie die eiszeitliche Entstehung der Flugsand- und Sandlößablagerungen unseres Aufschlusses.

B. DIE RÖTLICHBRAUNE UNTERE VERLEHMUNGSZONE

Unmittelbar unter seiner Oberkante steckt im Sandlöß eine Lage an Ort und Stelle entstandener lößkindelartiger Konkretionen, die sich leicht zerbrechen und mit den Fingern zu gelblichweißem Mehl zerreiben lassen. Der darüberliegende Lehm ist unten mehr gelb-braun, darüber mehr tiefbraun und schließlich oben etwas trüber braun gefärbt; dabei gehen die verschiedenen Tönungen unmerklich ineinander über. Im mittleren und oberen Teil, 20 cm unter der darüberliegenden Schwarzerde, ist der rötlich-braune Lehm in kleine, unregelmäßig begrenzte walnuß- bis haselnußgroße Stücke zerfallen, die auf den Ablösungsflächen speckig glänzen und stellenweise von dunklen Mangananflügen überzogen sind. Im oberen Teil des rotbraunen Lehms stecken senkrecht hinabziehende, sehr mürbe, beim Anschlagen mehlig zerbrechende Konkretionen bis zu 30 cm Länge; daneben finden sich auch die üblichen harten und innen von Rissen durchzogenen Lößkindel. Größere, meist mit weißem Kalk, seltener mit Schwarzerde ausgefüllte Wurzelröhren reichen von der Oberkante des Lehms etwa 20 cm tief hinab. Die Gesamtmächtigkeit dieser Schicht beträgt etwa 90 cm.

Ich habe ihr im Jahre 1941 die 3 Proben g, h, und i entnommen, die die Reihe der Proben des Sandlösses nach oben fortsetzen. Tabelle 2 gibt den Korngrößenaufbau und Karbongehalt wieder.

Probe	Korngrößenfraktionen				Karbonatgehalt
	I	II	III	IV	
i	42,6 %	27,8 %	17,2 %	12,4 %	0,9 %
h	42,5 %	27,0 %	17,1 %	13,4 %	0,1 %
g	30,4 %	36,0 %	24,0 %	9,6 %	0,0 %

Tabelle 2

Im Korngrößenaufbau zeigt sich von unten nach oben eine weitere Verkleinerung. Dabei schließt sich Probe g noch eng an Gruppe A an. Gegenüber f wird die Menge der Körner der Fraktion II bis III um etwa 8 % größer, während I eine Verminderung um 4,7 % zeigt. Dieses Verhalten beruht wohl auf einer mit der Verlehmung zusammenhängenden Zusammenballung, die sich in einer Vermehrung der beiden mittleren Fraktionen auswirkt. Probe h und i sind im Korngrößenaufbau fast völlig gleich. Während die Menge der groben Körner (Fraktion IV) gegenüber den darunter liegenden Schichten g bis f keinen nennenswerten Unterschied zeigt, ist eine starke Verminderung der Fraktion III von durchschnittlich 25 % auf 17 % eingetreten. Fraktion II zeigt eine schwächere Verminderung, Fraktion I aber einen starken Zuwachs um nahezu 11 %.

Der Korngrößenaufbau ist der eines *verlehnten Sandlösses*. Die kalkfreien und

schwach kalkhaltigen lößlehme, die Pelíšek (1939) aus Mähren anführt, enthalten weit geringere Anteile an Sand aber viel mehr Staub (im Mittel 40%) und auch mehr Tonsubstanz (im Mittel 50%). Wenn durch den Verlehmungsvorgang eine Korngrößenverkleinerung der beiden Fraktionen I und II stattgefunden hat, so kann sie nur geringfügig gewesen sein. Dies wird auch dadurch nahegelegt, daß Probe g trotz gleich starker Verlehmung keine so starke Verfeinerung des Kornes zeigt wie i, und bei etwas geringerer Verlehmung als h (der Karbonatgehalt beträgt immerhin noch 0,9%) völlig gleich zusammengesetzt ist wie diese. Die Summe der Fraktionen I und II zeigt eine bis in k reichende erstaunlich gleichmäßige Zunahme, die das Bild der Zunahme in den darunterliegenden Schichten (mit Ausnahme des groben Sandes c) ohne Knick fortsetzt.

