





# Über die Festlegung von Wanderdauern in Buhara und Transkaspien.

19'S

1892 und 1893 von dem Reichs-Verwaltungsamte  
von Dr. G. v. S. v. S.

Die Festlegung der Wanderdauern ist eine der wichtigsten Aufgaben der Verwaltung in Buhara und Transkaspien. In diesen Ländern sind die Wanderdauern bisher nicht festgelegt worden, was zu erheblichen Schwierigkeiten für die Verwaltung führt. Die Wanderdauern sind in diesen Ländern sehr verschieden und hängen von vielen Umständen ab. Die Wanderdauern sind in diesen Ländern sehr verschieden und hängen von vielen Umständen ab. Die Wanderdauern sind in diesen Ländern sehr verschieden und hängen von vielen Umständen ab.

Die Festlegung der Wanderdauern ist eine der wichtigsten Aufgaben der Verwaltung in Buhara und Transkaspien. In diesen Ländern sind die Wanderdauern bisher nicht festgelegt worden, was zu erheblichen Schwierigkeiten für die Verwaltung führt. Die Wanderdauern sind in diesen Ländern sehr verschieden und hängen von vielen Umständen ab. Die Wanderdauern sind in diesen Ländern sehr verschieden und hängen von vielen Umständen ab.



XX  
248

20



III 33564

Akc. Nr. 3386 / 50

9/12

## Über die Sestlegung von Wanderdünen in Buchara und Transkaspien.

(Mit zwei Tafeln und drei Textfiguren.)

Von Dr. W. Busse, Geheimer Regierungsrat.



Von Beginn ihrer Erbauung an leidet die Bahn Lüberigbucht—Keetmanshoop in Südwestafrika in dem von ihr durchschnittenen Dünengebiet schwer unter Störungen durch Flugsandverwehung. Jahr für Jahr müssen sehr beträchtliche Geldauswendungen geleistet werden, um den Verkehr auf dieser Strecke ohne Stockung durchzuführen zu können, die Schienenstränge von den angewehten Sandmassen zu befreien und weitere Überwehungen nach Möglichkeit zu verhindern. Seit Jahren werden die verschiedensten Versuche unternommen, den Flugsand wenigstens in unmittelbarer Nähe der Gleise mittels natürlicher oder künstlicher Mittel festzulegen oder doch wenigstens zu beruhigen. Nichts lag näher, als dabei den Blick auf die Dünenbefestigung in anderen Ländern zu richten, um dort Anhaltspunkte für das Vorgehen an der Lüberigbucher Bahn zu gewinnen. So wurde schon frühzeitig von einem der Eisenbahnkommissare des Gouvernements zu Zwecken näherer Informationen die Kurische Nehrung besucht, wo bekanntlich die preußische Verwaltung schon ein geradezu klassisch gewordenes Kulturwert geschaffen hat. Mannigfache Anregungen wurden von dort mitgenommen, die aber aus später zu erörternden Gründen noch nicht erfolgreich verwertet werden konnten.

Aber noch ein anderes Dünengebiet zog die Aufmerksamkeit der Kolonialverwaltung auf sich, das, im Innern Westasiens gelegen, von europäischen Reisenden mehrfach besucht und erwähnt worden war, und dessen verhängnisvolle Wirkungen auf den Eisenbahnverkehr der Technik außergewöhnliche Aufgaben gestellt hatten und noch stellen: die Dünenstrecken der „Mittelasiatischen Bahn“ in Buchara und Transkaspien. Die Angaben von Reisenden ließen unzweideutig erkennen, daß es der russischen Verwaltung gelungen war, der dort auftretenden Störungen und Gefahren durch Bindung des Fluglandes mittels sinnreicher Methoden Herr zu werden. Und es schien um so mehr angebracht, sich über die dortige Methodik eingehender zu informieren, als in jenen Gegenden Turans klimatische Bedingungen

herrschen, die denjenigen Südwestafrikas, insbesondere der Dünengebiete der Lüberigbucher Bahn viel näher kommen, als die natürlichen Verhältnisse unserer Ostseeküste. Das gilt vor allem für den Mangel an Niederschlägen, für das ausgesprochene Wüstenklima hier und dort.

Bei Gelegenheit einer, im wesentlichen anderen Aufgaben gewidmeten Studienreise nach Turkestan wurde ich beauftragt, auch die fraglichen Dünengebiete zu besuchen und an Ort und Stelle Informationen über die dortigen Festlegungsarbeiten zu sammeln. Vor Antritt dieser Reise, die im Sommer 1909 ausgeführt wurde, hielt ich es für zweckmäßig, auch die Arbeiten auf der Kurischen Nehrung kennen zu lernen. Wenn auch diese Dünengebiete von ganz anderen natürlichen Vorbedingungen beherrscht werden, und wenn auch die Entstehungs- und Gestaltungsverhältnisse der kurischen Dünen von denen der mittelasiatischen erheblich abweichen, so konnte es doch für das Verständnis und die richtige Bewertung der russischen Methodik und ihrer Erfolge nur vorteilhaft sein, die Einzelheiten des altbewährten Vorgehens auf der Nehrung vorher in Augenschein zu nehmen. Diese Besichtigung wurde in Gemeinschaft mit dem damaligen Vorstandsmitglied der Deutschen Kolonial-Eisenbahnbau- und Betriebs-Gesellschaft, Herrn Baurat Reh, vorgenommen. Dank dem Entgegenkommen der preußischen Regierung und der ausgezeichneten, höchst instruktiven Führung durch die mit den Dünenarbeiten an Ort und Stelle betrauten Beamten wurde es uns ermöglicht, in verhältnismäßig kurzer Zeit einen genügenden Einblick in die Technik der Befestigung auf der Nehrung zu gewinnen. Als ich zwei Monate später die mittelasiatischen Dünengebiete besuchte, kamen mir jene Vorstudien auf Schritt und Tritt außerordentlich zugute.

Leider war es mir nicht vergönnt, den Schöpfer der Dünenbefestigung in Turan, Herrn Fortmeister Palehky, in seinem Arbeitsgebiet anzutreffen oder überhaupt mit ihm zusammenzukommen. Dringende Dienstgeschäfte festelten ihn gerade damals in einem entlegenen Distrikt

945  
109

xx  
278

10 23971

am Kaspischen Meer; Herr Paležky dort aufzusuchen, gestattete die mir zur Verfügung stehende Zeit nicht. Indessen ebnete mir der Chefingenieur der Bahn in Tschardschui, Herr Pusino, in lebenswürdigster Weise die Wege und bestellte mir in dem bewährten Mitarbeiter Paležkys, Herrn R. J. Sabokisch, einen vorzüglichen Führer. Letzterem verdanke ich die im dortigen Dünengebiet erhaltenen Informationen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, diesen beiden russischen Beamten, sowie allen den Herren, die sich vorher auf der Nehrung um das Gelingen meiner dortigen Studien aufopfernd bemüht hatten, auch an dieser Stelle aufrichtig zu danken.

Der Umstand, daß — abgesehen von sporadischen Notizen verschiedener deutscher Reisender — bei uns zulaufe von der Technik der Dünenbefestigung in Transkaspien kaum etwas bekannt geworden ist, berechtigt dazu, diesen, ursprünglich nur für die Kolonialverwaltung bestimmten Bericht der Öffentlichkeit zu übergeben. Fachmänner mögen daraus vielleicht diese oder jene, für die Verwertung in anderen Dünengebieten verwendbare Einzelheit entnehmen können. Wenn hierbei von einer, auch noch so kurz gehaltenen Schilderung der Arbeiten auf der Kurischen Nehrung abgesehen wurde, so geschah das im Hinblick auf die erschöpfende Behandlung des Stoffes in Gerhardts bekanntem „Handbuch des deutschen Dünenbaues“, dessen Studium für jeden unerlässlich ist, der sich mit den vorliegenden Fragen theoretisch oder praktisch beschäftigen will.

Bei Erbauung der „Mittelasiatischen Bahn“, die das eigentliche Turkestan mit dem Kaspischen Meer verbindet und die zunächst aus strategischen Gründen angelegt und noch eine lange Reihe von Jahren als Militärbahn weitergeführt wurde, entstanden bei Durchquerung der Dünenzone in Transkaspien und dem westlichsten Teile von Buchara dem Erbauer, General Annenkow, anfangs ungewöhnliche Schwierigkeiten.\*) Der frühere Generalgouverneur von Turkestan, General Tschernjajew, hatte sogar der Bahn prophezeit, daß sie Buchara niemals erreichen, sondern elend im Wüstenlande stecken bleiben werde.\*\*\*) Indessen gelang es mit dem äußersten Aufwand von Energie, diese Schwierigkeiten zu meistern. Durch Begießen des Dammes mit Seewasser, das in eigenen Zügen herangebracht werden mußte, und mit Löß-Aufschwemmungen, durch Bepflanzen und Besäen

des Dammes, durch Einlegung von Zweigen und endlich durch Anlage von Sturmzäunen aus Holzschindeln längs der Schienenstränge wurde den Wirkungen des Flugandes beim Bahnbau entgegengetreten. U. a. versuchte man es auch mit der Anpflanzung des Halflagrases (*Stipa tenacissima*), das zu diesem Zweck eigens aus Algier eingeführt wurde. Aber, erklärlicherweise, ohne Erfolg. An mehreren Stationen wurden dann große Baumschulen angelegt, von denen aus die Bepflanzung der Bahndämme besorgt wurde. Wie es in jener Gegend vor Festlegung der Wanderdünen aussah — und außerhalb der Befestigungszonen heute noch aussieht —, vermögen am besten die Abbildung von Albrecht (a. a. O. S. 69) und die hier wiedergegebene von Bessely\* (S. Taf. I) zu erläutern, die einige Einblicke in die grandiose Wüstenlandschaft gewähren. Die Namen einiger Bahnstationen, wie Peški (= Sandberge) und Barchani (= Wanderdünen), geben den dortigen natürlichen Verhältnissen beredten Ausdruck.

