

**Zeitschrift:** Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse  
**Herausgeber:** Schweizerische Botanische Gesellschaft  
**Band:** 46 (1936)  
  
**Artikel:** Einige Züge in der Evolution der Vegetation der Kaspischen Niederung und die Frage über die Dynamik der Vegetations- und Bodenzonen  
**Autor:** Keller, B.A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-31050>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **Einige Züge in der Evolution der Vegetation der Kaspischen Niederung und die Frage über die Dynamik der Vegetations- und Bodenzonen.**

Von *B. A. Keller*, Leningrad.

Eingegangen am 9. November 1935.

Meine erste Bekanntschaft mit Dr. E. R ü b e l fand im Jahre 1912 auf der Wolga statt. Ich beschäftigte mich damals mit der Erforschung des eigenartigen Teppichs der Pflanzenassoziationen der sogenannten Halbwüstenkomplexe, welche Dr. R ü b e l selbst in der Gegend von Sarepta unmittelbar in Augenschein genommen hatte. Die Komplexe bildeten den Gegenstand unserer ersten Unterhaltungen, welche wir miteinander auf einem grossen Wolgadampfer führten.

Jetzt, nach dem Verlauf von 23 Jahren, widme ich Dr. R ü b e l einen Aufsatz über dasselbe Thema. Es hat sich nämlich so gefügt, dass ich mich in letzter Zeit zusammen mit meinen Mitarbeitern aufs neue den Halbwüstenkomplexen zuwenden konnte, um dieselben einem bedeutend vertieften Studium zu unterwerfen und in ihre Dynamik einzudringen.

Im Jahre 1932 wurde von der Sowjetregierung das Projekt der Bewässerung von 4 bis 4,3 Millionen Hektaren Land im Gebiet der untern Wolga in die Tagesordnung gestellt, um der Dürre, an der die Landwirtschaft zu leiden hatte, in radikaler Weise ein Ende zu machen. Dieses grossartige Projekt forderte eine äusserst gründliche und vielseitige wissenschaftliche Vorbereitung. In demselben Jahre rüstete die Akademie der Wissenschaften der U. S. S. R. eine grosse botanisch-bodenkundliche Expedition unter meiner allgemeinen Leitung nach dem künftigen Bewässerungsgebiet aus. Zu dem Bestand der Expedition gehörten 95 Botaniker und Bodenforscher. Mir persönlich war eine besondere, aus 10 Botanikern bestehende Gruppe zugeteilt, in welcher unser gemeinsamer Freund Dr. H. E. G a m s tätigen Anteil nahm.

Die spezielle Aufgabe meiner Gruppe bestand in der Feststellung, wie weit die Grenze der Bewässerung nach Süden in die Kaspische Niederung vorgerückt werden könnte und bis zu welchem Grade die hier verbreiteten verschiedenartigen Salzbodentypen eine Bewässerung zulassen.

Die komplizierte und sehr verantwortungsvolle von der Sowjetregierung an die Wissenschaft gestellte Aufgabe forderte ein besonders tiefgreifendes Herangehen an ihre Lösung. Es genügte nicht, sich bloss auf die Beschreibung der Statik der entsprechenden Naturerscheinungen zu beschränken. Ihre Dynamik musste aufgedeckt und vor allen Dingen

die Frage beleuchtet werden, ob gegenwärtig in der Kaspischen Niederung ein Prozess der Entsalzung oder der Einsalzung stattfindet. Die grosse praktische Aufgabe des sozialistischen Ackerbaues forderte zu ihrer Lösung eine intensive theoretische Arbeit.

In dem vorliegenden Aufsatz behandle ich einige unserer theoretischen Schlussfolgerungen, die ein grösseres allgemeines Interesse besitzen. Die eingehende Monographie, welche sie näher begründet, befindet sich gegenwärtig im Druck und wird in einer der Publikationen der Akademie der Wissenschaften der U. S. S. R. erscheinen. Ich wiederhole, dass die Arbeit von einer Gruppe von Botanikern unter meiner Teilnahme und unmittelbaren Leitung durchgeführt worden ist.

## I.

Die Kaspische Niederung bildet eine ausgedehnte Fläche Landes, welche erst vor in geologischem Sinne verhältnismässig kurzer Zeit von dem sie bedeckenden Wasser frei geworden ist. Oft steht man hier auf einem Boden, den nur eine dünne Schicht von 1,5—2 m von dem einstigen Meeresboden trennt, der (geologisch) unlängst von Mollusken aus der Gruppe *Cardium* und *Dreysensia* bewohnt wurde. Von den erwähnten Mollusken sind hier an ihrem ursprünglichen Wohnort zahlreiche Muscheln mit geschlossenen Klappen erhalten geblieben. Nur bei oberflächlicher Betrachtung erscheint die Kaspische Niederung zwischen den Flüssen Wolga und Ural eintönig. In Wirklichkeit ist sie stark differenziert und trägt die mannigfaltigen frischen Spuren ihrer vergangenen komplizierten Geschichte. Hier entstand allmählich das Tal der Wolga und ergossen sich grosse Wasserfluten, die schnell ihre Umrisse änderten und bei ihrem Zurücktreteten zahlreiche Süss- und Brackwasserseen hinterliessen. Hier kann man die Spuren alter Wasserläufe, ihre Mündungen und ihre Deltas verfolgen.

Längs der Wolga lassen sich an ihrem linken Ufer vier deutliche Terrassen unterscheiden: diejenige des Überschwemmungsgebietes, die oberhalb der Auenwiesen gelegene, die 3. und die 4.<sup>1</sup> Die beiden letzteren, die höchsten von ihnen, bestehen aus sandigen und sandig-lehmigen Ablagerungen. Sie waren die ersten, welche dem Einfluss des Wassers entzogen wurden. Beide genannten Ursachen bewirken ihre starke Entsalzung. Auf ihnen entwickelten sich verhältnismässig humusreiche, kastanienbraune Böden mit einer Vegetation der trockenen Grassteppe. Solonezböden kommen hier verhältnismässig selten als kleine, eingestreute, auf die unbedeutenden flachen Senken des Mikroreliefs beschränkte Fleckchen vor. In Zusammenhang mit den erwähnten Eigentümlichkeiten befinden sich die betrachteten 3. und 4. Ter-

---

<sup>1</sup> Unsere Untersuchungen in der Nähe der Wolga umfassten das Territorium ungefähr in den Grenzen zwischen der Nikolajewskaja Sloboda gegenüber Kamyshin bis zum Dorf Schirokoje.

rassen gegenwärtig unter Ackerland, das sich zungenförmig längs dem Wolgaufer nach Süden erstreckt. Östlich von diesem sandigen Ackerbaustreifen wurde zwischen dem Elton-See und der Station Pallasowka ein sehr eigenartiger Rayon von bedeutender Ausdehnung angetroffen, dem wir unsere besondere Beachtung widmen wollen.

