

## Gesetzmäßigkeiten im Feinaufbau von Talrandlößten mit Bemerkungen über die Entstehung des Lößes

Von Ernst SchönhalS, Wiesbaden. Mit 13 Abbildungen.

### Einleitung

Der echte, vom Wind herangewehte kalkhaltige Löß hat bekanntlich eine homogene Beschaffenheit, die darauf beruht, daß der langsam niedersinkende Staub nur noch geringe Schwankungen in seiner Korngrößenzusammensetzung aufweist. Einen ganz anderen Habitus besitzt der Löß in jenen Gebieten, in denen der Absatz des normalen Lößes von der Anwehung gröberer Materials beeinflußt oder gar unterbrochen wurde. Da der gröbere Kornanteil nur bis in die Randzonen seines Ursprungsgebietes transportiert werden konnte, nahm dort der Löß eine gröbere Beschaffenheit an. In vielen Fällen hat nicht nur eine Vermischung von Löß und Sand stattgefunden, sondern es trat auch in „staubarmen Zeiten“ eine selbständige Ablagerung der gröberer Bestandteile in Form von Sandbändern ein, deren Mächtigkeit und Zahl je nach der Entfernung vom Auswehungsgebiet wechseln, wie später noch gezeigt wird.

Die günstigsten Voraussetzungen für die Einwehung von gröberer Körnern bestanden in den Randgebieten unserer Flüsse, soweit sie den Sedimentationsraum des Lößes durchflossen. Wir kennen derartig geschichtete Löße aus verschiedenen Landschaften, so z. B. vom Niederrhein, wo sie von BREDDIN (1926, 1927) näher beschrieben wurden. Auch am Ostrand der Magdeburger Börde stellen sich neben gröberer Lößen von Sandbändern durchzogene Löße ein, die auf der zeitweiligen Einwehung von Sand aus dem benachbarten Elbe-Tal beruhen (SCHÖNHALS 1952). Größere und geschichtete Löße finden sich auch im Rheingau, wo sie das Nordufer des Rheins von Wiesbaden-Biebrich bis westlich Geisenheim begleiten (SCHÖNHALS 1950). In ähnlicher Ausbildung wurde diese sandige Lößfazies, die nichts mit „Fließlößen“ oder vom Wasser verlagerten Lößen zu tun hat, auch am Schwarzwaldrand nördlich Freiburg und an der Westseite des Kaiserstuhls vom Verfasser beobachtet. Sie ist weiterhin in anderen nordwest- und süddeutschen Lößgebieten anzutreffen. Auch aus Osteuropa (VOGEL 1950) und Nordamerika (mündliche Mitteilung von Herrn Prof. FRYE, State Geological Survey of Kansas) wird von geschichteten Lößen in der Nähe von Flüssen berichtet. Diese wenigen Beispiele genügen bereits, um zu zeigen, daß derartige Windablagerungen in zahlreichen Lößgebieten vorkommen.

Besonders gut ausgebildete geschichtete Löße lernte der Verfasser in Nordböhmen kennen, und zwar zwischen Königgrätz (Hradec Králové) an der Elbe und Neu-Bydžov-Chlumec an der Cidlina im Westen. Da der Löß in zahlreichen Ziegeleien und Lehmgruben aufgeschlossen ist, war es möglich, spezielle Untersuchungen durchzuführen, über die im folgenden berichtet werden soll. Dabei kann jedoch auf stratigraphische und paläopedologische Ergebnisse nicht eingegangen werden (SCHÖNHALS 1951).

### 1. Allgemeines

Hinsichtlich der Verbreitung des Lößes bildet die Elbe zwischen Josefstadt im N und Pardubitz im S eine markante Grenze, insofern nämlich, als östlich des Flusses der Löß völlig fehlt, während er am Westufer des bis zu 3 km breiten Elbe-Tales unmittelbar beginnt und auf eine Entfernung von 4—8 km in einer fast geschlossenen Decke den Untergrund verhüllt (Abb. 1). Weiter in

westlicher Richtung löst sich die Lößdecke stärker auf, so daß die Kreideschichten (Pläner) auf großen Flächen zutage anstehen. Die Mächtigkeit des Lößes überschreitet im allgemeinen 1,5 m. An zahlreichen Stellen erreicht die gelbe Staubdecke auch mehr als 10 m. Vereinzelt wurden sogar annähernd 20 m gemessen, aber nur dort, wo mehrere Löße mit ihren typischen Böden erhalten geblieben sind. Mit Ausnahme dieser wenigen Vorkommen gehört die Hauptmasse des Lößes dem jüngeren Würm an und zwar dem Würm III. Die Untersuchungen betreffen also — wenn nicht besonders angegeben — nur diesen jüngsten Löß.



Abb. 1. Die Verbreitung des Lößes westlich Königgrätz.

In der Ausbildung des Lößes lassen sich mehrere Faziesbereiche unterscheiden, die sich von der Elbe aus in westlicher Richtung aneinanderreihen. So kann man zunächst entlang des Westufers die sog. Flugsandfazies verfolgen. Sie hat eine unterschiedliche Breite. Meist ist es auch nicht mehr möglich, ihre ursprüngliche Ausdehnung zu bestimmen, da ein Teil durch jüngere Erosion zerstört wurde. An manchen Stellen, so z. B. westlich und nordwestlich Königgrätz, fiel der zur Flugsandfazies gehörige Streifen restlos der Erosion zum Opfer, ja auch die daran anschließende Bänderfazies ist teilweise verschwunden. Zwischen Libišany und Plačice kann allerdings die ursprüngliche Breite noch beobachtet werden, und zwar erreicht sie über 500 m (Abb. 1). Mitunter tritt die Flugsandfazies auch morphologisch in Erscheinung, so z. B. nördlich Libišany, wo zwei parallel verlaufende Flachdünen, durch eine etwa 200 m breite Einmündung getrennt, noch zu erkennen sind. Die zwischen Plačice und Plotiště vorkommenden Randdünen der Flugsandfazies sind dagegen durch Abtragung teilweise eingeebnet und girlandenartig aufgeteilt.

An die Flugsandfazies schließt sich die Bänderfazies an, die dadurch gekennzeichnet ist, daß Sandbänder den echten kalkhaltigen Löß durchziehen. Die Zahl der Sandbänder und ihre Mächtigkeit wechseln mit der Entfernung vom Talrand, wie weiter unten im einzelnen noch erläutert wird. Die Bänderfazies erlangt eine Breite von maximal ca. 700 m, allerdings werden in dieser Entfernung vom Westufer der Elbe nur noch wenige dünne Sandbänder beobachtet, deren Hauptmasse auf die ersten 500 m beschränkt bleibt. Mit dem Zurücktretten bzw. Verschwinden der Sandbänder beginnt eine dritte Zone, die als Übergangsfazies bezeichnet wird. Der Löß weist hier noch eine etwas gröbere Körnung auf; mitunter sind auch noch dünne Sandschmitzen eingelagert. Erst die nun anschließende Normalfazies besitzt die gleichmäßige, typische Lößkörnung; Sandbänder fehlen darin. Die normale Ausbildung wird nur dort noch einmal unterbrochen, wo durch neu auftretende Ausblasungsräume wiederum gröberes Material in den Löß gelangte. Derartige Zonen, die im allgemeinen wiederum an selbständigen Sandeinlagerungen zu erkennen sind, schließen sich an die Westränder des Bystrice- und Cidlinatales an (vgl. Abb. 1).

Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen die in den Löß eingeschalteten Sandbänder, insbesondere ihre Verteilung im Profil und die Veränderungen in horizontaler Richtung. Als besonders geeignet erwies sich das Gebiet westlich Königgrätz, vor allem weil hier alle Faziesbereiche vorhanden und gut aufgeschlossen sind. Außerdem heben sich die Sandbänder wegen ihrer roten Farbe deutlich von dem gelben Löß ab, was für die durchzuführenden Messungen von großem Vorteil war. Die rote Farbe beruht auf dem in der Vorbergzone des Riesengebirges und der Sudeten vorkommenden Rotliegenden, das auch an den pleistozänen und holozänen Ablagerungen der Elbe Anteil hat (rote Auelehme).

