

Luftbildgestützte Erfassung aktueller und historischer Desertifikationsprozesse bei Chikal im Sahel Nigers

J. Wahr¹, G. Vahlkampf², K. Schmieder³, K. Stahr⁴, F. Graef⁵

^{1),2),4),5)} Institut für Bodenkunde und Standortlehre (310),
Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart

³⁾ Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie (320),
Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart

¹⁾ jens.wahr@student.uni-tuebingen.de

²⁾ quenther.vahlkampf@student.uni-tuebingen.de

³⁾ schmied@uni-hohenheim.de

⁴⁾ kstahr@uni-hohenheim.de

⁵⁾ graef@uni-hohenheim.de

Abstract

Über eine multitemporale Luftbildinterpretation (1956, 1975 und 1997) wurden Degradationsprozesse und deren Ursache in räumlicher und zeitlicher Dimension im Sahel Nigers erfaßt. Verkürzte Brachezeiten im traditionell ackerbaulich genutzten Dallol und die Flächenausweitung in vormals der Beweidung vorbehaltene Dünen, Fußflächen und Plateaus führten zusammen mit übermäßiger Holzentnahme und Überweidung zur Zerstörung der natürlichen Buschvegetation. Dies hatte die Verstärkung der natürlichen Dynamik von Erosions- und Akkumulationsprozessen und die Ausbreitung verkrusteter, vegetationsloser Flächen auf den Plateaus und in den Fußflächen zur Folge. Durch Bodenanalysen nachgewiesen, führt diese Entwicklung zu steigenden Nährstoffverlusten und zu einer Degradierung der Böden. Durch die fortschreitende Übernutzung der Region verstärken sich die Degradationsprozesse gegenseitig.

Keywords: Desertifikation, Degradation, Fernerkundung, Niger, Sahel

1. Einleitung

Die Nutzung der natürlichen Ressourcen ist im Agrar-Ökosystem des Sahel meist mit schwerwiegenden ökologischen Eingriffen und nachfolgender Degradation bzw. Desertifikation verbunden (Mensching, 1990). Im Niger führen wachsende Bevölkerungszahlen und die Zunahme des Viehbestandes zu einer Beeinträchtigung der Ressourcen und Produktionsflächen (Le Houérou, 1989). Dies hat die Verringerung der ackerbaulichen Nutzfläche und Erhöhung des Anbaurisikos zu Folge (Graef & Haigis, eingereicht), was bei dem steigenden Nahrungsmittelbedarf zu einer weitgehenden Aufgabe der traditionellen Brachewechselwirtschaft

mit Trend zum Daueranbau geführt hat. Vielfältige Degradationsprozesse wie etwa Vegetationsverlichtung, Erosion und Oberflächenverkrustung sind zu beobachten. Nicht klar ist jedoch, inwiefern sie sich von natürlichen Erosions- und Akkumulationsprozessen des "arid-morphodynamischen" Systems (Mensching, 1979) unterscheiden.

2. Zielsetzung

Die bei der Desertifikation wirksamen Prozesse hinsichtlich Vegetation und Böden sollten in zeitlicher und räumlicher Dimension an einem ackerbaulichen Grenzstandort im Sahel Nigers erfaßt und die Auswirkungen auf die heutigen Standortseigenschaften bewertet werden. Grundlage hierfür ist der Luftbildvergleich von Nutzung und realer Vegetationsbedeckung. Der Luftbildvergleich erlaubt es, das Maß der Degradation zu beschreiben und bestimmten anthropogenen Eingriffen zuzuordnen. Diese Ergebnisse sollen gestützt werden durch Geländeaufnahmen und Bodenanalysen (vgl. Vahlkampf et al., 1999; Wahr et al., 2000). Die präzise Erfassung des Wandels der Bodenbedeckung und den damit verbundenen Degradationsprozessen kann einen wichtigen Beitrag zur Klärung der Tragfähigkeit von labilen Räumen leisten und als Grundlage für eine nachhaltige Landnutzungsplanung dienen.

3. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt am Nordrand der südlichen Sahelzone im Südwesten Nigers etwa 185 km nordöstlich der Hauptstadt Niamey in der Umgebung des Dorfes Chikal (14° 25' N; 3° 26' E) und besitzt eine Größe von ca. 112 km².

Die **Landschaft** wird durch *Plateaus*, *Fußflächen*, *Dünenzüge*, vereinzelte *Depressionen* und ein N-S verlaufendes *Trockental* (Dallol Bosso) geprägt (vgl. Abb. 1).

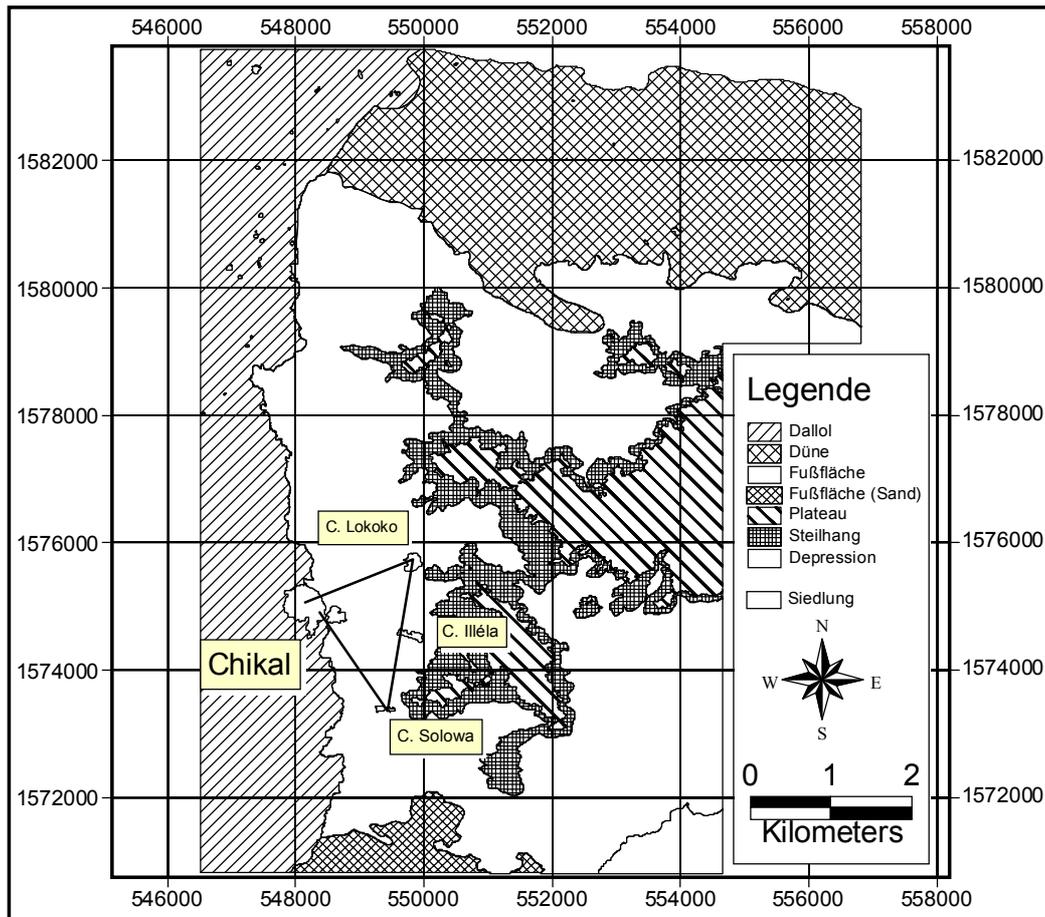


Abb. 1: Untersuchungsgebiet mit geomorphologischen Landschaftseinheiten und Siedlungen.

