

BERICHTE UND KLEINE MITTEILUNGEN

PHYSISCH-GEOGRAPHISCHE BEOBACHTUNGEN IM NORDWESTINDISCHEN TROCKENGEBIET

(Ein erster Forschungsbericht)

Carl Rathjens

Mit 5 Abbildungen

Physical-geographical observations in the arid region of north-west India

Summary: During the spring of 1956 the author was able to make observations in some branches of physical geography in the arid zone of north-western India (western Rajasthan and Saurashtra). The great Indian desert (Tharr) and its borderlands are situated on the southern side of the dry belt of the northern hemisphere; they show distinct summer rains, which exercise a pronounced influence on the landforms of the country. Wide regions of the desert are without a run-off, the Sambhar Lake and other dry basins have large salt deposits. Areal planation by sheet erosion is the predominating element of the landscape. In the Aravelli mountains we find the type of tropical inselbergs (bornhardts) within the borders of the monsoon forest, and further to the west the type of rock cones with piedmont slopes and alluvial veneers, the residual mountains of the arid climate. In several regions the phenomena of scarplands (cuestas) are widely developed. The sand dunes of the Tharr were built up by south-westerly winds; they are long barchans, and under present conditions are covered and fixed by vegetation. Below the sand of the dunes and in the borderlands of the Tharr there exist eolian sediments (loess), in which the horizons of calcareous concretions (kunkur) have been formed. In the Tharr proper we find grey desert soils, up to the Aravallis and in Saurashtra black cotton soil; only in the region of Mount Abu and in Southern Saurashtra with a rainfall of more than 800 mm. we find also tropical red soils. There is no evidence of a pluvial period corresponding to the last glacial period of the Pleistocene. But there must have been a period of climate drier than today during which the sand of the Tharr was moving and the big dunes were formed. This dry period occurred during postglacial times and may even have extended into historical times so that it would not be correct to speak of a progressive desiccation of north-western India since that time. The influence of man on the development of vegetation and landforms has been very strong, especially through overgrazing, cutting of trees (lopping of *Prosopis*) and agriculture based on monsoon rainfall. Many features of the present desert conditions have been caused by human intervention over a long period, and the Tharr may thus be called a man-made desert.

Physisch-geographische Beobachtungen am Rande der südafghanischen Wüsten im Winter 1954/55 ließen es mir erwünscht erscheinen, zum Vergleiche auch die andere Seite des Trockengürtels in Nordwestindien kennenzulernen. Die Gelegenheit dazu bot sich bereits im Frühjahr 1956 im Anschluß an das Internationale Geographische Seminar in Aligarh, an dem teilzunehmen mir durch die Kulturabteilung des Auswärtigen Amtes ermöglicht wurde. Die Arbeit gestaltete sich dadurch besonders günstig, daß eine

Sitzung und eine Reihe von Beiträgen in Aligarh sich mit Wüstenproblemen in Indien und Pakistan befaßten, auf die ich in meiner Darstellung teilweise Bezug nehmen werde. Ich wurde daher schon zu Beginn mit persönlichen Empfehlungen und Material versorgt und konnte manche Fragen mehrfach mit indischen Kollegen diskutieren. Eine Fülle von wertvollem Material wurde außerdem vor allem 1952 in einem Symposium über die Wüste von Rajputana¹⁾ von zahlreichen Autoren zusammengetragen und veröffentlicht, doch erlaubt es hier der beschränkte Raum nicht, auf weitere Einzelheiten einzugehen. Ich möchte hier zunächst über den physisch-geographischen Teil meiner Beobachtungen in Westrajasthan und Saurashtra kurz berichten. Der Einfluß des Menschen auf Vegetation und Oberflächengestaltung soll nur am Schluß angedeutet und an anderer Stelle ausführlicher behandelt werden. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft habe ich für eine Reisebeihilfe zur Durchführung der hier mitgeteilten Beobachtungen und Untersuchungen zu danken. Meine Reisewege in Nordwestindien sind aus der beigefügten Karte zu entnehmen. Abb. 1

Die Trockengürtel der Erde, soweit sie auch durch die Verteilung von Land und Meer und durch das Relief der Erde modifiziert sein mögen, lassen sich doch in bestimmter Weise großräumig gliedern. Sie haben im polnäheren Teile ein Regime von Winterregen, im äquatornäheren Teile überwiegende oder reine Sommerregen. Die beiden Zonen beginnen sich im Nordwesten des indischen Subkontinentes zu überschneiden. Doch liegen die Trockengebiete von Südafghanistan in dieser Beziehung noch auf der Nordseite des von Nordafrika und Arabien nach Asien hineinstreichenden Wüstengürtels. Aber auch zum Beispiel das Becken von Peshawar hat überwiegende, und das ganze Pandschab hat noch sehr starke Winterregen. Die von mir 1956 besuchten Gebiete in Nordwestindien dagegen liegen schon eindeutig auf der Südseite des Trockengürtels²⁾. Hier bringt der sogenannte indische Sommermonsun weitaus die meisten Niederschläge, und die Wirtschaft des Landes ist auch ganz auf diese eine sommerliche Regenperiode von Juni bis September, mit Höhepunkt im Juli und August, eingestellt. Die Winterregen, die mit wandernden Depressionen von Westen über ganz Nordindien hinweggeführt werden, sind, mit Ausnahme der Winterregen im Pandschab, unregelmäßig und unergiebig, und sie sind niemals stark genug, um die periodischen Gewässer zum Fließen zu bringen. Auch die Sommerregen sind im Trockengebiet in ihrer Menge sehr schwankend; so hatte Jaisalmer im Sommer 1955 fast das Vierfache der normalen, dem langjährigen Durchschnitt entsprechenden Niederschlagsmenge, gleichzeitig Rajkot, die Hauptstadt Saurashtras, aber nur 60% derselben.

Die Konzentration relativ großer Regenmengen auf eine kurze Sommerperiode erscheint für dieses Trockengebiet charakteristisch. Der Kern der Wüste

liegt über dem unteren Indus. Innerhalb der von mir besuchten Gebiete liegen nur in Jaisalmer (185 mm) und Umgebung die jährlichen Niederschläge unter 200 mm und entsprechen damit vergleichsweise etwa denen in Südafghanistan (Kandahar 190 mm) oder im mittleren Westpakistan (Multan 179 mm). Nach Osten und Südosten hin nehmen die Niederschläge ganz allgemein zunächst langsam, dann rascher zu (Bikaner 298 mm, Jodhpur 344 mm, Sikar 430 mm,

Jamnagar 471 mm) und betragen am Rande der Ganges-Ebenen, in den Aravalliketten und jenseits derselben und im größeren Teil der Halbinsel Saurashtra bereits über 600 mm (Aligarh 784 mm, Jaipur 608 mm, Udaipur 636 mm, Rajkot 629 mm). Es erhebt sich daher die Frage nach der Abgrenzung des Trockengebietes. Ohne die Frage hier eingehender zu diskutieren, möchte ich feststellen, daß indische Autoren⁸⁾ heute Westrajasthan als arid und als Wüste

