

HYDROGRAPHISCHE GRUNDLAGEN DER BEWÄSSERUNGSWIRTSCHAFT IM NIGERTAL / REP. NIGER

Mit 5 Abbildungen

BERND JANKE

Summary: Hydrographic foundations of irrigated agriculture in the Niger Valley, Republic of Niger.

The discharge of the Niger, which flows through the western part of the Mali Republic as an exotic river, is subject to temporal as well as regional modifications; these are determined on the one hand by its headwaters and the inland delta of the Niger, and on the other by the inflow of its Sudanic tributaries. High discharge in the period September to April contrasts with the extremely low discharge in the summer months (May-August). Since the absence of dams prevents the storage of the winter discharge and its utilisation for all-the-year-round irrigation, this hydrological potential remains largely unused. Thus only those districts in the Niger Valley which are subject to natural fluctuations between high and low water-mark could seasonally be enhanced in value by irrigation in the form of controlled flooding.

High discharge in the low relief of the northern section (Ansongo – southern Tillabéry) leads to considerable expansion of the area covered by water, thereby creating generally good natural conditions for controlled irrigation by flooding, whereas it results in no more than a clear rise to higher water-levels in the relatively narrow, well defined valley in the section south of Tillabéry to Malanville, only inundating the shallow slip-off slopes and abandoned stream channels. These are the only ones here which are naturally well suited to irrigation cultivation.

Although there is a very varied and distinct regional differentiation in suitability as land for irrigation, due to the natural potential (especially in the mode of run-off, water-levels and valley relief) of this valley region, the Niger Valley as a whole must be considered an agricultural area of increasing importance in the Niger Republic.

Die Republik Niger gehört zu den westafrikanischen Sahelstaaten, die im klimatischen Übergangsbereich zwischen der tropisch-ariden Zone der Sahara im Norden und der tropisch-semi-humiden Savannenzonen der Küstenländer Westafrikas liegen. Zwei der Sahelstaaten, Mali und Niger, haben Anteil am längsten und bedeutendsten Strom Westafrikas, dem Niger, der als einer der wenigen Flüsse mit perennierender Wasserführung durch die Sahelzone verläuft (Abb. 1).

Der Niger durchfließt Mali auf einer Länge von ca. 1500 km und bildet zwischen Macina und Timbuktu das bekannte Nigerbinnendelta aus. Die Republik Niger dagegen hat nur in ihrem Westteil auf einer Erstreckung von 550 km geringen Anteil am gesamten Nigerlauf (13%). Während das Nigerbinnendelta aufgrund seiner morphologischen, hydrologischen und agrargeographischen Sonderstellung innerhalb Westafrikas (bedeutendes Bewässerungsgebiet) wiederholt Gegenstand intensiver Forschungen gewesen ist (vgl. Lit. bei B. MOHR, 1969; R. J. HARRISON-CHURCH, 1968; W. MORGAN & J. G. PUGH, 1969), liegen für

den nigrischen Teil des Nigerlaufes nur einzelne, überwiegend lokale Bewässerungsprojekte betreffende, unveröffentlichte Untersuchungen vor (J. CHAROY, 1971; o. V., IFAGRARIA, 1964 a, b; o. V., ORSTOM, 1965; o. V., SOGETHA, 1970).

Da im Gegensatz zum Nigerbinnendelta bedeutende wasserbauliche Anlagen (z. B. Staudämme, Bewässerungskanäle usw.), die eine Bewässerungswirtschaft vom Jahresgang des Abflusses nahezu unabhängig machen würden, im nigrischen Talabschnitt fehlen, sollen die durch die natürliche Ausstattung der Tal Landschaft gegebenen hydrologischen Möglichkeiten für eine kontrollierte Überflutungsbewässerung untersucht und ihre Probleme aufgezeigt werden.

Teilergebnisse aus dem Raum Niamey liegen bereits vor (vgl. B. JANKE, 1973).

Es soll die Aufgabe dieser auf Geländearbeit, Quellen- und Kartenauswertung beruhenden Untersuchung sein, das vorliegende statistische Material der hydrologischen Stationen am Niger aufzuarbeiten, das Abflußverhalten sowie die Wasserstände des Niger im Bereich ausgewählter Stationen anhand von Kennwerten darzustellen und in Zusammenhang mit der Erfassung des jeweiligen Talreliefs im Hinblick auf eine Inkulturnahme als Bewässerungsland zu werten.

I. Das Abflußverhalten des Niger in Abhängigkeit von der Niederschlagsverteilung in Westafrika

Die Niederschlagsverteilung im westafrikanischen Großraum unterliegt im langjährigen Mittel einer deutlich zonalen Anordnung, die im wesentlichen nur durch Gebirge (Hochland von Guinea) modifiziert wird (Abb. 1). Sie ist gekennzeichnet durch eine nahezu breitenkreisparallele Niederschlagsabnahme von Süd (> 3000 mm N) nach Nord (< 100 mm N), wobei sich bis auf wenige Küstenstationen (Abidjan, Accra, Lagos) die Niederschläge auf eine sommerliche Regenzeit mit einem Maximum im August konzentrieren (W. MANSCHARD, 1962).

Für den Niger, der im Hochland von Guinea entspringt, bedeutet diese mittlere Niederschlagsverteilung, daß die hohen sommerlichen Niederschläge im Oberlauf zu einer extrem ausgebildeten Abflußspitze im September führen (Abb. 2), die sich mit Wasserhochständen (Medianwert) von 6,46 m über Pegelnull (abs. Maximum 8,25 m) in Bamako/Koulokoze zeigen (M. GUILLAUME, 1964).

In seinem weiteren Verlauf nach Nordosten tritt der Niger in den tropisch-ariden Raum der Südsahara mit mittleren potentiellen Evapotranspirationen z. B.

