

Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 18, 57-68. Hannover 2006

Dynamik von Flora und Vegetation in der westafrikanischen Sudanzone am Beispiel von Burkina Faso

- Rüdiger Wittig, Karen Hahn-Hadjali, Konstantin König, Marco Schmidt, Frankfurt/Main, Jörg Szarzynski, Bonn, Adjima Thiombiano, Ouagadougou -

Abstract

A comparison of old and new inventories of plant species shows that some former Sahelian species meanwhile also occur in the Sudanian zone (e.g. *Acacia tortilis* ssp. *raddiana*, *A. ehrenbergiana*, *A. nilotica*), while some former Sahelo-Sudanian species have withdrawn from the Sahelian zone (*A. dudgeoni*). Additionally, a change of the Sudanian savanna vegetation was observed: Perennial grasses, formerly characteristic for the Sudanian savannas are more and more replaced by annual species. At the first glance it is obvious to link these changes in flora and vegetation with the climatic changes that have occurred during the last five decades (decrease of annual precipitation). However, not only climatic conditions have changed, but also population has grown, the percentage of land intensively used for agriculture and pasturing has increased and the time for soil regeneration today is much shorter than it was some decades ago. Thus, the landscape of the Sudanian zone has got a more Sahelian character. A comparison of the flora of an intensively used area of the Sudanian zone with that of a protected area shows a remarkable change in the life form spectra. While in the protected area there are only one third of the species therophytes and one third phanaerophytes, in the intensively used area there are about 50 % therophytes and only about 25 % phanaerophytes. The latter spectrum is almost identical with that of the typical Sahelian flora. This comparison of a protected and an intensively used area shows that the anthropogenic influence plays a greater role in the sahelisation of the Sudanian zone than the climatic change.

1. Einleitung

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich die ökologischen Verhältnisse in Westafrika einschneidend verändert. Sehr auffällig ist eine Abnahme der Niederschläge, woraus eine Verlagerung der Klimazonen in südlicher Richtung resultiert. Weite Bereiche mit ehemals sahelischem Klima haben heute ein wüstenähnliches Klima. Entsprechend hat sich der sahelische Klimagürtel nach Süden in den ehemaligen Bereich des sudanischen Klimas hinein verschoben. Gleichzeitig ist in vielen Gebieten eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung zu verzeichnen, woraus eine zur Klimaänderung parallel verlaufende Änderung der Pflanzendecke und damit des Landschaftscharakters resultiert.

2. Untersuchungsgebiet

Der zwischen 09° bis 15°N und 06°W bis 03°E gelegene westafrikanische Binnenstaat Burkina Faso umfasst eine Fläche von 274000 km² und hat über 13 Millionen Einwohner. Der zentrale und der südliche Teil des Landes gehören zur Sudanzone, der

nördliche Teil zur Sahelzone. Der die Veränderungen der Niederschläge behandelnde Abschnitt unserer Arbeit und einige der botanischen Ergebnisse beziehen sich auf das ganze Land, während die anderen Teile der Untersuchung in ausgewählten Regionen im Osten des Landes (südlich von Fada N'Gourma) in der Südsudanzone durchgeführt wurde (Abb. 1). Die Vegetation dieser Region besteht aus einem Mosaik diverser Savanntentypen, Brachen und Galeriewälder. Zur Zeit erhält die Region im Jahresdurchschnitt 825 mm Niederschlag, der ausschließlich in der Regenzeit (April bis Oktober) fällt.

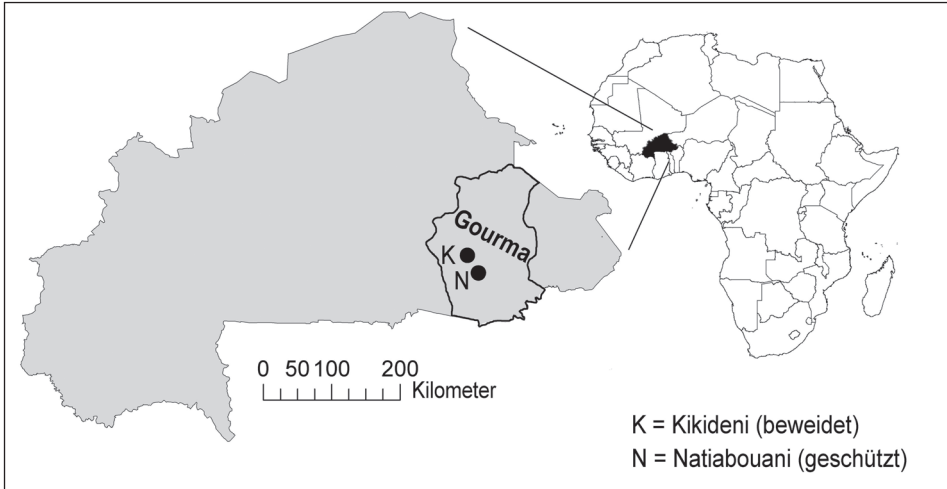


Abb. 1: Untersuchungsgebiete: Gesamtes Burkina Faso (dekadisches Niederschlagsmittel sowie Verbreitungskarten der Pflanzen); Provinz Gourma (Landnutzung); Dauerbeobachtungsflächen in Kikideni und Natiabouani (Lebensformanalyse).

Die in Abb. 1 markierten Beobachtungsstationen umfassen jeweils 1 km². Eine (Natiabouani) liegt in einem geschützten Gebiet, das nur sporadisch von Wildtieren beweidet wird, während die Fläche der anderen (Kikideni) stark von Nutzvieh beweidet wird.

