

Eine Autobahn für Senegal: Probleme und ihre Lösungen

Autor(en): **Penne, Ruedi**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 23: **SIA-Heft 3**

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85476>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ist auch abzuklären, wie die Abwasserfracht durch produktionstechnische Massnahmen oder Vorbehandlungen vermindert werden kann. Ebenfalls sind Auswirkungen von Änderungen in der Landnutzung und des Ausgleichs von Frachtspitzen zu untersuchen.

Die Rolle der Landwirtschaft

In der heutigen, für die geschlossen überbauten Gebiete entwickelten Abwasserpraxis dient die Landwirtschaft grösstenteils der Aufnahme des bei der mechanisch-biologischen Abwasserreinigung anfallenden Schlammes. Die Möglichkeit einer «aktiveren Rolle» der Landwirtschaft bei der Abwassersanierung scheint uns aber noch zu wenig berücksichtigt.

Es stellt sich die Frage, ob die Landwirtschaftsbetriebe nicht nur ihr eigenes, sondern auch zusätzliches häusliches Abwasser verwerten könnten. So wäre durch eine solche Verwertung zusammen mit Jauche vielleicht ein *besserer Gesamt-Wirkungsgrad* zu erzielen, als bei der Ableitung der Abwässer in eine zentrale Kläranlage und anschliessender Rückführung des Klärschlammes ins Landwirtschaftsgebiet. Das häusliche Abwasser, das zusätzlich

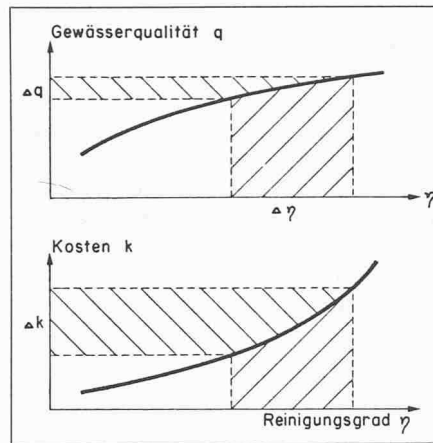


Bild 2. Eine Verringerung der Anforderungen an den Reinigungsgrad dürfte insbesondere bei den Verhältnissen in den ländlichen Gebieten die Gewässerqualität nur unwesentlich verschlechtern, die Kosten dagegen massiv senken

einem Landwirtschaftsbetrieb zugeleitet würde, könnte beispielsweise das für die Jauche notwendige Verdünnungswasser ersetzen.

Schlussfolgerungen

Unter dem Druck der Finanzknappheit und der Berücksichtigung der spezifischen natürlichen Randbedingungen

scheint es uns dringend, für die abwassertechnische Sanierung in den ländlichen Gebieten die Mittel optimal einzusetzen. Das heisst, die Mittel sind dort einzusetzen, wo bezüglich den Gewässerschutzzielen generell eine möglichst grosse Qualitätsverbesserung möglich ist (vgl. Bild 2). Dies könnte zumindest teilweise eine Abkehr von der heutigen Praxis der umfassenden Kanalisierung und zentralen mechanisch-biologischen Reinigung bedeuten.

Es ist unumgänglich, dass die standortbedingten und finanziellen Konsequenzen von alternativen Gewässerschutzmassnahmen für jedes Gebiet speziell abgeklärt werden. Eine bessere Berücksichtigung der Landwirtschaft im Hinblick auf eine aktivere Gewässerschutzrolle scheint uns notwendig. Die Erfüllung der Qualitätsziele für die Fließgewässer und Seen gilt aber jedenfalls als Bedingung.

Adresse der Verfasser: P. Kaufmann, Ingenieur HTL, Balzari Blaser Schudel AG, Ingenieure und Planer, Kramburgstr. 14, 3006 Bern; U. Roth, dipl. Natw. ETH/Raumplaner NDS ETH, Infraconsult AG, Höhweg 17, 3006 Bern

Eine Autobahn für Senegal

Probleme und ihre Lösungen

Von Ruedi Penne, Zürich

Am Beispiel der Autobahn Dakar-Thiès ist versucht worden, die Besonderheiten darzustellen, die sich bei der Projektierung und Beschreibung eines Strassenzuges unter anderen geographischen und klimatischen Bedingungen ergeben. Nach Abschluss der Arbeiten darf festgestellt werden, dass die aufgetretenen Probleme mit unseren Techniken und Wissenschaften lösbar sind. Es gilt, bereits bekannte Praktiken, Erkenntnisse und Erfahrungen den andersartigen Bedingungen anzupassen. Dies ist auch für die Zusammenarbeit mit den Senegalesen notwendig, auf die am Ende dieser Ausführungen noch eingegangen wird.

Ein gut ausgebautes und umfassendes Strassennetz ist für die Entwicklung eines Landes auf vielen Gebieten mit von entscheidender Bedeutung. Diese Erkenntnis ist nicht neu, wie Vergangenheit und Gegenwart lehren. Während unser Bedarf an Strassen dank entsprechender Anstrengungen weitgehend gedeckt ist, lässt sich dies von den

Entwicklungsländern noch lange nicht sagen. Bei ihnen handelt es sich meist um junge Staaten, die erst in den letzten Jahrzehnten ihre Selbständigkeit erhalten haben. Zu diesen Ländern gehört auch die an der westafrikanischen Küste gelegene Republik Senegal, die 1960 die Unabhängigkeit von Frankreich erlangte.