Die Plateaus sind mit einer harten Eisenkruste (*cuirasse ferrugineuse* fr.) überzogen und durch ein Flußsystem zerschnitten. Einen Teil dieses heute fossilen Flußsystems stellt das Dallol Bosso dar, welches in ariden Phasen durch äolische Sandauflagen überdeckt wurde. Die Dünenzüge im Norden des Untersuchungsgebiets und die zwischen Plateaus und Dallol bzw. Dünen eingeschalteten Fußflächen mit Pediment und Glacis stellen eine typische Landschaftseinheit arider und semiarider Zonen dar. Teile der Plateaus sowie der Fußflächen sind von jüngeren äolischen Sedimenten bedeckt. Die zwischen Fußflächen und Dallol bzw. Dünen liegenden Depressionen sind temporär mit Wasser gefüllt. Die **Böden** besitzen im allgemeinen niedrige pH-Werte sowie eine geringe Kationenaustauschkapazität und Basensättigung. Auf den *Plateaus* finden sich meist flachgründige Leptosols, an den von Vegetation bedeckten Bereichen auch flachgründige Cambisols und in flachen Senken Ac-

risols. In den *Fußflächen* wechseln geschichtete Arenosols auf Mikrodünen mit ebenfalls stark geschichteten oder erodierten Cambisols auf den Abtragungsflächen. In den *Dünenzügen* im Norden des Gebietes und im *Dallo* herrschen Arenosols vor. In Senkenlagen und Randdepressionen sind vorwiegend Acrisols mit hydromorphen Merkmalen und Gleysols vertreten. Im gesamten Untersuchungsgebiet sind die meisten Böden je nach Hanglage meist deutlich erodiert oder weisen eine deutliche kolluviale Schichtung auf. Das **Klima** ist semiarid mit jährlichen Niederschlägen von 300-350 mm, welche auf wenige Ereignisse verteilt in einer kurzen sommerlichen Regenzeit fallen. Die Niederschläge unterliegen einer hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität. Seit Mitte der 60er wird eine niederschlagsbedingte Verkürzung der Vegetationsperiode und das häufige Auftreten von Trockenphasen (dry-spells) beobachtet. Die Temperaturen liegen im Jahresmittel bei 29°C. Die potentielle Evapotranspiration kann Werte von über 2500 mm/a erreichen.

Geobotanisch ist das Untersuchungsgebiet in die "Südliche Sahelzone" mit jährlichen Niederschlägen zwischen 400-600 mm einzuordnen (Wezel & Böcker, 1996). Auf den Plateaus findet man vor allem Combretum-Dickichte. Auf sandigen Terrassen, Trockentälern und fixierten Dünen eine Gras- bzw. (Dorn-) Buschsavanne. Eine Besonderheit stellen die ehemaligen Flußtäler (Dallo Bosso) dar. In ihnen erreicht die Baumsavanne mit Akazie (*Faidherbia albida*) und Dum –Palme (*Hyphaene thebaica*) ihr nördlichstes Vorkommen in Niger. Ein wichtiges Merkmal für den Südsahel ist die Entwicklung von Vegetationsmosaiken (Le Houérou, 1989), wie etwa der Tigerbuschvegetation auf den Plateaus. Eine klare Grenzziehung der Vegetationszonen ist nicht möglich. Denn selbst innerhalb der Zonen ist ein Mosaik unterschiedlicher Vegetationstypen zu erkennen, wobei einzelne Mosaikteile auch aus anderen Vegetationszonen stammen können (Wezel & Böcker, 1996). Dies wird neben der rezente Klimaveränderung auf eine anthropogen induzierte Degradation durch die Landnutzung (intensiver Ackerbau, Überweidung, etc.) zurückgeführt.

