Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 89 (1971)
Heft: 26

Artikel: Die Regulierung des Flusses Senegal und ihre Problematik
Autor: Stamm, Conrad
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-84913

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 25.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

HERAUSGEGEBEN VON DER VERLAGS-AKTIENGESELLSCHAFT DER AKADEMISCHEN TECHNISCHEN VEREINE, 8021 ZÜRICH, POSTFACH 630

An die Leser der Schweizerischen Bauzeitung

Gestern hat Redaktor *Adolf Ostertag* seinen letzten Arbeitstag als Redaktor der Schweiz. Bauzeitung vollendet; von heute an steht er zur Redaktion im Verhältnis eines freien Mitarbeiters. Nachdem er vor kurzem sein 76. Lebensjahr vollendet hatte, hielt es der Verwaltungsrat für geboten, ihn von den straffen Verpflichtungen zu entbinden, die einem Redaktor obliegen, und seinem immer noch in völliger Frische tätigen Geist eine Möglichkeit zu freierer Betätigung zu bieten. Der Verwaltungsrat konnte diesen Schritt um so eher tun, als der maschinentechnische Teil der Zeitschrift, wie schon seit längerer Zeit, so auch fortan von *Max Künzler,* Masch.-Ing. SIA, betreut wird, welcher für eine Weiterführung der Redaktion nach soliden Grundsätzen alle Gewähr bietet.

Da Ing. Ostertag gesonnen ist, sein freies Mitarbeitsverhältnis sehr sorgfältig zu pflegen, gilt es heute nicht, Abschied von ihm zu nehmen. Eher handelt es sich um eine Veränderung des formalen Status unseres Kollegen, der unsern Lesern auch in Zukunft aus seinen Lieblingsgebieten: Energie, Wärme- und Kältetechnik und insbesondere «Natur, Mensch und Technik» noch manchen Beitrag verschaffen und um die so nötige Klärung grundlegender Lebensfragen bemüht sein wird. So hoffen wir für uns, für unsere Leser und für ihn selber. Aber Dank sei ihm heute schon gesagt für sein bisheriges Wirken, das er als Redaktor vor genau 26 Jahren, am 1. Juli 1945, begonnen hat und dem wir, nebst der intensiven Arbeit an den uns zugesandten Manuskripten, weit über 100 kleine, grössere und grosse Beiträge verdanken.

Der Präsident der Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Otto A. Lardelli

Die Regulierung des Flusses Senegal und ihre Problematik

DK 627.42

Von **Conrad Stamm**, dipl. Ing. ETH, Basel

Mit diesem Beitrag, der leider aus Rücksicht auf die Belastung der Druckerei durch das SIA-Sonderheft der vergangenen Woche nicht mehr in Heft 24 aufgenommen werden konnte, schliesst die Reihe der Prof. Dr. *Charles Jaeger* zum 70. Geburtstag gewidmeten Aufsätze. Für deren Beschaffung war uns der Verfasser der vorliegenden Arbeit, *Conrad Stamm,* dipl. Ing., besonders behilflich, wofür wir ihm auch hier unseren besten Dank aussprechen. *Red.*

Im Nachgang zum Naturschutzjahr 1970 soll am Beispiel des von der Technik noch fast unberührten Einzugsgebietes des Flusses Senegal (Westafrika) gezeigt werden, welche problematischen, teils sogar negativen neben den eindeutig positiven Auswirkungen einer Flussregulierung voraussehbar sind. Die mit solchen Vorhaben zusammenhängenden Probleme wurden der oft heiklen Gesichtspunkte wegen bisher mit grosser Zurückhaltung behandelt. Es besteht daher auf diesem Gebiet nicht nur eine Studien- und Untersuchungs-, sondern auch eine gewisse Informationslücke [1].

Der Verfasser dieser Zeilen war 1967/69 in Westafrika und in der Schweiz als Mitarbeiter der Studiengemeinschaft Senegal-Consult [2] für Unterlagenbeschaffung und Hydrologie tätig. Er möchte die auf eine allgemeine Beschreibung des Senegals folgenden Hinweise zur Flussregulierung nicht als Kritik, sondern als Anregung zur umfassenden Planung und einwandfreien Lösung weiterer und ähnlicher Entwicklungsaufgaben verstanden wissen. Ferner stellt er fest, dass die in der vorliegenden Arbeit geäusserten Gedanken seine persönliche Meinung zum Ausdruck bringen und die Senegal-Consult in keiner Weise verpflichten.

I. Teil: Beschreibung des Senegalgebietes

1. Der Fluss Senegal und sein Einzugsgebiet

Der Senegal, mit 1800 km Länge einer der grossen Flüsse Afrikas, entspringt im Fouta-Djallon-Gebirge in Guinea auf einer Höhe von rund 800 m ü.M., beschreibt auf seinem Lauf (im oberen Teil Bafing genannt) einen weiten Halbbogen in den Richtungen Nord-Ost, dann Nord und West, bis Süd-West und mündet südlich der Stadt Saint-Louis in den Atlantischen Ozean (Bild 1). Er durchquert den Norden Guineas, den westlichen Teil der Republik Mali und bildet im Unterlauf die Grenze zwischen den Ländern Mauretanien und Senegal. Der Fluss trägt diesen gleichen Namen unterhalb des Zusammenflusses des wasserreichen Bafing (Länge 750 km) und des von Süd-Osten aus dem Plateau Mandingue kommenden Bakoye (560 km), der seinerseits aus Nord-Osten den Baoulé (630 km) aufnimmt. Der einzige bedeutende Zufluss des Senegals ist die von Süden einmündende Falémé (620 km); aus Nord-Osten führen die Seitenflüsse Kolombiné, Karakoro und Gorgol nur während der Regenzeit nennenswerte Wassermengen.

Das rund 330000 km² umfassende Einzugsgebiet – im folgenden kurz Senegalgebiet genannt – gliedert sich in drei verschiedene Regionen: die im Süden liegende, gebirgige und bis zur Stadt Bakel reichende Nährzone, das flache und breite Flusstal (Vallée) und das unterhalb der Stadt Dagana anschliessende Delta. Auf ihrem scheinbaren Gang überstreicht die Sonne zweimal jährlich das ganze Senegalgebiet im Scheitelpunkt (im April gegen Norden und im August gegen Süden) und steuert damit das Wettergeschehen und die klimatischen Verhältnisse. Diese werden beeinflusst durch die Verschiebungen der «Intertropikalen Front» (FIT), welche die trockenen, tropischen Luftmassen im Norden von den feuchten, äquatorialen im Süden scheidet. Zu Jahresbeginn erzeugen die über den Azoren und bis in die Sahara sich erstreckenden Hockdruck- gegen die äquatorialen Tiefdruckzonen Luftströmungen, die als frische und leicht feuchte Winde (Alizés) hauptsächlich im Westen des Festlandes auftreten, aber nur selten Niederschläge (Heug) verursachen. Im Februar weichen sie den heissen, längs der FIT aus Nord-Osten wehenden trockenen Wüstenwinden (Harmattan).

Die scheinbare Bewegung der Sonne gegen Norden bewirkt eine starke Erwärmung des Kontinents und damit die Bildung von Tiefdruckzonen, die sich im späteren Frühling mit den äquatorialen vereinen. Der Vorstoss der FIT nach Norden bis zum 22. Breitengrad (August) hat zur Folge, dass die feuchten Süd-West-Winde (Mousson) dem ganzen Senegalgebiet während der Regenzeit (Hivernage) Niederschläge bringen. Diese fallen meist während Tropengewittern (Tornades) und erreichen am Südrand, das heisst im Fouta-Djallon, dem «Wasserschloss» Westafrikas [3], Jahreshöhen von über 2000 mm (April bis Oktober), im Norden jedoch nur noch durchschnittlich 250 mm (Juli bis September), hier allerdings in sehr unregelmässiger und sporadischer Art. Nach dem Rückzug der FIT gegen Süden dominieren wieder die Alizés, bevor der Harmattan erneut auftritt. In der Gebirgsregion mildern Nebel die heisse Trockenzeit [4].

Unterschiedliche Niederschlags- und Vegetationsgürtel veranlassten die Fachleute zur Abgrenzung mehrerer Klimazonen. Im gebirgigen und bewaldeten Süden des Senegalgebietes herrscht das «Climat foutanien» oder «Régime tropical de transition» [5] mit Jahresniederschlägen von rund 2200 bis 1500 mm. Das im Norden anschliessende tafelförmige Gebiet, welches Bafing und Senegal zwischen der Grenze von Guinea und Bakel durchfliessen, ist durch das «Climat soudanien» oder «Régime tropical pur» gekennzeichnet (Niederschlagshöhen zwischen 1500 und 750 mm). Die Vegetation geht von lichten Wäldern (Süden) allmählich in Savannen mit einigen Holzgewächsen (Norden) über. Auf einer Linie Dakar–Bakel–Ségou (Mali) vollzieht sich der Übergang zum semi-ariden «Climat sahélien» (Niederschläge 750 bis 250 mm). Eine lange und heisse Trockenzeit (Oktober bis Juni) schmälert den Pflanzenwuchs (einzelne Büsche und stachelige Steppengewächse). Die Nord- und Nord-Ost-Grenzen des Senegalgebietes sind in der weiträumigen, wüstenartigen und praktisch abflusslosen Landschaft kaum noch bestimmbar. Im Mündungsgebiet des Flusses macht sich der Einfluss des Ozeans geltend; die Küstenzone untersteht dem gemässigten, aber niederschlagsarmen, sogenannten «Climat subcanarien» [6].

In geologischer Hinsicht lassen sich folgende Formationen erkennen: ein präcambrischer Sockel aus sehr alten, stark gefalteten und infolge von Injektionen granitischer Eruptivgesteine metamorphisierten Sedimenten; alte, mächtige und sandsteinartige, von Doleritadern durchstossene Sedimentschichten aus dem Infracambrium und dem Primär sowie im Unterlauf des Senegals Ablagerungen aus dem Tertiär und dem Quartär, teilweise von älteren oder rezenten Sanddünen überdeckt.

Die Suche nach Rohstoff-Lagerstätten ist im Gange; neben einigen reichen Vorkommen an Bauxiten und Eisenerzen (Haematiten und Magnetiten) sind auch lokale Funde von Blei, Diamanten, Gold, Kupfer, Lithium, Mangan, Molybdän, Tantal, Thorium, Uran, Zinn u.a. sowie von Graphit, Kalkstein, Kaolin, Phosphaten und Quarziten für einen künftigen Abbau erfolgverheissend [7].

