

Article

Vegetation und Landnutzung im östlichen Aurès (Algerien) - Untersuchungen in einem nordafrikanischen...

Nüsser, Marcus in: Die Erde - 125 | Periodical 18 page(s) (57 - 74)

.....

Nutzungsbedingungen

DigiZeitschriften e.V. gewährt ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht kommerziellen Gebrauch bestimmt. Das Copyright bleibt bei den Herausgebern oder sonstigen Rechteinhabern. Als Nutzer sind Sie sind nicht dazu berechtigt, eine Lizenz zu übertragen, zu transferieren oder an Dritte weiter zu geben.

Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen:

Sie müssen auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten; und Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgend einer Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen; es sei denn, es liegt Ihnen eine schriftliche Genehmigung von DigiZeitschriften e.V. und vom Herausgeber oder sonstigen Rechteinhaber vor.

Mit dem Gebrauch von DigiZeitschriften e.V. und der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

DigiZeitschriften e.V. grants the non-exclusive, non-transferable, personal and restricted right of using this document. This document is intended for the personal, non-commercial use. The copyright belongs to the publisher or to other copyright holders. You do not have the right to transfer a licence or to give it to a third party.

Use does not represent a transfer of the copyright of this document, and the following restrictions apply:

You must abide by all notices of copyright or other legal protection for all copies taken from this document; and You may not change this document in any way, nor may you duplicate, exhibit, display, distribute or use this document for public or commercial reasons unless you have the written permission of DigiZeitschriften e.V. and the publisher or other copyright holders.

By using DigiZeitschriften e.V. and this document you agree to the conditions of use.

Kontakt / Contact

DigiZeitschriften e.V. Papendiek 14 37073 Goettingen

Email: info@digizeitschriften.de

DIE ERDE 12	5 1994	S. 57 - 74	Regionaler Beitrag
-------------	--------	------------	--------------------

• Vegetationsgeographie - Satellienbildauswertung - Maghreb

Marcus Nüsser (Berlin)

Vegetation und Landnutzung im östlichen Aurès (Algerien) Untersuchungen in einem nordafrikanischen Gebirgsraum mit Methoden regionaler Fernerkundung

Mit 1 Figur, 1 Tabelle und 2 Bildern

Die Erfassung von Vegetationsformationen und regionalen Landnutzungsgefügen unter Verwendung satellitengestützter Fernerkundungsdaten stellt einen vergleichsweise jungen Gegenstand geographischer Forschung dar. In zahlreichen Publikationen vergangener Jahre wurden sowohl landschaftsökologische, als auch stärker agrargeographisch orientierte Studien mit Beispielen aus verschiedenen Erdteilen vorgelegt. Gerade im Bereich ländlicher Entwicklungsplanung in peripheren Regionen der Dritten Welt eröffnet eine Verwendung solcher Datensätze die Möglichkeit großräumiger Ressourcenanalysen, die für den Planungs- und Implementierungsprozeß entwicklungsrelevanter Maßnahmen häufig von entscheidender Bedeutung sind. Durchaus seltener finden sich in der Literatur Beispiele für die angesprochenen Anwendungen von Fernerkundungsdaten in Gebirgs- und Hochgebirgsräumen, die wegen ihrer spezifisch orographischen Charakteristik besondere Probleme bei der Bearbeitung aufwerfen. Am Beispiel einer nordafrikanischen Gebirgsregion im nördlichen Randbereich der Sahara sollen diese Fragen aufgegriffen und diskutiert werden.

1. Einleitung

Die Projektregion eines integrierten Entwicklungsvorhabens im östlichen Aurès-Gebirge stellt ein Beispiel für die Anwendbarkeit von Landsat-TM-Daten unter landschaftsökologischen Gesichtspunkten dar. Ziel dieser Untersuchungen ist die Erarbeitung einer digitalen Klassifikation von Vegetation und Landnutzung aus Satellitendaten, die als Instrument begleitender Planung für ein algerisch-deutsches Projekt ländlicher Regionalentwicklung dienen soll. Dabei werden neben einer Darstellung der Möglichkeiten (im Sinne einer Bereitstellung von Planungsgrundlagen) auch die Probleme diskutiert, die sich einer Anwendung von Satellitendaten in Räumen mit starker

Reliefgliederung stellen. Unter Berücksichtigung dieser stärker methodisch orientierten Aspekte versucht der vorliegende Aufsatz einen Beitrag zur Analyse räumlich faßbarer Entwicklungspotentiale und -limitierungen in einer peripheren Gebirgsregion des Maghreb zu leisten. Die wichtigsten Elemente der naturräumlichen Ausstattung sowie des regionalen Nutzungssystems werden aufgezeigt und mit Blick auf die wesentlichen Ressourcen als Basis ländlicher Entwicklung dargestellt.

