

Auswertung von Satellitenbildern für Untersuchungen im Bereich
Bodenkunde/Landnutzung an ausgewählten Beispielen in Afrika.

R. Hoffmann⁺⁾ , W. Kantor⁺⁾ und W. Kruck⁺⁾

1. Zusammenfassung

Die Auswertung von Satellitenbildern ergab Hinweise auf potentielle Ackerbaugebiete. Aus den Bildern ließen sich für einen Teil des semihumiden bis ariden Westafrika (Obervolta, Niger) eine Boden-deckekarte und eine Karte mit der Felderverteilung erstellen. Letztere spiegelt die Bevölkerungsdichte wider. Bei dem Vergleich zwischen Bodeneigenschaften und Bevölkerungsdichte ließen sich Gebiete ausweisen, die trotz guter Böden dünn besiedelt sind. Diese Flächen haben ein ungenutztes landwirtschaftliches Potential. Die Wasserflächen der Stauseen und Seen in Obervolta und Niger schwanken innerhalb eines Jahres erheblich. Die Satellitenbild-auswertung hat gezeigt, welche Stauseen genügend Wasser haben, das man anderweitig nutzen könnte. Mit Hilfe einer rechnergestützten Satellitenbilddauswertung kann die langwierige visuelle Auswertung z. T. ersetzt werden. Anhand der Wiederholungsbefliegungen können Veränderungen in der Land-schaft schnell auskartiert werden.

2. Einleitung

In den Staatsgebieten von Niger und Obervolta, die z. T. der Sahelzone zugerechnet werden, wurde eine bodenkundliche Auswertung von Bildern der Erderforschungssatelliten LANDSAT I u. II durchgeführt. Die Auswertung der Bilder erfolgte visuell und mit elektronischer Datenverarbeitung. Die bodenkundliche Interpretation von Satelliten-bildern unter Verwendung bereits existierender Bodenkarten wurde durch Geländebefahrungen ergänzt.

Als Abgrenzungskriterien für die Kartiereinheiten dienten die Farben der Farb-Bilder bzw. die Graustufen der Schwarzweiß-Bilder; außerdem die Unterschiede in den Graustufen verschiedener Kanäle und der Vergleich derselben Szenen aus verschiedenen Jahreszeiten.

⁺⁾ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe,
Postfach 51 01 53, D-3000 Hannover 51

Die Kartiereinheiten der Bodenkarte setzen sich aus 4 Merkmalen zusammen: Bodeneinheit, Gestein, Morphologie und Nutzung.

Die Bodeneinheiten tragen die in der französischen Bodenklassifikation verwendeten Bezeichnungen (AUBERT u. a., 1967) und sind nach Möglichkeit bis zum Niveau der "Familie" untergliedert.

Unter dem Begriff "Bodeneinheit" sind in den Legenden der Bodenkarten Bodenvergesellschaftungen zu verstehen, die sich aus dem Satellitenbild ableiten lassen.

3. Niger

In der Republik Niger wurde ein Teststreifen zur bodenkundlichen Satellitenbildauswertung ausgewählt. Er erstreckt sich von der SW-Grenze des Landes nach NE bis etwa zur Stadt Tohoua. In der Sahelzone zu der dieses Gebiet gehört, herrscht ein sehr labiles ökologisches Gleichgewicht, wie die Dürrekatastrophe der Jahre 1969 bis 1973 gezeigt hat. Neben den klimatischen Faktoren ist die Überbeanspruchung der natürlichen Ressourcen durch die Bevölkerung, vor allem die Bodennutzung, eine wichtige Ursache für die negativen Folgen von Trockenperioden auf das ökologische Gleichgewicht in dieser Zone. Informationen über die aktuelle Bodennutzung und die Bodenverhältnisse sind deshalb in dieser Zone von großer Bedeutung.

Geologisch besteht das Untersuchungsgebiet im SW aus präkambrischen Gesteinen (Granodiorite, Granite, Metamorphite), im NE dagegen aus den tertiären "Continental terminal" (Ct) mit Sand- und Tonablagerungen.