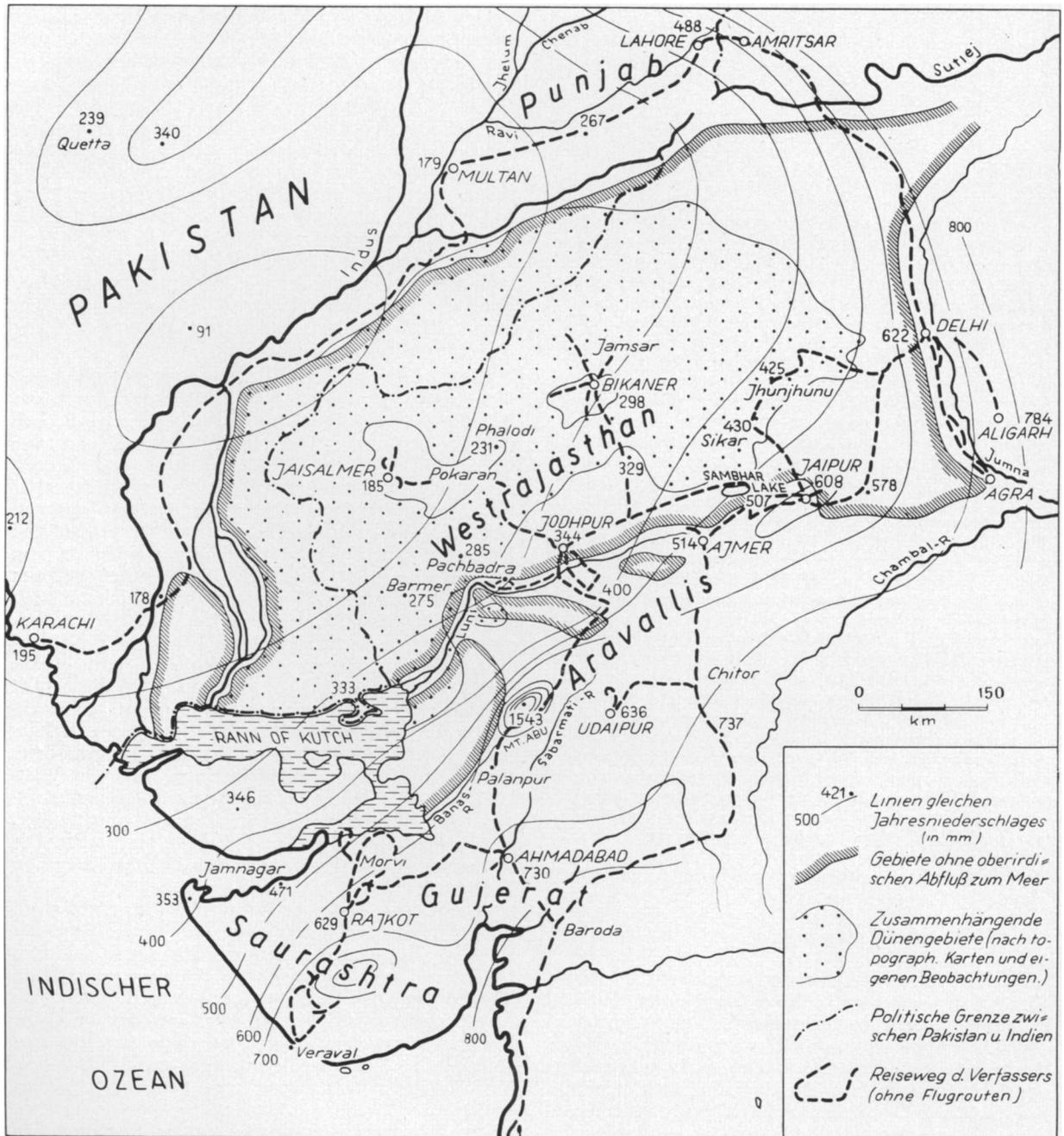


Abb. 1: Das nordwest-indische Trockengebiet

(desert) bezeichnen, mit einer etwa vom Rann of Kutch über den Unterlauf des Luni River, Jodhpur, Sikar und östlich von Bikaner verlaufenden Grenze, während der übrige Raum von Rajasthan und Saurashtra als semiarid angesehen wird. Diese Grenze, die zwischen den Isohyeten von 300 und 400 mm schwankt, deckt sich allerdings im Norden nicht mit derjenigen der abflußlosen Gebiete, die bis zum Sambhar Lake (507 mm Niederschlag) westlich von Jaipur und bis vor die Tore von Delhi und Agra reicht⁴). Doch hängt diese Erscheinung nicht nur mit der Aridität des Klimas, sondern auch mit der Größe und Höhe der Einzugsgebiete der versiegenden Flüsse zusammen. Auf den Temperaturgang des Trockengebietes und auf die extrem hohen Sommertemperaturen brauche ich bei der hier gebotenen Kürze nicht einzugehen. Doch möchte ich darauf hinweisen, daß das eben als voll-arid umrissene Gebiet während der Wintermonate durchaus häufigere Nachtfroste kennt.

Die vorherrschenden Windrichtungen sind vor allem im Zusammenhang mit Sandbewegungen und Dünenbildungen von Bedeutung. Sie haben mit der klassischen Auffassung der Monsune auch in diesem Raume von Rajasthan wenig zu tun. Einen trockenen Nordostwind, der während des ganzen Winters vorherrscht, gibt es nicht. Vielmehr herrschen schon ab Januar durchweg schwache Winde aus den westlichen Sektoren. Mit Beginn der heißen Zeit im März stellt sich dann die kräftige Südwestströmung ein, die den Sand vor sich hertreibt und einzelne Staubstürme hervorruft. Die Strömung ist jedoch ausgesprochen trocken und wird bei Beginn der sommerlichen Regenzeit abgeschwächt. So wird denn auch der Ausdruck Monsun hier im Lande nicht auf den Wind, sondern nur auf die sommerliche Regenperiode angewandt.

Das aride Klima kommt am besten im Wasserhaushalt des Landes zum Ausdruck. Westlich der Aravalis, in Kutch und auf dem Nordteil der Halbinsel Saurashtra fließen alle Gewässer nur für Tage und Wochen während des Monsuns und versiegen während der langen Trockenzeit. Die Flüsse des Pandshab verschwinden unter 30° Nord oder werden von der künstlichen Bewässerung aufgebraucht, und sogar die Jumna ist zwischen Delhi und Agra ein Fremdfuß. Meist verlieren sich auch die Flußbetten im Sande oder in abflußlosen Senken, und nur der Lauf des Luni ist bis ans Meer zu verfolgen. Die Spülwirkung der Monsunfluten ist gewaltig, hält die sand-erfüllten Hochflutbetten in dauernder Veränderung und bestimmt das frische Aussehen aller Gerinne, die nur wenig in die flache Umgebung eingesenkt sind. Ich habe in der ganzen ariden Zone nicht ein einziges Flußbett mit älteren Terrassen gesehen, für die offenbar keinerlei Möglichkeit der Entstehung und der Erhaltung gegeben war. Ganz anders steht es damit bei den Flüssen des semiariden Gujerat und der Südabdachung von Saurashtra, die auch in der Trockenzeit ein wenig Wasser führen und wo zahlreiche aufgeschotterte oder in den Fels geschnittene Terrassen zu beobachten sind. Der Banas River, der in den Kleinen Rann of Kutch mündet, zeigt zwischen Abu Road und Palanpur zwei kilo-

meterbreit entwickelte Stufen im Feinmaterial, die sich auch in die Seitentäler hinein fortsetzen. Ich glaube, daß diese Terrassen wie die anderer Flüsse, die eine ständige Wasserführung haben und in direktem Lauf in den Indischen Ozean münden, pleistozänen Alters sind und mit eustatischen Meeresspiegelschwankungen zusammenhängen. An der Südküste Saurashtras lassen sie sich mit der breiten, teilweise aus jungen marinen Kalken aufgebauten Küstenplattform, die vermutlich dem letzten interglazialen Meereshochstand entspricht, zusammenbringen. Mir kommt es hier vor allem auf die Tatsache an, daß die Bedingungen für die Entstehung und Erhaltung solcher Flußterrassen offenbar nicht im ariden Nordwestindien, wohl aber im semiariden Klima des tropischen Indiens gegeben sind.

Im ariden Klima sinkt von den Aravallibergen gegen die eigentliche Wüste auch das Grundwasser in immer größere Tiefen ab oder verschwindet überhaupt. Nur in den Flußbetten setzt sich auch in der trockenen Zeit ein reicher Strom von süßem Grundwasser fort, während die letzten Wasserfäden der oberflächlich versiegenden Wasserläufe versalzen. Diese Erscheinung läßt sich unter anderem in dem ganzen System des Luni gut verfolgen. Ich fand im Februar 1956 die Tümpel und Rinnsale im Bett des Luni an mehreren Stellen südlich von Jodhpur stark salzig. Nur 3 m unter der Flußsohle aber ist das Grundwasser süß und wird in einem wechselnd, aber kaum mehr als einen Kilometer breiten Streifen in zahlreichen Ziehbrunnen von den Bauern zur Bewässerung ihrer Felder gehoben (Abb. 2). Abseits der Flüsse ist Was-



Abb. 2: Grundwasser für Bewässerungszwecke aus dem Trockenbett des Luni River.

ser nur in großer Tiefe zu finden und war bis vor kurzer Zeit für den Menschen mit primitiven technischen Mitteln nicht erreichbar. Die meisten Städte und größeren Siedlungen sind daher noch heute auf ihre „tanks“ angewiesen, in denen das Regenwasser der Monsunzeit gespeichert wird. Brunnen mit süßem Wasser sind zum Beispiel in Bikaner bis rund 150 m, in Pilani weiter östlich noch rund 100 m tief. Das Wasser der spärlichen Brunnen in den Sandgebieten und im Westen in der felsigen Gegend von Jaisalmer

ist oft brackisch oder stark salzig und manchmal kaum zum Viehtränken geeignet. Das gleiche gilt auch für die Ebenen im Sandstein südlich des Kleinen Rann of Kutch. Die Schilderung der interessanten Verhältnisse der amphibischen Ranns, die im Sommer vom Meere unter dem Druck der Südwestwinde und von den Monsunfluten des Luni und anderer großer Flüsse überschwemmt werden, im Winter aber trockenfallen, muß einer eigenen Studie vorbehalten bleiben.