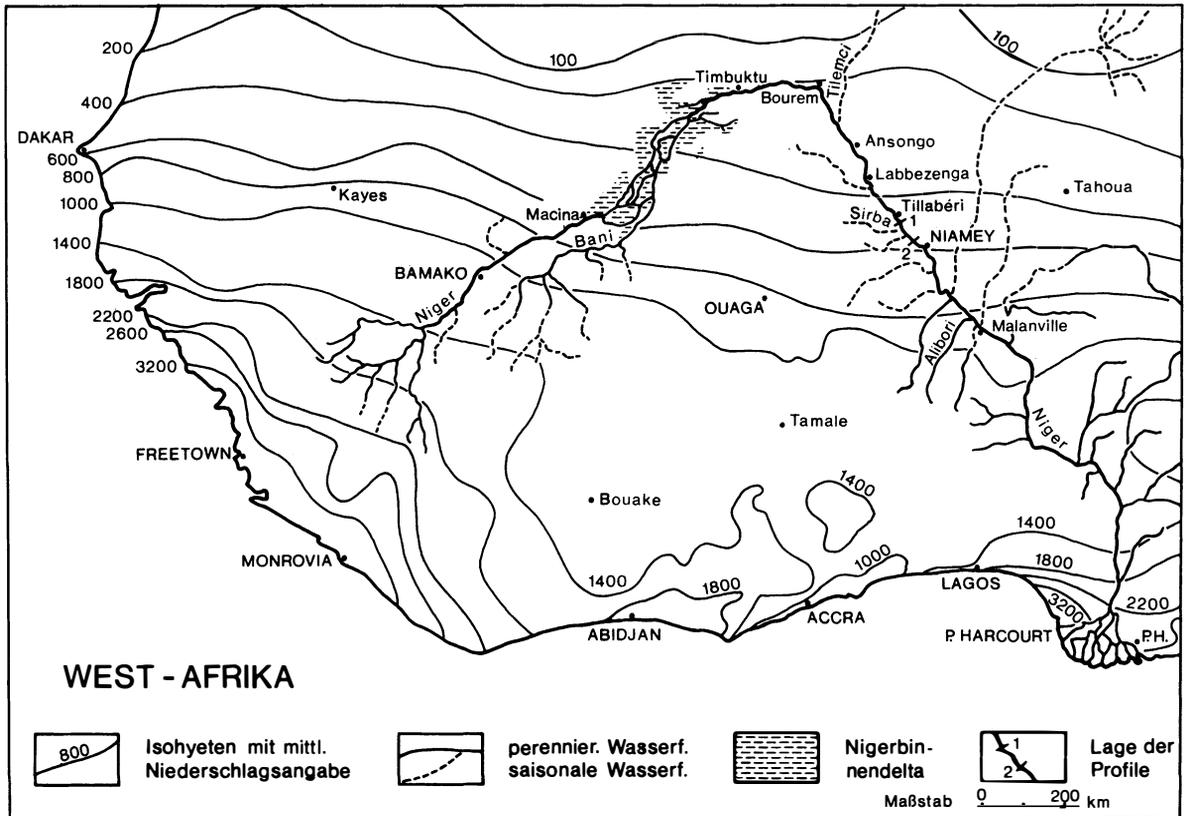


Abb. 1: Westafrika – mittlerer Jahresniederschlag im Bereich des Niger
 West Africa – average annual precipitation in Niger area
 Quelle/source: Top. Karte 1:5 Mio., Atlas climatologique de l’Afrique, Lagos, 1961

in Timbuktu von 2420 mm/a (Berechnung nach Turc) bei einem mittleren Niederschlagsangebot von 285 mm/a ein (L. LEMOINE & J. C. PRAT, 1972). In diesem Bereich ist das Nigerbinnendelta ausgebildet. Ihm kommt für den Wasserhaushalt und die Wasserführung des mittleren Niger eine doppelte Bedeutung zu. Zum einen wird durch die starke Aufspaltung des Niger in zahlreiche Einzelarme, Seen und Sümpfe die Verdunstungsoberfläche stark vergrößert¹⁾, zum anderen wird die im Oberlauf von den Sommerniederschlägen hervorgerufene Hochwasserwelle im Delta abgefangen (sog. Auffülfekt) und mit einer zeitlichen Verzögerung von mehreren Monaten als gemäßigt verlaufende Hochwasserwelle an den unteren Mittellauf weitergegeben. Dadurch erreicht der Niger in Niamey erst im Februar mit 3,94 m seinen mittleren Hochwasserstand (Abb. 2).

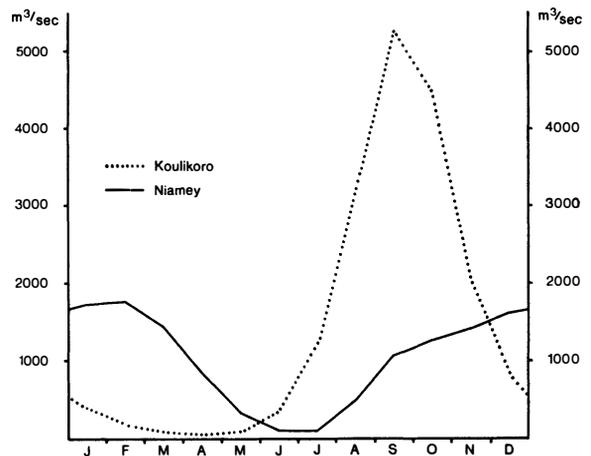


Abb. 2: Mittlerer Abfluß des Niger bei Koulikoro und Niamey
 Average run-off of Niger at Koulikoro and Niamey
 Quelle/source: o. V., ORSTOM, 1974

¹⁾ Jahresabfluß: Deltabeginn: 70 Milliarden m³
 Deltaausgang: 32 Milliarden m³
 38 Milliarden m³ Wasser gehen durch Evapotranspiration und Infiltration verloren (J. RODIER, 1964).

Nach einer Richtungsänderung nach SE bei Bourem/Mali durchfließt der Niger erneut zunehmend humidere Klimaregionen (Abb. 1) – z. B. Port Harcourt: 2485 mm/Niederschlag –, so daß mit einer Beeinflussung seines geschilderten Abflußverhaltens durch seine Nebenflüsse zu rechnen ist.

Im folgenden soll anhand der Abflußmessungen von drei ausgewählten Stationen (Ansongo/Mali²⁾, Niamey, Malanville) gezeigt werden, wie sich der Abfluß des Niger unter den dargestellten Niederschlagsverhältnissen im Nord-Süd-Wandel innerhalb des Untersuchungsgebietes ändert und welchen Modifikationen er möglicherweise durch den Zufluß der nigrischen Nebenflüsse unterliegt.

II. Modifikationen des Abflußverhaltens durch die nigrischen Nebenflüsse

Die in der Abb. 3a dargestellten Abflußkurven der Station Ansongo³⁾ zeigen einen deutlichen Jahresgang mit einem Maximum (Januar) und einem Minimum (Juni/Juli).

Die Kurve des mittleren monatlichen Abflusses ist gekennzeichnet durch einen steilen Anstieg im August/September, der sich zum Maximum im Januar (1800 m³/sec., zum Vergleich der Rhein oberhalb Mannheim: 1250 m³/sec.) verringert. Die Abflüsse in den Monaten Dezember, Januar und Februar bilden mit ihren etwa gleichhohen Werten einen relativ breiten Gipfel, dem bis Mai ein steiler Abfall folgt. Im Juni wird der Minimalwert des Abflusses erreicht, der im Juli nur geringfügig überschritten wird.

Bezieht man die Kurven der Standardabweichung sowie der absoluten monatlichen Maxima und Minima in die Betrachtung ein, so zeigt sich eine deutliche Parallelität und eine dichte Scharung der Ganglinien bei zunehmendem Abfluß (August–Januar). Sie weisen auf eine regelmäßige und relativ geringen Schwankungen unterliegende Wasserführung bei Ansongo hin.

Von Februar bis zum Minimalwert im Juni verlaufen die Kurven der Standardabweichung und des absoluten monatlichen Maximums in deutlichem Abstand (Abweichung bis 400 m³/sec., das absolute monatliche Minimum weicht sogar während der Monate März/April bis zu 800 m³/sec. vom Mittel ab).

Hierin drückt sich deutlich die Wirksamkeit unterschiedlicher Wasserstände (Auffüllereffekt) im Binnendelta aus. Da eine Beeinflussung dieses Abflußjahres-

ganges durch lokale Zuflüsse nicht berücksichtigt zu werden braucht – in den Niger mündet nördlich Ansongo nur das fossile Trockental des Tilemsi (J. RODIER, 1964) –, repräsentieren die Ganglinien des Jahresabflusses der Station Ansongo die unverfälschte Wasserführung des Niger (malinesische Hochwasserwelle), wie sie allein durch seine Quellflüsse und das Binnendelta bedingt ist.