Allgemeines

Mit 200 000 km² ist Senegal fünfmal so gross wie die Schweiz. Es hat etwa fünf Millionen Einwohner, von denen 80 Prozent Mohammedaner sind. Die nichtafrikanische Bevölkerung ist mit knapp 1 Prozent verschwindend klein. Senegal grenzt an Mauretanien, Mali und Guinea. Seine Küste wird vom Atlantischen Ozean umspült. Senegal selbst umschliesst Gambia, das beidseits des gleichnamigen Flusses liegt (Bild 1). Wichtigstes Produkt der Landwirtschaft und Haupteinnahmequelle ist die Erdnuss. Während sich die Industrie im Aufbau befindet, sind Fischerei, Viehzucht und Handwerk weit verbreitet. Ein schnelles Wachstum zeigt der Tourismus. Dakar, die Hauptstadt Senegals, bildet für die Fluggesellschaften eine wichtige Zwischenstation auf ihren Flügen nach Südamerika. Mit 600 000 Einwohnern ist sie auch Anziehungspunkt für die Bevölkerung. Im dicht besiedelten Korridor, der zur Metropole führt, ist die Wirtschaft konzentriert; er weist eine grosse Bevölkerungsdichte auf. Obwohl er nur 2,5 Prozent der Landesoberfläche repräsentiert, sind 80

Prozent der Industrie, 70 Prozent der Verwaltung und 60 Prozent aller immatrikulierten Fahrzeuge in dieser Region anzutreffen, die einen Viertel der Bevölkerung beherbergt (Bild 2).

Auftrag

Bei der projektierten *Autobahn zwischen Dakar und Thiès* im erwähnten Korridor handelt es sich um einen

den Auftrag für die Detailprojektierung und die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen der vorerwähnten 60 km langen Strecke. Weitere Leistungsanteile wie die Bearbeitung einer Präqualifikation zur Auswahl der Submittenten und die Mithilfe bei der Offertauswertung sind Bestandteile des Mandats. Hinsichtlich der Objekte umfasst der Auftrag neben den Erd-, Belags- und Kunstbauten alle für eine Autobahn erforderlichen Nebenanlagen, die zur Si-

dio. Hier gabelt sich der Verkehr nach Osten Richtung *Thiès* und nach Süden Richtung *Mbour*. Für den 1. Abschnitt sind *kreuzungsfreie Anschlüsse* in Form von *Trompete*, *Raute* und *Kleeblatt* projektiert. Der 2. Abschnitt erhält *plangleiche Knotenpunkte*. Linksabbiegespuren werden durch Aufweitung des Mittelstreifens vorgesehen. Damit hat der 2. Abschnitt bis zum Ausbau als kreuzungsfreie Autobahn den Charakter einer Schnellverkehrsstrasse.

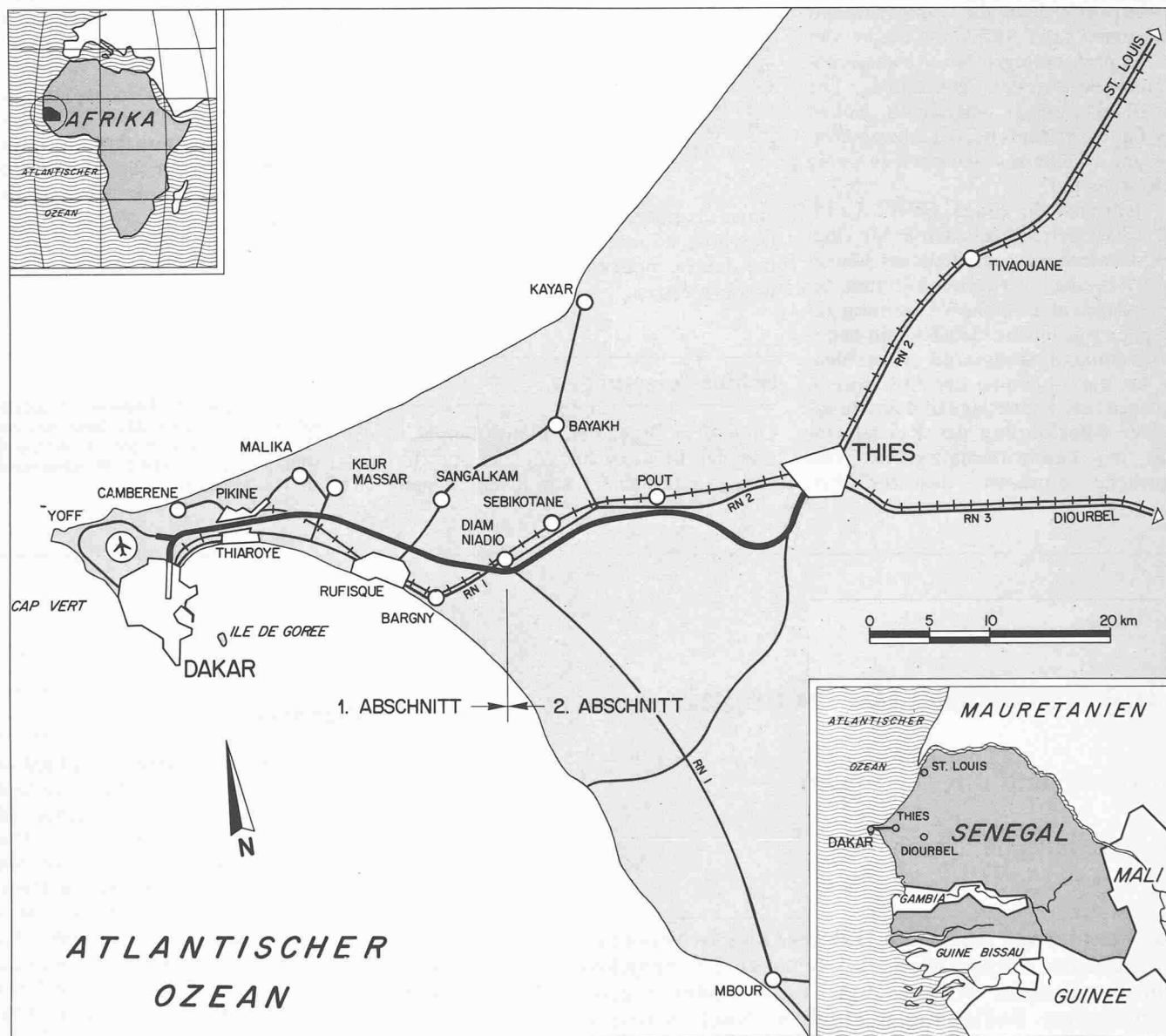


Bild 1. Übersichtskarte der Regionen Cap Vert und Thiès mit Skizze Afrika und Senegal

