

I. ABHANDLUNGEN

Holzanbau zum Schutz der Felder in Rußland

Von EUGEN GAGARIN †

Mit 8 Abbildungen

Vorbemerkung

Am 20. Oktober 1948 ist in München EUGEN GAGARIN tödlich verunglückt. Geboren am 12. Dezember 1907 auf einem Gute in Nordrußland, lebte er bis 1932 in der Sowjetunion. Von 1925—1932 lernte er im Dienste der russischen Forstverwaltung große Teile des riesigen Landes kennen, unter anderem war er im Bezirk Archangelsk, in Südrußland, im Kaukasus, in Igarka und an der Grenze der Mandschurei tätig. Von 1933 ab lebte er als Journalist und Schriftsteller in Deutschland, Belgien, Frankreich, England, Holland, Österreich, Italien, Polen. Durch eine Reihe von Novellenbänden erwarb er sich einen angesehenen Namen als Schriftsteller. Das nach seinem Tode kürzlich erschienene Buch „Die Rückkehr des Kornetts“ (Verlag Ehrenwirth, München) und eine im Dezemberheft 1948 der Zeitschrift „Hochland“ veröffentlichte Erzählung „Die Wallfahrt“ zeigen erneut GAGARINS hohe künstlerische Begabung. — Seine forstliche Ausbildung hat er durch Studien an den Universitäten Löwen und Königsberg sowie an der Forstlichen Hochschule Eberswalde abgeschlossen, wo er die Prüfung für den Diplomforstwirt ablegte und in wissenschaftlichen Instituten arbeitete. Von 1941—1945 war EUGEN GAGARIN als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Centre internat. de Sylviculture in Berlin und Salzburg tätig; er bearbeitete vornehmlich die russische und osteuropäische Literatur. In der Zeitschrift „Intersylva“ erschienen 1941 und 1942 viel beachtete Aufsätze über Forstwirtschaft und Holzindustrie der Sowjetunion. Damals kam in Königsberg 1941 in erster und 1943 in zweiter Auflage das Buch „Die Wälder der Sowjetunion“ heraus. Unter den hinterlassenen Arbeiten befand sich der nachstehende Aufsatz, der für einen Sammelband der Schriftenreihe *Silvae Orbis* über Holzanbau außerhalb des Waldes bestimmt war; unter Weglassung einiger Abbildungen und Karten übergebe ich die Arbeit mit einigen geringfügigen Korrekturen der Öffentlichkeit. In 10 Jahren persönlicher Beziehungen und in 5 Jahren beruflicher Zusammenarbeit habe ich GAGARIN als ungewöhnlichen Menschen, begabten Künstler und tüchtigen Fachmann schätzengelernet. Ehre seinem Andenken!

J. KÖSTLER

I. Allgemeiner und geschichtlicher Überblick

1. Der Entwaldungsprozeß in Südrußland und die Dürre

Der feldschützende Holzanbau im Süden Rußlands bildet nur eine Teilfrage im ganzen schwerwiegenden Problem der Wechselbeziehungen zwischen Wald und Steppe. Für Rußland ist dies kein rein theoretisches Problem, dessen Lösung vom forstgeschichtlichen Standpunkt aus zwar interessant wäre, praktisch aber nur geringe Bedeutung hätte; im Gegenteil: es ist ein Lebensproblem ausgedehnter dicht bevölkerter Gebiete im Süden und Südosten Rußlands. Seit Jahrzehnten scheint in diesen Gegenden gleichsam eine Störung im Haushalt der Natur eingetreten zu sein, die sich in periodischen Dürrejahre äußert und furchtbare Hungerkatastrophen zur Folge hat. Aus Abb. 1 ist ersichtlich, welche großen Ausdehnungen die Dürreerscheinungen annehmen können: 1911 und 1921 erfaßten sie die ganze südliche Hälfte der Ukraine, die Krim, die Don- und Kubangebiete, das zentrale Schwarzerdegebiet, den ganzen Wolgalauf und einen Teil Mittel-

rußlands, insgesamt eine Fläche von 5 Mill. km². In der letzten Zeit traten diese Dürrejahre mit einer gewissen Gesetzmäßigkeit auf: Es wechselten katastrophale Jahre (1891, 1911 und 1921) mit weniger ausgeprägten Dürreperioden (1897, 1901, 1906, 1931, 1936). Diese Katastrophen waren in der ganzen Welt bekannt, und es entstand die Frage, ob Rußland tatsächlich noch als Kornkammer Europas betrachtet werden könnte.



Abb. 1. Dürregebiete 1911 und 1921

Folgendermaßen beschreibt ein Zeitgenosse¹⁾ die erste große Dürrekatastrophe 1891: „Unter der Wirkung der fast zweijährigen Dürre war der Boden nicht nur an der Oberfläche, sondern auch in den unteren Schich-

¹⁾ ERMOLOV, A., Mißernte und die Volksnot. St. Petersburg 1891.

ten ganz trocken geworden. Der Grundwasserstand senkte sich. Die reichsten Wasserquellen versagten ganz; viele Fabriken und Werke im Schwarz-erdegebiet mußten ihren Betrieb infolge Vertrocknung der Brunnen, die die Dampfmaschinen mit Wasser versorgten, einstellen; nicht nur im Sommer, auch im Winter blieben viele Eisenbahnstationen ohne Wasser, welches mit Zügen eigens herangeschafft werden mußte. Wolga, Don und Dnjepr wurden über weite Strecken seicht, der Dampferverkehr war stellenweise ganz lahmgelegt und anderwärts nur mit großen Schwierigkeiten durchführbar. Eine große Anzahl von Gärten und Waldbeständen ging für immer zugrunde, viele hunderttausend Hektar Bodenfläche versandeten. Der Boden war bis zu einer solchen Tiefe ausgetrocknet²⁾, daß die Feuchtigkeit, selbst während der Regenzeit, in die unteren Schichten nicht mehr eindrang, die Pflanzen lebten nicht auf. Kurz, es war kein Wasser mehr im Boden, und somit entstand für die Landwirtschaft in den ehemals so fruchtbaren und reichen Schwarzerdegebieten eine bedrohliche Lage, wie sie keiner von den Lebenden bisher gekannt hatte.“ Und weiter: „Es schien, als ob in der Natur irgendeine noch nie dagewesene Umwälzung stattgefunden hätte, die die normalen meteorologischen Verhältnisse dieser Gegenden grundlegend veränderte und einen Untergang voraussehen ließ, da die Hitze und Trockenheit der fruchtlosen mittelasiatischen Steppen an sie heranrückten.“ Diese finstere Prognose eines Landwirtes hat sich seitdem für einige Gegenden schon bewahrheitet. Die Dürrekatastrophe 1921 übertraf alles frühere an Ausdehnung und Volksnot. Wer diese Zeit in Rußland miterlebt hat, wird die Erinnerung daran nie auslöschen können.

Fast gleichzeitig kam zu ähnlichen Schlüssen der bekannte russische Bodenkundler ДОКУЧАЕВ³⁾, der auf Grund wissenschaftlicher Beobachtungen und generationenlanger Erfahrungen der Bauern auf die Tatsache hinwies, „daß unsere Schwarzerdezone unaufhörlich, wenn auch langsam, vertrockne“.

Sowohl von der Wissenschaft als auch von der Bevölkerung wird dabei eine Reihe von begleitenden Vorgängen beobachtet. Man weist beispielsweise auf die steigende Ungleichmäßigkeit des Niederschlags in der Steppe, die großen Schwankungen der Tag- und Nachttemperatur, die ungewöhnlichen Früh- und Spätfröste, große Hitze im Sommer, Seichtwerden der Flüsse und Seen, vor allem aber auf die schädigenden trockenen Südostwinde: „Suchoveji“ und die massenhafte Auswitterung der früher fruchtbaren und wasserdichten Bodenschichten aus lehmigem Löß und Lehm, die nun durch Tribsand ersetzt werden, hin. Bereits 1893 richtete Prof. БЫЧИН⁴⁾ die Aufmerksamkeit auf die verheerende Wirkung der Ostwinde im Süden Rußlands, wo sie stellenweise 25 % der Humusschichten wegfügten. Besonders heftige Formen nimmt dieser Verwehungsprozeß in der Ukraine, in den Don- und Kuban-, aber auch in Wolgagebieten an, für die man sogar den Ausdruck „Schwarze Stürme“⁵⁾ geprägt hat. Sie kommen mit hartnäckiger Regelmäßigkeit und vernichten stellenweise 40—100 % der Kulturen. Der „Schwarze Sturm“ vom 26.—27. April 1928 in der Ukraine hat ein Gebiet von 400 000 km² erfaßt und hat nach den Berechnungen etwa 19 Mill. m³ Staub mit einem Gewicht von 15 Mill. t weggetragen. Dieselben Stürme kennen auch Westsibirien, Kasakstan und die Mongolei, wo sie nicht selten

²⁾ Stellenweise war der Boden bis auf eine Tiefe von mehr als 5 m ausgetrocknet.

³⁾ ДОКУЧАЕВ, Unsere Steppen früher und jetzt. St. Petersburg 1892.

⁴⁾ БЫЧИН, А., Die Bedeutung der Schutzanlagen für die Steppe. Odessa 1893.

⁵⁾ ВОРОБЬЕВ, S., Schwarze Stürme in der Ukraine. In: Werke über die landwirtschaftliche Meteorologie 21, 1930.

auch im Winter bei einem Frost von -40 bis -50° ausbrechen. Der Staub aus den asiatischen Wüsten und der Mongolei wird bis in die Wolgasteppe getragen. Die „schwarzen oder Staubstürme“ bilden überhaupt eine charakteristische Erscheinung der Dürregebiete, aber nicht nur in Rußland. Dasselbe beobachtet man in Afrika und Amerika. Ein Staubsturm in Amerika wird folgendermaßen beschrieben⁶⁾. „Die schweren Staubwellen jagten über die Erde, alles auf ihrem Wege verschüttend und vernichtend: junges Gras und Weizensaat. Der Sturm erstreckte sich auf ein Riesengebiet von West-Oklahoma und Ost-New-Mexiko bis Süd-Dakota, Iowa, Missouri, Nebraska, Colorado. Besonders hat der Staat Kansas gelitten. Dort, wo der Sturm wütete, hörte das Straßenleben auf, Züge und Autos hielten an. In Kansas und anderen Städten und Dörfern mußten Schulen, Behörden und Geschäfte schließen. Die Menschen saßen in den Häusern, Fenster und Türen mit dicken Laken verhängt. Der schwarze Staub jagte in so dichten Wolken dahin, daß man die andere Seite der Straße nicht sah. Am Tage brannten, kaum sichtbar in der Finsternis, Laternen...“ Und weiter: „Schließlich beginnt die Luft etwas klarer zu werden und auf den Wegen zeigen sich einzelne Autos. Aber selbst die waghalsigsten Fahrer haben ein geringes Tempo. Langsam geht die Staubwand nieder, die Welt erhebt allmählich wieder vor Augen. Die Farmerhäuser stehen bis zu den Fenstern im Staub. Die Felder wirken wie Wüsten...“

Sowohl in Rußland als auch in Amerika wird die Entstehung und Verbreitung solcher Stürme dem Fehlen der hohen Pflanzenwelt — d. h. der Wälder — zugeschrieben. Da, wo Waldungen vorhanden waren, wurden die Stürme, wenn auch nicht abgehalten, so doch wenigstens geschwächt. Man ist überhaupt geneigt, die Ursache dieser katastrophalen Erscheinungen im Verschwinden der Wälder zu sehen.

Die Entwaldung Südrußlands ist eine bekannte Tatsache. Dieser Prozeß schreitet durch die ganze russische Geschichte, die gerade in jenen südlichen Gegenden (etwa Kiew) ihren Anfang nahm. HERODOT schreibt zwar bereits etwa 500 Jahre vor unserer Zeitrechnung über die waldlosen Steppen Scythias, doch meinte er damit hauptsächlich die Gegend östlich vom Dnjepr, das jetzige Noworossija; die Gegend zwischen dem Dnjepr und Bug nannte er selber „Hyleia“, was eigentlich Waldland bedeutet. Ein anderer Grieche dagegen, der Scythia im 2. Jahrhundert v. Chr. besuchte, vergleicht ihre Bäume mit großen Schiffsmasten⁷⁾. Der Süden Rußlands, d. h. auch die jetzige Ukraine, war, wenn auch nicht eine Waldgegend, gebietsweise also unzweifelhaft dicht mit Wald bestockt. Allein aus der Tatsache, daß so viele russische Urstämme einen Namen tragen, der deutlich auf eine enge Verbundenheit mit dem Walde hinweist, kann man auf die stärkere Bewaldung Südrußlands schließen, denn gerade hier nahm die russische Geschichte ihren Ursprung. Schon das Vorhandensein vieler Urstämme deutet auf eine bewaldete Gegend hin. Zur Entstehung verschiedener Stämme muß eine Trennung durch ein Hindernis vorhanden sein: Wald, Fluß oder Berg. Im offenen Land, in einer Steppe, ist die Entstehung verschiedener Stämme undenkbar. Welche große Bedeutung der Wald in der früheren Geschichte Rußlands hatte, geht auch daraus hervor, daß die ersten Zahlungsmittel der Bevölkerung die Pelzwaren bildeten, wovon die älteren Bezeichnungen der Münzen Zeugnis ablegen (Kuna, belj, griwna, poluschka). Der Wald spielte im früheren Rußland eine viel größere Rolle

⁶⁾ BODROV, V., Feldschützender Waldanbau. In: Selchosgiz. Moskau 1937.

⁷⁾ VYSSOTZKY, G., Die ältesten Dokumente über die Scythen, die Hauptflüsse und die Waldlosigkeit der Steppen in Südrußland. In: Lesnoj žurnal Nr. 2. St. Petersburg 1905.

als sonst in einem anderen europäischen Staat. Nur dem Vorhandensein dichter Wälder hat wahrscheinlich das russische Volk zu verdanken, daß es am Leben blieb und nicht während der Tataren- und Mongoleninvasion vernichtet wurde.