Wir dürfen daraus schließen, daß die Korngrößenverfeinerung nach oben in der Hauptsache bereits eine Eigentümlichkeit des ursprünglich abgelagerten Materials gewesen und nicht erst durch den Verlehmungsvorgang verursacht worden ist. Das würde aussagen, daß die Tätigkeit örtlicher Winde auch während des Aufbaus dieser Schichten weiterhin nachgelassen hat.

Der Rückstand von 750 g Material, das auf dem 0,5 mm Drahtsieb durchgeschlämmt wurde, betrug bei Probe g 0,52%, bei Probe i 1,3%; er war im wesentlichen aus Urgesteinskörnern bis zu 5 mm Größe, kleinen Eisenkonkretionen und ganz vereinzelt kleinen Wurzelröhrchen zusammengesetzt.

Im Jahre 1943 wurden diesem braunen Lehm aus dem mittleren Teil des Aufschlusses nochmals mehrere Proben entnommen.

A, B₁ und B₂ stammen von 3 übereinanderliegenden Stellen, ebenso B₃, B₄ und C₁, aber einige m weiter östlich. Der Sandlöß A und die Schwarzerde C₁ sind zum Vergleich mitangeführt. Es ergaben sich folgende Karbonatgehalte:

1941			1943		
Schwarzerde	k	1,4 %	C ₁	0,7 %	
rötlichbraune Verlehmungszone	i	0,9 %	B ₄	1,4 %	B
	h	0,1 %	B ₃	0,1 %	B ₁
	g	0,0 %			
Sanslöß	f	11,5 %			A
					15,5 %

Tabelle 3

Die Karbonatgehalte zeigen bei allen 3 Einzelprofilen übereinstimmendes Verhalten: im oberen, die Schwarzerde unterlagernden Teil, beträgt der Karbonatgehalt immerhin noch 0,9%–1,4% und 2,4%, während er in den tieferen Teilen fast völlig verschwunden ist (0,0% bis 0,1%). Dieser Analysenbefund entspricht den Feststellungen an der Profilwand, die Kalkkonkretionen nur im oberen Teil des rostbraunen Lehms enthält.

Der hier abgelagerte Sandlöß ist zunächst durch einen bodenbildenden Vorgang von oben her entkalkt und der Kalk dem darunterliegenden Sandlöß zugeführt worden, wo er größere Konkretionen gebildet hat oder auch fein verteilt geblieben ist; denn Probe A, unmittelbar unter der roten Lehmschicht entnommen, enthält mehr Karbonate (15,5%) als ihrem Korngrößenaufbau entspricht. In einem späteren Abschnitt der Bodenbildung ist der rotbraune Lehm mit Kalk, ebenfalls nicht nur in Form von Konkretionen, sondern auch in feiner Verteilung, durchsetzt worden.

Der *erste* hier sichtbare *Abschnitt* ist die *Braunerdebildung*. Kennzeichnend für Braunerde ist eine verhältnismäßig humusarme Rasenschicht, darunter eine ziemlich gleichmäßig braun bis rötlichbraune aus eckigen kleinen Brocken bestehende kalkfreie oder kalkarme Schicht von fast neutraler Reaktion, darunter ein Horizont, in dem der Kalk angereichert ist. Nur dieser ist aus den oberen Teilen ausgewaschen, die Sesquioxyde sind nicht oder kaum verlagert, was äußerlich an der gleichmässigen Eisenfärbung erkennbar ist (Stebutt 1930). Unser rotbrauner Lehm B zeigt alle diese chemischen und morphologischen Merkmale, muß also als *begrabene Braunerde* im Sinne der Bodenkunde aufgefaßt werden.

Die Braunerde ist heute in den wärmeren Teilen Mitteleuropas verbreitet. Im kälteren niederschlagsreichen Norden wird sie durch Podsolböden abgelöst, im wärmeren Süden geht sie in Roterde über. Auf Braunerde steht als natürliche Pflanzenassoziation der Laubwald (Stebutt 1930).