3. Untersuchungsmethoden

3.1 Analyse der Niederschlagsdaten

Um die Regenfallvariabilität in Burkina Faso zu ermitteln wurden, Niederschlagsdaten von 67 Stationen analysiert (Quellen: Météorologie Nationale, BF; FAO). Die Ergebnisse wurden durch Zeitreihenanalyse und geostatistische räumliche Interpolation erhalten (s. z.B. WEBSTER & OLIVER 2001).

3.2 Analyse der Landnutzungsänderungen

Landsat Satelliten MSS und ETM+ Daten aus den Jahren 1972 und 2001 wurden benutzt, um den Anstieg des Anteils an Ackerflächen im Untersuchungsgebiet zu ermitteln. Um exogene Faktoren wie phaenologische Stadien und unterschiedliche Sonnenstände zu minimieren, wurden alle Bilder am Ende der Regenzeit aufgenommen. Zu diesem Zeitpunkt sind die Felder abgeerntet und können klar von den umgebenden Savannen unterschieden werden.

Die Vorbehandlung von Satellitenbildern umfasst die radiometrische Normalisation und die Georeferenzierung. Die Radiometrische Normalisation wurde mit Hilfe der atmosphärischen Korrektur COST (CHAVEZ 1996) sowie unter Benutzung der Kalibrierungskoeffizienten von MARKHAM & BARKER (1986) durchgeführt. Mit Hilfe von 25 Bodenkontrollpunkten an Straßenkreuzungen und Dämmen von Wasserreservoirs wurde die geometrische Genauigkeit der rezenten ETM+ Bilder auf 35 m verbessert. Die historischen Bilder wurden den rezenten mit einer relativen Genauigkeit von 30 m zugeordnet. Beide Bildserien wurden auf 60 m Auflösung umgerechnet. Sämtliche Analysen wurden mit der Software ERDAS/IMAGINE Version 8.6 und ArcView 3.2 (Spatial Analyst extension) ausgeführt.

Während zweier Feld-Aufenthalte im Oktober der Jahre 2000 und 2001 wurde eine intensive Bodenüberprüfung im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Insgesamt wurden 160 Trainingsgebiete nach der Zufallsmethode ausgewählt, in denen strukturelle Vegetationsparameter nach einer standardisierten Methode bestimmt wurden. Mit dieser Prozedur wurden 44 Ackerflächen und junge Brachen (1 bis 2 Jahre alt) im Gelände identifiziert. Der gesamte Datensatz wurde nach dem Zufallsprinzip in zwei Teile geteilt. Die eine Hälfte (80 Trainingsflächen) wurde für eine überwachte Klassifizierung der aktuellen Landnutzung verwendet, die andere Hälfte (ebenfalls 80 Trainingsflächen) für einen unabhängigen Test der Klassifikationsgenauigkeit, die als Anteil der korrekt klassifizierten Pixel definiert ist. Für die Landnutzungsklassifizierung des Untersuchungsgebietes wurden die Landsatbanden 3, 4 und 5, die ersten zwei Komponenten einer Kauth-Thomas-Transformation, der mittlere bodenangepasste Vegetationsindex (MSIVI) und ein digitales Höhenmodell benutzt. Die Spektralsignaturen der Landnutzungsklassen wurden extrahiert. Anschließend wurden die Signaturen in eine unüberwachte Klassifikation der historischen Satellitenszene eingebaut. Klassen, die Felder und junge Brachen enthalten, wurden durch Interpretation von Luftbildern aus dem Jahre 1978 mit einer räumlichen Auflösung von einigen Metern identifiziert. Analysen der Landnutzungsänderungen wurden unter Bezug auf die aktuellen Verwaltungsgrenzen (*departments*) durchgeführt, um die Resultate für lokale Entscheidungsträger interpretierbar zu machen und um einen Vergleich mit zukünftigen Analysen zu ermöglichen.

3.3 Rasterdaten der Flora und Lebensformanalyse

Die in dieser Arbeit veröffentlichten Rasterdaten der Flora von Burkina Faso basieren auf in Deutschland bzw. Burkina Faso existierenden Daten der Herbarien des Forschungsinstituts Senckenberg in Frankfurt (FR) bzw. der Universität Ouagadougou (OUA) sowie auf langjährigen Untersuchungen der Vegetation von Burkina Faso, die vom Team des Erstautors durchgeführt wurden (s. WITTIG et al. 2000, 2002). Die Karten wurden mit dem Programm SIG <<ArcGIS 8.3>> (Referenz <<WGS 84>>) erstellt.

Für die Lebensformanalyse der Flora nach RAUNKIAER (1934) wurden in den beiden in Abschnitt 2 beschriebenen Beobachtungsstationen je fünf Flächen von 1 ha eingerichtet, auf denen wiederum kleinere Flächen von 10 m x 10 m (zur Erfassung der krautigen Flora) bzw. 20 m x 50 m (zur Erfassung der Gehölzflora) ausgemessen wurden. Die Aufnahme der Flora fand im September 2001 statt.

4. Ergebnisse

4.1 Niederschläge

Ein Vergleich der Niederschlagssituation in den fünf Dekaden von 1951 bis 1999 (Abb. 2) zeigt in den ersten vier Jahren eine fortschreitende Südverlagerung der Iso-

hyeten, die zum Auftreten der 400mm Isohyete im Norden Burkina Fasos und zum Verschwinden der 1200mm Isohyete im Südwestteil des Landes führt. Diese Südwanderung der Isohyeten belegt für das gesamte Land eine allgemeine deutliche Reduktion der Niederschläge. In der letzten Dekade (1990 bis 1999) ist eine leichte Rückverlagerung der Isohyeten zu verzeichnen, jedoch werden die Bedingungen der 50er und 60er Jahre bei Weitem (noch?) nicht wieder erreicht.

