

LANDNUTZUNGSVERÄNDERUNGEN DURCH DAS ALAU-DAMM-PROJEKT (NORDOST-NIGERIA)

Claudia Dobe

Fragestellung

Der ständig steigende Wasserbedarf stellt in den semiariden Tropen ein großes Problem dar, dem man außer durch die Nutzung von fossilem Grundwasser immer wieder durch die Anlage von Staudämmen begegnen will. In diesem Zusammenhang entstanden in den 70er Jahren auch die Pläne für das Alau-Damm-Projekt bei Maiduguri in Nordost-Nigeria. Realisiert wurde das Projekt Mitte der 80er Jahre; 1989 wurde die Anlage in Betrieb genommen. Das dort gestaute Wasser sollte zum einen zur Trinkwasserversorgung der schnell wachsenden Großstadt Maiduguri dienen, zum anderen war die Intensivierung des Reisanbaus in einem auch schon traditionell für diese Kultur genutzten regenzeitlichen Überflutungsgebiet, das flußabwärts am selben Fluß liegt, geplant. Der Ausbau eines in diesem semiariden Raum liegenden Flachwassersees zu einem Wasserreservoir stellt einen tiefen Eingriff in das Landnutzungsgefüge dar.

Um die Landnutzungsveränderungen zu erfassen, wurden LANDSAT-TM-Aufnahmen von 1987 und 1992 - also vor und nach Inbetriebnahme des Staudammes - ausgewertet. Geländeerhebungen wurden im Oktober und November 1992 durchgeführt. Heute, im Herbst 1994, erhält das Thema nach Abschluß der Untersuchungen besondere Brisanz dadurch, daß es im Bereich der den Stausee ergänzend abriegelnden Erddämme am Ende der diesjährigen Regenzeit Unterspülungen gegeben hat, wodurch es zu einer starken Flut aus dem Lake Alau in das Flußbett des Ngadda nach Maiduguri gekommen ist. Jedoch sind zu dieser veränderten Situation noch keine Satellitendaten ausgewertet worden.

Das Arbeitsgebiet

Das Arbeitsgebiet befindet sich in Nordost-Nigeria. Klimatisch liegt es in der Zone der tropischen Trockenklimate nach TROLL & PAFFEN (1964). Die mittleren Jahresniederschläge betragen 588 mm (METEOROLOGICAL SURVEY AIRPORT MAIDUGURI 1992).

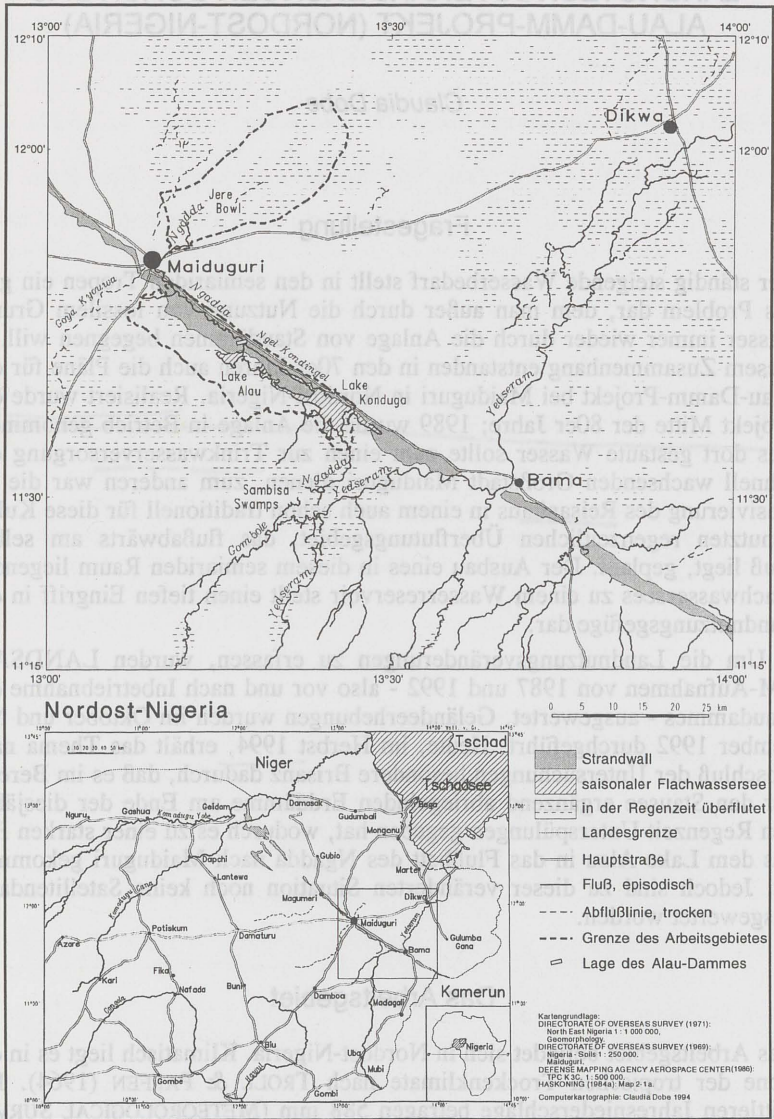


Abb. 1: Die Teilarbeitsgebiete Jere Bowl und Lake-Alau-Projektgebiet am Ngadda bei Maiduguri mit der Lage des Alau-Dammes (Damm nicht maßstabsgerecht).

