

Camcardos, auf spanischem, und dessen zweithöchste Erhebung auf französischem Boden liegt, beide über 2900 m hoch.

Diese den Namen «*Les Tours de Carol*» tragende Ruine ist ebenso ein in ihrer Besonderheit, an dieser eindrucksvollen Stelle, faszinierender, überraschender Anblick, wie sie zugleich, allgemein betrachtet, Symbol einer ganzen großen geschichtlichen Entwicklung des pyrenäischen Mittelalters ist: der höchst wechselvollen Feudalgeschichte. Für den sich mit ihr befassenden Historiker sind die gesamten französischen Pyrenäen ein ungewöhnlich ergiebiger Bereich, und die Schicksale ihrer Schlösser und Schloßherren fügen dem Geschehen von überragender, von europäischer, ja, abendländischer Tragweite – den französisch-spanischen und französisch-englischen Kriegen, dem Albigenserkreuzzug – eine Unzahl von dramatischen Einzelzügen bei.

Beachtens- und bewunderswert ist, daß einer so rauhen, selbst hochgelegenen und von sehr hohen Bergen umschlossenen Landschaft von ihren Bewohnern noch immer irgendein Ertrag abgerungen wird, sei es durch Obst-, sei es durch Viehzucht. Übrigens befinden wir uns auf einem seit alters besiedelten Stück Erde, das, als die Römer ins Land kamen, den Ceretani gehörte.

Das Alter der beiden Tours de Carol wird auf das 13. Jahrhundert geschätzt, eine Epoche, in welcher der Pyrenäenraum von vielfachen Unruhen erschüttert wurde. Es ist zu hoffen, daß diese Zeugen einer bewegten Vergangenheit von der staatlichen Denkmalspflege betreut und bewahrt werden. Rasen auch die meisten Autofahrer an ihnen vorbei, so ist doch anzunehmen, daß selbst ein nur momentlanges Hinschauen genüge, um sie nicht mehr zu vergessen. Künstleraugen aber werden vom Zusammenklang zwischen romantischer Architektur und erhabenem Bergpanorama entzückt sein. Ihnen wird sich einmal mehr das Gesetz offenbaren, das die Wirkung eines Bauwerks mit seinem Standort unlöslich verbunden sein läßt! Damit aber gewinnen die Tours de Carol eine Bedeutung über das Zufällige hinaus.

BEWÄSSERUNGSPROBLEME IN WEST-PAKISTAN

HANS BOESCH

Im Frühjahr 1960 bot sich mir Gelegenheit, gemeinsam mit Kollegen der Universität Lahore, die Zerstörungen des Kulturlandes in den Bewässerungsgebieten des Punjab an Ort und Stelle zu studieren.

Da es sich um Probleme handelt, die in dieser oder ähnlicher Form auch in anderen Bewässerungsgebieten auftreten, dürften sie allgemeines Interesse beanspruchen. Ich verdanke den Herren Professoren Kazi P. Ahmad und Anis A. Abbasi unter anderem Karten und Dokumente, mit denen es mir ermöglicht wurde, die Feldbeobachtungen zu ergänzen und folgende Übersicht zusammenzustellen.

Schon während des Fluges von New Delhi nach Lahore waren kurz vor der Landung die ersten Veränderungen im Landschaftsbilde zu erkennen. Stellen von unregelmäßiger Form traten wie Geschwüre mitten im Kulturland auf; nackter Boden leuchtete hell und Wassertümpel, umgeben von dunklen Vegetationsstreifen, dehnten sich aus. Die folgende Exkursion in das zwischen Ravi und Chenab gelegene Gebiet, das Rechna Doab (= Zwischenstromland), bestätigte die erste, vom Flugzeug aus gemachte Beobachtung. In großer Zahl finden sich Grundwasseraustritte in Form ausgedehnter oder kleiner Wasserflächen, welche «Sem» genannt werden. Dazu kommen in den etwas höher liegenden Partien durch Versalzung steril gewordene Böden, die man «Thur» nennt. An Kulturlandschaftsrelikten ließ sich leicht erkennen, daß es sich bei Sem und Thur um relativ rezente Erscheinungen handelt, die innerhalb des noch vor kurzem bebauten Bewässerungsgebietes auftraten und weite Flächen von Kulturböden zerstörten.