Die **Landnutzung** in Niger ist vorwiegend durch das traditionelle agropastorale Landnutzungssystem der Brachewechselwirtschaft geprägt. Der Schwerpunkt des traditionellen Ackerbaus liegt in den leicht zu be-

arbeitenden, sandigen Standorten. In der Region Chikal wird hauptsächlich Kolbenhirse (*Pennisetum glaucum* L.) in Mischanbau mit Augenbohne (*Vigna unguiculata*) und Sorghum angebaut. Die ackerbauliche Nutzung findet hierbei vorwiegend im Dallol und in den Dünenzügen statt. Jedoch werden zum Teil auch Mikrodünen und Sandauflagen in den Fußflächen in Nutzung genommen. Die Plateaus, Teile der Fußflächen und die Brachen im Dallol und in den Dünen werden beweidet.

4. Methodik

Um die Degradationsprozesse im Bereich der Vegetation in räumlicher und zeitlicher Dimension zu erfassen, wurde eine multitemporale Luftbildinterpretation (1956, 1975 und 1997) durchgeführt. Bei dem Bildmaterial von 1956 und 1975 handelt es sich um von IGN durchgeführte Befliegungen im Maßstab 1:60.000. Die Luftbilder von 1997 bestehen aus farbigen Senkrechtaufnahmen im Maßstab 1:10.000 und wurden 1997 durch ein Projekt des SFB 308 gemacht. Eine auf diesen Bildern basierende digitale Landnutzungskarte wurde für den Bereich des Untersuchungsgebietes übernommen und verändert. Die Bilder von 1956 und 1975 wurden am Zeiss Planicomp (P3) mit den Programmen PCAP und Microstation analog/digital ausgewertet, wobei die Georeferenzierung über Passpunkte erfolgte, welche im Gelände mit einem GPS (DGPS) gemessen wurden. Die weitere Verarbeitung der digitalen Daten erfolgte mit dem Geographischen Informationssystem (GIS) ArcInfo und Arcview. Um die Veränderungen von Vegetationsbedeckung und Nutzung innerhalb der Landschaftseinheiten erfassen zu können, wurden die drei Karten jeweils mit der geomorphologischen Karte (vgl. Abb. 1) verschnitten (overlay).

Die stereoskopische Analyse ermöglichte die Kartierung von Physiognomie und Struktur der Vegetation und vegetationslosen Flächen. In diesem Sinne wurden die für den Südsahel typischen Vegetationstypen bzw. -muster und deren Veränderung kartiert. Die Einstufung des Degradationsstadiums erfolgte visuell, wobei die Veränderung der realen Bodenbedeckung innerhalb der Vegetationsmuster geschätzt wurde. Bei der Vegetation wurde zwischen Baum, Busch und durch eine Gras-schicht dominierten Vegetationstypen unterschieden. Bei der Nutzung

wurde zwischen Siedlungen und land- und weidewirtschaftlich genutzten Flächen unterschieden.

5. Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Luftbildinterpretation zeigen die zunehmende Intensivierung der Nutzung verbunden mit einer Ausdehnung der Felder in ursprünglich ausschließlich der Beweidung vorbehaltenen Bereiche und die Erschließung marginaler Standorte für den Hirseanbau. Dies hat zu einer starken Degradation bzw. Zerstörung der 1956 noch vorhandenen Vegetationsmuster und zur Ausdehnung völlig vegetationsloser Flächen geführt. Diese Entwicklung wird besonders durch die prozentualen Flächenanteile der Kartiereinheiten innerhalb der einzelnen Landschaftseinheiten deutlich. So zeigen die für das gesamte Untersuchungsgebiet berechneten abnehmenden Brache-Feld Koeffizienten (BFK) einen deutlichen Trend zu verkürzten Brachezeiten (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Veränderung des Brache-Feld Koeffizienten in der Region Chikal

Jahr-gang	gesamtes Gebiet	Landschaftseinheit	
		Dallol	Düne
1956	3,1	1,1	10,9
1975	1,1	0,51	1,9
1997	0,8	0,48	1,2