## 2. Spezielle Untersuchungen

Da es nicht möglich war, alle Beobachtungen und Messungen an Ort und Stelle auszuwerten, wurden die einzelnen Sandbänder auf etwa 5 cm breiten Papierstreifen, wie sie für Registrierkassen Verwendung finden, aufgezeichnet. Man erhielt dadurch ein naturgetreues Abbild der vorher glatt abgestochenen Profilwand mit den einzelnen Sandbändern, deren Dicke durch vorheriges Anritzen der Ober- und Unterseite besser erkennbar war. Auf diese Weise konnten in verhältnismäßig kurzer Zeit alle wichtig erscheinenden Profile aufgenommen werden. Bei der späteren Auswertung stellte es sich jedoch als notwendig heraus, nur Mächtigkeiten von 0,5, 1, 1,5, 2 cm usw. zu unterscheiden, damit eine rechnerische und graphische Auswertung möglich war.



Wie an mehreren größeren Aufschlußwänden beobachtet werden konnte, fallen die Sandbänder mit etwa  $1-2^\circ$  nach dem Tal hin ein. Es war weiterhin festzustellen, daß ein Teil der leicht gewellten Bänder schon nach 10–30 m nicht mehr zu erkennen war, andere Lagen hingegen auf eine Erstreckung von mehr als 100 m ohne wesentliche Änderungen ihrer Dicke den gelben Löß durchzogen. In welcher Weise die Sandbänder in den einzelnen Lößprofilen auftreten, veranschaulichen die Abb. 2, 3 und 4. Die Profile auf den Abb. 2 und 3 stammen aus der Nachbarschaft von Königgrätz, diejenigen auf Abb. 4 vom Westrand des Cidlínatals (Ziegeleigruben nordöstlich und nördlich Neu-Bydžov).

Die beiden ersten Profilserien geben einen Querschnitt durch die Flugsand- und Bänderfazies. Dabei ist zu bemerken, daß die in Abb. 2 dargestellten Profile mit Ausnahme des Profils Nr. 1 von einer einzigen Aufschlußwand stammen, und zwar aus der großen Ziegelei westlich Předměřice. Das rechte, kurze Profil wurde etwa 250 m weiter südlich, d. h. unmittelbar am Abfall zur heutigen Flußau aufgenommen, wo die Flugsandfazies noch nicht von der Erosion vollständig zerstört ist. So ergab sich durch die Profile 2–6 eine in O-W-Richtung aneinandergereihte Serie, die zur näheren Untersuchung besonders geeignet

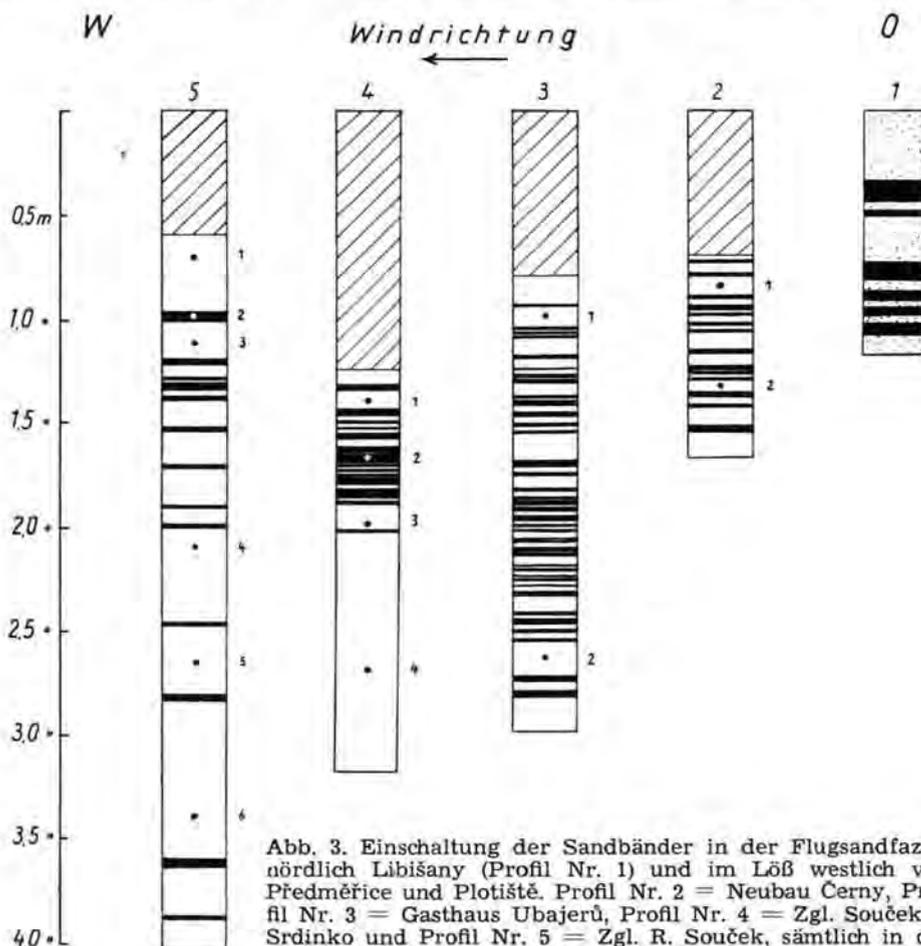


Abb. 3. Einschaltung der Sandbänder in der Flugsandfazies nördlich Libišany (Profil Nr. 1) und im Löß westlich von Předměřice und Plotiště. Profil Nr. 2 = Neubau Černý, Profil Nr. 3 = Gasthaus Ubajerů, Profil Nr. 4 = Zgl. Souček & Srdinko und Profil Nr. 5 = Zgl. R. Souček, sämtlich in der Gemarkung Plotiště.