Dieser Rayon ist tiefer gelegen als die beiden erhöhten Terrassen und geologisch jünger als dieselben. Er hat nur sehr schwachen Abfluss und besitzt einen verhältnismässig nahe an die Oberfläche heranreichenden Grundwasserstand. Seine Vegetation und Bodendecke bieten das bemerkenswerte und höchst eigenartige Bild eines zweigliedrigen Komplexes.

Den allgemeinen Fond bildet hier ein System sehr schwacher, flacher Erhebungen oder Wälle, welche von krustensäulenartigen Solonezböden mit der Assoziation *Artemisia pauciflora* W e b. eingenommen werden. Wir haben hier vor uns das sehr ausgeprägte Bild der Wermut-Salzbodenwüste im kleinen. Auf diesem Fond liegen eingesprengt unzählige kleine, rundliche, von Gras- und zum Teil Gras-Strauch-Steppe eingenommene Senken. Die Böden dieser Senken sind ausgelaugt, nicht salzreich und infolge ihres bedeutenden Humusgehalts dunkelfarbig.

Eine Vorstellung von dieser äusserst bunten Abwechslung von Vegetation und Böden im zweigliedrigen Komplex gibt Abb. 1.

Somit bildet der zweigliederige Komplex eine Kombination zweier extremer Typen — der Wermut-Solonez-Wüste und der ausgelaugten Grassteppe. Der vermittelnde Halbwüstentyp ist nicht entwickelt. Selbst nach der für die Halbwüste am meisten charakteristischen Pflanze *Artemisia maritima* B e s s. var. *incana* K e l l. muss man hier zuweilen suchen.

In einem ganzen bedeutenden Rayon fehlt der zonale Vegetationstypus. Zwei Gegensätze sind vorhanden: Wüste und Steppe, aber keine Halbwüste. Dieses ist eine Erscheinung, welche ich den Leser bitte besonders im Gedächtnis zu behalten.

Im Rayon des zu betrachtenden zweigliederigen Komplexes bietet die Natur dem Ackerbau sehr harte Verhältnisse: Hitze, Dürre und die ungünstigen Bedingungen der hier verbreiteten Solonezböden (äusserste Dichtigkeit und schwere Durchdringbarkeit der Säulenschicht für Wasser nebst hohem Gehalt an leichtlöslichen Chloriden und Sulfaten von geringer Tiefe an). Die primitive Landwirtschaft des alten Russland konnte den Kampf gegen diese harten Verhältnisse nicht aufnehmen. In Zusammenhang mit den genannten Ursachen bildete sich hier ein besonderer Typus der Landwirtschaft aus, nach Art der Oasen oder, besser gesagt, einzelner Fleckchen. Das Ackerland lag stark zerstreut und seine einzelnen kleinen Flecke waren an die grösseren Grassteppensenken gebunden. An den Ufern der Wolga lebte die Bevölkerung in sehr grossen Dörfern, im genannten Rayon dagegen in äusserst primitiven Gehöften.

Der geschilderte zweigliedrige Komplex stellt keine tote statische Erscheinung dar. Die zahlreich gemachten Beobachtungen erwiesen folgendes: Die Grassteppe rückt langsam gegen die Wermutwüste vor. Diesem Prozess liegt die Zerstörung der Solonezböden zugrunde, speziell ihrer dichten Säulenschicht, und ihre Entsalzung. Im nördlichen Teil

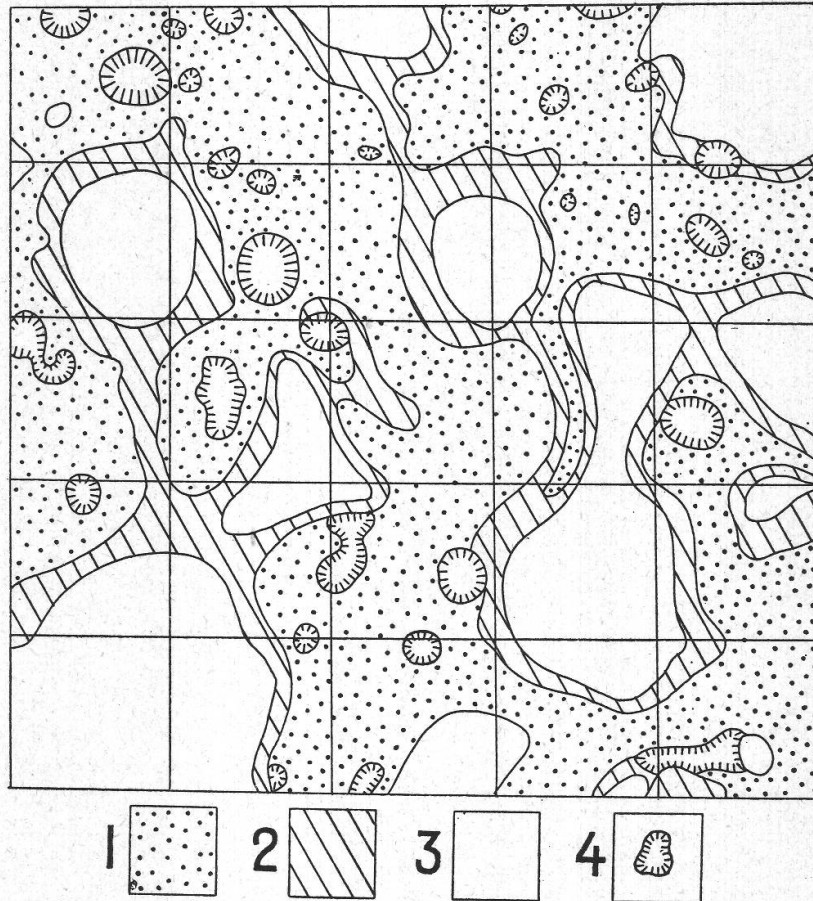


Abb. 1.

