

## DIE STEPPENSCHLUCHTEN SÜDRUSSLANDS

W. F. Schmidt

Mit 21 Abbildungen

## A. Allgemeines

1. Erosions-Schluchten und ihre Verbreitung
2. Erosionsschluchten in Weichgesteinen
3. Klimatische Abhängigkeit: Steppenschluchten

## B. Die Steppenschluchten Südrusslands

1. Verbreitung
  2. Formbild
    - a. Owrak-Typ
    - b. Balka-Typ
  3. Schluchtform und Gestein
  4. Erosionsvorgang
  5. Klima und Steppenschluchten
    - a. Allgemeines
    - b. Bodenfrost
    - c. Frühjahrsschmelze
    - d. Sommer trockenheit und Windausblasung
    - e. Sturzregen
  6. Tektonische und erdgeschichtliche Zusammenhänge
  - C. Der Mensch und die Zerschlungung (Bodenerosion)
  - D. Zusammenfassung
- Literatur

## A. Allgemeines

## 1. Erosionsschluchten und ihre Verbreitung

Alle Erosionsschluchten sind Ergebnis starker Tätigkeit des fließenden Wassers, abhängig von Gefälle, linear abströmender Wassermenge, Erodierbarkeit des Gesteins und Dauer der Erosion. Die genannten Faktoren sind in jedem Falle vorhanden, ihr gegenseitiges Verhältnis ist von Fall zu Fall verschieden.

Die Klammern des Hochgebirges entwickeln sich relativ langsam, weil trotz steilen Gefälles und mächtiger Wassermengen längere Zeit nötig ist, um in Hartgestein zu erodieren. Bei den so verbreiteten Klammern der Kalkalpen tritt die Löslichkeit des Kalkes begünstigend hinzu, woraus sich die schmalen Einschnitte der Klammern erklären. In den künstlich entwaldeten Gebirgen der Mittelmeerländer und des Orients ergreift die Zerschlungung in erster Linie die abspülbare Verwitterungs- und Lockerschicht, weshalb auch Schutthänge besonders von Schluchten zerrissen werden. Die Schluchterosion erfaßt solche Gebiete sehr schnell. Verschwindet die Lockerschicht, so hören auch die günstigen Bedingungen für Erosionsschluchten auf.

Auch andere von Natur aus vegetationsfreie Gebiete sind zerschlungt, falls sie zeitweise heftiger Erosion ausgesetzt sind. Aschenkegel der Vulkanen werden von tiefen Rinnen und Schluchten überzogen. Trockenschluchten der Wüste zeugen von episodisch starker Erosion. Schluchten zerschneiden viele Steilküsten. Für alle genannten Schluchtgebiete sind also Mangel an Vegetation und zeitweilige heftige Niederschläge kennzeichnend. Hierzu

kommen noch Gebiete mit dünner Vegetationsdecke, in denen schon deren geringe Verletzung den Anfang zu einer unberechenbaren Folge weiterer Verwüstung bedeutet (accelerated erosion!). Dies sind gewisse noch weiter einzuschränkende Steppengebiete der Erde mit gewaltigen Zerschlungungen, z. B. die Badlands von Nordamerika, die chinesischen Lößschluchten und die Steppenschluchten Südrusslands. Alle diese Schluchten sind untrennbar mit der Bodenerosion (soil erosion) verbunden<sup>1)</sup>. Bei engmaschiger Zerschlungung ganzer Gebiete kann die Gesamtwirkung einer flächenhaften Abtragung (Denudation) gleichkommen, obwohl die einzelnen Schluchteinschnitte vorwiegend Erosionsvorgängen ihre Ausformung verdanken.

## 2. Erosionsschluchten in Weichgesteinen

Die tiefe Zerschlungung solcher Gebiete in kurzer Zeit ist nur möglich, weil mächtige Bedeckung aus Locker- und Weichgesteinen günstige Erosionsbedingungen schafft. Unter Weichgestein sind hierbei neben Löß, Sand, sandigem Löß, auch Tone, Mergel, leicht verfestigte Sandsteine und Schreibkreide verstanden. In vulkanischen Aschen und Tuffen entwickeln sich stets bevorzugt Schluchten, was nicht nur die radialen Ablaufrinnen der Aschenkegel, sondern auch die Schluchten Guatemalas (Lentz, J. 1925) und z. B. der Insel Ischia zeigen<sup>2)</sup>. Während sich in China die Schluchten in sehr mächtigen Löß einschneiden<sup>3)</sup>, wechseln in den

<sup>1)</sup> Hier sei auf die Fülle der ausgezeichneten nordamerikanischen Arbeiten, besonders des Soil Conservation Office, verwiesen. Vgl. Lit. Gorrie (1935), Lowdermilk (1935), Sharpe (1938); z. T. zusammengefaßt bei F. Machatschek (1943).

<sup>2)</sup> Auf die Gleichartigkeit von Löß und vulkanischen Lockermassen bei der Erosion wurde des öfteren in der Lit. hingewiesen, so bei Sapper (1917).

<sup>3)</sup> Nach den Schilderungen F. Frbr. v. Richtofens handelt es sich bei den chinesischen Lößschluchten um gewaltige Schluchtsysteme, die in ihrem Zusammenspiel von Haupt- und Nebenschluchten Ähnlichkeiten mit den südrussischen haben. Die Lößhohlwege mit den für Löß typischen lotrechten Wänden, das Übereinander von Abtragungstockwerken, sind z. T. anthropogen. Infolge der großen Lößmächtigkeit steigern sich alle Ausmaße. Sehr bezeichnend sind die tiefen Erosionsschluchten in den schwach geneigten Lößhängen am Hoangho, wie sie die Luftbilder Graf W. D. zu Castells (Chinaflug 1938) zeigen. Sie beginnen stets am Fuße der kahlen, wild zerrissenen Felsengebirge, aus denen bei Regen in konzentrierten Strömen das rasch abfließende Wasser begrenzter Einzugsgebiete ins Lößvorgelände sich ergießt. Die Zerschlungung ist z. T. historisch als Folge der vernichteten Gebirgswälder belegt. Vgl. auch hierüber H. Lehmann 1940, bes. S. 16/17 u. 19/22.

amerikanischen Badlands z. T. Tone mit sandigen Ablagerungen<sup>4)</sup>. Die gullies der soil-erosion schneiden sich in verschiedenste Bodenarten ein. Besonders mannigfaltig sind die Gesteinsverhältnisse bei den südrussischen Schluchten.

Daraus geht hervor, daß die Zerschlungung zwar an das Vorhandensein möglichst mächtiger Weichgesteine gebunden ist, weil es nur bei diesen eine beschleunigte Erosion gibt, daß aber andere als edaphische Bedingungen sie hervorrufen, weil sich das Schluchtnetz ohne Rücksicht auf den Wechsel des Sediments über die betroffenen Gebiete legt. Um so größer ist der Einfluß des Gesteins auf Einzelformen.

Die Erodierbarkeit weicher Gesteins- bzw. Bodenarten hängt ganz von ihrer Durchfeuchtung ab. Dabei spielt offenbar die Gravitation der Körner eine Rolle, weil mit dem Wasser als Bindemittel ihre Abstände sich verringern, so daß zunehmende innere Reibung (Härte) die Folge ist. Wenn also bei so empfindlichen Sedimenten, deren Verhalten gegenüber der Abtragung so stark vom Feuchtigkeitsgehalt abhängt, ein Wechsel von feucht und trocken eintritt, dann wechseln Zustände leichtester Zerstorbarkeit mit solchen größter Festigkeit miteinander ab.

Abgestuft ist auch die Standfestigkeit weicher Gesteine als Folge ihrer inneren Reibung. Dabei spricht neben der Korngröße die Art der Kornbindung mit. Das hier in Frage kommende eine Extrem sind reine Sande — das andere ist der Löß, bei dem geringe Korngröße und Kalkschleier als Bindemittel eine Standfestigkeit erzeugen, die ihn befähigt, die bekannten Steilwände zu bilden. Dazwischen gibt es viele Übergänge. Die spezifische Standfestigkeit ist überaus wichtig für die Formelemente der Schluchten.

### 3. Klimatische Abhängigkeit

Die entscheidenden Voraussetzungen für die Schluchtbildung sind klimatischer Art. Das Klima ist Ursache der Vegetationslosigkeit der Wüstengebiete, der völlig zurücktretenden Vegetation der Wüstensteppen und der offenen Pflanzendecke der Steppen mit ihrer meist nur

<sup>4)</sup> In South Dakota und Nebraska sind tertiäre Tone und weiche Sandsteine derart zerschlungt, daß sich eine eigenartige Wüste aus scharfen Kämmen, Furchen, Pyramiden und Abflußrinnen entwickelt hat. Systeme von Haupt- und Nebenschluchten vereinigen sich. Diese *Badlands* grenzen mit glattem Steilrand an die noch unzerstörte, höher gelegene Prärie. Dieser Rand weicht bei Erosion rückwärts, wobei die Prärie aufgezehrt wird und sich die Badlandslandschaft erweitert. Die Kämmen und Spitzen der Badlands erreichen nirgends mehr das Ausgangsniveau. Einzig einige Zeugenberge aus Prärieresten stehen isoliert, bis auch sie der Abtragung erliegen.

dünnen Wurzelschicht, die leicht verletzbar ist. Wie die Erfahrung lehrt, überdecken sich in Südrußland kontinentales Steppenklima und Schluchterrosion. Steppenklimata haben wir auch in den betroffenen Gebieten Amerikas und Asiens. Zu den Eigentümlichkeiten dieser Klimata gehören extreme Verhältnisse mit Wechsel von zeitlich eng begrenzten starken Regenfällen und langanhaltenden Perioden völliger Austrocknung. Nur so ist es möglich, daß sich Formen erhalten, die in ihrer Steilheit unter den uns geläufigen humiden Bedingungen sofort verfallen würden. Wir haben also in den Steppenschluchten klimatisch bedingte Formen vor uns, die durch den Wechsel der unterschiedlichen Zustandsbedingungen erzeugt werden, wie sie dem semiariden Steppenklima innewohnen. Die klimatischen Einflüsse sind besonders stark bei den unten geschilderten Steppenschluchten Südrußlands.

Neubelebung der Schluchterrosion tritt ein, wenn zu den klimatischen Voraussetzungen epigenetische Vorgänge treten, so daß Änderung der Erosionsbasen bzw. der Höhenunterschiede bestimmter Krustenstreifen erfolgt. Die Schluchten sind also sowohl Merkmale des Klimas als auch der Tektonik.

Solange in den Steppen das natürliche Gleichgewicht von Vegetation, Wasserhaushalt und Bodenbildung besteht, wie es sich in langen Zeitspannen entwickelt hat, ändern die meisten einwirkenden Klimafaktoren, wie Regen, Wind, Trockenheit, wenig an den vorhandenen Verhältnissen. Sowie aber eine Zerstörung der Pflanzendecke erfolgt und der Boden entblößt wird, kommt es schnell zur Bodenerosion, die unter entsprechenden Umständen in Schluchterrosion übergeht. Von nun an wirken die gleichen Klimafaktoren nur noch erosionsfördernd<sup>5)</sup>. Dabei muß bedacht werden, daß bei Zerschlungung die ungeschützte Oberfläche und damit die Angriffsmöglichkeit für die zerstörenden Kräfte um ein Vielfaches vermehrt wird. Nun kann die Austrocknung an allen Schluchtwänden ansetzen, werden Grundwasserhorizonte verschwinden, Quellen versiegen. Tiefgreifende Verkrustung und Versalzung verändern den Untergrund. Trockenrisse bieten neue Ansatzstellen für Ausspülung und Windausblasung. Nirgends kann sich der Staubwind besser entwickeln als z. B. in Löß-Schluchten. Regenfälle, besonders die für semiaride Gebiete

<sup>5)</sup> Wir können also sagen, daß in semiariden Steppengebieten das natürliche Gleichgewicht äußerst labil ist. Störungen lösen eine progressive Kette von Ursache und Wirkung aus, deren Ende bisweilen die Abspülung des gesamten leicht erodierbaren Bodens und Lockermaterials ist. Hierin liegt nicht nur das Wesen der Zerschlungung, sondern auch der Charakterzug der so gefürchteten Bodenerosion auf der Erde.

bezeichnenden Sturzregen, liefern in kürzester Zeit große Wassermengen zum Ablauf. Infolge der allgemeinen Verkrustung ist ihr Einsickern in den Boden fast unmöglich. Die oberflächlich abfließenden Wassermengen sammeln sich schnell in allen vorgezeichneten Hohlformen, besonders in Rinnen. Wasserströme stürzen in wilden Fällen in die Schluchten und erodieren heftig. In steilen Abauffurchen an Hängen entstehen kleine Wasserfälle, die Furche wird zur Erosionsschlucht, die von nun an bei jeder Gelegenheit nach rückwärts weiterwächst.