Was ist die Ursache der Entwaldung von Südrußland? Die Steppe als solche ist nicht die Ursache. Man spricht zwar von dem Kampf der Steppe mit dem Wald, doch unterliegt die Steppe nach den neuesten Ergebnissen in diesem Ringen und wird allmählich durch den Wald verdrängt⁸⁾. Es ist merkwürdig: der Wald verdrängt scheinbar die Steppe, einzelne Bäume dringen nach dem Westen vor, wie beispielsweise die sibirische Tanne, die allmählich nach dem europäischen Rußland wandert, und dabei wird die Bewaldung im Süden immer geringer und der Wald als geschlossener Naturkomplex geht immer mehr nach dem Norden und Osten zurück. Das ist unzweifelhaft die Folge der menschlichen Tätigkeit. Sie setzt sich auch hier, wie so oft, den Naturgesetzen entgegen. In dem Bestreben, mehr Ackerland zu gewinnen, holzten die ukrainischen Bauern die Wälder ab, anstatt zur intensiveren Wirtschaftsform überzugehen; in der jüngsten Zeit hieb man sogar die Auenwälder ab und legte die Sümpfe trocken. Im Laufe des 19. Jahrhunderts wuchs das Schwarzerdegebiet auf das Doppelte an. ДОКУЧАЕВ⁹⁾ schreibt: „Die Auenwälder (in ganz Südrußland) und auch die Steppenwälder (in der Waldsteppenzone), die die Sandflächen und selbst Kalkböden, Fluß- und Schluchtenufer bedeckten (mitunter mehrere Zehntel Werst breit zu beiden Seiten der Ufer) — die Wälder, die die Gegend vor Auswaschung und Winden schützten, den Schnee auf sammelten, das Grundwasser aufhielten und somit höchstwahrscheinlich den Grundwasserstand hoben, die Brunnen, Seen und Flüsse vor Verunreinigungen schützten —, diese sichersten Regulatoren unserer Luftfeuchtigkeit und des Wasserhaushaltes unserer Flüsse und Seen verringerten sich auf ein Drittel bis ein Fünftel ihres Umfanges.“ Er bringt Zahlen für verschiedene Gebiete, die das Schwinden der Wälder veranschaulichen, so beispielsweise im Poltawabezirk, dessen Fläche ursprünglich zu 34 % vom Wald bestockt war gegenüber 7 % um die Wende des Jahrhunderts. — Im Abtrieb des Waldes und der Trockenlegung der Sümpfe (wie der Polesjesümpfe) beginnt man die Ursache allen Übels zu sehen: der Entwässerung der Steppe, der Vertrocknung des Bodens, der klimatischen Änderungen und der Entstehung der trockenen Winde. Schon 1858 wies Prof. ČERNJAJEV¹⁰⁾ auf die vernichtenden Folgen des Abtriebs der Wälder in den Auen des Don hin: „Der Fluß teilte sich in verschiedene Arme und wurde zuerst seicht, zum großen Nachteil des Dampfverkehrs. Es wurde Raum für die verheerenden Ostwinde geschaffen, die Dürren, Mißernten, häufige Viehseuchen und Krankheiten verursachten. Ausgedehnte Sandweideplätze und Felder am linken Donufer wurden durch Winde in Tribsand verwandelt, der ganze Dörfer verschüttete und deren Bewohner wegtrieb.“ Das Schicksal Turkestans — des einst dicht bewaldeten, blühenden Landes, des Zentrums der mohammedanischen Kultur und der jetzigen Sandwüste mit wenigen Oasen —

⁸⁾ Diese Ansicht ist von V. SUKAČEV, einem der prominentesten Kenner des russischen Waldes, und auch von B. KELLER, der die Sandgebiete im Süden als Förderer des Waldes betrachtet, vertreten.

⁹⁾ ДОКУЧАЕВ, Unsere Steppen früher und jetzt. St. Petersburg 1892.

¹⁰⁾ ČERNJAJEV, V., Über die Wälder der Ukraine. 1858.

schieen Südrußland bevorzustehen. Die Auenwälder spielten tatsächlich eine große Rolle im Naturleben der südlichen russischen Gebiete. Die Auen der Flüsse können hier teils sehr breit sein, wie zum Beispiel die Auen des Uralfusses eine Breite von 3,4 km haben, so daß die Auenwälder eine Fläche von vielen tausend Hektar umfassen.

Ob der Wald eine so entscheidende Stellung im Wasserhaushalt der Flüsse oder in der Bildung und der Verteilung der Luftfeuchtigkeit in der Steppe hat, kann hier nicht beantwortet werden. Die enorme Bedeutung des Waldes in dem inneren Feuchtigkeitsumsatz ist jedenfalls klar; eine besondere Rolle scheinen in dieser Hinsicht die Wälder an Wasserscheiden großer Flüsse zu spielen. Die russische Forstwissenschaft der letzten Jahre hat gerade auf diesem Gebiete viele Forschungen durchgeführt¹¹⁾ und bemerkenswerte Ergebnisse erzielt. Die Natur stellt danach eine große Lebensgemeinschaft dar, deren einzelne Verrichtungen in einer engen Verbindung miteinander stehen; die Zerstörung eines Mitglieds dieser großen Gemeinschaft verursacht eine Kette von Ereignissen, die unabsehbare Folgen hat. So wird nach den neuesten Forschungen die vom Kaspischen Meer verdunstete Feuchtigkeit von Winden nach dem Osten getragen, sie schlägt sich dort auf den Gebirgen nieder und bildet so den Ursprung der mächtigen sibirischen Flüsse. Auf diese großen Zusammenhänge im Naturleben soll hier jedoch nicht näher eingegangen werden.

2. Ernte und Niederschläge im Süden Rußland

Schon seit langem entstand in Rußland der Gedanke, durch verschiedene Maßnahmen, zum Beispiel durch Anlage von besonderen Schutzbeständen, eine Erhöhung der Getreideernte oder zumindest eine gewisse Erntestabilität zu erreichen. Dazu zwangen periodische Mißernten, die in den Getreidegebieten im Süden und Südosten Rußlands infolge trockener Winde, mangelnder Niederschläge und deren ungleichmäßiger Verteilung entstanden. Folgende Erscheinungen begleiteten erfahrungsgemäß gewöhnlich die schlechten Erntejahre: 1. Geringe Niederschläge im Winter, 2. heftige Stürme, die die Schneedecke fortfeigen, 3. plötzliches Tauwetter im Winter, durch das sich der Boden mit einer Eisschicht überzog, was dann oft zum Verlust der Wintersaat führte, 4. trockener Frühling und zu geringe Niederschläge in der Zeit des Getreidewachstums bis zur Blütezeit, 5. heftige oder andauernde trockene Winde im Frühling und während des Reifwerdens des Getreides, 6. Spätfröste im Frühling, 7. heftige Regengüsse, die die feine Erde von den Feldern fortchwemmen, 8. geringe relative Luftfeuchtigkeit (60 % und vielfach noch weniger).

Die durchschnittliche Jahresmenge der Niederschläge in Süd- und Südostrußland ist an und für sich völlig genügend für das Gedeihen der wichtigsten Getreidearten. Bei einer durchschnittlichen Ernte (Weizen = 5 t, Gerste = 3 t, Hafer = 3 t je Hektar mit Stroh) verbrauchen nach KRAVKOV die Hauptgetreidearten folgende Wassermengen je Hektar: Weizen = 2000 t, Gerste = 1250 t, Hafer = 1300 t. Im mittleren Wolgagebiet fallen jährlich minimal 300 mm, im Gebiet der niederen Wolga 200 mm Niederschläge. Rechnet man diese Feuchtigkeitsmenge in Tonnen um, so kommt man zu dem Ergebnis, daß die mittlere Wolga etwa 3000 t, die untere Wolga etwa 2000 t Niederschlagsmenge je Hektar und Jahr aufweist¹²⁾. Selbst wenn nur 75 % der Niederschläge vom Boden behalten werden, wäre die Feuchtigkeitsmenge für das Gedeihen des Getreides ausreichend. Jedoch verteilen

¹¹⁾ Arbeiten von VYSSOTZKY, GUMAN, OTOZCKY, SOVETOV, WILLJAMS und anderen.

¹²⁾ DANILOV, E., Feldschützende Waldstreifen. Moskau-Leningrad 1931.

sich die Niederschläge ungleichmäßig, sowohl zeitlich als auch räumlich. Außerdem werden sie von manchen Böden nicht wirtschaftlich und sparsam genug verarbeitet. Daher kommt den Pflanzen oft nur ein geringer Teil der Niederschläge zugute. Die Abhängigkeit der Ernte von der zeitlichen Verteilung der Niederschläge ist in Rußland eingehend studiert worden, so daß, besonders für die Schwarzerdezone, ausreichende Erfahrungen vorliegen. Die Weizenernte hängt beispielsweise von den Niederschlägen der ganzen Vegetationsperiode, hauptsächlich aber von den Niederschlägen und dem Wetter im Mai ab. Der Winterweizen braucht Niederschläge im März. Beim Roggen sind feuchte August-, September-, April- und Maimonate und die Niederschlagsmengen zwischen August und Dezember wichtig. Die Gerstenernte steht in Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge der ganzen Vegetationsperiode, besonders aber in der Zeit vor der Ährenbildung und der Niederschläge des vorhergehenden Herbstes. Hanf und Sonnenblume brauchen reiche Herbst- und Winterniederschläge und einen warmen Mai. Eine gute Ernte des Sommergetreides ist im allgemeinen gesichert, wenn sich im Boden in einer Schicht von etwa 30 cm Tiefe im Laufe des Herbstes und Winters genügend Wasser ansammelt. — Die Erfahrung lehrt, daß die Niederschlagsmenge des vorhergegangenen Herbstes und Winters einen großen Einfluß auf die Ernte ausüben: ein trockener Herbst und schnee- armer Winter wirken schlecht auf das Wachstum sowohl des Winter- als auch des Sommergetreides; reiche Niederschläge im Winter dagegen erhöhen die Aussichten auf eine gute Ernte. Bereits eine Schneeschicht von 14—17 cm läßt die für die Frühjahrssaat in der ersten Zeit nötige Feuchtigkeitsmenge zurück, gleichmäßiges Tauen und minimaler Abfluß vorausgesetzt. Nach den vorhandenen Erfahrungen wird der Mangel an Winterniederschlägen selbst durch reiche Frühlingsregenfälle nicht ersetzt.

Die Verteilung und das Verhalten der Winterniederschläge in Südrußland ist recht verschieden. Je ebener die Gegend ist, desto gleichmäßiger verteilt sich der Schnee und desto ruhiger und allmählicher taut er im Frühling. Die Winterstürme wirbeln zwar den Schnee hochauf, aber er sinkt wieder auf den Boden. Anders ist es in einer welligen und hügeligen Landschaft: Je welliger die Gegend, desto ungleichmäßiger ist die Verteilung des Schnees; von den Anhöhen wird er oft fast gänzlich weggefedt, er sammelt sich dafür in den Schluchten („Balken“), in großen Mengen. Südhänge der Erhebungen und Schluchten befreien sich zu allererst vom Schnee und werden daher oft vom Frühlingswasser ausgewaschen. Diese Stellen sollten daher in der Steppe unter ständiger Beobachtung stehen.

Man müßte also für den Süden und Südosten Rußlands Mittel finden, die die Winterniederschläge auf der Kulturfläche festhalten und ein gleichmäßiges Tauen des Schnees im Frühling bewirken, so daß das Schmelzwasser nicht sofort in großen Mengen in die Schluchten abfließt. Dazu muß vor allem ein Weg gefunden werden, den Schnee in einer gleichmäßigen Schicht über die große Fläche, auf Anhöhen wie auf Niederungen, zu verteilen. Wichtig ist ferner, daß die Felder die Niederschläge sparsam verbrauchen, und daß während der Saat und in den ersten Wochen darauf keine übermäßige Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit stattfindet.

3. Feldschützende Waldstreifen

Verschiedene Maßnahmen, wie das Aufstellen von Schneewehen, den Gebrauch von Pflugeggen, Schneepflügen, Eggen und anderen Hilfsmitteln

wurden getroffen, um die gleichmäßige Verteilung des Schnees und dessen Zurückhalten im Winter zu erreichen, jedoch ohne den durchgreifenden Erfolg. Bereits vor einiger Zeit wurde in Rußland von den Landwirten die Anlage von Waldstreifen zum Aufhalten der Niederschläge und zu ihrer gleichmäßigen Verteilung sowie auch zur Brechung der Winde vorgeschlagen; der größte Teil der Bodenfläche sollte dabei für landwirtschaftliche Zwecke und nur ein geringer Teil für die Waldstreifen verwendet werden.

Die Idee an sich ist nicht neu: Versuche in dieser Richtung wurden schon in der antiken Welt vorgenommen, wobei den Antrieb dazu die schädigende Wirkung der Winde auf Getreidekulturen gab. Samum in Arabien, Chamsin in Ägypten, Misdral in der Provence, Schirokko in Nordafrika und Südeuropa, wirken oft vernichtend auf das Leben der Pflanzen. Die Schutzanlagen sind in der ganzen Welt verbreitet. Das Internationale Agrarinstitut in Rom hat durch Versendung eines Fragebogens versucht, die Maßnahmen zur Bekämpfung der schädlichen Winde, wie sie in verschiedenen Ländern angewandt werden, festzustellen. Die Ergebnisse sind 1933 veröffentlicht worden¹³⁾. Über 20 Länder bestätigten die positive Wirkung der Waldanlagen. In den USA. und in Kanada werden die Waldstreifen in der Hauptsache zum Schutze der Getreidekulturen angelegt, ebenso in Bulgarien, Dänemark, in der Schweiz und anderen Ländern, in Ägypten zum Schutze der Weizen- und Bohnenfelder und der Fruchtbäumgärten, zum Schutze der Bananen-, Ananas-, Mandarin-, Apfelsinen- und Kaffeeplantagen in Französisch-Guinea, der Mandel-, Pfirsich- und Nußbaumkulturen und der Getreideflächen in Sizilien, der Leinwandkulturen in Mauritien, der Weinanbauflächen in Kalifornien, Tripolitani und Sardinien. In der jüngsten Zeit hat die Anlage von Waldschutzstreifen besondere Verbreitung und Anerkennung in den USA. gefunden, wo sie landwirtschaftliche Flächen von vielen tausend Hektar umgeben, so vor allem in den trockenen Gebieten des Mittelwestens. Zunächst wurden diese Streifen von den amerikanischen Präriesiedlern zum Schutze der Häuser und Gärten vor Winden und Sandstürmen angelegt, später auch zum Schutz der Felder. Viele Forscher sind der Meinung, daß die Anlage von landwirtschaftlichen Kulturen in verschiedenen Provinzen Nordamerikas nur unter dem Einsatz von Windbrechern möglich ist¹⁴⁾. Im Zusammenhang mit den immer schädlicher sich auswirkenden Sandstürmen entstand in den USA. 1934 ein Projekt des Waldschutzgürtels. Dieser Entwurf¹⁵⁾ sah die Anlage von etwa 100 Waldstreifen mit einer Breite von etwa 35 miles (56 km) durch Nord- und Süddakota, Nebraska, Kansas, Oklahoma, Texas und andere Länder insgesamt auf eine Länge von 1000 miles (1600 km) vor. Die geschützte Fläche würde 64 Mill. acres (25,6 Mill. ha) betragen, darunter unter den Waldflächen selbst 1,4 Mill. acres (560 000 ha). Die Kosten der Anlage wurden mit 74 Mill. Dollar berechnet. Die Verwirklichung dieses Projektes schob sich in die Länge, doch ist seit 1934 mit der Aufforstung von Steppen in breitem Ausmaße begonnen worden.

In Rußland zeigten private Gutsbesitzer Initiative zur Anlage von feldschützenden Streifen. Die Versuche der Steppenaufforstung in Südrußland gehen schon einige Jahrhunderte zurück; so wurde beispielsweise 1696 auf Befehl Peters des Großen eine Saat von Eicheln in der Nähe von Taganrog durchgeführt. Später verordnete er den Anbau von Eichenbeständen in den Asowschen Gebieten. Diese ersten Aufforstungsversuche verfolgten

¹³⁾ LUNCZ, G., Protection des Forêts et des Cultures agricoles contre le vent. Inst. int. d'Agriculture. Rome 1933.

¹⁴⁾ ROOS, M., Tree planting in the prairie provinces of Canada. 1928.