Solche Vorgänge sind seit langem bekannt und wurden seit Jahrzehnten mit Sorge verfolgt. Die Angaben über das Ausmaß der Versumpfung und Versalzung von Kul-



Die Tours de Carol gegen die Campcardos-Gruppe

turland schwanken; immerhin ist deutlich zu erkennen, daß die neueren Erhebungen bedeutend größere Flächen von zerstörtem Land und vor allem auch eine beschleunigte Zunahme desselben anzeigen. Um die Mitte der Fünfzigerjahre lagen die Angaben über die zerstörten Flächen bei 10 000 bis 25 000 qkm, jene der Zunahme bei 100–200 qkm per Jahr. Um 1960 stiegen die entsprechenden Werte auf 30 000 bis 70 000 qkm – wobei der höhere Wert größere Wahrscheinlichkeit besitzt – respektive auf 400 qkm. Diese Zahlen bedeuten, daß jede Stunde 4 bis 5 Hektaren Kulturland verloren gehen. Wenn wir uns das vergegenwärtigen, gewinnen wir einen ersten Begriff von der Größe des Problems. Figur 1 gibt eine Übersicht über die von Thur und Sem befallenen Gebiete im ganzen Bereich der Indus Ebene.

Der Punjab, den wir im Folgenden betrachten, bildet den nördlichen Abschnitt der Indus Ebene. Er wird von den fünf Flüssen Indus, Jhelum, Chenab, Ravi und Sutlej durchquert (daher auch die Bezeichnung Punjab = Fünfstromland). Ihre Einzugsgebiete liegen in den Ketten des Himalaya-Systemes; nach dem Austritt aus dem Gebirge durchfließen die Ströme mehr oder weniger parallel in südwestlicher Richtung die schwach geneigte Ebene des Punjab, die fast ausschließlich von Flußablagerungen gebildet wird. Das Klima des Punjab ist hart, kühl im Winter und extrem heiß im Sommer. Die Daten für Lahore zeigen beispielsweise

mittleres Minimum	Januar: 4,5° C	Juni 26,1° C
mittleres Maximum	20,0	40,8
Monatsmittel	12,2	33,6
Jahresmittel	23,9° C	

Der heißeste Monat ist der Juni. In den folgenden Monaten wirkt die starke Bewölkung während der Monsunregen abkühlend. Außer den Monsunregen treten im Hochwinter, vor allem im nördlichen Teile (Westwindstörungen der gemäßigten Breiten) noch Niederschläge von zyklonalem Charakter auf. Die Verteilung der Niederschläge nach den einzelnen Jahreszeiten, die hier unterschieden werden können, zeigen für eine Station im Zentrum der Ebene (Multan), für eine andere im nördlichen Punjab (Sialkot) und für eine im Gebirge (Gilgit) folgendes Bild:

Das Regime der Flüsse wird außerdem durch Schneeschmelze und Gletscherablation beeinflusst, die im Frühsommer und Sommer zusätzliche Wassermengen liefern.

Die großen Bewässerungsanlagen reichen in ihren Anfängen noch in das vergangene Jahrhundert zurück. Unter der Leitung englischer Ingenieure wurden in dem damals britisch-indischen Punjab große Verteilerdämme und Kanäle gebaut, die weite Landflächen erschlossen und exportable Überschüsse an Getreide und Baumwolle ergaben. Karachi entwickelte sich in jener Zeit zu einem wichtigen Exporthafen für diese beiden Weltwirtschaftsgüter. Während Pakistan als Baumwollexporteur immer noch eine Rolle spielt, sind Getreideexporte in neuerer Zeit durch bedeutende Importe ersetzt worden.