### B. Die Steppenschluchten Südrußlands

Im Folgenden werden die Probleme der Schluchtbildung am Beispiel der südrussischen Steppenschluchten dargelegt<sup>6)</sup>. Sie fanden trotz ihrer unerhörten Bedeutung kaum Eingang in das Schrifttum des Westens.

Welche Bedeutung den Schluchten in diesem Lande zukommt, beweisen die vielen Ausdrücke, welche die russische Sprache für sie hat. Ist doch das Leben der Steppenbewohner aufs innigste mit ihnen verknüpft. Der wichtigste Ausdruck heißt „Owrag“<sup>7)</sup>. Der Bewohner verbindet damit die Vorstellung einer engen, tiefen, von unbewachsenen Steilwänden begrenzten Steppenschlucht. Dafür findet sich auch häufig die Bezeichnung „Jar“ (eigentlich Steilwand), gelegentlich „Log“ und „Bujerak“ u. a. Lang hinziehende Schluchttälchen heißen allgemein „Balka“. Noch zahlreicher sind die Benennungen im Ukrainischen, z. B. „Prowallje“ und „Jaruha“ (Rudnycky, 1916. S. 66/68 und J. G. Kohl, 1841 T. 2, S. 63). Dem russischen Sprachgebrauch entsprechend werden hier die Pluralformen „Owragi“ und „Balki“ benützt.

Überaus anschaulich schildert 1841 Johann Georg Kohl die „Regenschluchten“ der südrussischen Steppen. Er hebt vor allem ihre Wichtigkeit für Land und Bewohner hervor. Von den z. T. ausführlichen Behandlungen des Themas durch russische Autoren seien hier die Arbeiten Massalskis (1897) und N. A. Rosows (1927) hervorgehoben. Letzterer faßt alle Kenntnisse und Erfahrungen über die Owragi der Ukraine zusammen. Ihm entnehmen wir viele Unterlagen für die wirtschaftliche Seite dieses Kapitels der Bodenerosion und die verzweifelten Versuche, sie zu bekämpfen. Seither wurden die Fragestellungen von verschiedenen Richtungen her belebt, z. B. durch die gründlichen Arbeiten über Bodenerosion in USA, durch Einbeziehung tektonischer Erwägungen und geomorphologischer Schemen<sup>7)</sup>, besonders auch durch die stärkere Beachtung der klimatischen

<sup>6)</sup> Die ausführliche Bearbeitung des Themas liegt im Manuskript vor. Sie wird voraussichtlich zusammen mit vergleichenden Studien über Zerschlungung anderer Erdgebiete veröffentlicht werden.

<sup>7)</sup> Gladzin, Geomorphologie der UdSSR, 1939. Abschn. Zone der Owragi. Kusnetzow, Idealzyklus der Owragerosion. 1938. (Beide russ.)

Bedingtheit der Oberflächenformen (C. Troll 1944, J. Büdel 1944), die auch im Folgenden aufgezeigt wird.

Der Vergleich mit ähnlichen Zerschlungungen anderer Erdgebiete zeigt, daß es berechtigt ist, von einer eigenen Ausbildung der Schluchten als Owrag- und Balkatyp zu sprechen.

#### 1. Verbreitung

Sie stimmt mit der Verbreitung von Steppe und Weichsediment überein. Innerhalb des Gesamtgebietes gibt es Streifen maximaler Zerschlungung und Areale, in denen sie fast ganz fehlt. Allgemein werden die Grenzen bestimmt durch

- a) Verbreitung geeigneten Gesteinsuntergrundes,
- b) Relief,
- c) Klima und damit verbundene Vegetation.

Vom Rande der Karpaten in der Westukraine und in Rumänien (Valsan 1915) reicht das Gebiet der Steppenschluchten bis zu den Bergufern von Don und Wolga, sowie den Jergeni-Höhen.

Im Norden deckt sich die Grenze der Lößverbreitung etwa mit derjenigen der Steppe. Mit dem Einsetzen der Wälder auf den eiszeitlichen Moränen und Sanden hört die Schluchtverbreiterung auf. Die Zone der Waldsteppe ist ein Übergangsbereich, das noch überwiegend ins Gebiet der Schluchtopographie gehört.

Im Süden sind die Steppenränder zum Schwarzen- und Asowschen Meer hin z. T. sehr zerschlungt.

Innerhalb des umgrenzten Gebietes ist die Owraghäufigkeit verschieden groß. Über ihre Dichte in den verschiedenen Verwaltungsbezirken der Ukraine berichtet Rosow (1927. S. 30—38) ausführlich. Maximale Verbreitung findet sich am Unterlauf der Desna, am Dnjestr, am NO-Rand des Podolischen Massivs, insbesondere dem Berufer des Dnjepr unterhalb Kiew, im Umkreis der Täler des Ross und Tjasmin. Ferner zeigen Bezirke an der Ostgrenze der Ukraine maximale Häufigkeit, z. B. Starobjelsk, Kupjansk, Isjum. Jenseits der Grenzen der Ukraine können weite Flächen im Raume zwischen Charkow und Bjelgorod sowie im großen Donbogen hinzugerechnet werden. Die genannten Gebiete sind reich an langen Steilhängen und werden großenteils als Streifen junger Hebung aufgefaßt.

Dazwischen gibt es weite Flächen ohne Steppenschluchten. So z. B. sind sie gering vorhanden in den Kreisen Winniza, Uman, Belaja Zerkow, Poltawa, Pejeraslaw sowie über den flachen Ostufeln (Wiesenufern) der Flüsse, z. B.

des Dnjepr. Verschont sind die Kreise Berditschew, Schepetowka, Proskurow, weil in diesen Ebenen die nötigen Reliefunterschiede fehlen.

Die Ausdehnung der Steppen von der Wolga, im Süden des Ural quer durch Südsibirien bis an den Rand der zentralasiatischen Gebirge (Altai), macht wahrscheinlich, daß die Steppenschluchten sich ebenfalls fortsetzen, was man z. T. dem russischen Schrifttum entnehmen kann.

## 2. Formbild

### a) Öwrag-Typ

An kahlen, zerfurchten Erdwänden blicken wir hinab in die schmutzige Kerbe des Öwrag (Abb. 1), an dessen Boden wir die erstarrten



Abb. 1. Öwrag im Löß des Bergufers der Sula südlich Lubny (Ostukraine)

Spuren ehemaliger Wildbäche mit Tobeln und kleinen Klammern (Abb. 2), Fallstufen und Windungen sehen. Schmale Grate ragen zwischen Schluchtästen hervor. Auf Resttürmen und Mauern hängt noch schützend ein Stück der ehemals zusammenhängenden Steppengrasdecke über. Die Schlucht beginnt mit einem Steilabsturz in einen breiten Strudelkessel. Im oberen Viertel der Schlucht liegt etwa 70 Prozent ihres Gesamtbodengefälles. Im Unterteil des Öwrag ist die Boden­neigung ganz gering.

Öwragi werden wenige hundert Meter, höchstens 3 km lang; ihre Tiefe schwankt je

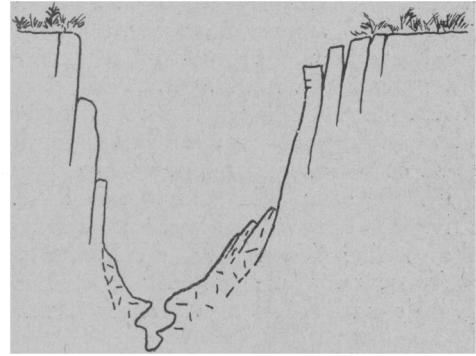


Abb. 2. Querschnitt durch einen Lößowrag am Don-Bergufer.

Oben schluchtparallele Trockenrisse, am Boden letzte Erosion im abgestürzten Wandschutt.

nach den örtlichen Untergrundsbedingungen im allgemeinen zwischen 15—40 m überaus schwankend ist auch die Breite<sup>8)</sup>. Das gegenseitige Verhältnis im Profil hängt von der Standfestigkeit des Gesteins bzw. Bodens ab. Vor dem Schluchtausgang ist ein Schwemmkegel abgelagert<sup>9)</sup>.

Was denjenigen, der die Steppe bereist und aus humiden Ländern kommt, so überrascht, ist die Plötzlichkeit, mit der man mitten in kaum geneigtem Gelände vor dem Abgrund einer Steilschlucht steht. Eine Riesenhand hat hier mit Messerschärfe das sanfte Bild der sonst so glatten Steppe zersägt. Ob man die Zerschichtung vom Boden aus bemerkt, hängt ganz vom örtlichen Blickfeld und von der Beleuchtung ab. Nur wenn sich vor dem Beschauer zerschichtete Abhänge erheben, sieht man die Erosionsergebnisse. Wenn man gegen die Sonne, also auf die beschatteten Schluchtwände blickt, prägt sich die Hangzerreißung deutlich ein. Jedoch den umfassendsten Eindruck gewinnt man aus der Luft, weshalb sich Luftbilder ganz besonders zum Studium des Schluchtphänomens eignen (vgl. C. Troll 1939. S. 282/83).

Ein von Steppenschluchten zerschnittenes Gelände zu befahren oder zu begehen ist äußerst schwierig, weil viele Schluchten nicht gequert werden können. Die oberen Ansätze aller Nebenschluchten eines Systems zu umgehen ist überaus zeitraubend und nicht ohne beständige Fehlwege durchführbar.

Einzel-Öwragi entstehen vor allem an kurzen, steilen Hängen. Wo es das Relief erlaubt, ent-

<sup>8)</sup> Zahlreiche Angaben über die Öwragausmaße bei J. Lewakowski (1869), W. Jefremow (1889) und bei N. A. Rosow (1927).

<sup>9)</sup> Kurze Einzelowragi pflegen dem zu entsprechen, was man in den USA mit gully bezeichnet.

wickeln sich Fächerschluichten, geweihtartig verzweigte ineinander mündende Systeme<sup>10)</sup>.

### b) Balka-Typ

Der jungen Owrags-Steppenschlucht mit ihrem V-Profil steht die altangelegte, viel längere Balka mit Kastenprofil gegenüber (Abb. 3).

Meistens sind die Balki die örtlichen Erosionsbasen der Owragi (Abb. 4, 5, 6). Sie sind bis zu 20 ja 30 km lang hinziehende Sammelschluchten, deren Erosionsfähigkeit sich aus der Summe der in sie mündenden Owragi ergibt. Die Balka zerschneidet nicht wie der Owrags einen steilen, oft konvexen Steilhang, sie benützt den Talweg weitgespannter Steppenmulden und Täler. Sie windet sich von Prallhang zu Prallhang (Abb. 3). Am Boden der Balka beobachten wir in ständigem Wechsel die Ablagerung der mitgeführten Sedimente nach Korngrößen sortiert. Weithin sind die Balki Trockentälchen. Nachdem ein Quellhorizont angeschnitten wurde, führt die Balka oft einen schwachen Wasserlauf,



Abb. 7. Kilometerlang hinziehende Steppenschlucht (Balka) mit seitlichen Nebenschluchten und vorspringenden Restflächen in einer alten Senke der Donsteppen-Hochfläche

<sup>10)</sup> Auf großmaßstäblichen Karten hat man immer wieder versucht, die Owragi darzustellen. Man erhält aus ihnen ein brauchbares Bild der alles beherrschenden Schluchttopographie, sieht aber zugleich, wieviel entscheidender für das Gesamterief Südrusslands die Balki sind. Die Möglichkeit, die Fortentwicklung der Schluchten kartennäßig nachzuprüfen, ist noch nicht gegeben. Sie setzt Kartenaufnahmen in bestimmten Zeitabständen oder wiederholte Luftaufnahmen nach einheitlichen Aufnahmeverfahren voraus.

<sup>11)</sup> Auf die Wichtigkeit der Balkatopographie für ganz Südrussland wies Herr Geh.-Rat Prof. A. Phiippson im Anschluß an meinen Vortrag im Geogr. Kolloquium Bonn am 28. I. 1946 besonders hin.