Ein großer Teil der Niederschläge im ariden Gebiet erreicht weder das Meer noch einen größeren Fluß, sondern sammelt sich in den zahlreichen abflußlosen Becken und Senken. Diese sind in erster Linie in den Felsgebieten deutlich ausgeprägt. Auch die Sandgebiete besitzen viele Wannen, und da der Fels auch dort überall dicht unter der Oberfläche ansteht, ist es möglich, daß weitere geschlossene Becken vom Sande verhüllt sind, worauf auch die wechselnde Höhe des Grundwasserspiegels in manchen Sandgebieten hindeutet. In vielen anderen Fällen ist im Sande aber auch eine unterirdische Drainage zum nächsten größeren Gerinne möglich.

Der Sambhar Lake westlich von Jaipur, gut bekannt und mehrfach untersucht⁵⁾, ist auch von *N. Krebs*⁶⁾ beschrieben worden. Die Ansichten über seine Entstehung und die Herkunft seines hohen Salzgehaltes gehen noch immer auseinander. Der See bildet eine Depression in Aravalligneisen und Schiefern, mit einer Fläche von 150—180 qkm und einem Einzugsgebiet von 5700 qkm. Da der See eine der wichtigsten Salzgewinnungsstätten Indiens darstellt, ist sein Untergrund schon weitgehend systematisch abgebohrt worden. Man hat dabei unter dem Salztou überall den kristallinen Fels anstehend gefunden und weder Anzeichen für Steinsalzlager noch für anstehendes marines Tertiär entdeckt, wie es weiter im Westen, zum Beispiel bei Bikaner vorkommt. Das Salz des Sees kann also weder aus einer Umlagerung älterer Lagerstätten stammen, noch ist es sehr wahrscheinlich, daß es sich um ein Salzlager handelt, das bei der Regression des Tertiärmeeres aus dem Indusgebiet und aus Westrajasthan entstanden ist. Eine solche Deutung trifft eher für das Pachbadra Salt Basin und für andere Salzlagerstätten zu, die sich auch in der Zusammensetzung stark von den Salzen des Sambhar Lake unterscheiden. Wahrscheinlich ist auch das Gipsbecken von Jamsar bei Bikaner aus der Umlagerung einer tertiären Lagerstätte entstanden und mehr oder weniger als subrezent anzusehen, zumindest aber nicht aus den heutigen Klimabedingungen des Raumes allein zu erklären. Am Rann of Kutch bilden sich auch heute mächtige marine Salztone mit Salz- und Giphorizonten, die die Entstehung der tertiären Salzlager weiter im Norden leicht verständlich machen können. Dem Becken des Sambhar Lake kommt unter diesen Umständen eine ganz besondere Stellung zu. Auch die Theorie von *T. H. Holland* und *W. A. Christie*⁷⁾, nach der das Salz durch den Südwestwind von den Flächen des Rann of Kutch herantransportiert worden sei, ist abzulehnen, weil, abgesehen von der physikalischen Fraglichkeit dieses Vorganges, sonst auch viele andere Lagerstätten von Salz mit ähnlichem Charakter in Westrajasthan auftreten müßten, was durchaus nicht der Fall ist. Eben-

so scheidet ein Zustrom von salzhaltigem Grundwasser von Norden aus dem Pandschab vollständig aus. Es besteht eine gewisse, noch nicht näher erforschte Möglichkeit, daß ein Teil der Salze im Sambhar Lake von Mikroorganismen, Algen, Mikrococken usw. durch chemischen Umsatz aus anderen Verbindungen des Gesteinsuntergrundes und der weitverbreiteten äolischen Sedimente gebildet sein mag. In erster Linie müssen wir aber doch damit rechnen, daß das Salz in langen Zeiträumen aus dem Einzugsgebiet des Beckens durch die Flüsse angesammelt worden ist. Die Tatsache, daß das abflußlose Becken des Sees kein Anzeichen eines ehemaligen Überlaufes in jüngerer geologischer Vergangenheit besitzt, zwingt uns zu dem Schluß, daß hier offensichtlich seit einer langen Zeit, die wir allerdings noch nicht näher bezeichnen können, die aber jedenfalls weit in das Pleistozän zurückreicht, kein Klima, das sehr viel feuchter war als das heutige, wirksam gewesen sein kann.

Ein wesentlich anderes Bild bieten die geschlossenen Wannen, die ich weiter im Westen bei Pokaran und Jaisalmer sehen konnte. Ihre Vielzahl beläßt für jedes Becken nur ein kleines Einzugsgebiet. Die Sohlen der Wannen sind am Ende des Monsuns mit Wasser bedeckt, das im Laufe der Trockenzeit verdunstet. Der Salzgehalt der Becken ist meist nur schwach, man findet auf den Schwemmassen der Beckenfüllungen zwar Salz- und Gipsausblühungen, und an den Rändern gedeihen Tamarisken, die typischen Anzeiger brackischen Grundwassers, aber andererseits wird hier der Boden vieler Wannen in der Trockenzeit randlich für den Anbau von Getreide benutzt, und nur an wenigen Stellen ist die Gewinnung des kostbaren Salzes möglich. Ich fand noch im Februar in einem Becken nördlich von Jaisalmer süßes Wasser und die Seefläche von Tausenden von Wasservögeln bevölkert, die die Sole des Sambhar Lake meiden. Die Senken in den Juragesteinen um Jaisalmer sind sicher tektonisch sehr junge Mulden, und offenbar scheint ihr Salzgehalt den heutigen klimatischen Bedingungen weit eher zu entsprechen. Entscheiden läßt sich diese Frage natürlich erst in einem größeren regionalen Zusammenhang.

Die Pflanzendecke Westrajasthans sei hier nur kurz in den Grundzügen skizziert, soweit sie uns als Klimaanzeiger dienen kann. Bis auf einige Sandgebiete an der pakistanischen Grenze ist der ganze Raum physiognomisch Akazien-Dornbusch-Steppe. Der Charakterbaum ist *PROSOPIS SPECIGERA*, der nur auf Fels weitgehend auch von Akazien (*A. SENE-GAL* und *A. ARABICA*) vertreten wird. Unter den Dornbüschen herrschen *CAPPARIS* und *ZIZYPHUS* vor, dazu treten als weitere perennierende Gewächse *CALOTROPIS*, *GYMNOSPORIA*, *BALANITES* usw. *EUPHORBIA* ist eine ausgesprochene Felspflanze, *CALIGONUM* ist vor allem auf Dünsand zu finden. Zur ökologischen Gliederung der Vegetation habe ich einiges Material sammeln können. Dr. *Bharucha*, Direktor des Institute of Science in Bombay, führt ab Sommer 1956 eine pflanzensoziologische Kartierung zwischen Jodhpur und Jaisalmer durch, die weitere Schlüsse erlauben wird. Eine engräumige Kartierung bei Pi-

lani⁸⁾ hat zur Unterscheidung von neun ökologisch bedingten Pflanzenassoziationen geführt. Der Ostrand des trockenen Gebietes wird vom laubabwerfenden Monsunwald und Trockenwald an den Hängen der Aravallis, am Mount Abu und in den Hügeln des südlichen Saurashtra gebildet. Im Monsunwald an den Osthängen des Mount Abu tritt bereits der Bambus auf. Erst jenseits der Aravallis und in Gujarat geht die trockene Akaziensteppe der Ebenen in eine Palmsavanne über, die aber auch noch starken ökologischen Differenzierungen unterliegt. Nach Westen hin verarmt die Vegetation mit der Abnahme der Niederschläge immer mehr, doch gibt es sogar westlich von Jaisalmer noch immer Baumwuchs und dichte Grasflächen (*PANICUM TURGIDUM*, *ELYMURUS HIRSUTUS* u. a.). Auf die Vegetationsdecke der Sandgebiete kommen wir in anderem Zusammenhange noch einmal zurück.