¹⁵⁾ KELLOG, R. Y., The shelterbelt scheme. In: J. Forestry 32, Nr. 9. Washington 1934.

einen industriellen Zweck: man wollte Holz für den Schiffsbau haben¹⁶⁾. Seitdem wurde auf dem Gebiet der Steppenaufforstung manches geleistet, besonders in den letzten Jahren: von 1932—1936 wurden zum Beispiel in Südrußland etwa 350 000 ha aufgeforstet¹⁷⁾. Über 2 Mill. ha wurden zur Aufforstung vorgesehen. — Die ersten feldschützenden Anlagen entstanden erst am Ende des vergangenen Jahrhunderts. Als Pionier kann LOMIKOVSKY, ein Gutsbesitzer des Kreises Mirgorod in dem ehemaligen Poltawa-gouvernement gelten. Er umgab 1809 als erster ganz bewußt die Felder zu ihrem Schutz mit Wald und veröffentlichte ein Buch, in dem er seine Erfahrungen mitteilte¹⁸⁾. Schon damals konnte er die günstige Wirkung der Waldanlagen auf die Felder feststellen. Seine Erfahrungen blieben jedoch unbeachtet. 1843 begann ein Gutsbesitzer VON GRAFF mit der Steppenaufforstung in Veliko-Anadol (südwestlich Stalino); insgesamt wurden von ihm 142 ha aufgeforstet. 1879 hat A. A. DE CARRIÈRE auf seinem Gute „Kamennovátka“ (ehemals Kreis Elisavetgrad, jetzt Kirovgrad) feldschützende Waldstreifen in einem Umfang von 87 ha angelegt, die eine Fläche von 1090 ha umgaben¹⁹⁾. Die Streifen waren 32 m breit, der Raum zwischen den Streifen betrug 213—416 m. Ihr Zweck war der Schutz der Felder vor Winden und Dürre. Seine Versuche führte er im Verlaufe von 12 Jahren durch, fand aber zunächst wenig Verständnis dafür. 1892 wurden die Anlagen von Prof. BYČICHIN untersucht, der eine ausgesprochene günstige Wirkung der Streifen auf die landwirtschaftlichen Kulturen feststellen zu können glaubte: Die Stärke des Windes zwischen den Anlagen wurde erheblich geschwächt, die Feuchtigkeit des Bodens war höher als an offenen Stellen, die Getreideernte übertraf vielfach die Ernte auf ungeschützten Stellen.

Dem Beispiel DE CARRIÈRES folgte eine Reihe von Gutsbesitzern. 1886 hat STEINGEL auf seinem Gut „Chutorok“ in der Nähe von Armavir im Kuban-gebiet ebenso mit der Anlage von Waldstreifen zum Schutze der Felder vor Stürmen auf einer Fläche von 5000 ha begonnen. Die Breite der Streifen betrug bei ihm 16 m, der Zwischenraum von 500—1000 m, die gesamte Länge 50 km. Fast zur gleichen Zeit hat die Domänenverwaltung der Krone ausgedehnte Versuche mit dem feldschützenden Waldanbau in der Steppe angefangen und besondere Schutzbestände in den ehemaligen Gouvernements Voronež, Stavropol', Samara, Orenburg und Saratov angelegt. Meist wurden sie in Form von 600 m breiten und 1—7 km langen Streifen an den Wasserscheiden angelegt mit der Aufgabe, die landwirtschaftlichen Kulturen vor der schädlichen Wirkung der trockenen Winde zu schützen, die Niederschlagsmenge, besonders in Form von Schnee, an den Wasserscheiden zu heben und eine bessere Befeuchtung der niedriggelegenen Felder zu bewirken. In Anbetracht ihrer Aufgabe nannte man sie zunächst „Schutzwehre“, später „Windbrecher“. Die Versuchsarbeiten wurden bis 1905 durchgeführt. Die Bestände stehen auch heute noch und werden zum Teil genutzt.

Den stärksten Antrieb erhielten diese Bestrebungen aber durch die sogenannte „Dočkuaev-Expedition“, die 1891 nach der großen Mißernte ins Leben gerufen wurde. Ihre Hauptaufgabe lag in der Fest-

¹⁶⁾ SEREDINSKY, N., Kurze historische Übersicht des Waldanbaues in den süd-russischen Steppen. In: Lesnoj žurnal Nr. 6. St. Petersburg 1887. — ČERNJAVSKY, D., Übersicht des Waldanbaues in der Steppe. In: Werke über Waldwesen in der Ukraine 3, 1926.

¹⁷⁾ BODROV, V., Feldschützender Waldanbau. In: Selchosgiz. Moskau 1937.

¹⁸⁾ LOMIKOVSKY, Waldanbau im Dorfe Trudoljube 1837.

¹⁹⁾ DANILOV, E., Feldschützende Waldstreifen. Moskau-Leningrad 1931.

stellung, unter welchen Umständen für Wasser, Wald und Feld im Süden Rußlands die beste Zusammenwirkung zur Hebung der Produktivität der landwirtschaftlichen Steppenkulturen erzielt werden könne. Der Expedition, an der außer DOKUČAEV viele namhafte Gelehrte, wie VYSSOTZKY, GLINKA, OTOZKY, SIBIRTZEV, TANFILIEV, teilnahmen, wurden breite Versuchsflächen im Süden Rußlands zur Verfügung gestellt. Durch den Waldbau an den Wasserscheiden der Flüsse, an Hügeln und an offenen Stellen suchte man folgendes zu erreichen: Schutz der Steppenfelder vor Ausschütteln und Auswehen der Getreidekörner und vor dem Zerzausen der Halme durch den Wind, Schutz der Steppe vor Ausbrennen, Verringerung der Wasserverdunstung aus dem Boden, gleichmäßige Verteilung der Schneedecke und Ansammlung von Schnee an gewünschten Stellen als Feuchtigkeitsvorrat, Hebung des Grundwassers, Herabsetzung der Temperaturschwankungen, Bewirkung des schnelleren Überganges der dampfartigen Luftfeuchtigkeit in tropfenartigen Zustand (Herbeiführung von Regen). Die Expedition hatte auch waldbauliche Aufgaben, so zum Beispiel die Aufforstung von Standorten, die durch besondere Bodenverhältnisse für andere Kulturen ungeeignet schienen, weiter eine Aufforstung von Schluchten und Balkenrändern zum Zwecke der Verhinderung der Bodenerosion.

Während ihrer Tätigkeit wurden von der Expedition DOKUČAEVS drei Versuchsflächen angelegt: 1. Der „Kamennostepnoj učastok“ bei Chrenov (an der Wasserscheide Wolga—Don im ehemaligen Voroneßgouvernement), 2. der „Starobelskij učastok“ bei Starobelsk

(zwischen Don und Donez, ehemaliges Char'kovgouvernement) und 3. der „Velikoanadolski učastok“ (zwischen Don und Dnjepr, ehemaliges Katerinoslavgouvernement).

In Abb. 2 wird die feldschützende Anlage in „Kamennaja Step“ schematisch dargestellt. Die gesamte geschützte Fläche ist etwa 1000 ha groß, davon entfallen auf die eigentlichen Waldstreifen 170 ha oder 17 %. Die Breite der Streifen beträgt 20 bis 100 m, der Raum zwischen den Streifen

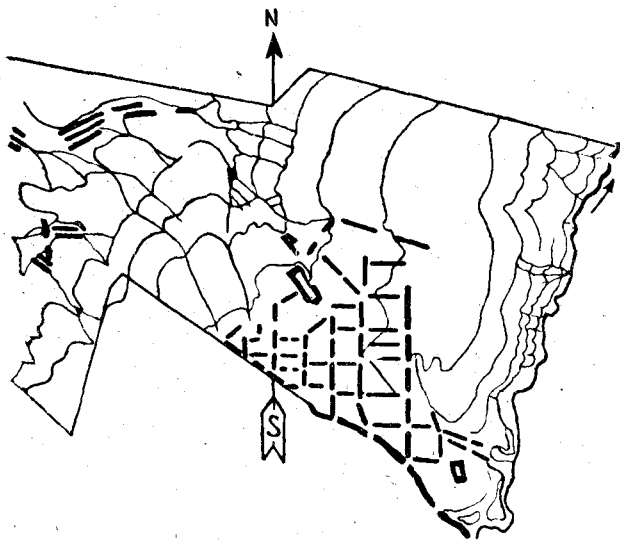


Abb. 2. Feldschützende Holzanlagen in „Kamennaja Step“

400—600 m; die Fläche der einzelnen geschützten Kulturen, die eine vier-eckige Form haben, 10—30 ha. Zwischen den Quer- und Längsstraßen besteht immer ein Zwischenraum von 30—60 m. Angebaut wurden in der Regel Laubholzarten und Sträucher: Eiche, Birke, Ahorn, Esche, gelbe Akazie, Faulbaum, Ölweide, Pfaffenhütchen.

Zehn Jahre später wurden die angelegten Flächen in drei Versuchsreviere umorganisiert (mit den Namen Kamennostepnoj, Mariupolsker und

Derkolsker Versuchsreviere), wobei nun Aufgaben mit überwiegend waldbaulichem Charakter in den Vordergrund getreten waren, die mehr oder weniger auf die Lösung des Problems der Aufforstung der Steppe hinausliefen.

Seit der DOKUČAEV-Expedition sind viele solcher Schutzbestände, so vor allem in der jüngsten Zeit im Süden Rußlands und der Ukraine, entstanden²⁰⁾. Außer den schon erwähnten sind jetzt am meisten bekannt: die Timaševstreifen (mittlere Wolga), die Streifen bei den Besenčugsker und Krasno-Kutscher Versuchsstationen, dann solche in der Nähe von Nikolaev-Sloboda und Bykovsiedlung (niedere Wolga), die Rostaševstreifen (10 km vor der Station Arkadak der Rjasan-Uralbahn entfernt), die bei der Guselsker Lehrstation (7 km vor Saratov) und andere Schutzbestände. Sie alle sind aber Versuchsflächen oder Felder, die mehr dem Studium der Probleme dienen; darüber hinaus gibt es eine Reihe von feldschützenden Waldanlagen, die rein praktischen Zwecken dienen sollen. Sie befinden sich in verschiedenen Staats- und Kollektivgütern (Sovchosen und Kolchosen) sowohl im europäischen Rußland als auch in Sibirien. Meist sind es junge, schmale Gehölzstreifen, die sich kilometerlang durch die Steppe hinziehen und einen ganz merkwürdigen Anblick für das Auge bieten, das sonst an wogendes Gras, ausgedehnte Flächen oder hohe Grashügel — Kurgany — gewohnt ist. Viele von ihnen sind infolge von Dürre eingegangen, über die Hälfte ist jedoch erhalten geblieben.

4. Die Erfahrungen mit den feldschützenden Waldstreifen

Über die Erfahrungen mit dem feldschützenden Holzanbau, der in Rußland auf eine Zeit von mehr als 50 Jahren zurückblickt, besteht schon ein umfangreiches Material, das zum Teil veröffentlicht worden ist²¹⁾. Man hält das Problem theoretisch im wesentlichen für gelöst, wenigstens für die russischen Verhältnisse. Die Erfahrungen können aber sicherlich auch auf die anderen Weltteile mit ähnlichem Klima und ähnlichen Bodenverhältnissen (Steppe, Wüste) übertragen werden. Nachstehend wird die Wirkung der Schutzstreifen auf Wind, Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur, Verdunstung, Niederschläge, insbesondere in Form von Schnee und schließlich auf den Boden einer kurzen Betrachtung unterzogen; hieraus konnten anschließend Schlüsse auf die Wirkung der Waldstreifen auf die Ernte gezogen werden.

Die schädliche Wirkung der heftigen Winde in der Steppe — der „Suchowei“ — war eine der Hauptursachen zum feldschützenden Holzanbau. Nach den neuesten Forschungen beträgt die mittlere Geschwindigkeit des Windes in der südöstlichen Steppe Rußlands 4,1 m/sec, die aber perioden-

²⁰⁾ Schon aus dem engeren Bekanntenkreis des Verfassers sind ihm viele Versuche in dieser Richtung bekannt: so Holzanbau auf dem Gut „Kolodez'sskoje“ von A. CHVOSTOV am Don, auf dem Gut „Zatišje“ von J. ACSENIEV im Tulagebiet u. a.

²¹⁾ Außer den Büchern von BODROV, DANILOV, GLADYŠEVSKY, KERN, VYSSOTZKY über die feldschützenden Streifen wird auf die Veröffentlichungen in den speziellen Zeitschriften verwiesen, so vor allem in „Lesnoje Chozjajstvo“, „Sozialist. Semledelije“, „Sov. agronomija“ und anderen. Die Literatur ist sehr zahlreich. Von deutschem Schrifttum muß vor allem aufmerksam gemacht werden auf MAYER-WEGELIN, H., Aufforstungen in der ukrainischen Steppe. In: Mitteilungen d. Akad. deutsch. Forstwiss. 1943.

weise viel höher wird: so wurde dort an manchen Sommertagen eine Windgeschwindigkeit von 17 m/sec gemessen, bei einer Tagestemperatur von $+29,8^{\circ}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 12 %. Aufgabe der Schutzwälder ist es, diese Windgeschwindigkeit zu brechen, und es unterliegt keinem Zweifel — wie es die zahlreichen Untersuchungen bewiesen —, daß sie das gesteckte Ziel wirklich erreichen. Je nach der Jahreszeit und der Konstruktion des Streifens ist ihre Wirkung verschieden stark. Die Hauptfrage, wieweit sich die schützende Wirkung des Waldes erstreckt, wird von den einzelnen Forschern uneinheitlich beantwortet. Die ersten Beobachtungen in dieser Richtung hat in Rußland J. ŠATILOV²²⁾ noch im vergangenen Jahrhundert gemacht, der die windmildernde Wirkung der zweireihigen Lärchen- und Fichtenkulturen im Alter von 25 Jahren auf eine Entfernung von 200 m beobachten konnte. Vor der Revolution wurden besonders zahlreiche Versuche von NESTEROV²³⁾ in der Umgebung von Moskau durchgeführt. Bei der Höhe des Bestandes von 9,5 Sačen ($\sim 20,5$ m) hat er dessen Wirkung auf den Wind in einer Entfernung von 860 m, also auf einer Strecke, die eine 42fache Höhe des Bestandes beträgt, festgestellt. Nach der Revolution wurden die Versuche fortgesetzt, besonders intensiv im letzten Jahrzehnt. Die Einflußzone der Waldanlage auf den Wind wird jetzt von den russischen Forschern recht schwankend mit 30- bis 80facher Höhe des betreffenden Bestandes bestimmt²⁴⁾.

Recht verschieden sind auch die ausländischen Erfahrungen. Besonders zahlreich sind die Beobachtungen in den USA., die die Wirkungszone des Waldes auf Wind mit 20—50facher Höhe des Bestandes angeben²⁵⁾. Diese gewisse Uneinheitlichkeit der Ergebnisse gründet sich ohne Zweifel auf die verschiedene Methodik der Untersuchungen und die Beschaffenheit der Waldstreifen. Nach den Erfahrungen und Beobachtungen kann jedoch als feststehend gelten, daß die windbrechende oder zumindest Wind abbremsende Wirkung der Waldstreifen keinem Zweifel unterliegt. Die Wirkungszone ist ziemlich groß: bei schwachen Winden schwankt sie zwischen 40- und 60facher Höhe des Bestandes, bei starken Winden (5 m/sec) kann sie die 100fache Höhe des Bestandes erreichen. Die größte Schwächung des Windes wird innerhalb einer Zone, die die 10fache Höhe des Bestandes beträgt, erreicht. Die nachteilige Wirkung der Schutzstreifen kann darin bestehen, daß sie die Bewegung der kalten Luft aufhalten und dadurch die landwirtschaftlichen Kulturen schädigen; daher müssen die Streifen stellenweise unterbrochen sein.

Die wirkende „Fläche“, das heißt die Landschaft mit ihrer Vegetation, spielt eine große Rolle in dem Wärmeaustausch zwischen Luft und Boden. Dieser Austausch steht auch in großer Abhängigkeit vom Winde.

²²⁾ ŠATILOV, J., 70jährige Erfahrung mit der Aufforstung der Schwarzerde. 1893.

²³⁾ NESTEROV, N., Die Wirkung des Windes auf die Stärke und Richtung des Waldes. Moskau 1908.