2. Das Abflussregime des Senegals

Der Senegal weist mit seiner unausgeglichenen Wasserführung tropische Abflussverhältnisse auf [5]. Der jährliche Wechsel zwischen Hoch- und Niederwassern wäre noch ausgeprägter, würden nicht zahllose Mäander seiner Zuflüsse den Ablauf der Fluten während der Regenzeit etwas hemmen. Gesteinsbänke verschiedener Härte geben Anlass zu zahlreichen Unregelmässigkeiten längs der Flussläufe; zwischen Stromschnellen und Fällen (u.a. Gouina, Bild 2, und Félou) liegen in Treppenform flache und tiefe, stets wassergefüllte Bettstrecken.

Die im Sommer auftretenden Hochwasser sind grössen- und datummässig zur Hauptsache von den auf die Gebirgsregion gefallenen Regenmengen abhängig. Ereignen sich Regenfälle im Mittel- oder Unterlauf des Flusses während des Durchganges der Flutwelle (Crue), so kann sie gewaltig

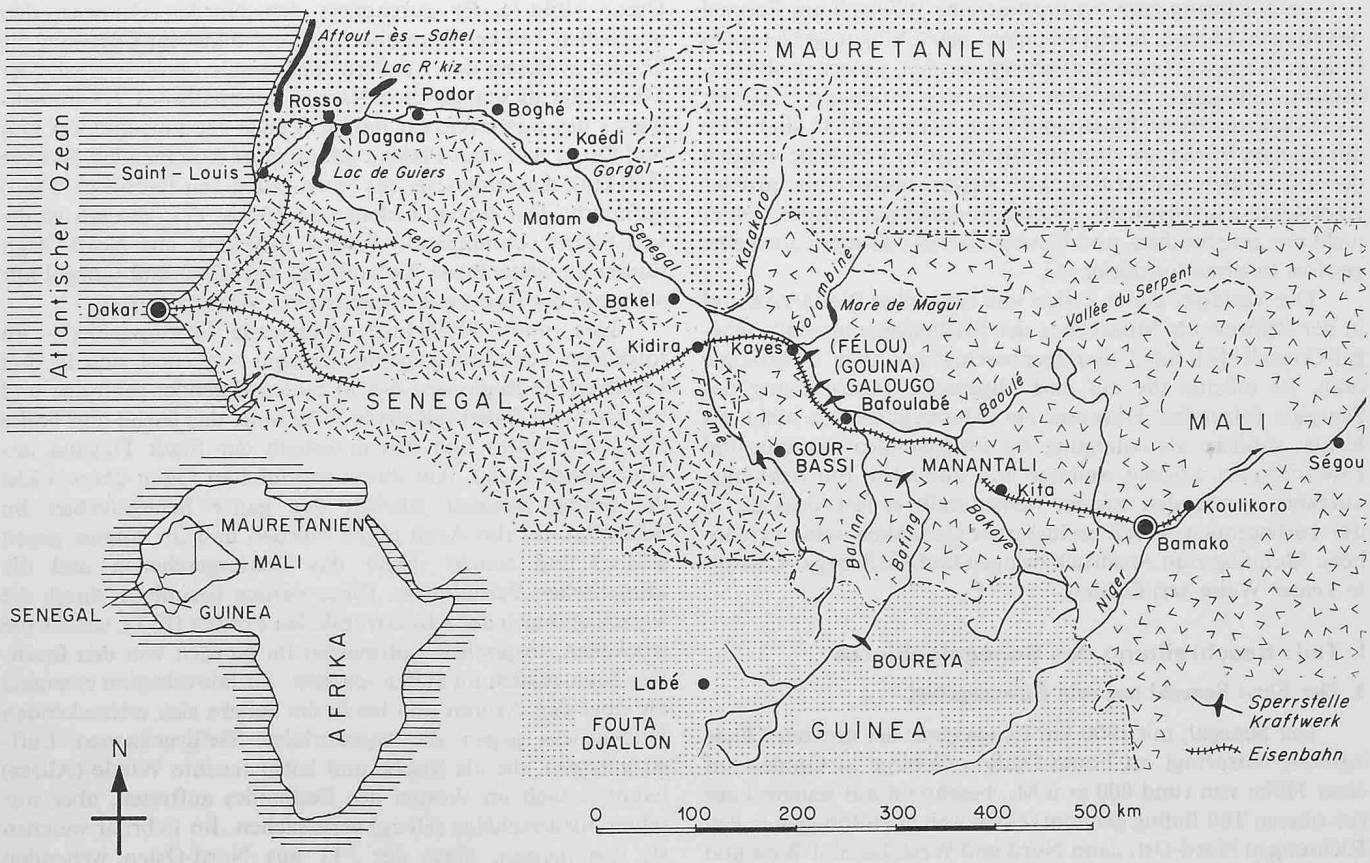


Bild 1. Das Einzugsgebiet des Flusses Senegal in Westafrika. Massstab 1:8 000 000

anschwellen (wie zum Beispiel 1950). Im Bafing pflanzen sich die Hochwasserwellen mit rund 170 km pro Tag rasch fort; im flachen Vallée hingegen verlangsamt sich das Vordringen der Flut auf rund 17 km/Tag.

Bei Bakel endet die Nährzone (218000 km²); dort führt der Senegal 800 km oberhalb der Mündung und nur noch 16 m ü.M. seine grösste Wasserfracht, die im Mittel der Jahre 1903 bis 1968 rund 770 m³/s, das heisst jährlich 24,3 Mrd m³ betrug. Die Abflüsse schwankten in diesem Zeitraum zwischen 9 (1913) und 39 Mrd m³ (1924). Meistens können während der Hochwasserperiode (Mitte Juli bis Oktober) bei Bakel mehrere Abflussspitzen beobachtet werden, deren höchste im Jahresmittel 4800 m³/s erreicht (normalerweise Mitte September). Die Extremwerte liegen zwischen 9400 m³/s (1906) und nur 1040 m³/s (im Trockenjahr 1913). Das 100- und das 1000-jährige Hochwasser wurde mit den üblichen Methoden zu 10700 bzw. 13000 m³/s berechnet [8].

Unterhalb Bakel vereinigen sich die einzelnen Abflussspitzen der Regenzeit zu einer einzigen Hochwasserwelle, da der Fluss im flachen Vallée oft schon im Juli über die Ufer tritt und weite Gebiete der Alluvialebene (3000 bis 8000 km²) auf Breiten von 10 bis 25 km überschwemmt (Bild 3); etwas später ereignet sich das selbe im Delta. So machen die Fluten das zwischen zwei wüstenähnlichen Ufern gelegene Flusstal zur grünen Oase und bedecken grosse Anbauflächen mit fruchtbarem Flussschlamm. Das mäanderreiche Hauptbett, zahlreiche Nebenarme (Marigots), Sümpfe, Mulden (Oualos) und grosse Depressionen (Lac Rkiz und Aftout-ès-Sahel in Mauretanien und Lac de Guiers usw. in Senegal) füllen sich im Herbst mit enormen Wassermassen, von denen ein beträchtlicher Teil verdunstet und ein anderer später abfliesst. Die verminderte Flutwelle erreicht die Stadt Saint-Louis normalerweise anfangs November.

Grosse, mit Schäden verbundene Hochwasser traten 1841, 1890, 1906, 1922, 1936, 1950 und 1958 auf; anderseits verursachten die Trockenjahre 1902, 1913, 1944 und 1968 schlimme Ernteausfälle. Solche können allerdings auch bedingt sein durch Heuschreckeninvasionen, Überhandnehmen des Mange-Mil (eines kleinen, körnerfressenden Vogels, Quelea quelea L.) oder durch das zu frühe Eintreffen des Harmattans.

Im Oktober und November gehen die Hochwasser rasch zurück. Nach dem Rückzug des Wassers säen rund 400000 Bewohner des Vallée, die dem traditionellen Ackerbau (Culture de décrue) obliegen, in die noch nasse Erde Hirse und ernten diese schon nach wenigen Monaten der Reife. Die Anbaufläche umfasst je nach Ausmass der vorangegangenen Überflutung 80000 bis 250000 Hektaren (im Mittel 130000 ha). Sehr grosse, kleine und späte Hochwasser schmälern die Ernten. Bis zum Monat Mai oder Juni sinkt die Wasserführung des Senegals bei Bakel auf Werte von 10 m³/s und weniger (1902, 1913 und 1967 praktisch auf Null). Dann kommen im 300 bis 400 m breiten Hauptbett die rund 50 für die Schiffahrt (Bild 4) gefährlichen felsigen oder sandigen Untiefen zum Vorschein.

Die starke Verdunstung übersteigt im Flussbett während der Trockenzeit den Zufluss bei weitem. Daher senkt sich der Wasserspiegel im Unterlauf derart, dass vom Januar an Meerwasser durch die Mündung einströmt und flussaufwärts bis Dar-Salam (220 km oberhalb Saint-Louis) gelangt; Ebbe und Flut machen sich sogar bis Diouldé-Diabé (440 km) bemerkbar. Gegen das Eindringen des Salzwassers ins Landesinnere [9] und die damit verbundene Versalzung des Grundwassers und der lehmigen Böden im Deltagebiet wurde eine Reihe von Stauwehren an den zahlreichen Nebenarmen des Senegals erstellt; für die Abriegelung des 500 m breiten und bis 20 m tiefen Hauptbettes im Norden von Saint-Louis liegt ein Projekt mit Schiffschleusen vor. Oberhalb der Flussmündung vereinigen sich die vielen Seitenarme wieder mit dem Strom. Die von Winden und Meeresströmungen geförderte Bewegung der Küstensande gegen Süden führte zur Bildung einer schmalen Landzunge (Langue de Barbarie) zwischen Fluss und Ozean. Hinter dieser Barriere liegt auf einer Flussinsel die Stadt Saint-Louis (60000 Einwohner). Die unstabile Mündung wird immer weiter nach Süden gedrängt; in früheren Zeiten lag sie 66 km nördlich der Stadt, 1850 jedoch 3 km und 1958 bereits 27 km südlich. Im Jahre 1959 erfolgte ein Durchbruch beim Kilometer 17 [10]. Wandernde Sandbänke behindern die Einfahrt von Schiffen (Bild 4) in den Senegal. Aus Messungen der Feststofführung abgeleitete Schätzungen ergaben, dass jedes Jahr etwa 3 Mio m³ feinsten Fluss-Schlammes ins Meer gelangen [11]. Eine gleichgrosse Feststoffmenge lagert der Rhein im Bodensee ab.