Zweigliedriger Komplex auf Solonezbodenfond. Flächenraum des Plans 0,25 ha. 1. Krustensäulenartige Solonezböden mit der Assoziation *Artemisia pauciflora* Web. 2. In Zerstörung übergehende Solonezböden. 3. Grassteppensenken mit dunkelfarbigem Böden. 4. Zieselmaushügel.

des Rayons, etwas südlich von Pallasowka, ist dieser Prozess sehr weit vorgeschritten. Die Steppenvegetation hat sich in dem Masse ausgebreitet, dass sie bereits den zusammenhängenden Fond bildet, während die Solonezböden auf kleine eingestreute Relikte beschränkt sind. Das entsprechende Bild ist auf Abb. 2 wiedergegeben.

Der Ackerbau in diesem Rayon hat es sehr gut verstanden, diese Veränderungen in den Bodenverhältnissen auszunützen. Er hat sich über die ganze Fläche ausgebreitet, da die kleinen Solonezflecken inmitten des Ackerlandes nur wenig störend sind und allmählich nivelliert werden.

Es erweist sich somit, dass der ganze der Betrachtung unterzogene Rayon mit seinem hohen Prozentsatz von Solonezböden sich gegenwärtig auf dem Wege der Entsalzung befindet. Indessen steht vor uns die umfassendere Frage: Woher ist diese eigenartige Erscheinung, der zweigliedrige Komplex, entstanden und welches ist sein Entwicklungsgang?

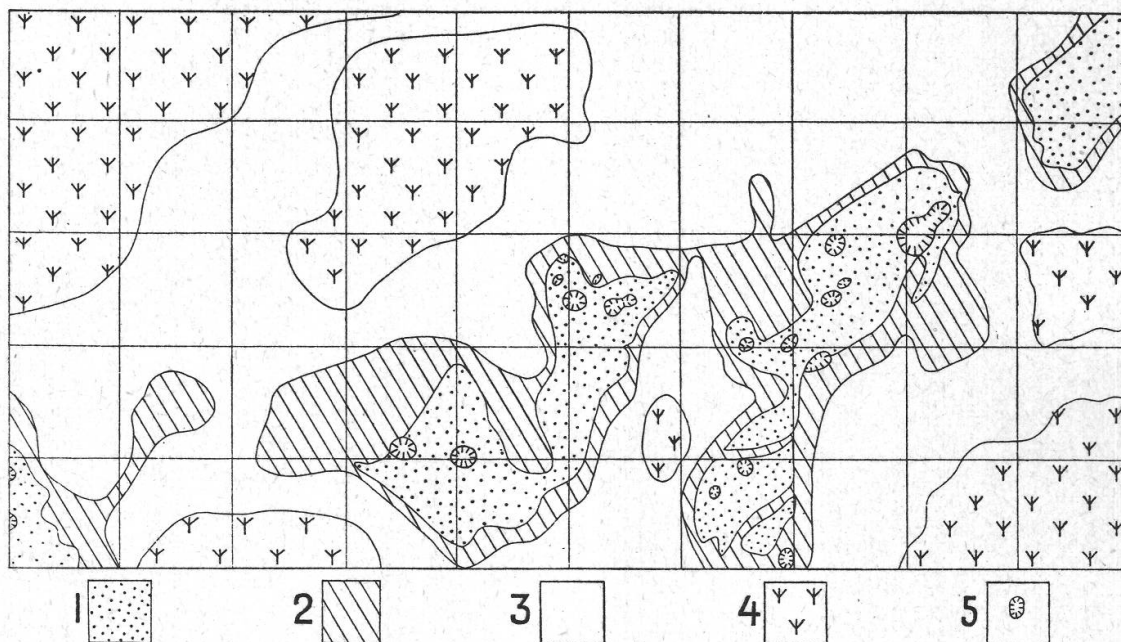


Abb. 2.

Zweigliedriger Komplex auf Grassteppenfond. Flächenraum des Plans 0,5 ha.  
1. Krustensäulenartige Solonezböden mit der Assoziation *Artemisia pauciflora* Web. 2. In Zerstörung übergehende Solonezböden. 3. Grassteppe mit dunkelfarbigen Böden. 4. Steppensenken mit *Spiraea hypericifolia* Lam.-Sträuchern.

Zur nähern Erklärung dieser Frage will ich hier kurz die Begriffe Solontschak und Solonez, wie sie in der sowjetischen Bodenkunde verstanden werden, berühren.

Zum Solontschaktypus werden Salzböden gerechnet, in denen die Grundwässer bis an die Oberfläche heransteigen. Beim Verdampfen hinterlässt hier das Grundwasser die in demselben enthaltenen aufgelösten Salze. Das Ergebnis ist, dass sich an der Oberfläche der Solontschaks häufig weisse Salzeffloreszenzen oder ganze Salzkrusten aus Glaubersalz ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) und teilweise Kochsalz ( $\text{NaCl}$ ) bilden. Am stärksten sind in den Solontschaks die obersten Bodenschichten eingesalzen. Starke Einsalzung ist bei ihnen selbst während der heissen und trockenen Sommerszeit mit reichlicher Feuchtigkeit verbunden. Ein Auslaugen von oben fehlt in den Solontschaks so gut wie gänzlich.

In der Vegetation scharf ausgesprochener Solontschaks herrschen sukkulente Salzpflanzen aus der Familie der *Chenopodiaceae* vor, besonders *Salicornia herbacea* L., *Halocnemum strobilaceum* M B u. a.

Solonezböden sind gewöhnlich an höher gelegene Stellen gebunden, wo der Grundwasserstand bedeutend tiefer ist. Für Solonezböden ist ein merkliches Auslaugen von oben charakteristisch, infolgedessen hier eine eigenartige Differenzierung der obern Bodenhorizonte stattfindet.

Der alleroberste elluviale, ausgelaugte, salzarme Horizont A ist häufig durch eine geringe, 3—4 cm dicke Kruste vertreten (daher die Benennung Krusten-Säulensolonez).

Auf ihn folgt der illuviale, durch kolloidale Partikeln bereicherte, sehr dichte Horizont B<sub>1</sub>. Bei trockenem Wetter spaltet er sich in vertikale Säulen (daher die Benennung Säulensolonez).