Wenn inzwischen die durch unablässige Verwehungen der Gleise entstandenen Verkehrs- und Betriebshindernisse wenigstens auf große Strecken hin überwunden worden sind, so gebührt dafür der Dank dem russischen Forstmeister Paležky, dessen unermüdlicher planvoller Arbeit es gelungen ist, ein System der künstlichen Dünenbefestigung zu finden, das sich in jenen Gebieten glänzend bewährt hat.

Paležky hat vor mehreren Jahren ein Buch über seine Methoden veröffentlicht, das aber im Buchhandel völlig vergriffen ist und mir trotz vielseitiger Bemühungen nicht erhältlich war.

Der Beginn dieser Arbeiten liegt etwa 15 Jahre zurück. Der systematische Betrieb wurde vor 13 Jahren aufgenommen. Bis zum Jahre 1909 war eine Strecke von etwa 50 Werst (1 W. = 1,067 km) befestigt worden; noch blieben damals 20 Werst festzulegen.

Die bucharischen und transkaspiischen Wanderdünen haben ihren Ursprung und ihr Material aus den gewaltigen Sandwüsten des Aralo-Kaspischen Beckens genommen, dem Boden und Ufergelände eines großen Binnenmeeres, das einstmalig weite Strecken des ostkaspiischen Tieflands bedeckte. Man nimmt an, daß in späteren Perioden zunächst in weiterem Umfang eine Bewachung des Sandbodens mit verschiedenen Formationen und hierauf erst wieder streckenweise die Freilegung erfolgte.

Unter den verschiedenen Faktoren, die dort zur Überführung bewachsener Dünen und Wüsten-

\*) Näheres siehe bei D. Gehfelder, Transkaspien und seine Eisenbahn (Hannover 1888), S. 134f., und M. Albrecht, Russisch-Zentral-Asien (Hamburg 1896), S. 10 ff.

\*\*\*) Gehfelder, S. 78.

\*) Bessely in „Vegetationsbilder“, herausgegeben von Schenk und Karsten, Jena (G. Fischer) 1905, Reihe III, Heft 2, Taf. 7.

steppen in bewegliche Sandmassen beigetragen haben,\*) spielte erfahrungsgemäß die Ausrottung ehemaliger großer Bestände des „Saxaul“ (Haloxylon Ammodendron) eine nennenswerte Rolle. Dieser Baum, über den unten weiter zu reden sein wird, kommt noch heute in Transkaspien und dem übrigen Turkestan in dichteren Beständen vor — er ist der einzige, natürliche Bestände bildende Baum der Ebene. Bei dem notorischen Mangel an Heizmaterial und dem großen Heizwert des Saxaulholzes leuchtet es völlig ein, daß von jeher dieser Pflanze seitens der Eingeborenen eifrig nachgestellt und sie auf weite Strecken hin vollkommen ausgerottet wurde. Häufige scharfe, oft zu Orkanen gesteigerte Winde taten dann das ihrige.

Heyfelder (a. a. O. S. 24f.) spricht sich über die verhängnisvollen Wirkungen dieses Vorganges in früheren Zeiten folgendermaßen aus: „Durch die Ausrottung des Saxaulbestandes, welcher mit seinen langen Wurzeln tief in die »Barchane« oder Dünen eindringt und dem Sande Konsistenz verleiht, sind diese Sandhügel beweglich geworden und werden von den Polarwinden, welche oft drei Monate dauern, verweht, und zwar von NO gegen SW. Der Flugsand hat 1868 den Bezirk Komitan\*\*) im Oken von Buchara, neuerdings das reiche Gebiet von Bardondi erreicht; so gingen zugrunde die Städte Kodscha-Oka, Bakuad und das alte Kara-Kul, bei welchem sich früher die Kanäle des Syr, des Amu und des Seraffchan beegneten.“

Man ersieht hieraus, daß auch in jenem Lande durch Flugsand große Katastrophen hervorgerufen wurden, wie wir sie z. B. aus der Geschichte der Kurischen Nehrung kennen. Blühende Ortschaften sind in Turkestan und Buchara verschüttet, und Tausende von Familien zur Auswanderung getrieben worden.

Ich möchte nicht unerwähnt lassen, daß sowohl in Nord-Turkestan wie auch in Ferghana Flugsanddünen von geringerer oder größerer Ausdehnung existieren, die aber nicht annähernd die Mächtigkeit der transkaspischen Dünen erreichen und daher auch für Störungen des Verkehrs nur geringfügige Bedeutung erlangen. Nach den Forschungen Alexander v. Middendorfs, der diese Bildungen eingehend untersucht hat,\*\*\*) entspringen die nordturkestanischen Dünen größtenteils der Wüste Kara-Kum (in der Nähe des ehemaligen Nordufers des Aralsees), während diejenigen

Ferghanas auf die allmähliche Auswaschung sandhaltiger Lössschichten des Ferghana-Tals zurückzuführen sind. Mit diesen Dünen wird sich der folgende Bericht nicht näher beschäftigen, da sie mit den südwestafrikanischen nicht vergleichbar sind, und ihre Festlegung nach Methoden erfolgt, deren Anwendung in Südwestafrika — wenn überhaupt möglich — schon an der Kostenfrage scheitern würde. Einige Beobachtungen über die fragliche Methodik werden unten beiläufig mitgeteilt werden.

Die Wanderdünen an der Mittelasiatischen Bahn treten sowohl als Einzeldünen wie in Form von Dünenzügen auf; längs der Bahnlinie überwiegen erstere. Sie stellen hier zumeist konvexe Einzeldünen, im Sinne Gerhards\*) — dessen Nomenklatur ich auch im folgenden anwenden werde — und zwar zu Scharen oder Zügen angeordnete „Sicheldünen“ dar. Da die natürlichen Gestaltungsverhältnisse und die Wanderbahnen von den Winden abhängig sind, ist es unter den hier obwaltenden eigenartigen Windverhältnissen (s. u.) leicht erklärlich, daß die Dünen verschieden gerichtet sind. (Vgl. Taf. I.)

Desgleichen unterliegen auch die natürlichen Böschungswinkel der transkaspischen Dünen gewissen Schwankungen; wenn auch der Abfall in Lee bisweilen recht steil wird, so entsinne ich mich doch nicht, eigentliche „Sturzdünen“ mit extrem steiler Böschung\*\*) gesehen zu haben.

Die relative Höhe der Dünen wechselt im allgemeinen zwischen 4 bis 12 m; doch werden sie stellenweise noch höher. Radde†) gibt für eine gewisse Strecke des Gebiets die maximale Höhe auf 30 bis 35', die Länge der Dünenrücken auf 30 bis 70' an.

Nach den von Muschketow und Obrutschew ausgeführten Messungen schwankt die Größe des Winkels, unter dem die Düne sich erhebt, zwischen 6 und 17°, die des Schüttungswinkels zwischen 30 und 40°. In Ferghana sand v. Middendorff††) noch viel steiler abfallende Dünen mit einem Schüttungswinkel von etwa 60°. Die Formen der Gipfel mögen aus Besselys beigefügter Abbildung (Taf. I) ersehen werden, die auch — wenigstens für eine gewisse Gruppe von Dünen — die Neigungsverhältnisse in Luv und Lee erkennen lassen. Um alle diese Erscheinungen richtig deuten zu können, müßten u. a. die ursächlichen Zusammenhänge mit Windrichtung, Windstärke, Niederschlägen und dem zeitlichen Zusammenfall der letzteren mit dem gerade herrschenden Winde herangezogen werden. Das hierzu erforderliche

\*) Siehe Radde, Ergänzungsheft Nr. 126 zu Petermanns Mitteilungen 1898 S. 16f.

\*\*) Wohl das „Kamatan“ der Stieler'schen Karte, östlich von der Stadt Buchara gemeint. (B.)

\*\*\*) A. v. Middendorff, Einblicke in das Ferghana-Tal (1881), S. 30 ff. und Tafel I und II.

\*) Handbuch des deutschen Dünenbaues. Berlin 1900. S. 87 f.

\*\*) Gerhardt, a. a. O. S. 137 f.

†) a. a. O. S. 11 f.

††) a. a. O. S. 32.

Beobachtungsmaterial steht mir leider nicht zur Verfügung.

Über Schnelligkeit der Wanderung der transkaspischen Dünen hat Konshin Untersuchungen ausgeführt, die u. a. zu folgenden Ergebnissen geführt haben:\*) Die Schnelligkeit der Bewegung hängt von der Stärke des Windes ab und steht in umgekehrtem Verhältnis zur Masse der Düne. Isolierte Dünen bewegen sich schneller als zusammenhängender Flugand, erstere bis zu 70' in 24 Stunden, letzterer nur 7' im Verlauf eines Jahres.

Der Dünenand der transkaspischen Barchane weist eine mehr oder weniger starke staubförmige Beimischung von Löß, dem Material der benachbarten Steppen, und stellenweise auch von Salz aus nahe gelegenen Salzausblühungen der Steppen stammend, auf.

Die Tatsache der Lößbeimischung ist von außerordentlicher Tragweite für die Technik und die Erfolge der Dünenbepflanzung. Denn der (äolische) Löß Turans ist, wie bekannt, sehr reich an Pflanzennährstoffen aller Art, und es bedarf nur seiner Befechtung mit Wasser, um diese Nährstoffe zur Wirkung kommen zu lassen. Die von Obrutschew mitgeteilten Analysen von Wüsten- und Dünenand Transkaspiciens weisen denn auch einen relativ hohen Gehalt an in Salzsäure löslichen Stoffen auf. Phosphorsäure ist allerdings entweder gar nicht oder nur in Spuren vorhanden.\*\*)

Die Befechtung erfolgt — da die sehr geringfügigen und noch dazu auf 5 Monate des Jahres verteilten Niederschlagsmengen (s. u.) nur eine ephemerere Benetzung der oberflächlichen Sandschichten bewirken können — vor allem durch die reichliche Taubildung im Innern des Dünenandes selbst, eine Erscheinung, der wir hier ebenso begegnen wie z. B. auf den Dünen der Kurischen Nehrung. Nur mit dem Unterschied, daß der Dünenand der Nehrung schon etwa handbreit oder doch wenige Dezimeter unter der Oberfläche die Feuchtigkeit deutlich erkennen läßt, während diese in den durchglühnten Barchanen Turans — wenigstens im Hochsommer — erst in größerer Tiefe bemerkbar wird.\*\*\*) An einigen, bei meiner Anwesenheit untersuchten Stellen wurde diese Tiefe auf etwa 70 cm bzw. 1 m ermittelt. Da sich die Pflanzenwelt, wie unten gezeigt werden wird, den abnormen Verhältnissen mit

besonderen Einrichtungen des Wurzelsystems anpaßt, ist sie in der Lage, auch diesen Feuchtigkeitsvorrat für die Nahrungsaufnahme auszunutzen.