C. DIE DUNKLEN HORIZONTE UND IHRE ZWISCHENSCHICHTEN

In der Mitte der großen Wand der Lehmgrube sind übereinander drei durch hellere Schichten getrennte dunkle Horizonte sichtbar. Im Lauf unserer Untersuchung wird bewiesen werden, daß es sich dabei um Schwarzerde handelt. Diese Horizonte steigen nach Westen und Nordosten hin an, werden dabei weniger mächtig und vereinigen sich. Dies wird durch folgende Mächtigkeitszahlen veranschaulicht:

	Mittlerer Teil	Westlicher Teil
Obere Schwarzerde	60 cm	50 cm
Zwischenschicht	55 cm	15 cm
Mittlere Schwarzerde	55 cm	20 cm
Zwischenschicht	80 cm	30 cm
Untere Schwarzerde	45 cm	30 cm
Rotbrauner Lehm	70 cm	30 cm

Tabelle 4

Diese Mächtigkeitsunterschiede lehren, daß Umlagerungen erheblichen Ausmaßes stattgefunden haben. In der muldenförmigen Vertiefung des mittleren Teils sind die dunklen Horizonte wie die Zwischenschichten z.T. erheblich mächtiger entwickelt als in den höheren Teilen. Von oben her hat also eine beträchtliche Verfrachtung nach den tieferen Teilen stattgefunden, sodaß die Vertiefung allmählich ausgefüllt wurde. Diese Umlagerungsvorgänge, die sich noch aus zahlreichen Einzelbeobachtungen beweisen lassen, müssen bei der Deutung der bodenbildenden Vorgänge gebührend berücksichtigt werden.

Im westlichen Teil der Grube tritt, wie gesagt, nur noch *ein* Schwarzerdehorizont auf, der hellem Löß aufgelagert ist. Die Schwarzerde enthält hier *Tiergänge* mit heller, der Löß solche mit dunkler Füllung. Stellenweise ist die Schwarzerde von grobem Sand und einzelnen bis haselnußgroßen Geröllen durchsetzt. Der Löß unmittelbar *unter* der Schwarzerde gibt sich seltener durch lagenweise Einstreuung kleiner Sandkörner, häufig aber durch ausgesprochen krümelige Struktur als umgelagert zu erkennen. Er enthält stellenweise kleine an Ort und Stelle entstandene Konkretionen. Auch unmittelbar *über* der Schwarzerde ist der Löß durch Sandeinlagerungen und langgestreckte 3–4 cm starke Schwarzerdelinsen geschichtet; auch hier finden sich kleine Gerölle.

Die Schwarzerdehorizonte fallen in der Wand der Lehmgrube nicht nur durch ihre Farbe sondern auch durch ihre *vertikale Zerklüftung* auf, die sie in grobe prismatische Klötze von 3–7 Dezimeter Breite zerlegt, während der Sandlöß und die beiden übrigen Lössе als einheitliche glatte Flächen erscheinen. Die Klüfte sind Schwindrisse, die beim Austrocknen des an kolloidaler Tonsubstanz reichen Gesteins entstanden sind. Der Schwund ist sehr beträchtlich³. Die prismatische Zerklüftung beim Austrocknen gilt in der Bodenkunde als ein besonderes Kennzeichen der Schwarzerde (z.B. Stebutt 1930).

Im mittleren Teil der Grube wurden im Jahre 1941 die vom unteren bis in den mittleren Schwarzerdehorizont reichenden Proben k–n entnommen. k stammt aus der unteren dunkelgrau-braunen Schwarzerde, l, m und n aus einer braunen und schwach rötlichbraunen Zwischenschicht, aus der mittleren Schwarzerde. Tabelle 5 gibt den Korngrößenaufbau und die Karbonatgehalte wieder.

Probe	Korngrößenfraktionen				Karbonat- gehalt	Humus- gehalt
	I	II	III	IV		
n (Schwarzerde)	47,2	26,8	18,8	7,7	1,8	0,9 %
m (Zwischenschicht)	41,8	30,0	19,6	8,6	1,1	—
l (Zwischenschicht)	44,1	30,3	19,1	6,5	5,3	—
k (Schwarzerde)	48,9	26,6	16,0	8,5	1,4	0,5 %
i (rotbrauner Lehm)	42,6	27,8	17,2	12,4	0,9	—

Tabelle 5

Im Jahre 1943 wurde im mittleren Teil der Grube über der Probe C₁ folgendes Profil entnommen:

Obere Schwarzerde, mit scharfer Grenze gegen die Zwischenschichten abgesetzt.