3. Klimatologie und Hydrologie

Die Kenntnis der klimatologischen und hydrologischen Verhältnisse im Bereich des Senegalgebietes fusst auf Beobachtungen, welche bei einer Vielzahl von Messstationen (11 synoptischen, 18 klimatischen, rund 50 Regenmess- und etwa 40 Wasserstandsmess-Stationen) vorgenommen werden [8]. Die täglichen Ablesungen der Flusswasserstände an Pegeln setzten kurz nach der Jahrhundertwende ein, meteorologische Aufzeichnungen im allgemeinen später (zum Teil seit Beginn der 20er Jahre). Das Netz der Messstationen ist zwar weitmaschig, und die Beobachtungsreihen weisen oft bedauerliche Lücken und Qualitätsmängel auf, aber die nötigen Schlüsse können daraus doch gezogen werden.

Das Jahresmittel der Temperaturen liegt in der Nähe von 30°C; Minima werden im Januar und Maxima vor Beginn der Regenzeit (je nach Breitenlage von März bis Juni) verzeichnet. Die Luftfeuchtigkeit erreicht Maximalwerte im Süden (während 5 Monaten 98%) und übersteigt dort im Jahresmittel 60%, im Norden unterschreiten diese 50%. Minimalwerte liegen bei 10% (zum Beispiel in Kayes). Die Niederschläge fallen fast ausschliesslich während der Regenzeit, die im Süden 8 und im Norden nur noch 3 Monate dauert; dort zeigen sich grosse Unregelmässigkeiten der Jahresmittel im Ausmass von 1:5. Die Verdunstung, eine schwer messbare und äusserst komplexe Komponente der Klimatologie, steigt vom Süden (rund 1,5 m pro Jahr) nach Norden an (stellenweise über 4 m). Der Abflusskoeffizient schwankt bei Bakel zwischen 10% und 20%. Das mittlere monatliche Verhalten einiger wichtiger Klimaelemente ist für die Stadt Kayes, die im Zentrum des Senegalgebietes liegt, in Bild 5 dargestellt.

Die Zusammenstellung und Auswertung der erhobenen meteorologischen Daten wird von den zuständigen Ämtern der vier Uferstaaten des Senegals unternommen; für die gleichartige Bearbeitung der hydrologischen Werte (Wasserstandsablesungen und Abflussmessungen) bemühten sich bis dahin die MAS [13], SHM, ORSTOM und SENCO. Unentbehrliche und als Ergebnis eines unermesslichen Arbeitsaufwandes vorliegende Veröffentlichungen von R. Maurice [14], J. Rodier [5], M. Roche [15], C. Rochette [16], G. Jaccon [17], [18] und ORSTOM [19] bildeten die Grundlagen, welche erst eine Regulierungsstudie des Flusses Senegal ermöglichten.

4. Die Bevölkerung des Senegalgebietes und deren Tätigkeitsbereich

Im Einzugsgebiet des Flusses Senegal sind zur Zeit rund 1,7 Mio Menschen ansässig (0,4 in Guinea, 0,7 in Mali, 0,2 in Mauretanien und 0,4 in Senegal), von welchen 90% Landwirtschaft, Viehzucht oder Fischfang betreiben. Die natürliche Zuwachsrate beträgt rund 2,5% pro Jahr; es ist allerdings eine starke Abwanderung junger Leute in die Städte (Dakar usw.) festzustellen. Im Mittel liegt die Bevölkerungsdichte bei 5 Personen pro km²; in Teilen der Gebirgsregion und in der Umgebung von Bakel steigt sie auf 50, sinkt aber andernorts, zum Beispiel im Delta auf 1 und im Norden noch tiefer. Dort

finden sich hauptsächlich Mauren, im Süden Peuhls und im Delta Wolofs, im Landesinnern Toucouleurs, Sarakolés, Kassonkés, Malinkés, Dialonkés u.a.

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche umfasst 2,5% des Senegalgebietes, nämlich 140000 ha in Guinea, 400000 ha in Mali, 100000 ha in Mauretanien und 200000 ha in Senegal. In Vallée und Delta dienen weniger als 40% der nutzbaren Fläche dem Ackerbau; der Rest liegt brach. Neben der «Culture de décrue» in der Überschwemmungszone wird auch der etwas höher gelegene Boden im Umfang von 90000 bis 190000 ha (je nach Witterungsverlauf in der Regenzeit) bebaut, wobei den Kulturen nur die vom Regen stammende Wassermenge zur Verfügung steht. Die jährliche Agrarproduktion des ganzen Gebietes belief sich anfangs der 60er Jahre auf etwa eine halbe Mio t; davon entfiel die Hälfte auf Hirse (Mil, Sorgho und Fonio) und der Rest auf Erdnüsse, Mais, Reis, Maniok und andere Knollen-, bzw. Wurzelfrüchte, Bohnen, Gemüse, Baumfrüchte, Datteln, Kaffee, Tabak, Baumwolle usw. Der grosse Viehbestand von 2 Mio Stück Rindvieh, je 1 Mio Schafen und Ziegen sowie 150000 Nutztieren (Pferde, Esel, Kamele) weist auf die wichtige Rolle der Viehzucht hin, besonders bei den nomadisierenden Volksstämmen des Nordens, die auch den Fellexport tätigen. Durch die Tripanosomiase (Schlafkrankheit) tritt eine gewisse Reduktion der Viehbestände ein. Ein grosser Fischreichtum zeichnet die Gewässer des Senegalgebietes aus. Rund 40000 Fischer liefern mit ihren jährlichen Fängen von etwa 15000 t einen wesentlichen Beitrag zur Ernährung der Bevölkerung des Vallée. Die Waldnutzung ergibt 1 Mio Ster Brennholz pro Jahr; stellenweise ist sie leider zu intensiv. Zahlreiche Wald- und Steppenbrände fügen der Vegetationsdecke alljährlich bedauerliche Schäden zu. Die Gewinnung von Gummi arabicum geht zurück; sie erbrachte vor einer Dekade noch rund 5000 t pro Jahr. Ein kleiner Teil der Bevölkerung widmet sich dem Handel und Transport oder dem Kunsthandwerk. Die Industrialisierung des Senegalgebietes steht noch in den Anfängen. Darin findet auch der niedere Stand des mittleren Jahreseinkommens pro Kopf von etwa 42 US Dollar seine Begründung [7].

Der Verkehr wickelt sich – neben dem im Norden überlieferten Transport auf Kamelrücken – auf dem Fluss, auf Strassen und Bahnen sowie in der Luft ab. Die 1961 auf dem Wasserweg transportierten Güter bezifferten sich bergwärts auf rund 30000 t und talwärts auf 10000 t (auf Flussschiffen und grossen Pirogen, sog. Taras). Schiffe geringen Tiefganges können ganzjährig zwischen den Städten Saint-Louis (1659 gegründet) und Boghé (380 km talaufwärts) verkehren; Mitte Juli bis Mitte Oktober ist das Anlaufen von Kayes (920 km) möglich. Eine Schiffbarmachung der unteren Falémé auf eine Länge von 170 km wurde schon vor Jahren ins Auge gefasst. Zwei Bahnlinien durchqueren das Senegalgebiet: im Süden (Guinea) die Linie Conakry-Kankan (662 km) und in der Mitte der 1288 km lange Strang der «Dakar-Niger», welche den wichtigen Meerhafen Dakar über Kidira-Kayes-Kita mit Bamako, der Hauptstadt Malis, und Koulikoro (Flusshafen am Niger) verbindet (Baujahre 1907–23). Zweiglinien erreichen Saint-Louis (seit 1883) und Linguère im Tal des Ferlo (1931). Verschiedene Fluglinien bedienen die meisten namhaften und mit Landeplätzen versehenen Städte.

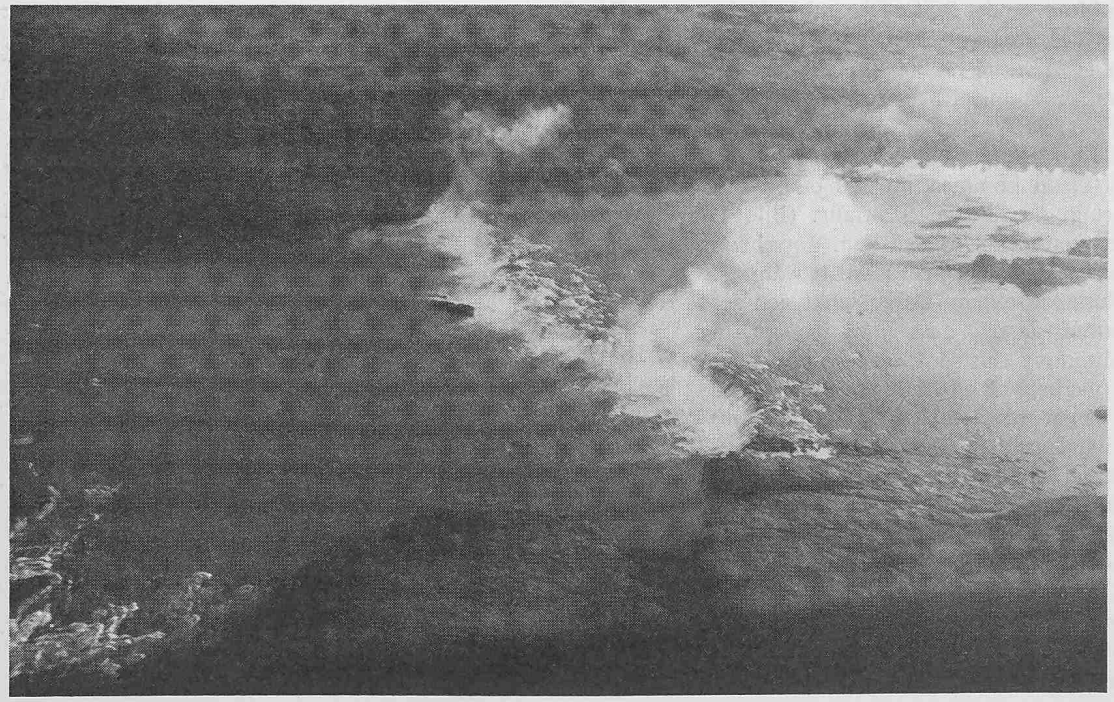
5. Die Regulierung des Senegals

Das Tropenklima mit seinen zwei unterschiedlichen Jahreszeiten (Regen- und Trockenperiode) bedingt als Hauptmerkmal des Senegalgebietes eine sehr unausgeglichene Wasserführung der Flüsse im Laufe des Jahres und auch über Reihen mehrerer Jahre. Eine Nutzbarmachung des Senegals und seiner Seitenflüsse muss deshalb eine Jahres- und Überjahresregulierung zum Ziele haben.