Dazu kommt endlich, daß die Dünen der fraglichen Gegend, soweit bisher festgestellt wurde, auf einer Unterlage von Lößboden ruhen. Sofern nicht im einzelnen Falle die Höhe der Sandmasse dem entgegensteht, werden also die Befestigungspflanzen zu allem anderen noch die Möglichkeit haben, mit ihren Wurzeln in das feste fruchtbare Erdreich der Unterlage einzudringen.

Im Gegensatz zu den Dünenbefestigungsarbeiten an der deutschen Ostseeküste, insbesondere auf der Kurischen Nehrung,\*) wo es sich um eine ausgesprochen intensive und daher verhältnismäßig kostspielige Befestigungsarbeit handelt, und auch im Gegensatz zu den schon oben erwähnten Dünen Nord-Turkestans und Ferghanas wird an der transkaspischen Strecke der Mittelasiatischen Bahn ein extensives System verfolgt, das, für die dortigen Verhältnisse vollkommen ausreichend, den Vorzug größerer Billigkeit bietet. Außerdem ist es dem hier herrschenden Arbeitermangel angepaßt, und endlich zwingt das System nach einmal erfolgtem Beginn der Arbeiten zu schneller Erledigung. Denn es gilt dabei als Prinzip, zunächst überall in der Befestigungszone ein weitmaschiges Netz von Anpflanzungen zu schaffen, das dann allmählich im Laufe von 4 bis 5 Jahren ausgefüllt wird. Diese Zone erstreckt sich nördlich von der Bahn, d. h. in der Hauptwindrichtung, im Minimum auf 150 Esajhen (1 Esajhen = 2,134 m), also 330 m, südlich von der Bahn auf 50 Esajhen. Man hat die Erfahrung gemacht, daß diese Schutzstreifen sich durch natürliche Bestockung mit Befestigungspflanzen selbsttätig noch wesentlich verbreitern. Zum Verständnis dieser Angaben sei erwähnt, daß die Hauptwindrichtung in N liegt, und zwar 8 Monate des Jahres — April bis November — hindurch die Winde aus N und NW wehen, während im Winter (4 Monate) die Winde aus den entgegengesetzten Richtungen (S und SO) kommen. Der Schutzstreifen wird also in Luv dreimal so breit angelegt als in Lee, bezogen auf die Hauptwindrichtung. Innerhalb der beiden genannten Windperioden sollen nur geringfügige Schwankungen in der Windrichtung zu beobachten sein.

Man hat hier zeitweilig mit ungeheuren Gewalten zu rechnen. Ich selbst habe während meines Aufenthaltes in jener Gegend Sandstürme erlebt, die eine mehrstündige Verspätung der Eisenbahnzüge zur Folge hatten. Mit einer

\*) Nach Radde, a. a. O. S. 19.

\*\*\*) Radde S. 16. Reicher an Phosphorsäure ist der Dünenand aus Ferghana, wo offenbar stärkere Lößüberwehungen stattfinden als in Transkaspien. S. Middendorfs S. 44 und C. Schmidt (Anhang zu Middendorfs Werk S. 2, Analysen 2 und 3).

\*\*\*\*) Vgl. hierzu v. Middendorfs S. 43f.

\*) Vgl. Gerhardt, Handbuch.

Dräpfne gegen den Wind zu fahren, war dabei kaum möglich, die Sonne wurde verfinstert, und das Licht erschien am Sommernachmittag so fahl wie etwa hier bei einer Sonnenfinsternis oder im Winter bei Schneeluft. Bemerkenswert war, daß eine Sandverwehung des Gleiſes nicht stattfand.

Betreffs der klimatischen Verhältnisse des Gebiets ist im übrigen noch folgendes nachzutragen: Wie bekannt, wird jenes Land von einem ausgesprochenen Kontinentalklima beherrscht. Die sehr mäßigen Niederschläge verteilen sich — in Gestalt von Regen und Schnee — auf die Monate November bis Mai. Nach den mir im Astronomischen Observatorium in Tschkent gegebenen Daten betragen die jährlichen Niederschlagsmengen in Tschardschui in den Jahren — 1903: 77,8, 1904: 65,1, 1905: 44,5 und 1906: 92,1 mm. In Tschardschui wurde mir später von zuständiger Seite gesagt, daß die Werte bisweilen bis auf 25 mm heruntergingen! Dabei ist zu beachten, daß der Beobachtungsort Tschardschui selbst in unmittelbarer Nähe des mächtigen Amu-Darja-Stromes liegt, die Dünenzone aber, von denen hier die Rede ist, erst in beträchtlicher Entfernung von der Flußniederung beginnt. Die Niederschlagsmengen dürften in diesen Revieren der Bepflanzungsarbeiten also noch geringer sein als in der genannten Gegend. Ich halte es für erforderlich, auf diese Verhältnisse hinzuweisen, da sie für die Frage der Dünenbefestigung in Südwestafrika von Belang sind. Die Temperaturen bewegen sich, dem Charakter des Klimas entsprechend, zwischen weiten Grenzen. Frostfrei sind im allgemeinen die Monate April bis September. Von Juni bis September beträgt die maximale Schattentemperatur durchschnittlich 40°C; auch im Mai wird diese Höhe bisweilen erreicht. Die niedrigsten Temperaturen fallen in den Januar mit — 15 bis — 20° (Tschardschui). Im Bereich des Dünenlandes selbst entwickeln sich im Hochsommer ungeheure Gluten, wobei die vorgenannten Maximalwerte weit überschritten werden. Ich habe auf den Dünen am 25. VII./7. VIII. nachmittags 2 Uhr in Brusthöhe 65°C Sonnentemperatur (mit ungeschwärzter Kugel) gemessen; wie mir von zuverlässiger Seite gesagt wurde, sind bis über 75° konstatiert worden. Ich nehme an, daß diese Messungen nahe über der Sandoberfläche gemacht worden sind. Letztere mit den Händen zu berühren, verbot sich zur Zeit meiner obigen Beobachtung von selbst; ja es war nicht einmal mit stark befohlten Marschstiefeln möglich, längere Zeit auf einer und derselben Stelle stehen zu bleiben. Eier im Sande zu kochen ist einfach. Daß unter solchen Bedingungen die Dünenengewächse, namentlich ihre Wurzel-

systeme, besondere Einrichtungen besitzen müssen, die sie befähigen, den Extremen des Klimas, besonders aber der Hitze, zu widerstehen, bedarf keiner weiteren Erläuterung. Hier sei noch bemerkt, daß auch im Dünenlande Südwestafrikas die Maximaltemperatur auf 75°C ermittelt wurde.

Über die Luftfeuchtigkeit stehen mir Daten nicht zur Verfügung. Wohl aber konnte ich mich zur Zeit meines Aufenthaltes an verschiedenen untrügerischen Kennzeichen davon überzeugen, daß der Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Sommer auf ein Minimalmaß herabsinkt. Für die Periode der eisigen Winterwinde dürfte das Gleiche gelten.

Das Palektyische System der Dünenbefestigung zeichnet sich durch große Einfachheit aus. Dabei kommen der Arbeit vor allem drei Faktoren zugute: die geringe relative Höhe der Dünen, ferner die mehr oder weniger starke Vermischung des Dünenandes mit Lößstaub und damit eine gewisse Ansammlung von Pflanzennährstoffen, und nicht zum geringsten das Vorhandensein vorzüglich geeigneter Befestigungspflanzen in der Vegetation der Nachbargebiete.

Gewisse technische Hilfsmittel, wie z. B. die an der Kurischen Nehrung so gebräuchlichen Bestecke, fehlen, bis auf Kiesanschüttungen und die eingefetzten Pflanzlinge (siehe unten); die Schaffung von Bordünen u. a. m. kommen in Wegfall. Hier hat sich, wie an der Nehrung, gezeigt, daß nur lebende Bindung des Sandes von dauerndem Bestande ist.

Eine stehende Bedeckung in Form von windundurchlässigen Sturmzäunen ist allerdings auch hier unentbehrlich. Die aus Reisig geflochtenen Sturmzäune werden vor Beginn der Bepflanzung sowohl auf den Rämmen der Sicheldünen zwecks Abgleichung der Rämme angelegt wie auch zu beiden Seiten des Gleiſes, und zwar hier senkrecht zur Windrichtung. In der festzuliegenden Strecke werden Sturmzäune längs des Schienenstranges in allen Fällen angebracht, bisweilen in 2 bis 3 Reihen. Innerhalb der Bepflanzungszone kommen sie dort in Wegfall, wo bereits eine, wenn auch nur vorübergehende natürliche Abgleichung erfolgt ist. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Anlage von Sturmzäunen vor der Bepflanzung unerlässlich ist. Hat sich an den Sturmzäunen eine neue kleine Anschüttung gebildet, so wird auf dieser (in Luv) in etwa 2 m Abstand ein neuer Sturmzaun angelegt, und danach später in gleicher Weise eventuell ein dritter (s. Abb. 1). Das Ansetzen der Sturmzäune richtet sich im übrigen derart nach der Windrichtung, daß unter Umständen sowohl gegen den Nordwind wie gegen den Südwind besondere Zäune aufgestellt werden

müssen, je nachdem es der Schutz des Gleises oder die Anpflanzungsarbeiten erfordern (s. Abb. 2). Letztere werden allerdings durch die einander direkt entgegengesetzten Windrichtungen stellenweise etwas kompliziert.

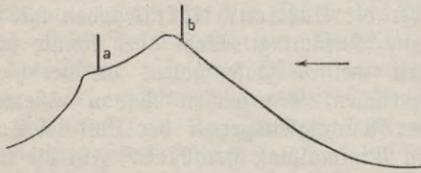


Abb. 1. Ansetzen von Sturmzäunen auf Dünenkammern in der Nähe der Eisenbahn. (a älterer Sturmzaun, b neuerer, auf der neu gebildeten Anhöhe; der Pfeil deutet die vorherrschende Windrichtung an.)