Im Gegensatz zu Ansongo zeigt das Abflußdiagramm von Niamey (Abb. 3 b) Abweichungen, die im wesentlichen in der zeitlichen Verlagerung des Abflußmaximums auf Anfang Februar und in der Andeutung eines Sekundärmaximums im September deutlich werden. Der am Beispiel Ansongo diskutierte Jahresgang des Abflusses ist jedoch noch als dominant erkennbar. Die Abweichungen müssen auf die Zugehörigkeit Niameys zu einem anderen Niederschlagsgebiet zurückgeführt werden.

Da Niamey ca. 250 km südlich Ansongo liegt, ist hier mit 580 mm N/a eine Niederschlagsregion erreicht, in der mit saisonalem Oberflächenabfluß während der lokalen Regenzeit (Juni–Oktober) zu rechnen ist. Die Nebenflüsse des Niger zwischen Ansongo und Niamey, für die stellvertretend nur der Abflußgang der Sirba dargestellt wird (Abb. 3 b), führen im Mittel von Juli–November Wasser. Sie erhöhen den Jahresabfluß des Niger in niederschlagsarmen Jahren um 5%, in niederschlagsreichen Jahren bis 25% (J. RODIER, 1964). Ihre Wasserführung ist als Ursache für die Ausbildung des Sekundärmaximums des Niger im September anzusehen (sahelische Hochwasserwelle). Das Hauptmaximum im Januar/Februar wird aber immer noch ausschließlich durch den vom Binnendelta gesteuerten Abfluß bestimmt (B. JANKE, 1974). Die Verlagerung des Abflußgipfels auf Ende Januar/Anfang Februar ist auf die zusätzlich zu durchfließende Strecke (Lauflänge: Ansongo–Niamey = 352 km, das entspricht einer Durchflußzeit von ca. 4–5 Tagen [o. V. 1970]) zurückzuführen. Bei abnehmendem Abfluß von Februar bis Juni zeigt sich wieder die für den Niger typische erhöhte Abweichung der absoluten Maxima und Minima vom Mittelwert sowie der Standardabweichung, wie sie bereits für die Station Ansongo diskutiert wurde.

Konnte für die Station Niamey nur ein schwaches Sekundärmaximum festgestellt werden, so zeigt sich für die 296 km flußabwärts und 200 km südlich von Niamey gelegene Station Malanville ein sehr auffälliges Sekundärmaximum im September, dem nun sogar ein Sekundärminimum im November folgt (Abb. 3 c). Das Sekundärmaximum wird einerseits durch den verstärkt saisonalen Zufluß aus den kleinen lokalen Nebenflüssen des Niger aufgrund der planetarischen Niederschlagszunahme nach Süden (Malanville: 830 mmN/a) erzeugt, andererseits wirkt sich dominant der Zufluß der großen regionalen Nebenflüsse aus Obervolta und Dahomey aus (sudanische Hochwasserwelle). Sie entspringen in Niederschlagsgebieten mit 1400–1600 mm/a Niederschlag (mittl. Niederschlag im Ein-

²⁾ Auf die Station Ansongo/Mali wurde zurückgegriffen, weil im Staat Niger flußaufwärts von Niamey keine Abflußmessungen durchgeführt werden.

³⁾ Die Werte der Station Ansongo sind aufgrund der nur 15jährigen Beobachtungsperiode mit denen von Niamey und Malanville (20jährige Beobachtungsperiode) nicht direkt vergleichbar. Sie stellen Annäherungswerte dar und sollen somit nur der allgemeinen Einordnung dienen.

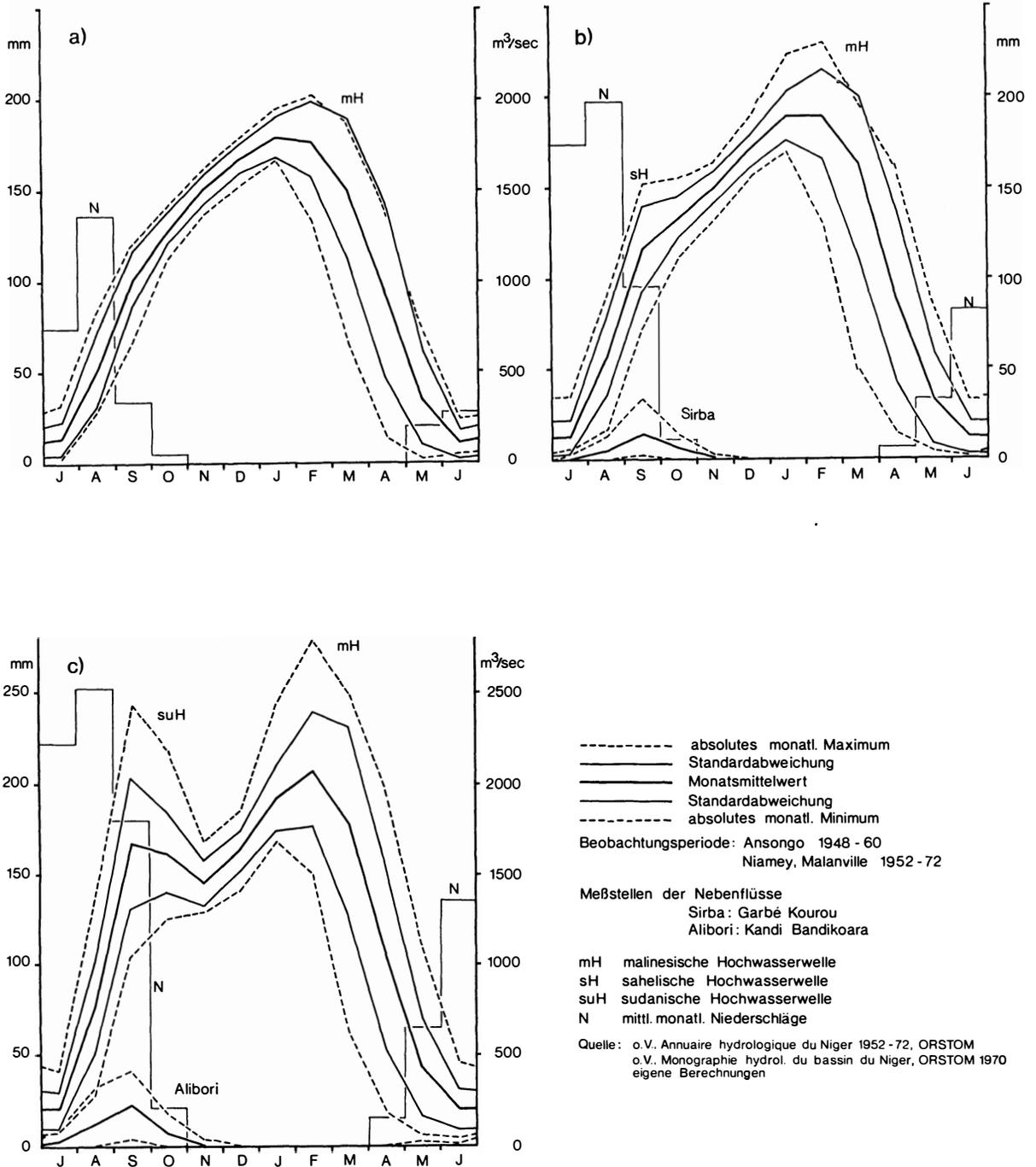


Abb. 3: Abflußjahrgang des Niger an den Stationen Ansongo/Mali (a), Niamey (b) und Malanville (c)