Das Gebiet ist flachwellig mit versandeten Flußläufen (Dallole), die das Tertiärbecken (Iullemeden-Becken) durchziehen. Anthropogene Veränderungen (Überweidung) sind in der Landschaft häufig anzutreffen.

3.1. Ergebnisse

Insgesamt wurden 21 Kartiereinheiten auf den Satellitenbildern aus-
geschieden. Aufgrund ihrer Formen und/oder Intensitätsdifferenzen
waren folgende Einheiten gut identifizierbar:

- offene Wasserflächen (Intensität)
- Gewässernetz (Formen)
- Laterit-Flächen mit Steilkanten (Intensität, Formen)
- Sand- und Dünengebiete (Formen, Intensität)
- Vegetation und Feuchtstellen (Intensität)
- Bewässerungsgebiete (Intensität, Formen)
- Brandflächen (Form, Intensität)

Durch einen raschen kleinflächigen Wechsel der Farbmuster entstehen
Mischsignaturen. Sie können nicht eindeutig dieser oder jener Kartier-
einheit zugeordnet werden. Eine Hilfe bei ihrer Abgrenzung liefert der
Vergleich von zeitverschiedenen Aufnahmen. So war im kristallinen
Teil des Arbeitsgebietes aufgrund des kleinflächigen Wechsels der
Farbmuster die Abgrenzung der Einheiten wesentlich schwieriger als
auf dem Ct mit seinen großflächigen Einheiten.

Weitere Mischsignaturen lagen beim bedeckten Laterit (Oxisol) vor.
Er ist relativ feucht und erscheint daher im Satellitenbild dunkel.
Die substratbedingte Färbung ist nicht von der Färbung zu trennen,
die durch die Feuchtigkeit und den Gehalt an organischer Substanz
hervorgerufen wird. Die Vegetation ist auf dem bedeckten Laterit
stark entwickelt. Sie zeigt oft ein ähnliches Farbmuster wie dunkle,
tonige Böden.

Einzelne Felder sind visuell im Satellitenbild nicht sicher identifizierbar. Dafür muß auf die Bildelementauswertung mit einer EDV-Anlage zurückgegriffen werden. Erste Versuche ergaben, daß aufgrund der Strahlungsintensität z.B. Wasser-, Laterit-, Sand- und Vegetationsflächen auskartiert werden können. Für eine Übersichtskartierung ist es erforderlich den Maßstab von 1 : 20 000 auf 1 : 100 000 zu verkleinern. Dies geschieht digital und photooptisch.

Die EDV-Auswertung kann z. T. die langwierige Handauswertung ersetzen. Ein weiterer Vorteil der EDV-Verarbeitung der Aufnahmedaten ist die Überwachung von Landschaften mit labilem ökologischen Gleichgewicht. Anhand der Wiederholungsbefliegungen können Veränderungen in der Landschaft wie z. B. die Vegetationsausbreitung, Dünenbildung, Versumpfung usw. schnell auskartiert und evtl. Gegenmaßnahmen eingeleitet werden.

4. Obervolta

Die Bodenerfassung und -bewertung spielen in einem fast ausschließlich von der Landwirtschaft lebenden Staat wie Obervolta eine sehr wichtige Rolle. Sie bilden die Voraussetzung für eine verbesserte Landentwicklungsplanung und können dazu beitragen, Vorschläge für eine Optimierung der Landnutzung zu erbringen.

In Obervolta treten vorwiegend alte Böden auf. Sie sind das Produkt einer intensiven chemischen Verwitterung und haben deshalb einen geringen Nährstoffgehalt. In weiten Bereichen des Landes treten zudem oberflächennahe Lateritpanzer auf, die den Wurzelraum für die Pflanzen einengen. Insbesondere in den mittleren und östlichen Landesteilen verhindern oberflächennahe Laterithorizonte die Bodenbearbeitung.