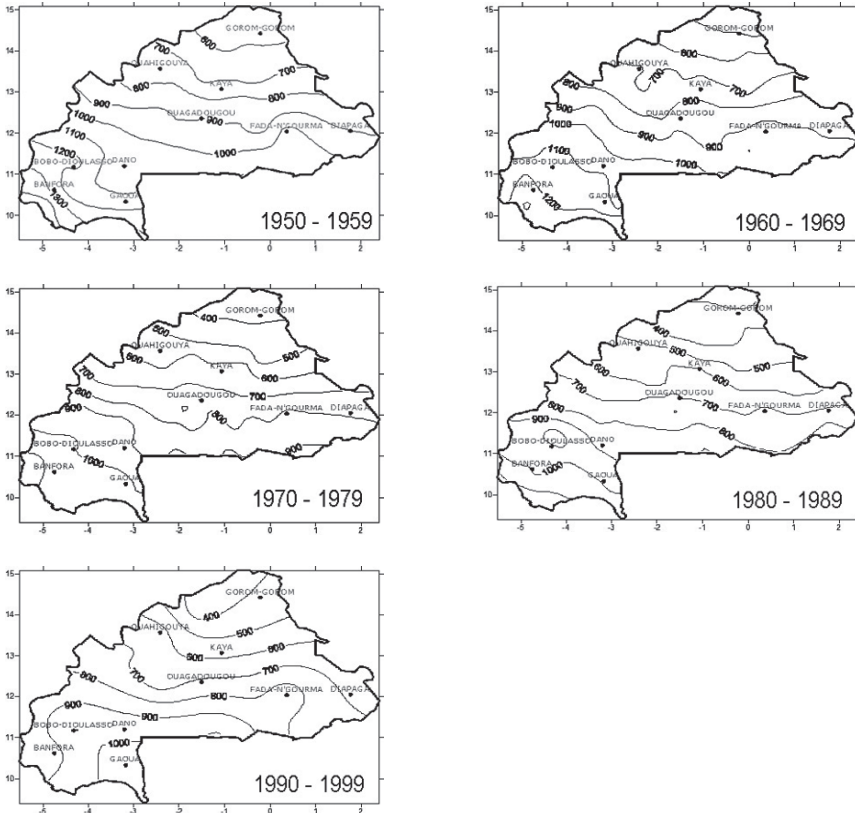


Abb 2: Karten der dekadischen Mittel des mittleren jährlichen Niederschlages in Burkina Faso für die Perioden von 1950 bis 1999 (Quellen: Météorologie Nationale, Burkina Faso, FAO – Agrometeorology Group, Rome 2000).

4.2 Landnutzungsänderung

Die Ergebnisse der Landnutzungs-klassifikation, die, wie eigene Überprüfungen zeigen, eine Genauigkeit von 91% erreichen, sind in Abb. 3 dargestellt. Für das Jahr 2001 wurden im Department Fada N’Gourma 150000 ha als Ackerland klassifiziert. Dies entspricht ungefähr 45% der Gesamtfläche. Wie Abb. 4 zeigt, hat eine starke Zunahme des Ackerlandes auch in den anderen Departments der Provinz Gourma statt gefunden. Heute liegt der Anteil des Ackerlandes zwischen 20% in Soudougui und bis zu über 60% in Diapangou.

Im Untersuchungsgebiet vergrößerte sich die Fläche der Äcker und jungen Brachen innerhalb der letzten 30 Jahre von 85 km² im Jahre 1972 auf 2870 km² im Jahr 2001.

Dies bedeutet eine jährliche Umwandlung von Savanne in Brachland von 0,9 Flächenprozent pro Jahr für die sechs berücksichtigten Departments. Besonders Regionen in der Umgebung von Schutzgebieten zeichnen sich durch sehr hohe Landnutzungswan-