Bei feuchter Witterung quillt die Säulenschicht leicht auf und ist dann für Wasser sehr schwer durchlässig. Nach der Schneeschmelze und reichlichem Regen bilden sich auf Solonezböden an der Oberfläche sogar zeitweilige kleine Sümpfe, welche die Entwicklung von Cyanophyceae begünstigen.

Dagegen besitzt der Boden unterhalb der Säulenschicht während des ganzen Jahres einen geringen, kleinen Schwankungen ausgesetzten Wassergehalt. Gleichzeitig setzt unter der Säulenschicht in einer Tiefe von etwa 20—25 cm unterhalb der Bodenoberfläche eine starke Einsalzung zuerst durch Chloride und sodann etwas tiefer auch durch Sulfate ein.

Die besprochenen Krusten-Säulensolonezböden bieten der Vegetation sowohl zeitlich wie örtlich scharf miteinander kontrastierende Lebensbedingungen. Die Horizonte A und B sind ausgelaugt, während kurzer Zeiträume wasserreich und während der heissen Sommerszeit sehr trocken. Tiefer als B<sub>1</sub> ist die Feuchtigkeit überhaupt gering und ausserdem mit starker Einsalzung verbunden.

Im Zusammenhang mit allen diesen Verhältnissen lässt sich bei der für die betrachteten Bodentypen charakteristischen Assoziation *Artemisia pauciflora* W e b. eine grosse und scharfe Differenzierung in Lebensformen und ökologische Typen wahrnehmen.

Dank der erwähnten dichten, das Wasser aufhaltenden Säulenschicht tragen die Säulensolonezböden in sich selbst gewisse Anlagen ihrer Zerstörung.

Über die Vegetation der verschiedenen Solontschak- und Soloneztypen und der verschiedenen Glieder der Halbwüstenkomplexe habe ich schon anderwärts ausführlichere Mitteilungen gemacht.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Keller, B. A. Die Halbwüste bei Krassnoarmeisk (Sarepta). Karsten und Schenk, Vegetationsbilder, 17. Reihe, Heft 2, Jena 1928. Die Vegetation der Salzböden in der grossen Halbwüste des Bundes der S.S.R. Ibid. 18. Reihe, Heft 8, Jena 1928. Die Methoden zur Erforschung der Ökologie der Steppen- und Wüstenpflanzen. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. XI, Teil 6, Heft I, Berlin-Wien 1930.

Ich will mich daher an dieser Stelle auf ein kurzes Beispiel beschränken. In Tabelle 1 werden verschiedene den Bestand des zweigliederigen Komplexes (unweit der Station Elton) bildende Teile durch Pflanzenlisten charakterisiert, und zwar :

- a) die Assoziation *Artemisia pauciflora* Web. auf krustensäulenartigen Solonezböden;
- b) die Übergangsflora zwischen a) und c) auf in Zerstörung übergehendem Solonezboden;
- c) eine Senke mit Gras-Strauchsteppe in ihrem am tiefsten gelegenen Teil.

Hierzu der durchschnittliche Deckungsgrad nach 10 Probeflächen von je 1 m<sup>2</sup> (nach der Methode von Hult-Sernander).

Beim Vordringen der Steppenvegetation gegen die Solonezböden spielen ihre biologischen Eigentümlichkeiten eine grosse Rolle, da sie den Schnee gut festhält und daher die Entsalzung und Zerstörung der Solonezböden an ihrer Grenze fördert. Gleichfalls von Bedeutung sind die Eigenschaften der Wurzeln und Wurzelstöcke der einzelnen Pflanzen. Namentlich ist in dieser Hinsicht *Agropyrum ramosum* Richt. zu erwähnen, welches häufig bei dem Vordringen der Steppenvegetation gegen die Solonezböden den Pionier bildet. Dieses ist auch in der Tabelle auf den Probeflächen a) und b) zu sehen. *Agropyrum ramosum* besitzt ein entwickeltes Rhizom mit verlängerten, sich stark verzweigenden Sprossen.

Schon vor langer Zeit ist von D. Wilensky die Behauptung aufgestellt worden, dass die Solonez- aus den Solontschakböden entstanden sind und sich gegenwärtig in der Periode ihrer Degradierung und Zerstörung befinden.<sup>1</sup>

Dieser Autor hat ausserdem eine « Solonez-Methode » zur Aufklärung der Entwicklungsgeschichte der Vegetation und des Bodens in Vorschlag gebracht. In der Tat gestatten Solonezböden infolge der scharf ausgeprägten Morphologie ihres Profils mit verhältnismässiger Leichtigkeit die Bodenevolution und somit auch diejenige der mit ihr in Zusammenhang stehenden Vegetation zu verfolgen.

In physikalisch-chemischer Hinsicht hat K. Gedroiz<sup>2</sup> die Entstehung und Zerstörung der Solonezböden tief erforscht.

Bei unseren Untersuchungen über die Entstehung und Evolution des zweigliederigen Komplexes haben wir uns sowohl der « Solonez-

<sup>1</sup> Wilensky, D. G. Sassolennyje potschwy, ich proischozhdenie, sostaw i sposoby ulutschenija. Moskwa 1924. (Salzböden, ihre Entstehung, Zusammensetzung und die Mittel zu ihrer Melioration). Moskau 1924.

<sup>2</sup> Gedroiz, K. K. Ossolodenije potschw. Isd. Nossowskoi s. ch. opytnoi stanzii 1926. (Auslaugung, Solotibildung.) Solonzy, ich proischozhdenije, sostaw i meliorazija. 1928. (Die Solonzy, ihre Entstehung, Zusammensetzung und Melioration.)