Strassenzug, der an hervorragender Stelle im Einzugsgebiet der Hauptstadt liegt. Er hat die Aufgabe, über die Verbesserung der lokalen Strassenverhältnisse hinaus eine leistungsfähige und schnelle Verbindung zwischen der Metropole und dem übrigen Land herzustellen und ist somit von nationaler Bedeutung.

Im Sommer 1977 erhielt die Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG Zürich von der senegalesischen Regierung

cherung und Führung des Verkehrs notwendig sind.

Projekt

Unter Berücksichtigung der Verkehrsprognose für das Planungsziel erfolgt der Ausbau des neuen Strassenzuges in zwei Abschnitten. Die Grenze zwischen beiden ist der Marktflecken *Diam Nia-*

Massgebend für die Projektierung sind die *französischen Vorschriften*. Der Trassierung des Strassenprojektes liegt für den 1. Abschnitt eine Ausbaugeschwindigkeit von 120 km/h und für den zweiten eine solche von 100 km/h zugrunde. Der kleinste Horizontalradius ist nördlich von Dakar mit $R = 700$ m projektiert. Er erhält die maximale Querneigung von 6,5 Prozent. Die minimalen Vertikalausrundungen betragen für die Wanne $R = 10000$ m und

für die Kuppe $R = 12000 \text{ m}$.

Das Normalprofil setzt sich aus zwei Fahrbahnen zu $7,0 \text{ m}$, zwei Standspuren zu $3,0 \text{ m}$, zwei Bankette zu $1,0 \text{ m}$ und einem Mittelstreifen mit variabler Breite zwischen $3,5 \text{ m}$ und $18,0 \text{ m}$ zusammen. Dies ergibt Kronenbreiten zwischen $25,5 \text{ m}$ und $40,0 \text{ m}$ (Bilder 3 und 4).

Im Hinblick auf die beabsichtigte Verlegung des *Flughafens Yoff* in die Nähe von *Keur Massar* sind die Kunstbauten bis zu dieser Anschlussstelle so konzipiert, dass im Endzustand ein 6spuriger Ausbau möglich ist.

Das Trasse zeigt im allgemeinen eine gestreckte Linienführung. Sein Längsprofil weist wegen des flachen Reliefs keine ausgeglichene Massenbilanz auf.

Klima

Die zwei in Afrika vorkommenden *Extreme* – Trockenheit, karge Böden und Feuchtigkeit, reiche tropische Vegetation – sind auch in Senegal anzutreffen. Im Bereich der Regionen *Cap Vert* und *Thiès* ist das Klima durch eine *kurze Regenzeit zwischen Juli und September* und durch eine *lange Trockenzeit* in den übrigen Monaten charakterisiert. Die mittleren Temperaturen liegen hier zwischen 20°C im Februar und 28°C im Oktober nicht weit auseinander. Mit grosser Zuverlässigkeit scheint die Sonne. Ihre Hitze wird durch die an den Küsten auftretenden *Passatwinde*, die den rötlichen Dünen sand aufwirbeln und *Sandverwehungen* verursachen, gemildert. Die Luftfeuchtigkeit ist besonders in der Regenzeit mit über 80 Prozent sehr hoch und durch die Verdunstung des Meerwassers recht salzhaltig.