C₅: Hellrötlichbrauner Lehm, ohne scharfe Grenze übergehend in

C₄: Dunkler rötlichbrauner, von viel weißen Wurzelröhrchen durchsetzter Lehm. Allmählicher Übergang in

C₃: Hellrötlichbrauner, dann gelbbrauner Lehm. Unten dünne Schwarzerdelinsen und Kalkeinlagerungen; untere Grenze scharf.

C₂ und C₁: Untere Schwarzerde, oben dunkel (C₂) unten etwas heller (C₁).

Probe	Korngrößenfraktionen				Karbonat- gehalt	Humus- gehalt
	I	II	III	IV		
C ₅ (Zwischenschicht)	39,2	31,2	21,4	8,2	8,9	—
C ₄ (Zwischenschicht)	39,2	33,4	20,8	6,6	6,7	—
C ₃ (Zwischenschicht)	35,2	41,2	20,8	2,8	5,3	—
C ₂ (Schwarzerde)	42,2	31,8	17,6	8,4	3,7	2,1 ^{0/} ₀
C ₁ (Schwarzerde)	40,6	30,6	19,2	9,6	0,7	0,25 ^{0/} ₀

Tabelle 6

Die Zwischenschichten unterscheiden sich von der Schwarzerde nicht nur durch die Farbe, sondern auch durch ihren meist höheren, in einem Fall (m der Tabelle 5) aber auch geringeren Karbonatgehalt. Auch der Korngrößenaufbau ist, wenn wir die innerhalb *eines* Profils gewonnenen Werte vergleichen, etwas anders: der Anteil an toniger Substanz ist jeweils etwas geringer als in der Schwarzerde. Im allgemeinen haben demnach die Proben der Zwischenschichten geringere chemische und physikalische Veränderungen erlitten als die Schwarzerdehorizonte. Diese Unterschiede finden ihre einfachste Erklärung in der Annahme, daß die Zwischenschichten nicht an Ort und Stelle durch schwächere Verwitterung aus dem Löß entstanden sind, sondern daß an ihrem Aufbau eingeschwemmtes, weniger verwittertes Material in größerem oder kleinerem Umfang beteiligt ist. Wir denken dabei nicht etwa an die Mitwirkung reichlicher Wassermengen, sondern an langsame Aufhöhung durch breiartig vom Niederschlagwasser aufgeweichten Löß und Lößlehm. Dafür spricht vor allem die Schichtungslosigkeit der Zwischenschichten; auch anderwärts, etwa im Kaiserstuhl bei Freiburg i.Br., sind solche umgelagerten Lößmassen völlig ungeschichtet; sie unterscheiden sich vom äolischen Löß oft nur durch ihren stärkeren Zusammenhalt und die Führung von Schalen rezenter Mollusken oder neolithischer und jüngerer Kulturreste, vor allem Scherben, die völlig regellos in den Wänden stecken (Lais 1933). Trotz dieser Umlagerungen haben beim Aufbau der Schichten

von Unterwisternitz bodenbildende Vorgänge nicht völlig aufgehört; dies wird durch das Vorkommen oft zahlreicher feiner weißer Wurzelröhrchen bewiesen, die an Ort und Stelle entstanden sein müssen, weil sie wegen ihrer Zerbrechlichkeit der Umlagerung nicht Stand gehalten hätten. Umlagerungen der oben geschilderten Art können natürlich alle bis dahin gebildeten Schichten betroffen haben, die Schwarzerde, den darunterliegenden braunen Lehm und den Löß. Darum haben die Zwischenschichten auch verschiedenes Aussehen und verschiedenen Kalkgehalt. Im westlichen Teil des Aufschlusses gegen den Randbereich der muldenförmigen Vertiefung hin (siehe Tabelle 4) macht die Schwarzerde nahezu zwei Drittel der Gesamtmächtigkeit der Gruppe C aus. Hier ist also die Ausbildung der Schwarzerde weniger durch Auflagerung gestört worden als im Muldentiefsten, wo sie noch nicht die Hälfte der Gesamtmächtigkeit umfaßt. Daß aber nicht alle Schwarzerde durch nachträgliche Umlagerung in ihre jetzige Lage gebracht worden ist, ergibt sich aus dem Auftreten von Kalkanreicherungen im obersten Teil des rotbraunen Lehms (mittlerer Teil des Aufschlusses) und von Lößkindeln im Löß unter der Schwarzerde (westlicher Teil).