Tabelle 1.

		a	b	c
	Allgemeiner Deckungsgrad . . . . .	71,5	82,0	86,5
Halbsträucher und Sträucher	<i>Artemisia pauciflora</i> Web. . . . .	4,4	0,9	—
	<i>Kochia prostrata</i> Schrad. . . . .	0,2	0,7	—
	<i>Artemisia austriaca</i> Jacq. . . . .	—	1,4	0,4
	<i>Artemisia pontica</i> L. . . . .	—	—	1,9
	<i>Spiraea hypericifolia</i> Lam. . . . .	—	—	1,0
Mehrjährige Gräser	<i>Agropyrum ramosum</i> Richt. . . . .	0,1	2,2	—
	<i>Agropyrum repens</i> P. B. . . . .	—	—	0,3
	<i>Festuca sulcata</i> Hack. . . . .	0,1	0,5	1,9
	<i>Stipa capillata</i> L. . . . .	—	—	2,3
	<i>Stipa Zalesskii</i> Vil. . . . .	—	—	0,5
	<i>Koeleria gracilis</i> Pers. . . . .	—	0,1	0,5
	<i>Agropyrum cristatum</i> P. B. . . . .	—	0,2	0,3
	<i>Agropyrum desertorum</i> Schult. . . . .	—	0,1	—
Seggen	<i>Poa pratensis</i> L. var. <i>angustifolia</i> L. (sp.) . . . . .	—	—	2,7
	<i>Carex stenophylla</i> Wahl. . . . .	—	0,6	—
	<i>Carex praecox</i> Schreb. . . . .	—	—	1,2
Zwei-mehrjäh- rige Dikotylen- standen	<i>Pyrethrum achilleifolium</i> MB. . . . .	—	1,0	—
	<i>Achillea nobilis</i> L. . . . .	—	—	0,4
	<i>Arenaria longifolia</i> MB. . . . .	—	—	0,2
	<i>Erysimum versicolor</i> Andr. . . . .	—	0,1	—
	<i>Falcaria Rivini</i> Host. . . . .	—	—	0,3
	<i>Galium verum</i> L. . . . .	—	—	1,0
	<i>Linaria Bibersteinii</i> Bess. . . . .	—	—	0,2
	<i>Medicago falcata</i> L. . . . .	—	—	0,5
	<i>Phlomis tuberosa</i> L. . . . .	—	—	0,1
	<i>Potentilla argentea</i> L. . . . .	—	—	0,1
	<i>Potentilla argentea</i> var. <i>incanescens</i> Focke. . . . .	—	0,1	—
	<i>Scabiosa ochroleuca</i> L. . . . .	—	—	0,4
	<i>Silene wolgensis</i> Spreng. . . . .	—	0,1	—
	<i>Statice praticola</i> F. Leisle. . . . .	—	0,4	0,1
	<i>Stellaria graminea</i> L. . . . .	—	—	1,0
	<i>Taraxacum officinale</i> Vigg. . . . .	—	—	0,2
	<i>Verbascum phoeniceum</i> L. . . . .	—	—	0,2
	<i>Veronica spuria</i> L. . . . .	—	—	0,5
	<i>Odontites serotina</i> Rchb. . . . .	—	—	0,8
	<i>Thesium ramosum</i> Hayne. . . . .	—	—	0,5
Sommer- und Herbst-einjähr- ige Pflanzen	<i>Bassia sedoides</i> Ascher. . . . .	3,1	1,0	—
	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L. . . . .	1,2	0,7	—
	<i>Salsola brachiata</i> Pall. . . . .	0,1	—	—
	<i>Salsola tamariscina</i> Pall. . . . .	0,7	0,5	—

		a	b	c
Frühlings- ephemeren	<i>Poa bulbosa</i> L. var. <i>vivipara</i> . . . . .	—	4,0	0,2
	<i>Ornithogalum brachystachyum</i> Fisch. . . . .	—	0,1	—
	<i>Agropyrum prostratum</i> P. B. . . . .	—	0,1	—
	<i>Alyssum desertorum</i> Stapf. . . . .	0,2	1,0	—
	<i>Androsace elongata</i> L. . . . .	—	0,2	—
	<i>Ceratocephalus orthoceras</i> D. C. . . . .	0,1	—	—
	<i>Descurainia Sophia</i> Webb. et Berth. . . . .	0,9	0,4	—
	<i>Draba nemorosa</i> L. . . . .	—	—	0,1
	<i>Lappula patula</i> Ascher. . . . .	0,1	—	—
	<i>Lepidium perfoliatum</i> L. . . . .	3,9	0,8	—
	<i>Lepidium ruderales</i> L. . . . .	0,3	—	—
Algen, Flechten und Moose am Boden	<i>Myosotis stricta</i> Link. . . . .	—	—	0,4
	<i>Veronica verna</i> L. . . . .	—	—	0,7
	Gesamte Artenanzahl der Samenpflanzen . . .	14	24	31
	<i>Stratonostoc commune</i> (Vauch.) Elenk. . . .	1,0	1,0	—
	<i>Microcoleus vaginatus</i> (Vauch.) Gom. } . . .	3,7	1,0	—
	<i>Scytonema ocellatum</i> Lyngb. }			
	<i>Collema</i> (sp.) . . . . .	1,0	—	—
	<i>Ceratodon purpureus</i> Brid. . . . .	0,9	0,3	—

Methode » D. Wilenskys, als auch der Ergebnisse K. Gedroizs bedient.

Ein besonders reichhaltiges Material lieferten die in den Limanen und an ihren Rändern gemachten Beobachtungen.

Die Limane stellen ziemlich flache und öfters ausgedehnte Vertiefungen dar, wo sich Wasser von grossen Flächen ansammelt. Im Frühling läuft hier das Schneeschmelzwasser zusammen, dessen Menge in verschiedenen Jahren grossen Schwankungen unterworfen sein kann. Jedenfalls werden die Limane in der Regel im Frühling von Wasser überflutet. Die Hauptmasse ihrer Vegetation bildet die ihrer Zusammensetzung nach einförmige Assoziation *Agropyrum repens* P. B. Die Bestände dieses Grases erreichen in Jahren mit reichem Frühlingswasser eine grosse Dichtigkeit und Höhe (durchschnittlich etwa 1 m). An den tieferen Stellen der Limane kommen *Phragmites communis* Trin. und *Scirpus lacustris* L.-Bestände vor. In den Queckengras-Beständen der Limane vollziehen sich Auslaugung und Entsalzungsprozesse und entwickeln sich eigenartige Limanböden vom Solototypus. Dagegen erstreckt sich ausserhalb, jenseits der Grenze der *Agropyrum repens* P. B.-Assoziation, gewöhnlich ein Gürtel eingesalzener Böden. In diesem Gürtel findet eine ansehnliche Verdunstung des vom Liman her heranströmenden Wassers statt und die Auslaugung ist schwächer aus-

geprägt. Auf solchen Böden ist die Vegetation spärlich, zerstreut, gewöhnlich mit Vorherrschen von *Artemisia maritima* Bess. var. *salina* Willd. (sp.). Um meine Ausführungen konkreter zu gestalten, werde ich im weiteren die im August 1932 an zwei grossen benachbarten Limanen, Moguta und Prischibok, gemachten Beobachtungen ausnutzen.