Den geologischen Untergrund bilden die Sedimente der Chad-Formation, die fast flächendeckend mit jüngeren Oberflächenablagerungen in Form von Dünensystemen, Fluß-, Delta- oder Lagunensedimenten des Tschadsees überdeckt sind (BAWDEN 1972:62). Das flache, nur leicht reliefierte Gelände wird von dem von Nordost nach Südost ziehenden Bama Ridge unterbrochen, der zwischen Maiduguri und Bama seine größte Ausdehnung bei einer maximalen relativen Höhe von 12 m hat (BAWDEN 1972:64).

Das Gebiet südlich des Bama Ridge wird von zwei Flüssen entwässert, die jenseits eines Gebietes mit zeitweilig stattfindendem *spill over* (HASKONING 1984a:72) beide den Ridge erreichen, ihn einige Kilometer entlangfließen, um ihn dann zu durchbrechen und weiter in Richtung Tschadsee zu fließen. Der westlichere der beiden Flüsse, der Ngadda, bildet dort, wo er auf den Bama Ridge trifft, den saisonalen Flachwassersee Lake Konduga, auch als Lake Yare bezeichnet (CAROLL 1974:11). Auf seinem Lauf in nordwestlicher Richtung entlang des Ridge hat der Ngadda diesen teilweise ausgeräumt. Der Fluß teilt sich in einen Hauptarm und einen Nebenarm. Der Hauptarm flutet bei hohem Wasserstand den saisonalen Flachwassersee Lake Alau. Der Ngadda durchbricht bei Maiduguri den Bama Ridge und fließt in nordöstlicher Richtung in eine Jere Bowl genannte Depression, ein *Fadama*- oder regenzeitliches Überflutungsgebiet, in dem er allmählich sein Wasser durch Infiltration, Evaporation und Evapotranspiration verliert (KINDLER 1990:96). Etwa 50 km hinter Maiduguri endet der Fluß (A.L.T.S. 1975:15).

Das Arbeitsgebiet umfaßt die Bereiche, in denen das Alau-Damm-Projekt mit dem Ausbau des Lake Alau als Wasserreservoir die Landnutzung verändert hat. Dies ist zum einen das Lake-Alau-Gebiet südöstlich von Maiduguri - hier haben Überflutungen und reichliches Angebot an nutzbarem Wasser die Situation verändert - und zum anderen die Jere Bowl nordöstlich der Stadt - dort hat Trockenfallen des *Fadama*-Gebietes und Wassermangel die Situation verändert. Während rund um den Lake Alau kleine Bewässerungsgebiete angelegt worden sind, ist in der *Fadama* der Jere Bowl der früher dort weiträumig im 'Jere Bowl Rice Scheme' betriebene Reisanbau stark eingeschränkt.

Das Alau-Damm-Projekt

Die Ziele der Errichtung eines Stausees im Bereich des Lake Alau waren die Trinkwasserversorgung von Maiduguri, die Bereitstellung von Wasser für die Bewässerung im 'Jere Bowl Rice Scheme' und die Entwicklung der Region Lake Alau durch die Anlage von Bewässerungsfeldern um den Stausee herum (DIYAM CONSULTANS 1990:1; HASKONING 1984a:96).

Die 285 m lange und bis zu 9,5 m hohe Staumauer, die jenseits des Zusammenfließens des Ngadda mit seinem Nebenarm Ngel Kondingel angelegt wurde, wird ergänzt durch drei Abschnitte mit kleinen Erddämmen, die die

Ausdehnung des Reservoirs bei hohem Wasserstand begrenzen sollen (DIYAM CONSULTANTS 1990:4). Die maximale Speichertiefe beträgt 5 m, wobei ein 50 km² großes Gebiet von 20 km Längserstreckung, das den Lake Konduga miteinschließt, überflutet wird. Vom Lake Alau nach Maiduguri wurde eine Wasserleitung errichtet, für den Wassertransport in die Jere Bowl wurden keinerlei Baumaßnahmen durchgeführt. Nach Inbetriebnahme des Staudammes im Jahre 1989 erreichte das Reservoir im Oktober 1992 erstmals maximalen Wasserstand. Nach der vollständigen Füllung des Stausees wurde etwas Wasser durch die Schleusen in den Ngadda abgelassen, das aber wohl nicht die Jere Bowl erreichte.

Naturräumliche Gegebenheiten des Alau-Damm-Projektes

Der natürliche Zufluß zum Wasserreservoir findet während und direkt nach der Regenzeit statt, d.h. er beginnt etwa Mitte August und steigt bis Ende Oktober an (DIYAM CONSULTANTS 1990:9). Aufgrund der geringen Speichertiefe und der großen Oberfläche ist der Wasserverlust sowohl durch Verdunstung als auch durch Versickerung erheblich. Die bei DIYAM CONSULTANTS (1990:6) angenommene Netto-Evaporation beträgt fast die Hälfte der Speichertiefe des Stausees. Die hohe Versickerungsrate hat ihre Ursache in den unverfestigten, sandigen Sedimenten (OLOFIN 1993:5).

Außerdem sieht OLOFIN (1993:5) für das Reservoir die Gefahr der Verschlammung durch Erosionstätigkeit des Wassers an den umgebenden Erddämmen und Landzungen. Im Herbst 1994 war diese Erosionstätigkeit in der Tat zu beobachten, jedoch führte sie nicht zur Verschlammung des Reservoirs, sondern zum Bruch eines Erddammes.

Erfolgsaussichten des Alau-Damm-Projektes

Die im Alau Reservoir gespeicherte Wassermenge kann nicht ausreichen, um sowohl den Trinkwasserbedarf von Maiduguri zu decken als auch genügend Wasser zur Intensivierung des Reisbaus in der Jere Bowl zur Verfügung zu stellen. Um den für die Zukunft erwarteten Bedarf von Maiduguri zu befriedigen, müßte das Reservoir am Ende der Regenzeit vollständig gefüllt sein. Wenn neben der Verdunstung auch noch die Versickerung in die Berechnung miteinbezogen wird, reicht auch diese Wassermenge nicht aus (DIYAM CONSULTANTS 1990:11).