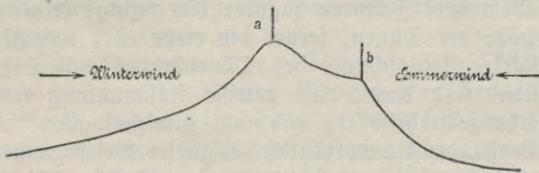


Abb. 2. Ansetzen von Sturmzäunen gegen zwei Windrichtungen.

An dieser Stelle seien einige Beobachtungen über Festlegung von kleineren Flugsanddünen eingeschaltet, die ich in Nord-Turkestan, vornehmlich in der Nähe des Aralsees, auf der Reise von Drenburg nach Taschkent machen konnte. Da mir bereits damals bekannt war, daß sich die hier angewandten Methoden im transkaspischen Dünengebiet mit seinen anderen natürlichen Gestaltungsverhältnissen, unverhältnismäßig größeren Massen und ungleich mächtigeren Verwehungen rentabel nicht anwenden lassen, und sie noch weniger für Südwestafrika in Frage kommen würden, habe ich von näherem Studium der nordturkestanischen Arbeiten abgesehen.

An Rande der Wüste Barjaki, in der Nähe des Sees Tschelkar, waren die relativ niedrigen Dünen unmittelbar vom Bahndamm aus bis etwa 10 m weit in das Dünenland hinein mit totem liegenden Palisadenbesteck belegt; dahinter niedrige, durchlässige, aus Schilf geflochtene Fangzäune. Stellenweise war auch rhombenförmiges Reisigbesteck (2 × 2 m) verwendet. Die Dünen zeigten zwischen der Bedeckung eine unregelmäßige Bewachsung mit Tamarix und Weiden und sogar mit einer Schilfart, woraus auf einen hohen Grundwasserstand zu schließen war. Offenbar waren hier die vorher bewachsenen Dünen beim Bahnbau aufgerissen, und der Sand war wieder beweglich geworden.

Bei der Station Kara-Tschokam treten inmitten der Steppe langgestreckte Dünenzüge auf,

die sich scharf aus der ebenen Steppe abheben. Die Dünen tragen hier vorwiegend den Charakter von „Kupften“ und sind meist bewachsen; doch fehlt es nicht an typischen vegetationslosen Einzeldünen von 6 bis 12 m relativer Höhe. Die Dünenzüge werden von der Eisenbahn quer durchschnitten. In wechselndem Abstand von 10 bis 20 m waren, nach der Windrichtung orientiert, undurchlässige Sturmzäune aus Rohr- oder Strohgeflecht angebracht. Außerdem sah man hier und da liegende rhombische Bestecke, in denen eine niedrige Kraut- und Strauchvegetation (u. a. Artemisien und *Alhagi camelorum*) aufgeschossen war. Ferner deuteten an einigen Stellen regelmäßige Reihen kleiner Hügelchen, aus denen bisweilen eine grüne Triebspitze hervorsah, auf kürzlich vorgenommene künstliche Bepflanzung hin, die — nach dem ganzen Charakter des Dünenlandes zu urteilen — hier kaum nennenswerten Schwierigkeiten begegnen dürfte. Ein trocknes Regenbacht in der Nähe und die unmittelbare Nachbarschaft von Überschwemmungsgebieten ließen mir die Vermutung aufkommen, daß es sich bei diesen Dünenzügen um Uferböschungen eines ehemaligen Sees oder Flußbettes handelte.

Im Überschwemmungsgebiet des Syr-Darja unweit Perowsk wird die Lößlandschaft mehrfach durch kurze Dünenstrecken unterbrochen, zwischen denen Teiche, Tümpel und Lachen sichtbar waren. Die Dünen bestehen dort nur aus Kupften von wenigen Metern Höhe und sind überall, bis auf die Nachbarschaft des Bahnkörpers, bewachsen. Der Bahn entlang waren je zwei Reihen durchlässiger Reisigfangzäune aufgestellt, zwischen denen sich die Bewachsung gut zu vollziehen schien. Dort wo die Gleise im Einschnitt zwischen Dünenböschungen liegen, waren letztere mit rhombischem oder quadratischem Besteck (etwa 1 × 1 m) belegt.

Diese akkurate Kleinarbeit in den nordturkestanischen Dünenstrecken läßt sich nach den mir gewordenen Informationen auf die transkaspischen Verhältnisse nicht übertragen, wo es gilt, mit weniger geübten Arbeitskräften und geringeren Mitteln in verhältnismäßig kurzer Zeit große Strecken von Flugsand zu binden, und wo ganz andere natürliche Kräfte wirksam sind als dort.

Dünenbepflanzung in Buchara und Transkaspien. Bei der Mittelasiatischen Bahn handelt es sich im wesentlichen um zwei Dünenzonen, deren Festlegung für die Bahnerhaltung in erster Linie erforderlich ist. Die eine, östliche, liegt auf bucharischem Gebiet jenseits des Amu-Darja (Druš). Sie beginnt unweit der Station Karakul und reicht bis nahe an die Flußniederung des Amu-Darja. Das Aktionszentrum für die Festlegungs-

arbeiten auf dieser Strecke bildet die Station Farab in der Sundukli-Wüste. Die zweite, westliche, Strecke beginnt an der Westgrenze der Dase von Tschardschui (etwa 12 Werst von der neuen Stadt dieses Namens entfernt) an der politischen Grenze zwischen Buchara und dem Gouvernement Transkasprien und reicht im Westen bis hinter die Station Repetek. Sie führt durch die zwischen den Däsen Tschardschui und Merw gelegene Wüstenzone, an die sich im Nordwesten die Wüste Karakum anschließt, und welche südöstlich bis nahe an die afghanische Grenze reicht.

Die Grenzstadt Tschardschui ist unweit des Amu-Darja in einer Oboase gelegen, die 10 bis 12 km südwestlich von der Station Tschardschui ihr Ende findet. Gewissermaßen der klassische Ort der Dünenbefestigungsarbeiten Paleklys ist die erwähnte Station Farab, 8 Werst von der Station Tschardschui entfernt. An die Schilfniederung östlich des Amu-Darja schließt sich zunächst eine, dicht mit *Glycyrrhiza glabra* bestandene Süßholzsteppe an, die indessen noch einzelne Weidestücker für Rindvieh freilässt. Der Bahndamm ist stellenweise dicht mit Kapern bewachsen, in der Nähe von Farab auch mit *Tamarix*.

Bei Farab, wo wiederum der Oboaboden hervortritt, befindet sich eine Pflanzschule für die Dünenbefestigungspflanzen, d. h. diejenigen Arten, die nur in Form von Setzlingen bei der künstlichen Bepflanzung verwendet werden.

Die Dünenbefestigungspflanzen sind ausnahmslos Gewächse von streng xerophilem Charakter. Man hat zu unterscheiden zwischen Gewächsen, die zur künstlichen Anpflanzung benutzt werden, und natürlichen Ansiedlern.

Zu der ersteren Gruppe gehören: *Salsola arbuscula* („Tscherkesß“), einige *Calligonum*-Arten („Kandym“) und endlich *Haloxylon Ammodendron* („Sagaul“). Es handelt sich hierbei um Sträucher, Baumsträucher und Bäume, also durchweg um Holzgewächse. *Salsola* und *Calligonum* sind dadurch ausgezeichnet, daß sie gut im wehenden Sande gedeihen, dagegen im festgelegten Bestande neu ausgepflanzt schlecht anwachsen. *Haloxylon Ammodendron* dagegen gedeiht im wehenden Sande nicht, verhält sich also gerade umgekehrt wie die beiden erstgenannten, die man als die eigentlichen Pioniere der Dünenbefestigung betrachten muß. Diese betätigen sich dabei auch noch wesentlich durch natürliche Ansamung, wobei sie im Anfangsstadium der Befestigung noch günstige Bedingungen finden, während *Haloxylon Ammodendron* erst dann in Wirksamkeit treten kann, wenn die Festlegung einigermaßen vorgeritten ist. Und zwar

soll bezüglich der natürlichen Ansamung *Salsola* an erster Stelle stehen, ihr folgt *Calligonum* und dieser erst *Haloxylon*.

1. *Salsola arbuscula* Pall (S. Richteri Karel) („Tscherkesß“) aus der Familie der Chenopodiaceen.

Ein reichverzweigter, dichtbelaubter Strauch\*) mit saftgrünen walzenförmigen Blättern. Die oberirdischen Triebe sind vielfach silberweiß berindet. Diese Art ist durch ein besonders schnelles Wachstum und — wie die übrigen „grundlegenden“ Dünenbefestigungspflanzen — durch eine reiche und weitausstrahlende Wurzelbildung ausgezeichnet. Sie soll ein sehr hohes Alter erreichen. Einjährige Pflänzlinge werden durchschnittlich 30 cm hoch; Ausnahmen zeigten bis 1,85 m hohe oberirdische Achsen und bis 4 m lange Wurzeln. Die Früchte werden 3 bis 6 cm tief ausgelegt. Die Keimungsdauer der Samen beträgt durchschnittlich sieben Tage. Aus Samen gezogene Pflanzen sollen schon im dritten Jahr Früchte liefern. Die sehr reiche Samenproduktion macht diese Pflanze zu einem besonders wertvollen Objekt. Die etwa 3 mm im Durchmesser großen leichten Früchte besitzen einen scheibenförmig angeordneten Flügelbesatz, der ihre Verbreitung durch den Wind erleichtert.

Beim Ausheben aus der Pflanzschule werden die Wurzeln auf 40 bis 50 cm gekappt, die oberirdischen Triebe auf 10 cm. In den Dünen findet sich, stellenweise häufig, auch *Salsola subaphylla* C. A. Mey., ein bis 2 m hoher, ausladender Strauch mit hellgrünlichen fleischigen Trieben. Der Wert dieser *Salsola*-Art als Befestigungspflanze wird nur gering eingeschätzt. *S. subaphylla* wird daher zur künstlichen Bepflanzung nicht verwendet, sondern ist nur als spontaner Ansiedler vertreten.