Die Grenze zwischen den beiden Assoziationen — *Agropyrum repens* P. B. und *Artemisia maritima* Bess. var. *salina* Willd. (sp.) — ist sehr scharf und zugleich sehr gewunden. Beide Assoziationen bilden in das Gebiet der anderen vorgeschobene Zungen und Inseln. Somit kommt sowohl in den Queckengras-Dickichten am Rande des Liman und in dem an denselben grenzenden Gürtel eingesalzener Böden der zweigliederige Komplex gut zum Ausdruck.

Ja, noch mehr, die erwähnte Erscheinung des zweigliederigen Komplexes in seinen verschiedenartigen Formen und Umwandlungen lässt sich auf der ganzen Strecke von dem tieferen versumpften Teil des Limans an bis zu den benachbarten trockenen, höher gelegenen Stellen verfolgen.

Auf dieser Strecke lösen einander folgende Gürtel ab :

1. Den Fond bilden die höher gelegenen Stellen mit üppigen *Agropyrum repens* P. B.-Beständen (a); in den Senken weniger dichtes Queckengras, unter demselben besser entwickelte Sumpfvegetation (b).

2. Auf den Bodenerhebungen kleine Inseln und Zungen von Solontschakvegetation mit Vorherrschen von *Artemisia maritima* Bess. var. *salina* Willd. (sp.) (b); der Fond ringsherum an den tiefer gelegenen Stellen aus *Agropyrum repens* P. B.-Dickichten bestehend (a).

3. Den Fond bilden Bodenerhebungen mit der Assoziation *Artemisia maritima* var. *salina* Willd. (sp.) (a), in welcher eingestreute Limanfleckchen mit Queckengras liegen (b).

4. Den Fond bilden Bodenerhebungen mit der Assoziation *Camphorosma monspeliacum* L. (a); eingeschlossen in denselben liegen Senken von zweierlei Typus, solche, die den Limanen angehören, mit Queckengras (b) und steppenartige mit *Festuca sulcata* Hack. (c).

5. Der Fond — ein System von Erhebungen — mit der Assoziation *Artemisia pauciflora* Webb. (a) und auf demselben Senken mit Grassteppe (b).

Sehr interessante Ergebnisse lieferte die Untersuchung der Böden in den verschiedenen Gliedern der fünf angeführten Gürtel.

Es erwies sich nämlich, dass hier alle Böden das Solontschakstadium und darauf dasjenige des Säulensolonez durchgemacht hatten, oder zum Teil noch gegenwärtig im Durchmachen derselben begriffen waren.

Innerhalb des Limans inmitten des *Agropyrum repens*-Dickichts (Gürtel 2 a) sammelte sich in einer angefertigten Bodengrube in der

Tiefe von 175 cm Grundwasser, und dieses war ausgesprochen brackig. Leichtlösliche Chloride und Sulfate wurden im Bodenprofil schon in einer Tiefe von 1 m in wahrnehmbaren Mengen angetroffen. Es entsprach also der Boden in seinem unteren Teil dem Solontschak, während er in seinem oberen Teil einen stark zerstörten und solotiartigen Säulensolonez bildete.

Ein besonders lehrreiches Bild liess sich in der Assoziation *Artemisia maritima* Bess. var. *salina* Willd. (sp.) (Gürtel 3 a) beobachten. Das Bodenprofil zeigte mit grosser Deutlichkeit alle von demselben durchgemachten Evolutionsstufen. In seinem unteren Teil war es ein Solontschak mit reichlichen Salzinfloreszenzen, an der Oberfläche — ein Krusten-Säulensolonez, doch waren hier die Spitzen der Säulen stark zerstört und zum Solotistadium degradiert.

An diesem Beispiel liess sich die volle ökologische Reihe, angefangen von der Sumpfvegetation im Innern des Liman bis zur Wermut-Wüstenassoziation *Artemisia pauciflora* Web. in dem für den Rayon typischen zweigliederigen Komplex (s. Tab. 2) aufstellen. In jedem Vegetationsgürtel wurden für das entsprechende Glied der Reihe mehrere (meist je 10) 1 m<sup>2</sup> grosse Quadrate mit Angabe des Deckungsgrades nach Hult-Sernanders Methode genommen. In Tabelle 2 ist der durchschnittliche Deckungsgrad angegeben, und zwar nur für diejenigen Pflanzen, bei welchen dieser Durchschnitt, wenn auch nur in einem Gürtel, 1.0 erreichte.

Somit sehen wir in einer ökologischen Reihe die Vereinigung zweier so extremer Typen wie die Sumpfwiesenvegetation und die Wermutwüste. Ausserdem repräsentiert diese ganze Kette die verschiedenen Stufen und Veränderungen, welche der in seinen Grundzügen sich gleich bleibende genetische Prozess in Verlauf der Solontschak- und Solonezstadien durchmacht.

Von Bedeutung ist auch die Schlussfolgerung, dass der zweigliederige Komplex unter den Halbwüstenverhältnissen bereits dann auftreten kann, wenn eine Bodenfläche von der sie gänzlich bedeckenden ständigen Überflutung frei wird.

Durch ihre Lage zeigen die Limane oft sehr deutlich die Richtung der alten breiten Wasserläufe und Fluten an, deren Überreste sie selbst bilden. Die Gewässer erstreckten sich früher auch über die höher liegenden Stellen, welche jetzt der für den Rayon charakteristische zweigliederige Komplex vom Haupttypus (bestehend aus der Assoziation *Artemisia pauciflora* Web. auf krustensäulenartigen Solonezböden und Grassteppe in den Senken) einnimmt. Dieser Komplex hat unzweifelhaft im Laufe seiner Ausbildung ebenfalls das Solontschakstadium durchgemacht. Deutliche Spuren dieses letzteren lassen sich bis jetzt in den tieferen Horizonten der zu dem betrachteten Komplex gehörenden Solonezböden wahrnehmen. Auch heute noch können alle Übergangs-

Tabelle 2.