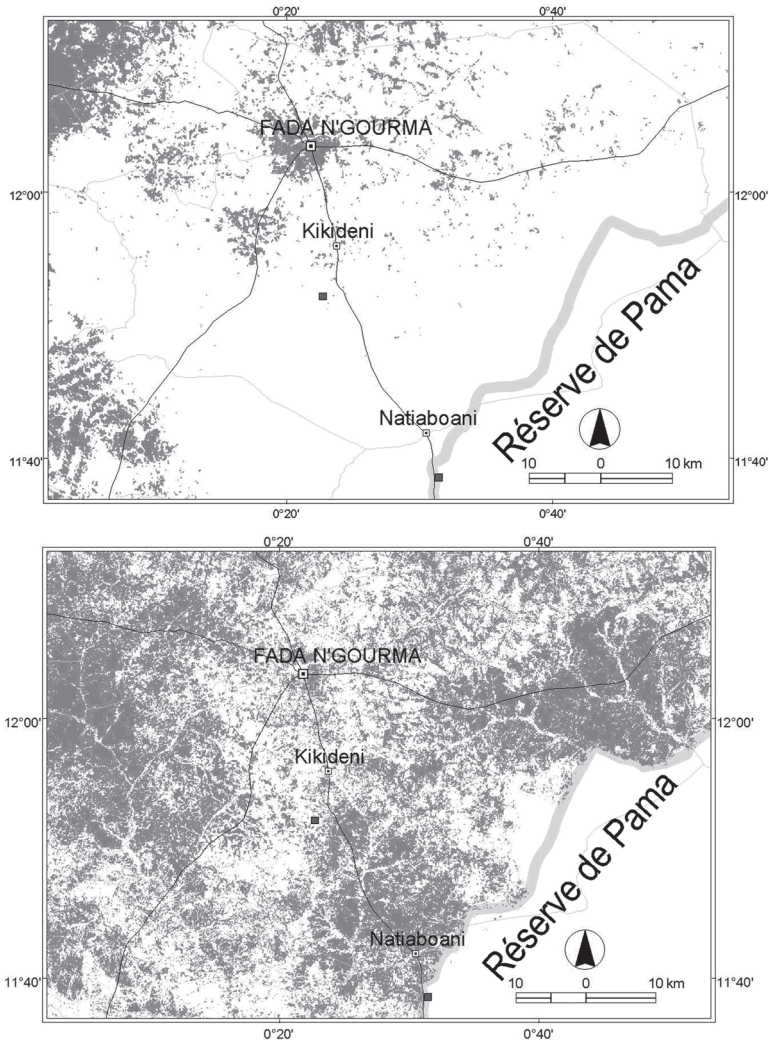


Abb. 3: Ausdehnung von Äckern (graue Flächen) in der Provinz Gourma (Nordsudanzone) in den Jahren 1973 (oben) und 2001 (unten) ermittelt auf der Grundlage von Satellitenbildern.

delraten aus. Zusätzlich wurden traditionelle Ackerbauregionen im Norden und Osten des Untersuchungsgebietes weiter ausgedehnt.

4.3 Arealveränderung (ehemals) sahelischer Arten

Mehrere Arten, die in der Literatur als streng sahelisch bezeichnet werden, sind heute auch in der Sudanzone anzutreffen. Auffällige Beispiele sind *Acacia ehrenbergiana*, deren südliche Arealgrenze nach NONGONIERMA (1977) früher nördlich von

Burkina Faso verlief (Abb. 5), und *Acacia laeta*, die nach NONGONIERMA (1977) auf den burkinischen Sahel beschränkt war (Abb. 6). Beide Arten kommen heute mehre-

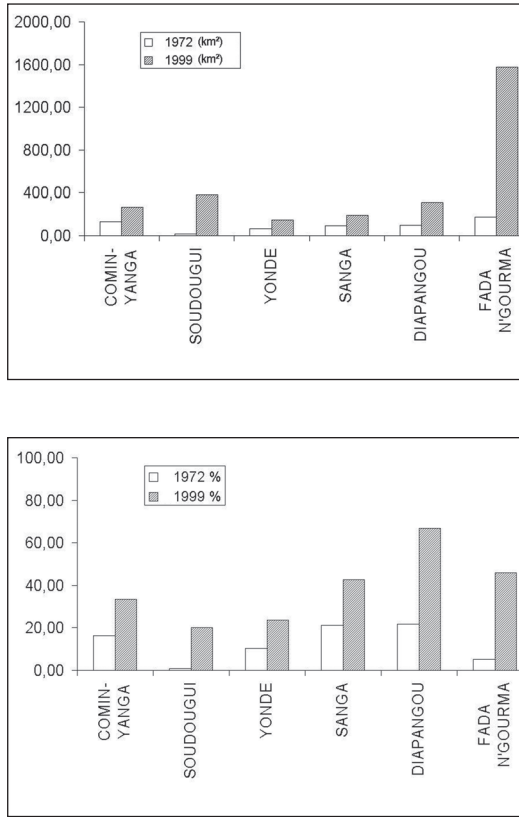


Abb. 4: Ausmaß der Ackerflächen in den Departements der Provinz Gourma in den Jahren 1972 und 1999 (oben: absolute Flächengröße; unten: Anteil an der Gesamtfläche).

re hundert Kilometer südlich des von NONGONIERMA angegebenen Verbreitungsgebietes vor. Analog zur Ausweitung des Areals ehemals sahelischer Arten über den Sahel hinaus haben sich andere Arten aus dem Sahel zurückgezogen. Ein Beispiel hierfür ist *Acacia dudgeoni* (Abb. 7).

Eine Gegenüberstellung des Floreninventares stark und wenig genutzter Flächen zeigt deutliche Unterschiede im Lebensformspektrum (Abb. 8): Auf den stark genutzten (beweideten) Flächen ist der Anteil der Therophyten an der Gesamtartenzahl deutlich höher als auf den geschützten Flächen. Umgekehrt verhalten sich die Phanerophyten und Hemikryptophyten. Ihre Anzahl ist auf den genutzten Flächen deutlich kleiner als auf den geschützten.

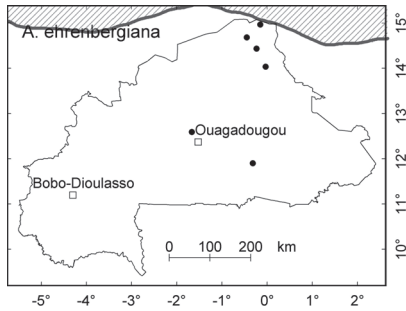


Abb. 5: Früheres Teilareal von *Acacia ehrenbergiana* in Burkina Faso und angrenzenden Ländern (schraffiert; nach NONGONIERMA 1977) und aktuelle Fundpunkte der Art in Burkina Faso (nach WITTIG et al. 2004).