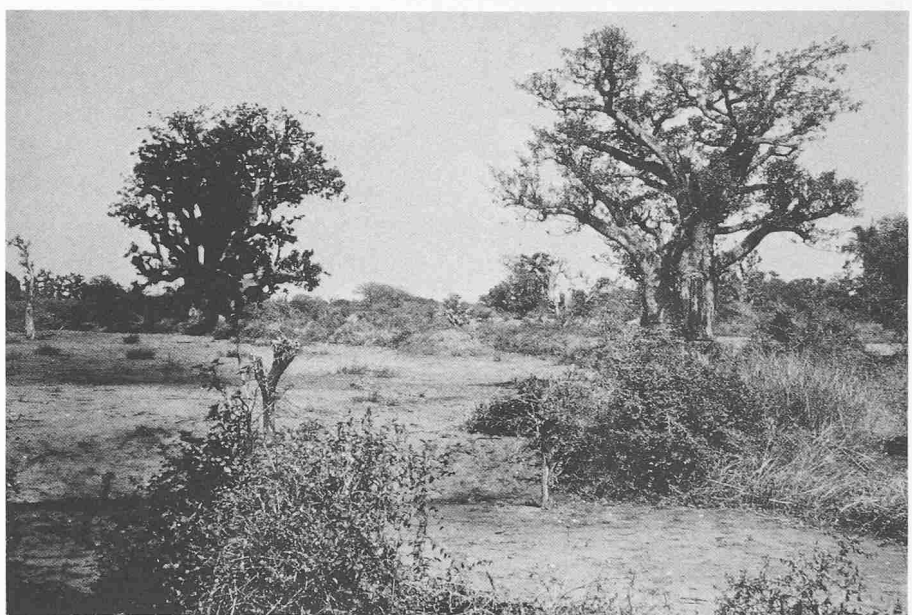
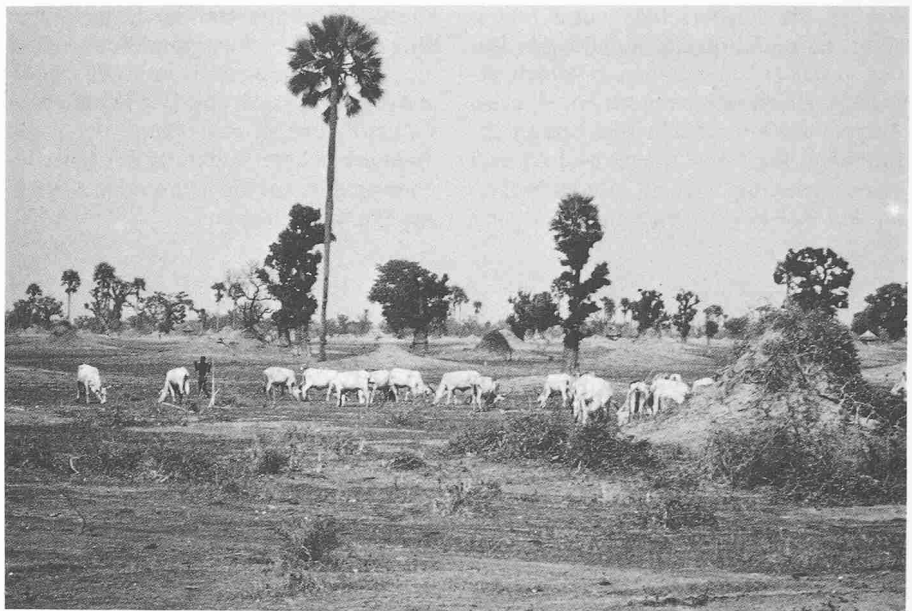


Bild 2. Typische Landschaft nach der Regenzeit. Charakteristisch sind für diese Gegend die Affenbrotbäume (Baobabs)

Hydrologie und Entwässerung

Die Niederschläge sind eher von kurzer Dauer, dafür ist ihre Intensität besonders gross. Die mittlere jährliche Regenfallmenge beträgt 600 mm (Zürich 1070 mm). Wegen der langen Trockenzeit besteht im Projektierungsgebiet kein permanenter Fluss. Anfangs ver-

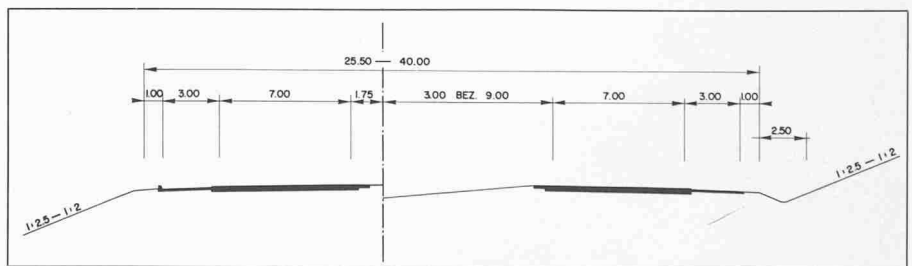


Bild 3. Normalprofil-Typ

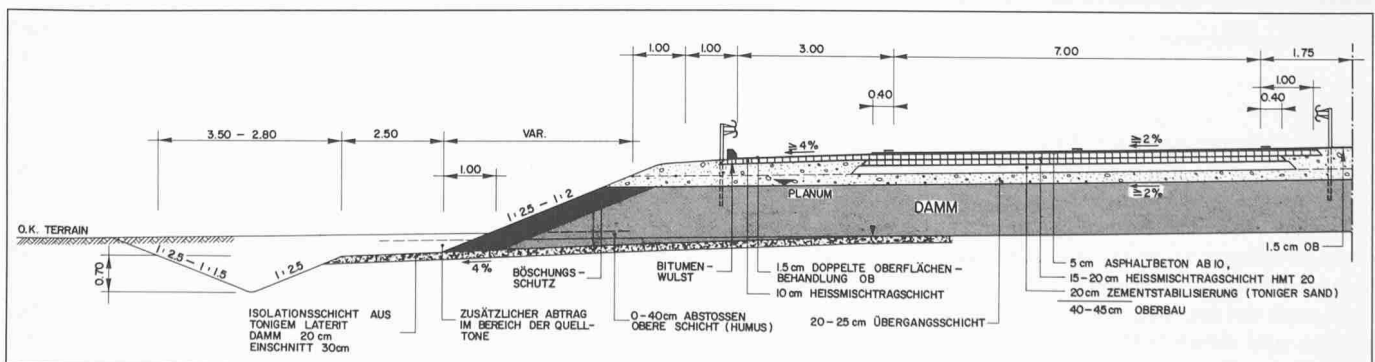


Bild 4. Normalprofil Abmessungen und Aufbau

sickern die Niederschläge und bilden somit keine Rinnsale. Sobald der Boden gesättigt ist, stellen sich jedoch *gewaltige Hochwassermengen* ein. Da das Terrain aus einer leicht zum Ozean abfallenden sandigen Ebene besteht und kaum Erhebungen zeigt, gibt es *Probleme mit der Vorflut*, und es bilden sich

Hinblick auf die starken Einzelregenfälle und die Hochwasserwellen, welche die Gefahr einer teilweisen Beschädigung oder Zerstörung der Strasse mit sich bringen, ist ein Schutz derselben und eine sichere Ableitung des Oberflächenwassers ein nicht zu unterschätzen-des Planungselement.