2. *Calligonum arborescens* Litw. („akandym“ = weißer K.) aus der Familie der Polygonaceen.\*\*\*) Bis 4 m hoher Strauch oder Baumstrauch von sparrigem, weitausladendem Wuchs. Wird bis 20 Jahre alt und trägt vom vierten Jahr an Früchte. Die Früchte, 5 bis 8 mm im Durchmesser, hartschalig, mit 10 bis 15 mm langen verästelten, dünnen Borsten besetzt, werden vom Wind zusammengeweht und liegen zur Sommerzeit massenhaft in den Dünentälern und Vertiefungen umher.

Saatzeit Mai bis Juni. Keimungsdauer der Samen: 15 bis 16 Tage (wie auch bei den anderen *Calligonum*-Arten der Gegend).

Bei der Aussaat werden die Samen 4,5 bis höchstens 9 cm tief eingelegt und dann leicht an-

\*) Abbildung bei Bessey a. a. O. Tafel 8 bis 10.

\*\*\*) Abbildung bei Bessey a. a. O. Tafel 11.

gedrückt. In der Pflanzschule bei Krasnow hatten 7 bis 8 Monate alte Pflänzchen 15 bis 30 cm hohe, meist verzweigte oberirdische Triebe gebildet; die unverzweigten Pfahlwurzeln waren etwa anderthalbmal so lang wie die oberirdischen Achsen.

Wie *C. Caput Medusae* (siehe nachstehend), so bildet auch diese Art in den Dünen weitstrebende dünne „Oberflächenwurzeln“.

Von den übrigen *Calligonum*-Arten der Wanderdünen\*) kommt namentlich *C. Caput Medusae* Schrenk („kysyl-kandym“ = roter K.) für die Befestigung in Betracht. Auch diese Art gedeiht am besten in beweglichem Sand und zeichnet sich wie andere dortige Dünenpflanzen durch ihr stark entwickeltes Wurzelleben aus. Sie bildet in den Dünen bis 20 m lange, nach allen Richtungen auslaufende, vielfach verzweigte Wurzeln von der Stärke eines dicken Bindfadens. Viele dieser stolonenartigen Wurzeln laufen flach unter der Oberfläche des Dünenandes dahin und werden bisweilen stellenweise vom Winde freigelegt, ohne dabei unter den glühenden Strahlen der Sonne zu leiden. Ich habe derartig freigelegte Wurzeln von 12 bis 15 m Länge gemessen. Die senkrecht in die Tiefe gehenden Wurzeln sollen eine Länge von mehr als 2 m erreichen.

Die Früchte dieser Art haben einschließlich des dichten, kugelförmigen Besazes von korallenartig verzweigten Borsten einen Durchmesser von 10 bis 15 mm.

Auf *Calligonum*wurzeln findet sich häufiger eine große, braune Drobanche schwarzend, die jedoch einen nennenswerten Schaden nicht anrichten soll.

*C. eriopodum* Bge. („kara-kandym“ = schwarzer K.) bildet einen unten kahlen Stamm mit starken, aufwärts strebenden Ästen; ihr fehlt der breitausladende Wuchs der vorgenannten Arten. Sie ist daher als Dünenbefestigungspflanze nicht beliebt und wird nur ab und zu als Windbrecher verwendet.

3. *Haloxylon Ammodendron* C.A. Mey. („Saxaul“ oder „Sasak“). Dieser, zur Familie der Chenopodiaceen gehörige Baum ist ebenfalls ein wichtiger Faktor bei der Festlegung des Flugandes. Von den beiden vorgenannten unterscheidet er sich jedoch, wie schon erwähnt, dadurch, daß er sich in den wehenden Sand nicht auspflanzen läßt, sondern erst zur Befestigung verwendet werden kann, nachdem durch künstliche Anpflanzung der vorgenannten ein gewisser Schutz geschaffen ist. Diesen Schutz kann u. a. auch natürliche Bestockung der Dünen mit *Aristida pungens* (s. u.) gewähren.

Der Saxaul ist ein Baum von ausgesprochenem Trauerwuchs.\*) Durchschnittlich erreicht er eine Höhe von 6 bis 8 m. Die Verzweigung beginnt meist schon am unteren Teile des Stammes, der in den von mir besuchten Dünengebieten durchschnittlich 20 bis 30 cm im Durchmesser erreicht hatte. Doch sah ich auch ältere Stämme von einer Stärke bis zu 70 cm Durchmesser, die allerdings innen hohl waren. Die Krone ist reich verzweigt, die jungen Laubspresse sind walzenförmig, schachtelhalmartig gegliedert, fleischig und haben einen Durchmesser von 2 bis 3 mm. Die Blätter sind so minimal entwickelt, daß die Sprosse fast blattlos erscheinen. Die mehrfach geflügelten Früchte sind ohne die Flügel etwa 2 mm im Durchmesser groß. Die Wurzeln sollen eine Länge von 10 m erreichen.

Saxaul gelangt erst im fünften Jahr zur Fruchtbildung. Die Samen keimen durchschnittlich nach 7 Tagen; die Pflänzlinge bilden zunächst eine verhältnismäßig lange Pfahlwurzel. Im Pflanzgarten werden die Samen dieses Baumes nur 2 bis 3 cm tief ausgelegt. Gegen stagnierende Feuchtigkeit ist die Pflanze außerordentlich empfindlich, in früher Jugend auch gegen Fröste. Die Fähigkeit des Wurzelsystems, den Sand zu binden, soll bei Saxaul besonders hoch entwickelt sein. Dazu kommt, daß diese Pflanze ein bedeutend höheres Alter erreicht als *Calligonum* und *Salsola*.

Da, wie gesagt, Saxaul erst im einigermaßen festgelegten Sande gedeiht, hat man versucht, die Samen direkt in das Dünenterrain auszusäen. Die Versuche waren zur Zeit meiner Anwesenheit noch nicht abgeschlossen, sollten vielmehr noch 5 Jahre hindurch fortgesetzt werden. Gelingen sie, so würde mit diesem Verfahren wiederum eine erhebliche Kostenersparnis erzielt werden. Ziemlich ist zu beachten, daß die Anzucht von Saxaul auch im Pflanzgarten nicht leicht ist; selten sollen mehr als 10 v. H. der Aussaat angehen.

In früherer Zeit ist der Baum vielfach zur Befestigung des Dammes und der Böschungen verwendet worden. Als die Bahn noch unter militärischer Verwaltung stand, hatte General Kuropatkin Prämien auf die Anpflanzung von Saxaul ausgesetzt, um die Bahnmeister hierzu anzuregen. Aus dieser Zeit findet man noch stellenweise zahlreiche alte Stämme längs der Schienenstränge.

Abseits von der Bahnlinie und außerhalb der Dünenzonen sind dichte, alte Bestände von Saxaul vorhanden. Von dort aus werden mit Kamelkarawanen Äste und Zweige des Baumes herangeschafft, um dieses Material für die Herstellung von Fangzäunen zu verwenden.

\*) Außer obengenannten: *C. comosum* L'Hér., *C. eriopodum* Bge., *C. murex* Bge., *C. acanthopterum* Borez. und *C. Pallasia* L'Hér.

\*) Abbildung bei Bessy a. a. O. Tafel 10.



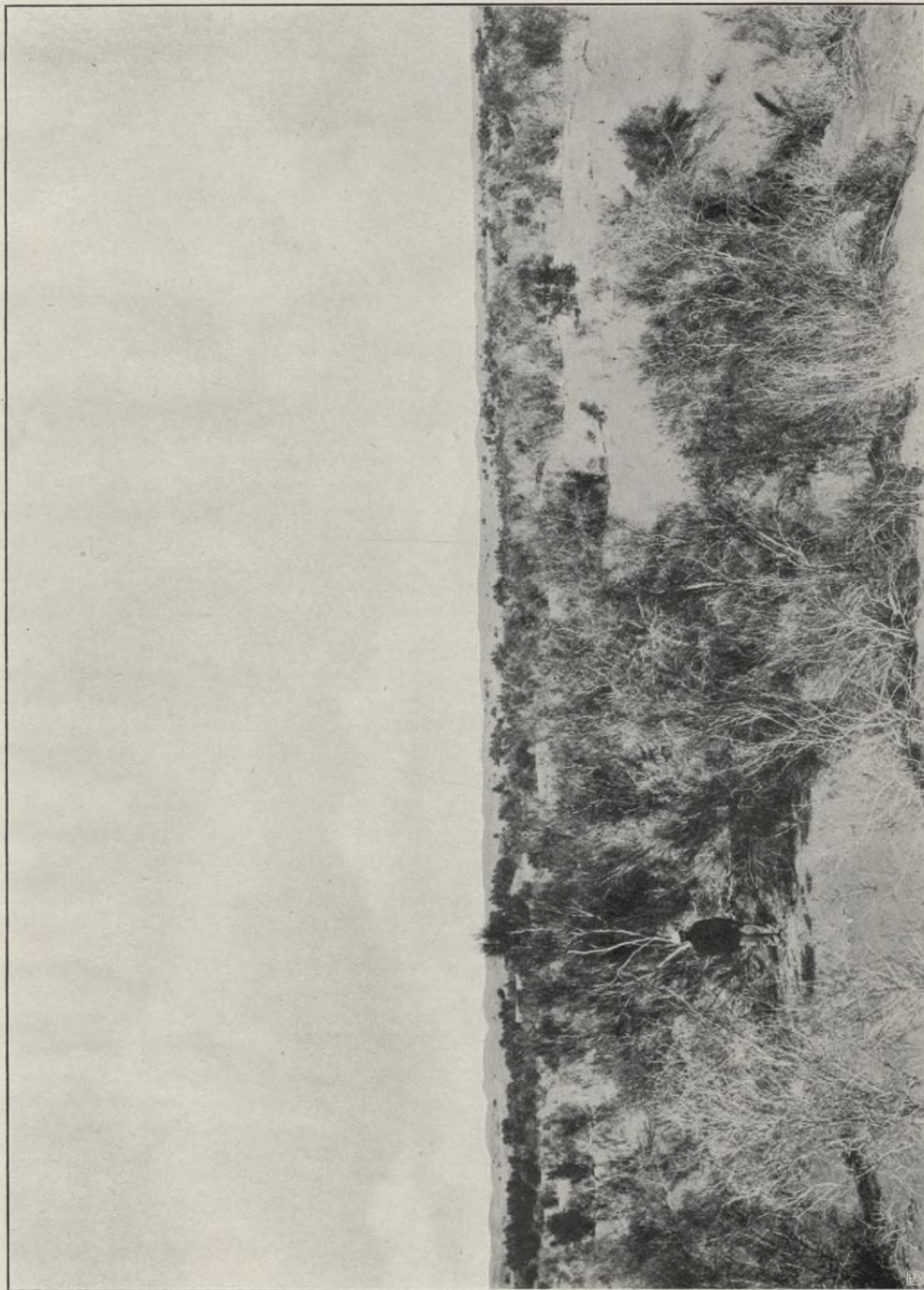
# Über die Seflegung von Wanderdünen in Buchara und Transkasprien.