Eine solche durch Bewässerung bedingte Umwandlung von Trockengebieten in Kulturland stellt einen tiefen Eingriff in das landschaftliche Gefüge dar. In erster Linie wird dadurch die Hydrologie betroffen. Verhältnismäßig einfach liegen die Verhältnisse beim oberirdisch abfließenden Wasser; entsprechend der Rechtsgrundlage müssen bestimmte Abflussmengen garantiert bleiben. Viel schwieriger steht es um das Grundwasser. Figur 2 zeigt klar, welche Veränderungen hier seit dem Beginn der modernen Bewässerungswirtschaft eingetreten sind. Der Grundwasserspiegel, der ursprünglich zwischen den Flüssen am tiefsten lag, hob sich ständig und erreichte bis heute an den meisten Stellen beinahe die Oberfläche; vielerorts tritt das Grundwasser auch schon aus und bildet Tümpel und Wasserflächen von großem Ausmaße. Diese Vorgänge sind seit langem durch Kontrollbohrungen verfolgt worden. Zudem zeichnen sie sich an der Erdoberfläche durch Änderungen der Vegetation, durch Versalzung des Bodens, schließlich durch übermäßige Durchfeuchtung und Wasseraustritt ab.

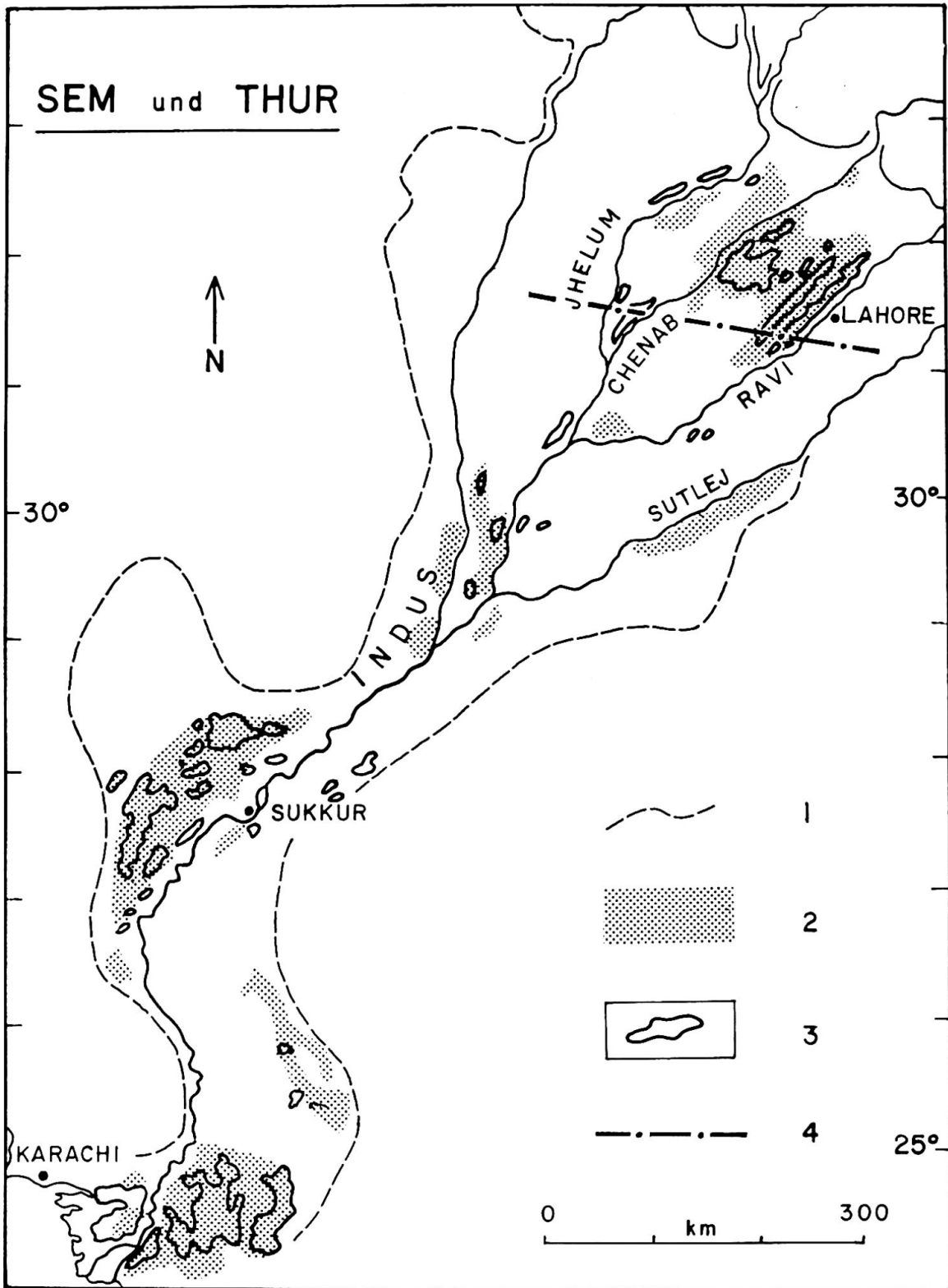


Fig. 1. Versumpfung (Sem) und Versalzung (Thur) in der Indusebene. 1 Begrenzung der Indusebene, 2 Gebiete mit Versumpfung, 3 Gebiete mit Versalzung, 4 vermutete und zugeschüttete Kette (sogenannte Delhi-Shapur-Ridge)

	Multan	Sialkot	Gilgit
Dezember—Februar: Winter	25,2	110,5	15,7
März—Mai: Frühling und Frühsommer	25,4	88,9	65,0
Juni—September: Sommer	125,0	596,1	43,4
Oktober—November: Herbst	3,6	12,9	7,4
	179,2	808,4	131,5

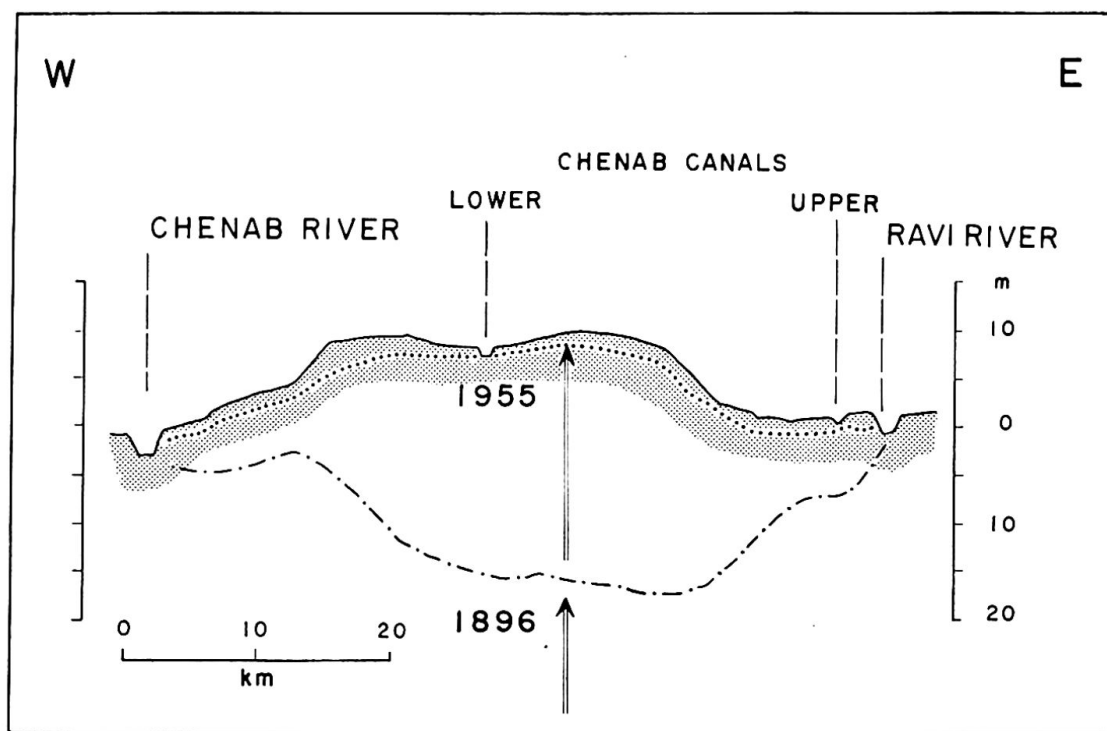


Fig. 2. Veränderung des Grundwasserspiegels in den Jahren 1896/1955 im Punjab

Man kann heute im Gelände alle Stufen dieser Veränderungen beobachten und für ein Stück Land ziemlich gut die zukünftige Entwicklung voraussagen.