Die optimale Wirkung des Flussausbaues mit Mehrzweckanlagen ist nur mit einer sorgfältigen und umfassenden Gesamtplanung erreichbar, bei der neben den technischen auch wirtschaftliche und soziale Belange zu berücksichtigen sind. Im Bewusstsein dieser Notwendigkeit haben sich 1962 die Repräsentanten der vier Uferstaaten Guinea, Mali, Mauretanien und Senegal an der Konferenz von Conakry zu einem gemeinsamen Vorgehen entschlossen und die UNO ersucht, durch eine Mission von Fachleuten ein Dossier ausarbeiten zu lassen, das einem künftigen «Comité Inter-Etats» als Arbeitsunterlage dienen könne. Nach der Gründung dieser Instanz (1964) stand ihr der initiative Mineningenieur Rob. N'Daw (Mali) vor; 1968 erweiterte sie sich zur OERS (Organisation des Etats Riverains du Sénégal).

Mit der Regulierung des Flusses wird die Hebung des

Bild 2. Der Wasserfall des Senegals bei Gouina am 2. November 1967. Q ~ 400 m³/s. Fliessrichtung nach links, gegen NW



Lebensstandards der Uferbevölkerung erstrebt, wobei der hiefür notwendige Bau von grossen Speicheranlagen folgenden Zwecken dienen soll:

- Förderung der Landwirtschaft (Bewässerungsanlagen);
- Erzeugung von hydroelektrischer Energie als Grundelement für die industrielle Entwicklung des Gebietes;
- Verbesserung der Flussschiffahrts-Verhältnisse;
- Hochwasserschutz;
- Rückstoss des ins Deltagebiet eindringenden, salzigen Meerwassers.

Bei diesen Bestrebungen ist u.a. auf folgende Faktoren Bedacht zu nehmen:

- Bestehender, traditioneller Ackerbau (Culture de décrue) und Viehzucht;
- Fischerei in Flüssen und Seen;
- Städte im Überschwemmungsgebiet und deren Flusshäfen;
- Trinkwasserversorgung, Grundwasserschutz und Hygiene (Abwässer);
- Soziologische Verhältnisse und Bremsung der Abwanderung;
- Umsiedlungsprobleme und Verlegung der Verkehrswege im Bereich der künftigen Speicherseen;
- Vegetationsverhältnisse (Oekologie) sowie Versteppungs- und Umweltschutz.

Sollen diese Anliegen in einer ausgewogenen Lösung gebührend berücksichtigt werden, so bildet eine gute Kenntnis aller örtlichen Verhältnisse die notwendige Voraussetzung dazu. Um die Erforschung der geographischen und naturkundlichen Zusammenhänge im Senegalgebiet bemühten sich schon seit bald drei Jahrhunderten namhafte Naturwissenschafter, unter welchen neben Lajaille, Mollien, Mungo Park u.a. vor allem M. Adanson (1727–1806) hervorragte. Nach der letzten Jahrhundertwende begannen zahlreiche Missionen (das heisst Studiengruppen, welche die sich stellenden Probleme an Ort erkundeten und dann begutachteten), gefördert durch die französische Administration, sich mit der Verbesserung der Flussschiffahrt und der Nutzbarmachung der Wasserkräfte zu befassen. Die zur Hauptsache von den Instanzen UHEA [20], MEFS, MAS und CIE veranlassten, umfangreichen Arbeiten sind in Berichten und Dossiers festgehalten, welche heute ganze Bibliotheken füllen. Unter den Vorschlägen sind auch Projekte für Wasserüberleitungen in andere Flussgebiete (Kaba, Ferlo) und für einen Schiffahrtskanal Senegal-Niger durchs Vallée du Serpent (Mali) zu finden.

Die Suche nach einer Gesamtlösung für einen möglichst wirkungsvollen und wirtschaftlichen Ausbau des Flusses setzte um die Jahrhundertmitte ein. Als wichtigste Studien seien hier erwähnt:

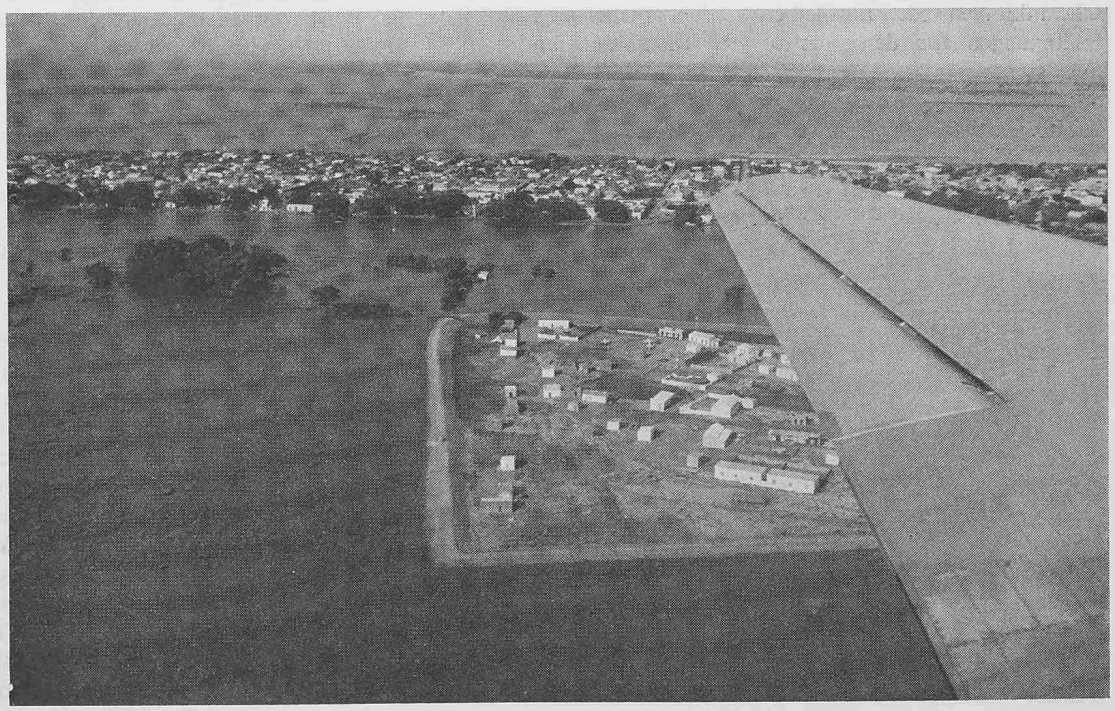
- Mission G. Drouhin 1949 (4 Berichte);
- G. Nestérenko u.a., MAS 1955 [21], 14 Berichte (KW Dagana);
- Mission A. Coyne et J. Bellier 1955/6 [22], (KW Gouina);
- Technoexport Sofia 1961 [23]: Ausbau des Bafing in Guinea;
- Mission UNO 1962/3 [24]: 8 Berichte als Unterlage für Gesamtplanung;
- Russische Mission N.N. Kouznetsov 1963 [25]; (KW Gouina);
- Mission Senegal-Consult 1967/9: Vorschlag für eine Gesamtnutzung.

Die Ergebnisse der SENCO-Studie sind in Vor- und Schlussberichten (insgesamt 12 Bänden, 1968/70) dargelegt; eine Publikation der Ingenieure Oberlé, Urech und Willi [26] gibt Aufschluss über die Feldarbeiten und deren Auswertung am Sitz der beteiligten Gesellschaften [2]. Nach Überprüfung der im Gelände sich bietenden Möglichkeiten wurde mit Optimierungsrechnungen in elektronischen Rechengeräten die vorteilhafteste Kombination von Speicheranlagen zur Flussregulierung ermittelt; sie umfasst die folgenden Werke (Bild 1):

- Manantali am mittleren Bafing (Mali),
- Galougo am Senegal (Mali) und
- Gourbassi an der unteren Falémé (Grenze Mali/Senegal).

Als wirtschaftlichste Lösung hat sich eine Regulierung auf rund 500 m^3/s erwiesen, die mit Manantali und Gourbassi oder mit Galougo allein erreichbar ist. Alle drei Speicher ermöglichen gemeinsam eine vollständige Ausregulierung der Abflüsse des Senegals bei Bakel (770 m^3/s) und talwärts. Übersteigt der Energiebedarf das Angebot der genannten Anlagen, so können diese noch durch zwei interessante Kraftwerke zur Gefällsnutzung der beiden Wasserfälle von Gouina (Bild 2) und Félou sowie durch eine weitere Speicheranlage am oberen Bafing, nämlich Boureya in Guinea, ergänzt werden. Die charakteristischen Daten der vier Speicherprojekte sind in Tabelle 1

Bild 3. Blick auf die Stadt Podor und das Überschwemmungsgebiet des Senegals im Vallée am 31. Oktober 1967. Eine mittlere «Crue» hat ihren Höhepunkt bereits überschritten



zusammen- und denen anderer grosser Speicheranlagen Afrikas gegenübergestellt. Werden die Bauvorhaben im Senegalgebiet verwirklicht, so dienen sie den erwähnten Zwecken vollauf, bringen aber eine Reihe von schwerwiegenden Problemen mit sich, auf die im folgenden ohne Anspruch auf Vollständigkeit hingewiesen wird.

II. Teil: Auswirkungen der geplanten Flussregulierung

1. Die Vorteile

Die Regulierung und die damit verbundene Nutzbarmachung der Wasserkräfte des Senegals und seiner Seitenflüsse werden zweifelsohne zur Hebung des Lebensstandards der im Einzugsgebiet ansässigen Bevölkerung beitragen. Die schon genannten fünf Zwecke dieses grossen Bauvorhabens sind zugleich auch die wichtigsten Vorteile, welche man aus seiner Verwirklichung zu ziehen hofft.

Mit der den Bedürfnissen einer Mehrzweckanlage angepassten Bewirtschaftung der geplanten Speicherseen lässt sich eine ausgeglichene Wasserführung der Flüsse erzielen. Dem Hauptnutzniesser, der Landwirtschaft im Vallée, wird damit ein dem Ausbaufortschritt entsprechender Uebergang von der traditionellen «Culture de décrue» zu modernen, ertragsreicheren und witterungsunabhängigen Anbaumethoden mit künstlicher Bewässerung ermöglicht. Die Rationalisierung der Landwirtschaft kann durch eine Konzentration der Anbauflächen gefördert werden; dies erlaubt eine Vereinfachung der Feldbestellung und eine Verminderung des Ernte-Transportaufwandes.