Wuß: Vegetationsbilder, III. Heft, S. 2 (W. Fischer, Jena, 1905)

Phot. Steffen

Wanderdünen in Buchara, vor der Befestigung.



Aus: Vegetationsbilder, III. Reihe, Heft 2 (E. Fischer, Jena) 1905

Befestigte Dünen in Budhara (Vegetation: *Calligonum*, *Salsola*, *Tamarix*).  
Hinter der Befestigungszone bewegliche Dünen sichtbar.

Phot. B. Fischer



v. Schwarz\*) nennt *Haloxylon Ammodendron* die merkwürdigste und charakteristischste von allen turkestanischen Baumarten. Nach seinen Angaben kommt der Baum ausschließlich in den salzhaltigen Steppen und Wüsten vor und tritt am rechten Ufer des Syr-Darja zwischen der Stadt Turkestan und Kasalinsk sowie am Amu-Darja und Tschu in ausgedehnten Wäldern auf. Der Heizwert des Holzes ist außerordentlich hoch.

In der Pflanzschule Farab werden die Samen aller hier genannten Befestigungspflanzen im November oder auch Anfang Dezember ausgesät, aber niemals begossen; denn alle in Betracht kommenden Arten sind sehr empfindlich gegen Feuchtigkeit. Man legt sie auch nicht in den nährstoffreichen Lössboden, sondern nur in Dünen sand, der 2 bis 3 Tage vorher durchfeuchtet wird, aus. Dieser ist hier allerdings stark lößhaltig. Auf äußerste Vorsicht bei der Bewässerung während der Anzucht kann nicht dringend genug hingewiesen werden. In Südwesafrika scheinen in dieser Hinsicht, wenn auch bei anderen Versuchspflanzen, einige Fehler gemacht worden zu sein. Wie aus den vorliegenden Berichten ersichtlich, hat man — unter Mißachtung der naturgemäß sehr geringfügigen Ansprüche von Wüstenpflanzen an die Feuchtigkeitzufuhr — bei Anzuchtversuchen stets reichlich bewässert! Noch dazu hat man zur Bewässerung bisweilen destilliertes Wasser benutzt, das bekanntlich auf pflanzliche Organismen direkt giftig wirken kann.

Um ein Überwehen zu verhindern, wird alsbald nach der Ausaat ein Besteck in Form dünner Strohmatte von 60 bis 100 cm Breite über die Saatbeete gelegt. Diese Maten werden beiderseits durch befestigte Schilfbänder auf dem Boden festgehalten.

Eine Düngung findet niemals statt. Die Keimung der Samen und die Entwicklung der Pflänzchen geschieht allein unter dem Einfluß der minimalen Regenfälle des Spätherbstes und der ebenfalls sehr geringfügigen Schneefälle des Winters. Nach Bewurzelung der Pflänzchen wird das Besteck entfernt. Das Auspflanzen in die Dünen geschieht vorwiegend im Frühjahr (Januar oder Februar), in gewissen Fällen jedoch erst im Oktober oder November des nächsten Jahres. Schnelligkeit der Entwicklung und Frostempfindlichkeit der einzelnen Gewächse sprechen u. a. hierbei mit.

Eine weitere Pflanzschule befindet sich westlich von Tschardschi bei der Station Krasnow. Besonders günstig für die Entwicklung der Pflanzen

ist hier der hohe Grundwasserstand; schon bei etwa 30 cm Tiefe zeigt der Sand in den Saatbeeten Feuchtigkeit. Die Beete waren hier 1,2 bis 1,5 m breit. Die Strohbefestigung war zur Zeit meiner Anwesenheit, also noch im Hochsommer, vorhanden, die sie befestigenden Schilfbänder waren aber früher entfernt worden. Die Ausaat geschieht in Furchen. Die Entwicklung der jungen Pflänzchen ist übrigens insofern vom Grundwasserstande der Saatbeete abhängig, als Pflanzen häufig eingehen, wenn ihre Wurzeln die Grundfeuchtigkeit noch nicht erreicht haben, sobald die Feuchtigkeit der oberflächlichen Sandschicht durch frühzeitig eintretende Trockenheit verdunstet ist.

Der Taufall soll an beiden Orten nur geringfügig sein. In beiden Pflanzschulen werden jetzt alljährlich zusammen 1½ Millionen Pflanzen angezogen.

Zum Auspflanzen werden die oberirdischen Triebe auf 10 cm gekappt, die Wurzeln auf 50 bis 55 cm; dann werden die Wurzeln in Lehm oder Dünger, der mit Wasser angerührt ist, schnell eingetaucht und in Reihen gelegt, mit Sand beschüttet, um jede Sonnenbestrahlung zu verhindern, und nach wenigen Stunden ausgepflanzt. Beim Transport auf das Dünen Gelände werden die Pflänzlinge mit Säcken geschützt.

Für das Auspflanzen in die Dünen werden mit einem eisernen Stecher die Pflanzlöcher so tief hergestellt, daß die ganze Pflanze auch mit dem oberirdischen Teil im Sande steht; denn man hat damit zu rechnen, daß die in den Dünen häufigen Hasen die oberirdischen Teile beschädigen, und daß außerdem der Wind den Sand noch etwa 10 cm tief abträgt. Die Wurzeln müssen unter allen Umständen vor Freilegung bewahrt bleiben. Ob die Seglinge, wie es oft geschieht, durch Anhäufung mit Sand überschüttet werden, soll gleichgültig sein; ihr Wachstum wird dadurch nicht beeinträchtigt, sie kämpfen sich im allgemeinen durch. Bisweilen kommt es allerdings vor, daß Neuanpflanzungen vom Winde vollkommen überweht werden; alsdann ist die ganze Nähe umsonst gewesen, und die Arbeit hat im nächsten Jahre wieder zu beginnen.

Wo dagegen starke Abwehung der Neuanpflanzung zu befürchten ist, wird alsbald, nachdem die Pflanzen angewachsen sind, Kies rings um die Pflanze gestreut; man rechnet für jede Pflanze 5 bis 6 Pfund Kies.

Bei Neubefestigungen wird nur in den Dünentälern angepflanzt, nicht auf den Kämmen der Dünen. Und zwar beginnt man damit an der Basis der Luvseite, um allmählich nach oben hin fortzuschreiten. Die Pflanzenreihen werden in etwa 1 m Abstand angelegt, und zwar verlaufen die Reihen in 90 bis 135° zur Wind-

\*) F. v. Schwarz, Turkestan. (Freiburg i. B. 1900) S. 369.

richtung. Nachstehende Abb. 3 zeigt in schematischer Darstellung (im Querschnitt) die abgleichende Wirkung der Bepflanzung auf die Dünengestalt nach Verlauf einiger Jahre; die gestrichelte Linie gibt die ehemalige Gestalt des Dünenkamms bei Beginn der Bepflanzung an. Neuanpflanzungen müssen mehrere Jahre hindurch alljährlich revidiert und durch Nachpflanzung ergänzt werden, wenn man nicht Gefahr laufen will, daß sie allmählich zerstört werden; denn sporadische Reste einer Bepflanzung haben für die Festlegung keinen Wert, zumal auch deswegen, weil dann die natürliche Ansammlung sonstiger Dünenbewohner nur unvollkommen erfolgt.

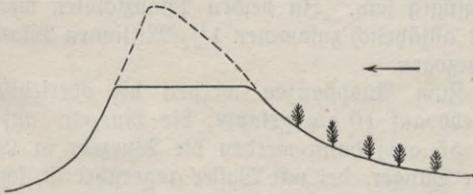


Abb. 3. Abgleichung der Dünenkämme infolge der Bepflanzung. (Der Pfeil deutet die vorherrschende Windrichtung an.)

Wie auf der Neherung, so hat man auch in Transkaspien — abgesehen von den noch im Gange befindlichen Versuchen mit *Saxaul* — die Erfahrung gemacht, daß die künstliche Befestigung der Dünen stets mit **Anpflanzung** zu beginnen hat, direkte **Aussaait** in den Dünen sand dagegen zu verwerfen ist. Soweit letztere überhaupt zu Erfolgen führt, sind diese unsicher und lückenhaft; eine exakte Befestigungsarbeit muß daher von solchem Verfahren absehen.

Andererseits spielt — wie überall bei der Festlegung von Wanderdünen — auch hier die natürliche Bindung des Sandes durch Ansammlung von Ansiedlern im Gefolge der künstlichen Bepflanzung eine große Rolle. Die Befestigungsarbeit wird dadurch von der Natur wirkungsvoll unterstützt.

Zunächst tragen die vorerwähnten Gewächse neben ihrer Funktion als künstlich eingebrachte Bollwerke der Sandbindung auch durch natürliche Aussaat und Bestockung zur Bindung des Dünen sandes bei. So werden zur Zeit der Samenreife enorme Mengen der leichten Früchte von *Calligonum* und *Salsola* vom Winde verschleppt, und viele von ihnen fassen im Sande festen Fuß. z. B. haben sich diese beiden Gewächse in Lee der Befestigungszone von Farab auf 2 bis 3 km weit bis zu dichten Gestrüppen angesiedelt. Außerdem ist aber hier noch eine Gattung von Holzgewächsen zu nennen, die sich stellenweise,

z. B. bei Farab, in den Kehlen festgelegter Dünen oder an Bahndämmen findet, nämlich *Tamarix*. Namentlich *T. laxa* Willd. ist hier häufiger vertreten.\*)

Zur Bindung von Flugsand ist *Tamarix* jedoch nicht zu verwerten.