In der Jere Bowl waren 9000 ha Land für den Naßreisbau vorgesehen. Dieses Projekt würde bereits große Wassermengen lange vor dem jahreszeitlichen Höchststand im Reservoir benötigen, was bei Nutzung des Reservoirs zur Deckung des Trinkwasserbedarfs von Maiduguri nicht mehr verfügbar wäre (DIYAM CONSULTANTS 1990:12).

HASKONING (1984a:2), der einen Umsiedlungsplan für die vom Staudammbau betroffenen Gebiete erstellt hat, machen die mit dem Alau-Damm-Projekt verbundene Problematik deutlich, wenn sie schreiben: "Das zukünftige

tige Reservoir droht die vorhandene landwirtschaftliche Produktion des Lake-Alau-Gebietes zu zerstören, während eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion in der Jere Bowl ungewiß bleibt" (HASKONING 1984a:2). ODIHI (1991:3) berichtet vom Rückgang des Reisanbaus in der Jere Bowl von 90% der Fläche im Jahr 1985 bis zur völligen Einstellung des Anbaus 1989, also während der Bauphase des Staudammes. Infolge des Wassermangels seien vermehrt Millet und Groundnuts angepflanzt worden.

Landnutzung

Im südwestlichen Teil des Tschadbeckens wird das Land intensiv landwirtschaftlich genutzt. Ein Großteil der Farmer betreibt Subsistenzwirtschaft, wobei der Schwerpunkt auf den nicht oder kaum durch Überflutung beeinflussten Flächen liegt; die für den Verkauf auf dem Markt vorgesehenen *cash crops* nehmen einen geringeren Teil der Produktion ein. Regional werden die ackerbaulichen Nutzungskategorien eingeteilt in Regenfeldbau auf nie überfluteten Gebieten oder *upland cultivation*, Gemüseanbau in Bewässerungswirtschaft auf *Fadama*-Gebiet oder *fadama cultivation* sowie Reisanbau oder *rice cultivation* (HASKONING 1984a:45; HASKONING 1984b:27). Insbesondere der Regenfeldbau ist stets mit Nutzbäumen im *farmed parkland* vergesellschaftet (PULLAN 1974:119). Die Anbaufrüchte des Regenfeldbaus sind hauptsächlich Pearl Millet (*Pennisetum americanum*) und Cowpea (*Vigna unguiculata*), die *intercropped* - also gleichzeitig auf dem Feld - angebaut werden. Auf leichten sandigen Böden werden Groundnuts (*Arachis hypogaea*) in Monokultur gepflanzt. Auf schweren Tonböden und in einzelnen Depressionen wird Sorghum (*Sorghum bicolor*) kultiviert (HASKONING 1984a:49; A.L.T.S. 1975:33, 34).

Kartierung der Landnutzungsveränderungen

Bei Untersuchungen in Gebieten mit fehlendem oder unzureichendem Kartenmaterial bietet die Fernerkundung mit Hilfe von Satellitenbildern die Möglichkeit einer umfassenden Informationsgewinnung über den Raum. Im Gegensatz zu nur unzureichend fortgeführten Karten zeigt das Satellitenbild den aktuellen Zustand. Zur Interpretation des Satellitenbildes sind jedoch Informationen über die dargestellten Objekte notwendig. Mit der Zuordnung von punktuell oder kleinflächig vorliegenden Geländedaten, die zum Zeitpunkt der Satellitenaufnahme erhoben wurden, können neben der Kartierung der aktuellen Satellitenszene durch Extrapolation der Erhebungen auch Objekte auf einem älteren Satellitenbild derselben Jahreszeit interpretiert werden. Dies ermöglicht in vorliegender Arbeit Aussagen über die Landnutzung im Untersuchungsgebiet vor Inbetriebnahme des Staudammes, als keine Geländeaufnahmen durchgeführt wurden, und läßt damit vor allem einen Vergleich mit der Situation, wie sie sich im aktuellen Satellitenbild darstellt, zu.

Kartierungen von Veränderungen der Umwelt werden in der Satellitenbildauswertung auch als *change detection* bezeichnet (FUNG 1990:681).

TOWNSHEND (1981:97, 98) gibt als große Schwierigkeit bei der Untersuchung von Veränderungen an, daß meist viele Unterschiede, die nicht das zu kartierende Phänomen repräsentieren, zwischen zwei Bildern bestehen. Minimiert werden können diese störenden Nebeneffekte durch die Verwendung von Aufnahmen vom gleichen Kalenderdatum und gleicher Uhrzeit.

Arbeitsmaterial

Die Untersuchung zu den Landnutzungsveränderungen durch das Alaudamm-Projekt wurde mit Hilfe von Daten des LANDSAT-Satelliten durchgeführt. Der Sensor Thematic Mapper (TM) scannt das von der Erde reflektierte Sonnenlicht in Ausschnitten des sichtbaren Spektralbereichs sowie des nahen, mittleren und thermalen Infrarot. Da jedes Objekt der Erdoberfläche in bestimmten Bereichen des elektromagnetischen Spektrums absorbiert und reflektiert, werden die Objekte spektral unterscheidbar. In den einzelnen Spektralbereichen (Kanälen) werden Reflexionswerte (Grauwerte, *digital number*) gemessen. Diese können am Computer in Farbwerte umgesetzt werden, wodurch ein Satellitenbild entsteht. Beim Thematic Mapper des LANDSAT-Satelliten wird pro Bild ein Gebiet von 185 x 185 km abgebildet. Dabei wird für jeweils ein 30 x 30 m großes Areal ein Reflexionswert aufgenommen.