Annual run-off regime of the Niger at the stations of Ansongo/Mali (a), Niamey (b) and Malanville (c)

zugsbereich des Alibori: 1090 mm/a [o. V., 1970]) und bringen, da sie der lokalen Abdachung folgend von Süden nach Norden fließen, saisonal hohe Abflüsse vor Malanville in den Niger ein. In Abb. 3 c wurde exemplarisch nur der Alibori dargestellt. Andere Flüsse wie Sota und Mekrou sind ihm in ihrem Abfluß gleichzu-

stellen. Die im September erreichten hohen Abflußwerte verringern sich mit dem Nachlassen der lokalen Niederschläge. Sie leiten im November zu dem Sekundärminimum im Nigerabfluß über, das als Übergangsphase zwischen der klimatisch bedingten Abflußspitze der Nebenflüsse und dem vom Delta her gesteuerten

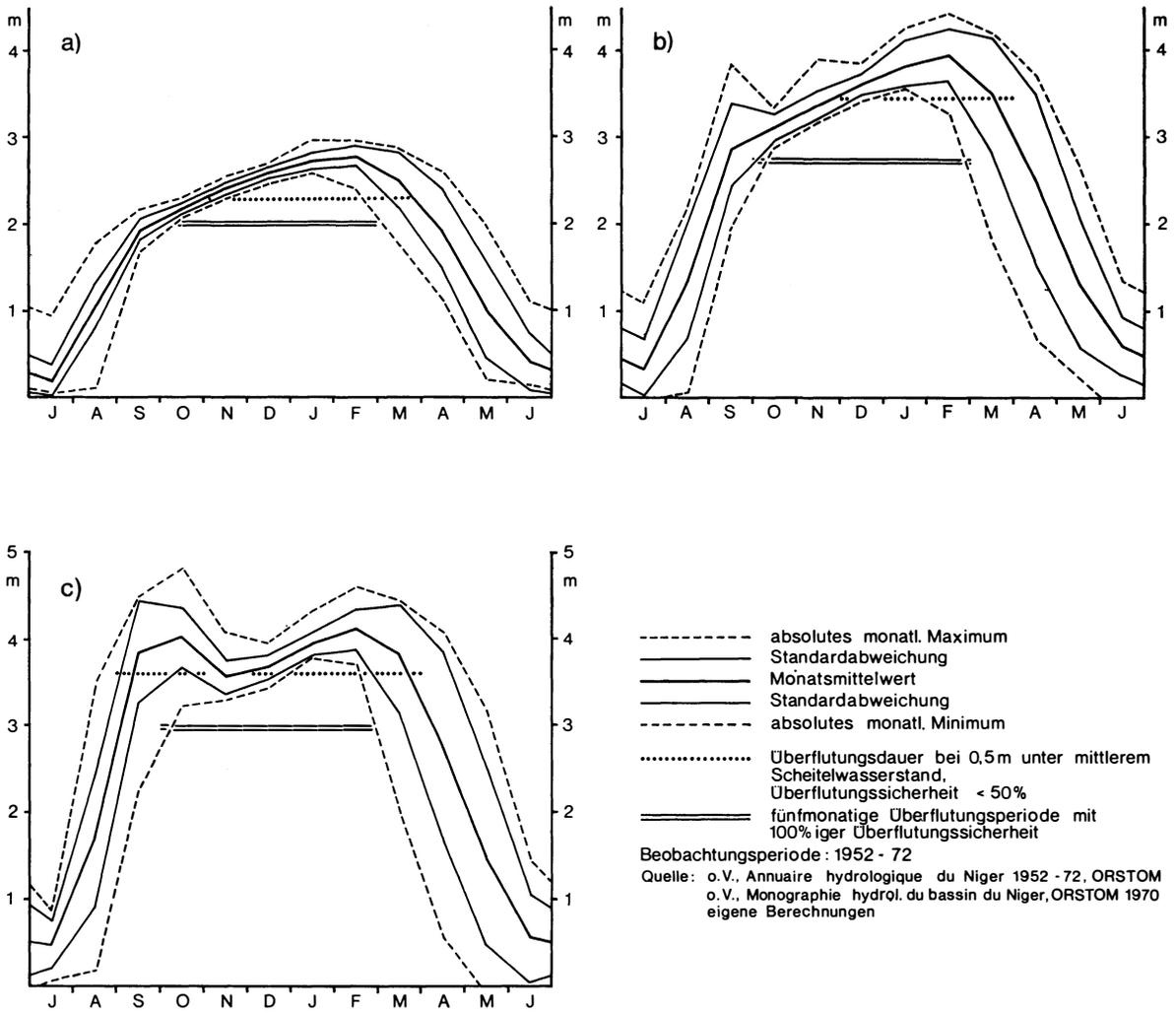


Abb. 4: Wasserstände des Niger an den Stationen Tillabéri (a), Niamey (b) und Malanville (c)
 Water-level of the Niger at the stations of Tillabéri (a), Niamey (b) and Malanville (c)

Abfluß des Niger (malinesische Hochwasserwelle) auftritt. Er erreicht Anfang Februar sein Maximum, wie es bereits bei Ansongo und Niamey auftrat. Die Erhöhung des Nigerabflusses wie auch seine größere Streuung im Februar in Malanville können nur als eine zusätzliche Speisung aus dem Grundwasser gedeutet werden, denn oberirdische Zuflüsse in den Niger treten während der Trockenzeit zwischen Niamey und Malanville nicht auf (o. V., 1970 b). Die zeitliche Verschiebung des Abflußgipfels auf Mitte Februar ist hier auf die erneute Laufverlängerung⁴⁾ zurückzuführen. Von Februar bis Mai sinkt der Abfluß rapide und geht im Juni/Juli mit 205 m³/sec. auf seinen mittleren Minimalwert zurück.

Die Untersuchung des Abflußverhaltens des Niger am Beispiel der Stationen Ansongo, Niamey und Malanville zeigt somit einen für alle Stationen deutlichen Jahresgang mit einem Maximum im Januar/Februar (malinesische Hochwasserwelle). In Niamey tritt zusätzlich, bedingt durch den Abfluß der lokalen Nebenflüsse, ein schwaches, in Malanville ein ausgeprägtes Sekundärmaximum auf. Der Minimalabfluß⁵⁾ ist auf die Monate Mai und Juni beschränkt.

Gerade für Malanville wird deutlich, daß sich der Gesamtabfluß des Niger aus zwei sich überlagernden Teilabflüssen zusammensetzt, die grundsätzlich unterschiedlicher Entstehung sind. Während die malinesische Hochwasserwelle auf die Niederschläge im Quell-

⁴⁾ Sie beträgt zwischen Niamey und Malanville 256 km, das entspricht aufgrund des veränderten Flußgefälles einer zusätzlichen Durchflußzeit von ca. 10 Tagen (o. V. 1964 a).

⁵⁾ Minimalabfluß: Ansongo im Mai: 35 m³/sec.; Niamey im Juni: 18 m³/sec.; Malanville im Juni: 53 m³/sec.

gebiet und den Einfluß des Nigerbinnendeltas zurückzuführen ist, wird die sudanische Hochwasserwelle durch die regionalen Niederschläge und den durch sie bedingten Abfluß ausgelöst (vgl. LAUERS Darstellung der Niederschläge in den Tropen Mittelamerikas [W. LAUER, 1975]).

Aus den Figuren 3 a, b, c kann entnommen werden, daß während der Monate August bis Mai bei allen Stationen ein mittlerer Abfluß von mehr als 225 m³/sec. gegeben ist. Diese Abflußmenge⁶⁾ würde ausreichen, um den Wasserbedarf von 150 m³/sec., der für die Bewässerung einer Fläche von 50 000 ha⁷⁾ benötigt wird (M. SALEY, 1974), zu decken.