Der Raum von Rajasthan erlaubt vorzüglich das Studium von Verwitterung und Abtragung unter ariden und semiariden Bedingungen. Die Flächenspülung ist überall tonangebend. Die Großformen wurden schon ausführlich von N. Krebs (1932) behandelt, der auch seine Studie über die Inselberge⁹⁾ mit auf diesen Beobachtungen aufgebaut hat. Nach meinen Feststellungen liegen noch die ganzen Aravallis in der Zone der echten tropischen Inselberge¹⁰⁾. Das heißt, daß auf den Verebnungsflächen eine kräftige chemische Verwitterung das Material für den Abtransport durch die Schichtfluten vorbereitet und daß die Berge sich daher mit markantem Fußknick und mit schuttarmen Hängen unmittelbar über die Ebenen herausheben. Die Grenze dieser Inselberge gegen den Trockenbereich wäre demnach bei etwa 500—600 mm Niederschlag im Jahre oder einer sommerlichen Monsunregenzeit mit mindestens 450—500 mm in den Monaten Juni bis September anzusetzen. Im allgemeinen sind in den Aravallis nur zwei Stockwerke von Verebnungen festzustellen, die ältere gehobene, die das Gebirge überzieht, und die rezente. Dabei ist es auffällig, wie wenig Zusammenhänge zwischen dem heutigen Entwässerungssystem und dem Streichen der Aravalliketten bestehen. Die weiten Becken sind immer wieder durch enge Schluchten voneinander getrennt, die nur durch Antezedenz erklärt werden können. Die Tatsache, daß einheitliche Becken, intramontane Ebenen, nach verschiedenen Seiten entwässern können, zeigt, daß die Tieferschaltung weitgehend unabhängig vom Flußsystem vor sich gegangen ist. Nur im Süden der Aravallis, im Bereiche des Mount Abu (1722 m) und bei Udaipur, liegen mehrere Flächen übereinander, bei Udaipur drei, auf der Westabdachung der Berge vier. Hier läßt sich auch schön verfolgen, wie angehobene Flächen sofort randlich zerschnitten und badlandartig zertalt werden, bis sie sich inselbergartig in der nächsttieferen Verebnung auflösen. Es scheint, daß diese Stufung doch nicht allein auf eine phasenhafte Hebung en bloc zurückzuführen ist, sondern daß hier auch kräftige Bruchtektonik mitspielt. Der Mount Abu mit seinem Flachrelief bei rund 1300 m Höhe ist jedenfalls über die umgebenden Ebenen an zahlreichen Staffelbrüchen herausgehoben, die sich vor allem auf seinem Westhang gut verfolgen lassen.

Die den Aravallis im Westen vorgelagerten Berge und Berggruppen, bei Sikar, westlich des Sambhar Lake, bei Jodhpur und südlich des Luni River, zeigen mehr und mehr den Typus der Restberge des ariden Klimas im Sinne von H. v. Wissmann (1951). Sie sitzen deutlichen breiten Felssockeln auf, die allmählich in die Ebenen übergehen. Das Vorhandensein oder Fehlen eines Schuttfußes scheint hier weniger vom Klima als vielmehr vom Gestein bestimmt zu sein. Im Granit trägt der Felssockel nur eine dünne, lückenhafte und von Restblöcken durchragte Grusdecke. Im Gneis, in Sandsteinen und schiefrigen Gesteinen ist der Bergfuß hingegen häufig von grobem Schutt verhüllt. Alle diese Gesteine tragen Dunkelrinden. Im Granit vollzieht sich die Verwitterung bis weit ins aride Gebiet hinein unter Bildung von Wollsackformen und Wabenstrukturen. Abgesonderte Blöcke bilden auf den Felssockeln der Restberge gern Pilzfelsen (Abb. 3). Die schalige Absonderung

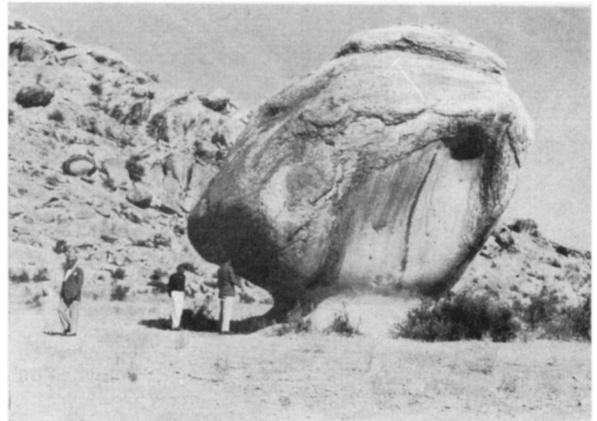


Abb. 3: Pilzfelsen aus Granit auf dem Sockel eines Restberges südlich von Jodhpur.

im Granit, die zur Bildung der bezeichnenden glockenförmigen Inselbergformen beiträgt, reicht über den Rand der Aravallis nicht wesentlich nach Westen. Die Spuren von Windwirkung sind auf dem anstehenden Fels bei weitem nicht so häufig, wie man nach der Schilderung von N. Krebs (1932) und anderen Autoren annehmen könnte.

Sowohl im semiariden wie auch im vollariden Bereich ist eine großartige Entwicklung von Schichtstufen zu konstatieren. Ich habe vor allem in der Umgebung von Jodhpur, in den roten Sandsteinen der Vindhya-Schichten, und in den Juragesteinen um Jaisalmer nähere Beobachtungen zum Schichtstufenphänomen vornehmen können. Bei Jodhpur liegen die harten Sandsteine in kompakter Masse dem kristallinen Untergrunde auf. Die Ränder des Sandsteingebietes sind sehr stark aufgelöst, weit vorgeschobene und isolierte Zeugenberge sind häufig nach Art der Restberge umgestaltet. Die Oberfläche der Sandsteine scheint nördlich von Jodhpur eine alte Abtragungsfläche zu repräsentieren, die wahrscheinlich einem älteren Verebnungsniveau in den Aravallibergen entspricht. Längere geschlossene Stufenränder

der sind nur dort zu finden, wo der Fuß der Stufe von den in rezenter Bearbeitung befindlichen Flächen der Schichtfluten erreicht wird. Eine Schichtstufenlandschaft von wesentlich anderem Charakter habe ich in den schwach gefalteten Juragesteinen nördlich von Jaisalmer durchfahren und studiert (Abb. 4). Hier

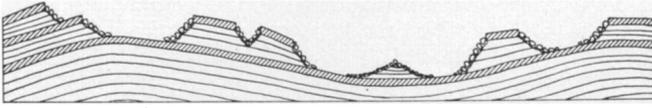


Abb. 4: Schematische Darstellung der Schichtstufen bei Jaisalmer, überhöht. Juragesteine: dunkle Gesteine = Sandsteine und Muschelbrekzien als Stufenbildner, mit abbrechenden und über die Stufen herunter wandernden Blöcken; helle Gesteine = weichere Kalke und Kalkmergel.