Leider standen für die Untersuchungen keine sich jahreszeitlich völlig entsprechenden Satellitenszenen zur Verfügung. Die Aufnahme vom 7.11.1987 stammt aus der beginnenden, die vom 22.12.1992 aus der etwas fortgeschrittenen Trockenzeit (siehe Abb. 2). Die verwendeten Aufnahmezeitpunkte sind weder für die Kartierung des Regenfeldbaus (optimaler Zeitpunkt September) noch für die Kartierung von Bewässerungsfeldbau (optimaler Zeitpunkt April) voll geeignet. Außerdem wurde der Vergleich der beiden Szenen durch sehr unterschiedliche Niederschlagsverhältnisse in beiden Jahren erschwert. Die daraus resultierenden Folgen für die Landnutzung betreffen sowohl die naturnahe Vegetation wie auch den Feldbau.

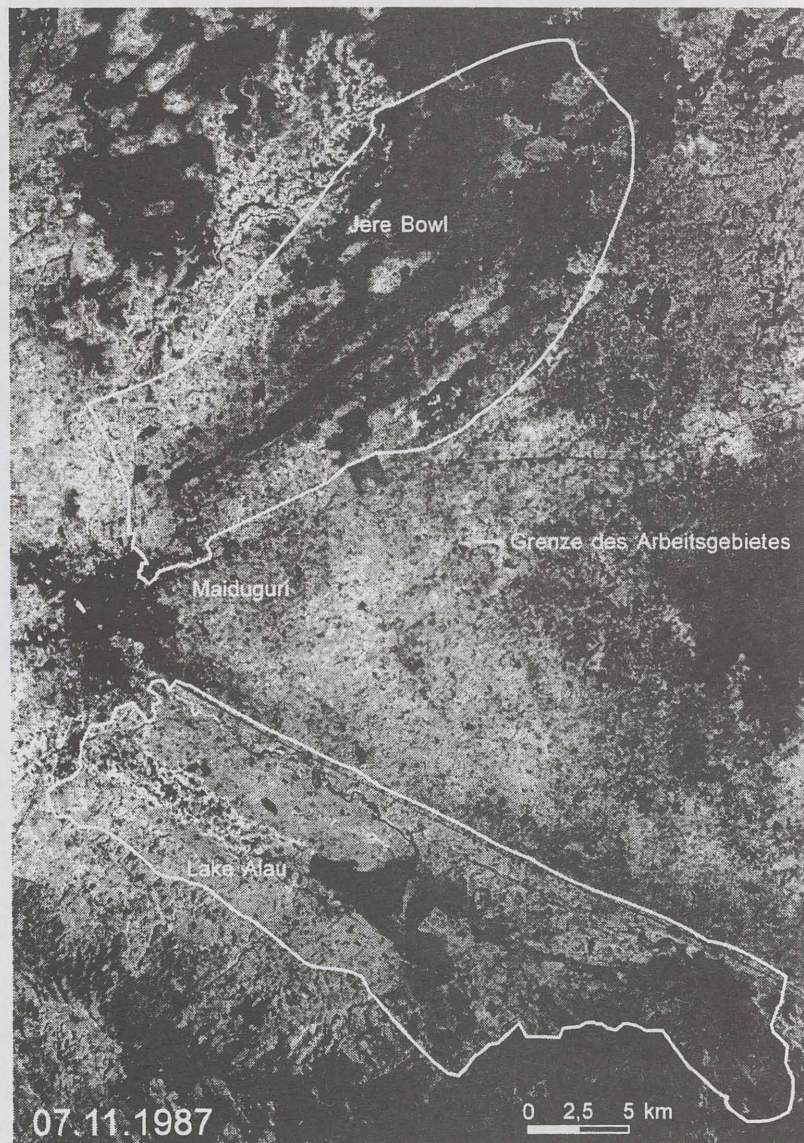


Abb. 2: Ausschnitte der LANDSAT TM-Szenen vom 07. November 1987 und 22. Dezember 1992 mit den Arbeitsbereichsgrenzen, Schwarzweißdarstellung der Kanäle 4, 5, 3