Da aber im nigrischen Teil des Nigertales keine Tal-sperren zur Speicherung des Wassers bestehen, bietet sich hier zunächst nur die Nutzung der periodisch überfluteten Regionen zwischen dem Niedrigwasserstand im Sommer und dem Hochwasserstand im Winter durch eine kontrollierte Überflutungsbewässerung an. Um Aussagen über die Anwendbarkeit dieser Bewässerungsart in den einzelnen Talabschnitten machen zu können, ist es notwendig, die vom Talquerschnitt abhängigen Flußwasserstände an den einzelnen Stationen zu untersuchen.

III. Der Jahresgang der Flußwasserstände in seiner Abhängigkeit vom Talquerprofil

Die graphischen Darstellungen des Jahresganges der Wasserstände an den Pegeln der Stationen Tillabéry⁸⁾, Niamey und Malanville (Abb. 4 a, b, c) zeigen im Vergleich mit den Kurven des Jahresabflusses eine grundsätzliche Übereinstimmung, die sich sowohl im zeitlichen Auftreten der maximalen und minimalen Wasserstände wie auch in den Wasserstandsveränderungen dokumentiert. Sind die mittleren monatlichen Abflüsse z. B. während der Abflußspitze (Januar/Februar) bei allen Stationen größenordnungsmäßig etwa gleich (1798–2030 m³/sec.), so zeigen sich doch deutliche Unterschiede in der Höhe der Wasserstände. Für die Hochwasserstände im Februar kann an der Station Tillabéry der Medianwert von 2,75 m, für Niamey 3,99 m und Malanville 4,10 m berechnet werden, d. h. es treten hier Differenzen in der Wasserstandshöhe von 1,24 m bzw. 1,35 m auf.

⁶⁾ Medianwerte des monatlichen Abflusses von August bis Mai liegen für die angegebenen Stationen zwischen folgenden Werten: Ansongo: 301–1840 m³/sec.; Niamey: 225–1925 m³/sec.; Malanville: 338–2030 m³/sec.

⁷⁾ Die Fläche der potentiell bewässerbaren Fläche im Nigertal beläuft sich auf ca. 30 000 ha, 2510 ha (1973) werden dort in eingedeichten Bewässerungsanlagen bewirtschaftet (M. SALEY, 1974).

⁸⁾ Die Station Tillabéry ersetzt als nördlichste Meßstelle in der Rep. Niger mit Wasserstandsmessungen über den geforderten Vergleichszeitraum (1952–1972) die bei der Abflußmessung herangezogene Station Ansongo. Für Ansongo liegen keine Wasserstandsmessungen vor.

Desgleichen zeigen sich an den verschiedenen Stationen Unterschiede im zeitlichen Ablauf der Wasserstandsveränderungen. Für Niamey beträgt der Wasseranstieg während der Monate Juli–September im Mittel 4–5 cm/Tag, als Maximalwert wurden aber für die erste Septemberdekade 1945 16 cm/Tag gemessen, als das Wasser von 0,77 m auf 2,37 m anstieg (o. V., 1964 a). Von September bis zum Hochwasserstand (Februar) verlangsamt sich der Wasseranstieg auf 0,9 cm/Tag. Bei starkem Flutverlauf ist dieser Mittelwert gering erhöht, bei schwachem Flutverlauf sinkt er bis auf 0,6 cm/Tag ab. Bei fallendem Wasserstand (März–Juni) kann mit einer mittleren Abnahme von 3,5 cm/Tag gerechnet werden.

Für Malanville gelten ähnliche Werte. Hier wirkt sich zwar der zunehmende Einfluß der sudanischen Nebenflüsse auf den Wasseranstieg (Juli–September) mit 5–6 cm/Tag stärker aus, doch werden mit 0,8 cm/Tag als mittlerer Anstieg zum Hauptmaximum nach dem Sekundärminimum im November und mit 4,0 cm/Tag als mittlere Abnahme bei fallendem Wasserstand die Werte von Niamey nahezu wieder erreicht.

Demgegenüber verläuft die Ganglinie der Nigerwasserstände der Station Tillabéry abweichend. Hier ist gleichermaßen wie im Abflußjahresgang generell nur ein Maximum (Anfang Februar) und ein Minimum ausgebildet. Die lokalen Nebenflüsse vermögen aufgrund ihrer geringen Wasserführung nur schwache Omdulationen der Ganglinien im September hervorzurufen. Bis zu diesem Zeitpunkt steigt der Wasserstand mit 3 cm/Tag bereits langsamer als in Niamey an. Nach diesem Termin flacht die Ganglinie des Wasserstandes in Tillabéry deutlich ab. Der mittlere Anstieg von Oktober bis Februar mit 0,4–0,5 cm/Tag und die mittlere Abnahme bei fallendem Wasserstand mit 2 cm/Tag bleiben hinter den Werten von Niamey und Malanville zurück.

Es kann somit festgestellt werden, daß die Hochwasserphase, orientiert an den Pegelständen, in Tillabéry im Vergleich zu Niamey und Malanville sehr viel gemäßigter verläuft.

Da der Abfluß des Hauptmaximums bei allen Stationen nahezu gleich ist, kann die stark differierende Wasserstandshöhe nur mit der unterschiedlichen morphologischen Ausgestaltung des Talbereiches in den jeweiligen Abschnitten erklärt werden. Im Süden der Republik Niger (nördlich Niamey–Malanville) hat sich der Niger relativ stark in die leicht ausräumbaren, aber durch Eisenkrusten an ihrer Oberfläche geschützten Sedimente des Continental terminal⁹⁾ eingetieft (J. GREIGERT & R. POUUNET, 1967). Sein Bett ist hier weitgehend auf nur eine Abflußrinne festgelegt (Abb. 5 oben).

Im Norden (Ansongo–südl. Tillabéry) fließt der Niger ohne bedeutende Taleintiefung im Bereich einer auf

⁹⁾ Terrestrische Ablagerungen des Tertiär; im folgenden CT.