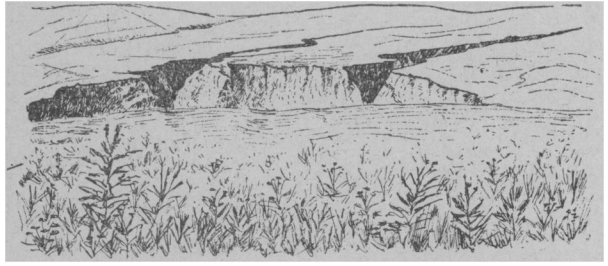


Abb. 8. Typische Balkaprallhänge und Nebenschluchten im Gebiet der wenig geneigten Steppenebene

der auch die Trockenzeit übersteht. An ihm stellt sich Gebüsch und Baumwuchs ein.

Owragi und Balki unterscheiden sich wie in ihrem Aussehen so auch genetisch grundsätzlich. Während Owragi noch vor unseren Augen entstehen, folgt die weitgespannte Balkamorphologie Südrusslands einem fossilen Relief (Abb. 7, 8). Die Balki reichen bis in die Eiszeit zurück, wovon noch zu sprechen ist. Die Zergliederung der weitwelligen südrussischen Höhengelände durch das Netz der Balki ist ein weit charakteristischeres Merkmal für das Land als die Hangzerreißen durch Owragi<sup>11)</sup>. Im Sinne der Bodenerosion künstlich verursacht können nur Owragi sein; auf den Verlauf der Balki hatte der Mensch keinen Einfluß. Sie sind z. T. Vorzeitformen, klimatisch bedingte Sonderformen der Talbildung (vgl. H. Spreitzer 1941. S. 33).

### 3. Schluchtform und Gestein

Was unter A 2 gesagt wurde, gilt auch hier. Das Schluchtnetz legt sich über weite Gebiete ohne Rücksicht auf die Art der Gesteine, sofern sie sich innerhalb der Weichgesteinsgrenzen halten. Und doch gibt es im einzelnen Abhängigkeiten der Schluchtform vom Gestein; so daß wir in diesem Sinne von Löß-Schluchten, Sandschluchten, Kreideschluchten, Tonschluchten und Schluchten mit gemischtem Profil sprechen können.

#### Löß-Schluchten

Sie sind besonders gut in der Westukraine entwickelt, wo der Löß z. T. sehr mächtig wird. Tiefe Löß-Schluchten zerschneiden das hohe Dnjepr-Bergufer unterhalb Kiew. Ich lernte sie am Bergufer der Sula bei Lubny näher kennen (Abb. 1). Entsprechend der extremen Standfestigkeit sind alle Wandformen sehr steil. Lößgebiete werden wegen der schnellen Ausspülbarkeit bevorzugt von Schluchten zerrissen. Die Abspülung kann vollständig sein, wenn z. B. südlich Shitomir Löß unmittelbar auf Granit lagert und ein steiler Talhang vorhanden ist.

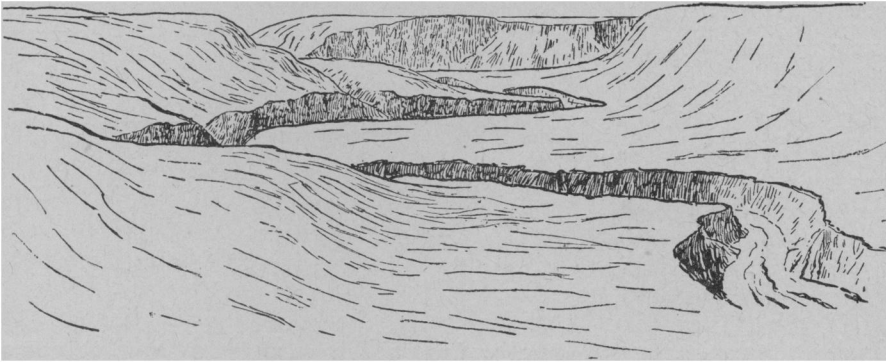


Abb. 3. Alte Balka bei Swetschnikow im Großen Donbogen



Abb. 4. Hangowragi längs Balka südlich Bjelgorod

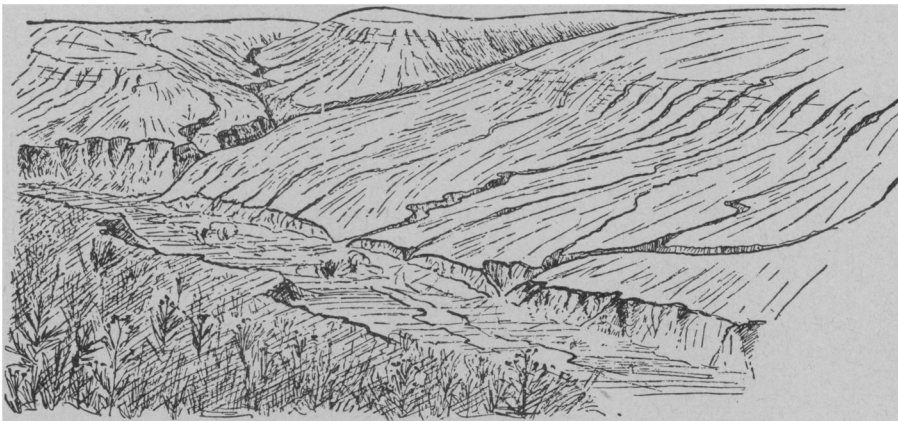


Abb. 5. Intensive Owragserschneidung der Donhöhen am steilen Hang eines alten Balkazuges. Gesteine vor allem Tone, Mergel, Sandsteine der Oberkreide und des Tertiärs, sowie Hangschutt (Eluvium).



Abb. 6. Owragi und östlich Charkow Obergrenze durch plötzlich verstärktes Hanggefälle an Gesteinswechsel bedingt.

Vielfach ist der Löß von regelmäßigen Kluftsystemen durchzogen. Die Klüfte öffnen sich bei Trockenheit an den Schluchtwänden (Abb. 2, 9). Bei neuer Durchfeuchtung stürzen an ihnen Wandstücke ab, zumal der Lößkalk zum Schmiermittel wird und sich die wirkenden Schubkräfte frei entfalten können. Im Winter arbeitet in ihnen die Frostsprengung. Ich nahm Messungen an Klüften in einem Löß-Owrag am Don-Bergufer vor. Sie stehen wahrscheinlich in Zusammenhang mit tektonisch bedingten Oberflächenspannungen, was sich am Einzelobjekt jedoch nicht klären läßt.

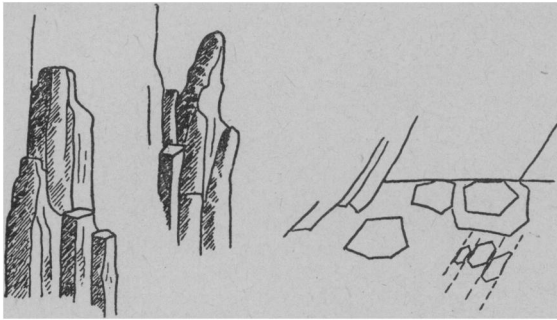


Abb. 9. Entstehen von Lößtürmchen an den Wänden der Lößschlucht.

Sie werden von Kluftflächen begrenzt, die erst bei starker Austrocknung sichtbar werden.

#### Sand-Schluchten

In der Nordostukraine und im Großen Donbogen sieht man häufig Steppenschluchten in sandigen Ablagerungen. In reinen Sanden verfallen Steilformen auch hier (Abb. 10). Überwiegend sind die Sande aber „lößähnliche Ablagerungen“, d. h. mehr oder minder mit Feinsediment vermengt. Im einzelnen verlieren die Schluchten an Großartigkeit. Ihre Umrisse gleichen denen aller Steppenschluchten. Am stärksten ist die Erosionstätigkeit im Umkreis der Fallstufe. Im Unterteil stellen sich bald wieder flachere Wandneigungen ein, auf denen Bewuchs möglich ist. Einfache Hangrinnen statt Owragi finden sich oft.

#### Kreide-Schluchten

Am Nördlichen Donez, Oskol und Don tritt oft die Schreibkreide (Oberkreide) zu Tage. Das Gestein ist nach Durchfeuchtung noch relativ gut erodierbar. So bemerkt man z. B. an den Höhen bei Bjelgorod und am Bergufer des Oskol tiefe Hangschluchten, die weithin weiß leuchten. Meist wird die Kreide von sandigem Löß überlagert. Die Schluchten sind besonders schmal und scharf. Seitenrippen werden gratförmig, und schmale Rinnen wechseln an den Wänden mit herausgemeißelten Rippen und Keilschluchten

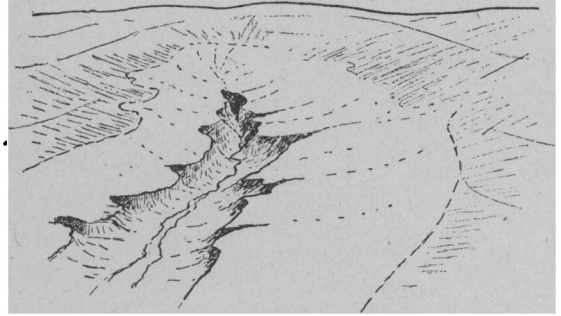


Abb. 10. Verfallender Owrag nördlich Charkow Erosions-Denudationsgrenzen. Der eigentliche Owrag wird von einer Zone verflachten Geländes umgeben, in der Hanggleiten und flächenhafte Abspülung herrschen.

mit steilem Bodengefälle. Sie erinnern an Felschluchten, passen sich aber voll in die umgebende Owragmorphologie ein.

#### Ton-Schluchten

Im Norden des Großen Donbogens, z. B. ostwärts Raspopinskaja, im Liskatal nördlich Tschir und an zahlreichen anderen Stellen des Dongebiets schneiden die Schluchten in mächtige, meist tertiäre Tongesteine ein. Die Härte wechselt, wodurch in den Längsprofilen der Schluchten Härtestufen entstanden sind. Viele Schluchten sind mehrere Kilometer lang und sehr tief. Lößschlucht-Merkmale sind nicht mehr vorhanden. Man fühlt sich eher an Felschluchten erinnert. Wegen der Schärfe der Keilform sind sie stellenweise schwer zu begehen. Das Längsgefälle ist ausgeglichener als im normalen Owrag.

#### Schluchten mit gemischtem Profil

Bei Bjelgorod wurde ein Owrag untersucht, bei dem übereinander Schreibkreide, Löß und Schwarzerde durchsägt sind, wobei sich an jeder Grenze die Wandneigung ändert (Abb. 11). Oft ändert sich an Hängen, an denen verschiedene horizontal lagernde Gesteine austreichen, die Stärke der Zerschlungung, so daß man schon

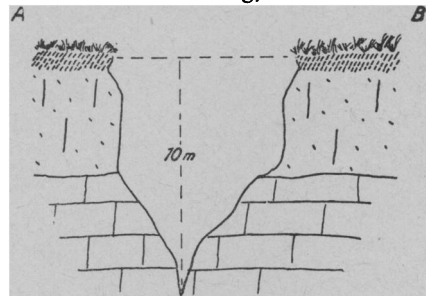


Abb. 11. Profil.

Von unten nach oben: Schreibkreide, sandiger Löß, Schwarzerde. Höhe nördlich Bjelgorod (vgl. Abb. 14).