Das Angebot hydroelektrischer Energie schafft Voraussetzungen für die Entwicklung von Bergbau, elektrometallurgischen und -chemischen Industrien sowie für die Elektrifizierung der Landwirtschaft, der Städte und der Bahn Dakar–Niger. Die ausgeglichene Wasserführung der Flüsse wird nicht nur die Produktion erwünschter Basisenergie gestatten, sondern auch der Flussschiffahrt dienen und das Eindringen des salzigen Meerwassers ins Deltagebiet erschweren oder sogar verhindern. Mit der allmählichen Entsalzung der Böden verbessern sich die Anbaubedingungen in jener Zone. In den künftigen Speicherseen bieten sich der Fischerei neue Möglichkeiten; trotz schwankender Wasserspiegel werden mit Pirogen neue Uferpartien heute unwegsamer Gebiete leichter zugänglich. Hohe Freiborde der Sperren sollen einen wirksamen Hochwasserschutz für die talabwärts liegenden Flussstrecken gewährleisten. Da dort die derzeit starken Wasserspiegelschwankungen später ausbleiben werden, ergeben sich günstige Bedingungen für den Ausbau der Flusshäfen und neuer Bewässerungsanlagen, ganz abgesehen von einer Stabilisierung der für die Hygiene wichtigen Vorfluter-Verhältnisse ufernaher Städte. Schiffe geringen Tiefganges werden ganzjährig den Gütertransport vom Meer bis zur Stadt Kayes (Mali) und zurück über eine Distanz von 920 km gewährleisten können; als Folge ist eine Belebung des Handels zu erwarten. Mit dem Ausfall der zur Zeit langewährenden Ueberflutung zahlreicher Verkehrsverbindungen (Strassen und Handelswege) erfahren diese eine Aufwertung.

Bild 4. Das Passagierschiff «Bou el Mogdad» an der Mole von Saint-Louis vor der Abfahrt flussaufwärts am 5. Oktober 1967

Die hier aufgeführten Vorteile einer Regulierung des Senegals müssen für sich allein betrachtet als bedeutsamer Beitrag zum Fortschritt Westafrikas gewertet werden. Wie teuer, das heisst mit welchen bleibenden Nachteilen lässt er sich aber erkaufen? Diese Frage führt zur Erörterung der problematischen Seite des Ausbauvorhabens.

2. Problematische Gesichtspunkte der Flussregulierung

A. Vorbemerkungen

Mehrzweckanlagen dienen den Interessen der Allgemeinheit in höherem Masse als konventionelle Kraftwerke. Sinngemäss sollten Mehrzweckprojekte bei der Verwirklichung auch den Vorrang haben. Der Erfüllung dieses Wunschdenkens stellen sich jedoch aus Finanzierungsgründen Hindernisse in den Weg. Verschiedene der sogenannten «Zwecke», wie flussbauliche Massnahmen, Hochwasserschutz, Wasserversorgungen, Vorkehrungen für Hygiene u.a. werfen nämlich keinen in Geld ausdrückbaren Ertrag ab. Auch die Landwirtschaft und sogar die Flussschiffahrt sind meist nicht mit den ihnen zufallenden Kostenanteilen belastbar, weil sonst die Agrarprodukte zu teuer würden und nicht mehr konkurrenzfähig wären. Fremde Lasten erhöhen daher die Energiegestehungskosten und benachteiligen so die Industrialisierung. Der gleichzeitige Ausbau von energieerzeugenden Mehrzweckanlagen und energieverbrauchenden Industriebetrieben führt zu einem enormen finanziellen Aufwand.

Für die Bereitstellung der notwendigen Mittel, die in Entwicklungsländern fehlen, legen aber die internationalen geldgebenden Instanzen in jüngster Zeit erheblich strengere Massstäbe als früher an [27]. Gewisse negative Erfahrungen und eine allgemeine Zinssatzerhöhung, welche die Möglichkeiten für eine Rendite einengt, dürften u.a. wohl die Veranlassung zu einem solchen Verhalten gegeben haben. Bei der Gewährung von Entwicklungskrediten werden begreiflicherweise bevölkerungsreiche Gebiete bevorzugt. Neben topographischen Faktoren, wie den Distanzen für den Transport von Kraftwerkausrüstungen und von Energie zwischen den Erzeugungs- und Verbrauchszentren, spielt auch der Umstand eine Rolle, dass bei Werkgruppen die erste der auszuführenden Anlagen mit grossen Investitionen für Energie-Fernleitungen und andere allgemeine Installationen belastet werden muss. Ist der Bau der weiteren Werkstufen noch nicht gesichert, so können sich für das erste und teure Bauvorhaben bedeutende Startschwierigkeiten ergeben.

Diese generellen Bemerkungen beziehen sich auch auf das Senegalgebiet. Hier drängt sich die Förderung und Weiterentwicklung der Landwirtschaft als Hauptproblem auf. Eine hinreichende und gesicherte Ernährungsbasis für die ansässige Bevölkerung, deren Kopfzahl sich bei gleichbleibender Zuwachsrate in etwa 27 Jahren verdoppelt, bildet die notwendige Voraussetzung für die Erschliessung der Bodenschätze und deren Veredlung in Industriebetrieben. Da aber die Erkundung der abbauwürdigen Vorkommen erst eingesetzt hat, fehlen zur Zeit noch die Grundlagen für eine schlüssige Beurteilung der künftigen industriellen Entwicklungsmöglichkeiten. Diesen ist indessen eine Grenze gesetzt durch die sehr kleine Besiedlungsdichte (im Mittel nur 5 Personen pro km²), welche nicht zuletzt auf die harten klimatischen Bedingungen der heissen Tropenzone zurückzuführen ist. Den Bedürfnissen der Landwirtschaft würden in der näheren Zukunft zwei kleinere Speicheranlagen genügen: eine in Mali an der Kolombiné im Bereich des Lac Magui [28] und eine weitere an der Falémé (Gourbassi)

(s. Bild 1) zur Aufwertung des Vallée. Den Ansprüchen des Hochwasserschutzes und der Schiffahrt auf dem Senegal genügen diese Anlagen natürlich nicht. Die Flussschiffahrt (Bild 4) hat nun aber in letzter Zeit an Bedeutung eingebüsst, da sie durch Transporte auf den beiden neuen, das Vallée flankierenden Uferstrassen und auf der Bahn Dakar–Niger merkbar konkurrenziert wird. Das Eindringen des salzigen Meerwassers ins Deltagebiet [9] kann mit dem Bau eines Stauwerkes nördlich der Stadt Saint-Louis verhindert werden. Diese Darlegungen lassen bereits erkennen, dass für das Senegalgebiet ein unmittelbarer Bedarf an Regulierungs- und Energieproduktionsanlagen in grossem Massstab schwer zu begründen ist.

B. Finanzierung, Ausführung, Betrieb und Wirkung

Die Regulierung des Senegals ist eine übernationale Aufgabe, bestehend aus nationalen Teilprojekten. Sicher werden die in der OERS zusammengeschlossenen vier Uferstaaten sich bemühen, einen erfolgversprechenden Weg zum Ziel zu finden. Dieser Weg ist aber steinig. Jedes einzelne Werk des Gesamtprojekts ist mit zahlreichen nationalen Anliegen verknüpft und bringt zur Hauptsache demjenigen Staat einen Nutzen ein, auf dessen Territorium es errichtet wird. Das Einverständnis zum Bau «exterritorialer» Anlagen wird von den übrigen OERS-Staaten wohl nur dann erhältlich sein, wenn sie damit auch die Erfüllung eigener Wünsche einhandeln können. Diese sind zahllos; ihre Erwähnung würde hier zu weit führen.

Zur Finanzierung grosser Bauvorhaben im Ausmass der Senegalregulierung fehlen in Afrika selbst hinreichende Mittel. Da die sehr hohen Preise, Kosten, Steuern und Taxen der westafrikanischen Länder bei fremden Geldgebern keine Begeisterung wecken, müssen die zuständigen Administrationen der kreditsuchenden Staaten durch entgegenkommende Abmachungen ihr Ziel zu erreichen suchen. Im Senegalgebiet könnten sich zur Gewährung von Baukrediten auch noch die geringe Besiedlungsdichte und die geographische Lage der Bauprojekte für Speicher- und Industrieanlagen als nachteilige Faktoren erweisen. Abbauwürdige Bodenschätze stossen tief im Landesinnern nur dann auf Interesse, wenn sie weltweite Mangelware (wie Kupfer, Uran usw.) sind, in besonders hoher Konzentration auftreten oder wenn gleichartige Vorräte in Küstennähe vor der Erschöpfung stehen. Der lokale Bedarf an veredelten Rohstoffen hat im Senegalgebiet zur Zeit noch nicht den Grad erreicht, welcher den Ausbau metallverarbeitender, das heisst energiekonsumierender Industrien rechtfertigen würde. Zudem bilden grosse Transportdistanzen ein Hindernis für irgendwelchen Export von Rohmaterialien oder Industrieprodukten zu konkurrenzfähigen Preisen. Deshalb kommen zunächst als mögliche Energieabnehmer der Speicherwerke am Senegal nur die Landwirtschaft (mit Bewässerungsanlagen und Kunstdüngerfabriken) und bedeutende, aber weit entfernte Städte, wie Dakar, Kaolack, Saint-Louis, Thiès (Senegal), Bamako (Mali), Bathurst (Gambia) und Nouakchott (Mauretanien) in Frage [29].

Die der Flussregulierung dienenden Anlagen sind, wie die Studien von SENCO ergeben haben [30], in technischer Hinsicht ohne besondere Schwierigkeiten ausführbar. Immerhin lassen chemische Untersuchungen der Gewässer deren Betonagressivität voraussehen, sodass für Wasserbauten die Verwendung teurer Spezialzemente kaum zu umgehen ist. Die Bauarbeiten für Dämme, Kraftwerk- und Bewässerungsanlagen müssen unter extremen klimatischen Bedingungen erfolgen, da die Gegend von Kayes als eine der heissesten Afrikas bekannt ist. Eine Betriebserschwerung bilden die Schäden, die durch temporäre Feuchtigkeit und durch Blitzeinschläge während der zahlreichen heftigen Tropengewitter an den Fernleitungen auftreten werden.

Zur Bewirtschaftung der künftigen Speicher- und Bewässerungsanlagen, zu deren Unterhalt, zur Erweiterung und Verbesserung der meterologischen und hydrologischen Dienste (einschliesslich Hochwasservoraussage), zum Aufbau lokaler Industrien und zur Einführung moderner landwirtschaftlicher Anbaumethoden wird ausländisches Personal diese Dienste versehen müssen, bis gut ausgebildete einheimische Fachkräfte die Nachfolge antreten können. Dieser Vorgang ist kostspielig und bedarf zweifellos der Entwicklungshilfe.