Im Ganzen gesehen war also die Zeit der Ablagerungen der Gruppe C die einer Schwarzerdebildung. Umlagerungsvorgänge erheblichen Ausmaßes beweisen, daß dem Klima dieser Zeit, vor allem in ihrem zweiten Teil, Niederschläge durchaus nicht gefehlt haben. Aus dem Vorkommen nur kleiner Wurzelröhrchen muß geschlossen werden, daß die Pflanzendecke nur aus kleinwurzigen, also niedrigen Gewächsen bestanden haben kann.

Noch aber bedarf die wichtigste Frage der Beantwortung, ob diese z.T. fast schwarzen humosen Horizonte wirklich als *Schwarzerden (Tschernoseme) im Sinne der Bodenkunde* aufgefaßt werden müssen, die zu ihrer Entstehung eines *besonders gearteten Klimas und Pflanzenwuchses* bedürfen, oder ob es Humusanreicherungen irgendwelcher anderer Art sind.

Humusanreicherungen bilden sich im Boden überall da, wo eine genügend stark entwickelte Pflanzendecke liegt, deren Rückstände in normaler Weise humifiziert sind. Sie fehlt aber, wo kein oder ein allzu dürftiger Pflanzenwuchs herrscht, oder die organische Substanz der abgestorbenen Pflanzenteile alsbald zersetzt wird, wie dies z.B. in den Lateritböden der Tropen geschieht. Anreicherungen von *saurem Humus* entstehen in den humiden Gebieten allgemein unter den Waldformationen und in den Mooren. Meist saurer, gelegentlich auch basischer Humus bildet sich über der Waldgrenze im Hochgebirge als alpiner Humusboden (Stebutt 1930). *Basischer Humus* findet sich in den arideren Gebieten unter einer Grasdecke, vor allem also in den Steppen. Die beiden Arten der Humusanhäufung unterscheiden sich nicht nur durch den Chemismus der Humussubstanz, sondern auch durch die Ausbildung der Bodenprofile. Unter der zersetzenden Einwirkung des sauren Humus wird der Horizont

A₁⁴ unmittelbar unter dem obersten humushaltigen Teil stark ausgelaugt und durchgeschlämmt. Es entsteht dadurch der „bleiche, aschenartige, lockere“ Horizont A₂, darunter der durch Einschwemmung der Humusstoffe dunkelgefärbte illuviale Horizont B, unter dem das unveränderte Gestein C liegt. Dies sind die sogenannten *Podsolböden*.

Böden mit basischem Humus fehlt der Horizont A₂. Hier findet keine Durchschlammung statt. Die ganze obere Schicht verwandelt sich daher in einen Horizont A₁, dem nach unten hin ohne Einschaltung eines Horizontes B das Gestein C folgt. Dies ist die *Schwarzerde*, der *Tschernosem*.

Eine vermittelnde Stellung nehmen die *alpinen Humusböden* ein, nicht nur dadurch, daß sie auf kalkreichem Substrat gelegentlich alkalisch reagieren, sondern auch durch die geringmächtige oder manchmal kaum erkennbare Ausbildung des A₂- und B-Horizontes.

Die ebenfalls sehr humusreichen *Niedermoorböden* und *anmoorigen Böden* entstehen unter dem Einfluß des Grundwassers, mit dem während der wärmeren Jahreszeit gewisse Bodenschichten oder ganze Böden gesättigt sind. Von den Schwankungen des Grundwassers bedingt die Senkung eine Auslaugung (Podsolierung), die Hebung eine Zufuhr der gelösten Stoffe. So entstehen in den oberen Teilen mächtige kaffeebraune bis schwarze Bodenschichten, unter ihnen Eisenausscheidungen in Form von Rostflecken, blutroten Anflügen und braunen Taschen, der sogenannte Gley. Werden anmoorige kalkreiche Böden podsoliert, so häuft sich der oben ausgelaugte Kalk im Gley-Horizont in Form des sogenannten Alms an.

Die hier besprochenen humusreichen Bodenarten werden noch einmal übersichtlich nebeneinander gestellt.