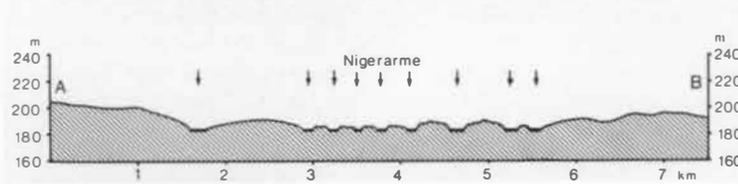
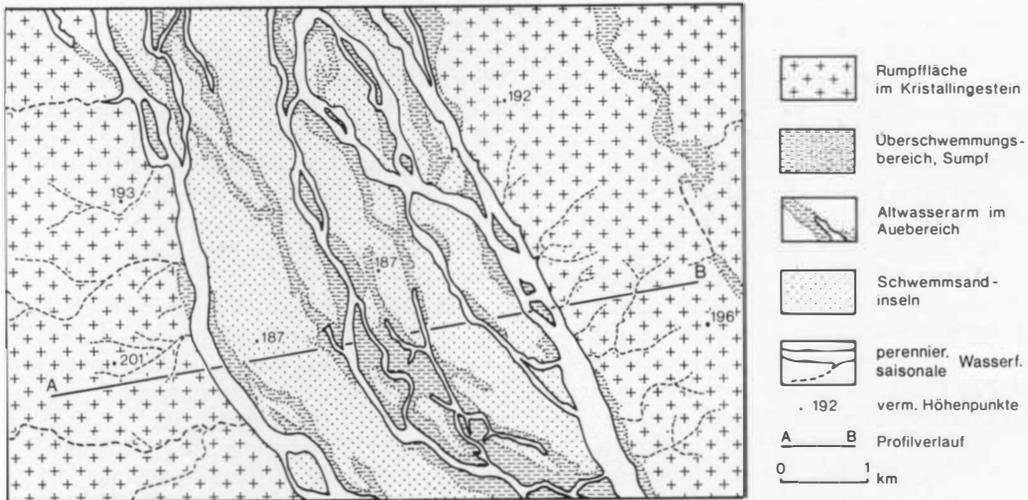
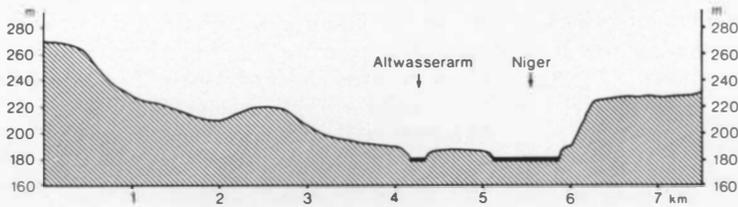
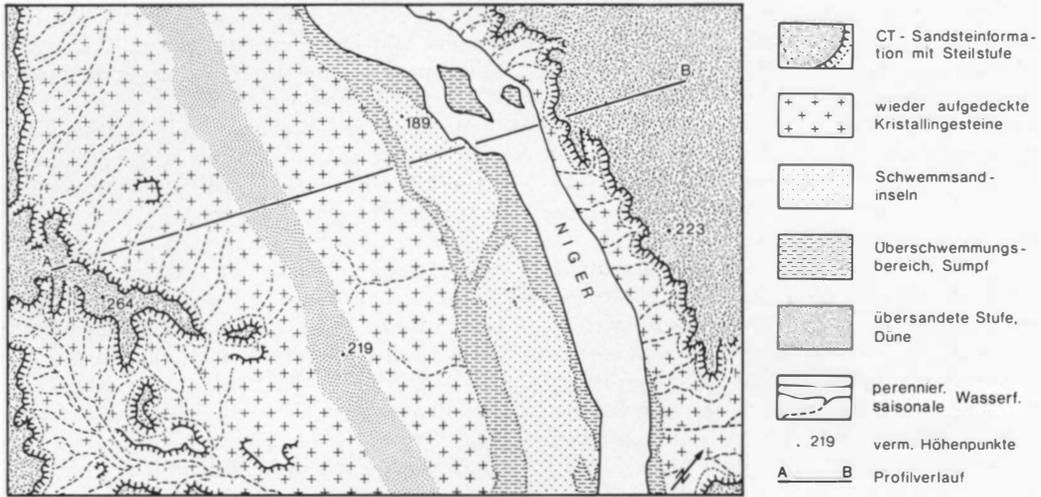


Abb. 5: Hydrologisch-geologische Skizzen des Nigertales mit Talquerprofilen bei Ganda (oben) und Sansané (unten)
 Hydrological-geological sketches of the Niger valley with valley cross-sections at Ganda (above) and Sansané (below)
 Quellen/sources: Top. Karte 1: 50 000
 Geol. Karte 1: 200 000, eigene Kartierung

präkambrischen Gesteinen ausgebildeten weitgespannten Rumpffläche (vgl. H. MENSCHING, 1974). Er ist in diesem Bereich in mehrere Abflusrrinnen aufgespalten (Abb. 5 unten). Die maximale Talbreite (Inseln eingeschlossen) beträgt nördlich Tillabéry ca. 10 km. Eine Erhöhung des Abflusses hat in diesem Flachrelief somit eine bedeutende Ausweitung der wasserbedeckten Fläche bei nur geringer Erhöhung des Flußwasserstandes zur Folge.

Im Nigertal bei Niamey wie auch bei Malanville muß dagegen ein erhöhter Abfluß aufgrund des festgelegten und wenig ausweitbaren Flußbettes zwangsläufig zu deutlicher Erhöhung des Flußwasserstandes führen. Das bedeutet aber gleichermaßen, daß hier bei ablaufendem Wasser der Wasserstand sehr schnell sinkt, während in Tillabéry selbst 30–40 Tage nach dem Scheitelwasserstand nur geringe Abnahmen des Wasserstandes zu verzeichnen sind (vgl. Abb. 4 a, b). Es ergeben sich somit im Hinblick auf die Bewässerungswirtschaft im Nigertal offenbar Bereiche unterschiedlicher Eignung, die im folgenden diskutiert werden sollen.

IV. Möglichkeiten und Probleme der Auswahl von Bewässerungsgebieten auf der Grundlage der hydrologischen und morphologischen Voraussetzungen im Nigertal

Im Bereich der Rumpffläche im Kristallingestein (Region Ansongo–Tillabéry) ist im flächenhaft stark ausgeweiteten Hochwasserbett die Anlage von Bewässerungsflächen auf der Basis der Überflutungsbewässerung offenbar leicht möglich. Zwar stellt der relativ niedrige Hochwasserstand in diesem Bereich, selbst bei der geringen Variabilität seiner Gipfelwerte¹⁰⁾, zunächst einen für die Bewässerungswirtschaft nicht zu vernachlässigenden Risikofaktor dar. Er kann aber durch die entsprechende Wahl der Höhenlage des Bewässerungsprojektes in bezug auf die Amplitude des Wasserstandes eliminiert bzw. kleingehalten werden. Positiv muß dagegen für diesen Bereich (Beispiel Tillabéry) vermerkt werden, daß das Hochwasser während der ansteigenden und abfallenden Phase gemäßigt verläuft. Der Wasserstand von 0,5 m¹¹⁾ unterhalb des Gipfelwertes wird 100 Tage vor dem Scheitelwasserstand über- und 60 Tage danach unterschritten, so daß auf einer Bewässerungsfläche in entsprechender Höhenlage eine Überflutungsbewässerung während 160 Tagen auf der Basis der natürlichen Wasserstandsschwankung des Niger betrieben werden kann. Dieser hier

geforderte Fall einer fünfmonatigen Überflutung tritt nur mit 50%iger Sicherheit auf, d. h. im statistischen Mittel muß alle 4 Jahre¹²⁾ mit einem unzureichendem Wasserstand gerechnet werden.

Soll nun die Überflutung mit 100%iger Sicherheit gegeben sein, so muß die Bewässerungsfläche noch um weitere 0,25 m tiefer (entspricht 0,75 m unter Scheitelwasserstand) angelegt werden.

Im Bereich der Ablagerungen des CT (Raum Niamey–Malanville) findet der Abfluß des Niger überwiegend in nur einer Abflusrrinne statt. Die Talweite beträgt bis zu 2 km. Die Ausweitung der wasserbedeckten Flächen ist somit nur lokal und in geringem Umfang möglich. Hierfür kommen nur ein mehrere hundert Meter breiter Ufersaum und einzelne Altwasserarme in Betracht (Abb. 5 oben). Die erhöhte Amplitude des Wasserstandes in Niamey von 3,94 m (Malanville 4,11 m) im Mittelwert schafft aber besonders in den Altwasserarmen des Niger günstige Voraussetzungen für eine Bewässerungswirtschaft, denn sie werden aufgrund ihrer relativ tiefen Lage bereits zu Beginn der Hochwasserperiode durchflossen. Das bedeutet für den Anbau von Kulturpflanzen (z. B. Reis), daß eine acht- bis neunmonatige Überflutung dieser Areale gegeben ist.