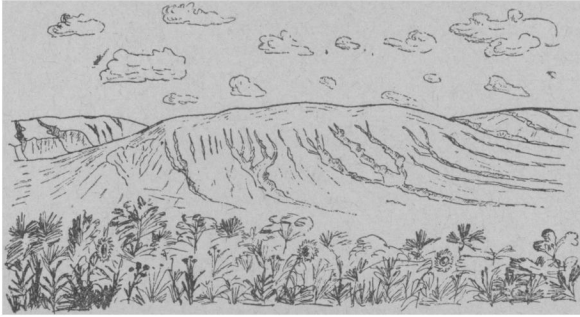


Abb. 12. Von Hangowragi zerrissene Steppenhänge bei Kantemirowka (Ostrand der Ukraine)

von ferne die Sedimentsgrenze ablesen kann (Abb. 12, 6). Bisweilen setzt die Hangzerstörung erst an der Grenze des anderen Gesteins ein, weil diese mit einer Änderung des Hanggefälles zusammenfällt. Am hohen Westhang des Donales nördlich Kalatsch queren viele tiefe Hangschluchten einen bunten Wechsel von Kreideschutt, Tongestein, weichem Sandstein und Löß. Gelegentlich ist der Längsverlauf der Hauptschlucht zugleich Gesteinsgrenze. Dann weist die linke Seite mit ihren Nebenschluchten die Form-

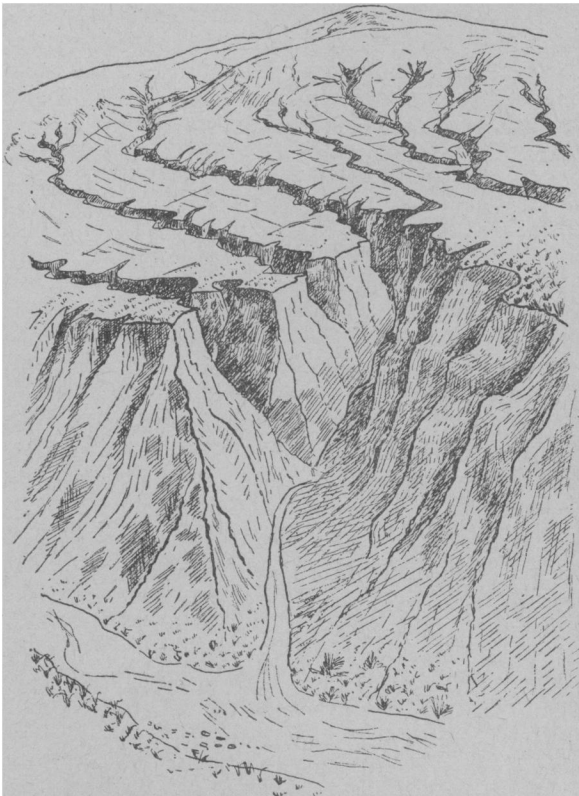


Abb. 13. Tiefe Zerschlungung der hohen Don-Bergufer nördlich Golubinka.

Schluchten bis 45 m tief. Gestein sehr wechselnd (Schreibkreide, Mergel, Sandsteine, Sande, Geröllhorizonte, Tonlagen, Hangschutt, Löß; Oberkreide, Tertiär, Quartär).

bilder toniger Gesteine auf, während die rechte Seite typische Löß-Nebenschluchten hat. Die Schluchten mit gemischten Profilen (Abb. 13) sind für genetische Studien die wichtigsten, weil man in ihnen jenen Einblick in Lagerung und Abfolge der Sedimente gewinnt, den wir benötigen, um auf Alter und früheres Relief schließen zu können<sup>12)</sup>.

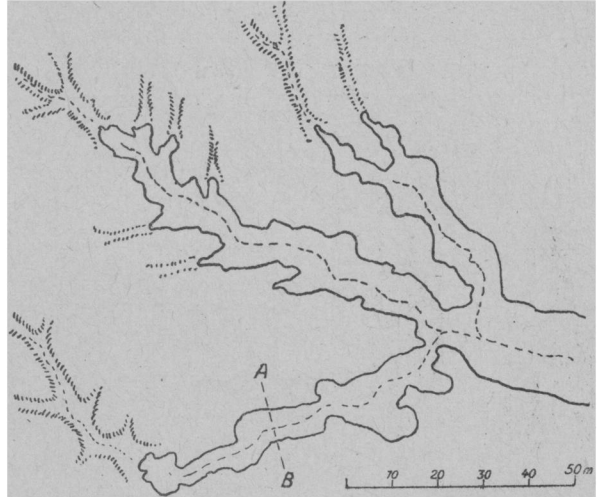


Abb. 14. Oberteil eines Owrags schematisch in Kartenskizze dargestellt.

Dazu Profil A—B (Abb. 11). Höhe nördlich Bjelgorod.

#### 4. Erosionsvorgang

Die Stärke der Schluchterosion hängt vor allem von der Menge des oberflächlich abströmenden Wassers ab. Dieses muß sich auf schmale Abflußrinnen konzentrieren, um energisch nach der Tiefe einsägen zu können, weil hierzu die Mächtigkeit des Wasserstromes der wichtigste Faktor ist<sup>13)</sup>. Längst bevor das Wasser Schluchten ausspülen kann, entwickelt sich auf der Oberfläche der Steppenhöhen ein Feinrelief aus bewachsenen, seichten Rinnen, die das Wasser eines begrenzten Areals auf sich vereinigen. Die Tiefenlinien streben den Abhängen zu, welche Balki und Flußtäler säumen, und münden auf deren Verzweigungen aus (Abb. 5). Der Einriß in die Steppendecke beginnt erst am Steilhang, an dem sich die Ablaufgeschwindigkeit des Wassers sehr verstärkt. Wenn die Schluchten weit ins Steppenhöhengelände hineinreichen, dann als Ergebnis rückschreitender Erosion vom Steilhang aus. (Abb. 14.)

<sup>12)</sup> Die Mannigfaltigkeit der von den Steppenschluchten zerschnittenen Gesteine würde noch wesentlich erhöht, wenn die geologisch unterschiedlichen Verhältnisse im Dnjestrgebiet, an der Schwarzmeerküste und im Donezgebiet einbezogen würden. Ich beschränke mich auf die eigenen Beobachtungen in den angeführten Gebieten.

<sup>13)</sup> Versuch einer mathem. Erfassung der gegenseitigen Abhängigkeit und Größe der Erosionsfaktoren bei R. Winkel 1943. S. 13—16.



Um die Owragi herum legt sich eine Zone der Denudation. Sackungs- und Solifluktionvorgänge lassen an den Hängen flache Nischen entstehen, in deren Innern die Mittellinie der Schlucht verläuft<sup>14)</sup>. Eine Grenzlinie trennt die leicht konkave Nischenoberfläche von der leicht konvexen ursprünglichen Steppenoberfläche (Abb. 10). Unterhalb dieser Grenzlinie vollziehen sich vermutlich unter der Grasdecke zur Zeit der Durchfeuchtung feine Gleitungen im Boden auf den Owrags zu. Zur Auftauzeit arbeitet Bodenfluß (Solifluktion) im gleichen Sinne. Man macht allerdings diese Beobachtungen besonders gut an alten, wieder verfallenden Owrags, woraus man schließen kann, daß die flächenhafte Verformung eine Folge des Owrags ist.

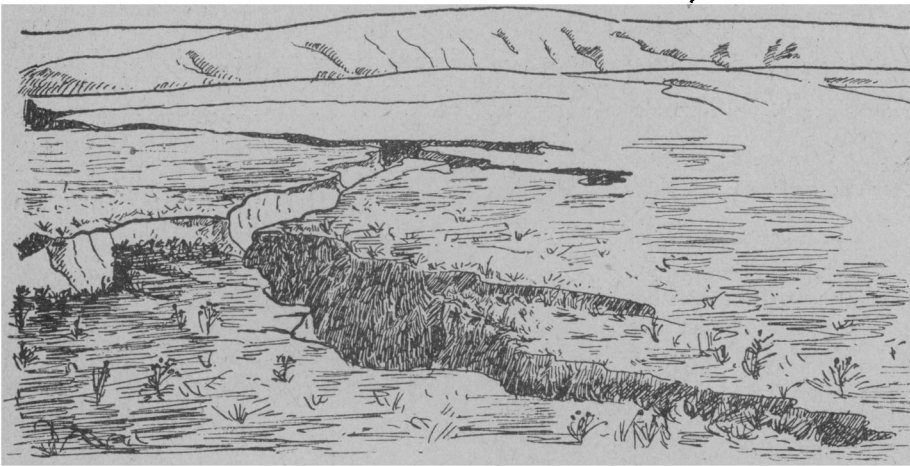


Abb. 15. Langhinziehende tiefe Steppenschlucht. Bei kaum geneigter Oberfläche schneidet sie sich nur infolge der tieferen relativen Erosionsbasis rückwärts ein. Donbogen.

Die eigentliche Tiefenerosion setzt meist an einem Hangknick ein. Gewöhnlich entsteht zuerst eine schmale Furche, an deren oberem Ende sich das einströmende Wasser rasch einen Kessel ausstrudelt. In diesen stürzt es als Wasserfall. Die Rückwand dieses Strudelkessels, der sich schnell vertieft und ausweitet, wandert hangeinwärts. Gleichmaßen wird die Ablaufrinne tiefer: infolge raschen Einsägens entsteht erst eine reine Kerbschlucht mit konvexen, kahlen Wänden und schmaler Rinne zutiefst. Ein Owrags ist entstanden, der je nach den klimatischen Ereignissen in Etappen wächst.

Wenn wilde Wassermengen die Schlucht durchtosen, dann beobachten wir, wie Steilwände unterschritten werden und nachstürzen. So zieht die vorherrschende Tiefenerosion die Seitenerosion nach sich. Nach gleichen Prinzipien wachsen die meist kurzen Seitenschluchten des zerfransten Owrags. Die Erosionskraft ist in der Hauptschlucht größer als in den Seiten-

schluchten, weshalb diese mit Gefällstufen einmünden. Die Erosionsintensität nimmt owragsabwärts beständig ab. Sie ist beim Wasserfall am größten, ist noch sehr beträchtlich im Oberteil des Owrags, wo das Hauptgefälle liegt und die Abflußrinne am schmalsten ist. Mit abnehmendem Gefälle und breiterem Boden läßt die Erosion nach. Im Unterteil des Owrags verfallen mehr und mehr die Formen. Das Profil entspricht im Detail dem Ergebnis selektiver Erosion.

War für das Einschneiden in die Steppenoberfläche die Geländeneigung ausschlaggebend, so beim Wachsen des Owrags nur noch die Differenz von oberstem Schluchtansatz und unterster Schluchtsohle. Bei unveränderter Erosionsbasis

steigt dieser absolute Betrag langsam an oder bleibt mindestens gleich groß, wenn sich die Schlucht oft mehrere Kilometer weit ins kaum geneigte Höhengelände einfrisst (Abb. 15).

Im allgemeinen münden die Owrags in Balki, wobei wir beobachten, daß sie stets höher einmünden als im Niveau des jetzigen Balkabodens, z. T. auf Terrassen. Für die Schluchten der Schwarzmeerküste ist der Strand Erosionsbasis.

Der reißende Sturzbach wird in der Schlucht zum Schlammstrom, dessen Erdreich sich am Schluchtausgang oder Balkaboden rasch absetzt, wenn das Wasser einem Sturzregen entstammt. Die einmalige Wassermenge erreicht nicht oft einen Fluß, versickert vielmehr bald und verdunstet. Anders die Schmelzwässer; sie vereinigen sich in der Balka und erreichen zum großen Teil den Fluß und mit ihm das Meer.

Die Schwemmkegel sind nur von Dauer, falls sie nicht in den Hochwasserbereich der Balka oder des Flußtales vordringen.

Die Akkumulation des aus unzählbaren Schluchten kommenden Bodenmaterials sorgt dafür, daß

<sup>14)</sup> Prof. C. Troll und H. Bobek bestätigen diese Beobachtung auf Grund eigener Feststellungen in anderen Erdgebieten.

sich in den russischen Stromauen Sandbänke und Untiefen bilden und Kulturland verschüttet wird.

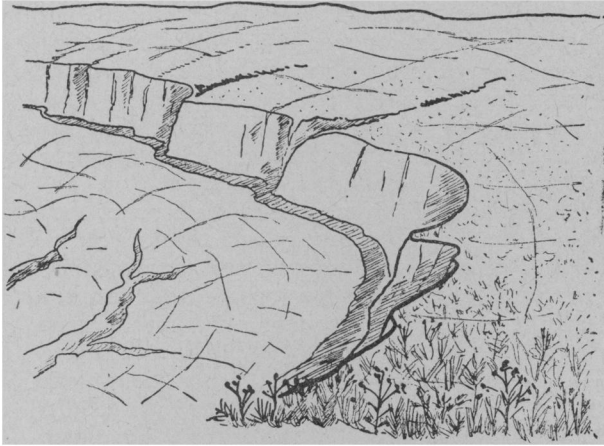


Abb. 16. Abrutschnischen am Bergufer bei Tarassowka (östlich Charkow).

Von der Steilkante aus bevorzugte Schluchterosion. Ebenfalls Owragi in der Abrutschmasse.