²⁴⁾ SOBENEVSKY, K., Feldschützende Bestände in Kamenaja Step' im Voroneßgouvernement, Werke der IX. allrussischen Tagung der Waldbesitzer und Forstwirte in Samara, 1900; 2. BAZIEV, A., Die Wirkung der Waldstreifen auf die Stärke und Feuchtigkeit des Windes, Werke der Versuchsforstämter 3, 1905; PANFILOV, J., Zur Frage über die Wirkung der Waldstreifen auf die Stärke und Richtung des Windes, Versuche des V.N.I.A.I.M.L. 4, 1936; 4. MATJAKIN, G., Über die Wirkung der feldschützenden Waldstreifen auf das Mikroklima, wie bei PANFILOV; 5. SUS, Feldschützende Waldstreifen als ein Mittel zur Hebung der Ernte. In: Lesnaja Industrija Nr. 4. Moskau 1934; 6. BODROV, V., Feldschützender Waldanbau. In: Selchosgiz. Moskau 1937.

²⁵⁾ BODROV, V., Feldschützender Waldanbau. In: Selchosgiz. Moskau 1937.

So erklärt es sich, daß auch hier die Waldstreifen eine Wirkung ausüben müssen. Die Beobachtungen²⁶⁾ führen zur Annahme, daß die Waldstreifen die Tageslufttemperatur eher etwas erhöhen. Das ist für Kulturen, wie Sonnenblume, Mais, Soja und ähnliche sehr wichtig; für Getreide kann es aber schädlich sein, besonders an den südlichen Rändern des Streifens. Die Temperaturen über $+35^{\circ}$ wirken in Rußland hemmend auf das Wachstum von Getreide, auch können sie Verbrennungserscheinungen bei Ähren hervorrufen; entsprechende Beobachtungen wurden auf der Rostaševsker Versuchsfläche und anderenorts vielfach gemacht. Außerdem entsteht die Gefahr der Nachtfrost. Andererseits verringert dies die für die russischen Verhältnisse sehr akute Gefahr der „Sachvaterscheinungen“, das ist die Vertrocknung der Pflanzen durch erhöhte Temperatur, selbst unter den Bedingungen der optimalen Bodenfeuchtigkeit²⁷⁾. Auf jeden Fall erhöhen die Waldstreifen die Kontinentalität des Klimas, weil die Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht im Bereich der Streifen viel größer werden — und schaffen dadurch die günstigsten Bedingungen zum Gedeihen der besten Weizensorten, die in Südostrußland wachsen und Reinheit, hohen Proteingehalt und hohe Backfähigkeit besitzen. Um keine schädlichen Erscheinungen zu verursachen, müssen die Streifen nicht völlig dicht, sondern unten winddurchlässig sein.

Eine weitere Frage ist die der Beeinflussung der Luftfeuchtigkeit durch die Waldstreifen. Der lockende Gedanke, die großen, vom Wald verdunsteten Feuchtigkeitsmengen zur Verbesserung des Klimas zu verwenden, findet viele Anhänger. Bei Großanlagen in der Steppe ist eine solche günstige Wirkung des Waldes auf das Klima theoretisch durchaus denkbar. Bei der jetzigen Größe der Streifen, wo sie kaum 3,5 % der Gesamtfläche einnehmen, ist die unmittelbare Wirkung auf das Klima kaum möglich. Zur Zeit ist das mechanische Brechen der Winde das Wichtigste; hierdurch wird schon die Verdunstung verringert.

Die ersten Untersuchungen der Einwirkung der Waldstreifen auf die Luftfeuchtigkeit in Rußland verdankt man Prof. G. Vyssotzky, der sie bereits 1900 durchführte²⁸⁾. Seitdem sind viele neue Versuche und Beobachtungen unternommen worden und zahlreiche Literatur ist entstanden. Die meisten Forscher sind sich darin einig, daß die Waldstreifen im großen und ganzen positiv auf die Luftfeuchtigkeit wirken. Im Durchschnitt ergeben die Messungen der letzten Jahre, daß die relative Luftfeuchtigkeit 50 cm über der Erde in der Mitte eines geschützten 1 ha großen rechteckigen Versuchsfeldes während des Tages um 5 % höher ist als in der offenen Steppe; die absolute Feuchtigkeit stieg um 1—1,2 mm. In der Nähe der Waldstreifen stieg die relative Luftfeuchtigkeit um 10—12 %, die absolute um 4—6 mm. Besonders starke Wirkung auf die relative Feuchtigkeit stellte man am Abend fest (Steigerung bis zu 60 %), am frühen Morgen fehlte sie jedoch vollkommen, in einzelnen Fällen sank sie in dieser Zeit sogar.

Von großer Bedeutung für das Klima ist die Verdunstung. Das Verhältnis zwischen der Niederschlagsmenge und der Verdunstung bestimmt

²⁶⁾ BODROV, V., Feldschützender Waldanbau. In: Selchosgiz. Moskau 1937.

²⁷⁾ DJAKONOVA, E., Die Mгла- und Sachvat-Erscheinungen. In: Werke über die landwirtsch. Meteorologie 22, Nr. 6, 1930.

²⁸⁾ VYSSOTZKY, G., Zur Frage über die Wirkung des Waldes auf die überirdische Feuchtigkeit in Rußland. In: Werke der landwirtschaftlichen Tagung 1, 1905.

eigentlich die Trockenheit des Klimas. Die Wirkung der Waldanlage auf die Verdunstung ist daher als der bedeutendste Faktor bei der Einschätzung der Schutzmöglichkeiten des Waldes zu bewerten. Die Verdunstung ist das Resultat von Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Da die Schutzwälder vor allem auf die Winde einwirken, ist es wichtig, den Zusammenhang zwischen dem Wind und der Verdunstung festzustellen. Die neuesten russischen Untersuchungen ergeben, daß die Verdunstung auf einer von Waldstreifen geschützten Fläche viel schwächer ist als in der offenen Steppe, wobei die Abschwächung der Verdunstung Hand in Hand mit der Abschwächung des Windes geht. So wie bei Winden erstreckt sich die Zone der abgeschwächten Verdunstung auf eine Fläche, die eine 40—60fache Höhe des Schutzbestandes bei einer Windstärke von 3 m/sec und 100fache Höhe desselben bei einer Windstärke von über 5 m/sec einnimmt. Auf einer von einem 15—17 m hohen Schutzbestand umgebenen, 10 ha großen Fläche ist, nach BODROV²⁹⁾, die Verdunstung um 17 % bei einer Windstärke von 2,5—3,0 m/sec und um 25 % bei Windstärke 5—6 m/sec geringer als in der offenen Steppe. Die Abschwächung der Verdunstung geschieht nicht nur bei trockenem und heißem Wetter, sondern auch an feuchten und kühlen Tagen. Je höher die Schutzbestände sind, desto bedeutender ist die Wirkung auf die Verdunstung.

Die Menge der Niederschläge im Winter übt, wie wir sahen, einen großen Einfluß auf die Ernte in Südrußland aus. Je mehr von den Winterniederschlägen aufgehalten werden kann, desto günstiger ist es für die kommende Ernte. Die Waldstreifen haben eine große Fähigkeit, den Schnee aufzuhalten. Bereits die ersten Beobachtungen auf der Fläche der Dokučaevexpedition ergaben, daß der Schnee in den Streifen 17—41 Tage später auftrat als in der offenen Steppe. Die Streifen vermochten fast die

Tabelle 1
Schneeansammlung in der Nähe von Waldstreifen

Entfernung von den Waldstreifen in m	0	2	5	8	14	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47
Schneehöhe bei dichten Streifen in cm	113	118	154	157	150	131	95	36	—	—	—	—	—	—	—	—
Schneehöhe bei unten für Wind zugänglichen Streifen in cm	21	29	26	46	72	71	84	90	87	77	60	39	36	16	11	2

ganze Feuchtigkeit aufzuhalten, der Wasserverlust betrug bei ihnen nur 3,01 mm oder 6 %³⁰⁾. Von Dezember bis Januar war der Boden unter der Anlage 1—5 %, im Frühling 5—6 % feuchter als auf den offenen Feldern. Alle späteren Untersuchungen bestätigten oder verstärkten diese Angaben³¹⁾. Die feldschützenden Waldstreifen können als richtige Magazine zur Aufspeicherung des Schneewassers bezeichnet werden, das dann im Frühling unter Umständen den anliegenden Feldern zugute kommen kann. Dabei

²⁹⁾ VYSSOTZKY, G., Zur Frage über die Wirkung des Waldes auf die überirdische Feuchtigkeit in Rußland. In: Werke der landwirtschaftlichen Tagung 1, 1905.

³⁰⁾ SOBENEVSKY, K., Über die Aufhaltung des Schnees durch die Waldschutzstreifen. In: Werke des Forstdepartements 2, 1898.

³¹⁾ Die Literatur darüber ist sehr zahlreich. Guten Nachweis diesbezüglich bringt das Buch von BODROV.

muß jedoch von vornherein gesagt werden, daß die seitliche Anhäufung des Schnees vom Rande der Streifen aus sehr oft von geringer Breite ist: von 20—50 m. Die Streifen allein vermögen eine regelmäßige Verteilung des

Schnees auf der geschützten „Kulturfläche“ nicht zu bewirken. Dazu sind besondere Einrichtungen und Maßnahmen notwendig: Bepflügen und Beeggen der Fläche, Abdecken der Felder mit Stroh, Beschüttung mit Asche und andere. Von großer Wichtigkeit ist die Konstruktion der Streifen selbst. Die schmalen Streifen mit einem

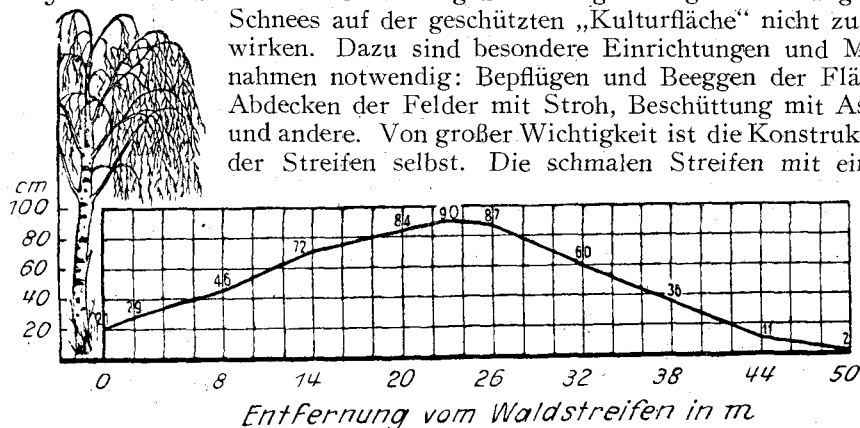


Abb. 3

für den Wind zugänglichen Unterstand begünstigen die Bildung von langen seitwärtigen Schneeschleifen, was besonders erwünscht ist. Die breiten und dichten Streifen saugen gleichsam den Schnee in sich auf oder halten ihn an den Rändern fest. Tabelle 1 aus den Beobachtungen in den Jahren 1935—1936 sowie die Abb. 3 und 4 bestätigen dieses³²⁾.

Es muß auch auf die nachträgliche Wirkung der Schneeanstimmungen in Haufen hingewiesen werden: er taut später auf und führt unter Umständen zu verspätetem Anfang der

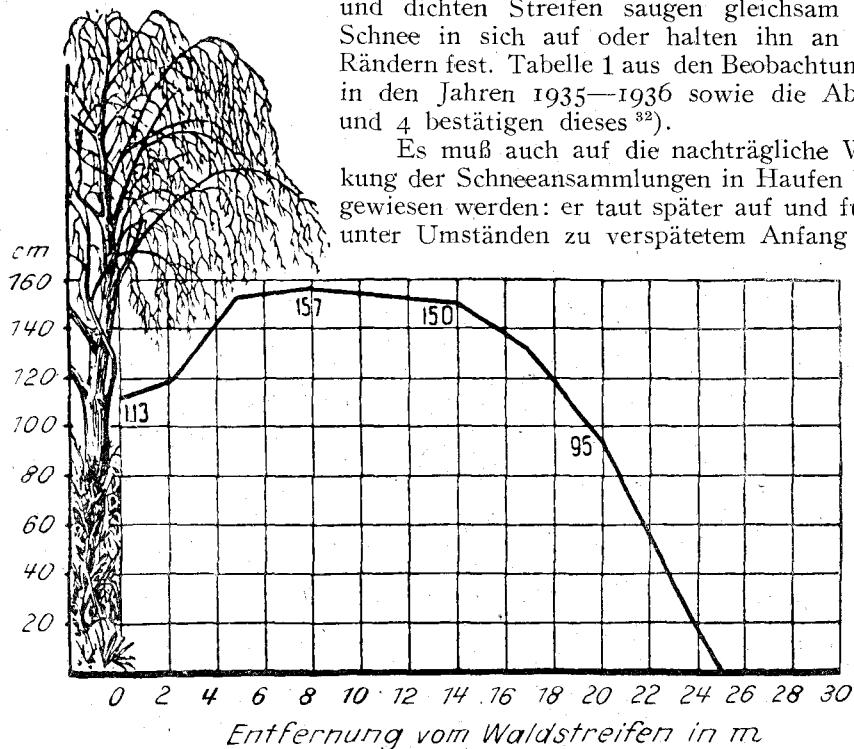


Abb. 4

³²⁾ BODROV, V., Feldschützender Waldanbau. In: Selchosgiz. Moskau 1937.

Feldarbeit und zum Naßwerden des Wintergetreides, besonders in der Nähe der Streifen. Auch bleiben die Wege, die meist ausschließlich an den Waldstreifen liegen, längere Zeit unbefahrbar, als dies in der offenen Steppe der Fall ist.

Die siebenjährigen Messungen der meteorologischen Station in Kamennaja Step' in bezug auf Niederschläge sind, nach DANILOV, in Tabelle 2 zusammengefaßt.

Tabelle 2
Niederschläge und Verdunstung in der Steppe

	In der Steppe zwischen den Waldstreifen mm	In der offenen Steppe mm	Im Vergleich zu den Niederschlägen der Waldstreifen %
Gesamtniederschläge	439,8	383,7	87,2
davon im Winter	154,8	109,2	70,5
im Sommer	284,8	274,5	96,3
Verdunstung	568,8	825,7	145,2
davon im Sommer	510,6	738,8	144,6

Die Wirkung der Waldschutzstreifen auf den Boden hat in Rußland (Kamennaja Step') Prof. G. TUMIN³³⁾ eingehend studiert. Auch viele andere namhafte Forscher beschäftigten sich mit diesem Problem, wie GORSEININ, MACHOV, STEPANOV, BODROV, VYSSOTZKY. Bekannt ist der Ausspruch des letzteren, der Wald trockne die Steppe, wodurch zum Ausdruck gebracht wird, daß der Boden des Waldes in der Steppe ein trockenerer ist als in deren Umgebung. Doch es ergibt sich aus den Beobachtungen übereinstimmend, daß der Boden der durch die Waldstreifen geschützten landwirtschaftlichen Kulturen feuchter ist als derjenige der offenen Steppe. Und das ist die Hauptsache. Besonders günstig ist nach BODROV die Wirkung der schmalen, für den Wind zugänglichen Streifen: sie bereichern die anliegenden Flächen mit Feuchtigkeit, wobei das Maximum in einer Entfernung von etwa 50 m von dem Waldstreifen erreicht wird, wie es aus Abb. 3 ersichtlich ist. Auf dieser Stelle war der Boden um 9,6% feuchter als in der Mitte des Feldes, was einen Überschuß an Wasser von etwa 1670 m³ auf 1 ha bedeutet. Im Laufe des Sommers wurde der Unterschied geringer, doch selbst am Ende der Ernteperiode war hier der Feuchtigkeitsgehalt um 2,1% höher.