In den trockenen nördlichen Gebieten spielt die nutzbare Feldkapazität (nFK) eine wichtige Rolle. Hier ist die Kenntnis über die Verbreitung von Böden mit einer hohen nFK wichtig, um die günstigsten Flächen ackerbaulich zu nutzen.

Viele Probleme bei der Bodennutzung sind nur im Zusammenhang mit den Bewirtschaftungsformen zu verstehen. Die im Wanderfeldbau genutzten Flächen können je nach Bodeneigenschaften nur 2 - 5 Jahre lang hintereinander bestellt werden (AHN 1970). Eine längere Nutzung führt in den meisten Fällen zu einer Bodenverschlechterung und damit zu einem Ertragsabfall infolge Nährstoffverarmung. Besonders durch die Zerstörung des Bodengefüges und der Vegetation sind Ansatzpunkte für zunehmende Erosion geschaffen, die z.B. bei heftigen Gewitterregen zu Bodenabtragungen führen kann.

Auf den sandigen Böden Nord-Obervoltas wird die Winderosion durch Überweidung gefördert und dadurch ausgedehnte Weideflächen vernichtet.

Im gesamten Staatsgebiet Obervoltas reichen die normalen Niederschläge aus, um Regenfeldbau zu betreiben. Die hohe Niederschlagsvariabilität bringt jedoch den Norden in Trockenjahren an die Niederschlagsgrenze des noch möglichen Regenfeldbaus. Hinzu kommen häufig ungünstige Zeitpunkte, zu denen die Regen einsetzen. Zu frühe oder zu späte Niederschläge bringen enorme Ernteauffälle.

Die vorherrschende Bewirtschaftungsform ist der Wanderfeldbau, der aus einer Rotation von Rodung, Bewirtschaftung und Brache besteht. Die Rodung erfolgt als Brandrodung. Die abgebrannten Flächen werden anschließend 2 bis 3 Jahre bewirtschaftet und danach zur Regeneration brach liegengelassen (AHN, 1970). Das gegenwärtige Verhältnis von Feldern, die unter Kultur stehen, zu Bracheflächen beträgt 1 : 3. Dies ist bei den gegebenen Bodenverhältnissen und Anbaumethoden zu groß. Besonders ungünstig ist dieser Quotient

im Zentralplateau, wo mehr als 50 % der Gesamtbevölkerung auf einem Viertel der landwirtschaftlichen Nutzflächen konzentriert ist (GOEDICKE, 1974). Einen Ausweg könnte eine intensivere Nutzung der kultivierten Flächen und die Erschließung neuer Anbaugebiete bieten.

4.1. Ergebnisse der Satellitenbildkartierung

Von der Rep. Obervolta wurden mit Hilfe von Satellitenbildern und vorhandenen Unterlagen folgende Karten hergestellt:

- eine Bodenkarte
- eine Karte der Felderverteilung und der Brandflächen
- eine Karte, die den Vergleich Besiedlungsdichte - Bodeneigenschaften darstellt

Mit Hilfe von zeitverschiedenen Aufnahmen wurden außerdem Karten über die Größe der Wasserflächen in den verschiedenen Stauseen erstellt.

4.1.1. Bodenkarte

Vom gesamten Staatsgebiet Obervoltas wurde eine Bodenkarte hergestellt.

Lithosole, die sich aus kristallinen Gesteinen entwickelt haben; Fe-reiche tropische Böden aus kristallinen Gesteinen und Sandsteinen mit z. T. hydromorphen Merkmalen nehmen den größten Teil Obervoltas ein. Hydromorphe Böden sind in Tälern und Senken verbreitet.

4.1.2. Karte der Felderverteilung und der Brandflächen

Bei einem Vergleich zwischen der Felderverteilung und der mittels statistischer Methoden erstellten Karte der Bevölkerungsdichte von

Obervolta (SAVONNET, 1968) zeigte sich eine gute Übereinstimmung, obwohl zahlreiche verschiedene Stämme im Untersuchungsgebiet ansässig sind.