Werden einmal eine oder mehrere Speicheranlagen und die in ihrem Einflussbereich liegenden energiekonsumierenden Industriekomplexe den Betrieb aufgenommen haben, so dürfte sich ein Interessenkonflikt zwischen den Ansprüchen der Landwirtschaft (Saisonenergiebedarf) und der Industrie (Basisenergie) entwickeln. Die Flussschiffahrt steht auf der Seite der Industrie; beide sind auf einen möglichst gleichmässig ausregulierten Abfluss angewiesen. Dieser vermag jedoch die Bedingungen bei der Flussmündung kaum zu verbessern, da voraussichtlich die Wirkung der Meeresströmungen auch in Zukunft überwiegen wird. Der Kampf gegen wandernde Sandbänke kann nur mit Schutzbauten und Schleusen gewonnen werden.

C. Einstaufolgen und Schutzmassnahmen

Der Bau der drei Speicheranlagen Manantali, Galougo und Gourbassi hat den Einstau zahlreicher Dörfer und grosser bewaldeter Gebiete zur Folge. Berücksichtigt man noch den vierten Speicher Boureya, so müssen über 30000 Personen ihren Wohnsitz verlassen (Tab. 1). Die Umsiedlung ist erfahrungsgemäss eine mühevolle Aufgabe, die umsichtig und vor allem rechtzeitig vorbereitet werden soll. Erwiesenermassen ist dieses wichtige Problem bei der Mehrzahl der grossen afrikanischen Speicherbecken zu spät an die Hand genommen worden. Neue Dörfer, Anbauflächen, Weideplätze, Wasserversorgungen und Verkehrswege müssen bereitstehen, wenn der Umzug stattfindet. Untersuchungen über Vorkommen und allfällige Austilgung krankheitsübertragender Insekten sollen an den neuen

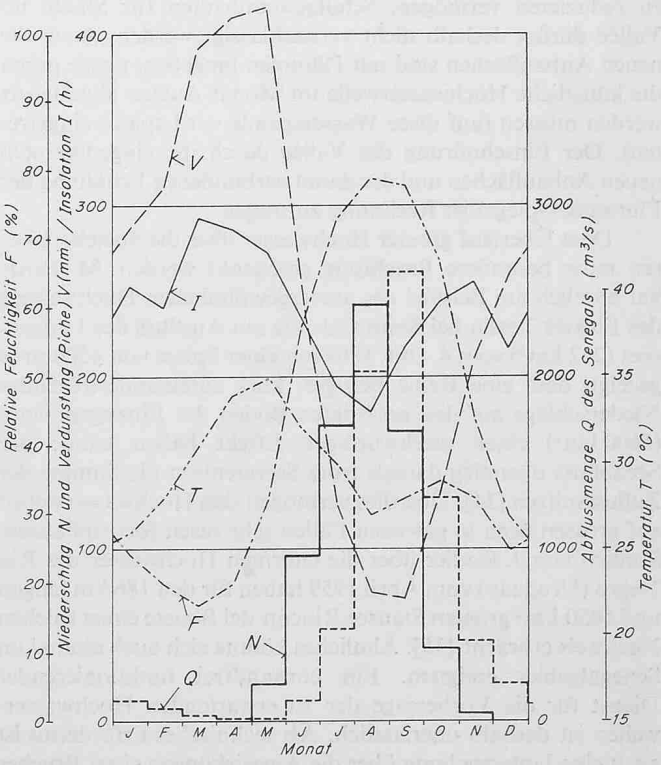


Bild 5. Mittlere Monatswerte einiger Klimaelemente von Kayes (Mali) und des Abflusses des Senegals bei Kayes

T Temperatur 1934—1964 N Niederschlag (40 Jahre)
Q Abfluss Senegal 1903—1968 V Verdunstung (14 Jahre)
F relative Feuchtigkeit (12 Jahre) I Insolation (14 Jahre)

Standorten frühzeitig unternommen werden. Die Dörfer sind mit Schulen, Sanitätsstationen, Gemeindehäusern, Speichern, einem Marktplatz und hygienischen Einrichtungen zu versehen. Als Kernpunkt der Aufgabe gilt es, die Betroffenen von der Notwendigkeit der Umsiedlung zu überzeugen, denn Ausübung von Zwang auf Grund eines kalten obrigkeitlichen Dekrets hat folgenschwere negative Auswirkungen [31].

Eine Verlandungsgefahr besteht für die Speicherbecken infolge ihrer Grösse (Tab. 1) nicht, da die bei Kayes gemessene Feststoffführung des Senegals nur etwa 2 Mio m^3 pro Jahr beträgt. Untersuchungen ergaben, dass die Toträume der Stauseen in etwa 1000 Jahren und deren Nutzräume erst in 4000 bis 16000 Jahren mit Sedimenten aufgefüllt würden [8]. Die Überflutung der Bahnlinie Dakar–Niger sowie zahlreicher Strassen und Pisten bedingt deren Verlegung: auf eine Länge von 132 km muss die Bahn ein neues Trassee mit 3,2 km Brücken erhalten und für die vier genannten Stauseen sind rund 900 km Strassen neu zu erstellen. Sehr grosse Umwege erschweren dann die Verkehrsverbindungen gewisser Gebiete. Mit einer möglichen Verkrautung (und Verlandung) der Seeufer, wie sie andernorts schon auftrat, muss auch im Senegalgebiet gerechnet werden; sie würde der Zunahme der Insektenplage und der Vermehrung der die Bilharziose übertragenden Wasserschnecken Vorschub leisten. Bekämpfungsmassnahmen und die Verbesserung der medizinischen Betreuung der Bevölkerung sind deshalb vorzusehen. Auf jeden Fall ist jedoch eine Vergiftung der Gewässer mit chemischen Mitteln (Insektiziden und Herbiziden wie DDT u.a.) zu vermeiden, um weder Menschen noch Tiere (Vieh, Fische) zu gefährden [32], [33].

Die künftigen Speicherbecken werden die Überschwemmungsgefahr für Städte und neue, mit Bewässerungsanlagen versehene Anbauflächen im Unterlauf des Senegals gegenüber heute herabsetzen. Da die Becken jedoch auch wirtschaftlichen Anforderungen zu genügen haben, ist es fraglich, ob ihre Grösse zum Rückhalt sehr starker Hochwasser ausreicht. Für die Untersuchungen von SENCO wurden sie vorerst einmal so angenommen, dass sie 100-jährige Hochwasser auf 10-jährige zu reduzieren vermögen. Schutzdammbauten für Städte im Vallée dürfen deshalb nicht vernachlässigt werden. Auch die neuen Anbauflächen sind mit Dämmen umgeben, da sie gegen die künstliche Hochwasserwelle im Monat August abgesichert werden müssen (auf diese Wasserspende wird später eingetreten). Der Einschnürung des Vallée durch die eingedämmten neuen Anbauflächen und der damit verbundenen Erhöhung der Flutwasserspiegel ist Rechnung zu tragen.

Dem Überlauf grosser Hochwasser über die Speichersperren muss besondere Beachtung geschenkt werden. M. Pardé hat nämlich am Beispiel des aussergewöhnlichen Hochwassers des Flusses Tessin bei Sesto Calende am Ausfluss des Langensees (212 km^2) vom 4. Okt. 1868 mit einer Spitze von 4500 m^3/s gezeigt, dass eine Reihe heftiger, kurz aufeinanderfolgender Niederschläge auf den gesättigten Boden des Einzugsgebietes (6600 km^2) einen merkwürdigen Effekt haben kann: der Seeabfluss überstieg damals trotz Seeretention die Summe der Zuflussspitzen [34]. Überdies vermögen sich Hochwasserwellen auf grossen Seen in gewissen Fällen sehr rasch fortzupflanzen. Studien von J. Rodier über die enormen Hochwasser des Rio Negro (Uruguay) vom April 1959 haben für den 186 km langen und 1050 km^2 grossen Stausee Rincón del Bonete einen solchen Nachweis erbracht [35]. Ähnliches könnte sich auch einmal im Senegalgebiet ereignen. Ein einwandfrei funktionierender Dienst für die Vorhersage der zu erwartenden Hochwasserwellen ist deshalb unerlässlich. Als technisches Erfordernis ist auch eine Untersuchung über die Auswirkungen eines Bruches jeder der vier vorgesehenen Speichersperren durchzuführen. Eine mögliche Beeinflussung der Tektonik der Staubereiche durch die neue Wasserbelastung ist in diesem Zusammenhang ebenfalls der Prüfung wert.

D. Ungünstige Folgen für Mensch und Natur

Die Verwirklichung der grossen Speicheranlagen lässt vor allem im Unterlauf des Senegals beträchtliche Störungen des oekologischen Gleichgewichtes in der Natur voraussehen. Solche Störungen sind in den niederschlagsarmen Tropengebieten von grösserer Tragweite als in gemässigten Klimazonen.

Durch zusätzliche Verdunstungsverluste auf den künftigen Stauseen im Betrag von mehreren Milliarden m^3 pro Jahr vermindert sich das Wasserangebot in den flussabwärts liegenden Gebieten um etwa einen Zehntel der Jahreswasserfracht. Der teilweise oder vollständige Ausfall der jährlichen Überflutung weiter Landstriche von Vallée und Delta – im folgenden kurz «Ausfall» genannt – führt mit der Herabsetzung von Verdunstung (heute 3 bis 5 Mrd m^3 jährlich) und Luftfeuchtigkeit zu einer Klimaverschlechterung in dieser zwischen zwei heissen, wüstenartigen Ufern gelegenen, vegetationsreichen und einer Oase gleichenden Zone. Ausgedehnte und heute intakte Gonakié-Wälder (Acacia nilotica n.) sind auf die periodischen Überschwemmungen angewiesen und werden nach deren Ausbleiben zugrundegehen. Damit verschwindet der einzig wirksame Schutz gegen die schädliche Bodenerosion und die von Norden drohende Versteppung, das heisst gegen das Vordringen der vom Wüstenwind weiterbewegten Sanddünen. Der Vegetationsdecke der natürlichen Flusslandschaft wird in Zukunft der Dünger in Form fruchtbaren Schlammes und den Fischen die organische Suspension als Nahrung fehlen; zudem verlieren diese ihre Laichplätze im seichten Wasser der Überschwemmungszone. Myriaden von Wasservögeln werden die Nahrung und der Lebensraum entzogen. Als Folge geht auch die Uferbevölkerung eines wichtigen Teils ihrer Ernährungsgrundlage verlustig.