stehen Sandsteine, Kalkmergel und Kalke an, die auch als gelber Marmor von Jaisalmer gebrochen und als Bausteine verwendet werden. Stufenbildner sind die harten Sandsteine und im Kalk die Horizonte von Muschelbrekzien. In diesen Schichtstufen im ausgesprochen ariden Klima Westrajasthans sind zwei ganz wesentliche Erscheinungen festzustellen: 1. soweit ich beobachten konnte, sind die Oberflächen der Stufen niemals Schnittflächen durch die hangenden Gesteine, sondern immer Schichtflächen auf dem Stufenbildner. 2. Die Stufen sind unabhängig vom Einfallen der Schichten gebildet, die Schichten fallen ebenso oft von der Steilstufe fort wie zu ihr hin, es gibt also Front- und Achterstufen im Sinne von *H. Mortensen*¹¹⁾. In beiden Fällen können den Schichtstufen Zeugenberge vorgelagert sein. Die schwachen Falten der Juragesteine streichen etwa Südwest-Nordost, in der gleichen Richtung sind auch die Depressionen nördlich von Jaisalmer angeordnet. Die Schichtstufen sind dabei nicht nur gegen die Senken gekehrt, sondern begleiten auch die breiten Täler, in welchen die Antiklinalen angeschnitten sind. Die Stufenbildner sind im allgemeinen nur relativ dünne Schichtpakete, die an der Steilstufe abbrechen und zunächst in großen Platten, dann immer mehr in ein wirres Blockwerk und schließlich in Schuttfahnen sich auflösend, über den Steilhang herunterrutschen, so daß es sehr schwer fällt und nur selten gelingt, einen Aufschluß im liegenden weicheren Gestein zu finden. Die Stufen sind daher auch bei geringer Höhe nicht konkav geschwungen, sondern oft auffällig gerade und setzen manchmal geradezu mit einem deutlichen Fußknick auf dem nächsten harten Gesteins-horizont auf. Nur Zeugenberge, deren harte Kuppe schon sehr stark zusammengeschrunpft ist, zeigen in der Formung Anklänge an die weiten Schutt-schlepen der Restberge im ariden Klima. Die Geschwindigkeit des Stufenrückganges habe ich mangels jüngerer Gesteinsauflagerungen nirgends eindeutig bestimmen können, doch ist es mein Eindruck, daß vor allem die Achterstufen sehr rasch zurückweichen. Der geomorphologische Vorgang, welcher die Stufen schafft und fortbildet, ist in erster Linie die Flächen-spülung.

Große Gebiete in Westrajasthan werden von Sand und Sanddünen eingenommen. Die Sande sind jedoch meist nur wenig mächtig, sie werden in geringer Tiefe vom anstehenden Fels unterlagert, und manchmal tritt sogar in den Dünentälern der anstehende Untergrund zutage. Gegen Osten hin tritt immer mehr lößartiges Feinmaterial mit hohem Kalkgehalt an die Stelle des Sandes, und im Jumnagebiet und zwischen den Aravalliketten herrschen die Löße durchaus vor. Man könnte an eine einfache räumliche Differenzierung dieser äolischen Sedimente denken, entsprechend der Herkunft des Materials von Westen und Südwesten, vom Unterlauf des Indus und von den Flächen der Ranns of Kutch, also aus der Richtung der vorherrschenden Winde. Doch ist an vielen Stellen auch eine zeitliche Unterscheidung zwischen den Ablagerungen zu machen, indem die Sanddünen dem Lößmaterial aufsitzen, das unter ihnen weiter nach Westen reicht und in den Dünentälern und Deflationswannen zutage tritt, dort also älter ist als der Sand (Abb. 5). Es besteht durchaus

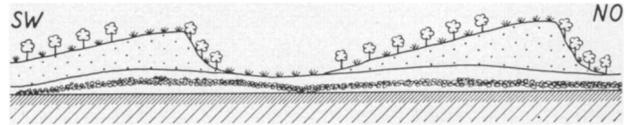


Abb. 5: Typisches Profil im Dünengebiet zwischen Jodhpur und Pokaran, schematisch.

Von oben nach unten: Dünensand, lößartiges Feinmaterial mit Kunkurhorizont, anstehender Fels, teilweise verwittert.

der Eindruck, daß die Sandgebiete sich mit einem Trockenerwerden des Klimas nach Osten vorgeschoben haben. Doch gehört diese Erscheinung durchaus auch schon in die geologische Vergangenheit und darf nicht für die Gegenwart angenommen werden. Vielmehr liegen die Sanddünen im ganzen heute still, sie sind bewachsen und tragen sogar Baumwuchs. Ich habe alte hochstämmige Exemplare von *PROSOPIS* und Akazien sogar auf den steilen Leehalden von Barchanen gesehen. Unter den heutigen klimatischen Bedingungen wird der Dünensand offenbar bis zu einer Niederschlags-grenze von 200 mm und weniger nicht mehr vom Winde bewegt und umgelagert, während andererseits große Dünenfelder stellenweise bis an den Fuß der Aravallis und bis dicht vor die westlichen Tore von Delhi, also in Gebiete mit 500 und mehr mm Jahresniederschlag, reichen. Wo der Sand in diesem Bereiche auch heute in Bewegung ist, ist das ganz eindeutig auf menschliche Eingriffe zurückzuführen. In Indien sind zur Zeit Befürchtungen über eine bedrohliche Ausdehnung der Sandwüste nach Nordosten weit verbreitet. Diese Ansichten stimmen jedoch mit den Tatsachen nicht überein und lassen sich auch nicht durch den Vergleich älterer und neuerer topographischer Karten und klimatologischer Daten belegen. Sie wurden von wissenschaftlicher Seite schon mehrfach, zuletzt wieder von *F. R. Bharucha*¹²⁾, richtiggestellt und zurückgewiesen. Nur an einzelnen Stellen ist der Dünensand bis zwischen die Aravalliketten einge-

drungen, liegt aber auch dort unter normalen Umständen heute unter der Vegetationsdecke fest. Die Sanddünen sind von dem auch heute vorherrschenden Südwestwind aufgebaut und streichen von Südwest nach Nordost. Die höchsten Dünen, die ich sah, sind 60—70 m hoch, doch sollen sie westlich von Barmer Höhen von 100—150 m erreichen¹³). Nach allen bisherigen Beschreibungen der Tharr sollen sowohl Longitudinal- als auch Transversaldünen auftreten, doch lassen sich nach meinen Beobachtungen alle Dünen auf den Grundtyp eines in der Windrichtung sehr langgestreckten Barchans zurückführen¹⁴). Der Anschein der Querdünen wird meist dann erweckt, wenn die Barchane sehr dicht nebeneinander und auf gleicher Höhe liegen, so daß ihre Steilseiten, von Lee her gesehen, einen zusammenhängenden langen, nur sanft geschwungenen Wall bilden. Aus Windrissen in bewachsenem Dünengelände gehen manchmal parabeldünenartige Formen hervor; sowie der Sand jedoch völlig frei beweglich geworden ist, ordnet er sich auch heute sofort wieder in kurzen, rundlichen Barchanen an, die ich als Ausgangsformen der Longitudinaldünen ansehen möchte. In größeren Gebieten des semiariden Bereiches liegt der Sand auch flächenhaft ausgebreitet und ist nicht zu Dünen angehäuft.

Wir müssen schließlich auch die Bodenbildungen des von mir bereisten Gebietes in unsere Betrachtung mit einbeziehen. Dabei muß man allerdings bedenken, daß die starke Flächenspülung der Bodenbildung entgegenarbeitet und vielfach nur verstümmelte oder unreife Bodenprofile auftreten läßt. In der eigentlichen Tharr herrschen graue Wüstenböden und Salzböden vor, auf dem anstehenden Fels westlich von Jodhpur und bei Jaisalmer fehlen Bodenbildungen häufig ganz. Überraschend weit verbreitet habe ich den schwarzen tropischen Savannenboden gefunden, den Regur oder „Black cotton soil“, dessen Entstehung bis heute noch nicht so recht geklärt ist. Sein Vorkommen ist durchaus nicht auf die Trappdecken in Saurashtra beschränkt, er reicht vielmehr weit nach Norden, ich fand ihn bis in die Gegend von Jaipur und am Sambhar Lake auf Lößmaterial, an einzelnen Stellen sogar auf Dünensand. Rote Böden, eine Art von tropischem Rotlehm, fand ich erst am Mount Abu in über 800 m Meereshöhe sowie im südlichen Saurashtra. Nach meinen natürlich bei weitem noch nicht ausreichenden Beobachtungen möchte ich die Trockengrenze der dunklen Böden bei mindestens 400 mm Jahresniederschlag annehmen. Erst oberhalb einer Niederschlagsmenge von 800 (Südsaurashtra) bis 1000 mm (Mount Abu) können anscheinend auch tropische Roterden auftreten. Nur in den Schwemmlandebenen des nördlichen Saurashtra und des anschließenden Little Rann of Kutch enthalten die dunklen Böden möglicherweise unmetallische und unverändert eine Gesteinskomponente aus dem südlicher liegenden Gebiet des Dekkantrapps.