Horizont	Schwarzerde	Alpine Humusböden	Podsol	Niedermoorböden	
				ursprünglich	podsoliert
A ₁	Dunkelbrauner bis schwarzer einheitlicher Boden	Dunkelbrauner bis schwarzer humusreicher Boden	Humoser Oberflächenhorizont	Kaffeebrauner bis tief-schwarzer Horizont	Kaffeebrauner bis tief-schwarzer Horizont
A ₂			Ausgebleichter Auslaugungshorizont		
B	fehlt	Sehr schwach entwickelt oder fehlend	Humusreicher Illuvialhorizont	Gley mit Eisenausscheidungen	Mit Kalk durchsetzter Gley: Alm
C	Unverändertes Gestein				

Unsere humusreichen Horizonte sind, obwohl an ihrem Aufbau stellenweise Umlagerungsvorgänge beteiligt sind, vollkommen einheitlich zusammengesetzt: sie haben in ihrer ganzen Mächtigkeit dunkelbraune bis schwarze Farbe, nirgends Ausbleichungen, aber auch keine Rostflecken oder andere Eisenausscheidungen. Würde man sie als Horizont A_1 auffassen, der ja bei allen in Frage kommenden Bodenarten einheitlich ausgebildet ist, so müßte unter ihnen entweder der Auslaugungshorizont A_2 oder ein Gley- oder Alm-Horizont liegen. Zwar treten in der Lehmgrube von Unterwisternitz unter den dunklen Horizonten heller gefärbte Schichten auf; es sind aber, der Kalkgehalt läßt darüber keinen Zweifel zu, keine Auslaugungshorizonte; sie sind braun oder gelbbraun gefärbt, nicht grau, wie der Horizont A_2 des Podsolprofils, nicht gley- oder almartig wie beim Niedermoorboden. Unsere humusreichen Horizonte können demnach nur unter den Bedingungen entstanden sein, unter denen die Schwarzerde und die alpinen Humusböden gebildet werden. Das unter ihnen liegende Gestein ist zwar kein ursprünglicher Löß; doch sind die an ihm feststellbaren Veränderungen die Folge eines bodenbildenden Prozesses, der mit der Schwarzerdebildung in keinem Zusammenhang steht.

Den alpinen Humusböden, Podsolen und Niedermoorböden fehlen grössere und kleinere Tiergänge. Diese, nach einem in der Bodenkunde üblichen Ausdruck Krotowine genannt, gelten als kennzeichnendes Merkmal der Schwarzerden, die unter einer das Tierleben im Boden besonders begünstigenden Steppenvegetation entstanden sind. Krotowine sind auch in unserem Profil von Unterwisternitz festgestellt worden.

Zu den äußeren Merkmalen, die bisher Gegenstand der Untersuchung waren, treten eine ganze Anzahl chemischer Besonderheiten.

1. Podsolböden, in denen der saure Humus wirksam ist, reagieren immer sauer. Ihre pH-Werte liegen also unter 7. Demgegenüber zeigen alle unsere Schwarzerdeproben deutlich alkalische Reaktion, also Werte über 7.

2. Der Karbonatgehalt. Den aus karbonathaltigem Muttergestein hervorgegangenen Schwarzerdeböden ist auch in den oberen Teilen noch ein gewisser Kalkgehalt eigen. Dies bestätigt sich auch für die dunklen Böden von Unterwisternitz. Der Karbonatgehalt betrug bei

k (untere Schwarzerde)	1,4 %	C_6 (mittlere Schwarzerde)	3,0 %
C_1 („ „)	0,7 %	C_7 (obere Schwarzerde)	0,9 %
C_2 („ „)	3,7 %	C_8 („ „)	0,8 %
n (mittlere Schwarzerde)	1,8 %		

C_6 stammt aus dem mittleren Schwarzerdehorizont, C_7 und C_8 aus dem oberen im westlichen Teil der Grube.

Die Podsolböden sind in ihren oberen Horizonten infolge der starken Auswaschung völlig karbonatfrei.