Unschätzbar ist die Rolle der Waldstreifen in der Verhinderung der Boden~~erosion~~ und Bodenauswaschung. Diese Prozesse nehmen in Südrußland, aber auch z. B. in Nordamerika, ungeheuren Umfang an. So wurden in der letzten Zeit in Amerika etwa 17 Mill. acres (6,9 Mill. ha) Boden durch die Erosion und Auswaschung für die Nutzung verloren. Die Wolga schwemmt alljährlich (Beobachtungen bei Samara) etwa 30 bis 40 Mill. t Boden ab³⁴⁾. Die Waldstreifen vermögen den unnötigen Abfluß

³³⁾ TUMIN, G., Die Wirkung der Waldstreifen auf den Boden in Kamennaja Step'. Voroneß 1930.

³⁴⁾ TURNIKOV, M., Über die Bekämpfung des Wasserabflusses im Frühling in den Trockengebieten. In: Sozial.-Rekonstruktion der Landwirtschaft Nr. 11. Moskau 1935.

des Bodenwassers in starkem Maße zu verhindern; so kann nach BODROV³⁵⁾ bereits bei 20—25 % Waldbestockung der Gegend eine vollständige Verhinderung des oberirdischen Wasserabflusses erreicht werden, falls die Wälder günstig verteilt sind. Es ist am günstigsten, wenn sie sich mit landwirtschaftlichen Kulturen abwechseln.

Auf die ganze Bedeutung der Waldstreifen für die Brechung der Sandstürme und den Schutz der Felder von diesen wurde schon hingewiesen.

Es bleibt nur noch die letzte Frage zu klären: Wie wirken die Waldstreifen auf die Ernte? Alle Beobachter stimmen überein, daß diese die Ernte stark erhöhen, besonders in den Dürrejahre³⁶⁾. Eine unbedingt feststehende Tatsache ist es jedoch nicht. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der mehrjährigen Beobachtungen der Versuchsstation „Kamennaja Step“ angeführt.

Tabelle 3
Einfluß der Waldstreifen auf die Getreideernte in Zentnern je Jahr

Jahr	Korn				Stroh			
	Roggen		Hafer		Roggen		Hafer	
	zwischen den Streifen	in offener Steppe	zwischen den Streifen	in offener Steppe	zwischen den Streifen	in offener Steppe	zwischen den Streifen	in offener Steppe
1914	17,4	13,4	10,6	9,4	49,6	30,0	20,6	37,7
1918	13,2	12,3	6,8	9,0	31,2	54,0	24,7	28,3
1920	—	—	7,4	4,4	—	—	19,9	12,6
1921	8,7	2,2	10,8	4,0	15,5	5,4	15,8	7,1
1922	19,5	14,6	22,7	22,5	47,0	40,2	37,9	35,8
1923	9,3	5,7	—	—	25,5	18,5	—	—
1924	11,0	7,6	—	—	34,5	24,4	—	—
1925	12,5	12,4	19,5	22,2	22,6	19,8	30,2	29,9
1926	21,5	17,6	9,0	15,7	50,2	38,3	13,2	21,3
1927	17,6	18,9	8,3	11,1	39,5	42,2	26,7	29,7
1928	13,3	18,2	18,6	19,3	42,4	44,2	29,3	33,8
1929	19,8	16,3	10,2	12,3	46,2	33,8	31,0	25,0
1930	16,4	12,7	17,8	13,6	31,3	26,1	23,8	17,4
im Durchschnitt	15,0	12,7	12,8	13,4	36,3	28,0	24,8	25,4

Zunächst muß man recht erhebliche Schwankungen in den einzelnen Jahren feststellen. Besonders spürbar war die Wirkung der Streifen in den Dürrejahre, etwa 1921: Die Roggenkornernte betrug 1921 in der offenen Steppe 2,2 Zentner je Hektar, im geschützten Raum 8,7 Zentner je Hektar, war also um 300 % höher. Die durchschnittliche Erhöhung der Roggen-

³⁵⁾ BODROV, V., Die wasserschützende Rolle des Waldes. In: Lesn. chozajstvo. Moskau 1941. — BASOV, G., Die regulierende Wirkung der Waldstreifen auf den Bodenabfluß in „Kamennaja Step“. In: Lesn. chozajstvo Nr. 2, 1941.

³⁶⁾ BOJKOV, V., Wirkung der Streifen auf Klima und Ernte. In: Für die stabile Ernte im Südosten. Nr. 12. Saratov-Moskau 1939. — KUČERJAVYCH, E., Wirkung der Waldstreifen verschiedener Konstruktionen auf die Ernte. In: Sov. agronomija. Moskau 1940. — KARUSIN, B., Wirkung der Waldstreifen auf die Ernte. In: Soz. Zern. Chozajstvo Nr. 1, 66—83. Saratov 1938. — KARUSIN, B., Waldstreifen und die Ernte. Moskau 1940.

ernte betrug in der Periode von 12 Jahren für Korn 2,3 Zentner je Hektar, oder 18 ‰, für Stroh 8,1 Zentner je Hektar, oder 29 ‰. Bei Hafer ist die Erhöhung nur in den Dürrejahren zu bemerken. In den feuchten Jahren übten die Waldstreifen eine negative Wirkung auf die Haferernte aus. — Die mehrjährigen Beobachtungen in den Mariupolsker Versuchsstationen (Ukraine) und in den Krasnokutsker Stationen (Wolgagebiet) führten zu den Ergebnissen, die in Tabelle 4 zusammengefaßt sind.

Tabelle 4

Getreideernte auf dem geschützten Feld und in der offenen Steppe

		Winterweizen		Gerste	
		zwischen den Wald- streifen	in offener Steppe	zwischen den Wald- streifen	in offener Steppe
Mariupolsker Station	Zentner je ha im Jahr	17,1	9,6	14,8	9,9
	in ‰	175	100	148	100
Krasnokutsker Station	Zentner je ha im Jahr	10,6	5,7	—	—
	in ‰	187	100	—	—

Besondere Erhöhung ist bei der Winterweizenernte feststellbar, die in der offenen Steppe sonst oft durch Frost zugrunde geht.

Nach den russischen Beobachtungen haben die Holzanlagen die günstigste Wirkung auf Futtergräser, Mais, Hirse, Winterweizen und Gerste. Hafer wird am wenigsten beeinflusst. Über die Wirkung der Anlagen auf das Wachstum der Futtergräser gibt Tabelle 5 einen Überblick.

Tabelle 5

Futtergräserernte nach den Beobachtungen in der Kamennaja-Step'

Art	Jahr	I. zwischen den Streifen in t je ha	II. in offener Steppe in t je ha	Vergleichsmenge für I bezogen auf II = 100
Luzerne	im 2.	3,0	1,2	250
"	" 3.	3,2	1,0	320
"	" 4.	2,6	0,7	370
Trespe (<i>Bromus</i>)	" 2.	1,8	1,2	150
" "	" 3.	1,8	1,8	180
" "	" 4.	2,0	0,6	333

Die Ergebnisse der früheren Jahre beziehen sich in der Hauptsache auf verhältnismäßig kleine Flächen von 5 und 20 ha. Im Zusammenhang mit der starken Zunahme der Großanbauflächen in der russischen Landwirtschaft wurden in der letzten Zeit größere Felder der Untersuchung unterzogen, so auf der Rostaëvsker Versuchsstation (Saratovgebiet) und auf dem Timaševsker Versuchsfeld (Samaragebiet). Beide Versuchsfelder stellen Vierecke dar mit einem Gesamtumfang von etwa 100 ha, die von Waldstreifen umgeben sind, mit einer Höhe der Bestände von 14—18 m und einer Breite von 10—12 m. Die Beobachtungen wurden in den Jahren 1930

bis 1938 durchgeführt³⁷⁾. Auch hier, in den Verhältnissen der Großflächen, wurde die günstige Wirkung der Waldstreifen festgestellt, besonders in den Dürrejahre: 1931 betrug die Mehrernte auf geschützter Fläche für Wicke 48,2 %, für Kartoffel 72,8 %, für Hirse 92,6 %, für Hafer 72,8 %, für Sommerweizen 33,1 %. Als ungeschützte Fläche galt bei diesen Untersuchungen die Mitte derselben Felder und nicht die eigentliche offene Steppe, weil ein passendes Vergleichsobjekt in der offenen Steppe fehlte. Man ist also zur Annahme berechtigt, daß beim Vergleich mit der offenen Steppe noch günstigere Zahlen erreicht worden wären.

Auch die Wirkung der Entfernung des Feldes vom Waldrande auf die Ernteerträge wurde untersucht — so beispielsweise im Rostaševsker Versuchsfeld. Die Ergebnisse³⁸⁾ sind in Tabelle 6 zusammengefaßt.

Tabelle 6
Einfluß der Entfernung des Feldes von Waldstreifen auf die Ernte

Entfernung in m . . .		6—7	10	20	50	100	200	350	500	350	200	100	50	20	10	6—7
					Mitte des Feldes											
Ertrag in Zentnern je ha	Roggen . .	4,6	8,3	10,4	11,1	11,1	8,8	9,8	7,1	7,9	10,4	10,0	13,0	12,3	8,1	—
	Winterweizen	8,2	8,2	6,7	6,7	5,0	5,3	—	4,8	—	8,5	8,3	10,4	10,9	9,9	7,4

Die stärkste Wirkung üben die Waldstreifen in den Grenzen der ersten 100 m aus. Im Durchschnitt erstreckt sie sich auf die Entfernung, die das 10- bis 20fache der Höhe des Bestandes beträgt, wobei diese Wirkung in den schlechten klimatischen Jahren höher, in den guten niedriger ist. Am stärksten reagiert das Wintergetreide, am geringsten das Sommergetreide, davon besonders der Hafer. Die Wirkung des Schutzbestandes beginnt im Alter von 5 Jahren und erreicht ihr Maximum in den Steppenverhältnissen mit 25—30 Jahren, wenn die Bestände beinahe kein Höhenwachstum mehr

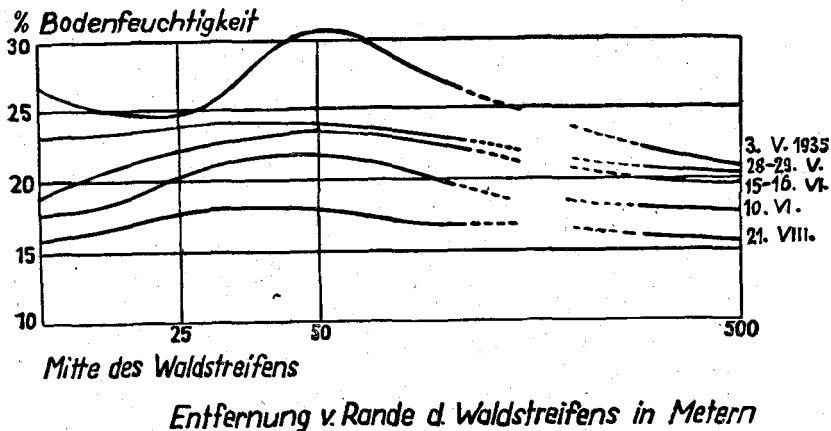


Abb. 5. Bodenfeuchtigkeit in der Tiefe von 0—150 cm

³⁷⁾ Sie werden weiter durchgeführt.

³⁸⁾ BODROY, V., Feldschützender Waldanbau. In: Selchosgiz. Moskau 1937.

entwickeln. Auf Grund langjähriger Erfahrungen nimmt man in Rußland an, daß in den Schwarzerdegebieten, bei einem Feld nicht über 100 ha, die Waldstreifen die Ernte durchschnittlich um 1 Zentner je Hektar erhöhen. Berechnet man auf dieser Grundlage alle Ausgaben für die Anlage von Waldstreifen, Pflege und Schutz der Bestände und die Verluste infolge des Entzuges der landwirtschaftlichen Fläche, so ergibt sich, daß die Waldschutzstreifen sich bis zu dem Alter von 10—12 Jahren bereits amortisieren. Danach bringen sie Reingewinn. Dabei soll in Zukunft eine weitere Erhöhung der Ernterträge durch die schützende Wirkung der Bestände zu erwarten sein, — etwa auf 2 Zentner je Hektar.

In Abb. 5 ist die Fläche eingezeichnet, wo der feldschützende Waldanbau vielfach angebracht ist. Auf dieser ganzen Fläche ist das Verhältnis zwischen den Niederschlägen und der Verdunstung — der Feuchtigkeitsbilanz — in der Sommerperiode niedriger als 1. Die verschiedenen Bodenarten sind in der Karte schematisch angegeben.

II. Die Technik der Anlage von feldschützenden Waldstreifen

1. Schützender Waldanbau in russischen Steppen

Sämtliche Gebiete Rußlands, die periodisch dürrgefährdet sind, brauchen den feldschützenden Waldanbau. In Abb. 1 ist die Fläche gezeigt, die die große Dürre 1921 erfaßt hat, nämlich bis Perm' und Kama-Ausläufen ostwärts. Nach den Angaben von russischen Sachverständigen ist in Rußland ein Gebiet von etwa 5 Mill. km² dürrgefährdet, d. h. 25 % des Gesamtterritoriums der UdSSR.³⁹⁾ Es handelt sich um folgende Territorien: einen bedeutenden Teil der Krim, den Süden der Ukraine, beginnend im Odessagau, einen großen Teil des zentralen Schwarzerdegebietes, der Don- und Kubangebiete, erhebliche Teile des Nordkavkasus, der Kalmücken-ASSR., Dagestan, das Astrachangebiet, die niedere und mittlere Wolga, die Tataren- und Baschkirenrepublik, weiter der Süden des Urals, Westsibirien, Kasakstan, ganz Mittelasien. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß der ganze Norden Rußlands und Sibiriens bewaldet und klimatisch wenig für die Landwirtschaft geeignet ist, so wird es klar, daß die Ansicht, Rußland sei die Kornkammer der Welt, zumindest stark übertrieben ist. In der Tat ist Rußland in seiner Geschichte immer mehr ein Handelsstaat als ein Agrarland gewesen. Das erste russische Getreide ist erst 1821 auf den europäischen Markt erschienen, bereits 40 Jahre später, 1861, tauchte das Getreide aus Übersee auf. Nur in den letzten Jahrzehnten vor der Revolution hat in Rußland die übertriebene Orientierung zur Landwirtschaft hin begonnen, was vielleicht nicht ohne Einfluß auf die Katastrophe 1917 geblieben ist. Infolge klimatischer Bedingungen kann Rußland eben nur gebietsweise und auch nicht das ganze Jahr hindurch Landwirtschaft betreiben. Amerika, Australien und Europa selbst sind in vieler Hinsicht besser dazu geeignet.

Nun ergibt sich die Frage: Können Wälder auf diesen Böden und bei diesen Klimaverhältnissen gedeihen? Nach den Ergebnissen der neuesten russischen Forschungen besteht das Haupthindernis des Waldanbaus in der Steppe in der Trockenheit des Steppenklimas, also dem Mangel an Feuchtigkeit. Letztere ist aber die Grundbedingung zum Waldanbau.

Die russischen Schwarzerdesteppen liegen in einer Zone, deren jährliche Niederschläge 300—500 mm betragen, also an sich ausreichend sind. Das Mißlingen der Waldkulturen in diesen Gebieten muß also jeweils auf andere Gründe zurückzuführen sein: falsche Ort- und Artenauswahl, ungenügende Bodenvorbereitung und -pflege und auch sonstige Gründe. Als klassisches Beispiel des Steppenholzanbaus kann der Versuchswald in

³⁹⁾ VANGENGIM, A., In der Großen Sowjet-Enzyklopädie, Aufsatz „Dürr“.