Für die in Westrajasthan und Saurashtra weit verbreiteten Böden aus äolischem Feinmaterial und die Schwemmlandböden ist der Konkretionshorizont des Kunkur (auch Kankar, Kanker geschrieben) charakteristisch. In Böden mit hohem Kalkgehalt, und dahin gehören die gesamten Lößböden, aber auch die

Verwitterungsböden auf dem Trapp, wird der Kalk ausgelöst und in einem tieferen Bodenhorizont wieder angereichert. Schon in den äolischen Feinböden östlich der Aravallis und bei Jaipur finden sich regelrechte Konkretionsbänder nach der Weise unserer Lößkindeln. Nach Westen hin und im ariden Bereich nehmen diese Kalkhorizonte an Mächtigkeit und Verfestigungsgrad immer mehr zu und erreichen 2—3 m Dicke. Im Grundwasserniveau rings um den Sambhar Lake, dort allerdings als teilweise aklimatische Bildungen, liegen richtige harte Kalksteinbänke, die steinbruchartig abgebaut werden und die hier zu den Kalkpfannensedimenten im Sinne von *F. Jaeger*¹⁵) gerechnet werden müssen.

Im Raum von Bikaner und Jodhpur ist der Kunkur besonders weit verbreitet. Weiter im Süden besteht der Eindruck, daß der schwarze Savannenboden und der Kunkur ein einziges Bodenprofil bilden und genetisch zusammengehören. Im eigentlichen ariden Gebiet der Tharr, westlich von Bikaner und zwischen Jodhpur und Pokaran, scheint der Kunkur jedoch teilweise nicht rezent zu sein. Er tritt dort als fester Horizont auch in den standfesteren Feinmaterialien auf, die die großen Dünen unterlagern. Ich glaube jedoch nicht, daß man hier daraus auf eine feuchtere Klimaperiode schließen darf, da heute die Intensität der Kunkurbildung ganz allgemein von den Aravallis gegen das Trockengebiet zuzunehmen scheint. Der Kunkur kann als verfestigter Horizont durchaus konservierend auf die Bodenformen wirken und gegen die Abtragung durch Schichtfluten oder Wind schützen. Es gibt große Gebiete, vor allem bei Bikaner, wo das hangende Bodenprofil, das einst in einer äolischen Auflagerung größerer Mächtigkeit entstanden ist, völlig durch Abtragung entfernt ist, der Kunkur auf großen Flächen freiliegt und nun ganz wie eine Kalkkruste aussieht und wirkt. Ich habe hier sogar Fälle gesehen, wo die Kalkkruste des Kunkur als 1—2 m mächtige Decke direkt dem kalkarmen kristallinen Gestein, dem Granit oder Aravallschiefern, auflagert, was im ersten Anblick ganz erstaunlich wirkt und anders als durch die denudative Entfernung eines früheren äolischen Bodenprofils gar nicht erklärt werden kann. Der Kunkur ist natürlich nach der Freilegung teilweise umgelagert, frisch verpacken und hat auch Fremdbestandteile aus dem benachbarten Anstehenden aufgenommen, die oft durch Schichtfluten sehr weit transportiert worden waren. Ähnliche subterrane Kalke sind bisher nur aus Algerien und aus Argentinien (Pampaskalke) bekannt geworden und beschrieben worden, sie müssen wohl als gesonderte Gruppe den exsudativen oberflächlichen Kalkkrusten gegenübergestellt werden¹⁶). Ich halte es für sehr wahrscheinlich, daß auch andere Vorkommen von Kalkkrusten, insbesondere Pfannenkalke und Knollenkalke, aus Kunkurhorizonten hervorgegangen sind und auf die geschilderte Art gedeutet werden müssen.

Die beschriebenen geomorphologischen Erscheinungen lassen uns nun auf eine Reihe von Klimaperioden schließen. Dem heutigen Klima mit seinen Wirkungen auf das heutige Formenbild ist dabei offenbar eine Periode vorhergegangen, in der es sogar trockener war als heute und in der die großen

Dünenfelder der Tharr aufgebaut wurden. Bisher haben wir leider keine unmittelbaren Anhaltspunkte, weder bodenkundlich noch durch prähistorische Funde, für die Datierung dieser trockeneren Düneneriode, sie scheint aber sehr jung und jedenfalls nachschieftlich zu sein. Es ist vorerst nur ein, allerdings naheliegender, Analogieschluß, wenn wir uns auf die Untersuchungen von *H. Bobek*¹⁷⁾ im Hochlande von Iran beziehen und diese Trockenperiode mit der postglazialen Wärmezeit von ca. 7000 bis ca. 2000 v. Chr. gleichsetzen. Dagegen wage ich vorerst nicht, die Felder von Altdünen im Sudan zum Vergleich heranzuziehen, die ebenfalls am Südrande des nordhemisphärischen Trockengürtels liegen und die von *J. Büdel*¹⁸⁾ auch vermutungsweise in die postglaziale Wärmezeit gestellt wurden. Uns fehlt bisher das Material für einen größeren Überblick und für eindeutige Beweise, doch könnte die angeführte Deutung durchaus auch für die Tharr zutreffen. Es kann jedenfalls von einer ständig zunehmenden Austrocknung seit der letzten Eiszeit im ariden Nordwestindien nicht die Rede sein, sowenig wie in anderen Gebieten des Orients. Wir kommen damit in starken Gegensatz zu den Ansichten vieler Prähistoriker, die meinen, die Entwicklung der Bewässerungswirtschaft im Orient sei nur in einem feuchteren, allmählich trockener werdenden Klima möglich gewesen. Diese Annahme ist aber durchaus nicht zwingend. Auch für die Kultur des Industales, die Fundstätten von Harappa und Mohenjodaro, die in das 3. Jahrtausend v. Chr. datiert wird und die entlang von heute verlassenen Flußbetten vom Pandschab her bis in unseren Bereich hereinreicht, ist ein feuchteres Klima als das heutige angenommen worden. *St. Piggott*¹⁹⁾ und andere Autoren haben sogar gemeint, daß sich damals der Monsunwald über das ganze Indusgebiet bis an den Fuß der Berge von Beludschistan erstreckt habe. Dem können wir jedoch auf gar keinen Fall folgen, zumal es dafür auch keinerlei Anhalt in geomorphologischen und bodenkundlichen Befunden gibt. Das Auftreten von Tieren des heutigen Monsunwaldes in bildlichen Darstellungen der Induskultur (Elefant, Nashorn, Tiger, Affen usw.) kann zwanglos dadurch erklärt werden, daß damals die dichteren Grundwassergehölze an allen Flüssen des Indusystems noch weit größere Verbreitung hatten, die dort bis heute durch den Menschen restlos beseitigt worden sind. Auch in Westrajasthan sind die Grundwassergehölze an den Flüssen bis auf ganz geringe Reste verschwunden. Der Einfluß des Menschen auf die Entwicklung der Landschaft ist auch hier sehr alt und darf auf keinen Fall unterschätzt werden.

In einem wesentlich längeren vorausgehenden Zeitabschnitt, der sicher auch die Würmeiszeit umfaßt und weiter in das Pleistozän zurückreicht, kann es in unserem Raume nicht sehr viel feuchter gewesen sein als heute. Den periodischen Flüssen westlich der Aravallis fehlen die älteren Flußterrassen, was allerdings angesichts der heutigen formenden Kräfte allein nicht beweisend ist. Die abflußlosen Becken und Salzseen Westrajasthans kamen, auch bei den heutigen Niederschlagshöhen von 500—600 mm, in der Vergangenheit nicht zum Überlaufen. Am

Mount Abu, der als westlicher Eckpfeiler der Aravallis die eindrucksvollste geomorphologische und pflanzengeographische Vertikalgliederung besitzt, fand ich keinerlei Vorzeitformen oder sonstige Anzeichen für eine Verlagerung der Boden- und Vegetationszonen nach abwärts in der jüngeren geologischen Vergangenheit. In diese Zeit gehören zwar wohl auch die Löß- und Kunkurbildungen in der westlichen Wüste, soweit sie älter sind als die großen Dünen, doch können diese Bildungen nicht im Sinne einer früheren Feuchtperiode ausgewertet werden. Diese Ergebnisse passen zu den Beobachtungen von *F. Zeuner*²⁰⁾ im südlich an mein Arbeitsgebiet anschließenden Gujerat, der dort ebenfalls keine Beweise für eine niederschlagsreichere Pluvialzeit, dagegen sogar eine zweimalige weitere Ausdehnung der Trockenzone nach Süden feststellen konnte. Anscheinend hat es im nordwestindischen Trockengebiet keine ausgeprägten Pluvialzeiten gegeben. Auch der geomorphologische Großformenschatz in Westrajasthan zeigt alle Anzeichen einer langen ungestörten Entwicklung in einem Klima, das nahezu dem heutigen entsprach, und hat keine klimatisch bedingten Vorzeitformen irgendwelcher Art, die auf eine nennenswerte Verschiebung der Klimazonen während des Pleistozäns hindeuten könnten.