Bild 5. Ausgetrockneter Wasserlauf



Bild 6. Überschwemmungsgebiet

Überschwemmungsflächen (Bilder 5 und 6). Diese und die Einzugsgebiete galt es hinsichtlich Lage, Grösse, Mechanismus der Hochwasserbildung usw. in einer vorgängig zu erstellenden hydrologischen Studie zu ermitteln. Sie definiert auch die maximalen Jahresniederschläge und deren Intensität für unterschiedliche Zeiträume sowie die verschiedenen Grundwasserstände. Im

Massgebend für die *Fahrbahnentwässerung* ist ein *15-Minuten-Regen* mit einem *Wiederkehrintervall* von *10 Jahren*. Das entspricht einem Wasseranfall von 3,6 l/s für 100 m² befestigte Fläche. Als bauliche Massnahme zum Schutze der Böschungen ist auf allen Dammstrecken zur Abfangung des Meteorwassers längs den Standspuren die Anordnung eines Bitumenwulstes mit seit-

lichen Ableitungen vorgesehen. Im Blick auf die Verkehrssicherheit ist ihr Abstand je nach zu entwässernder Fläche und Längsgefälle auf 150 m bzw. 200 m begrenzt. Die aus Betonfertigteilen bestehenden Abläufe werden ähnlich unseren Wildbachverbauungen treppenförmig angelegt. In Einschnittstrecken sind neben den Banketten Gräben vorgesehen, die bei Neigungen <3‰ und >10‰ befestigt werden. Eigentliche Entwässerungssysteme mit Leitungen, Kontrollschächten und Schlamm Sammlern wurden, wenn nicht anders möglich, nur an Tiefpunkten auf kurzen Abschnitten projektiert. Es besteht die Gefahr, dass bei ungenügendem Unterhalt die Leitungen verstopfen. Wegen Versandungen erhalten die Sammler keinen Schlamm sack. Dieses Problem ist auch für die Querungen, die zur Entwässerung von kleinen Überschwemmungsgebieten bis 1,5 km² notwendig werden, zu beachten. Ihre Lage wurde in Abhängigkeit von Relief und Linienführung bestimmt. Als konstruktive Mindestabmessung sollen im Hinblick auf den Strassenunterhalt die Rohrdurchlässe nur paarweise und nicht unter Ø 80 cm verlegt werden. Für die grossen hydraulischen Kunstbauten mit Einzugsgebieten bis 45 km² und Durchflussmengen zwischen 12 und 60 m³/s sind Armco-Röhren aus Stahlfertigteilen in Maulform gewählt worden. Gegenüber anderen Bauweisen haben sie den Vorteil, dass die Zusammensetzung am Ort der Verlegung im Baukastensystem auch durch ungelernte Arbeitskräfte erfolgen und dass je nach Notwendigkeit die Anzahl der Öffnungen variiert werden kann. Die Lebensdauer der feuerverzinkten und kunststoffbeschichteten oder durch einen Bitumenanstrich vergüteten Elemente ist ausreichend. Damit sind die Voraussetzungen für die Wirtschaftlichkeit dieses Bauwerktyps gegeben. Zur Unterquerung der Autobahn wurde ein Querschnitt von 3,0 m × 2,7 m vorgesehen. Durch Ausbetonieren der Sohle erlaubt er auch Fussgängern und Tieren in der langen Trockenzeit die Benutzung. Natürlich sind die Ein- und Ausläufe gegen Auskolkungen und Unterspülungen durch Pflasterung und Steinwurf und der Strassenkörper durch Stirn- und Flügelmauern zu schützen. Wegen der Vereinheitlichung werden die notwendigen Fussgängerunterführungen in der gleichen Bauweise mit denselben Abmessungen typisiert.

Bei der Trassierung ist darauf zu achten, dass Überschwemmungsgebiete nach Möglichkeit vermieden, umgangen oder auf kürzestem Weg durchquert werden und dass die Höhenlage der Strasse sich unter Einhaltung einer Freibordhöhe nach dem höchsten Grund- und Hochwasserspiegel zu richten hat.

Baugrund und Baumaterialien

Zur Abklärung der Fundationsverhältnisse für den Strassenkörper und die Kunstbauten, aber auch zur Abklärung von Materialvorkommen für den Unter- und Oberbau und für die Zuschlagstoffe des Betons wurde eine umfangreiche Sondierkampagne durchgeführt. Beauftragt damit wurde eine örtliche Sondierfirma. Mit der Auswertung der Probeentnahmen ist das staatliche Labor CEREEQ (Centre experimental de recherches et d'études pour l'équipement) in Dakar und für dort nicht mögliche Versuche die ETH in Lausanne beauftragt worden. Aufgrund der durchgeführten Sondierkampagne ergab sich als *charakteristischer Baugrund Dünensand, siltig-toniger Sand, Kalk, Ton und Laterit*. Beim letzten handelt es sich um eine Bodenart, die bei uns nicht vorkommt, weil sie ein typisch tropisches Verwitterungsgestein darstellt. Wegen der Eisenhaltigkeit hat es ein rötlich-braunes Aussehen. Die angetroffenen Vorkommen reichen vom losen tonigen Lateritkies bis zu felsartigen Bänken. Da der *Laterit* im allgemeinen *nicht sehr abriebfest* ist, kommt er als Material für die Verschleisschicht nicht in Frage. Verwendung findet er mit Zement stabilisiert für die Tragschicht. Im allgemeinen wird der Laterit, so wie er anfällt, als *Fundationsschicht* eingebaut. Mit einer Tragfähigkeit von M_F -Werten über 900 kg/cm^2 ist er hierfür gut geeignet. Als Schüttung für den Unterbau sollte der wertvolle Laterit, ähnlich unserem Kies, nicht verwendet werden. Im vorliegenden Fall dient er als Baumaterial für den Oberbau, als Böschungsschutz und mit tonigen Bestandteilen versehen als Isolationsschicht auch gegen das Eindringen von Wasser im Bereich von Quelltonen. Die letzten wurden beim Übergang vom 1. zum 2. Abschnitt angetroffen. Die Tone zeichnen sich durch Quellen bei Wasseraufnahme und Schrumpfen bei Trockenheit aus. Wegen der durch die Hitze entstandenen grossen Risse müssen sie unter Dammschüttungen bis auf eine Tiefe von 20 cm abgebaut, seitlich deponiert und im Austausch gegen Laterit ersetzt werden. In Einschnitten ist ein zusätzlicher Abtrag von 30 cm vorgesehen.