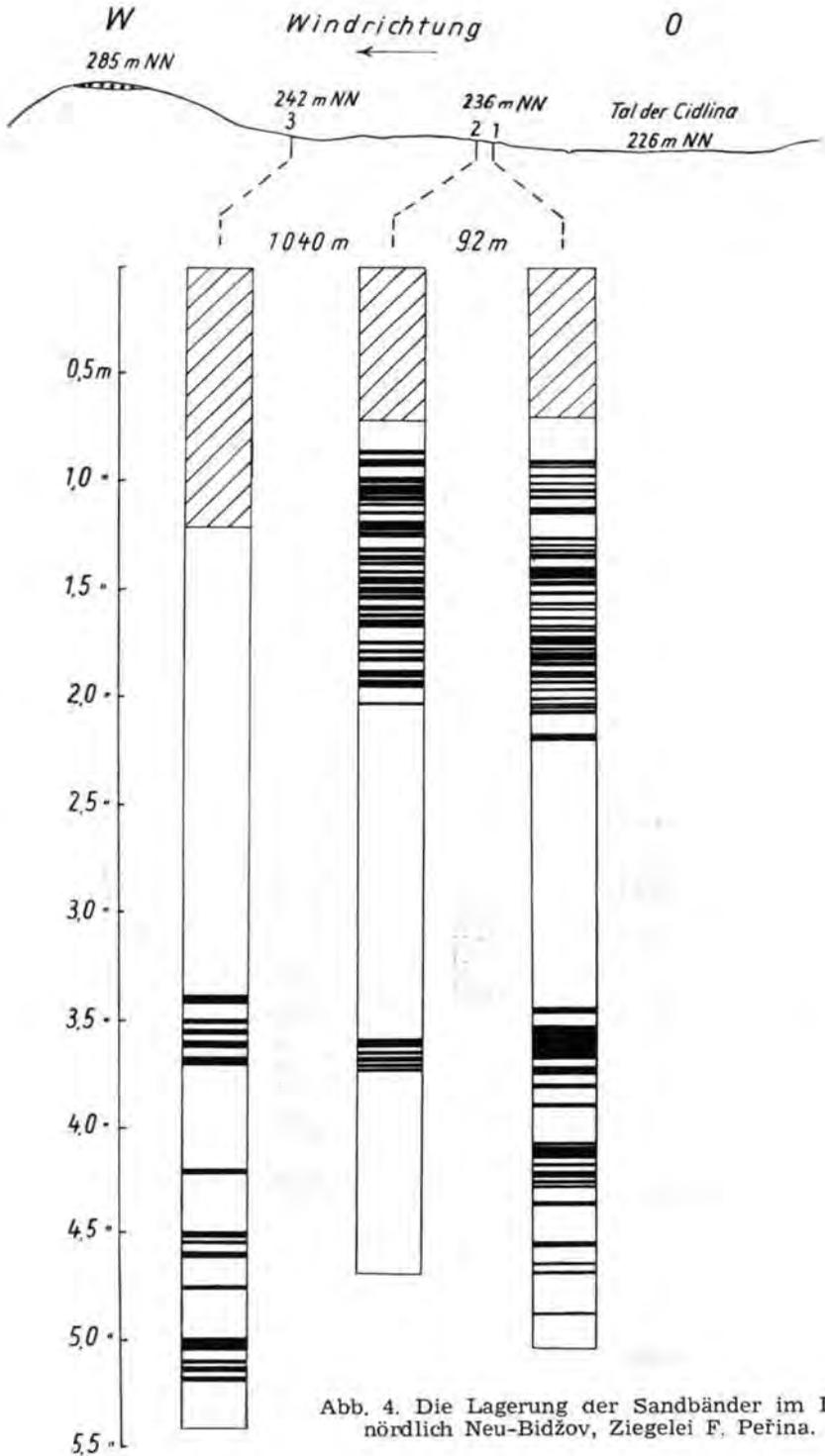


Abb. 4. Die Lagerung der Sandbänder im Löß nördlich Neu-Bidžov, Ziegelei F. Peřina.

schien. Die gemessenen Entfernungen zwischen den Beobachtungsstellen sind am unteren Rand angegeben. Die Lößaufschlußwand liegt 248 bis 250 m ü. N.N., d. h. etwa 15 m über der Aue der Elbe (235 m ü. N.N.).

Die Profile der Abb. 3 liegen mit Ausnahme des Profils 1 (Libišany) ebenfalls westlich von Předměčice und dem südlich anschließenden Dorf Plotišťe. Da sie nicht wie die vorhergehenden von O nach W aufeinander folgen, sind sie zur Ermittlung der aus den zuerst genannten Profilen abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten weniger geeignet. Das gleiche trifft für die in den Ziegeleigruben bei Neu-Bydžov aufgenommenen Profilen zu, die einen Ausschnitt aus der Bänderfazies darstellen, und zwar aus ihrem ersten Teil (Abb. 4, Profil 1 u. 2) und ihrem Ende. Die auffällige Teilung in eine obere und untere Sandbänderzone beruht darauf, daß es sich um zwei verschiedenaltige Würmlöße handelt.

Aus den Abbildungen 2 und 3 ist bereits zu ersehen, daß sich in der Nähe der Elbe dickere Sandbänder einstellen als weiter westlich und auch die Zahl der Lagen nach Westen hin abnimmt. Um diese Veränderungen besser zu veranschaulichen, wurde zunächst von jedem Profil der sog. Mächtigkeitsspiegel entworfen (vgl. Abb. 5, 6 u. 7). Man erkennt auf diese Weise sehr deutlich die schon erwähnte Abhängigkeit der Mächtigkeit der Sandbänder von der Entfernung vom Auswehungsgebiet. Bei einigen Profilen kann auch die Wahrnehmung gemacht werden, daß die Zu- oder Abnahme der Sandbänder-Mächtigkeit in vertikaler Richtung nicht plötzlich, sondern sukzessive erfolgt. Es liegt also beispielsweise über einem 1,5 cm starken Band zunächst eines von 2,5, dann

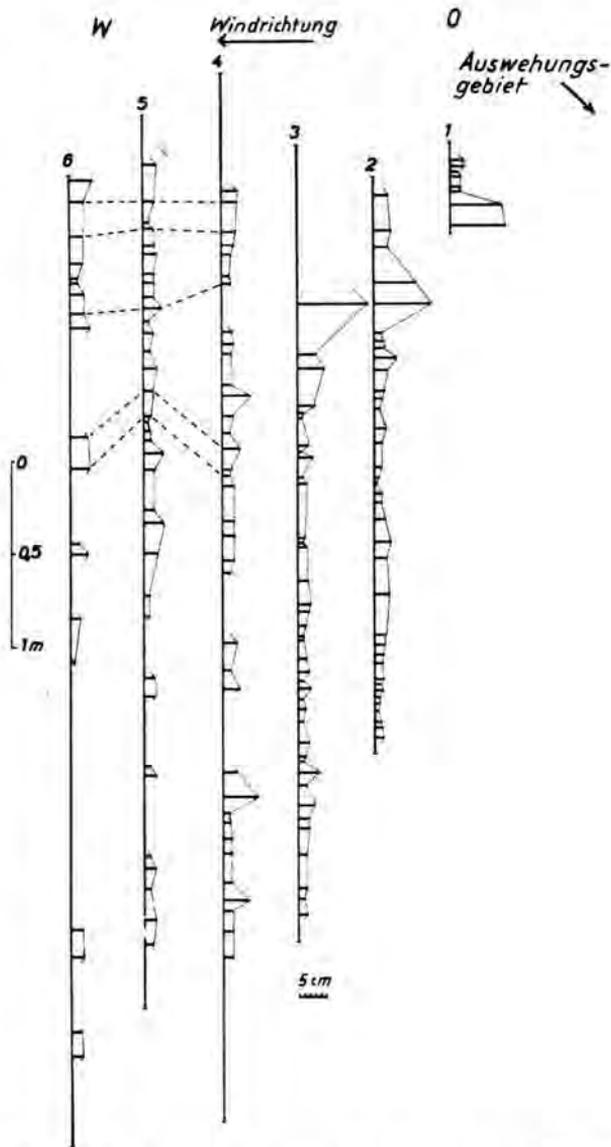


Abb. 5. Die Mächtigkeitsspiegel der Profile von Abb. 2.

Es liegt also beispielsweise über einem 1,5 cm starken Band zunächst eines von 2,5, dann

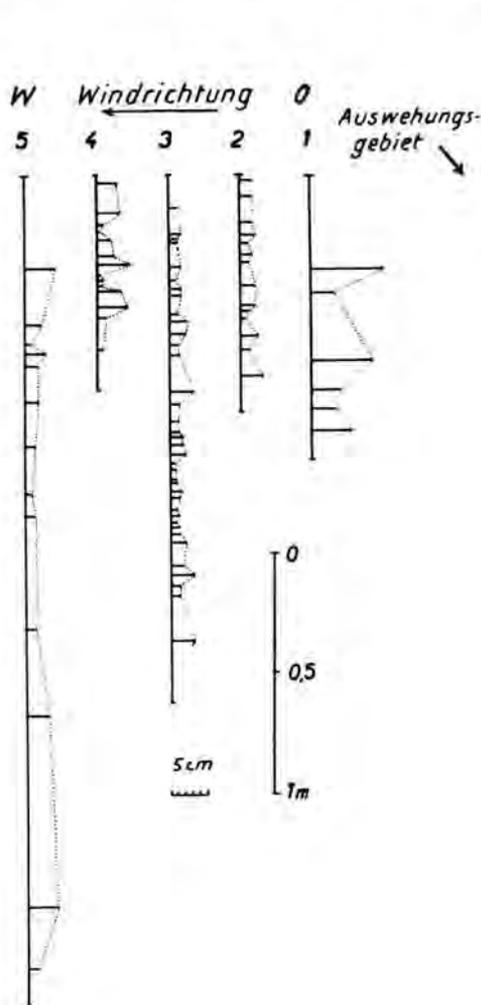


Abb. 6 Die Mächtigkeitsspiegel der Profile von Abb. 3.