Mit diesen kurzen Ausführungen kann zunächst nur ein kleiner Beitrag zum Problem der Pluvialzeiten geleistet werden. *H. Bobek* (a. a. O. 1955) hat darauf hingewiesen, daß auch das Hochland von Iran und das westliche Zentralasien während der letzten Kaltzeit nicht wesentlich feuchter gewesen sein können als heute und daß wir wohl einen grundsätzlichen Unterschied zwischen der ozeanisch bestimmten Westseite der großen altweltlichen Kontinentalmasse und dem asiatischen Binnenklima machen müssen. Es steht noch nicht fest, ob wir die von *H. Bobek* geäußerten Gesichtspunkte auch für das nordwestindische Trockengebiet übernehmen können. Möglicherweise hat auch das glazialeustatische Trockenfallen der Ranns und der breiten Schelfzone vor den Golfen von Kutch und Kambay während der Kaltzeiten eine Rolle gespielt und einen Einfluß auf das Klima ausgeübt. Ich möchte außerdem Gewicht auf die schon anfangs erwähnte Tatsache legen, daß Westrajasthan und Saurashtra auf der Südseite des Trockengürtels gelegen sind. Wir dürfen Ergebnisse, die in Nordafrika vorwiegend im Winterregengebiet gewonnen wurden, offenbar nicht ohne weiteres in den Bereich der tropischen Sommerregen und Monsunregen übertragen, vor allem solange wir über die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge im kaltzeitlichen Regime der Trockengürtel nichts wissen. Rein theoretisch ist anzunehmen, daß der Monsun in den Kaltzeiten schwächer war als in den Warmzeiten und heute. Wir dürfen daher auch die Verhältnisse in Äthiopien und im Sudan, wo *I. Büdel*²¹⁾ jüngst in bezug auf die Pluvialzeit zu den entgegengesetzten Ergebnissen gekommen ist, nicht zum Vergleich heranziehen.

In die jüngste Entwicklung der Oberflächenformen im nordwestindischen Trockengebiet hat endlich auch der Mensch kräftig eingegriffen, und es ist seine eigene Schuld, nicht die einer neuen Klima-

änderung, wenn in der letzten Zeit immer wieder von einer bedrohlichen Ausdehnung der Wüste gesprochen wird. Die Einflüsse des Menschen konzentrieren sich auf die Zerstörung und Veränderung der Pflanzendecke und auf Eingriffe in den Wasserhaushalt des Landes, die geomorphologischen Folgen sind meist mehr indirekt. Es kommen mehrere Faktoren zusammen, die an dieser Stelle nicht nach ihrer Bedeutung abgewogen werden können: Der sommerliche Regenfeldbau unter Ausnutzung der Monsunregen, der bis zur Linie Bikaner-Pokaran-Barmer, also etwa bis zur Isohyete von 300 mm, betrieben wird, sich stellenweise sogar auf Dünen sand vorwagt und die abgeernteten oder gepflügten Flächen in der spätwinterlichen Trockenzeit schutzlos den Südwestwinden aussetzt. Die starke Überweidung durch Rinder, Ziegen und Schafe, die nicht nur die Grasnarbe, sondern weithin sogar den Dornbusch zerstört und keinen Jungwuchs von Bäumen und Sträuchern mehr aufkommen läßt. Die Holznutzung, teils durch Abholzen für Bau- und Brennholz, teils durch das weitverbreitete Schnaiteln der *PROSOPIS* zur Futtergewinnung, das allmählich zum Absterben der Bäume führen kann. Man kann heute kaum noch irgendwo von einer natürlichen Vegetation sprechen. Die Folgen dieser Eingriffe des Menschen sind je nach dem Untergrunde verschiedene. In den Sandgebieten kommt der Sand wieder in Bewegung. Meist sind bisher nur die obersten Meter der Dünen sande von der Umlagerung ergriffen, manchmal haben sich aber auch schon ganze neue Dünenfelder gebildet, bezeichnenderweise sehr häufig im Nordosten von Ortschaften, an Stadträndern, rings um die Wasserstellen und in Lee von unbefestigten Straßen und Viehastrieben. In Ackerbaugebieten sind auch schon meterhohe neue Dünen systeme entstanden, die nicht mehr der Hauptwindrichtung, sondern dem Verlaufe der Feldhecken folgen. Auf dem Löß und auf ähnlichem Feinmaterial überwiegt die Bodenzerstörung durch Schichtfluten oder durch Auswehung, die schließlich bis herunter auf den sterilen Kunkur geht, der zwar der Abtragung größeren Widerstand entgegengesetzt, aber trostlose Wüstenflächen schafft. Wieweit die Schichtfluten auf dem Anstehenden der Felsfußflächen durch Abholzung und Überweidung belebt werden, läßt sich schwer genau feststellen. Sand und Staub werden weit nach Nordosten in das oberste Gangesgebiet vertragen und erst dort bei der Ablagerung durch die größere Bodenfeuchtigkeit gebunden. Die Staubstürme sind sehr gefürchtet. In manchem Frühjahr sind die Eisenbahnen westlich von Delhi durch den wandernden Sand tagelang unterbrochen. Diese Zustände müssen zu sehr erheblichen geomorphologischen Veränderungen führen. Die Gegenmaßnahmen der Menschen befinden sich noch im ersten Anfangsstadium. Ein vor Jahren viel diskutierter Plan, entlang der ganzen pakistanischen Grenze einen Schutzgürtel von Wald anzulegen, ist zwar theoretisch durchführbar, aber zwecklos und daher wieder fallengelassen worden. Das Material der Staubstürme aus Südwesten, die in der Hauptstadt Delhi als so unangenehm empfunden werden, stammt ja nicht allein und direkt von den Ranns oder vom Indus, sondern wird in vielen

Etappen transportiert und von unzähligen abgeholzten oder umgebrochenen Flächen bis an den Rand der Aravallis und vor den Toren von Delhi immer erneut aufgenommen. Eine wirkliche Abhilfe kann also nur darin bestehen, daß die natürliche Vegetation gerade in den kritischen Trockengebieten besser geschützt und die heutige Bewirtschaftung des Landes radikal geändert wird, insbesondere durch Verminderung der Viehbestände und Einschränkung des Regenfeldbaus. Inwieweit auch die jahrtausendealte Bewässerungswirtschaft, die das Grundwasser der Flußbetten nutzt, und der Bau von Staudämmen, „tanks“, in denen die periodischen Hochfluten für verschiedene Zwecke zurückgehalten werden, bereits zu geomorphologischen Veränderungen im Trocken gebiet geführt haben, erfordert eine gesonderte Untersuchung. Ich möchte jedenfalls auch die Tatsache, daß so viele Flüsse noch in historischer Zeit im nordwestindischen Trockengebiet ihren Lauf verändert oder verkürzt haben, zum guten Teil auf menschliche Einflüsse zurückführen. Ein Vergleich der meteorologischen Daten aus den letzten 70 bis 80 Jahren in Nordwestindien hat ergeben, daß Temperaturen, Niederschläge und Luftfeuchtigkeit in dieser Zeit keine wesentlichen Änderungen erfahren haben und daß weder für eine Verschärfung der Wüstenbedingungen in der Wüste Tharr noch für eine Ausdehnung des Wüstenklimas nach Osten ein Anhalt gegeben ist. Auch Klimaänderungen im Sinne einer Austrocknung in historischer Zeit sind wiederholt behauptet worden²⁾, lassen sich aber nicht beweisen. Wir haben den Anteil des Menschen an der Entstehung des heutigen Landschaftsbildes im nordwestindischen Trocken gebiet als sehr hoch einzuschätzen und können große Teile dieses Raumes als „man made desert“, als vom Menschen hervorgerufene Wüste bezeichnen.

¹⁾ Proceedings of the Symposium on the Rajputana Desert. Bull. National Inst. of Sciences of India, Nr. 1, New Delhi 1952.

²⁾ H. Ludwig, Regionale Typen im Jahresgang der Niederschläge in Vorderindien und ihre Beziehung zu den Landschaftsgrundlagen. Abhandl. aus d. Geb. d. Landeskunde, Bd. 57, Reihe C, Bd. 16, Hamburg 1953.