Eine weit wichtigere Rolle unter den Ansiedlern spielen gewisse Gräser, insbesondere *Aristida pennata* Trin. (*A. pungens* Desf. var. *pennata* Trautv.). Diese in den Dünen ungemein häufig vorkommende Pflanze darf als „primärer“ Ansiedler bezeichnet werden; d. h. sie bestockt schon den beweglichen Sand, dient also mit zu dessen „Beruhigung“. Sie wurde ebenso wie *Elymus giganteus* Vahl in früheren Jahren auch zu Anpflanzungen herangezogen; aber beide Gräser haben sich für diesen Zweck nicht bewährt. Die Gründe dafür sind noch nicht klargestellt. Jedenfalls beweisen diese negativen Resultate, daß es nicht unter allen Umständen Erfolg verspricht, die perennierenden Komponenten der natürlichen Vegetation eines Wanderdünen terrains auch zur künstlichen Festlegung zu verwenden.

*Aristida* bildet wie *Calligonum*, *Salsola* und andere Wüstenpflanzen zweierlei Wurzeln: solche, die bis 2 m tief und noch tiefer senkrecht in den Boden gehen, und andere, bis 10 m lange, die fast horizontal nahe unter der Oberfläche verlaufen.\*\*)

In der Pflanzschule von Farab sah ich junge *Aristida*-Pflanzen mit je einem dichten Bündel von bis 2 m langen, senkrecht verlaufenden Wurzeln. An diesen Exemplaren waren die Oberflächenwurzeln noch nicht gebildet worden. Die Wurzeln besitzen einen dünnen, nur 1 bis 2 mm im Durchmesser starken zentralen Holzkörper und eine dicke fleischige Rinde. Diese Rinde fühlt sich in frischem Zustande stets feucht an und ist von einem Mantel von Haaren und diesen anfliebender Sandkörnchen umgeben. Wenn man

\*) Abb. bei Bessley a. a. O. Taf. 9.

\*\*) Palecky hat (nach Bessley a. a. O.) die Ansicht ausgesprochen, daß die senkrecht in den Boden gehenden Wurzeln als „Nahrungswurzeln“ der Nährstoffaufnahme, die oberflächlich auslaufenden als „Ankerwurzeln“ der Befestigung der Pflanze zu dienen hätten. Ob diese Deutung zutrifft, erscheint mir zweifelhaft. Dem die senkrecht verlaufenden Wurzeln bewirken an und für sich schon eine so feste Verankerung im Boden, daß es einer weiteren Befestigung kaum bedarf. Dazu kommt, daß die „Ankerwurzeln“ kaum imstande sein dürften, im lockeren Dünen sande eine Verankerung zu ermöglichen. Viel eher ist anzunehmen, daß diese Organe bei Niederschlägen und Taubildung ebenfalls Feuchtigkeit und Nährstoffe aufzunehmen bestimmt sind, also in dieser Richtung für das Dasein der Pflanze eine Rückversicherung gewähren.

bedenkt, daß zur Sommerzeit die oberflächlichen Schichten des Dünenandes eine Temperatur von 70 bis 75° C erreichen, so leuchtet ohne weiteres der Nutzen des Saftreichtums der Rinde als Schutzmittel gegen Austrocknung ein.

Saat von *Aristida* zu bekommen, soll außerordentlich schwierig sein; vermutlich wird der Samen alsbald nach der Reife ausgestreut. Der Samen verliert auch seine Keimkraft sehr schnell. Bei früheren Anpflanzungsversuchen hat man im Höchstfall einen Keimprozent von 5 erhalten. Dort, wo *Aristida* in größeren Mengen aufgekommen ist und zu einer gewissen Befestigung geführt hat, wird gern *Salsola* nachgepflanzt, die dann von dem Graze im Anfang einen gewissen Schutz empfängt. So hat z. B. bei dem Aufkommen dichter Bestände von *Salsola* unweit Farab *Aristida* als Vorläufer eine große Rolle gespielt. Man will anderwärts beobachtet haben, daß bei der Ausbreitung von *Salsola* die *Aristida* später wieder verschwinde. Ebenso soll *Salsola* in Konkurrenz mit *Calligonum* der mächtigere Konkurrent sein.

Von den zahlreichen „sekundären“ Ansiedlern, d. h. denjenigen Gewächsen, die erst in einer gewissen Phase der Bindung des Dünenandes festen Fuß fassen, ist vor allen Dingen eine *Carex*-Art zu nennen, die mir als *C. fissoides* bezeichnet wurde.\*) Dieses ist die einzige Pflanze, die wirkliche Rasen zwischen den Anpflanzungen bildet und, sobald sie einmal den Boden besetzt hat, jede weitere Befestigung überflüssig macht. Solche Rasen sieht man z. B. stellenweise zwischen den Stationen Karaul—Kuju und Wodakatschka und ferner bei Repetek. Diese Rasen sind immer dünn, aber völlig ausreichend; *Aristida* dagegen tritt stets nur in büschelförmigen Horsten auf.

Zahlreich sind die einjährigen Ansiedler, die stellenweise, z. B. bei Repetek, im Frühjahr die Dünen mit einem üppigen Flor überziehen, aber nur ein kurzes Dasein führen, da sie der Dürre des Sommers nicht Widerstand leisten können. Eine Aufzählung ihrer Namen würde hier zu weit führen, da sie nur botanisches Interesse beanspruchen könnte. Für die Bindung des Dünenandes kommen diese Gewächse nicht in Betracht.

Die endlichen Erfolge der Festlegung des Sandes durch künstliche Bepflanzung im Verein mit natürlicher Bewachung zeigen — noch besser als es schon die beiden hier beigefügten Tafeln Bessey's dartun — die Dünen-

gelände in der Umgebung von Repetek. Zwischen den Anpflanzungen von *Calligonum*, *Saxaul* u. a. m. hat sich dort eine immer dichter werdende Karbe von *Carex*- und *Aristida*-Büscheln gebildet, die anderweitige Vertreter der Dünenflora umschließt. Im vorgeschrittenen Stadium ist die Mitwirkung des Menschen kaum noch zu erkennen. Vollkommene Bewachung führt, wie man an Abstichen sieht, zum Beginn der Humusbildung zwischen dem dichten Geflecht der *Carex*-Wurzeln: an die Stelle der Sandwüste tritt die Steppe. Vollendete Bewachung einzelner Strecken führt aber auch zur Disperision der benachbarten, noch beweglichen Dünenzüge in zahlreiche kleinere Einzeldünen von hügelartigem Charakter; die gesamte Wellenstruktur des Geländes wird gestört, Abgleichung der Kämme erzeugt Verflachung der Wellen (s. Abb. 3). In wenigen Jahrzehnten wird sich das einst so erschreckend tote Landschaftsbild dank der Lebensarbeit Palezkys vollkommen verändert haben. Wie heute schon in den Grenzländerereien der Dünenzone zu sehen ist, werden dann vielleicht auf dem einstigen Wüstenande Kinderheerden weiden. Außer dem endgültigen Schutz der Verkehrswege wird Land gewonnen für wirtschaftliche Nutzung.

Kosten. Wie schon eingangs erwähnt, muß bei der Dünenbefestigung an der Mittelasiatischen Bahn auf die Kostenfrage große Rücksicht genommen werden. Bis zum Jahre 1908 waren im Verlauf von 10 Jahren 350 000 Rubel für die Anpflanzungsarbeiten verausgabt worden. Heute rechnet man bei einer jährlichen Befestigungsleistung von 5 bis 9 Werst (1 Werst = 1,067 km) und einem Pflanzenverbrauch bei Neubefestigungen von 150 000 bis 200 000 Pflänzlingen pro Werst im ersten Jahr mit Gesamtkosten von 8000 Rubel, ausgenommen die Gehälter der Beamten. Hiervon ist noch ein Bruchteil im Betrage von 7000 bis 8000 Rubel hinzuzurechnen. Die betreffenden Beamten haben nämlich außer den Dünenbefestigungsarbeiten noch andere Funktionen wahrzunehmen, so z. B. die Unterhaltung der Gärten und Parkanlagen an den Bahnhöfen. Auf die Desjätine Dünenland (eine Desjätine = 1,09 ha) entfallen durchschnittlich 35 bis 40 Rubel Arbeitskosten, einschließlich der Vorarbeiten im Pflanzgarten. Die Arbeiterlöhne beziffern sich auf 50 bis 60 Kopfen pro Tag.

Wenn man bedenkt, daß früher die Freihaltung der Strecke vom Flugand zwischen Farab und der nächsten, nur wenige Kilometer entfernten Station allein 35 000 Rubel pro Jahr erforderte, so kann man ermessen, mit welchen Ersparnissen heute die Bahnverwaltung nach dem

\*) Wird in Boissier, Flora Orientalis nicht erwähnt. Vielleicht identisch mit *C. fissirostris* Ball, die auch in Afghanistan vorkommt.

Palezky'schen System rechnen darf.\*) Daß solche Erfolge erzielt werden konnten, ist wesentlich auch der geschickten Benützung der Mithilfe der Natur zu verdanken, die — wie oben wiederholt erläutert wurde — den Menschen bei seiner schweren Arbeit in diesen Wüsten wirksam unterstützt.

Nach Schluß der Berichterstattung erheben sich als nächstliegende Fragen die: ist es möglich, die Technik der mittelasiatischen Dünenbefestigung in Südwestafrika zu verwerten? und weiter: ist es ratsam und erfolgversprechend, die dort bewährten Befestigungspflanzen zu Versuchen nach Afrika einzuführen?

Auf die erste Frage muß ich die Antwort schuldig bleiben, da ich Südwestafrika nicht aus eigener Anschauung kenne und nicht in den Fehler verfallen möchte, eine so überaus schwierige Materie ohne eigene Kenntnis der örtlichen Verhältnisse rein theoretisch zu behandeln. Jede Erörterung darüber müßte unter solchen Umständen von Fehlschlüssen begleitet sein.