Arten		1 b	1 a	2 a	3 a	4 a	5 a
Der Wiesen und Sümpfe	<i>Agropyrum repens</i> P. B. . . . .	4,0	4,9	3,7	1,3	—	—
	<i>Beckmannia eruciformis</i> Host. . . . .	1,0	1,2	—	—	—	—
	<i>Carex nutans</i> Host. . . . .	5,0	—	—	—	—	—
	<i>Heleocharis palustris</i> R. Br. . . . .	—	3,3	1,6	—	—	—
	<i>Butomus umbellatus</i> L. . . . .	0,6	2,4	0,8	—	—	—
	<i>Alisma Plantago</i> L. var. <i>aquatica</i> } . . . . .	1,0	1,2	—	—	—	—
	<i>Alisma lanceolatum</i> With. . . . .	—	—	—	—	—	—
	<i>Ceratophyllum tanaiticum</i> Sapeg. . . . .	4,0	3,0	—	—	—	—
	<i>Lemna minor</i> L. . . . .	1,3	1,7	—	—	—	—
	<i>Potamogeton lucens</i> L. . . . .	1,3	0,4	—	—	—	—
	<i>Utricularia vulgaris</i> L. . . . .	1,0	—	—	—	—	—
	<i>Inula britannica</i> L. . . . .	1,0	2,3	0,6	—	—	—
	<i>Roripa brachycarpa</i> C. A. M. . . . .	0,3	0,2	1,0	—	—	—
	<i>Statice praticola</i> F. Leisle . . . . .	—	—	0,7	0,5	0,4	—
Der Solont- schak- wiesen	<i>Heleocharis acicularis</i> R. Br. . . . .	—	—	1,1	—	—	—
	<i>Lythrum hyssopifolium</i> L. . . . .	—	—	1,0	1,0	—	—
	<i>Marsilia strigosa</i> Willd. . . . .	—	—	1,0	—	—	—
	<i>Peplis portula</i> L. . . . .	—	—	1,1	—	—	—
	<i>Polygonum arenarium</i> W. K. . . . .	—	—	2,6	0,6	—	—
Der Solont- schakböden	<i>Artemisia maritima</i> Bess. var. <i>salina</i> Willd. (sp.) . . . . .	—	—	2,5	4,9	2,9	1,7
	<i>Atropis convoluta</i> Gris. . . . .	—	—	—	1,7	2,2	—
	<i>Atriplex litorale</i> L. . . . .	—	—	—	1,0	—	—
	<i>Petrosimonia Volvox</i> Bge. . . . .	—	—	0,5	2,4	0,1	0,2
	<i>Plantago tenuiflora</i> W. K. . . . .	—	—	0,6	1,0	—	—
Dersolonez- artigen So- lontschak- böden und Solonez- böden	<i>Camphorosma monspeliacum</i> L. . . . .	—	—	—	0,3	5,0	3,7
	<i>Artemisia pauciflora</i> Web. . . . .	—	—	—	—	—	3,0
	<i>Bassia sedoides</i> Aschers. . . . .	—	—	0,4	1,1	0,9	—
	<i>Petrosimonia Litwinowii</i> Korsh. . . . .	—	—	—	—	—	1,2
	<i>Ceratocephalus orthoceras</i> D. C. . . . .	—	—	—	—	0,1	1,0
	<i>Lepidium perfoliatum</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	1,2
	<i>Lepidium ruderale</i> L. . . . .	—	—	—	—	—	1,0
	<i>Myosurus minimus</i> L. . . . .	—	—	—	1,1	0,5	—
	<i>Achillea leptophylla</i> M. B. . . . .	—	—	—	—	—	1,6
	<i>Agropyrum ramosum</i> Richt. . . . .	—	—	—	—	1,0	1,6
Der Steppen	<i>Festuca sulcata</i> Hack. . . . .	—	—	—	—	—	1,2

Arten		1 b	1 a	2 a	3 a	4 a	5 a
Niedere Pflanzen am Boden	<i>Stratonostoc commune</i> Vauch. (Elenk.)	—	—	0,7	0,8	1,0	1,5
	<i>Microcoleus vaginatus</i> (Vauch.) Gom.)	—	—	—	0,7	2,4	0,5
	<i>Scytonema ocellatum</i> Lyngb.	—	—	—	—	—	—
	<i>Collema</i> (sp.) . . . . .	—	—	—	—	—	1,0
	<i>Funaria hungarica</i> Boros <sup>1</sup> . . . . .	—	—	1,0	0,9	0,7	—
	<i>Pterygoneurum subsessile</i> Jur. . . . .	—	—	—	—	—	1,2

<sup>1</sup> Nach der Bestimmung von H. Gams.

stufen von Solontschak- und Solonezböden und die dieselben begleitenden entsprechenden Übergänge in der Vegetation beobachtet werden.

Somit findet in dem von uns erforschten nördlichen Teil der kaspischen Niederung in der Nähe des linken Wolgaufers gegenwärtig ein grossartiger Entsalzungsprozess statt. Doch verläuft derselbe an verschiedenen Stellen nicht mit der gleichen Schnelligkeit und sein Gang weist wesentliche Variationen auf. So entstehen z. B. an den tieferen Senken, wo sich grössere Mengen stagnierenden Wassers ansammeln, bei Zerstörung der Solonezböden Limansumpfböden, typische Soloti.

An weniger tiefen Senken mit weniger reichlicher Befeuchtung bilden sich an Stelle der in Zerstörung übergehenden Solonezböden dunkelfarbige Böden von Steppencharakter.

Wo grosse Mengen von Salz ausgelaugt werden, besteht die Möglichkeit einer Ansammlung derselben an neuen Stellen. In der Tat haben wir zu verschiedenen Malen einzelne Fälle von sekundärer Einsalzung beobachten können.

Offenbar gibt es auch Solonezböden jungen Ursprungs. Auf denselben hatte ich Gelegenheit, eine besondere Entstehungsart des zweigliederigen Komplexes zu beobachten.

Auf dem dunkeln Fond von *Artemisia pauciflora* W e b. fiel eine grosse Anzahl kleiner, nicht scharf begrenzter Senken ins Auge. Dieselben hatten eine grau-weissliche Färbung dank der hier reichlich vorhandenen *Artemisia austriaca* J a c q., welche bei dem Vordringen der Steppe gegen die Solonezböden den Hauptpionier bildete. Eine Bodengrube in der Senke förderte einen krustensäulenartigen Solonez sandigen Charakters im Anfangsstadium der Zerstörung zutage. Der gegebene Fall bietet uns ein Beispiel, wo die Vegetation der Grassteppensenken sich verhältnismässig spät auf dem Fond der schon fertigen Assoziation *Artemisia pauciflora* W e b. formiert.