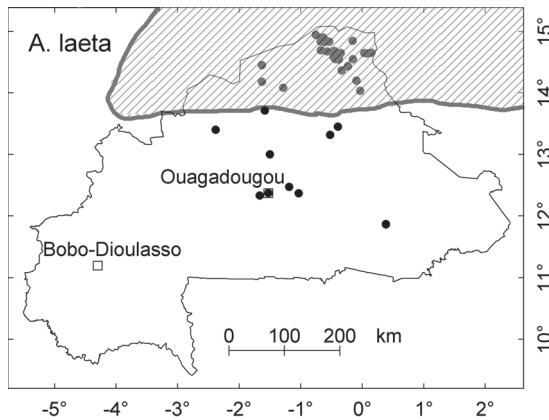


Abb. 6: Früheres Teilareal von *Acacia laeta* in Burkina Faso und angrenzenden Ländern (schraffiert; nach NONGONIERMA 1977) und aktuelle Fundpunkte der Art in Burkina Faso (nach WITTIG et al. 2004).

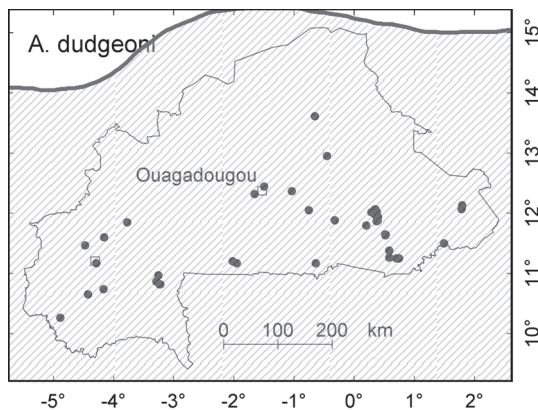


Abb. 7: Früheres Teilareal von *Acacia dudgeoni* in Burkina Faso und angrenzenden Ländern (schraffiert; nach NONGONIERMA 1977) und aktuelle Fundpunkte der Art in Burkina Faso (nach WITTIG et al. 2004).

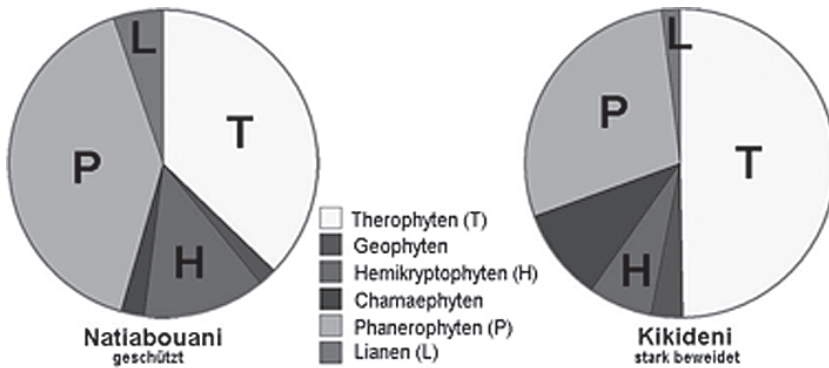


Abb. 8: Lebensformspektren von intensiv beweideten und geschützten Flächen in der Sudanzone Burkina Fasos.

5. Diskussion

Der jährliche Niederschlag ist der wichtigste Faktor für die Differenzierung der unterschiedlichen Klima- und Vegetationszonen von Westafrika. Verschiedene Autoren haben eine signifikante Reduktion der Niederschläge während der großen sahelischen Trockenheit der frühen 1970er und 80er Jahre festgestellt (z.B. LE HOUÉROU 1996; NICHOLSON 2000). Detaillierte Zeitreihenanalysen für ein einzelnes Land wurden bisher jedoch nicht vorgelegt. Unsere Arbeit füllt diese Lücke, wobei eine klare Verlagerung sahelischer Bedingungen (Jahresniederschlag <600 mm) bis zu 150 km in die Sudanzone hinein nachgewiesen wird. Nicht nur die Nordsudanzone wird durch diese klimatische Sahelisierung beeinflusst, sondern subsahelische Bedingungen, deren Südgrenze durch die 700mm Isohyete repräsentiert wird, erstrecken sich teilweise hinein bis in die Sudanzone. Obwohl in den 1990er Jahren eine leichte Rückverlagerung der Isohyeten nach Norden zu verzeichnen ist, gibt es im Vergleich der 50er und 90er Jahre immer noch eine Differenz von über 100 km bezüglich der Lage der 600mm Isohyete.

Es ist allgemein akzeptiert, dass Desertifikation oft anthropogen über die Intensivierung der Landnutzung verursacht wird. In einer Meta-Analyse beleuchten GEIST & LAMBIN (2004) die wahrscheinlichen Ursachen von Desertifikation und Landdegradation, die in 132 Fallstudien erwähnt werden. In Afrika sehen 48% der berücksichtigten Studien die Intensivierung der Landwirtschaft und die Ausdehnung der Felder als eine der Hauptursachen für diese Situation an. Die Ausdehnung des Ackerlandes hat außerdem dazu geführt, dass die Viehdichte in den für die Beweidung verbleibenden Flächen dramatisch angestiegen ist. Dieser Anstieg der Viehdichte führt zu Überbeweidung, die wiederum zur Degradation der Vegetation sowohl bezüglich der Biomasse als auch der Artenzusammensetzung führt (DUBE & PICKUP 2001). Daher kann die Intensivierung der Landnutzung als die wichtigste treibende Kraft bei der Veränderung des Landschaftscharakters angesehen werden. Da die Sahelzone sowohl von Natur als auch auf Grund der traditionell vorherrschenden Viehwirtschaft eine weit stärker offene Landschaft als die Sudanzone ist, führt eine Intensivierung der Landnutzung, wie sie durch die Abb. 3 und 4 belegt wird, ohne Zweifel zu einer physiognomischen Annäherung des Landschaftsbildes der Sudanzone an das der Sahelzone (siehe Abb. 9 und 10).