Die nach der Felderverteilung erstellte Karte der Besiedlungsdichte zeigt im wesentlichen das gleiche Bild wie die von SAVONNET. In den dicht besiedelten Bereichen ist sie jedoch weniger differenziert. Dagegen scheint sie in Gebieten mit einer geringen Besiedlungsdichte genauer zu sein. Hier ist z. B. deutlich die Konzentrierung entlang von Straßen zu erkennen.

In Obervolta ist der Wanderfeldbau mit Brandrodung weit verbreitet. Die Bevölkerung brennt weite Flächen der Savanne ab, weil sie mit ihren primitiven Werkzeugen nur auf diese Weise die dornige Buschvegetation roden kann, um neue Ackerflächen zu erhalten. Viehhalter legen vielfach Brände in der Grassavanne, damit das für die Weidetiere schmackhaftere frische Gras nach der Trockenzeit schneller wachsen kann.

Auf den LANDSAT-Bildern von Kanal 7 kann man die schwarzen Brandflächen sehr gut erkennen. Es konnte ermittelt werden, daß die größten Gebiete bereits am Ende der Regenzeit (November) abgebrannt sind. Dies ist insofern ungünstig, weil nach dem Verlust der Krautschicht der Boden einer erhöhten Erosionsgefährdung ausgesetzt ist.

Aus der Verteilung der abgebrannten Flächen ist zu schließen, daß sich die Brände unkontrolliert ausbreiten. Ihre tägliche Ausdehnung läßt sich im Überlappungsbereich der LANDSAT-Bilder abschätzen. Die Feuer können sich innerhalb eines Tages bis zu 5 km in Windrichtung ausdehnen.

Die Nordgrenze der Brandrodung liegt bei ca. 12° nördlicher Breite.

4.1.3. Vergleich der Besiedlungsdichte mit den Bodeneigenschaften

Ein Vergleich zwischen der Besiedlungsdichte und der aus der Bodenkarte ersichtlichen potentiellen Nutzung sollte zeigen, ob die Flächen mit guten Ackerstandorten auch am dichtesten besiedelt sind. Die Frage läßt sich schnell beantworten, wenn man die Bodenkarte und die Karte der Bevölkerungsdichte übereinanderprojiziert. Danach hängen die Ursachen für die unterschiedliche Bevölkerungsverteilung nur teilweise mit den Bodeneigenschaften zusammen. So beruht die massive Konzentrierung im Mossi Plateau nicht auf physischen Faktoren (Klima, Wasser, Boden), sondern nach SAVONNET (1968) auf dem günstigen sozio-politischen Staatsgefüge des alten Mossi-Reiches. Für die dünne Besiedlung auf manchen guten Standorten können Faktoren, wie z.B. auftretende Krankheiten und die Siedlungsgewohnheiten verschiedener ethnischer Gruppen ausschlaggebend sein.

Für eine Ausweitung der landwirtschaftlichen Nutzfläche kommen in erster Linie die dünn besiedelten Gebiete mit guten Böden in Frage. Sie haben eine hohe Nutzungseignung. Hier ließe sich durch Umsiedlung oder mit gezielten Förderungsmaßnahmen gutes Ackerland erschließen. Diese Areale liegen überwiegend im Südwesten Ober-voltas auf den hydromorphen Böden aus Sandstein und in Senken des Kristallin-Plateaus.

Ein mittleres Landentwicklungspotential findet man zum einen auf guten Ackerböden mit mittlerer Besiedlungsdichte und zum anderen auf dünn besiedelten Flächen mit mittleren Standorteigenschaften. Diese Gebiete treten in weiten Bereichen des kristallinen Schilds, vor allem im südwestlichen Teil, auf.

Die Böden mit einer geringen Qualität und alle dicht besiedelten Gebiete haben ein geringes Landentwicklungspotential. Dies trifft für den größten Teil des Mossi Plateaus zu. Aber auch die mineralischen Rohböden und die schwach entwickelten Böden aus Sandstein

sowie die Natriumböden im Norden besitzen nur ein geringes Landentwicklungspotential.