Die Hebung des Grundwasserspiegels führte aber auch zu einer starken Versalzung der Böden. Der Grund dafür ist leicht zu verstehen. Solange der Grundwasserspiegel tief liegt, gelangen nur geringe Feuchtigkeitsmengen während der Trockenzeit durch Kapillarwirkung an die Oberfläche. Dort verdunstet das Wasser und die gelösten Salze werden ausgefällt. Steigt der Grundwasserspiegel, so nehmen die die Oberfläche erreichenden Wassermengen und damit auch das Quantum der ausgefallenen Salze zu. Die zunehmende Versalzung äußert sich in ähnlicher Weise wie die Versumpfung, und zwar vorerst in einer Abnahme der Erträge, die schließlich zur Aufgabe des Landes zwingt. Extreme Versalzung macht jede Vegetation unmöglich.

Bei der Behandlung dieses Problemkreises sind zwei Gesichtspunkte leitend: Einerseits jene Maßnahmen, die allgemein getroffen werden können, um versalzene und versumpfte Böden wieder kulturfähig zu machen; andererseits müssen aber die tieferen und speziellen Ursachen erforscht werden, damit das Übel von der Wurzel aus behandelt werden kann.

Obwohl es auf den ersten Blick scheint, daß ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Bewässerung und Veränderung des Grundwasserspiegels besteht, liegen die Dinge vermutlich doch nicht so einfach. Figur 3 zeigt, daß die bewässerten Flächen nicht etwa zuviel, sondern im Gegenteil zu wenig Wasser erhalten. Nach Berechnungen für das ganze Gebiet und über das ganze Jahr – das heißt: sowohl für die Sommerkulturen oder Kharif als auch für die Winterkulturen oder Rabi – beträgt das den Kulturen gelieferte Wasser nur 85–90% der für ein optimales Wachstum benötigten Menge. Andererseits zeigt Figur 4, daß die Hebung des Grundwasserspiegels zeitlich mit dem Ausbau der Bewässerung zusammenfällt; wenn im weiteren Verlauf die Kurve asymptotisch verläuft, hängt das lediglich damit zusammen, daß der Grundwasserspiegel schon bald sein Maximum, das heißt die Oberfläche, erreicht. Man darf sich deshalb nicht einfach vorstellen, daß durch übermäßige Bewässerung der Grundwasserspiegel zum Steigen gebracht wurde. Großes Gewicht wird von den Bewässe-

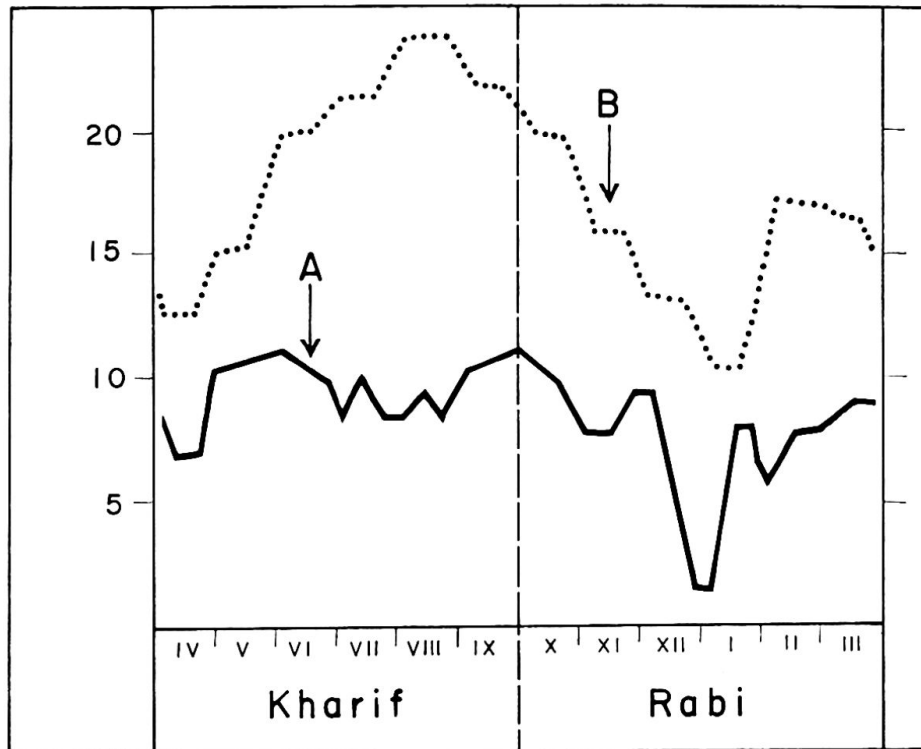


Fig. 3. Wasserbedarf und Wasserverbrauch im Punjab. A Effektiver Wasserverbrauch, B Errechner Bedarf der Kulturen. Angaben in 1000 cusec (1 cusec = 102 m³/h).