Als weitere Massnahme zum Abfangen und Ableiten des seitlich eindringenden Wassers werden neben dem Strassenkörper 2,5 m breite Berme mit einer Neigung von 4 Prozent und seitliche Gräben angeordnet. Bei Regen ist der schwarz aussehende Ton kaum befahrbar (Bild 7). Die Isolationsschicht ist gleichzeitig auch *Sauberkeitsschicht*, da sie eine einwandfreie Trennung zwischen Untergrund und Ober- bzw. Unterbau sicherstellt.

Bei dem auf grossen Strecken angetroffenen *Dünensand* handelt es sich um einen sehr gleichförmigen *Fein- bis Mittelsand*. Er hat eine Mächtigkeit von 5–15 m. Sein Deformationsmodul liegt in der Regel zwischen 200 und 400 kg/cm^2 . Oberflächlich ist das Material zum Teil stark aufgelockert. Vorgängig der Schüttarbeiten wird deshalb diese Schicht je nach Auflockerungsgrad in einer Tiefe zwischen 0 und 40 cm abgetragen. Da der Dünensand in grossen Mengen unmittelbar im Trasseebereich ansteht, ist er als *Dammschüttmaterial* zu verwenden. Allerdings müssen, um ihn verdichten zu können, rund 250 Liter Wasser je m^3 beigegeben werden. Da die Trinkwasserleitungen für die benötigten Quantitäten nicht angezapft werden dürfen, ist hierfür Meerwasser zu verwenden. Bedenken hinsichtlich Umweltverschmutzung sind nicht angebracht. Wegen der Gleichförmigkeit des Sandes kann dieser im verdichteten Zustand nur in Schichten bis zu 25 cm eingebaut werden. Das Befahren mit schweren Baumaschinen ist unzulässig. Die gegen Wasser und Wind erosionsanfälligen Böschungen sind mit einer Neigung von 1:2,5 bzw. 1:2 auszubilden und zusätzlich mit besseren Materialien wie Laterit, tonigem Sand oder Kalk beidseits auf 1 m Breite zu schützen. Eine Bepflanzung der Böschungen ist nicht vorgesehen. Darüberhinaus besteht der Baugrund aus *kalkigen und mergeligen Schichten*, deren Tragfähigkeit sehr gut ist. Sie kommen für den Böschungsschutz in Dammstrecken bzw. als Übergangsschicht zwischen Unter- und Oberbau zur Anwendung. Der eigentliche *Bargny-Kalk* wird für

nung zur Baustelle eruiert wurden, vorgesehen.

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen lässt sich sagen, dass die vorhandenen lokalen Baustoffe insgesamt Verwendung finden, obwohl sie nicht immer unseren Vorschriften entsprechen. Besondere Aufmerksamkeit galt den Materialien, die nur in beschränktem Ausmass vorkommen, und deshalb durch Baustoffe minderer Qualität ersetzt werden müssen. Ihre bodenmechanischen Eigenschaften sind vorgängig der Verwendung durch Beigabe von Fremdmaterialien oder durch entsprechende Vorbehandlungen zu verbessern.

Kunstbauten

Der Baugrund für die Foundationen der Kunstbauten ist eher von mässiger Qualität und ziemlich *setzungsempfindlich*. Beim Schütten der Rampen können Setzungen bis zu 20 cm entstehen, die in diesem Masse für die Bauwerke unzumutbar sind. Es wurden deshalb im Zusammenhang mit den Foundationen verschiedene Möglichkeiten wie Bodenverdichtung, Pfählung und Vorbelastung untersucht. Dabei erwies sich die *Vorbelastung* als billiges, einfaches und wirksames Mittel, um die Setzungen für die Bauwerke im Rahmen zu halten. Gleichwohl ist zwischen den Abstützungen mit Setzungsdifferenzen von mehreren Zentimetern zu rechnen. Im Bereich stark aufgelockerter und organisch verschmutzter Deckschichten ist zusätzlich ein *Materialaustausch*



Bild 7. Schwarzer Ton mit Schrumpfrissen

die *Tragschicht* verwendet. Als *Konstruktionsmaterial* für die *Verschleisschicht* und als *Zuschlagstoff* für die *Betonaufbereitung* sind *Basalt* oder *Dolerit*, die allerdings in grösserer Entfer-

notwendig. Hierfür stehen Laterit, Kalk oder toniger Sand zur Verfügung. Der Materialaustausch muss vor dem Aufbringen der Vorbelastung erfolgen, die wiederum rund vier Wochen vor dem

Baubeginn der Kunstbauten stattfinden soll.