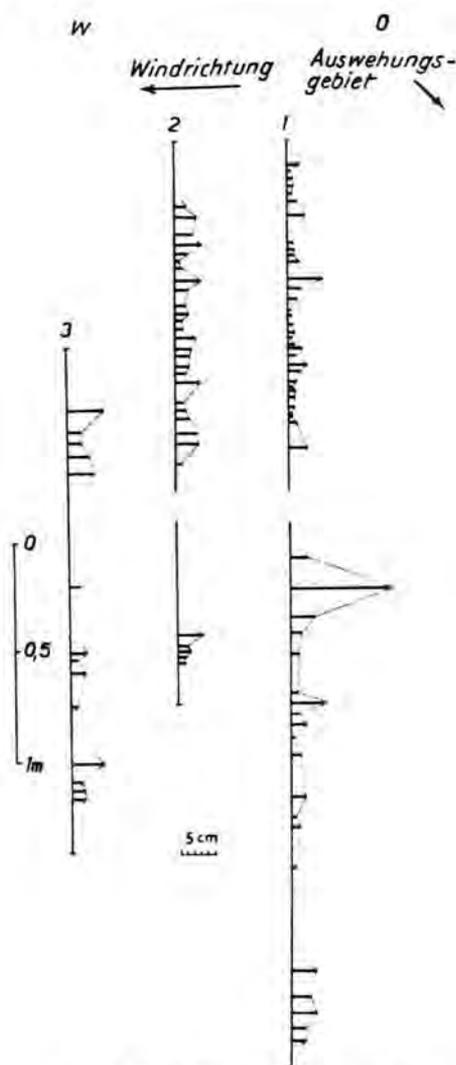


Abb. 7 Die Mächtigkeitsspiegel der Profile von Abb. 4.

eines von 3,5 cm, und schließlich wird mit einem 5 cm starken ein Maximum erreicht. Darüber nimmt dann die Mächtigkeit der Bänder wieder laufend ab. Diese Erscheinungen sind in Abb. 7, Profil 1 und 2, oberer Teil, und in Abb. 6 gut zu erkennen.

Das bisher erläuterte Beobachtungsmaterial läßt in der Aufeinanderfolge der Sandbänder, in den Schwankungen der Mächtigkeit und in ihrer regionalen Verteilung bereits gewisse Abhängigkeiten erkennen, zu deren genauer Erfassung eine rechnerische und graphische Auswertung der Beobachtungen notwendig war.

Die an den 3 Aufschlußreihen durchgeführten Messungen und Berechnungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Um die Beziehungen jedoch leichter erkennen zu können, wurden einige Ergebnisse der Profilsreihe auf Abb. 2 graphisch aufgetragen, so z. B. die Beziehung zwischen dem prozentualen Anteil

1	Lage und Bezeichnung der Profile	Ziegelei westlich Předměřice (vgl. Abb. 2)						Lehm- und Ziegeleigruben westlich Předměřice u. Kiesgrube Libišany (vgl. Abb. 3)					Ziegeleigruben Neu-Bidžov, getrennt in ob. u. unt. Teil (vgl. Abb. 4)		
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3
2	Nr. der Profile														
3	Höhe des Aufschlusses in m	1,3	4,9	5,35	6,7	5,7	6,4	1,2	1,7	3,0	2,2	4,05	5,9	5,2	6,9
4	Zur Auszählung und Berechnung verwendbare Lößmächtigkeit in m	0,42	3,15	4,45	5,60	4,7	5,2	1,0	1,0	2,05	0,9	3,45	1,4	1,4	
													2,5	1,2	2,0
5	Gesamtmächtigkeit der Sandbänder in cm	32,0	77,5	84,0	75,5	65,0	44,0	34,5	22,0	51,0	30,5	29,5	47,5	50,5	
													55,0	8,5	33,5
6	Gesamtzahl der Sandbänder	8	37	39	36	35	18	6	14	38	14	13	33	25	
													21	5	14
7	Prozentualer Anteil der Gesamtmächtigkeit der Sandbänder am LÖß	76,0	24,6	18,8	13,5	13,8	8,4	34,5	22,0	24,9	33,8	8,55	33,9	36,0	
													22,0	7,0	16,7
8	Durchschnittliche Anzahl der Sandbänder je Meter Löß	19,0	12,0	8,7	6,4	7,4	3,5	6,0	14,0	18,5	15,5	3,7	23,5	17,8	
													8,4	4,2	7,0
9	Größte Mächtigkeit der Sandbänder in cm	10,0	10,0	12,5	6,0	3,5	4,0	10,0	3,0	3,0	5,0	4,5	5,5	4,0	
													15,5	3,5	5,0
	Kleinste	1,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	3,0	0,5	0,5	0,5	1,0	0,5	0,5	
													0,5	1,0	1,0

Tab. 1. Übersicht über die an den Aufschlüssen westlich Předměřice und nördlich Neu-Bidžov ermittelten Kennwerte

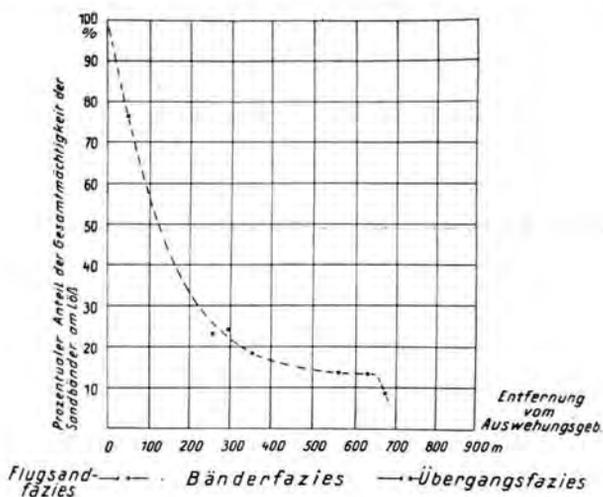


Abb. 8. Beziehung zwischen dem prozentualen Anteil der Gesamtmächtigkeit der Sandbänder am Löß und der Entfernung vom Auswehungsgebiet.

der Gesamtmächtigkeit der Sandbänder am Löß und der Entfernung vom Auswehungsgebiet (Abb. 8). Setzt man nun den prozentualen Anteil der Gesamtmächtigkeit der Sandbänder am Löß in Beziehung zu dem Logarithmus der Entfernung, dann ergibt sich, daß die Abnahme linear erfolgt (Abb. 9). Eine wesentliche Änderung in der Abnahme tritt in einer Entfernung von ca. 320 und 620 m ein, wo die Sandbänder an Zahl abnehmen bzw. auskeilen.