Jede Schlucht hat ein begrenztes Wassereinzugsgebiet im unzerschluchteten Gelände, das von neu entstehenden Owragi angezapft werden kann. Obere Grenze des Wassereinzugs ist die Wasserscheide. Je länger die Schlucht wird, desto mehr schrumpft das Einzugsgebiet, desto kleiner wird der einstürzende Wasserstrom. Damit wird die Erosion schwächer und hört noch vor Erreichen der Wasserscheide ganz auf. Eine Schlucht ist also wohl imstande, sich tief ins fast ungeneigte Höhengelände einzuschneiden, jedoch nicht, die Wasserscheide zu überschreiten. Der Verfall der Formen setzt bei den Steppenschluchten noch vor endgültiger Aufzehrung des ursprünglichen Graniveaus ein, weshalb zwischen wieder verfallenden Schluchten stets Restflächen stehen bleiben<sup>15</sup>). Dieses Aufhören der Owragerosion tritt ein, falls nicht die Gefällsdifferenz z. B. durch Änderung der Erosionsbasis verschoben wird. Es könnte dann bei Nachlassen der Reliefenergie der Erosionszyklus frühzeitig zu Ende sein, oder im Gegenteil die Erosion neu belebt werden.

An steilen Talseiten („Bergufern“) beobachten wir häufig, daß an schaufelförmigen Abrißwänden Erdmassen abgerutscht sind („Nischenausbrüche“). In doppelter Weise wird hierdurch die Schluchterosion begünstigt. Über die neue Steilwand stürzt Wasser energisch ab, so die

<sup>15</sup> Im Gegensatz zu den Badlands, bei denen das Ausgangsniveau aufgezehrt wird. Vergl. Anm. 4! Owragi treten dann in ein Verfallsstadium ein, weshalb in der russischen Literatur zwischen „tätigen“ und „erloschenen“ Owragi unterschieden wird.

rückschreitende Erosion einleitend. In den lockeren Absturzmassen entwickeln sich ebenfalls kurze Owragi (Abb. 16).

An den „Bergufern“ der südrussischen Flüsse und Ströme sind aus mehreren Gründen für die Hangabtragung und Schluchterosion günstige Voraussetzungen gegeben. Mit ihnen werden sie zu bevorzugten Stätten der Bodenerosion überhaupt. Ohne Rücksicht auf die besondere Entstehung dieser Bergufer ist sicher, daß ihre Steilheit immer neu frisch erhalten wird. Einmal entwickeln sich an diesen hohen Steilhängen bevorzugt Erosionsrinnen und -schluchten. Dann ereignen sich immer wieder in den Zeiten besonderer Instabilität der Boden- und wenig festen Sedimentmassen die breiten Erdabbrüche mit steilen, kahlen Rückwänden, die ebenfalls die Erosion neu beleben und zugleich weitere Abbrüche einleiten. Die verwilderten Flüsse drängen mit ihren jahreszeitlichen Hochwassern an den Fuß der Bergufer und zerstören dabei die Schwemmkegel vor dem Ausgang der Owragi, weshalb diese nur vorübergehend ihre Gestalt bewahren (Abb. 17). Die bevorzugte Lage am

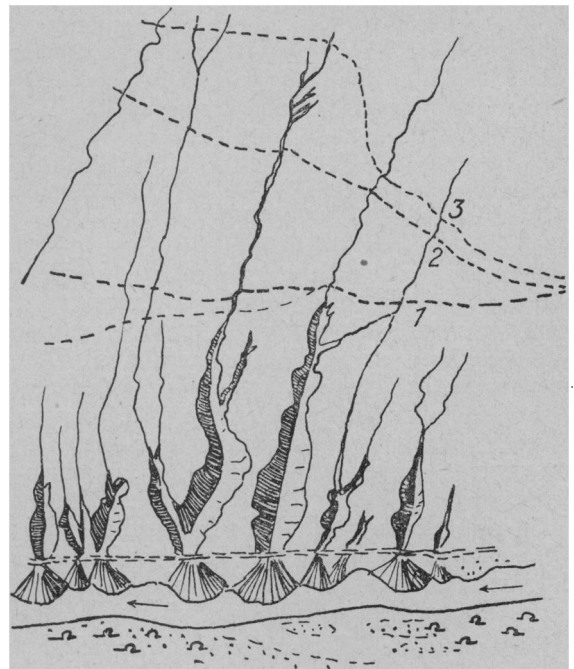


Abb. 17. Nach einem Luftbild vom westlichen Bergufer des Oskol.

Starke Zerschlungung der geneigten Hänge und Rückwärtsachsen der Schluchten je nach günstigen Zuflußbedingungen. Der Fluß drängt gegen das Bergufer, daher die gerade Uferlinie im Osten. Jede Schlucht hat ihren Schwemmkegel vorgeschüttet, der bei Hochwasser größtenteils vernichtet wird. Dieses Drängen gegen das rechte Ufer sorgt für stets frische Steilhänge und also günstige Schluchtbedingungen.

Rande des weiten Hochlandes, über der oft versumpften und verwilderten Flußau und im Bereich häufiger Quellaustritte macht zudem die Bergufer zu dicht besiedelten Streifen und damit ebenfalls zu Streifen unvermeidlicher Boden-erosion. Man vergegenwärtige sich in diesem Zusammenhang die Lage der meisten organisch gewachsenen südrussischen Städte, wie Kiew, Lubny, Poltawa, Kupjansk usw.

### 5. Klima und Steppenschluchten

#### a) Allgemeines<sup>16)</sup>

Das südrussische Steppenklima ist durch hohe Kontinentalität gekennzeichnet. Sie nimmt von West nach Ost ständig zu, die Trockenheit von NW nach SO. Die Steppenvegetation mit ihrer eigenen xerothermen Vergesellschaftung ist wie die Bodenbildung Folge des Klimas. Das trifft am klarsten für die Kern- oder Ursteppe zu, in der Gebüsch und Wald nur noch oasenhaft vorkommen. Die Randzone der Waldsteppe kennt naturgemäß Übergänge.

Während es in den Wintermonaten Januar und Februar zu geradezu arktischen Kälteperioden kommt, nimmt das Steppenklima in den Sommermonaten Juli, August, September zeitweise ariden Charakter an. Langen Sommern und Wintern stehen kurze, späte Übergangsjahreszeiten gegenüber. Temperatur und Niederschläge werden bei aller jahreszeitlichen Wiederkehr von episodischen Schwankungen unberechenbar unterbrochen. Für die Schluchten-erosion ist nicht die jährliche Niederschlagsmenge wichtig, vielmehr sind es gedrängte Regenmaxima im Frühjahr, Herbst und an gelegentlichen Tagen mit Sturzregen. Die Schneemengen Südrußlands sind durchschnittlich nicht hoch. Entscheidend ist, daß der Schnee spät, Februar—März, fällt, so daß große Mengen für die bei schon hohem Sonnenstand Ende April plötzlich einsetzende Schmelze bereit liegen. Viel Schnee wird von den Winden in Schluchten und Vertiefungen geweht.

Das Jahresmaximum der Niederschläge liegt in Südrußland im Juni. Spät-Frühjahr (April—Juni) und Herbst (Oktober—November) sind die Zeiten der Erosion. In beiden Fällen erstarrt anschließend der Boden, im ersten Falle weil er austrocknet, im zweiten weil er einfriert.

#### b) Bodenfrost<sup>17)</sup>

Die große Bedeutung der Frühjahrsschmelze für die Erosion wird erst verständlich, wenn wir

<sup>16)</sup> Die zum Verständnis der klimatischen Gegebenheiten der russischen Steppen nötigen Tatsachen sind ausführlich bei W. v. Poletika (1932) zusammengestellt.

<sup>17)</sup> Allgemeine Grundlagen bei: C. Troll 1944. S. 562—574, und Kögler-Scheidig 1944. S. 257—274.

uns die Bodenfrostvorgänge klar machen. In der dünn überwachsenen Steppe, mehr noch in kahlen Schluchten, ist der Boden fast schutzlos der Kälte ausgesetzt. Schutz der Schneedecke fällt kaum ins Gewicht, weil der Boden bereits tief gefroren ist, wenn Ende Februar/Anfang März die größte Schneedeckenhöhe erreicht wird.

Vor Eintritt der Winterfrostperiode wird der Untergrund während starker Spätherbstregen tiefgründig durchtränkt. Daher steht dem einsetzenden Bodenfrost genügend Wasser zur Verfügung. Im Frostboden reichert sich Wasser an, das den tieferen Lagen auf dem Wege der molekularen Kohäsion entzogen wird. Bei den für Rußland geltenden Frosttiefen von bis zu 2 m handelt es sich hierbei um beträchtliche Mengen. Dabei verhalten sich sehr feinkörnige Sedimente wie Löß, Lehm, Ton ihres hohen Wassergehalts halber als besonders frostgefährlich. In ihnen wird infolge Volumenzunahme beim Gefrieren des Wassers und Eislinienbildung in hohem Grade Frostschiebung erzeugt. Die Deformation bleibt verborgen, solange die Frostbindung währt. Der verhängnisvolle Verfall aller Steilwände bei den Schluchten tritt ein, sobald der Frost verschwindet.

Noch während des Winters, mehr noch gegen Ende der zusammenhängenden Kältezeit, beginnen vorübergehende Tauperioden, das Bodengefüge zu lockern. Nach mehrstündiger Sonnenbestrahlung taut teilweise überlagernder Schnee zusammen mit einer dünnen Frostbodenschicht an kahlen Erdwänden. Infolgedessen weicht diese dünne Schicht über Eislinien auf und beginnt allenthalben abzugleiten und schließlich zu fließen. Von der Durchtränkung werden in erster Linie sehr feinkörnige Sedimente betroffen, während z. B. Sand immun bleibt. Der Vorgang wiederholt sich nach nächtlichem Wiedergefrieren täglich bei starker Sonnenbestrahlung<sup>18)</sup>. Sobald dann das allgemeine Auftauen einsetzt, nimmt der Auftauboden in zunehmender Mächtigkeit breiigen Zustand an, er wird zur Durchtränkungsfließerde. Wir können von „Wand-solifluktion“ in den Schluchten sprechen. Die Volumenverminderung beim Auftauen lockert den Bodenverband. Am verheerendsten muß sich die Lockerung an der Grenze von Frostboden und nicht gefrorenem Boden auswirken. Die übersteilen Schluchtwände müssen auf den gelockerten Zonen zu rutschen beginnen, so daß von Wänden, Vorsprüngen und Resttürmen Erdschollen in die Schlucht stürzen. So muß also die Tauperiode als Zeit der stärksten Umwandlung im jährlichen Bild des Owrags gelten. Dies

<sup>18)</sup> Nach eingehenden eigenen Beobachtungen in der Ostukraine und an Wänden künstlicher Erdgräben im Winter 1944/45 in Westpreußen.

aus der Tatsache heraus, daß stärkste Aufbereitung des Bodens zeitlich zusammenfällt mit stärkster Erosion des abströmenden Wassers.

### c) Frühjahrsschmelze

Sie tritt sehr plötzlich und meistens Ende April ein. Bis zu dieser Zeit dominieren östliche, kontinentale Klimaeinflüsse. Zudem verhindert lange die starke Albedowirkung der weiten Schneeflächen ihr Abtauen. Wenn jedoch erst größere Flächen schneefrei werden und sich die Sonnenwärme zunehmend entfalten kann, wobei der um diese Jahreszeit schon hohe Sonnenstand wirksam wird<sup>19)</sup>, vollzieht sich der Tauvorgang in wenigen Tagen. Die freiwerdenden Wassermengen entstammen beiden, dem Schnee und dem Frostboden, insbesondere dessen Frostlinsen. Schmelzwässer erfüllen zunächst die weitgespannten Vertiefungen auf den Hochflächen. Nachdem ihr Versickern nicht möglich ist, solange noch Frostboden da ist, suchen sie sich geeigneten Abfluß an der Oberfläche. So bietet z. B. die östliche Ukraine in diesen Tagen ein einzigartiges Bild. Seen, Moräste und Wasserströme mit reißenden Schnellen verwandeln die Landschaft und machen sie weithin unpassierbar.