rungsingenieuren den Wasserverlusten beigemessen, die längs der Verteilungskanäle jeder Größenordnung entstehen; immerhin dürfte angenommen werden, daß durch natürliche Abdichtung solche Wasserverluste im Laufe der Zeit verschwinden müßten.

Daß die Hebung des Grundwasserspiegels zeitlich mit dem Ausbau der Bewässerung zusammenfällt, bedeutet noch nicht einen ursächlichen Zusammenhang im ange deuteten Sinne. In den gleichen Zeitabschnitt fallen weitere Entwicklungen, denen möglicherweise große Bedeutung zukommt. Straßen-, Eisenbahn- und andere Kulturbauten durchziehen das flache Land und verhindern das Abfließen der großen sommerlichen Niederschlagsmengen, die nun versickern müssen. Untersuchungen englischer Bewässerungsfachleute aus der Vorkriegszeit messen diesem Umstand eine sehr große Bedeutung bei. Dagegen ist nicht anzunehmen, daß klimatische Veränderungen (Zunahme der Niederschläge vor allem) verantwortlich gemacht werden dürfen; Figur 4 zeigt deutlich, daß die Niederschläge der kritischen Jahreszeit (Sommer) über die ganze Periode wohl von Jahr zu Jahr starken Schwankungen unterworfen waren, daß aber auf der andern Seite kein Trend zur allgemeinen Zunahme beobachtet werden kann.

Die Tatsache, daß sich die Hebung des Grundwasserspiegels zuerst in den nördlichen Gebieten bemerkbar machte und sich langsam südwärts ausdehnte, kann verschieden gedeutet werden. Wieweit die Natur des Untergrundes dabei mitspielt, ist schwer zu entscheiden. Detaillierte geologische Profilaufnahmen zeigen, daß der Punjab von fluviatilen Ablagerungen aufgebaut wird, die rasch wechselnde Sedimentationsverhältnisse aufweisen. Leithorizonte, die als Grundwasserträger oder Stauer wirken könnten und auf große Distanzen zu verfolgen sind, fehlen in den alluvialen Serien. Auf Figur 1 ist die sogenannte Delhi-Shahpur-Ridge verzeichnet. Es ist eine auf Grund einzelner Aufschlüsse von präkambrischen Gesteinen, die als kleine Hügel mitten in der Alluvialebene oberflächlich zu beobachten sind, vermutete Kette; allerdings