Die Probleme liegen hier aber im fehlenden Schutz vor zu kräftigen Hochwassern, die einerseits zu starker Erosionsgefährdung führen, andererseits in einer zu mächtigen Überflutung, die die Vernichtung der Kulturpflanzen durch „Ertrinken“ nach sich ziehen. Der Anbau in den tieferen Lagen der Altwasserarme ist nur bei ausreichender Sicherung der Bewässerungsflächen durch Deiche mit kontrollierbarer Wasserzufuhr möglich (o. V., 1964 a).

Werden nun, um dieser Schwierigkeit zu begegnen, höherliegende Talbereiche zur Anlage von Bewässerungsland ausgewählt, so treten mit der Unsicherheit des Eintretens optimaler Hochwasserstände und deren Dauer erneute Probleme auf.

Wird die gleiche Forderung wie in Tillabéry an die Stationen Niamey und Malanville (Fig. 4 b, c) gestellt, so zeigt sich, daß der Wert von 0,5 m unter Scheitelwasserstand in Niamey nur während der Dauer von 4 Monaten (70 Tage vor und 40 Tage nach dem Gipfelwert) überschritten wird. Für Malanville werden dagegen 6 Monate errechnet, wobei aber 2 Monate im Bereich des Sekundärmaximums (September/Oktober) und 4 Monate (Dezember–März) im Primärmaximum liegen. Wird gleichermaßen wie in Tillabéry eine fünfmonatige Überflutungsdauer mit 50%iger Wahrscheinlichkeit gefordert, so muß eine Bewässerungsfläche in

¹⁰⁾ Die Variabilität liegt von September bis Februar unter 6,9%, in den Monaten Oktober bis Dezember unter 2,5%.

¹¹⁾ Der Wasserstand von 0,5 m unterhalb des Gipfelwertes wird, berechnet für die Station Tillabéry, für den Zeitraum von November bis März mit 50% Sicherheit erreicht bzw. überschritten.

¹²⁾ 50% aller Werte liegen außerhalb der 0,674fachen Standardabweichung, davon eine Hälfte auf Seiten der Hochwasserstände und die andere Hälfte auf Seiten der Niedrigwasserstände. Das Risiko, daß der geforderte Niedrigwasserstand nicht erreicht wird, beträgt somit 25%. Das Ereignis tritt also im Mittel nur alle 4 Jahre auf.

Niamey mindestens 0,88 m unter Scheitelwasserstand (bei 100%iger Sicherheit sogar 1,18 m) liegen. Für Malanville wird bei 50%iger Überflutungssicherheit der Minimalwert von 0,67 m errechnet, wobei die Überflutungsperiode zweigeteilt ist; 100%ige Sicherheit wird erst bei 1,07 m unter Scheitelwasserstand erreicht.

Diese hier errechneten Werte stellen die maximale Höhenlage der natürlichen Bewässerungsareale unter dem Scheitelwasserstand dar, bei denen eine 50%ige bzw. 100%ige Sicherheit der Überflutung zugrundegelegt wird. Doch muß bei der Auswahl und Beurteilung von Bewässerungsland berücksichtigt werden, daß sich als weiterer anbaubegrenzender Faktor neben der bereits diskutierten Überflutungsdauer auch die maximal zulässige Überflutungshöhe der Bewässerungsfläche auswirkt. Sie darf für die Naßreiskulturen, die überwiegend auf der Basis des Bewässerungsfeldbaus angelegt werden, höchstens 0,8–1,0 m betragen (o. V., 1964 b), so daß höher überflutete Bereiche für eine Nutzung durch den Naßreisbau wieder ausfallen. Dieser Fall tritt häufig in den bei Hochwasser noch stark durchflossenen Altwasserarmen auf (vgl. B. JANKE, 1973).

Der Vergleich der drei nigrischen Stationen zeigt, daß zwar bei allen Stationen Möglichkeiten für die Anlage von Bewässerungsprojekten auf der Grundlage des Überflutungsfeldbaus gegeben sind, daß jedoch die betrachteten Talabschnitte aufgrund ihres differenzierten Talreliefs und der an sie gebundenen Wasserstände unterschiedliche Eignungen aufweisen.

So verfügt der Nordbereich im Streckenabschnitt zwischen Ansongo und südlich Tillabéry nahezu auf der gesamten Tallänge aufgrund seiner natürlichen Voraussetzungen (gemäßiger Hochwasserverlauf, breiter Hochwassergipfel, geringe Variabilität, Flachrelief im Überschwemmungsbereich kann bereits durch niedrige Deiche vor unkontrollierter Überflutung gesichert werden) über eine gute Eignung. Im Südbereich des Nigertales (südlich Tillabéry–Malanville) dagegen läßt sich wegen des stärker akzentuierten Hochwasserverlaufs mit hohen Wasserständen (bis 1,35 m über Tillabéry), wegen höherer Raten des Wasseranstiegs bzw. -abfalls, erhöhter Variabilität sowie steilerer Talhänge, die z. B. zu aufwendigeren Deichbauten führen, nur in wenigen bestimmten Talbereichen (z. B. Altwasserarme, Gleithänge) eine natürliche Eignung für die Anlage von Bewässerungsflächen erkennen.

In bestehenden Bewässerungsanlagen (1973: 2510 ha [M. SALEY, 1974]), die in den dargestellten Gunstbereichen liegen, wird primär die natürliche Wasserstandscharakteristik des Niger zur kontrollierten Überflutungsbewässerung genutzt. Da die Bewässerungsgebiete aber je nach ihrer Höhenlage im Überflutungsbereich bei auftretenden schwachen Hochwassern des Niger vorzeitig trockenfallen und die Überflutungsbewässerung bereits vor Abschluß der Wachstumsperiode beendet ist, erfüllen sie heute in ihrer einfachen und

kostensparenden Grundkonzeption nicht mehr die an sie gestellten wirtschaftlichen Anforderungen.

Diese Bewässerungsanlagen wurden zunehmend mit Pumpen zur Zusatzbewässerung ausgestattet, um gravierende Ernteverluste zu vermeiden bzw. die Bewässerungsperiode zu verlängern (vgl. B. JANKE, 1973).

Jüngste Bewässerungsanlagen, z. B. Fouinza, sind bereits mit einem leistungsfähigen Pumpensatz versehen, um eine möglichst ganzjährige Wasserversorgung und damit den kontinuierlichen Anbau von hochwertigen Kulturpflanzen zu gewährleisten.

V. Zusammenfassung

Die Wasserführung des Niger, der als Fremdlingfluß den Westteil der Republik Niger durchfließt, unterliegt einer zeitlichen wie regionalen Modifikation, die einerseits von seinen Quellflüssen und dem Nigerbinnendelta, andererseits durch den saisonalen Zufluß seiner sudanischen Nebenflüsse bestimmt wird. Hohen Abflüssen im September bis April stehen extrem schwache Abflüsse in den Sommermonaten (Mai–August) gegenüber. Da die Winterabflüsse wegen fehlender Staudämme nicht gespeichert und für eine ganzjährige Bewässerung genutzt werden können, bleibt dieses hydrologische Potential weitgehend ungenutzt. Im Nigertal konnten somit bisher nur die der natürlichen Schwankungsbreite zwischen Hoch- und Niedrigwasserständen unterliegenden Talbereiche saisonal durch eine kontrollierte Überflutungsbewässerung inwertgesetzt werden.