Unter den genannten Aspekten stellt dieser Beitrag eine Fortführung der Arbeiten von Bartels und Ergenzinger (1988) dar, die eine erste digitale Klassifizierung dieser Region aus Landsat-TM-Daten vom April 1985 legten. Die wesentlichen Abweichungen der verschiedenen Klassifizierungen werden dargestellt und zusammenfassend analysiert.

2. Darstellung des Untersuchungsgebietes

Als abgeschlossene Gebirgseinheit stellt der Aurès den höchsten Teilbereich des algerischen Sahara-Atlas dar. Damit nimmt dieses Gebirgsmassiv als Kulminationsregion strukturell und morphologisch innerhalb des von Südwesten nach Nordosten verlaufenden Kettenorogens eine Sonderstellung ein, die durch starke Hebung und enge Geschlossenheit des Faltenwurfs tektonisch begründet ist (Giessner 1984). Der strukturelle Bauplan des Aurès wird durch eine Folge schmaler, symmetrischer Sattelachsen mit eingelagerten Mulden bestimmt, die parallel zueinander von Südwesten nach Nordosten verlaufen und die Streichrichtung des gesamten Gebirgskörpers festlegen. Dabei zeigt die Reliefgliederung dieser Region in ihren Grundzügen eine auffällige Anlehnung an die vorgegebenen geologischtektonischen Strukturen und den petrographischen Aufbau (Bartels und Ergenzinger 1988, Nüsser 1992). Mit dem 2326 m hohen Djebel Chelia besitzt der Aurès die höchste Erhebung Nordalgeriens. Das Untersuchungsgebiet umfasst den östlichen Teil des Aurès und damit die Bergregion der Wilaya (Provinz) Khenchela (Fig. 1, Bild 1).

Die klimatischen Bedingungen im Untersuchungsgebiet sind in Abhängigkeit von Breitenkreislage, individueller Höhenposition und Reliefsituation thermisch und hygrisch vielfältig differenziert. Es resultiert eine Abfolge unterschiedlicher mediterraner Gebirgsklimate, die durch engräumige Verzahnung humider und arider Einflußmomente bedingt wird. Dabei kommt insbesondere den durch die Reliefgliederung verursachten lokalklimatischen Einflußfaktoren wesentliche Bedeutung zu. In diesem Sinne bedeutsam sind z.B. die nach Südwesten geöffneten Längstäler, die ein

weites Vordringen des Schirokko ermöglichen und dadurch eine orographisch bedingte Aridität bis weit in den Gebirgskörper hinein verursachen (Achenbach 1971). Ebenso bedingt der Kammverlauf der höheren Gebirgseinheiten (Djebel Chelia- und Djebel Chenntgouma-Massiv) eine Absperrung feuchter Luftmassen aus nordwestlichen Richtungen. Winterliche Niederschläge fallen in den Hochlagen meist als Schnee.

Das Vegetationsbild im Aurès spiegelt - wie kein anderer Aspekt der naturräumlichen Ausstattung - die Wirksamkeit mediterraner und saharischer Einflüsse wider. Dieser Gebirgsraum nimmt innerhalb der Verbreitungsgrenzen mediterraner Vegetationsformationen in Nordafrika eine besondere Stellung ein, da es sich um eine weit gegen den ariden Süden vorgeschobene Region mit einer großflächig vorhandenen Waldbedeckung handelt. Gleichzeitig markieren Florenelemente der Steppenformationen den Übergang zum saharischen Raum. Die Betrachtung der Vegetation im hypsometrischen Wandel zeigt eine Höhenstufenfolge 'arid-mediterraner Prägung' im Sinne von Walter und Breckle (1991:65 ff.). Die Waldformationen befinden sich im Untersuchungsgebiet im Bereich der submontanen und montanen Stufe. Diese Höhenstufen lassen sich vertikal in drei Bereiche gliedern, die sich hinsichtlich vorkommender Pflanzengesellschaften deutlich voneinander unterscheiden. Der obere Bereich wird von Zedern (Cedrus atlantica), der mittlere von Steineichen (Ouercus ilex) und der untere von Aleppokiefern (Pinus halepensis) dominiert. Im südlichen Übergangsbereich zum präsaharischen Raum wird die submontane Stufe von der collinen Stufe nach unten begrenzt. Dieser Grenzsaum läßt sich durch engräumige Verzahnung von weitständigen Gehölzen mit Juniperus phoenicea, einzelnen Überhältern eines Kiefernwaldes und Halfa-Steppen charakterisieren. Die Höhenstufung der Vegetation im Untersuchungsgebiet wird in Tabelle 1 generalisiert zusammengefaßt.