Im traditionell ackerbaulich genutzten *Dallol* liegt mit einem Koeffizient von 1,1 schon 1956 eine relativ intensive Nutzung vor. Bis 1997 fällt dieser Wert auf 0,48, was den Trend zum Daueranbau zeigt. Die *Dünenzüge* waren dagegen 1956 kaum ackerbaulich genutzt, jedoch setzt zu diesem Zeitpunkt die Erschließung dieser Landschaftseinheit ein. Der 1956 vorhandene hohe Anteil an diffus verteilten Büschen ist schon 1975 den vorwiegend buschlosen Feldbrachen gewichen, der BFK fällt von 11 auf 2 und nimmt bis 1997 weiter ab (vgl. Tab 1). Im Vergleich zu dem von Sedes (1988) für ganz Niger ermittelten Rückgang des BFK von 7,1 auf 2,9 im Zeitraum von 1960 bis 1985 sind die Koeffizienten im Untersuchungsgebiet sehr viel geringer und spiegeln wohl die hohe Bevölkerungsdichte im Dallol und die Lage im Bereich der ackerbaulichen Trockengrenze wider (siehe auch Graef 1999).

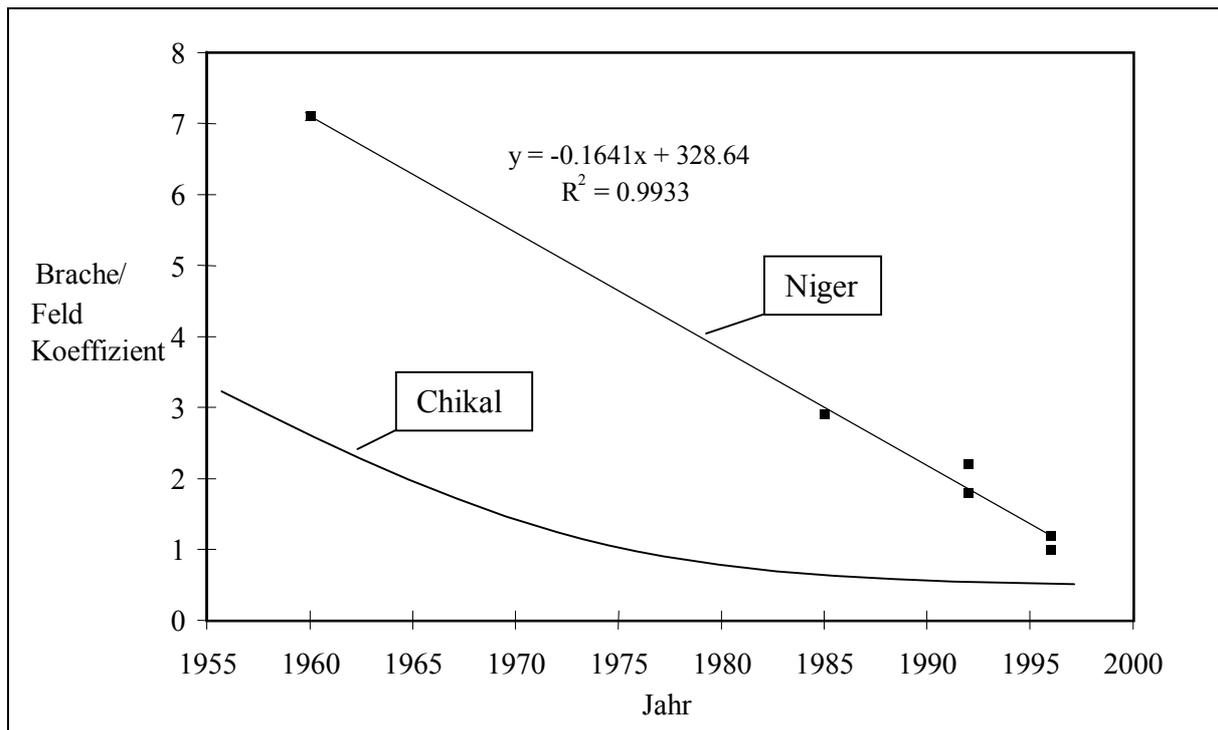


Abb. 2: Veränderung des Brache-Feld Koeffizienten in Niger von 1960 bis 1995-96 (aus Graef, 1999, verändert) und in der Region Chikal (eigene Berechnungen).