Für das nach Ablauf suchende Schmelzwasser bieten nun die vielen feinen Geländerinnen, wie sie überall den Steilhängen zustreben, beste Abflußmöglichkeit. Das Wasser sammelt sich in ihnen zu Wildbächen und zerreißt bei seiner jetzt überaus hohen Erosionskraft die aufgeweichte, dünne Grasnarbe. Wassereinschnitt und Auftauen tieferer Bodenschichten gehen nun Hand in Hand. Schmelzwässer stürzen gleichzeitig in vorhandene Owragi und wirken in ihnen ausgestaltend. Die Balki sind in reißende Flüsse verwandelt und unbegehbar<sup>20)</sup>.

### d) Sommertrockenheit und Windausblasung

Von Juli bis Oktober brennt die Sonne vom fast wolkenlosen Himmel auf die Steppe herab. Pflanzen werden vom schmutzigen Grau des Staubes überzogen. Der Boden trocknet aus, verkrustet, am stärksten dort, wo Bewuchs ganz fehlt. Trockenrisse beobachten wir nicht nur an

<sup>19)</sup> Nach R. Winkel (1945) ergeben veränderte Ekliptik und Tageslänge für den 50. Breitengrad (etwa Charkow) am 30. April eine Wärmezufuhr, die sich zu demjenigen am 21. Dezember wie 1:11 verhält.

<sup>20)</sup> Zu Beginn der allgemeinen Austrocknung geraten uns feine Linien mit dunklerer Farbe der Grasschicht, daß darunter noch in reichlicher Menge Wasser im Boden strömt. Alle jene Linien münden in die Owragi oder bezeichnen Tiefenlinien an Hängen, denen der Schluchteinriß folgt. Diese „hydrologische Vorzeichnung“ wird besonders deutlich bei Beobachtung aus der Luft, worauf mich Othmar Kühn besonders hinwies.

Schluchtwänden, sondern auch tief in den Steppeboden hineinreichend<sup>21)</sup>.

Obwohl die Austrocknung durch Verkrusten der Erosion zunächst entgegenarbeitet, hilft sie ihr, indem sie Risse und damit Ansatzstellen für ihre Tätigkeit schafft.

Die Abtragung geschieht nun durch den Wind (Deflation), der in den südrussischen Steppen fast ständig weht. Nirgends kann er besser arbeiten als in den kahlen Schluchten. Im Gegensatz zur episodischen Wirkung der Erosion geschieht der Windabhub langsam und erreicht nur spürbare Beträge, weil er lang und andauernd vor sich geht. Tagelang wandert der Staub mit dem Winde über das dürre Steppengras. Teilweise wird er in die benachbarten Meere geweht, größtenteils wandert er in den Steppen, um bei neuer Durchfeuchtung wieder gebunden zu werden.

### e) Sturzregen

Für die episodischen Erosionsvorgänge in der warmen Jahreszeit ist die Intensität der Regenfälle entscheidend. Nach *Massalski* fallen im östlichen Teil der Ukraine etwa sechsmal jährlich Sturzregen. Nach *E. Berg* kann an solchen Tagen die Niederschlagshöhe mehr als 150 mm betragen. Die Sturzregenhäufigkeit (hier Tage mit mehr als 40 mm Regenhöhe) nimmt nach Messungen *E. Bergs* von West nach Ost ab. Im Gebiet des Großen Donbogens und der unteren Wolga sind Sturzregen noch seltener. Dort gibt es auch Jahre, in denen sie ganz fehlen. Ihre Erosionsleistung kann sehr hoch sein, weil unter Umständen die Gesamtniederschlagsmenge des ganzen Jahres in einem Sturzregen niedergeht (100—200 mm).

### 6. Tektonische und erdgeschichtliche Zusammenhänge

Beobachtungen im Großen Donbogen zeigen, daß die Zerschichtung dort ziemlich alt ist. Wir bewegen uns in einer fossilen Landschaft, die zum großen Teil aus den Vorsängen der Gegenwart heraus nicht verständlich wird<sup>22)</sup>. Mehrmals wechselten Zeiten der Schluchterosion und Zeiten der Reliefverwischung miteinander ab. Erosionsneubelebungen war stets gleichbedeutend mit relativer Senkung der Erosionsbasis. Durch verstärkte Reliefenergie, dadurch, daß immer erneut lange, geneigte Hänge entstanden, waren beste Voraussetzungen für die Schluchtenstehung geschaffen<sup>23)</sup>.

<sup>21)</sup> Über Zusammenhänge von Trockenspalten und Owragentstehung machte *Chr. Klein* (Bonn) zahlreiche Beobachtungen, über die er an anderer Stelle berichten wird.

<sup>22)</sup> Vorzeitformen im Sinne *Büdel* (1944).

<sup>23)</sup> Hierzu vgl. *E. Becksmann*, 1939. S. 736 ff. und *W. Penck*, 1924.

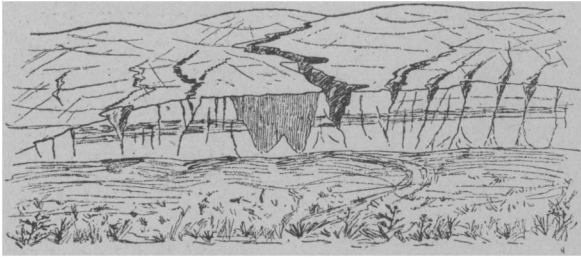


Abb. 18. Hohe Steilwand am Rande einer Balka bei Selivanow im Großen Donbogen.

Wand aus hartem Sandstein. Alte querlaufende Schlucht plombiert.

Die Mehrphasigkeit der Schluchtbildung ergibt sich aus den Profilen in den gegenwärtigen Steppenschluchten, besonders den Balki<sup>24)</sup>. In Wandprofilen sieht man die Querschnitte ehemaliger später ausgefüllter Owragi und Balki (Abb. 18). Die alten Schluchten erscheinen gleichsam plombiert, erfüllt von jüngerem Schutt oder Sediment, überwiegend Löß. Das heutige Balki-Owragi-Netz ist also nur das Ergebnis der jüngsten Schluchterosion, die noch fort dauert. Ähnliche Schluchtnetze gab es mehrmals nacheinander in jüngster geologischer Vergangenheit. Schluchtbildung, Füllung und Ausgleich der Oberfläche haben periodisch mit dem Neueinschneiden von Steilschluchten abgewechselt.

Dabei überschneiden sich die Entwässerungssysteme<sup>25)</sup>, was daraus hervorgeht, daß heutige Hauptschluchten senkrecht zu früheren verlaufen (plombiertes Profil). Als Begründung läßt sich annehmen, daß die jeweilige Achse stärkster Hebung sich gedreht hat, so daß ein völlig neues Entwässerungsnetz erforderlich wurde.

Wie oft diese Neubelebung stattfand, ist ohne Zweifel durch systematischen Vergleich geeigneter Profile zu ermitteln. Ich halte eine dreimalige Belebung für gesichert, was aus den beigegeführten Profilen zu entnehmen ist. Die Tatsache, daß die Aufeinanderfolge bestimmter für Abtragungsvorgänge und klimatische Zustände typischer Sedimente, abgesehen von örtlichen Bedingungen, in entsprechenden Profilen auffallend gleich ist, festigt diese Gedanken. Um Zeit und Genese zu erhellen, sind die aufeinanderfolgenden Löße brauchbar. Fassen wir den Löß

(soweit primär) als glazial auf, dann können wir den Wechsel von Ablagerung, Erosion, Zufüllung usw. mindestens bis ins Riß/Würm Interglazial zurückdatieren. Die letzte Zerschichtung setzt postwürm ein. Für die Kälteperioden der Eiszeit muß neben der Lößablagerung auch die Solifluktion wegen der periglazialen Lage für die Reliefgestaltung beachtet werden. Eine Einreihung der Vorgänge in die Eiszeit und Nacheiszeitchronologie bedarf noch vieler Detailstudien.

Altangelegt, d. h. vermutlich Ende Tertiär Anfang Diluvium, ist sicher das Entwässerungsnetz Südrußlands, wie wir es heute im Netz der Tälchen vorfinden, in denen sich die Balki hinziehen. Eine Zerschichtung im Sinne von Owragi gibt es, seitdem es dort semiarid-kontinentales Klima gibt. Bei aller Langsamkeit der Erosionsvorgänge würde für die sichtbaren „fossilen Landschaften“ des Donbogens die Postglazialzeit genügen. Im Diluvium wechselten Kaltkontinental und Warmkontinental miteinander ab. Die letzte Reliefausfüllung durch Löß ist Ergebnis äolischer Umlagerung und jedenfalls postwürm. Noch jünger ist die Bodenbildung darüber. Postwürm ist wahrscheinlich ebenfalls jene Schluchtphase, die man heute plombiert vorfindet. Sie ergriff ein durch Solifluktionsvorgänge und auftauenden Frostboden verwischtes Relief der letzten Vereisung.

Nach Abb. 19, 20 wären dann die zwischen jüngeren Löß (Würm) und älteren Löß (Riß) eingebetteten Flußablagerungen Riß/Würm Interglazial. Mehr auszusagen ist möglich, sagt jedoch nichts mehr über die Zerschichtung aus.

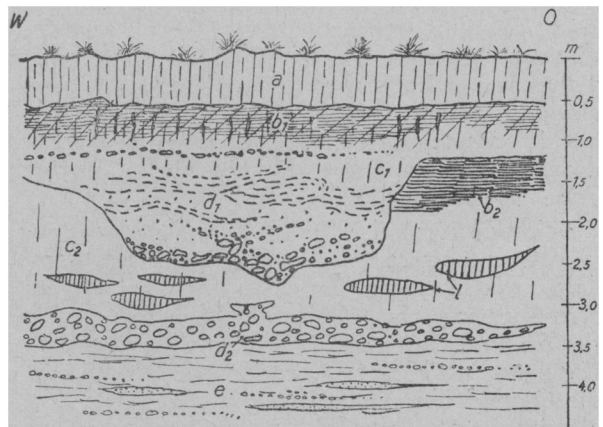


Abb. 19. Profil in einer Balkawand im Liskatal zur Analyse des klimatischen Wechsels bei der Entstehung.

- a: Brauner Steppenboden
- b<sub>1</sub>: Schwarzerde mit Kalkausblühungen
- b<sub>2</sub>: Schwarzerde
- c<sub>1</sub>: Löß, z. T. sandig
- c<sub>2</sub>: Wie c<sub>1</sub> mit rotbraunen Lößlehm-linsen (l)
- d<sub>1</sub>: Fluviatile Gerölle
- d<sub>2</sub>: Geröllbank
- e: Geschichteter Löß mit Grünsand- und Geröllzwischenlagen.

<sup>24)</sup> Hier sei im voraus auf die im Manuskript vorliegende Arbeit von Ludwig Hirsch hingewiesen. Beobachtungen und Profilstudien machten wir z. T. gemeinsam. L. Hirsch, Beobachtungen zur Entstehung der Steppenschluchten im Großen Donbogen. 1943. Ihm gelang es, die „Mehrphasigkeit“ durch gründliche Profilstudien eindeutig zu belegen.

<sup>25)</sup> Hierzu Einzeluntersuchungen bei L. Hirsch. Vgl. Anm. 24. L. Hirsch versuchte, diese Überschneidung kartenmäßig festzulegen.

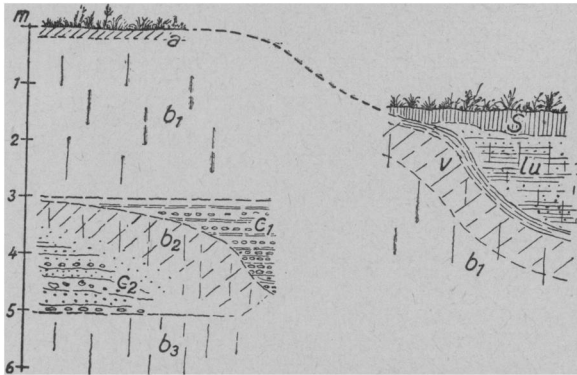


Abb. 20. Profil mit einer Abfolge, die auf den klimatischen Wechsel in den Ablagerungszeiten schließen läßt (Suchanow).