Aber bevor auch diese Frage noch gestellt werden kann, ist es erforderlich, eine andere zu lösen, die seit Jahren wiederholt aufgeworfen wurde, nämlich, ob es überhaupt angebracht sei, in Südwestafrika mit Bepflanzung der Dünen vorzugehen. Ob man nicht, schon der hohen Kosten wegen, hierauf ganz verzichten und sich auf diejenigen mechanischen Hilfsmittel beschränken sollte, die heute schon mit gewissem Erfolg zur Freihaltung des Bahnkörpers von Überwehungen und zur Entfernung des angewehten Flugandes von den Gleisen benutzt werden. Diese Frage läßt sich noch weniger aus der Ferne entscheiden als die erste.

Schon vor Jahren sind mannigfache Anpflanzungsversuche mit dort einheimischen oder eingeführten Dünenpflanzen oder wenigstens sandliebenden Gewächsen begonnen, meist aber, da erfolglos, wieder aufgegeben worden. Alle diese Versuche wurden durch verschiedene, hier nicht näher zu erörternde Momente ungünstig beeinflusst; ihnen fehlte vor allem die Nachhaltigkeit, ohne die ein so schwieriges Werk unmöglich zu einwandfreien Ergebnissen gebracht werden kann. Und als einwandfrei kam man die bisherigen negativen Resultate insofern nicht ansehen, als die vorliegenden Berichte den Beweis dafür noch vermissen lassen, daß eine Festlegung der Wanderdünen durch Bepflanzung in der einen oder der anderen Form nicht doch durchführbar wäre.

\*) Demgegenüber sei erwähnt, daß das Revier Kossitten auf der kurischen Nehrung jährlich allein 150 000 bis 160 000 Mark erfordert.

Zu den fraglichen Versuchen wurden u. a. auch die drei oben genannten Holzgewächse herangezogen, deren man sich in Transkaspien zur Bepflanzung bedient. Im Winter 1908/09 wurden größere Mengen von Saat aus Farab beschafft. Aber man war nicht genügend über die Einzelheiten der immerhin diffizilen Technik der Anzucht orientiert, hatte auch keine Erfahrung über die richtigen Termine für Ausaat und Auspflanzung, und endlich kamen empfindliche Störungen durch höhere Gewalt dazwischen. So mußte — trotz eifriger Bemühungen — einsteilen der Erfolg ausbleiben.

Ergibt eine neue eingehende Prüfung der Sachlage, daß in Südwestafrika die Festlegung der Dünen erwünscht ist, so würde es sich zunächst darum handeln, zu entscheiden, ob diese Arbeit im Bereich der Eisenbahnstrecke zu beginnen oder ob nicht vielmehr an den Orten der Entstehung, d. h. unmittelbar an der Küste, mit Hilfe von Bordünen und weiterer Bepflanzung leewärts von diesen dem Nachschub größerer Sandmassen entgegenzuwirken wäre. Von der Lösung dieses, schon vor Jahren von kritischen Beurteilern an Ort und Stelle aufgeworfenen Problems wird es abhängen, welche Art der Festlegung zu wählen sein wird, und welche Gruppen und Arten von Gewächsen hierfür herangezogen werden müssen. Denn im unmittelbaren Bereich der Seewinde herrschen selbstverständlich andere Existenzbedingungen für den Pflanzenwuchs als unter dem Wüstenklima des Innern mit seiner außerordentlichen Lufttrockenheit — von anderen Faktoren ganz zu schweigen.

Man hat in Südwestafrika bei Erörterung der Befestigungsfrage unter anderem immer von neuem darauf hingewiesen, daß schon allein die Lufttrockenheit und der Mangel an Niederschlägen im Dünengebiet jegliche Bepflanzung illusorisch machen würden. Diese Beweisführung trifft nach den in Transkaspien gemachten Erfahrungen kaum zu. Denn der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist auch dort während des größten Teils des Jahres minimal — sowohl im Sommer wie auch während der strengen Kälte der Wintermonate Dezember bis Februar. Ferner sind auch die jährlichen Niederschlagsmengen daselbst so geringfügig, daß ihnen, wie oben erwähnt, ein nennenswerter Einfluß auf das Leben der Dünenbefestigungspflanzen nicht beigemessen werden kann. Auch dort reduziert sich ihre Höhe bisweilen bis auf 25 mm — also auf die maximale Jahresmenge im Dünengebiet Südwestafrikas.

Dagegen steht hier der Bepflanzung der Wanderdünen meines Erachtens ein Faktor hindernd im Wege, der auch bei der weiteren Behandlung der Frage wird beachtet werden müssen: der

minimale Gehalt des Dünenandes an löslichen Pflanzennährstoffen. Hierüber haben neuerdings ausgeführte Analysen von eigens dafür beschafften Sandproben aus dem Gebiete der Dünenstrecke an der Lüderixbucher Bahn schon einigen Aufschluß gegeben. In Transkasprien dagegen fällt dieses Moment fort.

In früheren Erörterungen über die Frage der Dünenbepflanzung in Südwestafrika ist wiederholt die Forderung aufgestellt worden, man solle sich bei Auswahl der hierfür zu benutzenden Gewächse nur an die Flora des Landes halten und von fremdländischen Einführungen absehen. Das klingt zwar durchaus einleuchtend, ist aber nur bedingt richtig. Freilich versprechen die Vertreter der südwestafrikanischen Sandwüstenflora a priori bessere Erfolge denn Fremdlinge, weil sie dem dortigen Klima und Boden bereits angepaßt sind. Damit ist aber noch nicht gesagt, daß sie sich ihrer Mehrzahl nach zur künstlichen Dünenbepflanzung eignen. Auch in Turan hat sich gezeigt, daß der Kreis der hierfür brauchbaren einheimischen Gewächse recht eng ist. Ehe man aber zu dieser Erfahrung gelangte, hat man jahrelang in exakter Versuchsarbeit alle im Dünengebiet vorkommenden Gewächse, soweit sie von vornherein überhaupt für die Bindung des Flugsandes in Betracht kommen konnten, einzeln auf ihre individuellen Bedürfnisse und Eigenschaften geprüft. Dieses, ein großes Maß von Beharrlichkeit und Fleiß voraussetzende Verfahren würde auch für Südwestafrika unerläßlich sein, wenn man sich dort für systematische Bepflanzungsarbeiten entscheidet. Gewisse Erfahrungen in positivem Sinne — so z. B. für *Eragrostis spinosa* — dürften auch dort schon vorliegen. Daß die negativ ausgefallenen Versuche teilweise noch einmal wiederholt werden müßten, erscheint mir unzweifelhaft. Denn nach den vorliegenden Berichten scheint die Versuchsanstellung nicht immer fehlerfrei gewesen zu sein. Ein Beispiel dafür wurde schon oben erwähnt.

Man würde sich nun von vornherein die Arbeit wesentlich erleichtern und würde die Chancen auf Erfolg vergrößern können, wenn man für diese Versuchsarbeit solche ausländische, als Bepflanzungspflanzen bewährte Gewächse heranzöge, die auch unter den in Südwestafrika obwaltenden Verhältnissen wenigstens einige Aussicht auf Gedeihen eröffnen. Die Auswahl würde sich, wie gesagt, danach zu richten haben, ob man die

Dünen an der Bahnstrecke oder an der Küste festlegen will. Im ersteren Falle möchte ich raten, an den transkaspischen Dünenpflanzen nicht achtlos vorüber zu gehen. Denn namentlich an für die Bindung des Sandes geeigneten Holzgewächsen scheint in Südwestafrika Mangel zu herrschen. (Nur eine *Salsola*-Art wird in dortigen Berichten erwähnt.) Allerdings ist der Erfolg, das kann nicht verschwiegen werden, zweifelhaft. Denn einmal ist die „große Periode“ dieser asiatischen Pflanzen auf den Winter, und zwar einen strengen wenn auch kurzen Winter abgestimmt, und zum zweiten erreichen ihre Wurzeln, wenigstens auf den niedrigen Dünen, in gewissem Alter einmal den nährstoffreichen Lößboden des Untergrundes. Im südwestafrikanischen Dünengebiet, wo es sich um ungleich mächtigere Sandwälle handelt, ist hierzu kaum Aussicht vorhanden. Zudem sollen hier, wenigstens streckenweise, die Dünen auf nackten Felsen ruhen. Trotz alledem sollte gegebenenfalls ein Versuch gemacht werden. Man würde ihn aber wohl zunächst auf *Salsola arbuscula* und *Calligonum*-Arten zu beschränken haben, *Haloxylon Ammodendron* dagegen erst später eventuell heranziehen.\*) Für eine Vordüne käme — nach den Mustern der Kurischen Nehrung — nur Sandgraspflanzung in Betracht. Man hat in früheren Jahren auch an leewärts anzulegende Kiefern-Aufforstungen gedacht; daß solche unter den bestehenden klimatischen Verhältnissen unmöglich sind, bedarf kaum näherer Begründung.

Aber wie auch die Entscheidung fallen möge, für künstliche Bindung des Dünenandes an der Bahn oder an der Küste: in jedem Falle bedarf es gründlicher Studien über die Eigenart und die Bedürfnisse der einzelnen Gewächse, ferner zweckmäßig angelegter und ebenso betriebener Anzuchtgärten, vor allem aber eines in der Dünenbepflanzung spezialistisch ausgebildeten und erfahrenen Personals. Für eine dilettantenhafte Behandlung sind diese Aufgaben viel zu schwierig. Solche kann nur dazu führen, die Kernpunkte der zu bearbeitenden Fragen zu verwischen und die Erfolge zu vereiteln oder mindestens erheblich zu verzögern.

\*) Vielleicht würde der *Saxaul* aber zu Anpflanzungen in südwestafrikanischen Salzsteppen verwendet werden können, um später als Brennholzlieferant ebenso wertvolle Dienste zu leisten wie in seiner Heimat.









S. 61

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000305843



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

33564

Kdn., Czapskich 4 — 678. 1. XII. 52. 10.000

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000305843