Kamennaja Step' (Ukraine) gelten, von dem schon mehrmals die Rede war. Von vornherein muß betont werden, daß es sich hier um einen der ersten Versuche des feldschützenden Holzanbaus in der russischen Steppe handelt. Die Waldstreifen wurden ohne Berücksichtigung einfacher Grundsätze der Kulturtechnik angelegt; auch setzten sie sich aus buntem Gemisch verschiedener Holzarten zusammen.

Mit dem Holzanbau in Kamennaja Step' hat man 1893 begonnen. In den jetzt 50jährigen Beständen kann man folgende drei Haupttypen unterscheiden:

1. Treibholztyp. Er teilt sich noch in drei Untertypen:
 - a) Üblicher Untertyp mit Füllholz aus einer Ulmenart,
 - b) Donskeruntertyp mit Füllholz aus zwei Ulmenarten,
 - c) Untertyp mit Birke, Spitzahorn, amerikanischem Ahorn und Linde als Unterholz.
2. Sträuchertyp mit Feldahorn, tatarischem Ahorn, Pfaffenhütchen, gelber Akazie, Heckenkirsche und anderem im Unterstand.
3. Typ mit gemischtem Unterstand oder Füllholz aus Baum- und Straucharten.

Die Hauptholzart bildet die Eiche, ihr Anteil beträgt 33 %, stellenweise 55—66 %. Von den anderen Holzarten sind zu erwähnen: gemeine und amerikanische Esche, Spitzahorn, Sommerlinde, Birke und Kiefer. Ulmenarten wurden als Treibholz verwendet. Viele Straucharten, wie weiße Akazie, Maulbeere, Pfaffenhütchen, Heckenkirsche, sind vorhanden. Auf 1 ha wurden 10 000 Pflanzen reihenweise eingesetzt mit einem Abstand zwischen den Reihen von 1,4 m, zwischen den Pflanzen von 0,7 m. Einige Streifen wurden von einreihigen Ölweidehecken oder zweireihigen Ölweide- und Weißdornhecken umgeben.

Tabelle 7
Entwicklung der Holzarten auf Kamennaja Step'

Arten	Höhe in m	Durchmesser in Brusthöhe in cm
Eiche	8,2—13,5	7,1—14,2
Gemeine Esche	9,4—14,9	7,8—13,3
Amerikanische Esche	8,0—13,0	5,7—13,6
Birke	14,8—18,9	17,8—20,6
Spitzahorn	7,6—13,0	6,7—10,0
Amerikanischer Ahorn	12,8	17,8
Tatarischer Ahorn	6,7—10,0	4,4—6,7
Linde	10,5—11,7	10,7—11,9
Ulmenarten	6,1—15,0	6,5—11,8
Apfel- u. Birnbaum	10 —13,5	9,8—15,5

In Tab. 7 ist der Stand der Pflanzungen im Alter von 30 Jahren — nach ŠAPOVALOV⁴⁰⁾ — dargestellt. Das beste Wachstum hat die Birke entwickelt, die im Schwarzerdegebiet auch einheimisch ist. Sie ist widerstandsfähig gegen Winde, verträgt den zeitlichen Mangel an Feuchtigkeit und fürchtet nicht die Schneebruchgefahr. Sie ist also eine unersetzliche

⁴⁰⁾ ŠAPOVALOV, A., Die Wirkung der Zusammensetzung der Bestände auf die Entwicklung der Holzarten in Kamennaja Step'. Voroneš 1930.

Art für die Schutzwaldstreifen in der Steppe, die noch immer zu wenig geschätzt wird. Allein der amerikanische Ahorn kann mit ihr im Wachstum wetteifern, aber nur in der ersten Jugendzeit; im Alter von 12—15 Jahren bleibt er schon weit hinter der Birke zurück. Nach der Birke entwickelten die Eschen- und Ulmenarten das beste Wachstum; Eiche, Spitzahorn, Linde und Birnbaum gehören in die dritte Gruppe. Die Hauptart für die Steppenaufforstung ist aber doch die Stieleiche, deren wichtigster Nachteil im langsamen Wachstum in der Jugend besteht. Dies ist allerdings ein sehr großer Nachteil, denn gerade das schnelle Jugendwachstum ist vielfach entscheidend in der Steppe. Die besten Eichenbestände wurden in der Kamennaja Step' in Mischung mit Spitzahorn, Linde und verschiedenen Sträuchern herangezogen. In Mischung mit Birke wird die Eiche unterdrückt und geht ein.

Zur Zeit der Untersuchung waren in einzelnen Streifen 27—28 % der ausgepflanzten Stämme durch Vertrocknung abgestorben. Neben Eiche sind in großen Mengen Birke, Robinie, Ahorn und Ulme vielfach sogar unter Beteiligung am Kronendach übriggeblieben. Auch Linde kommt oft vor, besonders im Zwischen-, aber mehr im Oberstand. Überall ist die Esche — die gemeine und die amerikanische — vorhanden. Gänzlich verschwunden sind Kiefer, weiße Akazie, Maulbeere und Aprikose, die ersten beiden Arten wohl infolge ungeeigneter Zusammenstellung, die letzten zwei infolge des Frostes. Die Straucharten weisen unterschiedliche Widerstandskraft auf: am lebensfähigsten sind gelbe Akazie und Holunder; Heckenkirsche und Pfaffenhütchen sind fast gänzlich verschwunden, Feld- und tatarischer Ahorn sind in starkem Maße abgestorben. Das Vorherrschen von Lichtholzarten — Eiche und Birke — führt schließlich zu starker Vergrasung und Verangerung; die Schattenholzer verhindern das Eindringen der Steppenflora in die Streifen. Die Streudecke ist stark in breitblättrigen Beständen, so in Eichen-Ahornwaldstreifen, vertreten. Die Verjüngung findet in Kamennaja Step' durch Samenanflug oder Aufschlag und Stockausschlag statt. Der Stockausschlag wird dort bei allen Holzarten beobachtet, am schwächsten bei der Birke. Durch Samen vermehren sich am besten die Straucharten, vor allem gelbe Akazie, Holunder, Feld- und tatarischer Ahorn, Faulbaum, Weißdorn. — Der Holzvorrat auf 1 ha schwankt zwischen 80—300 m³. Man kommt im ganzen zu dem Schluß, daß als am erfolgreichsten vom Standpunkt des Höhen- und Dickenwachstums, der Samenerträge und der Verjüngung in „Kamennaja Step'“ die Bestände bezeichnet werden müssen, die Eiche und Esche als Hauptholzarten, Linde, Ulme (zeitweilig), Spitzahorn, Birnbaum und amerikanische Esche als Nebenholzarten, gelbe Akazie, Feld- und tatarischer Ahorn als Unter- oder Treibholz haben. Die beste Zusammensetzung (die Reihenfolge der Arten in der Reihe) sei nach ŠAPOVALOV die folgende: Strauchart — Eiche — Strauchart — Schattenholzart — Strauchart — Rüster — Esche — Rüster. Solche Bestände, die fähig sind, sich entweder durch Samen oder Stockausschlag zu vermehren, sollen am meisten dem gestellten Ziel der Unterstützung der Landwirtschaft in ihrem Kampf gegen die Dürre entsprechen und am widerstandsfähigsten sein.

Es sei ein kurzer Einblick in die Entwicklung noch dreier Schutzbestände, nämlich der Timaševsker-, Rostaševsker- und Guselsker Waldstreifen gewährt. Auch sie wurden in der Hauptsache nach dem Donskertyp angelegt und bestehen aus Eiche, Esche, Spitzahorn und Birke als Hauptholz und Ulmenarten als Füllholz. Außer diesen Holzarten wurden noch stellenweise eingebracht: Feldahorn und Linde; von

den Straucharten: Weißdorn, Ölweide, gelbe Akazie und Heckenrose. Die Anlage wurde auf verschiedenen Bodenarten durchgeführt: auf Schwarz- und Grauerde, auf braunen und salzigen Böden und auf Sand. Auf 1 ha wurden etwa 14 000 Pflanzen verwendet. Die Zusammensetzung der Bestände ist aber in den einzelnen Streifen verschieden. Die Rostaševsker Streifen haben folgende Zusammensetzung einer Reihe: zwei Flatterulmen — eine Eiche — zwei Flatterulmen — ein Ahorn — zwei Flatterulmen — eine amerikanische Eiche — zwei Flatterulmen — eine Birke und so fort. Die Bestände waren mit 30 Jahren zwei- bis dreikronenschichtig. Bei der zweischichtigen herrschen im Oberstand Birke und zum Teil Eiche, im Unterstand Ulme, Ahorn und Esche vor; bei den dreischichtigen stockt im Oberstand Birke, im Zwischenstand Esche, Eiche, Ulme, Ahorn, im Unterstand Straucharten. Die mittlere Höhe betrug beim Vorhandensein der Birke 8—9 m. — Die Guselsker Streifen haben folgende Zusammensetzung der Reihen (im ganzen 9 Reihen): Die erste und die neunte Reihe — Weißdorn und Ölweide; die zweite und die achte Reihe — gelbe Akazie, tatarischer Ahorn und tatarische Heckenkirsche; die dritte und die siebente Reihe — amerikanischer Ahorn, Flatter- und Feldulme; die vierte und die sechste Reihe — Strauch- und Ulmenarten, Birke; die fünfte Reihe — Eiche und wilder Apfelbaum.

Die Beobachter stellen zunächst fest, daß die verbreitete Meinung, die Schutzbestände seien von geringer Dauer und stürben mit 25 Jahren ab, keinesfalls bewiesen sei. Viele Bestände hatten schon diese Grenze überschritten, es lagen aber keine Anzeichen dafür vor, daß ihr baldiges Ende bevorstünde. Da die Kulturen meist zu dicht waren (über 10 000 Pflanzen je Hektar), war stellenweise ein Absterben infolge Kronenvertrocknung eingetreten, besonders bei den Ulmenarten, da wo sie bei der Durchforstung nicht zur rechten Zeit entfernt waren. Die Meinungen darüber, welcher Typ sich am besten bewährt hat, sind verschieden. Viele sind für den Baum-Strauchtyp mit dem Treibholz aus Baum und Straucharten. Die Bestände dieser Art zeigen große Widerstandskraft gegen die schweren Steppenverhältnisse und auch gegen Schädlinge: der Boden unter ihnen wird nicht so schnell von der Steppenflora überwuchert. Der Anbau solcher Waldstreifen ist aber sehr kostspielig; außerdem braucht man große Mengen von Samen vieler Holzarten wie Linde, Ahorn und andere, die nicht leicht zur Verfügung stehen. Deshalb muß man oft zum Donskertyp greifen, der Ulmenarten im Treibholz hat, da die Ulmensamen gewöhnlich jedes Jahr reichlich vorhanden sind. Die Erfahrung zeigte jedoch, daß man sich dadurch nicht verleiten lassen soll, die Ulmenarten etwa nicht nur in beschränktem Ausmaße einzubringen und zeitig zu entfernen; sonst werden ihre Vorteile durch Nachteile verdrängt: Unfähigkeit einen geschlossenen Bestand zu bilden, große Neigung zum Vertrocknen, große Lichtdurchlässigkeit, Durchdringung des Feldbodens mit Wurzeln und andere Nachteile.

Im vorhergehenden wurden die Erfahrungen mit der Anlage der feldschützenden Waldstreifen in den Verhältnissen russischer Schwarzerdesteppe untersucht. Ganz andere Verhältnisse trifft man auf Kastanien- und Salzböden im Süden Rußlands. Auch hier wird der Anbau durchgeführt. Die Ergebnisse sind noch nicht ausreichend bekannt.

2. Die eigentliche Technik der Anlagen von Schutzstreifen

Bei der Anlage von feldschützenden Waldstreifen muß eine Reihe von Grundsätzen berücksichtigt werden. Da die Anlagen kostspielig sind, sollen sie einen möglichst geringen Teil der Gesamtfläche, zu deren Schutz sie bestimmt sind, einnehmen. Daraus entsteht die Notwendigkeit einer bestimmten Form der Streifen. Ferner müssen die Anlagen dauerhaft sein

und eine genügende Widerstandskraft gegen die natürlichen Verhältnisse der trockenen Gebiete — Mangel an Feuchtigkeit, viele Schädlinge — besitzen. Nach Möglichkeit muß die natürliche Verjüngung gesichert werden. Die ersten Streifen in Rußland wurden größtenteils ohne Berücksichtigung dieser Grundsätze angelegt. Bei den jüngsten Aufforstungen dagegen herrschte Massenbetrieb: sie wurden meist durch ungeschulte „Brigaden“ unter Leitung von sogenannten „Agroforstmelioratoren“ und einer breiten Verwendung von Treckern durchgeführt. Nachstehend werden kurz die Regeln zum Anbau der feldschützenden Streifen besprochen, wie sie jetzt in der südrussischen Schwarzerdesteppe zur Anwendung kommen ⁴¹⁾.

a) Wahl des Ortes

Eine ebene Gegend begünstigt die gleichmäßige Verteilung der Niederschläge, vor allem des Schnees. Hier können die Waldschutzstreifen weit voneinander entfernt liegen und breit sein; man kann hier Hölzer anbauen, die große Höhen erreichen und die Bestände schachbrettartig verteilen. In einer unebenen Gegend müssen die Schutzbestände an den Hängen, Schluchtenrändern und an den Wasserscheiden — wo sie vorhanden sind — angelegt werden. Hier müssen sie näher zueinander liegen und aus kleinstwüchsigen Arten bestehen.

Auch von der Bodenart ist die Anlage stark abhängig. Nicht auf sämtlichen Böden können die Anlagen ausgeführt werden, es sei denn bei der Anwendung modernster Anbautechnik.

Es ist selbstverständlich überflüssig, die ganze landwirtschaftliche Schutzfläche mit den Waldstreifen zu umgeben. In den Niederungen und auf natürlich geschützten Hängen können die Streifen unbedenklich fortfallen.

Zweckmäßigerweise kommen für die Anlage folgende Fälle in Betracht:

1. Orte, wo der Boden ständiger Gefahr ausgesetzt ist, durch Schnee- oder Bodenwasser ausgewaschen und fortgeschwemmt zu werden;
2. Stellen, wo sich das Wasser infolge Bodenausformung und des Fehlens natürlicher Hindernisse in großen Schluchtenkomplexen ansammelt; durch die Anlage soll diese Ansammlung von Wasser und die weitere Vergrößerung der Schluchten verhindert werden;
3. sandige und steinige Stellen;
4. Orte, wo landwirtschaftliche Kulturen durch trockene Steppen- oder Seewinde dauernd beeinträchtigt werden.

b) Wahl der Holzarten

Für verschiedene klimatische Zonen kommen nur bestimmte Holzarten in Betracht. Am besten nimmt man diejenigen Arten, die in der betreffenden Gegend natürliche Bestände bilden. Dabei muß man stets folgendes beachten:

1. die Schnelligkeit des Wachstums dieser oder jener Holzart, die Dichte ihrer Krone, die Bewurzelungsart, die Neigung zu Erkrankungen und zum Insektenbefall, die Fähigkeit zur Naturverjüngung;

⁴¹⁾ Verschiedene Arbeiten von GLADYSEVSKY. In: Für die stabile Ernte in Südost. Saratov-Moskau 1939.

2. maximale Erträge, womöglich von Nutzholz, müssen angestrebt werden;
3. in möglichst starkem Ausmaße müssen Obstbäume beigemischt werden.