Die Zu- und Abnahme der durchschnittlichen Anzahl der Sandbänder je Meter Löß wird durch die Schaulinie der Abb. 10 wiedergegeben. Man sieht, daß die Flugsandfazies nur aus wenigen dicken Sand-

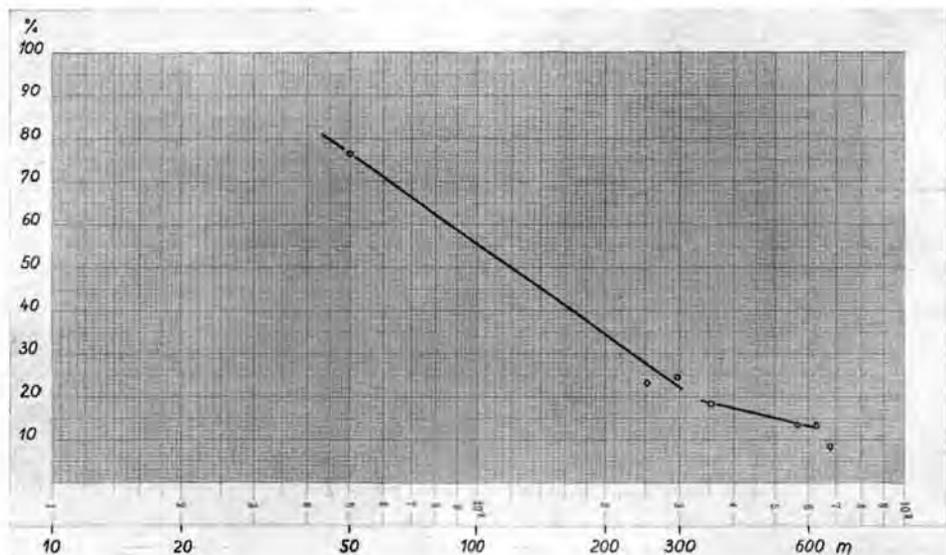


Abb. 9. Beziehung zwischen dem prozentualen Anteil der Gesamtmächtigkeit der Sandbänder am Löß und dem Logarithmus der Entfernung vom Auswehungsgebiet.

lagen besteht (vgl. auch die Abb. 2 und 3, rechtes Profil), die sich jedoch rasch in zahlreiche dünne Bänder auflösen. In einem Abstand von etwa 100 m vom Auswehungsgebiet wird ein Maximum erreicht; dann nimmt die Anzahl der Sandbänder bis zu einer Entfernung von etwa 350 m rasch ab und bleibt bis etwa 650 m unter 9. Für den letzten Aufschluß (Profil 6) wurden je Meter Löß nur noch 3,5 berechnet.

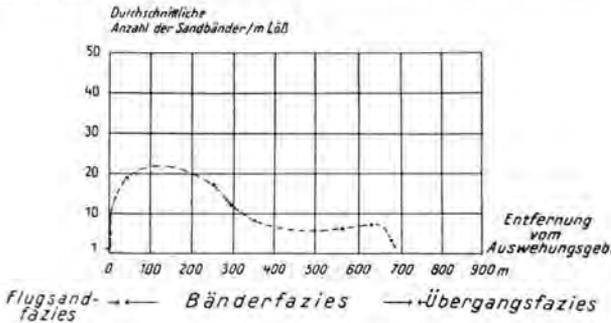


Abb. 10. Beziehung zwischen der durchschnittlichen Anzahl der Sandbänder je Meter Löß und der Entfernung vom Auswehungsgebiet.

Aufschlußreich war auch die Verteilung der Sandbänder auf die einzelnen Mächtigkeiten (1, 1,5, 2 cm usw.). Da die Gesamtanzahl der Sandbänder bei jedem Profil auf eine verschiedene Lößmächtigkeit verteilt ist, mußte bei der Ermittlung der Häufigkeit von der durchschnittlichen Anzahl je Meter Löß ausgegangen werden (Tab. I, Spalte 8). Die durchschnittliche Anzahl jeder einzelnen Bandmächtigkeit je Meter Löß war jedoch nicht bekannt. Es wurde daher zunächst festgestellt, wieviel Bänder von jeder Mäch-

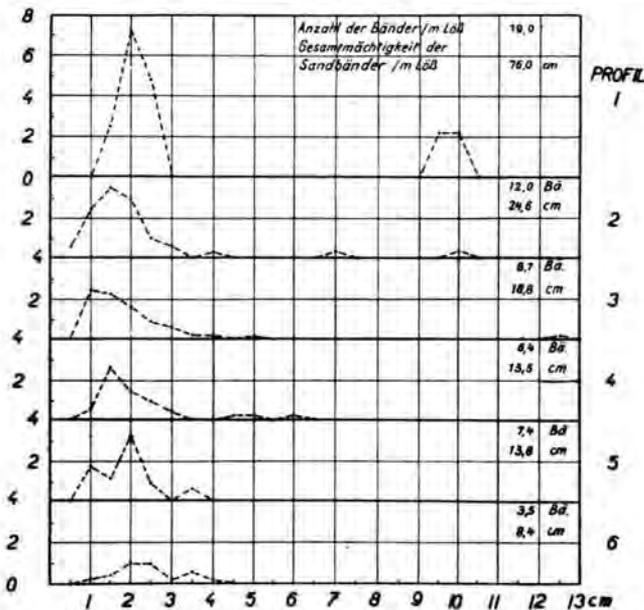


Abb. 11. Die Häufigkeitsdiagramme der in Abb. 2 dargestellten Profile. Aus den Diagrammen ist zu ersehen, wieviel Bänder von jeder einzelnen Mächtigkeitsstufe im Durchschnitt je Meter Löß vorkommen.

tigkeitsstufe im gesamten Profil vorkommen und welchen Anteil sie jeweils an der Gesamtanzahl (Tab. 1, Spalte 6) haben. Unter Zugrundelegung dieser Anteile konnte nun die Aufteilung der durchschnittlichen Anzahl je Meter Löß (Tab. 1, Spalte 8) auf die einzelnen Mächtigkeitstufen vorgenommen werden.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen an den Profilen der Abb. 2 finden sich in Abb. 11. Aus den Häufigkeitsdiagrammen ist zu entnehmen, daß zunächst die 2 und 2,5 cm starken Sandbänder vorwalten; daneben kommen auch je zwei 9,5 und 10 cm dicke Bänder vor. Bei dem zweiten Aufschluß überwiegen die 1,5 und 2 cm starken Bänder und bei Profil Nr. 3 die 1 und 1,5 cm starken. Im letzten Teil der Bänderfazies dominieren wieder die etwas dickeren Lagen, so bei Profil Nr. 4 die 1,5 und 2 cm, bei Profil Nr. 5 die 2 cm starken. Die wenigen Sandbänder am Schluß (Profil Nr. 6) erreichen wieder 2 und 2,5 cm. Man kann also bis etwa 295 m vom Auswehungsgebiet (Profil Nr. 3) eine allmähliche Verschiebung des Maximums von den 2 cm zu den 1 cm starken Bändern und dann bei den 3 letzten Profilen wieder den umgekehrten Vorgang beobachten, d. h. ein Wandern des Maximums von 1 über 1,5, 2 zu 2,5 cm. Die zuletzt erwähnte, von links nach rechts gerichtete Verschiebung des Maximums wurde auch bei den Profilen Nr. 1 und 2 von N. Bydžov beobachtet, allerdings nur im oberen Teil.

#### Die Korngrößenzusammensetzung in Abhängigkeit von der Entfernung vom Auswehungsgebiet

Zum Zwecke der Untersuchung der mechanischen Zusammensetzung des Lößes und der darin eingeschalteten Sandlagen wurden in fast allen Aufschlüssen Proben entnommen. Es ist jedoch an dieser Stelle nicht möglich, auf sämtliche Ergebnisse im einzelnen einzugehen; nur einige typische Beispiele sollen, soweit sie zur Ergänzung der vorhergehenden Ausführungen erforderlich sind, angeführt werden. In Abb. 12 gelangten die Analysendaten in Form von Summenkurven zur Darstellung.