3. Der Humusgehalt. Er ist trotz der oft beinahe schwarzen Farbe des Bodens im allgemeinen nicht sehr hoch, im äußersten Fall (Gouvernement Woronesch) 16% (Stebutt 1930), meist aber viel geringer. Bei unseren dunklen Horizonten betrug er

k (untere Schwarzerde)	0,5 %	C ₆ (mittlere Schwarzerde)	1,9 %
C ₁ („ „)	0,25 %	C ₇ (obere Schwarzerde)	2,4 %
C ₂ („ „)	2,1 %	C ₈ („ „)	0,3 %
n (mittlere Schwarzerde)	0,9 %		

Diese Humusgehalte bleiben erheblich hinter den für die alpinen Humusböden festgestellten zurück. Hier schwanken sie nach Jenny (1930) zwischen 20 und 40%. Obwohl diese Böden nach Bodenprofil und Chemismus den Tschernosemböden gleichen, weil sie unter teilweise ähnlichen kleinklimatischen Bedingungen entstanden sind, können also unsere dunklen Horizonte doch nicht als alpine Humusböden gedeutet werden.

4. Die chemischen Unterschiede zwischen Schwarzerdeböden und Niedermoorböden haben Krause und Utescher (1934) herausgearbeitet. Es handelt sich dabei um die Frage, ob ein bei Wemmiten in Ostpreußen auftretender stark humoser schwarzer bis bräunlicher Boden, der nach seinem Aussehen durchaus für Schwarzerde gehalten werden durfte, wirklich Schwarzerde sei. Die Unterschiede gegenüber einem Niedermoorboden beruhen auf dem Verhältnis des salzsäurelöslichen Eisens zur salzsäurelöslichen Tonerde. Nach Krause und Utescher ist bei normaler Verwitterung (unter dem mitteleuropäischen Klima) das Verhältnis beider etwa gleich groß. Der aus 18 Analysen errechnete Mittelwert ergab folgende Zahlen:

für Lößboden	0,90
für Schwarzerde auf Löß	0,80
für Moorerde auf Schlickboden .	1,26

Bei Schwarzerde bleibt also dieser Mittelwert im Durchschnitt deutlich hinter dem Normalwert zurück. Bei Moorerde übersteigt der Eisengehalt den der Tonerde beträchtlich. Diese Unterschiede sind damit zu erklären, daß bei der Auswaschung der Eisengehalt unter den der Tonerde herabsinkt, bei Anreicherung darüber steigt.

Nun zeigen die Schwarzerdeböden immer geringe Auswaschung der Aluminium-, Eisen- und Humusverbindungen. Nur die leichtlöslichen Natrium- und Kaliumsalze sind völlig und die Karbonate zum Teil ausgewaschen. Die Moor-

und Schlickböden, dem Einfluß des Wassers stärker ausgesetzt als jene, lassen eine Anreicherung des Eisens erkennen, das aus dem Grundwasser aufgestiegen ist.

Eine Analyse, die der Chemiker der Reichsanstalt für Bodenforschung Zweigstelle Freiburg i.Br., Herr Dr. Schinzingler, ausgeführt hat, ergab bei Probe k für das Verhältnis $\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 0,8 : 1$. *Morphologie und Chemismus* der dunklen Horizonte von Unterwisternitz weisen demnach *mit aller Bestimmtheit darauf hin, daß es sich bei ihnen um begrabene Schwarzerde handelt*.

Wir haben nunmehr die *klimatischen Entstehungsbedingungen* der Schwarzerde darzulegen. Zwar herrscht in der Auffassung der verschiedenen Autoren keine völlige Einigkeit, doch trifft wohl die Darstellung, die Stebut in seinem Lehrbuch für Bodenkunde gibt, im Ganzen das Richtige.

Das kontinentale Klima, unter dem sich die Schwarzerde der südrossischen Steppen bildet, hat strenge Winter und warme Sommer. Die Hauptmenge der im ganzen Jahr nur 400–600 mm messenden Niederschlagsmenge fällt auf den Frühsommer. Im Frühjahr ist der Boden feucht genug, um bis Ende Juni einen tüppigen Graswuchs zu sichern. Die Wirkung der kontinentalen Sommerregen auf die Bodenfeuchtigkeit wird durch die Verdunstung mehr als ausgeglichen, da diese mit der hohen Sommertemperatur rasch ansteigt. Lebhaftes Sonnenbestrahlung, heftige Trockenwinde und geringe Luftfeuchtigkeit tragen das Ihrige dazu bei, um gegen den Spätsommer hin den Pflanzenwuchs absterben zu lassen und den Boden bis in beträchtliche Tiefe hinein auszutrocknen. Im feuchten Frühjahr findet also reichliche Bildung organischer Substanzen statt, die im verhältnismäßig trockenen Sommer und Herbst nur mangelhaft zersetzt werden und Humussubstanzen liefern. Der strenge, niederschlagsarme und wegen des Frostes trockene Winter verhindert den Abbau der Humussubstanzen und die Destruktion und Auswaschung des Bodens. Wenn sich die Schwarzerde auch auf anderer Gesteinsunterlage bilden kann, so ist doch das für ihre Entstehung und Erhaltung geeignetste Gestein der Löß. Die starke Porosität hält ihn auch in feuchteren Lagen und Gebieten mit weniger ausgeprägtem Kontinentalklima verhältnismäßig trocken, und der hohe, gleichmäßig verteilte Kalkgehalt wirkt der Versauerung (Podsolierung) entgegen.