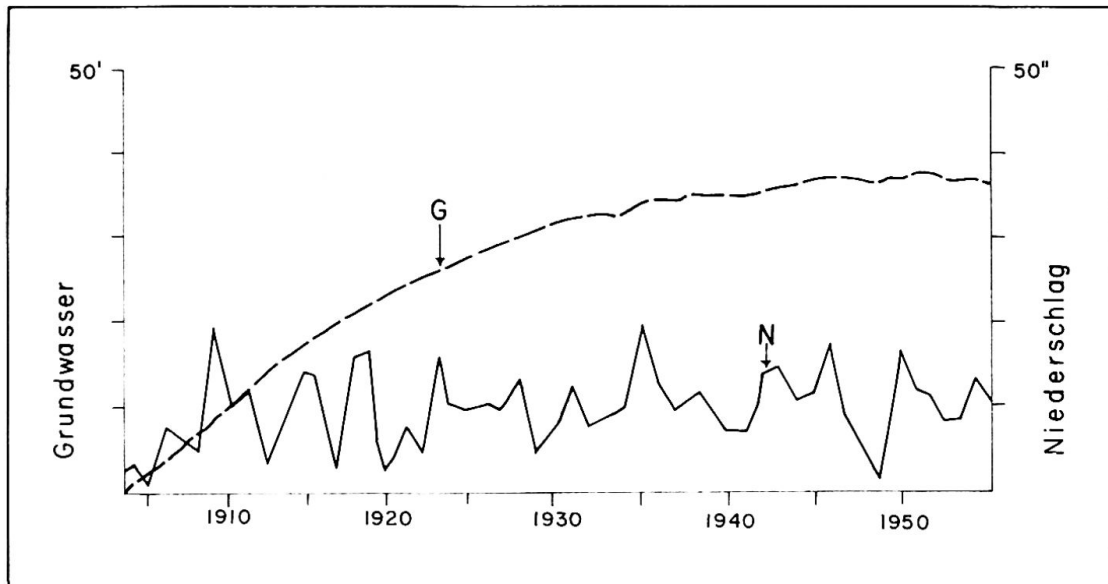


Fig. 4. Vergleich von Niederschlag (N) und Höhe des Grundwasserspiegels (G).

konnte der Zusammenhang durch Bohrungen nicht erwiesen werden, denn in den Zwischenstücken wurde der präkambrische Untergrund trotz einer Bohrtiefe von 200 m nicht erreicht. Vielleicht dürften alte Flußläufe für die Lenkung und Stauung des Grundwassers wichtiger sein. Sie wurden als begrabene Schotterrinnen von K. S. Ahmad (*Evolution of Drainage in the Indus Plain, 1960*) im Rechna Doab vermutet.

Wenn mit Bezug auf die ursächlichen Zusammenhänge deshalb zur Zeit noch keine Übereinstimmung der Auffassungen festgestellt werden kann, so darf andererseits gesagt werden, daß beachtliche Erfolge in der Behandlung der Schäden erzielt wurden. Dabei muß zuerst zwischen jenen Gebieten unterschieden werden, wo sich der Grundwasserspiegel noch in genügender Tiefe befindet und jenen, wo er die Oberfläche fast oder ganz erreicht. Im letzteren Falle muß in erster Linie eine Absenkung erfolgen. Ein Weg besteht in der Errichtung von Vorflutern, ein anderer im Abpumpen. In Rechna Doab ist in den letzten Jahren vor allem dieser zweite Weg beschritten worden. An die zweitausend Pumpen wurden installiert und das so gewonnene Wasser entweder direkt wieder zur Bewässerung verwendet oder in die Kanalsysteme zurückgeführt. Der Grundwasserspiegel ist dann genügend abgesenkt, wenn es möglich wird, mit starker Bewässerung den versalzten Boden durch dauernd von oben nach unten gerichtete Wasserbewegung zu entsalzen.

Anschließend wird der Boden während einer Reihe von Jahren in einem bestimmten Fruchtwechsel bestellt. Dabei werden vorerst als Sommerkultur Reis und als Winterkultur eine Leguminose bevorzugt, denn Reis ist relativ tolerant gegenüber Salz, und Leguminosen können den durch die kräftige Bewässerung reduzierten Stickstoffgehalt wieder erneuern. Außerdem spielt in zunehmendem Maße die Verwendung von chemischen Düngemitteln eine Rolle. Als geeignet für die Aufforstung erwies sich *Acacia arabia*, die ebenfalls sehr tolerant gegenüber Salz ist.

Wir stellten schon fest, daß der Verlust an Kulturland zur Zeit durch die Wiedergutmachungen noch nicht aufgewogen wird. Rund 40 000 ha Zuwachs pro Jahr an Thur und Sem stehen in den letzten Jahren 10 000 ha wiedergewonnenes Land im Durchschnitt gegenüber. Pakistan besitzt eine sehr angespannte Versorgungslage, und Kulturland ist knapp. Infolge der starken Bevölkerungszunahme wird sich das Verhältnis von Menschenzahl und Kulturland in Zukunft noch verschlechtern. Die besprochenen Probleme spielen deshalb eine ganz außerordentliche Rolle. Verschiedene staatliche

Institutionen, vor allem die Water and Power Development Authority (WAPDA), Soil Reclamation Board usw., befassen sich darum eingehend mit deren Lösung.