Während im Nordabschnitt (Ansongo–südl. Tillabéry) hohe Abflüsse im Flachrelief zu erheblicher Ausweitung der wasserbedeckten Fläche führen und somit generell natürliche Voraussetzungen für eine kontrollierte Überflutungsbewässerung schaffen, wirken sich im Abschnitt südl. Tillabéry bis Malanville starke Abflüsse in einem relativ engen und festgelegten Tal nur durch eine deutliche Erhöhung der Wasserstände aus, wobei nur flache Gleithänge und Altwasserarme überflutet werden. Nur sie besitzen hier eine gute natürliche Eignung als Bewässerungsland.

Obwohl eine sehr deutliche regionale Differenzierung in der Eignung als Bewässerungsland aufgrund des natürlichen Potentials (bes. Abflußverhalten, Wasserstände, Talrelief) in dieser Talandschaft besteht, muß das Nigertal doch insgesamt als Agrarraum mit zunehmend wachsender Bedeutung innerhalb der Republik Niger angesehen werden.

Literatur

- CHAROY, J.: Les cultures irriguées au Niger. *L'agronomie tropicale*, 9, 1971, S. 979–1002.
 DONAINT, P. u. F. LANCRENON: *Le Niger*. Paris, 1972.
 GREIGERT, J. u. P. POGNET: *Essai de description des Formations géologiques de la République du Niger*. Mém. BRGM, Nr. 48, Paris, 1967.

- GUILLAUME, M.: Les aménagements hydro-agricoles de riziculture et de culture de décrue dans la vallée du Niger. *L'agronomie tropicale*, 1, 1960, S. 73–91.
- HARRISON-CHURCH, R. J.: *West-Africa*. Suffolk, 1968.
- HERRMANN, R.: Methoden und Ergebnisse einer hydrogeographischen Landesaufnahme von Ostnigeria. *Erdkunde*, Bd. XXII, H. 2, 1968, S. 89–100.
- JANKE, B.: Naturpotential und Landnutzung im Nigertal bei Niamey/Rep. Niger. *Jahrb. d. Geogr. Ges. Hannover für 1972*, Hannover, 1973.
- : Regenfeldbau und Bewässerungsfeldbau im Niger und ihre Bedeutung besonders in Dürrezeiten. *Afrika-Spectrum*, H. 3, 1974, S. 268–277.
- LAUER, W.: Vom Wesen der Tropen. *Akad. d. Wiss. u. d. Lit., Abh. math.-naturwiss. Kl.*, Nr. 3, 1975.
- LEMOINE, L. u. J. C. PRAT: Cartes d'évapotranspiration potentielle. Comité interafr. d'études hydrauliques, Série climatologie, Ouagadougou, 1972.
- MANSHARD, W.: Der Ablauf der Regenzeit in Westafrika dargestellt an Beispielen aus Ghana. *Gießener Geogr. Schr.*, H. 2, 1962, S. 47–81.
- MENSCHING, H.: Der Sahel in Westafrika. *Hamburger Geogr. Stud.*, H. 24, 1971, S. 61–73.
- : Aktuelle Morphodynamik im afrikanischen Sahel. *Abh. d. Akad. d. Wiss. in Göttingen, Math.-phys. Kl.*, III, 29, 1974, S. 22–38.
- MOHR, B.: Die Reiskultur in Westafrika. *Afrika-Studien* Nr. 44, IFO-Inst. f. Wirtschaftsforschung, München, 1969.
- MORGAN, W. u. PUGH, J. G.: *West-Africa*. London, 1969.
- PARDÉ, M.: *Fleuves et rivières*. Collection U, Paris, 1968.
- RODIER, J.: Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'Ouest du Congo. ORSTOM, Paris, 1964.
- SALEY, M.: Perspectives de couverture des besoins alimentaires au Niger. *Nigerama*, Nr. 1, 1974, S. 55–59.
- o. V.: Etudes sur les possibilités d'aménagement hydro-agricole de la vallée du Niger. Notes hydrologiques, Etudes sur le terrain et études économiques. IFAGRARIA, Rom 1964 a.
- o. V.: Aménagement hydro-agricole de la cuvette de Kou-toukalé. Etudes pédologiques des cuvettes et des terrasses. IFAGRARIA, Rom, 1964 b.
- o. V.: Etude pédologique du Niger occidental. Rapport général. ORSTOM, Dakar-Hann, 1965.
- o. V.: Aménagement hydro-agricole de terrasses et cuvettes dans la vallée du fleuve Niger. SOGETHA, Grenoble, 1970 a.
- o. V.: Monographie hydrologique du Bassin du Niger. Le Niger moyen. ORSTOM, Paris, 1970 b.
- o. V.: Annuaire hydrologique du Niger. *Jahresberichte bis 1974*, ORSTOM, Paris, 1974.

THE SPHERE OF INFLUENCE OF KHARTOUM CONURBATION, SUDAN

With 6 figures

EL-SAYED EL-BUSHRA

Zusammenfassung: Die Einflußsphäre der Konurbation von Khartum, Sudan.

Die Konurbation von Khartum (Khartum, Khartum Nord und Omdurman) liegt an einem Knotenpunkt, der alle nationalen Routen beherrscht. Die Leichtigkeit der Kommunikation mit dem Rest des Landes hat es der Dreier-Kapitale möglich gemacht, kommerzielle, edukative, medizinische und administrative Dienste sowohl auf den regionalen als auch auf den nationalen Bereich auszudehnen. Mit der Verbesserung der Kommunikationsmittel wird der Einfluß der Konurbation auf das übrige Land notwendigerweise wachsen. Eine genaue Untersuchung von in Feldarbeit erhobenen Daten hat deutlich gemacht, daß die Einflußsphäre der Dreier-Stadt aus einem primären und einem sekundären Hinterland besteht. Das erste, das sich auf ein Gebiet innerhalb eines Radius von 70 km erstreckt, hat starke soziale und ökonomische Bindungen zum urbanen Komplex, während im zweiten Fall, der das ganze Land einschließt, diese Bindungen ziemlich schwach sind. Die Studie hat auch gezeigt, daß einige der Indikatoren, die bei der Abgrenzung des Hinterlandes von Städten von europäischen und amerikanischen Geographen benutzt werden, im Falle Khartums nicht anwendbar sind auf Grund von Unterschieden in den sozio-ökonomischen Gegebenheiten.

Nichtsdestoweniger ist dennoch ein Versuch unternommen worden, das Hospital- und das Großhandelsgebiet der Dreier-Stadt zu bestimmen.

Khartoum conurbation, the national capital of the Democratic Republic of the Sudan, is made up of the three cities of Khartoum, Khartoum North and Omdurman situated around the confluence of the Blue and White Niles (Fig. 1). This large urban agglomeration is the most dominant in the nation culturally, politically, economically and demographically. The Three Towns form the largest marketing and distributing centre in the country, and provide specialized shopping, medical, and educational facilities not only for their own region, but also for the nation at large. So as to render these services for a large number of people throughout the country, the urban complex has, during the last seventy years, developed a well-organized network of communications. The Khartoum conurbation is located at a nodal point commanding all national routes, and as such it is the most accessible by river, rail, road and air (DOXIADIS, 1959). Although for a vast country