- a: Brauner Steppenboden
- b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>: Löß
- c<sub>1</sub>: Grob geschichtete Flußablagerung
- c<sub>2</sub>: Grob geschichtete Bank, darunter Sand und Löß mit Verwitterungszone
- v: Alte verlehnte Lößoberfläche
- s: Schwarzerde
- lu: Leicht sandiger, umgelagerter Löß

Es hat den Anschein, als ob die Schluchten von Ost nach West jünger würden. Man könnte an ein Vordringen der semiariden Bedingungen denken. Während im Osten die Balki vorherrschen, tun dies im Westen die Owragi. Möglicherweise entsteht dieser Eindruck, weil im Osten (Donbogen) der vielfältige Wechsel junger Sedimente die Zeitfrage leichter erkennen läßt, während im Westen die Schluchten fast nur den mächtigen Löß erfassen, dessen innere Lagerung schwerer zu sehen ist. Ohne Zweifel sind auch deshalb die Löß-Owragi im Westen (Westukraine) so zahlreich und frisch, weil gerade hier in jüngster Zeit die künstliche Entwaldung, also Versteppung, infolge Übersiedlung eine Zone maximaler Erosion schuf.

Wichtige Hinweise für die Klärung der jüngsten Krustenbewegungen enthalten die Terrassen, deren weiträumiger Vergleich für die großen Stromsysteme versucht wurde (Sobolew 1938), für die Balkinette aber noch der systematischen Untersuchung bedarf<sup>26)</sup>. Im Dongebiet münden die Owragi über einer Terrasse, die höher liegt als der ebene Talboden, in den sich steil die Balka einschneidet. Wahrscheinlich kommt auch der Änderung der absoluten Erosionsbasis große Bedeutung zu. Die außer Zweifel stehenden eustatischen Spiegelschwankungen, wie sie neuerdings überzeugend durch M. Pffannenstiel<sup>27)</sup> für

<sup>26)</sup> Durch eine kritische Revision der Vorstellung von der Entstehung der Terrassen und durch weiträumige Vergleiche will L. Hirsch versuchen, die Zeitfrage zu lösen. (L. Hirsch, Terrassen als geologische Zeitmarken. 1943.)

<sup>27)</sup> M. Pffannenstiel (1944) und Vortrag im Geologischen Kolloquium in Freiburg i. B. am 2. November 1946 (voraussichtliche Veröffentlichung des Manuskripts 1948).

Schwarzmeer und Mittelmeer aufgezeigt wurden, sind für ganz Südrußland untrennbar mit Phasen der Erosionsbelebung bzw. deren Aufhören verbunden. Da Krustenhebung nur gewisse Streifen betraf, die eustatischen Spiegelschwankungen aber nahezu ganz Südrußland beeinflussen, müssen letztere im Zusammenspiel beider höher angesetzt werden.

Inwieweit lag das Hauptgewicht auf klimatischen Ursachen, wie sie uns z. B. im Wechsel von Eiszeiten und Zwischeneiszeiten und damit verbundenen Meeresspiegelschwankungen entgegengetreten? Inwieweit waren krustale Hebungen und Senkungen Anlaß zu arealer Erosionsbelebung?<sup>28)</sup> In der Abgrenzung und Klärung dieser auslösenden Ursachen auch der Schluchtenentstehung liegt die noch zu lösende Aufgabe. Die Antwort scheint mir noch verfrüht. In den zahllosen Profilen, wie sie uns durch die jüngste Zerschichtung im Don-Wolgagebiet dargeboten werden, liegt sie verborgen.

Wenn man in den Steppenländern ganz Südrußlands vergleichend die Zerschichtung verfolgt, dann fällt es schwer, für die Vielfalt des Erscheinungsbildes der Schluchten ein Schema zu finden. Einzig die grundsätzliche Trennung von Owrag und Balka läßt sich überall anwenden. Im übrigen wird es nötig sein, an verschiedenen Stellen die Besonderheiten jeweils aufzuzeigen, ob Hang-Owragi in Täler münden und jung sind, ob die Schluchten sich verschachteln und alt sind, ob steile Hangrisse in Querschluchten einmünden oder eine schon stark ausgeglichene Trockentalmorphologie von neuen Erosionskanälen in ihrer Tiefenlinie belebt wird.

In jedem Falle haben wir durch die Schluchten ein wichtiges Kriterium in der Hand, mit dessen Hilfe wir für das jeweilige Gebiet Alter und Intensität der Erosion bestimmen können<sup>29)</sup>.

### C. Der Mensch und die Zerschichtung (Bodenerosion)

Daß der Mensch in seinem Drange, den fruchtbaren Steppenboden bis an die Grenze des Möglichen auszunützen, daran schuld sein kann, daß sich Schluchterosion bis zur völligen Bodenerosion steigert, geht klar aus den Vorgängen, wie sie in USA gründlich studiert worden sind, hervor<sup>30)</sup>. Im Prinzip gilt für Süd-

<sup>28)</sup> Junge Krustenbewegungen stehen für Südrußland außer Zweifel. Siehe auch F. Machatschek (1939) und O. Wittmann (1941).

<sup>29)</sup> Es wäre so der erosive Werdegang für zu umgrenzende morphologische Areale auf Grund der Schluchtenanalysen aufzustellen!

<sup>30)</sup> Siehe auch M. Pffannenstiel, Geologisches in türkischen und chinesischen Bauernsprichwörtern. Geol. Rdsch. 1940.

rußland das Gleiche. Entscheidend sind die Naturgesetze des klimatischen Raumes. Eingriffe in die Pflanzendecke, welche im humiden Gebiet kaum Folgen haben, können unter semiariden Bedingungen unheilvoll endigen. Durch Bodenraubbau infolge Landhunger und zunehmender Technisierung wuchs in der Ukraine die Owrags-Zerschneidung rasch an, wofür N. A. Rosow zahlreiche Beispiele aufführt, wie sie sich aus der russischen Statistik ergeben. Dennoch scheint es so, als ob in Südrußland die Zerschneidung viel stärker naturbedingt war als in den von der Bodenerosion befallenen Streifen der USA.

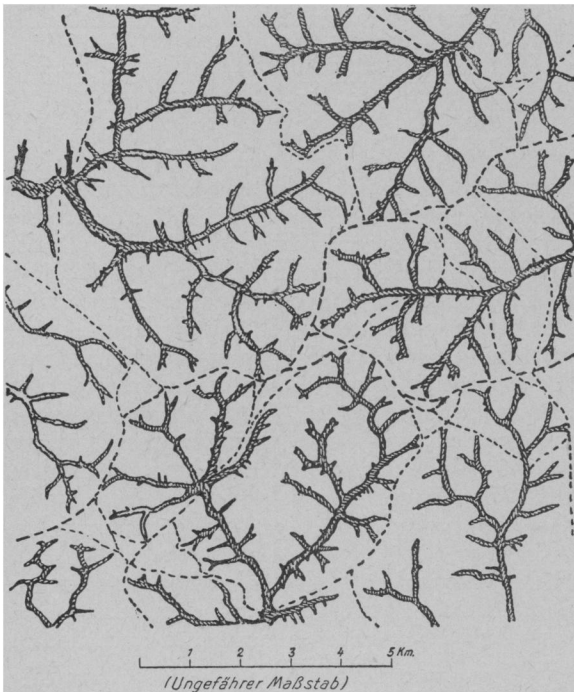


Abb. 21. Zergliederung der Oberfläche im Gebiet der Mittelrussischen Waldsteppe nach einem Luftbild. Gestrichelt der Verlauf der Fahrwege, die beständig den Schluchtanfängen ausweichen müssen.

Von den mannigfachen Abwehrmaßnahmen, wie sie z.T. in eigenen Owrags-Versuchsstationen ausgearbeitet wurden, berichtet ebenfalls N. A. Rosow, sowie eine reichhaltige russische Literatur seither. Der Krieg hat auch auf diesem Gebiet wertvolle Arbeit unterbrochen oder zunichte gemacht.

Über die Verflechtung des Lebens der Steppenbewohner mit den Owrags berichtet schon Johann Georg Kohl 1841, (T. 2 S. 63 ff., S. 68 u. a.) sehr eingehend. Sie gehörten damals ebenso zum Bild der Steppen wie heute. Nur ihre Zunahme geht z. T. auf menschliche Unachtsamkeit zurück.

Aus dem oben Gesagten geht hervor, daß wohl Erosionsfurchen und Owrags vom Menschen verschuldet sein können, nie aber die Balki, die altangelegt sind und auf deren Entstehung der Mensch der Gegenwart keinen Einfluß hat.

Dem Fortschreiten der Owrags-Erosion Einhalt zu gebieten, ist ohne Zweifel überaus schwierig und erfordert Erziehung der Bewohner und tiefgreifende Maßnahmen. Wenn Bodenerosion in solcher Weise wirksam ist, dann steigern sich alle damit verbundenen Schäden von Jahr zu Jahr. Wer die Schwierigkeiten kennt, denen man ständig auf Fahrwegen begegnet, die oft solange verlegt werden, bis sie von beiden Seiten durchschnitten werden (Abb. 21), begreift — was Luftbilder aussagen —, daß ganze Ackerbauflächen unbrauchbar werden, weil man mit Fahrzeugen nicht mehr zu ihnen kann und weil rundum die Steilabstürze in Owrags die Arbeit gefährden. Wertlos werden nicht nur die Owragsflächen, sondern ebenso Streifen an ihren Rändern und vor ihrem Ausgang.

Soweit wir die Bodenabspülung als einen einmaligen Vorgang auffassen, der durch Eingriffe in einen Naturzustand ausgelöst wird, muß jedes befallene Gebiet nach einer Zeit maximaler Abspülung einen Zustand erreichen, bei dem die Trennung von abspülbarem Boden auf Erhebungen und an Hängen und den sedimentierten Abspülprodukten in den Niederungen vollzogen ist. Deshalb beobachtet man, wie an den Grenzen der von Bodenerosion befallenen Areale immer eine Zone maximaler Erosion entlangläuft<sup>31)</sup>.

Das Bild der Mittelmeerländer und des Orients zeigt uns überwiegend diesen Endzustand: Kahle Felshöhen ohne brauchbare Bodenschicht und z. T. fruchtbare, besiedelte Landschaften in den Niederungen. Das kommt dem Verlust der meisten Höhengelände für menschlichen Anbau gleich. Trotz zunehmender Technisierung wird sich eine ständig anwachsende Menschheit solche Landverluste nicht weiterhin leisten können.

#### D. Zusammenfassung

Ausgehend von einem kurzen Überblick über die Schluchtenverbreitung auf der Erde, wird gezeigt, wie in bestimmten Gebieten mit mächtigen Weichgesteinen bei semiariden Klimabedingungen Steppenschluchten zum entscheidenden Merkmal der Morphologie gehören. Zum kontinentalen Steppenklima müssen auslösend

<sup>31)</sup> Worauf H. Bobek anlässlich einer Diskussion zum Thema „Der Mensch und die Bodenerosion“ (M. Pfannenstiel im Geologischen Kolloquium Freiburg i. B. am 2. 11. 46) unter Hinweis auf Beobachtungen im Orient ebenfalls hinwies.

Änderung der Erosionsbasen treten, damit Zerschluchtung entsteht. Störung des natürlichen Gleichgewichts durch menschlichen Eingriff in Pflanzenkleid und Bodenverhältnisse kann die Schluchterosion in verhängnisvolle Bodenerosion übergehen lassen.

Im Einzelnen werden die wirkenden Vorgänge am Beispiel der südrussischen Steppenschluchten abgeleitet. Es wird zwischen Owragi und Balki nach Gestalt und Genese scharf unterschieden. Owragi nennt man die junge, kahlwandige, scharf begrenzte Kerbschlucht, die oben mit Strudelkessel beginnt und in Erosionszeiten durch Rückwärtseinschnitt weiterwächst. Ihr steht die Balka mit Kastenprofil gegenüber, die alt ist, sich durch große Länge (bis zu 30 km) auszeichnet und in der Tiefenlinie eines alten Steppentälchens als junger Einschnitt infolge neuer Erosionsbelebung hinzieht. Die Balka-Morphologie ist das entscheidende Merkmal der südrussischen Steppenhöhen.

Das Schluchtnetz folgt im ganzen klimatischen und tektonischen Gegebenheiten und ist unabhängig von der Art des Gesteins, soweit es im Rahmen der Weichgesteine bleibt. Für das Formbild im einzelnen spielt die Gesteinsart eine erhebliche Rolle, so daß z. B. Löß-Schluchten, Sandschluchten, Kreideschluchten, Tonschluchten und Schluchten mit gemischten Profilen unterschieden werden können. Widerstand gegenüber Erosion sowie Standfestigkeit bewegen sich zwischen starken Extremen je nach dem Grade der Durchfeuchtung oder Austrocknung.