Da die Bestände die Aufgabe haben, landwirtschaftliche Kulturen zu schützen, muß man die Einführung — besonders in die an die Felder angrenzenden Reihen — derjenigen Arten vermeiden, die zu üppige, sich weit ausstreckende Wurzeln und zu breite Kronen bilden. Ebenso soll man dort Arten mit großer Neigung zur Wurzelbrut, so wie Feldrüster, Sanddorn, Schlehdorn, weiße Akazie und andere meiden. Es dürfen keine Arten angepflanzt werden, die als Wirte für Parasitenpilze gelten, die den Rost an Getreidearten hervorrufen, wie beispielsweise Berberitze und Faulbaum für *Puccinia graminis* und *Puccinia coronata*, ebenso kein Weißdorn in der Nähe von Obstgärten, da dieser das Auftreten von einigen schädlichen Insekten begünstigt, zum Beispiel von Schwammspinnern. Da, wo die Gefahr eines Flurschadens durch das Vieh besteht, wählt man am besten für die äußeren Streifränder Dornarten, wie schmalblättrige Ölweide, Weißdorn, *Rosa cinnamomea* L. und andere. Besteht diese Gefahr nicht, ist Obst- und anderen Kulturbäumen der Vorzug zu geben, vor allem Kirsch-, Apfel- und Birnbaum, Pfaffenhütchen, weißer Maulbeere und vielen anderen.

Bei der Wahl der Holzarten muß man in der Hauptsache schnellwachsende Arten bevorzugen, beispielsweise Birke, Pappel und weiße Akazie. Die langsamwüchsigen Hölzer soll man in beschränktem Ausmaße anbauen, nämlich dort, wo die Hoffnung besteht, daß sie mit der Zeit die ausgefallenen, schnellwachsenden Arten ersetzen. Am besten eignet sich dazu die Eiche (in Rußland die Stieleiche), die man in ein bis zwei Reihen in der Mitte der Streifen anbaut.

An frostgefährdeten Stellen hat man frostempfindliche Arten, wie weiße Maulbeere, weiße Akazie, Gleditschie, zu vermeiden. In den Gegenden mit reichem Schneefall muß die Möglichkeit des Schneebruches berücksichtigt werden. Nach den russischen Erfahrungen leiden besonders darunter: weiße Akazie, Apfelbaum, amerikanische Esche, amerikanischer Ahorn, Spitzahorn; weniger: Eiche, Birke, Feld- und Flatterrüster und gemeine Esche; von den Sträuchern am stärksten: Holunder, tatarischer Ahorn, gemeine Eberesche, *Amorpha fruticosa* L., weniger *Cornis florida*, Tamarix, Ölweide, gelbe Akazie, Heckenkirsche, Weißdorn, Haselstrauch. Dort, wo es die Verhältnisse erlauben, sollen Pappelarten angebaut werden, weil sie sehr schnell wachsen und alles andere in den ersten Jahren überholen. Da sie dadurch die anderen Holzarten in der Jugend oft unterdrücken, ist es am zweckmäßigsten, sie in besonderen Reihen in der Mitte der Streifen einzufügen. In Rußland gedeihen die Pappelarten selbst auf Sand, am besten von allen *Populus bachofenii*. Von den Nadelhölzern eignen sich verschiedene Kiefernarten für sandige und nichtsandige Stellen und die sibirische Lärche, mit der man sehr gute Erfahrungen in der russischen Steppe gemacht hat ⁴²⁾. Prof. BODROV ⁴³⁾ empfiehlt über 100 verschiedene Baum- und Straucharten für den Anbau von Schutzstreifen in Rußland und verteilt sie nach den

⁴²⁾ SERGEEV, L., Über das Wachstum der *Larix sibirica* auf der Steppenschwarzerde. Lesn. choz. 4, 31—35. Moskau 1941.

⁴³⁾ BODROV, V., Feldschützender Waldanbau. In: Selchosgiz. Moskau 1937.

einzelnen Klimagebieten. Es ist nicht möglich, im Rahmen dieses Aufsatzes auf die einzelnen Arten einzugehen. In Rußland haben sich als widerstandsfähig in der Steppe besonders folgende Baum- und Straucharten bewährt: Stieleiche, *Quercus pedunculata* Ehrh., var. *tardiflora* Czern., am besten mit Beimischung von Spitzahorn, tatarischem Ahorn und gelber Akazie, weiter Birke, *Betula verrucosa* Ehrh. und *Betula turkestanica* Litw., Spitzahorn und amerikanischer Ahorn, *Acer negundo* L., weiße Akazie, *Robinia pseudacacia*, Ulmenarten, *Ulmus campestris* L. und *Ulmus effusa* Wild., auch *Ulmus americana* L., Lindenarten, *Tilia grandiflora* Ehrh. und *Tilia americana* L., sibirische Lärche, *Larix sibirica* L., einige Kiefernarten, *Pinus silvestris* L. Mchx., *Populus berolinensis* Dipp., *Populus nigra* L., *Populus balsamifera* L. und *Pinus banksiana* Lamb., Pappelarten, besonders *Populus canadensis* fera L., *Populus alba* L., *Populus simonii* Carr., gemeine und amerikanische Esche. Von den Straucharten bewährten sich: gelbe Akazie, *Carragana arborescens* L., Pfaffenhütchen, *Crataegus-Sambucus-Lonicera*-Arten, *Corylus*-Arten, tatarischer Ahorn, *Acer tataricum* L., verschiedene *Prunus-Malus*- und *Pirus*-Arten, Eberesche, Maulbeere, gemeiner Flieder und viele andere.

Die Gruppierung nach verschiedenen Bodenarten ist in Rußland folgende:

Für Schwarzerde: Birke, Pappel, Eiche, Spitzahorn, Birnbaum, Feldrüster, weiße Akazie, amerikanische Esche, Linde, Feldahorn, gemeine Esche, Weißbuche, Apfelbaum; von den Sträuchern: tatarischer Ahorn, Pfaffenhütchen, gelbe Akazie, Schneeball und andere.

Für Kastanienböden: Eiche, amerikanischer Aprikosenbaum, Feld- und Flatterrüster, Apfelbaum, Maulbeere; von den Sträuchern: Ölweide, tatarischer Ahorn, Skumpia und andere.

Für Braunerde: Maulbeere, Aprikosenbaum, Ölweide, *Pirus*-Arten.

Für salzige Böden: Eiche, Weide, Ölweide und *Tamarix*-Arten.

Eine feste Regel läßt sich jedoch nicht aufstellen. Wichtig ist, die Holzarten festzulegen, die für einzelne Gegenden in Betracht kommen.

c) Zusammensetzung und Form der Schutzstreifen

Die Streifen müssen so angelegt werden, daß ihre schützenden und windbrechenden Eigenschaften voll zur Entfaltung kommen. Die verbreitete Meinung, die Streifen üben ihre Aufgabe um so besser aus, je breiter sie sind, entspricht nicht der russischen Erfahrung; umgekehrt gibt es eine Grenze der Breite, hinter welcher die Wirkung der Streifen abnimmt. Auch brauchen die Streifen nicht — wenigstens nicht überall — ganz dicht und für den Wind undurchdringlich zu sein. Sehr oft verrichten die unten für den Wind zugänglichen Streifen viel besser ihre Aufgabe.

Es gibt sowohl einreihige als auch mehrreihige Streifen. So sind beispielsweise in Dänemark einreihige Streifen zum Schutze der landwirtschaftlichen Kulturen verbreitet, in Ungarn werden in der Regel 3—6 Reihen angelegt. Für Kanada empfiehlt M. Ross⁴⁴⁾ Streifen von 5—6 Reihen. In China wurden schon im vergangenen Jahrhundert fünfreihige Streifen angelegt⁴⁵⁾. In Südafrika werden sechsreihige Eukalyptusstreifen bevorzugt. In den USA. werden sechs- bis achtreihige Streifen angebaut. In Rußland kennt

⁴⁴⁾ ROSS, M., Tree planting in the prairie provinces of Canada. 1928.

⁴⁵⁾ ČERNJAEV, V., Über die Wälder der Ukraine. 1858.

man ganz schmale einreihige und breite, zehnstreihige Streifen. Wenn auch die ein- oder zweistreihigen Streifen unter Umständen ihre Aufgabe nicht schiecht verrichten, so sind sie doch nur in ganz bestimmten, weniger gefährdeten Lagen angebracht, im allgemeinen aber nicht sicher: der Ausfall einiger Bäume führt schon zur Bildung eines Loches, das die schützende Wirkung aufhebt. Deshalb sind mehrstreihige Streifen vorzuziehen. Die neuesten russischen Erfahrungen zeigen, daß die achtstreihigen Streifen in bezug auf Erhöhung der Ernte am wirksamsten sind. Man ist jedoch der Ansicht, daß sehr oft auch siebenstreihige Streifen mit einem Abstand zwischen den einzelnen Reihen von 2 m genügen, was eine Gesamtbreite der Streifen von 14 m ausmacht. Selbstverständlich können auch da, wo es sich machen läßt, breitere Streifen angelegt werden.

DANILOV⁴⁶⁾ empfiehlt folgende Zusammensetzung der Streifen: Die Mitte bilden widerstandsfähige und hochwüchsige Holzarten, wie Eiche, Esche, Birke, in den anschließenden Reihen werden niedrigerwüchsige Arten genommen und an den Rändern selbst dichte Sträucher. Die Schutzstreifen haben dann im Grundriß eine Zusammensetzung, wie sie Tabelle 8 zeigt.

Tabelle 8

Schema der Zusammensetzung von Streifentypen

(1, 2, 3 = Holzarten I, II, und III. Größe; S = Sträucher, H = Sträucherhecken)

Sträuchertyp

H—H—H—H—H—H—H—H—H
 3—S—3—S—3—S—3—S—S
 S—2—S—2—S—2—S—2—S
 1—S—1—S—1—S—1—S—S
 S—2—S—2—S—2—S—2—S
 3—S—3—S—3—S—3—S—S
 H—H—H—H—H—H—H—H—H

Donsker = Baumtyp mit Treibholz im Unterstand

H—H—H—H—H—H—H—H—H
 3—3—3—3—3—3—3—3—3
 2—3—2—3—2—3—2—3—3
 3—1—3—1—3—1—3—1—3
 2—3—2—3—2—3—2—3—3
 3—3—3—3—3—3—3—3—3
 H—H—H—H—H—H—H—H—H

Gemischter Typ

H—H—H—H—H—H—H—H—H
 3—S—3—S—3—S—3—S—S
 S—2—S—3—S—2—S—3—S
 1—S—2—S—1—S—2—S—S
 S—2—S—3—S—2—S—3—S
 3—S—3—S—3—S—3—S—S
 H—H—H—H—H—H—H—H—H

Die Anzahl der Reihen kann auch vermindert werden. Die Hecke kann aus ein, zwei oder drei Straucharten bestehen. Wo sie nicht nötig ist, soll sie wegbleiben. Auch die Sträucher sind nicht überall notwendig. Die Streifen nur aus Baumarten sind vielfach wirkungsvoller. Es ist abzuraten,

⁴⁶⁾ DANILOV, E., Feldschützende Waldstreifen. Moskau-Leningrad 1931.

mehr als 2—3 Arten in einer Reihe anzupflanzen, da sonst die Pflanzung, besonders mit der Maschine, erschwert wird.

Diese Zusammensetzung wird für die Längsstreifen empfohlen. Senkrecht zu ihnen müssen die Querstreifen stoßen, die in der Regel aus denselben Holzarten zusammengestellt werden, doch etwas schmaler sind. Die letzte Instruktion des Volkskommissars für Landwirtschaft zur

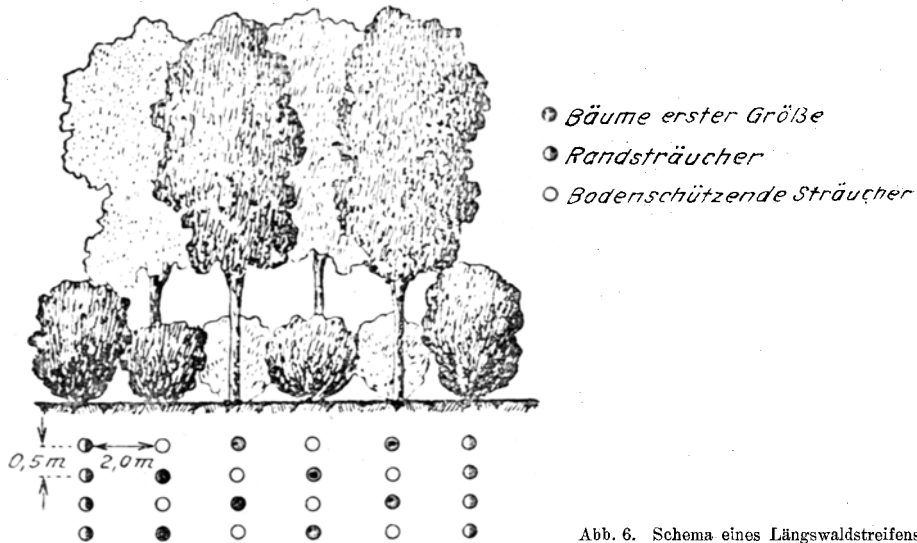


Abb. 6. Schema eines Längswaldstreifens.

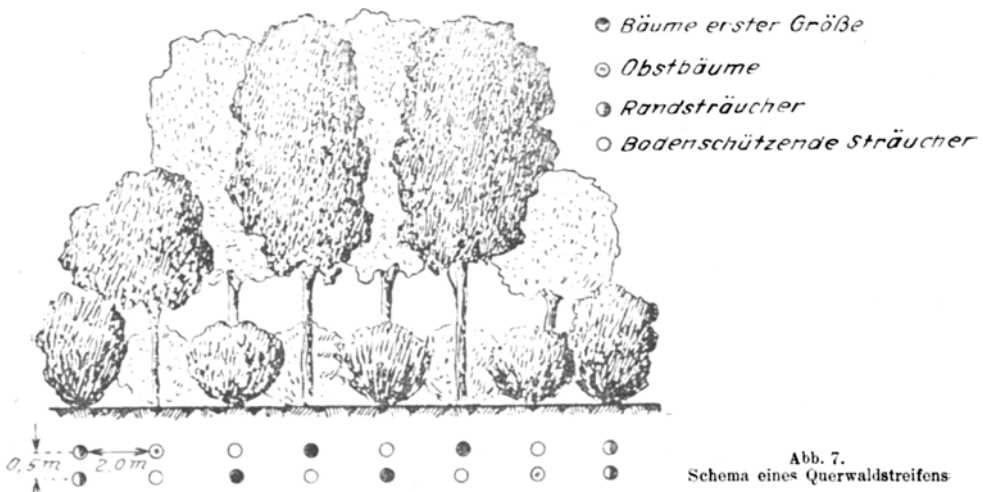


Abb. 7.
 Schema eines Querwaldstreifens

Anlage der feldschützenden Streifen im Südosten Rußlands, die 1936 herausgegeben wurde, empfiehlt achtreihige Längsstreifen mit einer Gesamtbreite von 16 m und sechstreihige Querstreifen mit der Breite von 12 m, wie sie schematisch in Abb. 6 und Abb. 7 dargestellt sind.

Sehr wichtig ist die Richtung der Streifen. Diese ist von der Richtung der ungünstigen Winde und der Bodenform abhängig. In der ebenen Gegend sind die Winde maßgebend. In der Regel müssen die Längs-

streifen senkrecht zu der herrschenden Windrichtung liegen. In Südrußland verlaufen sie daher fast ausnahmslos meridional, also von Nord nach Süd, und werden von Ost-West-Querstreifen unterbrochen. In Gegenden, wo Sandstürme vorkommen, ist die Richtung der Anlage schwerer festzulegen; sie kann erst nach eingehendem Studium der örtlichen meteorologischen Angaben erfolgen. Bei einem hügeligen Relief werden die Streifen an die Richtung der Hügel und Erhöhungen angepaßt. Vielfach ist hier die Richtung der Bodenausschwemmung maßgebend: die Streifen müssen senkrecht zu dieser liegen, um die Wasserströme aufzuhalten und die Bodenerosion zu vermindern. Entscheidend sind stets die lokalen Verhältnisse.