Zur Erfüllung dieser Bedingungen scheint allerdings ein weiterer klimatischer Spielraum zu bestehen. Denn die Bildung der Schwarzerde ist ja nicht auf die Steppengebiete nördlich des Schwarzen und Kaspischen Meeres beschränkt. Ein breiter Schwarzerdegürtel reicht von dort durch Südsibirien und Zentralasien bis zur Mongolei. Andere Schwarzerdegebiete treten in Nord- und Südamerika und in Afrika auf.

Nach W. Hollstein (s. Stremme 1930) hat das Schwarzerdegebiet im mittleren Argentinien ein verhältnismäßig sehr ausgeglichenes Klima. Hier sinkt die Mitteltemperatur des kältesten Monats nicht oder nur wenig unter 10° , während die des wärmsten 20° übersteigt.

Die stärksten Gegensätze treten in Westsibirien auf (Tobolsk, Akmolinsk). Hier gibt K. Glinka (1914 nach Gordjagin) folgende Zahlen:

Mittlere Jahrestemperatur	0,5°	Jährliche Niederschlagsmenge	321 mm
Temperatur der		Niederschlagsmenge zur Zeit	
Vegetationsperiode	14,7°	der Vegetationsperiode	22 mm

In Sibirien liegen Tschernoseme sogar auf *ewig gefrorenem Boden*, in Gebieten also, in denen die mittlere Jahrestemperatur nicht über -2° steigen kann.

Für die Ermittlung der feineren klimatischen Bedingungen, vor allem der Temperaturverhältnisse, unter denen sich die Schwarzerde des Aufschlusses von Unterwisternitz gebildet hat, konnten keine Hinweise gewonnen werden.

D. DER MITTLERE LÖß

Der Löß über den Schwarzerdehorizonten bildet in der Mitte der Lehmgrube eine etwa dreieinhalb Meter starke völlig ungegliederte glatte Wand ohne regelmäßige Scharung von Schwindrissen. Von ihr sind nur im Gefolge des Austrocknens einige unregelmäßig geformte größere Teile heruntergebrochen. Hier war der Löß nicht zugänglich. Im östlichen Teil erwies er sich 50 cm unter der oberen Verlehmungszone als sehr fein geschichtet und gewellt und auffallend glimmerreich.

Die Schlämmanalyse einer hier entnommenen Probe (q) ergab für:

Fraktion I	30,4 %
Fraktion II	37,4 %
Fraktion III	25,4 %
Fraktion IV	6,8 %

Der Karbonatgehalt betrug 10%. In ihrem Korngrößenaufbau zeigt diese Probe eine gewisse Annäherung an die Zusammensetzung eines typischen Lösses: Fraktion II ist stärker als I vertreten; jedoch ist das hier geltende Verhältnis $II : I = 2 : 1$ noch lange nicht erreicht. Der Summe $I + II = 67,8\%$ entspricht der Karbonatgehalt.

Im westlichen Teil der Grube ist der Löß unten (unmittelbar über der Schwarzerde) ebenfalls geschichtet; hier sind einzelne kleine Quarzgerölle eingestreut und Schwarzerdelinsen von 3–4 cm Stärke eingeschaltet.

Umlagerungsvorgänge leiten demnach die Ablagerung dieser Lößmasse ein und schließen sie nach oben ab, sind also Zeugnisse für den Übergang vom trockenen Klima der Lößbildungsperiode zum niederschlagsreicheren Klima, unter dem die Schwarzerde und die Kulturschicht entstanden sind.