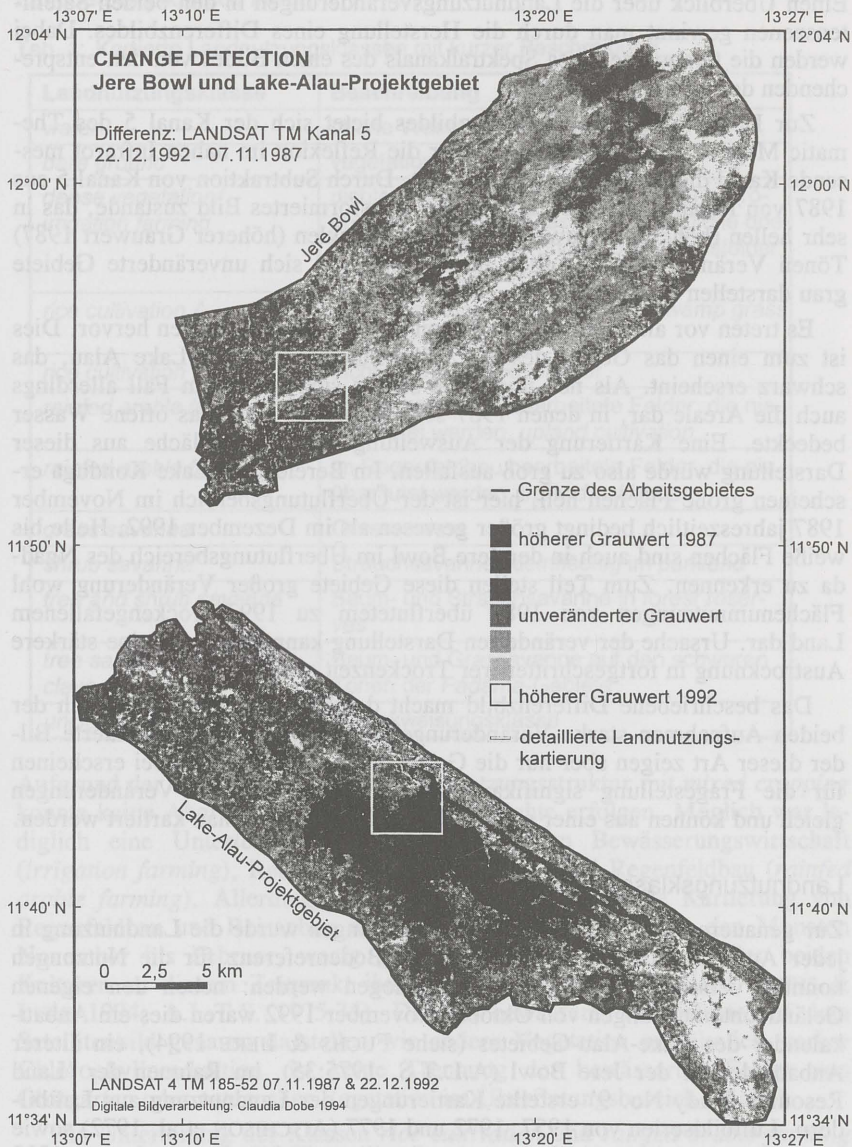


Abb. 3: Differenzbild für das Arbeitsgebiet, entstanden durch Subtraktion von Kanal 5 aus 1987 von Kanal 5 aus 1992, geocodiert, mit Lage der detaillierten Landnutzungskartierungen von Abb. 4 und 5

Überblick über die Landnutzungsveränderungen in einem Differenzbild

Einen Überblick über die Landnutzungsveränderungen in den beiden Satellitenszenen gewinnt man durch die Herstellung eines Differenzbildes. Dabei werden die Grauwerte eines Spektralkanals des einen Bildes von den entsprechenden des anderen subtrahiert.

Zur Herstellung eines Differenzbildes bietet sich der Kanal 5 des Thematic Mapper besonders an, da dieser die Reflexion im nahen Infrarot messende Kanal die größte Varianz aufweist. Durch Subtraktion von Kanal 5 aus 1987 von Kanal 5 aus 1992 kommt ein transformiertes Bild zustande, das in sehr hellen (höherer Grauwert 1992) bzw. dunklen (höherer Grauwert 1987) Tönen Veränderungen deutlich macht, während sich unveränderte Gebiete grau darstellen (siehe Abb. 3).

Es treten vor allem drei Bereiche mit starken Veränderungen hervor. Dies ist zum einen das Gebiet des 1992 überfluteten Stausees Lake Alau, das schwarz erscheint. Als neu überflutet stellen sich in diesem Fall allerdings auch die Areale dar, in denen 1987 schwimmendes Gras das offene Wasser bedeckte. Eine Kartierung der Ausweitung der Wasserfläche aus dieser Darstellung würde also zu groß ausfallen. Im Bereich des Lake Konduga erscheinen große Flächen hell, hier ist der Überflutungsbereich im November 1987 jahreszeitlich bedingt größer gewesen als im Dezember 1992. Helle bis weiße Flächen sind auch in der Jere Bowl im Überflutungsbereich des Ngadada zu erkennen. Zum Teil stellen diese Gebiete großer Veränderung wohl Flächenumnutzungen von 1987 überflutetem zu 1992 trockengefallenem Land dar. Ursache der veränderten Darstellung kann aber auch eine stärkere Austrocknung in fortgeschrittenerer Trockenzeit sein.

Das beschriebene Differenzbild macht deutlich, daß beim Vergleich der beiden Aufnahmen starke Veränderungen hervortreten. Transformierte Bilder dieser Art zeigen aber nur die Größe der Abweichung. Dabei erscheinen für die Fragestellung signifikante und nicht signifikante Veränderungen gleich und können aus einer solchen Darstellung nicht genau kartiert werden.

Landnutzungsklassifikationen

Zur genaueren Untersuchung der Veränderungen wurde die Landnutzung in jeder Aufnahme digital klassifiziert. Als Bodenreferenz für die Nutzungen konnten verschiedene Quellen herangezogen werden: neben den eigenen Geländeuntersuchungen von Oktober/November 1992 waren dies ein Anbaukalender des Lake-Alau-Gebietes (siehe FUCHS & JERE 1994), ein älterer Anbaukalender der Jere Bowl (A.L.T.S. 1975:35), im Rahmen der 'Land Resource Study No. 9' erstellte Kartierungen der Landnutzung aus Luftbildern, Luftbildserien von 1957, 1972 und 1977 (AITCHISON et al. 1972) sowie eine panchromatische Aufnahme des Satelliten SPOT vom 1. Januar 1990 mit einer Bodenauflösung von 10 x 10 m.