Der der Betrachtung unterzogene grossartige Entsalzungsprozess kommt für den Botaniker mit grosser Deutlichkeit darin zum Ausdruck, dass die Vegetation der mittlrussischen Steppen hier von N. und NW.

gegen die aus SE., aus Asien, stammende Vegetation der Wüste und Halbwüste vordringt.

## II.

Der Rayon des zweigliederigen Komplexes, mit dem wir uns beschäftigen, liegt in der Zone der Halbwüste. Indessen fehlt in demselben der zonale Vegetationstypus.

Diese Tatsache zwingt uns dazu, unsere Aufmerksamkeit dem Umstande zuzuwenden, dass der zonale Vegetationstypus überhaupt bei weitem nicht auf einmal entsteht, sondern sich unter verschiedenen gearteten Verhältnissen nicht mit der gleichen Schnelligkeit entwickelt und bisweilen auch fehlen kann. Deshalb muss auch das Schema der geographischen Zonalität der Vegetation und der Böden statt des alten statischen einen neuen dynamischen Inhalt bekommen. Es entsteht die Frage, wie die Vegetations- und Bodenzonen ins Leben treten und evolutionieren.

In Westsibirien, wo gemäss der geographischen Lage ausgelaugter und mächtiger Tschernosjom sein müsste, befindet sich in Wirklichkeit nach Angabe von K. G l i n k a<sup>1</sup> ein sehr komplizierter und bunter Bodenkomplex, in dem der Tschernosjom eine völlig untergeordnete Rolle spielt. In den entsprechenden Rayons von Westsibirien fehlt wiederum der zonale Vegetations- und Bodentypus oder hat zum mindesten eine beschränkte Verbreitung.

Die Untersuchungen K. G o r s c h e n i n s<sup>2</sup> zeigen, dass in den genannten Rayons ebenfalls ein Prozess der Umwandlung von Solontschak in Solonezböden mit darauffolgender Zerstörung der Solonezböden in grossem Umfange stattfindet, freilich auf anderer geologischer Grundlage und unter anderen klimatischen Bedingungen als auf der kaspischen Niederung. In diesem letzteren Falle ist es die Grassteppe, welche vordringt, im ersten Falle dagegen Birkenwald.

Offenbar bedarf auch die grosse Frage über den Ursprung des Tschernosjom und der Steppenvegetation im europäischen Teil der U. S. S. R. einer Durchsicht von neuen Standpunkten aus. Hier gibt es kleine Inseln scharf ausgeprägter Komplexe mit Solonezböden und Espenhainen. T. P o p o w hat in diesen Komplexen einen Zerstörungsprozess der Solonezböden und ein Vordringen der Baumvegetation gegen dieselben, und zwar der Espe (*Populus tremula* L.) entdeckt.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> G l i n k a, K. D. Potschwowedenije (Bodenkunde). 2. Aufl. Petrograd 1915.

<sup>2</sup> G o r s c h e n i n, K. P. Potschwy tschernosemnoi polosy Sapadnoi Sibiri. (Die Böden der Tschernosjomzone von Westsibirien.) Omsk 1927.

<sup>3</sup> P o p o w, T. I. Proischozhdenije i raswitije ossinowych kustow w predielach Woronezhskoi gubernii (Geo-botanitscheski otscherk). Trudi Dokutschajewskojo Potschwennojo Komiteta. Wyp. 2 1914. (Ursprung und Entwicklung der Espenhaine im Gouv. Woronezh.)

Es ist Anlass vorhanden zur Annahme, dass diese inselartigen Komplexe die letzten differenzierten Überreste früherer ausgedehnter Einsalzungserscheinungen in der Tschernosjomzone bilden. Wahrscheinlich sind die Tschernosjomböden selbst aus schwach eingesalzenen Böden mit Karbonateinsalzung entstanden. Zu einem solchen Schluss kommt K. G o r s c h e n i n für Westsibirien.

Der Ackerbau gelangte in unsere Steppenzone zu einer Zeit, als in derselben ein Vordringen der Waldvegetation stattfand. Wenn dieser Prozess damals schon weiter vorgeschritten gewesen war, so hätte die Zone selbst, was ihre Vegetation und ihre Böden sowie auch das Klima anbetrifft, einen wesentlich anderen Charakter angenommen.

Bei der Klarlegung der Dynamik von Vegetations- und Bodenzonen sind ausserdem folgende äusserst wichtige Umstände zu beachten:

Vegetations- und Bodenzonen dürfen keineswegs als eine einfache Widerspiegelung nur der gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse betrachtet werden. In den Böden und der Vegetation offenbaren sich und lagern sich gewissermassen die Einwirkungen ihrer langen historischen Entwicklung ab.

Endlich entsteht in Gegenden mit höher entwickeltem Ackerbau an Stelle der früheren natürlichen eine neue Kulturlandschaft. Hierbei wird die natürliche Vegetation vernichtet oder erfährt eine tiefgreifende Veränderung. An Stelle der natürlichen Böden bilden sich stark veränderte Kulturböden. Eine wesentliche Veränderung erfahren auch die klimatischen Verhältnisse in den unteren Luftschichten. Über die alte, das Wesen der Zone bestimmende Vegetation und die Böden lagert sich eine ganze Reihe neuer Erscheinungen und arbeitet dieselben um.

In bezug auf die Dynamik der Zonen erwächst der U. S. S. R. eine neue Aufgabe von grosser theoretischer und praktischer Tragweite. Wenn sich die Geobotanik früher hauptsächlich mit der Frage beschäftigte, wie sich die Vegetation in Abhängigkeit von den klimatischen Verhältnissen verteilt, so steht jetzt die Frage an der Tagesordnung, wie das Klima selbst durch die Vegetation in günstigem Sinne verändert werden kann. Aufforstung der Schluchten und die Schaffung schützender Waldstreifen zur Bekämpfung der Dürre in der Steppenzone sind in Aussicht genommen, und teilweise ist zu ihrer Ausführung in grossem Maßstabe geschritten worden. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Bewässerung sehr ausgedehnter Flächen Landes und die Schaffung reicher Anpflanzungen an Stelle der früheren spärlichen Steppenvegetation zu einer Milderung der klimatischen Verhältnisse führen wird.

---