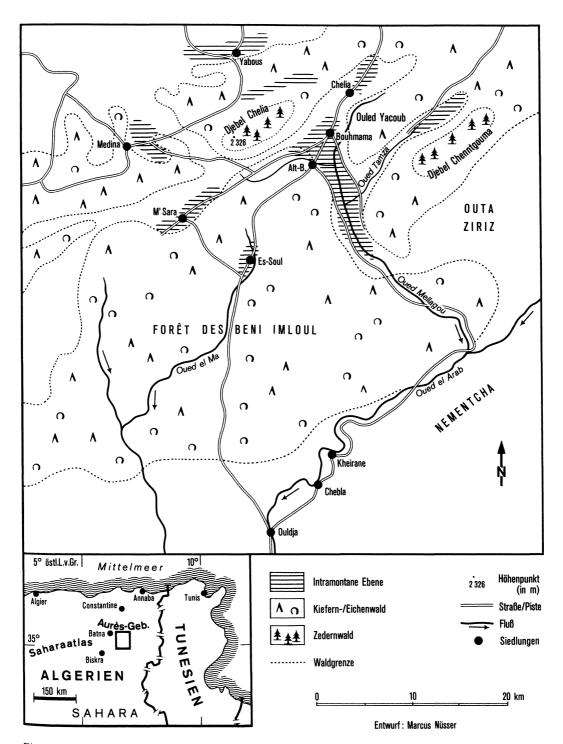


Fig. 1. Das östliche Aurès-Gebirge in Nordost-Algerien / The eastern Aurès mountains (Northeastern Algeria)

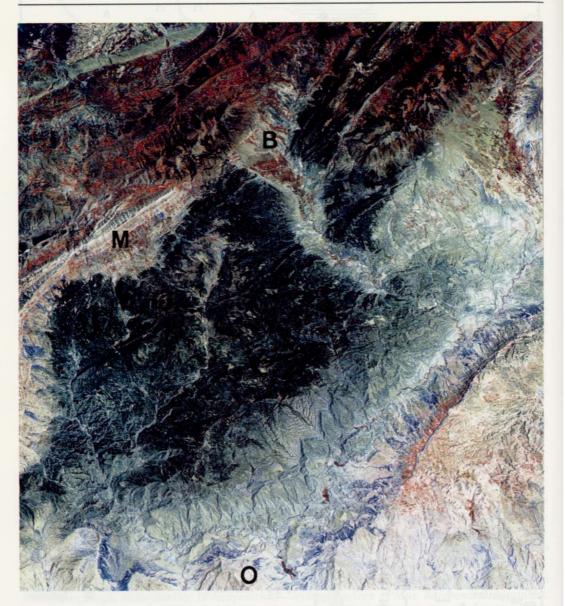


Bild 1. Geometrisch korrigierte Farbkomposite eines Landsat-TM-Bildes aus dem Juni 1990 (Maßstab ca. 1:400.000; B = Bouhmama, M = M'Sara, O = Ouldja) / Geometrical rectified colour composite of a Landsat-TM-Image from June 1990 (Scale app. 1 . 400.000; B = Bouhmama, M = M'Sara, O = Ouldja)

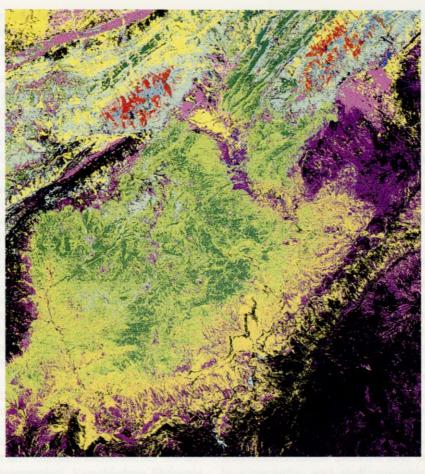




Bild 2. Digitale Klassifizierung von Vegetation und Landnutzung des östlichen Aurès aus Landsat-TM-Daten / Digital classification of vegetation and land use in the eastern Aurès using Landsat-TM-data

Tab. 1. Übersicht: Höhenstufen der Vegetation im Untersuchungsgebiet / Overview: Altitudinal zonation of vegetation in the research area