Was die Größe und die Form der geschützten Fläche angeht, so sind die russischen Erfahrungen uneinheitlich. Man war bestrebt, die Form zu finden, welche die größte schützende Wirkung der Streifen, zugleich aber die Anwendung* von modernen landwirtschaftlichen Maschinen — unter Umständen fast vollständige Arbeitsmechanisierung — ermöglichte. Beides ist oft unvereinbar. Je näher die Streifen aneinanderliegen, desto größer ist ihre Wirkung. Für die vollständige Mechanisierung der Arbeit auf dem Felde sind aber große Flächen Voraussetzung. Man verlangte beispielsweise aus diesen Gründen, daß die geschützte Fläche mindestens 4 km lange Seiten haben sollte. Dies war selbstverständlich ein Unding. Die Erfahrung zeigte, daß bei solchen Ausmaßen die Wirkung der Streifen fast wertlos ist. Andererseits tritt die positive Wirkung der Streifen erst dann ein, wenn die von ihnen bestockte Fläche nicht weniger als 6 bis 10 % der geschützten Fläche ausmacht. Der Hang zur Mechanisierung, die Unterordnung des Organischen unter das Unorganische ist ein Zug unserer Zeit, besonders in Sowjetrußland. Deshalb sind auch die Forschungen über die beste Größe der Schutzfelder von vornherein fehlgegangen — maßgebend war das Unorganische, die mögliche Anwendung der Maschine. Offiziell wird in der UdSSR. eine Fläche von 160—200 ha vorgeschlagen mit einer Länge der Längsstreifen von 2000 m und der Querstreifen 800—1000 m. BODROV⁴⁷⁾ hält diese Fläche für zu groß, und schlägt 100 ha vor, da bereits diese Größe eine vollständige Mechanisierung erlaubt. Aber auch 100 ha sind für manche Gebiete zu groß, so vor allem für diejenigen, in denen dauernd trockene Winde wehen, für Gebirge und andere Gegenden.

Am bequemsten und einfachsten ist die Vierecksform der geschützten Fläche, doch nicht überall: in der hügeligen Gegend ist sie oft unmöglich. Dort, wo die trockenen Winde keine Hauptrichtung haben, kann das Feld ein Rechteck sein. An Stellen und Hängen, die schädlichen Winden ausgesetzt sind, soll aber der Abstand zwischen den Längsstreifen auf 500 bis 200 m herabgesetzt werden. Um die Luftstauung innerhalb einzelner Parzellen zu verhindern und auch die Überfahrt von einem Feld auf das andere zu ermöglichen, werden die Schutzstreifen stellenweise unterbrochen, am besten an den Kreuzungen mit den Querstreifen; letztere werden um 10 bis 15 m gekürzt, die Längsstreifen auf 40 m unterbrochen. Man macht weitere Unterbrechungen nach je 500 m der Längsstreifen, doch nicht an gegenüberliegenden Stellen.

Im vorstehenden wurde die Form der Schutzstreifen, wie sie in Südrußland, in den Schwarzerdegebieten ohne künstliche Bewässerung an-

⁴⁷⁾ BODROV, V., Feldschützender Waldanbau. In: Selchosgiz. Moskau 1937.

gelegt werden, einer Betrachtung unterzogen. Andere Formen haben die Streifen in Gebieten mit künstlicher Bewässerung, noch andere in Gebirgen von Kaukasien, in Turkestan und anderen Gegenden mit anhaltenden, trockenen Winden. Dort sind die geschützten Flächen noch kleiner. Andere Formen und Artenzusammensetzungen haben die Streifen, die zum Schutze von Wiesen, Plantagen und Obstgärten angelegt werden. In Georgien vermindern in einzelnen Jahren die trockenen Ostwinde die Ernte der Teeplantagen um 75 %⁴⁸⁾. Auch andere Kulturen, wie Obst- und Gemüsearten, leiden nicht minder darunter. Mit Erfolg wird versucht, sie mit Waldstreifen zu schützen (Abb. 8). Gewöhnlich sind die Streifen enger, bestehen

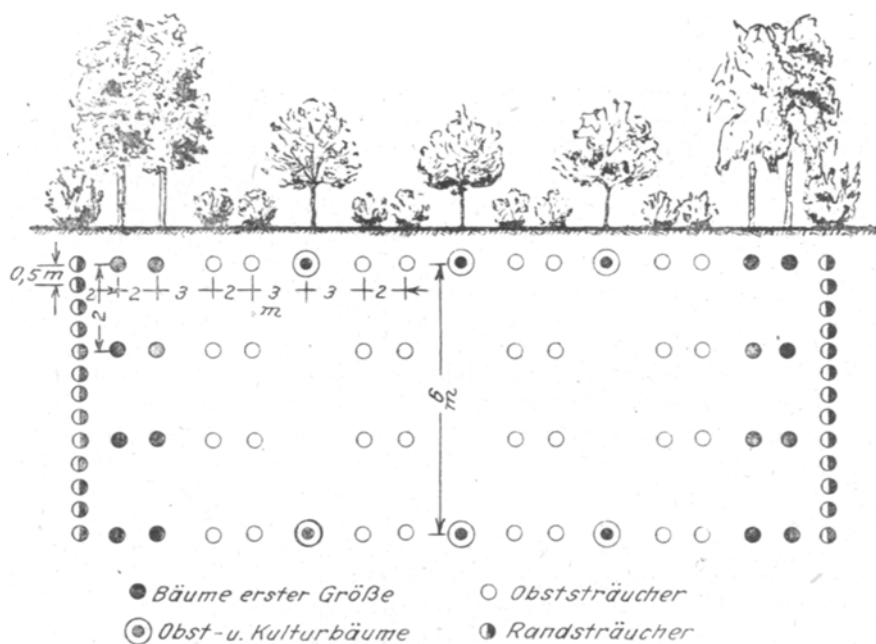


Abb. 8. Schema einer Waldanlage mit Einfügung von Obstbäumen

nur aus 3—5 Reihen, der Abstand zwischen den einzelnen Streifen beträgt 250—300 m. In den mittleren Reihen soll man am besten hochwüchsige Arten (Birke, Ahorn, Esche, Lärche, Ulmenarten als Unterbau) nehmen, in die zwei Reihen am Rand Sträucher (Flieder, gelbe Akazie, tatarischer Ahorn, Ölweide an der Außenseite). Meiden muß man diejenigen Arten, die als Wirte für verschiedene Schädlinge der Obstbäume dienen, so zum Beispiel Weißdorn und Traubenkirsche. Auch sollten die Schutzanlagen nicht ganz dicht an den Obstgärten liegen, denn sonst unterdrücken oder beschatten sie die Obstbäume und entziehen ihnen die nötige Bodenfeuchtigkeit.

d) Einiges über das Arbeitsverfahren bei der Anlage und Pflege von Waldstreifen

Je nach den örtlichen Verhältnissen und der Aufgabe der Streifen werden die Regeln verschieden sein. Wichtig ist, die Boden- und Klimaverhältnisse und die Hauptrichtung der Winde in der Gegend zu kennen.

⁴⁸⁾ DOLIDZE, S., Schutz vor Winden auf Teeplantagen. In: Sovetskije Subtropiki Nr. 2. Moskau 1936.

Die Bodenvorbereitung bezweckt die Beseitigung der Unkräuter, die Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit und die Verbesserung der Bodenstruktur. Wenn die Pflanzarbeiten im Frühling ausgeführt werden und die Fläche früher für landwirtschaftliche Kulturen benutzt wurde, ist es zu empfehlen, im Frühsommer ein 15—18 cm tiefes Pflügen vorzunehmen. Darauf, nachdem die Bodenschichten trocken geworden sind, werden die Wurzeln der Unkräuter ausgejätet. Man kann nicht weit genug mit der Beseitigung von Unkräutern gehen, denn sie stellen neben dem Mangel an Feuchtigkeit die Hauptgefahr für die Pflanzungen in der Steppe dar. Im Herbst wird das Pflügen — und dabei etwas tiefer — wiederholt. Das Eggen soll man bei der Frühlingspflanzung fortlassen, denn eine unebene Bodenfläche begünstigt die Anhäufung von Schnee. — Bei der Herbstpflanzung wird der Boden auch zweimal gepflügt: im Sommer und im Herbst; hier erfolgt aber nach dem letzten Pflügen noch das Eggen.

Das beste Pflanzmaterial für die trockenen Gegenden sind zweijährige, nach Möglichkeit verschulte Sämlinge, die in der Nähe in Kämpfen herangezogen werden müssen. Ausnahmen sind bei schnellwachsenden Arten zulässig, die schon im ersten Jahr kräftiges Wurzelsystem entwickeln (amerikanischer Ahorn, gemeine und amerikanische Esche, weiße Akazie, sommerliche Ulmenarten, Ölweide und einige andere). Besondere Vorsichtsmaßnahmen gegen die Vertrocknung sind bei Transport und Einschlägen der Pflänzlinge geboten; am besten transportiert man sie — gut eingepackt und befeuchtet — nachts oder während regnerischer Tage. Bei einer verspäteten Frühlingspflanzung hat man die oberirdischen Teile der Pflanze etwas abzuschneiden, um einem Austrocknen vorzubeugen. Auch die Wurzeln werden etwas abgeschnitten, wenn die Tiefe der Erdlöcher ungenügend ist.

Sehr wichtig ist die Zeit der Pflanzung. Eine Verspätung von 2 bis 3 Tagen kann in trockenen Gegenden der neuen Kultur zum Verderb werden. Prof. TOLSKY⁴⁰⁾, der sich mit dieser Frage viele Jahre beschäftigte, stellt für die russischen trockenen Gebiete folgende fünf Regeln auf:

1. Die beste Zeit für die Pflanzung ist die Zeitspanne im Frühling, in der die Wurzeln von der Winterruhe schon erwacht sind, jedoch vor dem Austreiben der Blätter.
2. Die Pflanzung im Sommer ist auch möglich, wenn die jungen Triebe der Pflänzlinge ihr Wachstum schon beendet haben, doch ist sie mühsam und unwirtschaftlich infolge der vielen notwendigen Vorbeugungsmaßnahmen gegen die Vertrocknung der Wurzel.
3. Die Herbstpflanzung ist bei den Laubholzarten, besonders nach dem Abwurf der Blätter, gut möglich. Für Nadelhölzer, vor allem die Kiefer ist, wenn möglich, der Frühling vorzuziehen.
4. Es soll überhaupt vermieden werden, die Pflanzung in der Zeit der intensiven Entwicklung der Nadeln und Blätter vorzunehmen.
5. Die Wurzeln müssen zur Zeit der Auspflanzung besonders lebensfähig sein.

Eine weitere wichtige Frage ist die nach Pflanzdichte und Pflanzverband. Trotz langjähriger Erfahrungen bei der Aufforstung der trockenen Steppe besteht diesbezüglich in Rußland noch keine Einheitlichkeit. Mehr als sonstwo ist hier wohl der Standort mit seiner Feuchtigkeitsbilanz entscheidend. Bei dem Überanspruch an die Bodenfeuchtigkeit

⁴⁰⁾ TOLSKY, A., Spezieller Waldbau I, III. Moskau-Leningrad 1930.

durch die zu dichte Pflanzung geht hier sehr oft die ganze Kultur zugrunde, wenn künstliche Bewässerung nicht vorhanden ist. Deshalb ist eine einheitliche Lösung — etwa 10 000 Stück je Hektar — auch nicht möglich. Eine Regel läßt sich aber aufstellen: je weiter nach dem Südosten, je trockener also die Gegend, desto weniger dicht müssen die Kulturen sein. Zu demselben Schluß kam man auch in Amerika⁵⁰⁾.

Das beste Wachstum zeigten in der trockenen Gegend Rußlands Kulturen mit 2500 Pflanzen je Hektar. Für Kiefer kann diese Zahl nach TOLSKY auf 6000—10 000 erhöht werden. Im allgemeinen ist eine Dichte anzustreben, bei der die Konkurrenz einzelner Pflanzen nicht vor dem Alter von 3 bis 5 Jahren eintritt. Der Quadratverband mit einem Abstand der Pflanzen in den Reihen von 0,5 m und einem Abstand der einzelnen Reihen von 1 bis 2 m hat sich auch bei den Schutzstreifen am besten bewährt.

Die Pflanzung ist der Saat vorzuziehen. Die Ausnahme kann nur bei der Eichelsaat geschehen. Für viele Holzarten, vor allem Pappelarten (mit Ausnahme von *Populus alba*), Weide, Tamarix und amerikanischem Ahorn ist die Verwendung von Stecklingen zu empfehlen, weil hierbei die besten Ergebnisse erzielt werden. Die Verwendung von Pflanzmaschinen hat sich in der Steppe vielfach nicht bewährt, so daß man zu der Handpflanzung in Löchern greifen mußte. In der letzten Zeit wurden in Sowjetrußland viele Pflanzmaßnahmen für die vorgesehene Großaufforstung von Steppen entworfen. Ihre Verwendung verbilligt und beschleunigt die Arbeit bedeutend⁵¹⁾.

Bei der Bildung von Lücken müssen diese so schnell wie möglich ausgefüllt werden, denn sonst verlieren die Schutzstreifen ihren Zweck.

Die Pflege der Kulturen besteht in der Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit und der Beseitigung von Unkraut. Die Pflegemaßnahmen werden bis zur Bildung des Kronenschlusses durchgeführt. In den Zwischenreihen werden zweckmäßigerweise Kartoffel, Rübe, Tomate, Melone und ähnliches angebaut.

Bald nach dem Kronenschluß werden Läuterungen der Straucharten vorgenommen. Einige Sträucher, wie *Amorpha*, kann man jährlich abschneiden, im nächsten Frühjahr wächst sie wieder um 1 m. Sonst schneidet man Sträucher alle 3—4 Jahre, am besten im Herbst. Dadurch wird die Lichtstellung der Hauptholzarten erreicht, die Streifen werden für den Wind zugänglich und der Schnee verteilt sich gleichmäßiger. Besondere Beachtung muß dem Beschneiden der Hecken an den Rändern gelten; diese Maßnahme muß regelmäßig durchgeführt werden, sonst verbreitern sie sich zu stark.

Sobald die Kulturen 20 Jahre alt sind, beginnt man mit Durchforstungen, die schon zu rein forstlichen Maßnahmen gehören. Den eigentlichen landwirtschaftlichen Zweck müssen die Anlagen zu diesem Zeitpunkt schon erfüllt und sich amortisiert haben. Dies bedeutet natürlich keinesfalls, daß sie hiermit plötzlich überflüssig geworden wären. Auch weiterhin sind sie berufen, ihre schützende Aufgabe zu verrichten. Doch sind sie jetzt aus reinen Schutzanlagen zu etwas Selbständigerem geworden: Waldoasen in der Steppe. Es gilt, sie zu erhalten und zu pflegen.

⁵⁰⁾ SPACING for shelterbelt plantations on the Northern great plains. In: J. Forestry Nr. 3, 27, 1929.

⁵¹⁾ Eine zahlreiche Literatur ist hierüber vorhanden. Es wird auf die Zeitschriften *I esnoje chozjastvo*, *Lesnaja industrija* und andere verwiesen.