Die Proben des Diagramms Nr. 1 stammen aus der Flugsandfazies, die in der Kiesgrube F. Vacek, Plačice, aufgeschlossen ist. An dem Verlauf der Kurven erkennt man, daß die Hauptmasse der Körner, nämlich 80—85%, größer als 0,1 mm ist. Der höchste Kornanteil entfällt auf die Fraktion 0,1—0,25 mm. Die Proben der Diagramme 2 und 3 wurden am Beginn der Bänderfazies entnommen, und zwar im nördlichen Teil des Ortes Plotišť (Neubau Černý, vgl. Abb. 3, Profil 2) sowie 2 km weiter nördlich im Dorf Předměřice gegenüber dem Gasthaus Ubajerů (Abb. 3, Profil 3). Auch an dieser Stelle, also in unmittelbarer Nähe des Ufers, kommt der starke Einfluß des Auswehungsgebietes an der größeren Beschaffenheit des zwischen den Sandbändern liegenden Lößes und in dem an die Flugsande erinnernden Kurvenverlauf noch deutlich zum Ausdruck. Etwas weiter westlich zeigt der Löß bereits eine feinere Körnung, wie auch die Kurven der Diagramme 4 und 5 erkennen lassen, die der typischen Bänderfazies angehören (Abb. 3, Profil 4 und Abb. 2, Profil 6). Hier ist nun schon eine an die Zusammensetzung typischer Löße herankommende Kornfeinheit erreicht; daneben treten aber noch selbständige Sandbänder auf, die nur wenig feines Staubmaterial enthalten. Infolgedessen sind auch die Sandproben aus dem westlichsten Profil von Předměřice (Abb. 2, Profil Nr. 6) und dem Profil Nr. 4 der Abb. 3 nur wenig feinkörniger als die Flugsande von Plačice, während die Löße der genannten Profile doch schon eine recht feinkörnige Beschaffenheit haben. Die Proben der nächsten 3 Diagramme (Nr. 6, 7 und 8) stammen aus dem Bereich der Übergangs- und Normalfazies und zwar aus Aufschlüssen, die 1 bis 1,5 km west-

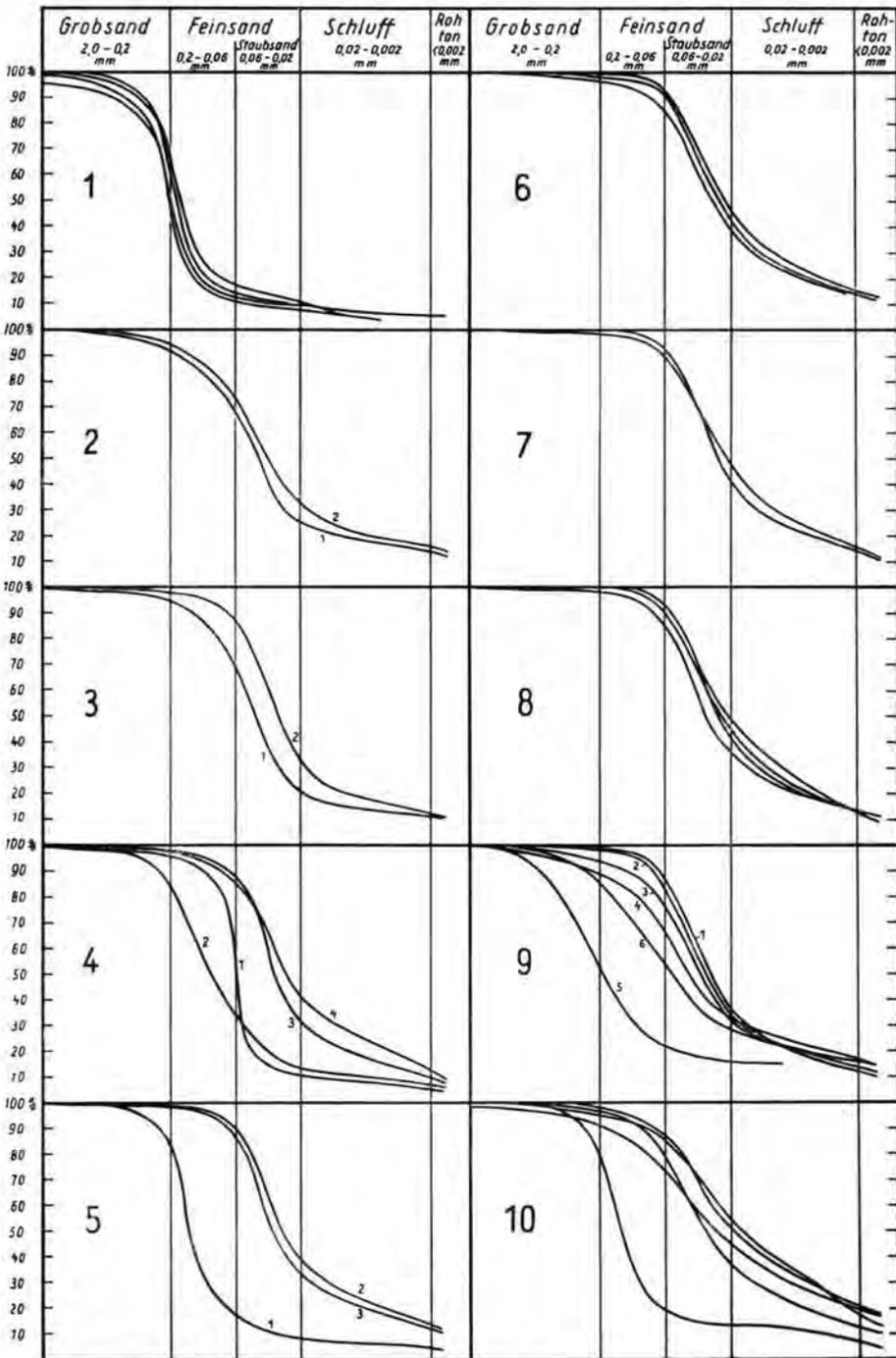


Abb. 12. Graphische Darstellung von Körnungsanalysen aus den verschiedenen Faziesbereichen des Lösses (Einzelheiten im Text).

lich von Plotiště und Předměrice liegen. In dieser Entfernung treten keine Sandlagen mehr auf; wie aus dem Verlauf der Kurven hervorgeht, handelt es sich vielmehr um typischen Löß, der auch in der Vertikalen keine größeren Körnungsunterschiede aufweist. Gehen wir noch etwas weiter nach Westen, so beispielsweise in die Ziegelei J. Hampe bei Rosnice, dann finden wir einen noch etwas feineren Löß (in Abb. 12 nicht dargestellt).

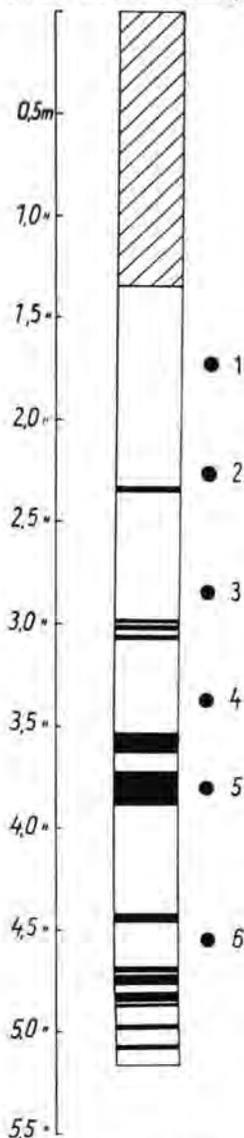


Abb. 13. Die Lagerung der Sandbänder im Löß der Ziegelei Kužel, Hvozdnice. Ergebnisse der Körnungsanalysen vgl. Abb. 11, zweitletztes Diagramm.

Aus den Körnungsanalysen geht also deutlich hervor, daß der Löß in westlicher Richtung rasch eine immer größere Kornfeinheit annimmt. Aber bereits in etwa 1 km Entfernung vom Westrand des Auswehungsgebietes stellt sich die normale Lößkörnung ein, die dann auch im allgemeinen ohne große Schwankungen beibehalten wird. Körnungsunterschiede machen sich erst dort wieder bemerkbar, wo der Wind aus neuen Liefergebieten Sand einwehen konnte, wie sie z. B. trockene Terrassenflächen oder manche Flußtäler bildeten. So bestehen die Sand-schichten des in Abb. 13 dargestellten Profils der Ziegelei Kužel bei Hvozdnice aus Terrassensanden. Die Ergebnisse der von 6 Proben ausgeführten Körnungsanalysen vermittelt das zweitletzte Diagramm der Abb. 12.