Wegen der schlechten Bodenverhältnisse können keine durchlaufenden Konstruktionen realisiert werden. Die aus den unterschiedlichen Auflagersenkungen entstehenden Zwängungen sind zu gross und hätten unwirtschaftliche Lösungen ergeben. Nach weiteren Untersuchungen zwischen zwei- und vierfeldrigen Varianten sind für Überführungsbauwerke als günstigstes statisches System Konstruktionen mit zwei einfachen Balken gewählt worden. Für den Querschnitt ist ein schlaffarmierter Plattenbalken vorgesehen, der je nach Brückenbreite zwei, drei oder vier Stege aufweist. Wegen der Setzungen wird verlangt, dass die Widerlager bis zum Auflagertisch zu hinterfüllen sind, bevor die Träger erstellt werden. Zur Überbrückung der Setzungsdifferenzen zwischen Hinterfüllung und Widerlager werden Schleppplatten mit einer Länge von 4 m angeordnet.

Für die *Bahnunterführungen* ist als statisches System eine Konstruktion mit einem *einfachen schlaffarmierten Rahmen* gewählt worden. Die Decken bestehen hier aus vorfabrizierten Plattenelementen, welche die untere Armierung enthalten, und aus einem 35 cm starken armierten Überbeton. Mit dieser Bauweise ist es möglich, auf Lehrgerüste zu verzichten. Neben der Nichtbehinderung des Bahnverkehrs hat sie den Vorteil, dass die Gradienten der Autobahn tiefer gelegt und damit die Schüttkubaturen erheblich reduziert werden können.

Das grösste Bauwerk ist eine 348 m lange *Zwillingsbrücke*. Der Viadukt überquert schiefwinklig die bestehende Nationalstrasse RN1 und die Bahnlinie Dakar-Thiès. Wegen der mässigen Bodenqualität wurde das Bauwerk in einfache Balken von 43,5 m Länge aufgelöst, die durch Federplatten miteinander verbunden sind. Der Querschnitt ist als dreistegiger vorgespannter Plattenbalken ausgebildet.

Für die Fussgängerüberführungen wurde ebenfalls ein vorgespannter Plattenbalken vorgesehen, der aus zwei einfachen Balken besteht. In den Widerlagern sind die Treppenläufe und die Poeste integriert (Bild 8).

Oberbau

Die Bemessung des Oberbaus erfolgt nach den gleichen Kriterien, wie wir sie in der Schweiz kennen. Dabei handelt es sich um die örtlichen Bedingungen, die Tragfähigkeit des Untergrundes bzw. Unterbaus, die Verkehrsbelastung und die Eigenschaften der verwendeten Materialien. Auf Verlangen des Auftraggebers liegt der Ermittlung der Verkehrslasten eine Gebrauchsdauer von

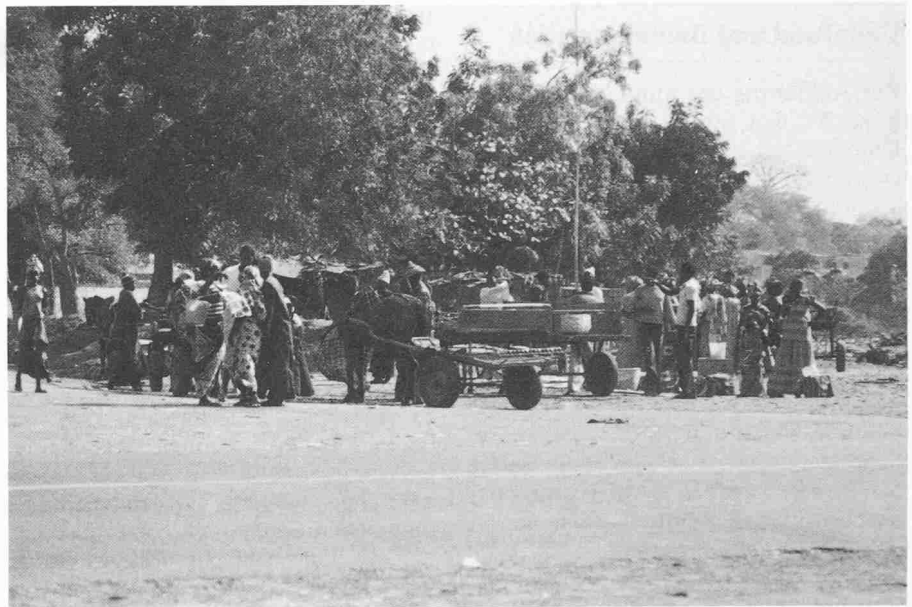


Bild 8. Das Leben in Senegal spielt sich grösstenteils längs Strassen und auf Märkten ab und hat einen starken Fussgängerverkehr zur Folge

Tabelle 1. Oberbaumaterialien und ihre Verwendung in anderen Schichten

Oberbau-Schichten	Konstruktionsmaterial Körnung in mm	Material- koeff.
Belag	Dolerit 0/10 (Asphaltbeton AB)	0,44
	Basalt 0/10 (Asphaltbeton AB)	0,44
Tragschicht	Basalt 0/20 (Heissmischtragschicht HMT)	0,30
	Bargny-Kalk 0/20 (Heissmischtragschicht HMT)	0,30
	Kiesiger Laterit 0/40, zementstabilisiert	0,22
Fundationsschicht	Toniger Sand/kiesiger Laterit, zementstabilisiert	0,20
	Toniger Sand, zementstabilisiert	0,15
	Gebrochener Bargny-Kalk 0/60	0,15
	Kiesiger Laterit 0/60	0,11
Übergangsschicht	Kiesiger Laterit 0/60 Kalk 0/60	0,11 0,11