Colline Stufe:	
- Weitflächige Steppen mit Stipa tenacissima	ca. 700 - 900 m
- Weitständige Gehölzeinheiten von Juniperus phoenicea mit Halfa	ca. 900 - 1000 m
Submontane Stufe:	
 Aleppokiefern mit Juniperus phoenicea und Halfa 	ca. 1000 - 1100 m
- Aleppokiefern mit Quercus ilex, Juniperus oxycedrus und Rosmarinus officinalis	ca. 1100 - 1400 m
Montane Stufe:	
- Steineichen mit Juniperus oxycedrus und Rosmarinus officinalis	ca. 1400 - 1600 m
- Zedern mit Quercus ilex	ca. 1600 - 2000 m
	ca. 2000 - 2100 m
- Zedern mit Taxus baccata, Berberis hispanica und Juniperus thurifera	
und Juniperus thurifera	ca. 2100 - 2250 m

Diese, einzig an der Höhenzonierung orientierte Einteilung ist durch anthropogene Einwirkungen unterschiedlicher Art vielfach modifiziert worden. Eine potentiell natürliche Gehölzvegetation ist im Untersuchungsgebiet nicht mehr vorhanden, stattdessen sind entsprechende Ersatzgesellschaften entstanden. Maßgeblich für die Ausbildung dieser Ersatzgesellschaften sind Art, Intensität, Dauer und Reichweite der menschlichen Einflüsse (Müller-Hohenstein 1981), die im Untersuchungsgebiet lokal stark differenziert sind. An verschiedenen Beispielen soll dies kurz erläutert werden.

- Die höheren Hangbereiche des Djebel Chelia und des Djebel Chenntgouma sind vor allem

wegen ihrer Nutzung als Almweiden ('pelouses') nicht mehr mit Zedern bewachsen. Einzelne nach oben vorgeschobene Reliktstandorte belegen eine ehemals höher reichende Grenze geschlossener Zedernbestände. Auch die Verdrängung der Zeder auf die schwerer zugänglichen konkaven Hangbereiche ist anthropogen verursacht.

- Die ursprünglich vorhandenen Steineichenwälder degradierten aufgrund hohen Weidedrucks zu Macchien und in Teilbereichen zu Garrigues.
- In den intramontanen Beckenbereichen, die heute die Grundlage für einen extensiven

Getreideanbau bilden, ist die ehemals vorhandene Vegetation seit der Antike großflächig beseitigt worden (Achenbach 1971).

Im Bereich der Kiefernwälder hat sich das ursprüngliche Erscheinungsbild und die Bestandsdichte durch Rodung, Beweidung, Waldbrände und Holzeinschlag, aber auch durch Wiederaufforstungsmaßnahmen deutlich gewandelt. Giessner (1971) weist darauf hin, daß das ökologische Gleichgewicht dieser Waldformationen durch auffallende Instabilität gekennzeichnet ist, die aufgrund klimatischer Bedingungen prinzipiell besteht. Die forstwirtschaftliche Nutzung verändert das Erscheinungsbild der Waldbestände durch Einschlagflächen, Wegtrassen und Aufforstungsareale. Kennzeichnend für die Auswirkungen dieses Nutzungssystems ist die Tendenz zu artenärmeren Beständen, die sich in diesem Raum vorwiegend durch selektive Wiederaufforstung mit Aleppokiefern ergeben (Müller-Hohenstein 1973).

Die naturräumliche Ausstattung bildet in ihren Zusammenhängen und in ihrer horizontalen und vertikalen Differenzierung ein landschaftsökologisches Raumgefüge, das die Möglichkeiten und Grenzen menschlicher Inwertsetzung determiniert. Verschiedene Elemente des Naturraums (Klima, Böden, Relief) markieren als limitierende Größen den Spielraum unterschiedlicher Nutzungsformen und entsprechender Gefahren, die aus einer Übernutzung vorhandener Ressourcen resultieren (Degradation, Erosion).

Im Untersuchungsgebiet wird die gesamte natürliche Vegetation, sofern sie nicht zur agraren Inwertsetzung gerodet wurde, extensiv als Weideressource genutzt. Dies gilt sowohl für die Wald- als auch für die Steppenformationen. Daneben findet eine staatlich organisierte Bewirtschaftung der Forstareale im Bereich der Domanialwälder Beni Imloul und Ouled Yacoub statt, die vorwiegend auf die Exploitation der Aleppokiefernbestände und

entsprechende Wiederaufforstungsmaßnahmen ausgerichtet ist (Müller-Mahn 1992). Der Degradationsgrad einzelner Vegetationseinheiten in verschiedenen Teilbereichen des Ost-Aurès steht vor allem mit der Intensität der Beweidung in direktem Zusammenhang. Dies läßt sich an mehreren Beispielen deutlich machen. Zum einen belegen die Verbreitungsmuster der Macchienareale die bevorzugten Weideflächen im Nahbereich der Siedlungen und entlang traditioneller Wanderungsrouten im Wald. Ein anderes Beispiel stellt die obere Waldgrenze in der montanen Stufe dar, die wesentlich durch weidewirtschaftliche Nutzung der Hochalmen zu erklären ist.