Eine ungleich größere Anzahl Sandlagen tritt im Löß westlich des Bystrice- und Cidlina-Tales auf, so bei Neu-Bydžov (Abb. 4) und Boharyně. In einem Hohlweg auf der Anhöhe westlich von Boharyně war zu beobachten, daß zahlreiche, meist 0,5—1,5 cm starke Sandbänder den Löß durchziehen. Wie aus dem letzten Diagramm der Abb. 12 hervorgeht, handelt es sich bei Boharyně um einen vermutlich schon weiter transportierten Normallöß, der durch eingewehten Sand „verunreinigt“ ist. Im oberen Teil des Profils besitzt der Löß noch eine feinere Körnung als bei Rosnice, was auf der größeren Entfernung von der Elbe beruht (12 km).

### 3. Deutungen und Schlußfolgerungen

Berücksichtigt man zunächst nur einmal die Beobachtungen im Gelände, so gelangt man schon zu dem Schluß, daß es sich um echte Windablagerungen handelt. Dafür sprechen nicht nur die Sandbänder im kalkhaltigen Löß, sondern auch ihre Lagerung. Hätten sich die Sandlagen unter Mitwirkung des Wassers abgesetzt, so wäre niemals diese doch ziemlich regelmäßige Schichtung von Sand und Löß zustande gekommen. Aber noch aus einem anderen Grund ist es so gut wie ausgeschlossen, daß der Fluß zur Zeit der Lößbildung einen Streifen bis zu 700 m Breite überflutet hat: Alle Sedimentationsgebiete des echten kalkhaltigen Lößes waren trocken, und dies ist auch hier der Fall gewesen.

Das Tal der Elbe, aus dem die Sandeinwehungen erfolgten, lag etwas tiefer, und es sind keine Anhaltspunkte für ein zeitweiliges Übergreifen des Flusses auf sein Randgebiet vorhanden. Wären diese Voraussetzungen nicht erfüllt gewesen, dann hätte sich kein typischer Löß bilden können, erst recht nicht in dieser großen Mächtigkeit.

Weisen also allein schon die erwähnten Beobachtungen auf eine äolische Entstehung hin, so sei doch noch einmal auf die in den Abb. 8—11 dargestellten Gesetzmäßigkeiten hingewiesen. Es ist wohl nicht möglich, beispielsweise die Abnahme des prozentualen Anteils der Gesamtmächtigkeit der Sandbänder am Löß und die Zu- und Abnahme der durchschnittlichen Anzahl der Sandbänder je Meter Löß anders als durch die Wirkung des Windes zu erklären. Auch aus der in den Häufigkeitsdiagrammen der Abb. 11 erkennbaren Verteilung der verschiedenen Sandbänder-Mächtigkeiten läßt sich die Arbeit des Windes und nicht die des Wassers ablesen.

Sollten diese Beobachtungen und Gesetzmäßigkeiten jedoch noch nicht genügend Beweiskraft haben, dann sei noch einmal auf die Ergebnisse der Körnungsanalysen hingewiesen. In allen Fällen handelt es sich um typische Kurven äolischer Sedimente. Darüber hinaus kann die Zunahme der Kornfeinheit nach Westen nur auf Winde zurückgeführt werden, die aus östlicher Richtung wehen und aus dem zeitweise trockengelegten Elbetal verschiedenkörniges Sand- und Staubmaterial auf die schwach ansteigende Lößhochfläche transportierten. Dabei fand eine Sortierung statt, wobei die gröberen Komponenten am Rand des Auswehungsgebietes liegen blieben, die feineren aber weiter nach Westen geweht wurden. Es ist selbstverständlich, daß in der Nähe des Liefergebietes nicht nur das gröbere Material, sondern auch die größte Masse des Sandes liegen blieb. Hier bildeten sich infolgedessen auch die mächtigsten Sandbänder.

Wie die weiter im Westen durchgeführten Untersuchungen ergeben haben, lieferten auch die kleineren Flußtäler Sand, der wiederum nur auf den Westseiten der Täler dem Löß eingeschaltet ist; auch diese Tatsache spricht eindeutig für östliche Winde. Es dürfte also feststehen, daß die in den jüngsten Würm-Löß eingelagerten Sandschichten von östlichen Winden aus dem Elbetal und den beiden kleineren Tälern eingeweht wurden. Eine andere Herkunft und Entstehungsweise ist kaum möglich. Inwieweit nun auch das feinere Lößmaterial aus den Anschwemmungen der genannten Flüsse stammt, kann allein auf Grund der durchgeführten Untersuchungen nicht mit Sicherheit angegeben werden. Da aber die Wasserläufe nicht nur grobes, sondern auch feineres Material gebracht haben, darf zunächst wohl angenommen werden, daß zumindest ein Teil des Lößes fluviatiler Herkunft ist. Hätten größere ferntransportierte Staubmassen dieses Gebiet erreicht, dann wären sie höchstwahrscheinlich auch in der Terrassenlandschaft östlich der Elbe sedimentiert worden. Dort fehlt jedoch der Löß. Wenn aber in diesem Gebiet Löß zur Ablagerung gekommen ist, dann hat es sich nur um verhältnismäßig geringe Mengen gehandelt, die in späterer Zeit wieder abgetragen wurden. Aus alledem kann man doch wohl schließen, daß auch der größte Teil des jüngsten Würm-Lößes aus den fluviatilen Anschwemmungen, vor allem jenen der Elbe stammt. Neben Flußsedimenten haben in einigen Teilen Nordböhmens auch feinkörnige Kreidesedimente Anteil am Löß, der dann einen hohen Kalkgehalt besitzt (Lokalfazies).

Die scharfe Trennung von Sandlagen und Löß ist wohl auf die unterschiedliche Windstärke zurückzuführen. Bei stärkeren Winden geriet der an feinerem Staub schon verarmte Sand im Tal in Bewegung, der schließlich bis zu einem

halben Kilometer nach Westen verlegt wurde. Eine auf die Sandablagerung folgende Staubschicht, die bis zur Festlegung durch eine dürftige Vegetation ebenfalls noch verweht werden konnte, begrub schließlich den Flugsand. Dieser Vorgang der Sand- und Lössanwehung wiederholte sich in der Folgezeit. Ob nun die über eine größere Entfernung hin horizontbeständigen Sandlagen jeweils einer bestimmten, in kürzeren oder längeren Abständen wiederkehrenden „Zeit mit starkem Wind“ entsprechen, ist möglich; ein Beweis hierfür kann jedoch nicht angeführt werden. Wahrscheinlich hing die Verwehung und flächenhafte Verteilung des Sandes auch noch von Faktoren ab, die heute nicht mehr im einzelnen erkennbar sind (Vegetation, Mikrorelief). Trotz dieser unbekannt Einflüsse lassen sich doch noch gewisse Gesetzmäßigkeiten ableiten, die uns in die Lage versetzen, die damaligen Vorgänge in großen Zügen anzugeben. Wir haben außerdem die Möglichkeit, von isolierten Aufschlüssen die Kennwerte zu bestimmen, aus denen wir dann den Faziesbereich, zu dem die betreffende Beobachtungsstelle gehört, ableiten können. Eventuelle Änderungen der Oberflächenformen, so z. B. durch junge Flußerosion, sind dann u. U. festzustellen.