Wird der Flusslauf des Senegals von den Speicherseen bis zur Mündung betrachtet, so zeigen sich im Falle einer Regulierung weitere Nachteile für die Natur. Im Bereich der Stauwurzeln erhöht sich infolge von Feststoffablagerungen und Flussbettauflandungen die Überschwemmungsgefahr für anstossende Uferzonen. Spülvorgänge bei den Beckenausläufen gefährden, wie die Erfahrung lehrt, den Fischbestand in den anschliessenden Flussstrecken. Eine Verschmutzung der Gewässer wird sich aus der Verwendung künstlicher Düngmittel ergeben. Neue Industrien, besonders solche metallurgischer Art, würden zur starken Verunreinigung des Flusswassers beitragen, welches talwärts heute und auch in Zukunft als Trink- und Brauchwasser dient. Eine Industrialisierung bedingt also von Anbeginn an den Bau kostspieliger Abwasserreinigungs- und Aufbereitungsanlagen. Der «Ausfall» verhindert die periodische Anreicherung der Grundwasservorkommen; schädliche Auswirkungen auf die Vegetation sind zu erwarten.

Die grösste Fliessgeschwindigkeit des Senegals tritt bei einer Abflussmenge auf, welche etwa der ausregulierten entspricht, das heisst dann, wenn der Fluss das Bett füllt, ohne über die Ufer zu treten. Somit führt die Regulierung zu einer wesentlichen Erhöhung der mittleren jährlichen Fliessgeschwindigkeit und damit zu einer Vergrösserung der Schleppkraft, die eine Verstärkung der Betterosion bewirkt. Weil der Flussschlamm in den Speicherbecken verbleibt, muss sich ein neues Gleichgewicht zwischen Abfluss und Feststoffführung einstellen; auch dieser Umstand wird eine Zunahme der Erosion bei den Beckenausläufen und im Unterlauf, vor allem im Bereich der zahllosen Mäander, verursachen. Es ist deshalb mit einer Erschwerung der Schiffahrtsbedingungen und sogar mit der Notwendigkeit flussbaulicher Schutzmassnahmen zu rechnen.

Sehr nachteilig wirkt sich der «Ausfall» auf die notwendige jährliche Füllung der grossen Depressionen zwischen Vallée und Delta mit Süsswasser aus, dient doch seit kurzem der ausgedehnte und fischreiche Lac de Guiers als Reservoir für die Wasserversorgung der Stadt Dakar. Saint-Louis entnimmt

das Trinkwasser dem Marigot Lampsar, während die langgestreckte Depression Aftout-ès-Sahel als künftiges Reservoir von Nouakchott vorgesehen ist. Nur während der «Crue» kann Flusswasser auf natürliche Weise in diese Becken eindringen. Wahrscheinlich wird trotz der Zunahme der Betterosion im Unterlauf die Gesamtmenge der die Senegalmündung erreichenden Feststoffe gegenüber heute kleiner werden. Es dürfte sich also dort ein Substanzmangel einstellen, der zusammen mit den Meeresströmungen die Ursache für eine künftige Küstenerosion bilden könnte [36], wie dies bei der Nilmündung und andernorts bereits zu beobachten ist. Ein allfälliges Rückwärtswandern der Senegalmündung gegen Norden [10] würde die Stadt Saint-Louis gefährden.

Die Frage möglicher Klimaveränderungen infolge der Flussregulierung ist von grossem wissenschaftlichen Interesse. Studien zur Abklärung dieses Problems sind seit Jahren in Russland beim Staubecken der Kama im Gange [37]; auch in Aegypten sind ähnliche Untersuchungen für den Assuan-Stausee aufgenommen worden [38].

E. Auswirkungen auf die Landwirtschaft

Der Übergang von der traditionellen «Culture de décrue» im Flusstal des Senegals zur modernen, intensiven Bewässerungslandwirtschaft hat schrittweise zu erfolgen und wird Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Die moderne Anbaumethode bietet zweifellos bedeutende Vorteile, benötigt indessen zur Einführung hohe Investitionen und später einen teuren Unterhalt, vor allem aber eine willige, überzeugte und gut instruierte Bevölkerung [39], um einen Erfolg zu gewährleisten. Für die betroffenen Bauern bedeutet dieser Vorgang eine vollständige Umstellung der gesamten Lebensgewohnheiten, der Sozialstruktur und des traditionellen Denkens und Handelns. Wie sorgfältige und umfangreiche Erhebungen im Vallée ergaben, wollen die Talbewohner aber ihre bisherige Kulturform nicht aufgeben. Sowohl bei der Umsiedlung aus den Stauräumen in neue Gebiete als auch hier muss deshalb eine geduldige und mühevolle Aufklärungsarbeit geleistet werden, bevor die Flussregulierung verwirklicht wird. In der Übergangsphase, das heisst im Zeitraum zwischen der Inbetriebnahme der ersten und der letzten Speicheranlage werden abnehmende Hochwasserwellen das Vallée erreichen; aber auch nachher sollte eine zur Erhaltung der Vegetation, des Fischreichtums und zur Füllung der Depressionen lebensnotwendige, künstliche und in Anpassung an den Vegetationszyklus wenn möglich in den Monat August vorverlegte «Crue» aus den Speicherbecken abgelassen werden. Diese garantierte «Crue idéale» würde bei gleichem Arbeitsaufwand wie heute bereits rund 20% Mehrertrag ermöglichen. Anderseits entstünde bei diesem Vorgehen später die Gefahr, dass eine sehr grosse und spät in den Becken eintreffende Hochwasserwelle überläuft und damit eine zweite, für die Landwirtschaft im Vallée verheerende Überschwemmung auftreten könnte. Dies wäre vor allem dann der Fall, wenn die neuen Anbauflächen mit ungenügenden Schutzdämmen umgeben wären. Es sollte aber auch noch genau überprüft werden, ob der Senegal nicht schon bei der vollständig ausregulierten Abflussmenge (rund 700 m^3/s) über die Ufer tritt; eine solche Kontrolle könnte möglicherweise mit dem von der Firma SOGREAH, Grenoble, ausgearbeiteten mathematischen Modell des Flusses vorgenommen werden. Das Ergebnis würde zeigen, ob weitere Eindämmungen vorzusehen wären.

Als schwerster Nachteil, welcher der Landwirtschaft durch die Flussregulierung erwächst, muss der Ausfall der Schwebstoff-Ablagerung auf den Anbauflächen gewertet werden; dieses wertvolle Düngemittel wird heute kostenlos an Ort und Stelle verfrachtet. Die im Vallée jedes Jahr abgelagerte Gesamtmenge wird auf über 1 Mio m^3 geschätzt [11]. Später jedoch sollen teure Kunstdüngerfabriken mit teurer Energie, kostspielige Transporte und mühevolle Verteilarbeit die gleiche Wirkung erbringen!

Das Ausbleiben der Crue – im Falle der vollständigen Regulierung – wird sich auch für das grosse, flache und fruchtbare Anbaugebiet am unteren Gorgol (Mauretanien) ungünstig auswirken, da heute dieser alljährlich mit Hirse bestellte Talboden jeweils aus dem Rückstrom des Senegalhochwassers Nutzen ziehen kann, später aber künstlich bewässert werden müsste.

Die im Vallée vorgesehenen modernen Anbaumethoden mit Bewässerung verursachen einen grossen technischen und

Tabelle 1. Charakteristische Daten einiger Speicheranlagen in Afrika

		Ostafrika			Westafrika						
Daten	Einh.	Assuan	Kariba	Cabora Bassa	Akosombo	Kainji	Kossou	Galougo	Manantali	Boureya	Gourbassi
Land	—	Ägypten	Rhod./Samb.	Mozambique	Ghana	Nigeria	Elfenbeink.	Mali	Mali	Guinea	Mali/Sen.
Fluss	—	Nil	Sambesi	Sambesi	Volta	Niger	Bandama	Senegal	Bafing	Bafing	Falémé
Einzugsgebiet/Sperrstelle	km^2	2400000	513000		292000	~600000	32400	128400	27800	14800	17100
Zuflüsse – Im Jahr	10^9 m^3	84	42	88,5	37	49	5,4	19,8	12	8,6	5,3
bei – Jahresmittel	m^3/s	2660	1330	2800	1180	1550	170	630	380	270	170
Sperr- – Beob. Q max.	m^3/s	16200	16000	~20000	14700	5500	1320	6900	~5000	~3300	~2000
stelle – Beob. Q min.	m^3/s		~450	~1000	~25	~100		~1	~1	~4	~0
Speicherungsart	—	Überjahr	Überjahr	Saison	Überjahr	Saison	Überjahr	Überjahr	Überjahr	Saison	Saison
Seefläche bei Vollstau	km^2	4500	5200	2700	8500	1250	1500	2200	500	290	280
– Total	10^9 m^3	157	185	52	148	15,1	25	33,7	13,1	7,8	2,6
Speicher- – Nutzbar	10^9 m^3	70	160			11,5		30	10	5,6	1,5
volumen – Totraum	10^9 m^3	(57)				3,6		1,9	1,1	0,8	0,5
– Hochw. Schutz	10^9 m^3	30	20					1,8	1,6	1,1	0,6
Stauzielkote (max.)	m	182	485	326	84	142	210	135	212	385	95,5
Absenkzielkote	m	147	465	295	76	129	198	106,5	175	355	85
Jährl. Verdunstungsverlust	10^9 m^3	~10	~8	~4	~10	~2	~2	~3	0,5	klein	0,4
Notwend. Umsiedelung	—	100000	51000	25000	82000	55000		20000	6000	3000	2000
Sperrentyp	—	Damm	Mauer	Mauer	Damm	D/Mauer	Damm	D/Mauer	Mauer	D/Mauer	Damm
Betonvolumen	10^6 m^3	—	0,95	0,51	0,3	0,6	—	0,65	1,3	0,9	0,12
Dammvolumen	10^6 m^3	43	—	—	9	7,3	4	5	—	5,8	1,9
Kronenkote	m	196	490	331	88	145	212	139	213,5	388	99
Kronenlänge	m	3600	620	320	630	8200	1500	1270	1480	1720	2100
Sperrenhöhe	m	111	130	171	113	72	57	84	71	66	35
Kraftwerk/Betriebsstd.	h	4760	5720		7040	4760	3066	8000	8000	8000	8000
Turbinen bei Vollausbau	—	16 Francis	~25 Francis	8 Francis	7 Francis	12 Kaplan	3 Kaplan	8 Francis	8 Francis	4 Francis	3 Francis
Brutto/Nettogefälle	m	57/	104/87	121/115	66/	35/30	43/	65/63	~55/52	~57/55	~31/28
Leistung – heute[1])	MW	2100	1180	2040	768	320	—	—	—	—	—
– Vollausbau	MW	2400	2780	3264	883	960	180	285	144	40	20
Mittl. jährl. – heute[1])	GWh	10000	8500	16500	5400			—	—	—	—
Energ.-Prod. – Vollausbau	GWh					~3400	550	1870	935	800	131
Bauzeit (1. Bauetappe)	—	1960/9	1955/9	1970/9	1961/6	1964/9	~1973	—	—	—	—
Totale Baukosten in US $	10^6	~1000	240	~400	150	245		177	112	108,5	45
Sperrenvol./Speichervol.	10^4	2,74	0,053	0,1	0,63	5,2	1,6	1,7	1,0	8,6	7,7

[1]) bzw. nach erster Ausbauetappe. Bei der Anlage Kainji (Nigeria) bezieht sich die Zahl von 600000 km^2 auf das aktive Einzugsgebiet und die Zahl 35 für das Bruttogefälle schwankt in Wirklichkeit zwischen 24 und 41 m.

deshalb kostspieligen Aufwand für Schutzdämme, Pumpanlagen, Pumpenergie, elektrische Leitungen über enorme Distanzen sowie für spezialisiertes Personal zum Betrieb und Unterhalt der Anlagen. Ob die betreffenden Agrarprodukte auf den Märkten preislich noch konkurrenzfähig sein können, wird wohl nur die Zukunft erweisen.