Die Benennung der Klassen wurde in der englischen Terminologie vorgenommen. Aus den Satellitendaten von 1987 und 1992 wurden folgende Landnutzungsklassen kartiert:

Tab. 1: Kartierte Landnutzungsklassen mit kurzer Beschreibung

Landnutzungsklasse	Beschreibung
<i>water</i>	offene Wasserflächen
<i>bare ground</i>	vegetationsfreier Boden
<i>dense vegetation/irrigation farming</i>	dichte Vegetation mit hoher Chlorophyllproduktion: schwimmendes Gras, natürliche oder künstliche Bewässerungsgebiete (Reisfelder, Obstgärten, Gemüsegelder)
<i>rice cultivation A</i>	nicht überflutete Reisfelder und <i>swamp grass savanna</i>
<i>rice cultivation B</i>	nicht überflutete Reisfelder
<i>rainfed arable farming A</i>	im Regenfeldbau bearbeitete Felder, die nie überflutet werden, <i>upland cultivation</i>
<i>rainfed arable farming B</i>	im Regenfeldbau bearbeitete Felder, die nie überflutet werden, <i>upland cultivation</i>
<i>grass savanna</i>	Grassavanne
<i>shrub savanna</i>	Strauchsavanne, kleinflächig im <i>parkland</i>
<i>tree and shrub savanna</i>	Baum- und Strauchsavanne in <i>forest reserves</i>
<i>tree savanna on heavy clays</i>	Baum- und Grassavanne auf den schweren Tonen der <i>Fadama</i> -Gebiete
<i>unclassified</i>	Zurückweisungsklasse

Aufgrund der Datenlage sowie der Landnutzungsstruktur mit *mixed cropping* konnte keine Abgrenzung einzelner Anbaufrüchte erfolgen. Möglich war lediglich eine Unterteilung in die Anbaugruppen Bewässerungswirtschaft (*irrigation farming*), Reisanbau (*rice cultivation*) und Regenfeldbau (*rainfed arable farming*). Allerdings lassen die Anbaukalender die Kartierung von Regenfeldbau und Reisanbau in der kalten Trockenzeit, also den Monaten November bis Februar, wenig geeignet erscheinen, da keine der beiden Kulturen zu diesem Zeitpunkt ihre volle Ausprägung hat (siehe FUCHS & IJERE 1994; A.L.T.S. 1975:35). Da sich bewässerte Feldfrüchte auf dem Satellitenbild genauso darstellen wie andere Vegetation mit ähnlich starker Chlorophyllproduktion, ist keine Trennung der bewässerten Felder von Obstgärten oder naturnaher Vegetation im Überflutungsbereich möglich.

Die Unterteilung der Klassen *rice cultivation* und *rainfed arable farming* in zwei Unterklassen *A* und *B* wurde nur aufgrund der Differenzierung im Satellitenbild vorgenommen. 1987 wurde die *swamp grass savanna* um den Lake Alau herum zusammen mit *rice cultivation A* klassifiziert. Für die Kar-

tierung von Brachflächen lagen keine ausreichenden Referenzdaten vor, da die Identifizierung dieser Flächen im Gelände im Oktober/November 1992 sehr schwierig war.

Vergleich der Landnutzungskartierungen von 1987 und 1992

Die resultierenden Landnutzungskartierungen spiegeln die starke Heterogenität der kleinflächig wechselnden Landnutzungen wider. Da sich diese Heterogenität bei einer relativ kleinmaßstäbigen Darstellung nur in einer Farbabbildung zeigen läßt, wurden hier für die Schwarzweißdarstellung zur Verdeutlichung zwei stark generalisierte Gebiete von ca. 6 x 6 km Größe herausgegriffen. Die Ausschnitte liegen im Gebiet des Lake Alau und in der Jere Bowl, wodurch Bereiche mit besonders veränderter Landnutzung erfaßt sind.

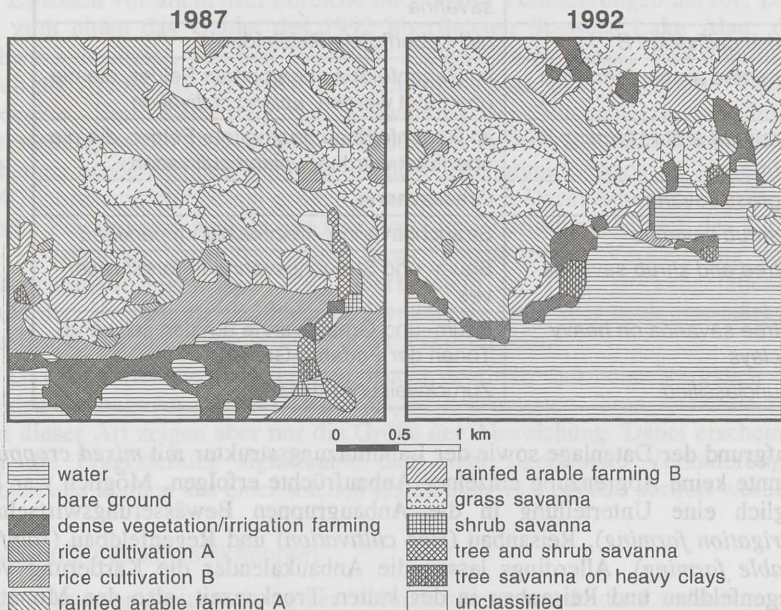


Abb. 4: Landnutzungskartierung am Lake Alau - Lage siehe Abb. 3 (digitale Klassifizierung aus LANDSAT-TM-Daten vom 07.11.1987 und 22.12.1992)

Am Lake Alau (siehe Abb. 4) wird das Ausmaß der Überflutungen durch den Stausee deutlich. Die 1987 als *dense vegetation/irrigation farming* kartierten Gebiete stellen schwimmendes Gras und Schilfvegetation im natürlichen Flachwassersee dar. Dagegen sind die 1992 in diese Klasse eingeordneten Felder als Bewässerungsfelder, die direkt am Stausee angelegt

worden sind, zu verstehen. Sie haben allerdings im Dezember noch eine relativ geringe Ausdehnung, der Bewässerungsanbau wird aber wohl im Verlaufe der Trockenzeit, wenn das Wasser im Stausee zurückweicht, noch ausgeweitet. Auffällig ist außerdem 1992 die Ausdehnung der *grass savanna*, ein Phänomen, das sicher jahreszeitlich bedingt ist.