Sowohl Klima- als auch Landnutzungsänderungen können zur Erweiterung oder zur Verkleinerung des Areals einer Art führen. Wie oben gezeigt, haben solche Verän-

derungen in der Sudanzone stattgefunden und führen beide zu einem stärker sahelischen Landschaftscharakter. Es ist daher nicht verwunderlich, dass einige früher rein sahelische Arten ihr Areal in die Sudanzone hinein erweitert haben und dass einige andere Arten, die höhere Niederschläge bevorzugen, heute in der Sahelzone nicht mehr anzutreffen sind. In Burkina Faso wurde das letztere Phänomen detailliert durch GANABA & GUINKO (1995) am Beispiel von *Pterocarpus lucens* untersucht. In Mali sehen TOGOLA et al. (1975) das Absterben von *Bombax costatum* als einen Indikator für die Sahelisierung der Sudanzone an. GUINKO & BÉLEM OUEDRAOGO (1998) nennen *Cassia tora*, *Ctenidium elegans*, *Echinochloa colona*, *Sida cordifolia* und *Ziziphus mauritania* als Beispiele für sahelische Arten, die mittlerweile häufig in der Sudanzone auftreten. All diese Arten sind nicht gleichmäßig in der Sudanzone verteilt, sondern wachsen nur auf stark vom Menschen beeinflussten Standorten, insbesondere an Straßenrändern und auf erodierten Flächen.

Wie SCHMIDT et al. (2005) zeigen, repräsentieren Therophyten in der Sahelzone die dominierende Lebensform der Flora. Mehr als 50 % der Arten werden im Sahel von den Therophyten gestellt, während der Anteil der Phanerophyten bei etwa 25 % liegt. In der Sudanzone stellen Therophyten und Phanerophyten (inklusive Lianen) dagegen beide je ein Drittel der Arten. Der Vergleich der Lebensformspektren der Flora stark genutzter mit denen geschützter Flächen in der Sudanzone ergibt, dass die Flora stark genutzter Bereiche diesbezüglich weit stärker der sahelischen als der sudanischen ähnelt. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass der hohe Anteil der Therophyten auf die absolute Artenzahl ohne Berücksichtigung des Flächenanteils der einzelnen Arten bezogen ist (siehe HAHN-HADJALI et al. 2006). Andere Autoren berichten aber sogar über eine direkte Ablösung ausdauernder Arten durch Therophyten, z. B. von *Andropogon gayanus* durch *Elionorus elegans* in der Niono Region (BREMANN & CISSÉ 1977). Die Ergebnisse des Vergleichs des Lebensformspektrums einer intensiv genutzten und einer geschützten, aber eng benachbarten Fläche verdeutlichen, dass der anthropogene Einfluss bei der "Sahelisierung" der Flora der Sudanzone eine weit wichtigere Rolle spielt als die Klimaveränderungen.

Für derartige Änderungen von Klima und Landschaft, wie sie im Rahmen dieser Arbeit beschrieben werden, ist der Begriff Desertifikation (*desertification*) allgemein gebräuchlich (e.g. AUBREVILLE 1949, DELWAULLE 1973, GLANTZ & ORLOVSKY

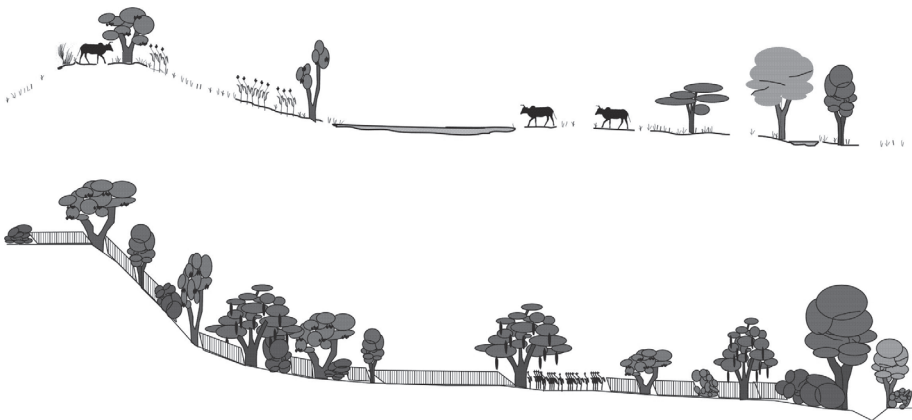


Abb. 9: Schema der traditionellen sahelischen Landschaft (oben) und der traditionellen sudanischen Landschaft (unten) (aus WITTIG et al. 2002).



Abb. 10: Intensivierung der Landnutzung bewirkt eine Sahelisierung der sudanischen Landschaft (Umgebung von Tenkodogo, Burkina Faso; Foto Wittig 1986).