Diese Entwicklung führte zu einer Abnahme der zur Beweidung zur Verfügung stehenden Fläche und zog einen zunehmenden Nutzungsdruck in den Plateaus und Fußflächen nach sich, die gegenüber Übernutzung besonders empfindlich sind (d'Herbès & Valentin, 1997). Zudem hat der Rückgang der jährlichen Niederschläge seit den 60er Jahren und die schweren Saheldürren Anfang der 70er und 80er Jahre zu einem Rückgang des ökologischen Tragfähigkeitspotentials geführt, was die Degradationsprozesse zusätzlich verstärkt haben dürfte. Von den Tigerbuschformationen (Btig), die 1956 noch über die Hälfte der Plateaus bedeckt hatten, sind 1997 nur 8% in degradiertem Zustand (Btig deg) übriggeblieben (Abb. 3). Die restliche Plateaufläche ist völlig ohne Vegetation (OV). Dies wurde vorwiegend durch die Übernutzung in Form von Holzentnahme und Überweidung und nicht durch den Rückgang der jährlichen Niederschläge verursacht, da östlich des Untersuchungsgebietes die Tigerbuschvegetation noch intakt ist. Da diese Vegetationsformationen als natürliches "water-harvest system" fungieren (Valentin & d'Herbès, 1999) hat die Verlichtung zu einem starken Oberflächenabfluß

und zu einer Verstärkung der Erosionsprozesse und Oberflächenverkrustung in den Fußflächen geführt (Galle et al., 1999). 1956 weist dort die mosaikierte Buschvegetation im näheren Umkreis von Chikal schon mittlere Degradationsmerkmale (Bmo2) auf, Feldbau beschränkt sich jedoch noch auf die mächtigeren Sandauflagen um die Dörfer. Ein mit 13 % relativ hoher Anteil von Rodungen zeigt jedoch die beginnende ackerbauliche Erschließung dieser Landschaftseinheit. Bis 1997 schreitet dort die Erschließung marginaler Standorte von West nach Ost fort. Die degradierten Felder und degradierten Brachen nehmen zu, die Brachen mit homogener Grasschicht ab. Gleichzeitig steigt der Anteil an völlig vegetationslosen Flächen (OV) auf über 60 % an, wobei vorwiegend die stärker exponierten Bereiche der Fußflächen betroffen sind (Abb. 3). 1997 sind alle 1956 noch vorhandenen Vegetationsmuster verschwunden. Nur in den Depressionen sind Reste dichter Buschvegetation vorhanden. Die vegetationslosen Flächen sind nach Ergebnissen der Transektkartierung vorwiegend durch Erosionskrusten geprägt, die durch ihre Härte und geringe Infiltrationsrate äußerst schlechte Pflanzenstandorte darstellen. Insgesamt hat diese Entwicklung zu einer hohen Erosions- und Akkumulationsdynamik geführt, was durch die Befragung bestätigt wurde. Die Zunahme solcher vegetationsloser "Bovel"-Flächen beschreibt auch Anhuf et al. (1990) bei dem Luftbildervergleich der Jahre 1955 und 1975. Bei der heute vorherrschenden hohen Erosions- und Akkumulationsdynamik ist davon auszugehen, daß diese Fußflächen kaum mehr durch Vegetation besiedelt werden können und somit einen Totalverlust an nutzbarer Fläche darstellen. Insgesamt führt die geringe Anzahl der Büsche in den Feldern, der zunehmende Trend zum Daueranbau und die geringe Vegetationsbedeckung im Untersuchungsgebiet zu steigenden Nährstoffverlusten der Böden. Die Regeneration der Böden ist ohne Brache aufgrund des Nährstoffaustrags durch Erosion und Anbau und des fehlenden Nährstoffeintrags über Stäube nicht mehr möglich. Durch die fortschreitende Übernutzung des naturräumlichen Potentials verstärken sich die Degradationsprozesse gegenseitig. Ohne geeignete Maßnahmen, die zu eine angepaßte Landnutzung führen, ist die Entwicklung zu einer nicht mehr nutzbaren "badland"-Landschaft unvermeidbar.