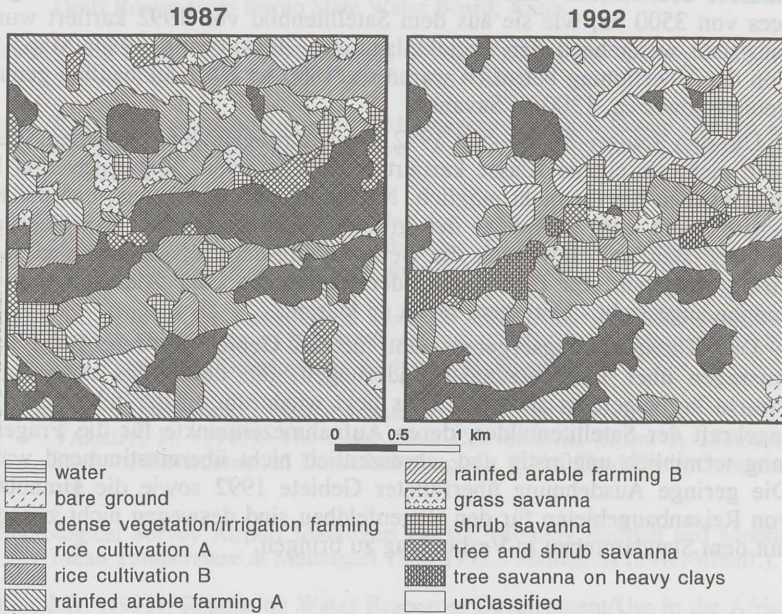


Abb. 5: Landnutzungskartierung in der Jere Bowl - Lage siehe Abb. 3 (digitale Klassifizierung aus LANDSAT-TM-Daten vom 07.11.1987 und 22.12.1992)

In der Jere Bowl (siehe Abb. 5) ist im zentralen Bereich ein Großteil der 1987 als *dense vegetation/irrigation farming* klassifizierten Gebiete 1992 von verschiedenen Savannenformationen bedeckt. Entweder hat der Staudamm-bau die Flutung verhindert, oder aber die Flutung konnte im Dezember nicht mehr kartiert werden, weil sie im allgemeinen bereits im November versiegt. Geblieben ist ein Großteil der Obstgärten, die am Rande der *Fadama* liegen und aus Brunnen bewässert werden. Außerdem sind 1992 teilweise die nicht als gesonderte Klasse erfaßten Ortschaften der Jere Bowl als *dense vegetati-on/irrigation farming* klassifiziert worden, da sie mit zahlreichen Bäumen, vor allem Neem-Trees, bestanden sind. Insgesamt bilden in dem Ausschnitt 1992 die Felder des Regenfeldbaus die stärksten Klassen. Reisfelder sind 1992 nur noch in geringem Umfang klassifiziert worden.

Resultierende Aussagen zu den Landnutzungsveränderungen durch das Alau-Damm-Projekt

Die Klassifizierung der LANDSAT-TM-Bilder von 1987 und 1992 zeigt das Ausmaß der durch die Aufstauung des Ngadda im Lake Alau im Bereich des Stausees überfluteten Flächen und läßt eine Bilanz zu. Die Ausdehnung des Sees von 3500 ha, wie sie aus dem Satellitenbild von 1992 kartiert wurde, entspricht weitgehend den Projektplanungen (HASKONING 1984a:Map2-1a). Von der Überflutung betroffen waren ca. 1800 ha 1987 feldbaulich genutzte Gebiete sowie ca. 1300 ha Savanne.

Um den Stausee herum sind 1992 Bewässerungsfelder entstanden, die jedoch nicht als eigene Klasse kartiert werden konnten. Deswegen sind Flächenangaben hierfür nicht möglich. Nachteilig wirkte sich aus, daß die Kartierung nicht zum Zeitpunkt der größten Ausdehnung der Bewässerungskulturen stattfand. Inwieweit die Bewässerungsgebiete, die den See saumförmig umgeben, zur Entwicklung der Region des Lake Alau - wie in Planungen angestrebt - beitragen, bleibt zu klären.

Das Klassifizierungsergebnis läßt für das Gebiet der Jere Bowl kaum Aussagen über Landnutzungsveränderungen, die durch das Alau-Damm-Projekt herbeigeführt sind, zu. Dies liegt wiederum an der fehlenden Aussagekraft der Satellitenbilder, deren Aufnahmezeitpunkte für die Fragestellung terminlich ungünstig und jahreszeitlich nicht übereinstimmend waren. Die geringe Ausdehnung überfluteter Gebiete 1992 sowie die Umnutzung von Reisanbaugebieten für den Regenfeldbau sind deswegen nicht zwingend mit dem Staudambau in Verbindung zu bringen.

Literatur

- AITCHISON, P.J., & BAWDEN, M.G., & CAROLL, S.M., & GLOVER, P.E., & KLINKENBERG, K., & LEEUW, P.N. DE, & TULEY, P. (1972): The Land Resources of North East Nigeria. Vol. 1. The Environment.- Land Resource Study, 9 (1); Surbiton (Land Resource Division).
- A.L.T.S. - Agriculture, Livestock and Technical Services (Nig) Ltd. (1975): Jere Bowl Rice Scheme, Feasibility Studies, Phase I, Half-Yearly Progress Report 1.- Federal Ministry of Water Resources; Maiduguri.
- BAWDEN, M.G. (1972): Geomorphology.- In: AITCHISON, P.J., & BAWDEN, M.G., & CAROLL, S.M., & GLOVER, P.E., & KLINKENBERG, K., & LEEUW, P.N. DE, & TULEY, P.: The Land Resources of North East Nigeria. Vol. 1. The Environment.- Land Resource Study, 9 (1): 60-70; Surbiton (Land Resource Division).