1983, EL BAZ & HASSAN 1986). Der analoge Begriff für die Sudanzone, Sahelisierung (*sahelisation*), taucht bisher nur selten in der Literatur auf (e.g. TOGOLA et al. 1975, GAVAUD 1989/1990). Dies liegt sicher einerseits daran, dass “*desertification*” nicht nur für die Ausbreitung echter Wüsten, sondern für jede Art von “*land degradation in arid, semi arid and dry subhumid areas*” (UNCCD, Article 1) verwendet wird. Andererseits kann es auch daran liegen, dass aus der Sudanzone weit weniger konkrete Beweise für entsprechende Veränderungen vorliegen als aus der Sahelzone. Nachdem nun mit der vorliegenden Arbeit exemplarisch für Burkina Faso konkrete Daten zu Veränderungen der Niederschläge, der Landnutzung, der Verbreitung ausgewählter Arten und der Gesamt-Zusammensetzung der Flora präsentiert werden, schlagen wir vor, für die Angleichung der Sudanzone an sahelische Verhältnisse den weitaus präziseren Begriff “Sahelisierung” an Stelle des sehr allgemeinen Begriffs “Desertifikation” zu benutzen.

6. Schlussfolgerungen

Bezüglich Klima, Landschaft und Flora zeigen heute einige Teile der Sudanzone einen sahelischen Charakter. Während die Gründe für die Klimaveränderungen nicht klar sind, ist es offensichtlich, dass die Veränderungen im Landschaftscharakter und in der floristischen Zusammensetzung in erster Linie anthropogen verursacht sind, obwohl man nicht ausschließen kann, dass die klimatischen Änderungen mit verantwortlich sind. Man darf aber sicher sein, dass die Veränderungen von Landschaft und Flora, falls kein Wechsel der landwirtschaftlichen Nutzung in Hinblick auf eine nachhaltige Bewirtschaftung erfolgt, ständig voranschreiten werden, auch wenn die klimatischen Bedingungen der Mitte des letzten Jahrhunderts zurückkehren sollten.

Zusammenfassung

Wie der Vergleich alter und neuer Bestandsaufnahmen zeigt, haben sich die Arealgrenzen zahlreicher Arten in Burkina Faso im Verlaufe der letzten drei bis vier Jahr-

zehnte um hundert bis zweihundert Kilometer in südlicher Richtung verschoben. Hierbei handelt es sich um ein Vordringen ehemals rein sahelischer Arten in die Sudanzone (z.B. *Acacia tortilis* ssp. *raddiana*, *A. ehrenbergiana*, *A. nilotica*) und andererseits einen Rückzug sahelisch-sudanischer Arten aus der Sahelzone (z.B. *A. dudgeoni*). Auch wird seit längerer Zeit eine deutliche Veränderung der sudanischen Savannenvegetation beobachtet: Die einstmals für die Sudanzone charakteristischen perennen Gräser werden mehr und mehr zu Gunsten annueller Arten zurückgedrängt. Es liegt nahe, diese Arealverschiebungen und Vegetationsveränderungen ursächlich mit den parallel ablaufenden Veränderungen des Klimas zu begründen. Zu bedenken ist jedoch, dass in der Sudanzone auch weitere einschneidende Veränderungen der ökologischen Bedingungen aufgetreten sind: In zahlreichen Regionen hat die Bevölkerung deutlich zugenommen und in Verbindung damit ist eine Änderung der Landnutzung erfolgt. Insbesondere ist eine deutliche Zunahme der Ackerflächen zu konstatieren, was wiederum kürzere Brachezeiten zur Folge hat. Auf diese Weise hat sich das Landschaftsbild in der Sudanzone stellenweise dem der Sahelzone angenähert. Gleichzeitig wird für die vergangenen fünf Jahrzehnte eine Reduktion der Niederschläge konstatiert, die sich in einem Vordringen der 600 mm Isohyete bis weit in die Sudanzone hinein äußert. Ein Vergleich der Flora einer stark genutzten Region mit der einer direkt benachbarten geschützten Region der Sudanzone zeigt, dass die Flora der genutzten Region deutliche sahelische Merkmale aufweist, während die der ungenutzten die typisch sudanischen Merkmale trägt: In dem geschützten Gebiet stellen die Therophyten und die Phanerophyten jeweils ein Drittel der Flora, im intensiv genutzten Gebiet machen die Therophyten etwa 50 % der Flora aus, die Phanerophyten dagegen nur etwa 25 %. Letzteres Spektrum ist fast identisch mit dem der typischen sahelischen Flora. Dieser Vergleich von geschützten und intensiv genutzten Flächen der gleichen Klimazone zeigt, dass der anthropogene Einfluss für die Sahelisierungsphänomene in Flora, Vegetation und Landschaft offensichtlich bedeutender ist als der klimatische.

Dank

Die Autoren danken dem Ministerium für Bildung, Forschung und Technologie (BMBFT) für die finanzielle Förderung ihrer Untersuchung im Rahmen des Projektes BIOTA-West, Teilprojekt W-11. Dank gebührt auch Herrn Dick Byer für die Überprüfung der englischen Zusammenfassung.

Literatur

- AUBREVILLE, A. (1949): Climats, Forest, et Desertification de l'Afrique Tropicale. – Societe de Editions Geographiques, Maritime et Coloniales, Paris, 255 S.
- BREMAN, H. & CISSÉ, A.M. (1977): Dynamics of Sahelian Pastures in Relation to Drought and Grazing. – *Oecologia* **28**: 301-315.
- CHAVEZ, P.S. (1996): Image-based atmospheric corrections - revisited and revised. – *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* **62**: 1025-1036.
- DELWAULLE, J.C. (1973): Desertification de l'Afrique au sud du Sahara. – *Bois et Forêts des Tropiques* **149**: 3-20.
- DUBE, O.P. & PICKUP, G. (2001): Effects of rainfall variability and communal and semi-commercial grazing on land cover in southern African rangelands. – *Climate Research* **17**: 195-208.
- EL-BAZ, F. & HASSAN, M.H.A. (1986): Physics of desertification. – Martinus Niehoff, Dordrecht, The Netherlands.
- GLANTZ, M.H. & ORLOVSKY, N.S. (1983): Desertification: A review of the concept. – *Desertification Control Bulletin* **9**: 15-22.
- GANABA, S. & GUINKO, S. (1995): Zustand und Dynamik des Gehölzbestandes in der Umgebung des Mare d'Oursi (Burkina Faso). – *Etudes flor. veg. Burkina Faso* **2**: 3-14.