3. Schlusswort

Den Vorteilen, die eine künftige Regulierung des Flusses Senegal zu bieten vermag, wurden hier einige unvermeidbare, für Mensch und Natur nachteilige Folgen gegenübergestellt. Bei der Verwirklichung von Grossprojekten, wie sie nun für das Senegalgebiet vorliegen, besteht immer die Gefahr einer Unterschätzung des Faktors «Mensch» zu Gunsten rein wirtschaftlicher oder prestigegebundener Bestrebungen. Dem Individuum soll dann unbekümmert um seine Meinung und seinen Willen irgend ein fiktiver Wohlstand aufgezwungen werden.

Zum Menschen gehört aber auch eine lebenswerte Umwelt. Der Schutz beider gegen die unbeabsichtigten negativen Begleiterscheinungen der Technik, welche den erzielten Fortschritt in zunehmendem Masse in Frage stellen, wird immer dringlicher; glücklicherweise ist man sich in jüngster Zeit dieser Notwendigkeit bewusst geworden. Der technische Fortschritt ist nur sinnvoll, wenn er dem Menschen zum Wohle gereicht und die Natur respektiert. Denn der Mensch ist nicht einfach Herr über die Natur, sondern zugleich auch ihr Geschöpf und treuhänderischer Verwalter. Er trägt eine Verantwortung gegenüber seinen Mitmenschen, den künftigen Generationen und anderen Lebewesen, Tieren und Pflanzen, die zu seiner natürlichen Umwelt gehören. Indem er diese schützt, schützt er sich selbst [40]. Dies anzudeuten war der Zweck der vorliegenden Zeilen.

Literaturangaben und Erklärung der Abkürzungen

[1] *W.M. Warren* and *N. Rubin,* Dams in Africa. An inter-disciplinary study of man-made lakes in Africa. Frank Cass & Co. Ltd., London 1968, p. X.

[2] *Sénégal-Consult* (SENCO), Communauté d'Ingénieurs pour l'Aménagement du Bassin du Sénégal: Société Générale pour l'Industrie, Genève; Electro-Watt Ingénieurs-Conseils SA, Zurich; Motor-Columbus, Ingénieurs-Conseils SA, Baden; Zinder International Ltd., New York. Studienauftrag No. 52/67 der UNO, New York, vom 3. Juli 1967.

[3] *J. Richard-Molard,* Les traits d'ensemble du Fouta Djallon, «Revue de Géographie Alpine» 1943, T. 31, fasc. II, p. 199.

[4] *C. Rochette* et *P. Touchebeuf,* Aperçu hydrologique du Fleuve Sénégal. ORSTOM, Paris, Janv. 1964, pp. 13/14.

[5] *J. Rodier,* Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'ouest du Congo. ORSTOM, Paris, Mars 1964, p. 87.

[6] *F. Brigaud,* Le climat du Sénégal. Etudes Sénégalaises No. 9, fasc. 3: Climat-Sols-Végétation. Centre de Rech. et Docum., Saint-Louis, 1965, p. 88.

[7] *F. de Macedo Soares Guimaræs,* Rapport général de la mission des Nations Unies pour l'étude du bassin du Fleuve Sénégal. ONU 63-39820. New York, 1963, p. 37.

[8] *Sénégal-Consult,* Etude de préinvestissement pour la régularisation du Fleuve Sénégal, Projet d'un système de contrôle des débits dans le bassin du Haut-Sénégal, 1970, Volume 3, Hydrologie.

[9] *C. Rochette,* Remontée des eaux marines dans le Sénégal, ORSTOM, Paris, Avril 1964, 81 p.

[10] *F. Brigaud,* Hydrographie. Etudes Sénégalaises No. 9, fasc. 2, Centre Inst. Fond. d'Afrique noire, Saint-Louis du Sénégal, 1961, pp. 28, 47 et annexe No 3.

[11] *I. Tchérépennikoff,* Compte rendu des études déjà faites par l'UHEA, la MAS et les missions antérieures. Bulletin MAS No. 50, Saint-Louis, 31–12–1952, p. 17.

[12] *H. Camus, H. Danuc, S. Pereira Barreto* et *C. Rochette,* Monographie hydrologique du Fleuve Sénégal, Première Partie: Les facteurs conditionnels du régime, ORSTOM, Paris, Févr. 1968, 123 p.

[13] MAS = Mission d'Aménagement du Fleuve Sénégal, Saint-Louis (1938); SHM = Service de l'Hydraulique du Mali, Bamako; ORSTOM = Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Paris/Dakar.

[14] *R. Maurice,* ein unermüdlicher Pionier und vorzüglicher Kenner des Senegalgebietes, hat als Ingenieur und Mitarbeiter der MAS zahlreiche Berichte zur Hydrologie und Nutzbarmachung des Flusses verfasst.

[15] *M. Roche,* Rapport hydrologique de la mission des Nations Unies pour l'étude du bassin du Fleuve Sénégal. ONU 63-39470, New York, 1963, 140 p.

[16] *C. Rochette,* Monographie hydrologique du Fleuve Sénégal. ORSTOM, Paris, 9 tomes, 1965–1968.

[17] *G. Jaccon,* Hydrologie du bassin du Sénégal à l'amont de Bakel. SHM, Bamako, Févr. 1968.

[18] *G. Jaccon,* Hydrologie du bassin du Sénégal, Le Bafing à Dibia, Etude des modules à Dibia. Direction de l'Hydraulique, Section Hydrologique, Bamako, Mai 1969.

[19] ORSTOM, Paris, Annuaires hydrologiques 1949–1963.

[20] UHEA = Union Hydro-Electrique Africaine, Paris (1927–1952); MEFS = Mission d'Etudes du Fleuve Sénégal (1935/8); CIE = Comité Inter-Etats pour l'Aménagement du Bassin du Fleuve Sénégal, Saint-Louis du Sénégal (1964/8).

[21] *G. Nestérenko,* Nouvelles propositions pour l'aménagement du Fleuve Sénégal, MAS, Saint-Louis, Juin 1955.

[22] *A. Coyne* et *J. Bellier,* Rapport général sur les Barrages du Haut-Sénégal. Paris, 15 Mars 1956, 96 p.

[23] *Technoexport,* Sofia/Bulgarie, Possibilités d'utilisation des ressources hydroénergétiques du Fleuve Bafing. Rapport techno-économique. Conakry, Févr.-Avril 1961, 85 p. et supplément du 27–9–1961, 8 p.

[24] Ausser den schon zitierten Berichten [7] und [15] ist noch zu erwähnen: *E. Christoffel,* Aménagements hydro-électriques et barrages d'accumulation. Rapp. mission ONU 63-39846, New York, 1963, 105 p.

[25] *N.N. Kouznetsov,* Considérations sur la création de la retenue de régularisation et de la centrale hydroélectrique sur le Fleuve Sénégal dans la région de Gouina (Mali), 1963, 179 p.

[26] *R. Oberlé, M. Urech* und *W. Willi,* Studie über die Regulierung des Senegals. Schweiz. Talsperrentechnik, Publ. No. 42, Baden, 1970, 16 p.

[27] op. cit. [1], p. 173.

[28] *E. Roou,* Rapport sur l'aménagement de la Vallée du Fleuve Sénégal, MAS, Saint-Louis, Bull. No. 71 du 10–1–1937. 2. Barrage du Lac Magui/Kolombiné. Siehe auch unter [24].

[29] op. cit. [1], p. 166.

[30] Sénégal-Consult, Réf. [8], Vol. 6 et 7.

[31] op. cit. [1], Chapter III, Resettlement, pp. 20-62.

[32] *R. Carson,* Silent Spring 1962 (Der stumme Frühling, Deutscher Taschenbuch Verlag, München, Nr. 476, 2. Aufl., April 1970).

[33] *F. Graham jr.,* Since Silent Spring, H. Hamilton, London 1970.

[34] *M. Pardé,* Influences des lacs sur les régimes fluviaux. Union Internationale de Géodésie et de Géophysique, Symposium de Garda, 9–15 Oct. 1966, Hydrologie des lacs et des réservoirs, Vol. 1, Publ. No. 70, pp. 84/85.

[35] ibid. p. 87. Siehe auch SBZ *79* [1961] Heft 24, pp. 437-442.

[36] *W. Marx,* Bis das Meer zum Himmel stinkt («The Frail Ocean», 1967) A. Müller Verlag, Rüschlikon-Zürich, 1969, pp. 37-48.

[37] *Y.M. Matarzin,* Problems of formation of reservoirs as new geographic objects. Ref. [34], Vol. II, pp. 881-887.

[38] *NCAR* (National Center for Atmospheric Research), Assessment of atmospheric effects of lake Nasser. Ref. [34], Vol. II, pp. 865-880.

[39] op. cit. [7], p. 43.

[40] *P. Noll,* Der Schutz des Menschen und seiner natürlichen Umwelt. «Neue Zürcher Zeitung» Nr. 409 vom 3. 9. 1970, p. 17.

Adresse des Verfassers: *Conrad Stamm,* dipl. Bau-Ing. ETH, 4000 Basel, Benkenstr. 36.