20 Jahren zugrunde. In Tabelle 1 sind die für den Oberbau vorhandenen Konstruktionsmaterialien entsprechend ihrer Qualität den verschiedenen Schichten zugewiesen und variiert worden. Die Ausschreibungsunterlagen machen

von dieser Möglichkeit Gebrauch. Ausserdem gibt die Tabelle den mittleren Materialkoeffizienten an, der als Mass für die Festigkeit des für die jeweiligen Schichten verwendeten Materials dient. Zur Bemessung des Oberbaus ist die

60 km lange Autobahn in fünf Abschnitte eingeteilt worden, die als homogen betrachtet werden können. Ihre Länge schwankt zwischen 4 und 22 km. Massgebend für die Einteilung war neben den örtlichen Bedingungen die Tragfähigkeit des Untergrundes. Sie wurde durch CBR-Versuche bestimmt. Aus einer Kombination der anfangs genannten Kriterien sind dann für die verschiedenen Strassenabschnitte die SN-Werte (Structural Number) ermittelt worden, welche die strukturelle Stärke der Strasse angeben. Es handelt sich um Zahlen, die für die Autobahn Dakar-Thiès zwischen SN = 7,7 (Felsuntergrund) und 13,2 (Untergrund Quelltone) liegen. Mit Hilfe der Mate-

rialkoeffizienten und der SN-Werte konnten nun unter Einhaltung der französischen Vorschriften die Dicken für die Oberbauschichten bestimmt werden. Es ergaben sich bei Vernachlässigung der 20 bis 25 cm starken Übergangsschicht (unten links). charakteristische Aufbautypen.

Zusammenarbeit mit den Senegalesen

Die Senegalesen sind ein liebenswürdiges und fleissiges Volk, das grösstenteils der französischen Sprache mächtig ist. Die Zusammenarbeit mit ihnen ist nicht

schwierig, wenn man einige Grundregeln beachtet. Senegal ist eine junge Nation, die auf ihre Unabhängigkeit sehr stolz ist. Aus der Geschichte heraus ist es durchaus verständlich, dass die Senegalesen gegen alles empfindlich sind, was als Ausdruck eines Überlegenheitsgefühls seitens der europäischen Berater gedeutet werden könnte. Sie schätzen deshalb an uns Schweizern nicht nur die Qualität der Arbeit, sondern auch die Tatsache, dass wir sie als vollwertige Partner betrachten.

Da es bei diesem Mandat nicht nur darum ging, eine technische Dienstleistung zu vollbringen, sondern gleichzeitig auch eine Schulung der einheimischen Kräfte zu erwirken, wurde eine enge Zusammenarbeit mit der dortigen Strassenbauverwaltung DEP (Direction des Etudes et de la Programmation du Ministère de l'Équipement, Dakar) und dem staatlichen Erdbaulaboratorium CEREEQ angestrebt und realisiert. So haben in dem Büro der Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG in Dakar ständig einheimische Ingenieure und Techniker mit uns zusammengearbeitet. Ausserdem kamen für insgesamt 15 Monate senegalesische Ingenieure nach Zürich, wo sie in das Projektteam eingegliedert wurden. Sie hatten in diesem Zusammenhang natürlich viele Gelegenheiten, ihre Kenntnisse zu erweitern und von Erfahrungen zu profitieren. Dies war zwar nur ein bescheidener, aber doch ein aktiver Beitrag zur Entwicklungshilfe. Durch die intensive Zusammenarbeit auf beiden Seiten sind die menschlichen Beziehungen vertieft und das Verständnis für das Wesen und die Probleme des anderen Volkes vergrössert worden.

1. Belag	5 cm	AB 10 (6 Gew.% B 60/70)	SN
Tragschicht	20 cm	HMT 20 (5,6 Gew.% B 60/70)	2,2
Fundationsschicht	15–20 cm	Zementstabi. aus tonigem Sand (4,5 Gew.% PC)	6,0
Total	40–45 cm		2,3–3,0
			10,5–11,2

2. Als Variante hierfür ist ein vollstabilisierter Oberbau vorgesehen, bei dem die mit hydraulischen Bindemitteln stabilisierte Fundationsschicht praktisch die gesamte Tragfähigkeitsfunktion übernimmt und die darüberliegenden bituminösen Schichten nur noch in geringerem Masse zur Lastverteilung beitragen. Damit können sie weniger dick ausgebildet werden, was auf die Kosten einen grossen Einfluss hat.

Belag	5 cm	AB 10	SN
	10 cm	HMT 20	2,2
Fundationsschicht	15 cm	Obere Schicht Zementstabi. aus tonigem Sand/kiesigem Laterit $\sigma_{\geq} 40 \text{ kg/cm}^2$	3,0
	15–20 cm	Untere Schicht Zementstabi. aus tonigem Sand $\sigma_{\geq} 25 \text{ kg/cm}^2$	3,0
Total	45–50 cm		2,3–3,0
			10,5–11,2

3. Im Bereich der naheliegenden Lateritvorkommen ist folgender Aufbau projektiert:

Belag	5 cm	AB 10	SN
Tragschicht	25 cm	Zementstabi. aus kiesigem Laterit	2,2
Fundationsschicht	0–50 cm	(6 Gew.% PC)	5,5
		Kiesiger Laterit	0–5,5
Total	30–80 cm		7,7–13,2

Das stabilisierte Material ist während des Transportes feucht zu halten. Unmittelbar nach dem Einbau muss jede Schicht gegen zu schnelles Austrocknen mit Bitumenemulsion angespritzt und eingesandet werden. Für die Standspuren wird eine Befestigung aus einer 10 cm dicken HMT-Schicht und einer doppelten Oberflächenbehandlung vorgesehen.

Adresse des Verfassers: R. Penne, dipl. Bauing., Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, 8022 Zürich