Die gleiche Ansicht über die Entstehung des Lösses in den Randgebieten der ausgedehnten Inlandmassen äußerten bereits WOLDSTEDT (1929), GRAHMANN (1932), POSER (1951) und WEIDENBACH (1952), um nur einige Forscher zu nennen. Auch amerikanische Untersuchungen (SMITH 1942, FRYE und Mitarb. 1949) haben zu demselben Ergebnis geführt. So ist nach FRYE und Mitarb. der dem Wisconsin angehörende Peoria- und Bignell-Löß im nördlichen Kansas und in Nebraska auf Auswehungen aus den Talgebieten des Platte und Republican River sowie des Missouri zurückzuführen. Eine besonders ergiebige Lößquelle soll der Platte River gebildet haben, dessen Staubmaterial wahrscheinlich über die Wasserscheide südlich des Flusses bis in das nördliche Kansas gelangte. Die Winde kamen aus westlicher bis nordwestlicher Richtung.

Interessante Zusammenhänge zwischen der Körnung des Lösses und der Entfernung vom Ursprungsgebiet konnte SMITH in Illinois auffinden, und zwar steht die Körnung des Lösses — mit gewissen Einschränkungen — in linearer Beziehung zu dem Logarithmus der Entfernung vom Auswehungsgebiet. Die Abnahme der Gesamtmächtigkeit des Peorian- und des Sangamon-Lösses mit der Entfernung vom Ursprungsgebiet erfolgt nach einer Kurve, die den gleichen Charakter hat wie die für die Abnahme der Mächtigkeit der Sandbänder gefundene. Wie SMITH weiter zeigen konnte, ist die Abnahme der Lößmächtigkeit eine lineare Funktion des Logarithmus der Entfernung vom Auswehungsgebiet. Die an den Sandbändern gewonnenen Ergebnisse decken sich also mit den Beobachtungen von SMITH über die Gesamtmächtigkeit des Lösses.

Aus der Karte der Verbreitung und Mächtigkeit des Lösses in Illinois geht weiterhin hervor, daß zwischen der Breite der für die Auswehung in Frage kommenden Flußtäler und der Mächtigkeit des Lösses eine deutliche Abhängigkeit besteht, insofern nämlich, als die mächtigsten Löße an jenen Stellen liegen, wo die Talböden ihre größte Ausdehnung haben, so z. B. an der Mündung des Missouri und des Rock River in den Mississippi und am Illinois River im County Mason.

Ähnliche Beobachtungen konnte der Verfasser auch in Nordböhmen machen. Es sei nur auf die Lößdecken bei Neu-Bidžov, westlich Boharyně und in der Umrandung der Talausweitung der Bystrice südwestlich Boharyně hingewiesen (Abb. 1). Auch an der Elbe bei Kolin und an der Iser konnten deutliche Zu-

sammenhänge zwischen der Verbreitung und Mächtigkeit des Lößes und der Ausdehnung des Talbodens festgestellt werden.

### Zusammenfassung

In der Nachbarschaft von Flüssen und größeren Bächen nimmt der Löß sehr häufig eine sandige Beschaffenheit an, in vielen Gebieten ist sogar die Sandkomponente in Form von verschiedenen starken Schichten (Sandbänder) eingeschaltet. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich in der Hauptsache mit der Lagerung der Sandbänder im vertikalen Profil und mit den Veränderungen in horizontaler Richtung. Auf Grund der allgemeinen Ausbildung und der Körnungsunterschiede des Lößes konnten westlich Königgrätz 4 Faziesbereiche unterschieden werden und zwar die Flugsand-, Bänder-, Übergangs- und Normalfazies. Die 4 Fazieszonen folgen von O nach W aufeinander.

Die speziellen Untersuchungen an den Sandbändern führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Die Abnahme des prozentualen Anteils der Gesamtmächtigkeit der Sandbänder am Löß erfolgt linear mit dem Logarithmus der Entfernung vom Auswehungsgebiet.
2. Die durchschnittliche Anzahl der Sandbänder je Meter Löß ändert sich mit der Zunahme der Entfernung vom Ursprungsgebiet, wie im einzelnen aus Abb. 10 hervorgeht.
3. Neben der Gesamtmächtigkeit und der Anzahl der Sandbänder wurde auch die Häufigkeit der verschiedenen Mächtigkeitsstufen ermittelt und graphisch aufgetragen (Abb. 11). Dabei ergab sich, daß in unmittelbarer Nähe des Auswehungsgebietes neben wenigen 9 und 10 cm mächtigen Bändern die 2 und 2,5 cm starken überwiegen. In einer Entfernung von etwa 300 m vom Flußufer dominieren die 1 und 1,5 cm starken. Weiter nach W nehmen aber nach und nach die dickeren Lagen wieder zu, so daß am Ende der Sandbänderfazies die 2 und 2,5 cm starken die häufigsten sind.

Aus den mitgeteilten Ergebnissen und aus zahlreichen Körnungsanalysen wird geschlossen, daß sowohl die eingelagerten Sandschichten als auch der größte Teil des Lößes äolischen Ursprungs sind. Sandlagen und Löß wurden durch östliche Winde aus dem breiten Tal der Elbe ausgeweht und auf die benachbarten Höhen transportiert. Dabei gelangte der in Form von Bändern abgelagerte Sand bis zu einer Entfernung von ca. 700 m. Die Kornfeinheit des Lößes nimmt nach W hin immer mehr zu.

Weitere Beobachtungen an dem Bystrice- und Cidlina-Tal im W des Untersuchungsgebietes bestätigen die Annahme von der Auswehung des Lößes und der Sandschichten aus den Tälern durch Winde aus östlicher Richtung. Daß die allgemeine Lößverbreitung auch von der Breite der Täler abhängig ist, zeigt ein Blick auf die Karte (Abb. 1).

### Schrifttum

- BREDDIN, H.: Löß, Flugsand und Niederterrasse am Niederrhein. - Jb. preuß. geol. L.A. 46, S. 635-662, Berlin 1926. — Löß, Flugsand und Niederterrasse im Nieder-rheingebiet. - Geol. Rdsch. 18, S. 72-78, Berlin 1927.
- FRYE, J. C., PLUMMER, N., RUNNELS, R. T. & HLADIK, W. B.: Ceramic Utilization of Northern Kansas Pleistocene Loesses and Fossil Soils. - Univ. Kansas Public., State Geol. Survey, Bull. 82, Part 3, S. 49-124, Lawrence, Kansas, 1949.
- GRAHMANN, R.: Der Löß in Europa. - Mitt. Ges. Erd. Leipzig 51, S. 5-24, 1932.

- POSER, H.: Die nördliche Lößgrenze in Mitteleuropa und das spätglaziale Klima. - Eiszeitalter und Gegenwart 1, S. 27—55, Öhringen 1951.
- SCHÖNHALS, E.: Über einige wichtige Lößprofile und begrabene Böden im Rheingau. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch. 6/1, S. 244-259, Wiesbaden 1950. — Gesetzmäßige Beziehungen zwischen Körnung und Kalkgehalt des Lößes usw. - Geol. Jb. 66, S. 291-304, Hannover 1952. — Über fossile Böden im nichtversteinerten Gebiet. - Eiszeitalter und Gegenwart, 1, S. 109-130, Öhringen 1951.
- SMITH, G. D.: Illinois Loess, Variations in Its Properties and Distribution. - Univ. Illinois, Agricultural Experiment Station, Bull. 490, S. 139-184, Urbana Illinois 1942.
- VOGEL, F.: Leitfaden der Bodenkunde für Gärtner 1. Teil. - 3. Auflage, 127 S. Stuttgart/Ludwigsburg 1950.
- WEIDENBACH, Fr.: Gedanken zur Lößfrage. - Eiszeitalter und Gegenwart 2, S. 25-36, Öhringen 1952.
- WOLDSTEDT, P.: Das Eiszeitalter, Grundlinien einer Geologie des Diluviums, 406 S., Stuttgart 1929.

Manusk. eingeg.: 4. 2. 1952.

Anschr. d. Verf.: Dr. E. Schönhals, Hess. Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden, Bodenstedtstraße 4.