- CAROLL, D.M. (1974): The soils of the Maiduguri-Bama Area. Explanatory monograph to the reconnaissance soil survey map of standard 1:250 000 Sheet 27 (Maiduguri). Soil Survey Bulletin, 40; Zaria (Ahmadu Bello University).
- DIYAM CONSULTANTS (1990): Feasibility Study of Options to Improve Inflow into Alau Reservoir and Preliminary Design of the Recommended Option.- Draft Report from Borno State Water Board; Kano.
- FUCHS, F., & IJERE, J.A. (1994): Impact of Alau Dam in the Vicinity of the Reservoir.- Ber. SFB 268, 4; Frankfurt (in Vorb.)
- FUNG, T. (1990): An Assessment of TM Imagery for Land-Cover Change Detection.- In: IEEE Transac. Geosc. Rem. Sens., 28 (4): 681-684; New York (IEEE).
- HASKONING (1984a): A Resettlement Plan for Lake Alau Dam and Jere Bowl Scheme. Final Report, Part I: Lake Alau. Draft Report; Maiduguri (Chad Basin and Rural Development Authority Maiduguri).
- HASKONING (1984b): A Resettlement Plan for Lake Alau Dam and Jere Bowl Scheme. Final Report, Part II: Jere Bowl. Draft Report; Maiduguri (Chad Basin and Rural Development Authority Maiduguri).
- KINDLER, J., & WARSHALL, P., & ARNOULD, E.J., & HUTCHINSON, C.F., & VARADY, R. (1990): The Lake Chad Conventional Basin. A Diagnostic Study of Environmental Degradation.- o. O. (Lake Chad Basin Commission).
- Meteorological Survey Airport Maiduguri (1992): Monthly Rainfall and Monthly Mean Temperature at Maiduguri 1956-1992.- Maiduguri (unveröffentl.).
- ODIHI, J.O. (1991): Regulating Water Resources Development/Use in the African Sahel, a Necessity or Luxury? Evidence from Borno State, Nigeria.- Intern. Workshop on Ecology and Society in the History of African Sahel and Savannah: 1-14; Maiduguri.
- OLOFIN, E.A. (1993): The Failure of Alau Reservoir to Fill a Legacy of Unconfined, Leaking Basin of the Mega-Chad Floor.- Mega-Tschad-Konferenz: 1-9, 2 Kart.; Frankfurt/Main.
- PULLAN, R.A. (1974): Farmed Parkland in West Africa. - In: Savanna, 3 (2): 119-151; Zaria.
- TOWNSHEND, J.R.G. (1981): Image analysis and interpretation for land resources survey.- In: Townshend, J.R.G. [Hrsg.]: Terrain analysis and remote sensing: 59-108; London (Allen & Unwin).
- TROLL, C., & PAFFEN, K. (1964): Karte der Jahreszeitenklimare der Erde.- Erdkde., 18 (1): 5-28; Bonn (Dümmler).

Satellitenbildverzeichnis

LANDSAT 4 TM	185-52	07.11.1987
LANDSAT 4 TM	185-52	22.12.1992

- TRULL, C. & PARKER, K. (1988): Karte der landwirtschaftlichen Bodenerträge, 1:500 000, Bonn (Dietrich).
- TOWNSHEND, J.R.G. (1981): Image analysis and interpretation for land resources survey. In: Townshend, J.R.G. (Hrsg.), Terrain analysis and remote sensing, 20-102, London (Allen & Unwin).
- POLUN, R.A. (1974): Farmland Inundation in West Africa. In: Savanna 3 (2): 119-121, Yaoundé.
- GLORIE, E.A. (1993): The Failure of Aïda Reservoir in Mali: A Legacy of Urbanization. In: Geographical Magazine, 105 (1), 1-10, London.
- OHNI, I.O. (1991): Regulating Water Resources Development/Use in the African Sahel: A Necessity or Luxury? Evidence from Borno State, Nigeria. In: Workshop on Ecology and Society in the History of African Sahel and Savannah: 1-14, Maiduguri.
- WARREN, R. (1990): The Lake Chad Commission Basin: A Diagnostic Study of Environmental Degradation. In: Lake Chad Basin Commission Report 1990, N'Djaména.
- KINDLER, J. & WAREHAM, P. (1980): The Lake Chad Basin: A Diagnostic Study of Environmental Degradation. In: Lake Chad Basin Commission Report 1980, N'Djaména.
- HASKONING (1984a): A Reassessment Plan for Lake Aïda Dam and Lake Bawl. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- HASKONING (1984b): A Reassessment Plan for Lake Aïda Dam and Lake Bawl. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- FUNG, T. (1990): An Assessment of TM Imagery for Land-Cover Change Detection. In: IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 28 (4), 681-684, New York (IEEE).
- YOFF (1992): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (1993): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (1994): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (1995): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (1996): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (1997): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (1998): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (1999): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2000): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2001): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2002): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2003): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2004): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2005): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2006): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2007): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2008): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2009): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2010): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2011): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2012): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2013): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2014): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2015): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2016): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2017): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2018): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2019): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).
- YOFF (2020): A Study of the Impact of Aïda Dam on the Hydrology of the Chad Basin. In: Lake Chad Basin Commission Report, Maiduguri (Chad).