³⁾ S. K. Pramanik, P. S. Harikaran, S. K. Ghose, Meteorological conditions and the extension of the Rajasthan desert. Indian Journ. Meteorolog. Geophys. Delhi, 3, 1952.

S. S. Bhatia, Arid Zone of India and Pakistan: a study in its water balance and delimitation. K. Sain, Discussion on arid and semiarid zones. Vorträge in Aligarh 1956.

⁴⁾ vergl. auch N. Krebs, Morphologische Beobachtungen in Central-India und Rajputana. Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1932.

⁵⁾ S. C. Aggerwal, The Sambhar Lake Salt Source. New Delhi 1951. N. N. Godbole, The Salinity of Sambhar Lake. In: Bull. National. Inst. of Sciences of India, 1, 1952.

⁶⁾ N. Krebs, 1932, S. 334.

⁷⁾ T. H. Holland u. W. A. Christie, The origin of the salt deposits of Rajputana. Rec. Geol. Survey of India, 38, 1909.

⁸⁾ B. V. Ratnam u. M. C. Joshi, An ecological study of the vegetation near abouts a temporary pond in Pilani. Proceed. Raj. Acad. Vol. 3, 1952.

⁹⁾ N. Krebs, Über Wesen und Verbreitung der tropischen Inselberge. Abhandl. Preuß. Akad. Wiss., math.-nat. Klasse, Nr. 6, 1942.

¹⁰⁾ Vgl. auch *H. von Wissmann*, Über seitliche Erosion. Colloquium Geographicum, Bd. 1, Bonn 1951.

¹¹⁾ *H. Mortensen*, Neues zum Problem der Schichtstufenlandschaft usw. Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, math.-phys. Klasse, 1953.

¹²⁾ *F. R. Bharucha*, The problems of the Rajasthan desert. Vortrag in Aligarh 1956.

¹³⁾ *A. B. Chatterjee*, Some geographical features of the Tharr desert. Vortrag in Aligarh 1956.

¹⁴⁾ Vgl. dazu schon *V. Cornish*, On the Formation of sand dunes. Geogr. Journ. 8, 1897; On the observation of desert sand dunes. Geogr. Journ. 31, 1908.

¹⁵⁾ *F. Jaeger*, Die Trockenseen der Erde. Eine vergleichend-geographische Untersuchung zur Gewässerkunde der Trockengebiete. Petermanns Geogr. Mitt., Erg.-Heft 236, 1939.

¹⁶⁾ Vgl. hierzu *E. Rutte*, Der Albstein in der miozänen Molasse Südwestdeutschlands. Zeitschr. dt. Geol. Ges., Jhrg. 1953, Bd. 105, 1955.

¹⁷⁾ *H. Bobek*, Klima und Landschaft Irans in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Geogr. Jahresber. aus Österreich, 25, Wien 1955.

¹⁸⁾ *J. Büdel*, Bericht über klima-morphologische und Eiszeit-Forschungen in Niederafrika. Erdkunde, 6, 1952.

¹⁹⁾ *St. Piggott*, Prehistoric India. London 1950.

²⁰⁾ *F. Zeuner*, Das Problem der Pluvialzeiten. Geol. Rundschau, 41, 1953.

²¹⁾ *J. Büdel*, 1952. Ferner: Klima-morphologische Arbeiten in Äthiopien im Frühjahr 1953. Erdkunde, 8, 1954.

²²⁾ So z. B. *M. S. Randhawa*, Progressive desiccation of Northern India in historical times. Journal of Bombay Nat. Hist. Soc. 45, 1945.

VIER KARTEN ZUR PHYSISCHEN GEOGRAPHIE VON EL SALVADOR

Hans-Günter Gierloff-Emden

Mit 4 Abbildungen

Four maps on the physical geography of El Salvador

Summary: The morphology of El Salvador, so far little known and scantily described, is depicted in four maps by the author, who travelled in the country in 1954–55. The landforms of the country are shown in a morphographic sketch map which is accompanied by a detailed geomorphological description. Furthermore, a regional subdivision of El Salvador on a geomorphological basis was attempted; this is shown on an additional map. A contour map and a map of the drainage basins are also enclosed. The purpose of this paper is to contribute to the knowledge of the physique of the Central American country, El Salvador, and by means of these maps to provide a basis for further work in regional geography.

Einleitung

Die Geomorphologie El Salvadors unterlag bisher noch keiner speziellen Bearbeitung. Das Land wurde auch weniger von Geographen als von Geologen bereist. Allgemeine geologisch-morphologische Beschreibungen finden sich daher bei *Sapper* (7) und *Weyl* (8 u. 9). Insbesondere fehlt es auch an Übersichtskarten und Skizzen. Zum Studium von Ländern und Landschaften ist aber für den Geographen immer die Kenntnis von den Oberflächenformen von großer Wichtigkeit. *A. K. Lobeck* (4) und *E. Raisz*

(5 u. 6) haben sich mit ihren Arbeiten besonders um die Gestaltung von Karten der Oberflächenformen bemüht. Die von *Lobeck* und *Raisz* ausgearbeiteten morphographischen Karten der Darstellung einer Landschaft in der Form, wie sie der Beobachter bei der Arbeit im Gelände überschaut, also der Darstellung des Panoramas, sollen der morphologischen Forschung und Anschauung dienen. Die „Morphographische Karte“ ist also dazu bestimmt, dem Wunsche, die charakteristischen Formen der Landoberfläche eines Gebietes auf einer Karte direkt überschauen zu können, gerecht zu werden (1). Der Verfasser versuchte, diesen Aufgaben mit der „Morphographischen Skizze von El Salvador“ zu entsprechen. Außerdem soll diese Skizze zukünftigen Veröffentlichungen über El Salvador als Übersichtsskizze dienen können. Zu diesem Zweck konnte bei bisherigen Veröffentlichungen nur auf die von *E. Weyl* (9) angefertigte kleine Skizze El Salvadors zurückgegriffen werden, wie sie z. B. auch von *W. Lauer* in seiner Arbeit über den San Vicente Vulkan (2) verwendet worden ist.

Die morphographische Karte von El Salvador ist grundrißtreu. Zu diesem Zweck wurde ein Grundriß der Lichtpause der vorläufigen, nicht gedruckten und nicht veröffentlichten Karte im Maßstab 1 : 200 000 der „Dirección de Cartografía“ des „Ministerio de Obras Públicas de El Salvador“ verwendet. Die Umrisse wurden neu gezeichnet (Grenzen, Flüsse und topographische Lage der Vulkangipfel) und auf photographischem Wege verkleinert. In der Methode der Scheinperspektive ist dann vom Verfasser auf Grund eigener Aufzeichnungen und Photos aus den Jahren 1954 und 1955 die Oberflächenform El Salvadors gezeichnet worden. Dabei dienten dem Verfasser u. a. photographische Aufnahmen von den Herren Dr. *Hartmann*, Kiel, Dr. *Haberland* und Dr. *Grebe*, Hamburg.

Die morphographische Skizze von El Salvador soll nur die Formengruppen der Landoberfläche im Großen darstellen und ist auch in dieser Hinsicht selbstverständlich verbesserungsfähig. Insbesondere ist im Osten und Norden El Salvadors noch viel geomorphologische Feldarbeit zu leisten, bis eine sehr genaue Karte der Einzelformen entstehen kann, wie auch der Landesgeologie von El Salvador, Herr Dr. *Helmut Meyer-Abich*, es in seiner Arbeit über den Vulkanismus (10) schreibt.

Eine Karte der morphologischen Gliederung von El Salvador, die gleichzeitig zur Namenbezeichnung der Lokaltäten der morphographischen Skizze dient, wurde vom Verfasser angefertigt und dieser Arbeit zugefügt. Ebenfalls wurden vom Verfasser eine Höhenschichtenkarte und eine Karte der Abflußgebiete angefertigt, damit im Vergleich mit der morphographischen Skizze ein reichhaltigeres Bild der naturgeographischen Verhältnisse El Salvadors gewonnen werden kann.

Die Morphographische Skizze von El Salvador

Gleich, ob der Beschauer mit einem Schiff auf dem Pazifischen Ozean im Abstand von etwa 10 Meilen entlang der Küste El Salvadors fährt, oder ob er von den hohen Bergen nahe der hondurensischen Grenze im Norden Salvadors über das Lempatal und die