LITERATUR (PGR = Pakistan Geographical Review)

AHMAD, KAZI S.: Canal Water Problem in the Middle Indus Plain. Proc. of IGU Regional Conference in Japan 1957, Tokyo 1959. — und ANIS, A. ABBASI: Evolution of Drainage in the Indus Plain. PGR vol. 15, no. 2, 1960. — und MUBASHIR LAL KHAN: Variability of Rainfall and its Bearing on Agriculture in the Arid and Semi-arid Zones of West Pakistan. PGR vol. 16, no. 1, 1961. — Reclamation of waterlogged and salin lands in West Pakistan. PGR vol. 16, no. 1, 1961. AHMAD, M. MUZAFFAR: A Study of Waterlogging and Thur Problems of West Pakistan. 5th Ann. Conv. Inst. of Engineers, Pakistan, 1958. AHMAD, NAZIR: A New Conception of the Waterlogging and Salinity Problems of Rechna Doab. West Pakistan Engineering Congress, 1959. — Three Decades of Research in the Irrigation Research Institute, Lahore 1960. — Soil Salinity in West Pakistan and the Means to deal with it. Irrigation Research Inst. Series I, Lahore 1960. BADARUDIN, MUHAMMAD: Drainage by Tubewells in Rechna Doab. PGR vol. 16, no. 2, 1961. KHAN, N. M.: Role of Geology in the Development of Water and Power Resources in Pakistan. 13th Pak. Sc. Conf., Lahore, 1961. SOIL RECLAMATION BOARD: Chuharkana Reclamation Project. Lahore 1959. TAYLOR, E. MCKENZIE und MEHTA, M. L.: An Investigation of the Rise of Water Table in the Upper Chenab Canal Area, Punjab. Punj. Irr. Res. Inst., 1933. VLUGTER, H.: Some Aspects of Water Control in West Pakistan-PGR vol. 15, no. 2, 1960.

PROBLEMES DE L'IRRIGATION DANS LA PLAINE DE L'INDUS

Les grandes installations d'irrigation dans la plaine de l'Indus (située en dedans du Pakistan occidental) dont les constructions remontent au siècle dernier, amenaient rapidement des altérations aux conditions hydrologiques, détruisant au fur et à mesure les cultures créées. De prime abord, l'irrigation a fait monter le niveau hydrostatique et augmenter le sel dans le sol. Les causes en sont complexes et il en existent des conceptions partagées. L'amélioration des terres détruites se pratique de sorte à ce que, en premier lieu, le niveau hydrostatique soit baissé, ce qui est fait par canaux de drainage ou bien par pompage. Deuxièmement, ces terres salées sont désalées par des cultures d'irrigation, soit pour la culture d'été par du riz, soit pour la culture d'hiver par des légumineuses. Les surfaces ainsi améliorées s'élèvent, en prenant la moyenne de ces dernières années, à 10 000 hectares en chiffres ronds. Par contre, les pertes par les effets mentionnés se situent autour de 40 000 hectares par an.

MATHEMATISCHE STATISTIK UND GEOGRAPHIE IN DER SCHWEIZ

JÖRG ROTH

EINFÜHRUNG

Mit der vorliegenden Untersuchung wird bezweckt, festzustellen, wo die schweizerische Geographie in Bezug auf die Anwendung mathematisch-statistischer Methoden steht, und einige Probleme zu beleuchten, die mit der Anwendung dieser Methoden in der geographischen Forschung zusammenhängen.

In manchen Nachbarwissenschaften der Geographie, z. B. in der Anthropologie und Klimatologie, werden mathematisch-statistische Methoden seit langem angewandt; in jüngerer Zeit haben sich diese Methoden auch in weitem Gebieten eingeführt, z. B. in die Soziologie¹, Biologie (Biometrik) und Meteorologie (numerische Wetterprognose); daß selbst tektonische und geomorphologische Prozesse mathematisch-physikalisch behandelt werden², zeugt für eine in den verschiedensten Wissensgebieten spürbare Tendenz, möglichst mit der *Zahl* zu arbeiten, eher *quantitative* statt qualitative Aussagen zu machen.

¹ Siehe *Handbuch der empirischen Sozialforschung*, herausgegeben von RENÉ KÖNIG, 2 Bde, Stuttgart, 1962 ff.

² SCHEIDEGGER, ADRIAN E., *Principles of Geodynamics*, Berlin 1958. Derselbe: *Theoretical Geomorphology*, Berlin, 1961.