Während für den erosiven Einschnitt zunächst das Hanggefälle entscheidet, ist für das Weiterwachsen der Steppenschlucht im Rückgelände nur noch die Differenz Schluchtoberkante-Schluchtausgang von Bedeutung. Weil sie erhalten bleibt, meist sogar ansteigt, richtet sich das Längenwachstum nur nach dem Wassereinzugsgebiet der Schlucht, also der Menge des für die rückschreitende Erosion zur Verfügung stehenden Wassers. Da mit Annäherung an die Wasserscheide das Einzugsgebiet mehr und mehr aufgezehrt wird, endigt die Owragerosion im allgemeinen vor der restlosen Zerschneidung der Steppenhöhen.

Um die Owragi entwickelt sich durch Sackungs- und Solifluktionvorgänge eine Zone der Denudation.

Für die Owragi sind überwiegend die Balki örtliche Erosionsbasis. Für die an den Bergufern der Flüsse sind es Terrassen der Flußtäler.

Das Zusammenwirken der typisch südrussischen Klimafaktoren ist untrennbar mit den Besonderheiten der Owragi-Balka-Erosion verbunden. Die starke Kontinentalität ergibt tiefreichenden Bodenfrost im Winter und äußerste Austrocknung im Sommer. Das Klima erzeugte

die Steppe, an deren Verbreitung die Schluchten geknüpft sind. Der nach starker herbstlicher Durchfeuchtung des Untergrundes einsetzende Bodenfrost hält an bis zur spät einsetzenden Schneeschmelze und Auftauzeit. Verstoß des Bodens und kräftige Erosion der Schmelzwässer treten dann zusammen und erzeugen die jährlich eintretende Zeit des Schluchtwachstums. Da der Frostboden nur langsam auftaut, muß die Hauptmenge des freiwerdenden Wassers oberflächlich abfließen. Die Sommertrockenheit steht als Zeit extremer Oberflächenerstarrung lange konservierend der kurzen Erosionsphase gegenüber. Abtragung geschieht nun äußerst langsam, aber beständig durch den Wind, der den Steppenstaub aus den kahlen Schluchten

Die andere Möglichkeit für die Erosion liegt in den selten und katastrophal einsetzenden Sturzregen, wie sie für semiaride Gebiete bezeichnend sind. Aus ihrer Wirksamkeit wird erst das krasse Bild der östlichen Schluchten verständlich. Diese episodischen Erosionsvorgänge lassen sich zeitlich nicht festlegen. Sie decken sich mit den entsprechenden Verhältnissen aller semiariden und ariden Erdgebiete.

Ausgehend von Beobachtungen im Großen Donbogen wird versucht, über erdgeschichtliche und tektonische Zusammenhänge auszusagen. Schluchterosion und Reliefausfüllung wechselten mehrmals nacheinander. Z. T. überschneiden sich die Entwässerungsnetze. Profilstudien ergeben Mehrphasigkeit der Schluchtbildung. Der Versuch, diese Vorgänge zeitlich einzugliedern, wird gemacht, bedarf jedoch noch der stärkeren Unterbauung.

Die Feststellung, daß die Steppenschluchten von Ost nach West jünger werden, kann klimatische Ursachen haben, kann aber auch anthropogener Herkunft sein.

Neubelebungen der Erosion hatte vermutlich ihre Gründe sowohl in örtlicher Hebung betroffener Krustenstreifen als auch in den eustatischen Meeresspiegelschwankungen, welche das Gesamtgebiet in Mitleidenschaft zogen.

Wertvolle Hinweise liefern Beziehungen zu jungen Terrassensystemen.

Die Schluchten werden zum Kriterium der Erosionsintensität zu umgrenzender Areale und damit möglicherweise zum Gradmesser der Tektonik.

Die südrussischen Steppenschluchten können von natürlichen Ursachen hergeleitet werden. Landhunger und Technisierung, vor allem die Mißachtung des natürlichen Schutzes des Bodens durch Pflanzen- bzw. Wurzelschicht, steigerten die Zerschluchtung zur gefährlichen Bodenerosion, deren Bekämpfung von der Sowjetunion planmäßig begonnen wurde. Die Prinzipien ähneln denen der USA.



## Literatur

- O. Abel, Amerikafahrt. Jena. 1926.
- E. Beckmann, Erdgeschichtliche Gestalten. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 91. 1939.
- E. Berg, Häufigkeit und geographische Verbreitung der Gußregen im europäischen Rußland. 1886—1890.
- J. Büdel, Die morphologischen Wirkungen des Eiszeitklimas im gletscherfreien Gebiet. Geol. Rdsch. 34. 7/8 (Progr.-H. „Diluvialgeologie und Klima“). 1944.
- W. D. Graf zu Castell, Chinaflug. Bln. 1938.
- N. J. Dmitriew, Die eiszeitlichen Täler der Ukraine. Verh. d. II. Internat. Konf. d. Assoz. z. Studium d. Quartärperiode Europas. Leningrad-Moskau. 1933. (russ.)
- ders., Geomorphologische Elemente der Ukraine. Kiew. 1934. (russ.)
- W. W. Dokutschaeu, Entstehungsweise der Flußtäler. 1865.
- J. P. Gerasimow und K. K. Markow, Das Eiszeitalter im Gebiet der UdSSR. Moskau-Leningrad. 1939. (russ. mit engl. Zusammenfassung.)
- Cl. Gillmann, Die vom Menschen beschleunigte Austrocknung von Erdräumen. Z. Ges. f. Erdkunde. Berlin. 1937.
- J. N. Gladzin, Geomorphologie der UdSSR. (S. 160 bis 244, Zone der Owragi!) Leningrad, 1939 (russ.).
- R. M. Gorrie, The Use and Misuse of Land. Oxford Forestry Memoirs. Nr. 19. 1935.
- K. Gundlach, Russische Forschungen über Bodenerosion. Z. Ges. f. Erdk. Bln. 1937.
- A. Haushofer, Verlöste Gebirge. Hundertjahrsschrift der Ges. f. Erdk. Bln. 1937.
- L. Hirsch, Beobachtungen zur Entstehung der Steppenschluchten im Großen Donbogen. (Manuskript 1943.)
- ders., Terrassen als geologische Zeitmarken. (Manuskript 1943.)
- K. Hummel, Junge Erosionsschluchten in der Ukraine. Natur und Volk 72. Frankfurt a. M. 1942.
- W. Jefremow, Ähnlichkeit und Verschiedenheit in Gestalt, Bau und Entstehungsweise der Owragi, Balki und Flußtäler. Charkow. 1889. (russ.)
- R. Käubler, Junggeschichtliche Veränderungen des Landschaftsbildes im mittelsächsischen Lößgebiet. Wiss. Veröff. d. D. Mus. f. Ldkde. Lpz. N. F. 5. 1938.
- H. Kaufmann, Rhythmische Phänomene der Erdoberfläche. Braunschweig. 1929.
- Kögler-Scheidig, Baugrund und Bauwerk. 4. Aufl. Bln. 1944.
- J. G. Kohl, Reisen in Südrußland. 1. Teil. Dresden u. Lpz. 1841.
- A. S. Kosmenko, Der Kampf mit den Owragi und die Bewässerung der Felder. In: Erosion der Böden. Moskau-Leningrad. 1928. (russ.)
- H. Kuron, Die Bodenerosion und ihre Bekämpfung in Deutschland. Bln. 1942.
- S. S. Kusnetzow, Grundzüge der Geologie. Leningrad. 1938. (russ.)
- H. Lehmann, Chinesische Landschaften aus der Vogelschau. Reichsanst. f. Film u. Bild in Wissenschaft u. Unterricht. Hochschulfilm C 365/1940.
- J. Lentz, Die Abtragungsvorgänge in den vulkanischen Lockermassen der Republik Guatemala. Mitt. Geogr. Ges. Würzburg. 1925.
- J. F. Lewakowski, Art und Zeit der Bildung der Flußtäler im Süden Rußlands. Charkow. 1869. (russ.)
- W. A. Litschkow, Über den Bau der Flußtäler der Ukraine. Leningrad. 1931 (russ.).
- W. C. Lowdermilk, Soil erosion and its control in the United States. Trans. of the III. Internat. Congress of soil Science. 1935.
- F. Machatschek, Das Relief der Erde. I. Bln. 1939.
- ders., Klima, Siedlungs- und Wirtschaftsprobleme im Neuen Mittelwesten der Vereinigten Staaten. In: Lebensraumfragen. Geogr. Forschungsergebnisse. Bd. III. T. 1. Nordamerika. Lpz. 1943.
- W. Massalski, Die Owragi des Schwarzerdegebiets Rußlands. Ihre Verbreitung, Entwicklung und Tätigkeit. St. Petersburg. 1897. (russ.)
- Milanowski, Geologie der Wasserscheide Wolga-Don. Leningrad. 1930. (russ.)
- C. C. O'Harrab, The Badland Formations of the Black Hills Region. Bull. S. D. school of mines Nr. 9. 1910.
- A. M. Pankow, Erosion der Böden im südlichen Teil der einfachen Schwarzerde-Zone. Aus: Erosion der Böden. Moskau-Leningrad. 1937. (russ.)
- W. Penck, Die morphologische Analyse. Geogr. Abh. 2. Reihe. H. 2. Stgt. 1924.
- M. Pfannenstiel, Geologisches in türkischen und chinesischen Bauernsprichwörtern. Geol. Rdsch. 31. 1940.
- ders., Die diluvialen Entwicklungsstadien und die Urgeschichte von Dardanellen, Marmarameer und Bosphorus. (Ein Beitrag zu den klimatisch bedingten, eustatischen Spiegelschwankungen des Mittelmeeres.) Geol. Rdsch. Bd. 34. 1944.
- E. Pfeiffer, Gesunde und kranke Landschaft. Bln. 1942.
- A. Philippson, Die Erosion des fließenden Wassers und ihr Einfluß auf die Landschaftstypen. Gotha. 1914.
- W. v. Poletika, Die geobotanischen und klimatischen Verhältnisse der russischen Steppen. Bln. 1932.
- F. Frhr. v. Richthofen, China. I. Bln. 1877.
- N. A. Rosow, Die Owragi der Ukraine. Kiew. 1927. (russ.)
- St. Rudnycky, Ukraina. Land und Volk. Wien. 1916.
- W. F. Schmidt, Löß-Schluchten der Ukraine. Die Umschau. H. 14. Frankfurt a. M. 1942.
- H. Schmittbener, Probleme aus der Lößmorphologie in Deutschland und China. Geol. Rdsch. 1933. (Sonderband zum 65. Geburtstag von Wilhelm Salomon-Calvi.)
- C. F. St. Sharpe, What is Soil Erosion. U. S. Department of Agriculture. Miscellaneous Public. Nr. 286. Washington, D. C. 1938.
- S. S. Sobolew, Zum Studium der Owragerosion im Gebiet des europäischen Teiles der UdSSR. Bodenkunde Nr. 2. Moskau. 1938 (russ.).
- ders., Die Tiefe der Erosion im europäischen Teil der UdSSR. Bodenkunde Nr. 9. (Tabelle S. 1130/31!) Moskau. 1938 (russ. mit engl. Zusammenfassung.)
- H. Spreitzer, Die Eiszeitforschung in der Sowjetunion. Zeitschr. „Quartär“. Jb. f. Erforsch. d. Eiszeitalters und seiner Kulturen. Bd. 3. Bln. 1941.
- C. Troll, Die Formen der Solifluktion und die periglaziale Bodenabtragung. Erdkunde Bd. I. Bonn. 1947. S. 162—175.
- ders., Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Z. d. Ges. f. Erdk. zu Bln. 7/8. 1939.
- ders., Strukturböden, Solifluktion und Frostklimata der Erde. Geol. Rdsch. 34. 1944.
- P. A. Tutkowski, Les ravines de la Russie méridionale. Kiew. 1893.
- G. Vălsan, Campia Româna. Bucarest. 1915.
- E. Weigt, Bodennutzung und Bodenzerstörung. Leipzig. 1941.
- R. Winkel, Angewandte Hydromechanik im Wasserbau. Bln. 1943.
- ders., Änderung der Bodenerwärmung infolge der Ekliptik der Sonne in Danzig-Westpreußen. Danzig. 1945.
- O. Wittmann, Gibt es auch im Diluvium orogene Phasen? Geol. Rdsch. 32. 1941.