- GVAUD, M. (1989/1990): Nature et localisation de la dégradation des sols au Sénégal. – Cah. ORSTOM, sér. Pédol. **25**(3): 253-262.
- GEIST, H.J. & LAMBIN, E.F. (2004): Dynamic causal patterns of desertification. – *Bioscience* **54**: 817-829.
- GUINKO, S. & BÉLEM OUÉDRAOGO, M. (1998): La flore du Burkina Faso. In: BÂ, A.T., MADSEN, J.E. & SAMBOU, B.: Atelier sur flore, végétation et biodiversité au sahel. – AAU Reports **39**: 43-65.
- HAHN-HADJALI, K., THIOMBIANO, A., SCHMIDT, M. (2006): Phytodiversity dynamics in pastured and protected West African savannas. – Proceedings of the 17th AETFAT Congress Addis Abeba 21.-26.09.2003. – Royal Botanic Gardens, Kew: 351-359.
- LE HOUÉROU, H.N. (1996): Climate change, drought and desertification. – *J. Arid Envir.* **34**: 133-185.
- MARKHAM, B.L. & BARKER, J.L. (1986): Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges, exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures. – EOSAT Technical Notes 3-8.
- MAYDELL, H.-J. (1983): Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. – Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Selbstverlag, Eschborn bei Frankfurt am Main, 531 S.
- NICHOLSON, S.E. (2000): The nature of rainfall variability over Africa on time scales of decades to millennia. – *Global and Planetary Change* **26**: 137-158.
- NONGONIERMA, A. (1977): Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller en Afrique occidentale. IV. Distribution bioclimatique des différents taxa. – *Bull. de l'I.F.A.N. T.* **39**, sér. A, n° 2: 318-339.
- RAUNKIAER, C. (1934): *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. – Clarendon Press, Oxford (Reprint 1977), New York: Arno Press.
- SCHMIDT, M., KREFT, H., THIOMBIANO, A. & ZIZKA, G. (2005): Herbarium collections and field data-based plant diversity maps for Burkina Faso. – *Diversity and Distributions* **11**: 509-516.
- TOGOLA M., CISSÉ, M.I., BREMAN, H. (1975): Evolution de la végétation du ranch de Niono depuis 1969. In: Inventaire et cartographie des pâturages tropicaux africains. – Actes du Colloque, 3-8 mars, Bamako, Mali. CIPEA, Addis Ababa, 195-201.
- WEBSTER, R. & OLIVER, M. A. (2001): *Geostatistics for environmental scientists*. – J. Wiley & Sons, Chichester.
- WITTIG, R., HAHN-HADJALI, K., KROHMER, J. & MÜLLER, J. (2000): Nutzung, Degradation und Regeneration von Flora und Vegetation in westafrikanischen Savannenlandschaften. – *Ber. R.-Tüxen Ges.* **12**: 263-281.
- WITTIG, R., HAHN-HADJALI, K., KROHMER, J., MÜLLER, J. & SIEGLSTETTER, R. (2002): La végétation actuelle des savanes du Burkina Faso et du Bénin - sa signification pour l'homme et la modification de celle-ci par l'homme (aperçu des résultats d'un projet de recherche duré des années). – *Etudes flor. veg. Burkina Faso* **7**: 3-16.
- WITTIG, R., SCHMIDT, M. & THIOMBIANO, A. (2004): Cartes de distribution des espèces du genre *Acacia* L. au Burkina Faso. – *Etudes flor. veg. Burkina Faso* **8**: 19-26.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Rüdiger Wittig, Dr. Karen Hahn-Hadjali, Institut für Ökologie, Evolution und Diversität, Abteilung Ökologie und Geobotanik, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Siesmayerstr. 70, 60323 Frankfurt, Deutschland, r.wittig@bio.uni-frankfurt.de

Konstantin König, Institut für Physische Geographie, Senckenberganlage 36, 60325 Frankfurt am Main, Deutschland, k.koenig@em.uni-frankfurt.de

Dr. Marco Schmidt, Forschungsinstitut Senckenberg, Abt. Botanik und Molekulare Evolutionsforschung, Senckenberganlage 25, 60325 Frankfurt am Main, Deutschland, marco.schmidt@senckenberg.de

Dr. Jörg Szarzynski, Center for Development Research (ZEF), Div. Ecology and Natural Resources, Walter-Flex-Str. 3, D 53113 Bonn, Germany, szarzynski@uni-bonn.de

Dr. Adjima Thiombiano, Laboratoire de Biologie et Ecologie Végétales, UFR / SVT, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso, adjima_thiombiano@univ-ouaga.bf

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Wittig Rüdiger, Hahn-Hadjali Karen, König Konstantin, Schmidt Marco, Szarzynski Jörg, Thiombiano Adjima

Artikel/Article: [Dynamik von Flora und Vegetation in der westafrikanischen Sudanzone am Beispiel von Burkina Faso 57-68](#)