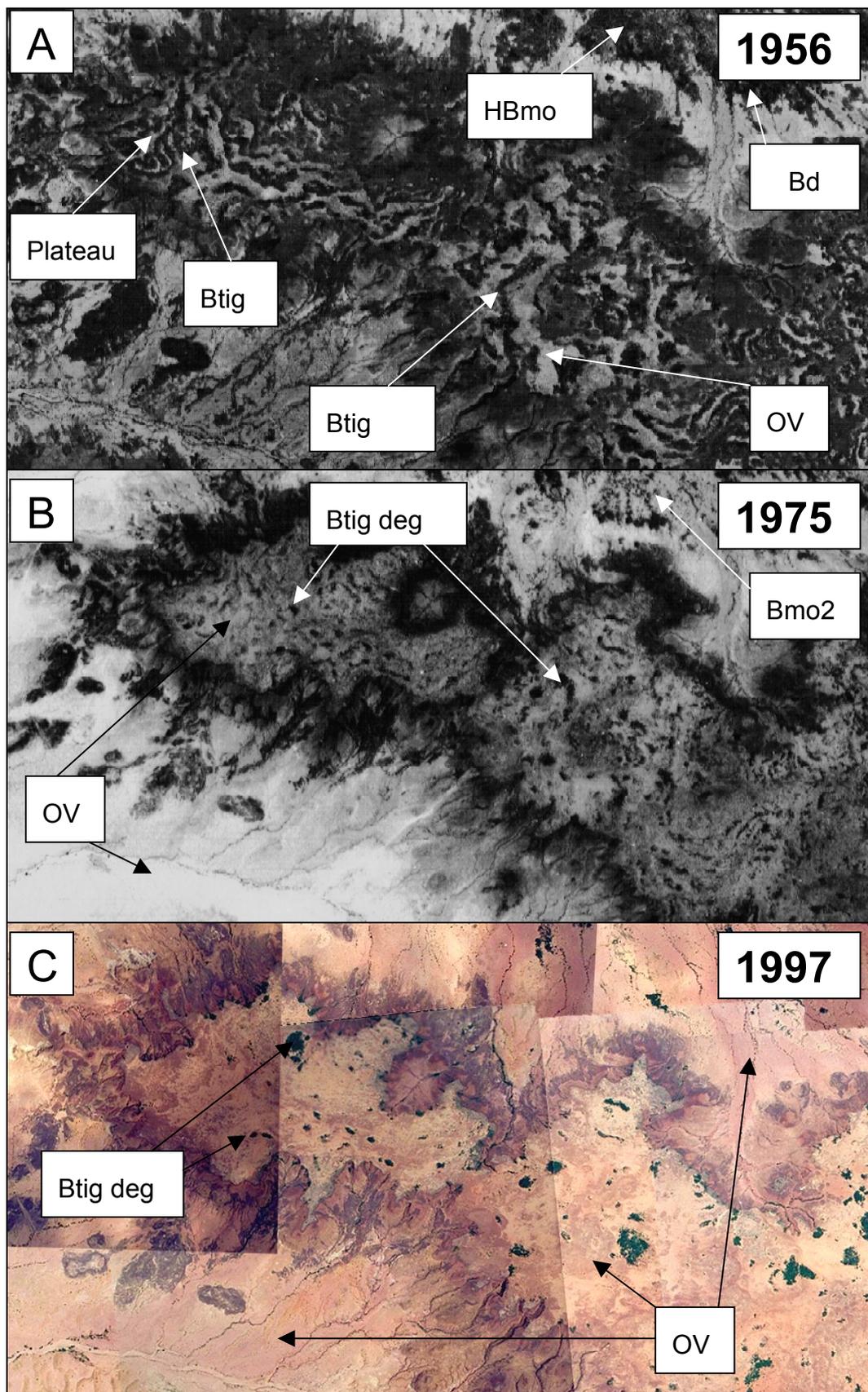


Abb. 3: Veränderung der realen Vegetationsbedeckung auf dem Plateau östlich von Chikal von 1956 bis 1997 (A, B, C).

6. Literatur

ANHUF, D., GRUNERT, J. & KOCH, E., 1990: Veränderung der realen Bodenbedeckung im Sahel der Republik Niger (Region Tahoua und Niamey) zwischen 1955 und 1975. *Erdkunde* 44: 195-209.

CASENAVE, A. AND VALENTIN, C., 1989: Les états de surface de la Zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. Collection "Didactiques". ORSTOM, Paris. 229 pp.

D'HERBÈS, J.M. AND VALENTIN C., 1997: Land surface conditions of the Niamey region: ecological and hydrological implications. *J. Hydrol.* 188-189: 18-42.

GALLE, S. EHRMANN, M., M. & PEUGEOT, C., 1999: Water balance in Banded vegetation pattern – A case study of tiger bush in western Niger. In: *Catena* 37: 197-216

GRAEF, F., 1999: Evaluation of Agricultural Potentials in Semi-arid SW-Niger – A Soil and Terrain (NiSOTER) Study. *Hohenheimer Bodenk. Hefte* 54. Universität Hohenheim. 217pp.

GRAEF, F. & STAHR, K., 2000: Incidence of soil surface crust types in semi-arid Niger. *Soil and Tillage Research* 1500: 1-6.

GRAEF, F. & HAIGIS, J.: Spatial and temporal rainfall variability in the Sahel and effects on farmers' management strategies. Eingereicht: *J. of Arid Env.*