4.1.4. Beobachtungen an Seen und Stauseen

Auf den LANDSAT-Bildern des Kanals 7 erscheinen die offenen Wasserflächen (Seen und breite Flüsse) tiefschwarz und zeigen deshalb einen starken Kontrast zur Umgebung.

Die Seen ändern im Jahresverlauf ihre Größe als Folge von Entnahme und Verdunstung z. T. erheblich. Sie haben am Ende der Regenzeit die größte und am Ende der Trockenzeit die kleinste Ausdehnung. Die wiederholte Bilddeckung durch den Satelliten macht es möglich, die Veränderungen der Wasserflächen zu beobachten und zu erkennen, welche Seen am Ende der Trockenzeit noch größere, nicht genutzte Wasserreserven haben.

Ein Vergleich mit der Bodenkarte informiert darüber, ob die Wasserreserven vermehrt zur Bewässerung eingesetzt werden können.

5. Schlußfolgerungen

Aus den bisherigen Ergebnissen der Satellitenbildauswertung können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Für aride bis semiaride Klimagebiete liefert das Satellitenbild für eine bodenkundliche Kartierung wertvolle Informationen. Sie geben Anhaltspunkte über Flächen, die potentiell nutzbar sein können.
- Ohne ausreichende Geländeüberprüfungen sind grobe Fehlbeurteilungen nicht auszuschließen.
- Der Boden ist nur auf der Ebene von Bodenassoziationen, nicht aber auf der Ebene von Bodentypen zu identifizieren.
- In Einzelfällen lassen sich Bodentypen aus bestimmten Merkmalen ableiten (z. B. Lateritkanten).
- Bodendynamische Prozesse wie Erosion, Versalzung, Versumpfung, Überlagerungen usw. lassen sich bei großflächiger Ausbreitung aus dem Satellitenbild gut ableiten. Diese Prozesse können jedoch nur bei Wiederholungsbefliegungen erfaßt werden.

- Landschaftselemente wie z. B. die Morphologie, Wasserläufe und die Vegetation können im Satellitenbild gut auskartiert und für bodenkundliche Zwecke genutzt werden.
- Durch die EDV-Bearbeitung der multispektralen Aufnahmedaten ist eine Beschleunigung und Verbesserung der Auswertung zu erreichen. Dies trifft vor allem für Gebiete mit Mischsignaturen zu, die dann aufgrund der Vergrößerung (1 : 20 000) zu trennen sind.
- Flächen, die kleiner als 0,45 ha (79 x 57 m in der Natur) sind, können z. Z. aus technischen Gründen nicht identifiziert werden.

Desweiteren hängt die Aussagekraft der zunächst hypothetischen Bodenkarten auch von der Größe der abzugrenzenden Flächeneinheiten und ihrer farblichen Ausprägung im Satellitenbild ab. Vorhandene Kartenunterlagen und die Erfahrungen des Bearbeiters im Gelände verbessern die Interpretationssicherheit.

6. Literatur

- AHN, P. M., 1970: West African soils. Oxford University Press, 332 S., 84 Abb., 13 Tab.
- AUBERT, G. u. a., 1967: Classification des sols. ORSTOM, Paris.
- BAKE, G. u. a., 1979: Auswertung von Satellitenbildern als Basismaterial für ein langfristiges Sahelhilfsprogramm in der Republik Niger. Abschlußbericht, BGR 100 S., 18 Abb., 1 Tab.
- GOEDICKE, P. T., 1974: Wirtschaftliche Grundlagen in Obervolta, Mali und Niger. In: BMZ: Möglichkeiten der langfristigen Entwicklung der Sahelländer Obervolta, Mali, Niger. Bonn. 87 S., 25 S. Anhang. Tab.
- SAVONNET, G., 1968: Atlas de Haute Volta. Carte provisoire des densites de populations. Centre Voltaique de la Recherche Scientifique, 16 S., 4 Tab., 1 Karte.