LE HOUÉROU, H. N., 1989: *The Grazing Land Ecosystems of the African Sahel*. Berlin / Heidelberg. 282pp.

MENSCHING, H., 1990: *Desertifikation – Ein weltweites Problem der der ökologischen Verwüstung in den Trockengebieten der Erde*. Wiss. Buchgesellschaft. Darmstadt.

SEDES, 1988: *Etude de secteur agricole du Niger*. SEDES, Niamey, Niger. 285p.

STATISTISCHES BUNDESAMT, 1992: *Länderbericht Niger 1992*. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden. 100p.

VAHLKAMPF, G., WAHR, J., GRAEF, F. & STAHR, K., 1999: Ein multifaktorieller Ansatz zur Quantifizierung von Bodenerosion und –deposition im semiariden Niger. *Mittlg. Dt. Bodenk. Ges.* 91 (2):1132-1135.

VALENTIN, C. & D'HERBÈS, J.M., 1999: Niger tiger bush as a natural water harvesting system. In: *Catena* 37. 231-256

WAHR, J. & VAHLKAMPF, G., GRAEF, F., STAHR, K., 2000: Multifaktorielle Erfassung von Degradationsprozessen im semi-ariden Niger. In: Humboldt-Universität Berlin (Ed.), *Tagungsband zum Tropentag 1999* (in Druck)

WEZEL, A. & BÖCKER R., 1996: *Brachegesellschaften im semi-ariden Südwest-Niger*, Ber. Inst. Landschafts- Pflanzenökologie Univ. Hohenheim, Heft 5. pp 113-136.