3. Bevölkerung und Wirtschaft

Zur Darstellung und zum Verständnis des komplizierten Landnutzungsgefüges ist eine knappe Darstellung der Bevölkerungssituation und des regionalen Wirtschaftssystems unabdingbar.

Der Aurès bildet innerhalb der algerischen Gebirge einen weitgehend geschlossenen Lebensraum der Chaoui-Berber. Deutlichste Kennzeichen dieser Situation sind individuelle wirtschafts- und siedlungsgeographische Merkmale (Achenbach 1971, 1973). Charakteristisch für das traditionelle Landnutzungssystem in dieser peripheren Gebirgsregion Ostalgeriens ist die besondere Bedeutung einer extensiv betriebenen Tierhaltung, die sich durch saisonale Wanderungen zwischen Gebirge und präsaharischem Vorland auszeichnet (Müller-Mahn 1991). In Kombination mit der Bewirtschaftung von Getreideflächen und bewässerten Baumkulturen in den intramontanen Becken und im Bereich einzelner Rodungsflächen im Bergwald stellt diese traditionelle Form der Nutzung eine hochgradige Anpassung an die natürlichen Rahmenbedingungen dar. Der Anbau von Dattelpalmen in den Flußoasen des Oued el Arab ergänzt das Anbauspektrum. Achenbach (1983) weist darauf hin, daß die Bevölkerung unter dem Einfluß klimatischer Ungunst und daraus resultierender Risiken im landwirtschaftlichen Produktionssystem möglichst viele Standorteinheiten einbezieht, um dadurch ein vielseitigeres und risikoärmeres agrares Erzeugungssystem zu realisieren. Hohe Ertragsvariabilitäten machen die Notwendigkeit einer standortangepaßten Nutzung und eines auch räumlich getrennten, stark diversifizierten Betriebssystems deutlich. Als Ergebnis dieser Differenzierung entsteht ein kleinräumig gegliedertes Mosaik unterschiedlicher Bodennutzungstypen, das für den gesamten Bereich des Untersuchungsgebietes charakteristisch ist.

Der wichtigste Produktionszweig im traditionellen Nutzungssystem des östlichen Aurès ist die mobile Tierhaltung. Voraussetzung der Mobilität ist ein jahreszeitlich wechselndes, räumlich differenziertes Futterangebot für die Tierherden, bei dem sowohl die Steppengebiete am Südrand des Gebirges, als auch die intramontanen Ebenen und der montane Wald als Weidestandorte einbezogen werden. Es handelt sich bei dieser Form der Wandertierhaltung um Bergnomadismus im Sinne von Scholz (1991: 31).

Müller-Mahn (1991) führt aus, daß das dargestellte bergnomadische Mobilitätsmuster von der überwiegenden Mehrheit der Bevölkerung zunehmend aufgegeben wird. Der Prozeß der Seßhaftwerdung findet seinen deutlichsten Ausdruck in neuen Dörfern. So entstand z.B. das heutige kommunale Zentrum Bouhmama durch Verordnung der französischen Kolonialmacht erst während des Befreiungskrieges, um die in Streulage lebende Gebirgsbevölkerung in kontrollierbare Lager ('regroupements') zusammenzufassen (Wagner 1983). Andere Siedlungen, wie M'Sara und Yabous entstanden erst in postkolonialer Zeit. Da die Tierhaltung auch unter diesen veränderten Bedingungen der Weideführung weiterhin zentraler Bestandteil der Landwirtschaft bleibt, werden zunehmend die Wald- und Steppengebiete sowie die betriebseigenen Stoppelund Bracheflächen im Nahbereich der Siedlungen zur nahezu ausschließlichen Weidefläche. Diese Entwicklung findet ihren räumlichen Niederschlag in Form lokaler 'Degradationsringe' um die neu entstandenen Siedlungen sowie im Bereich der siedlungsnahen Waldränder.

4. Klassifizierung von Vegetation und Landnutzung

Im Rahmen einer digitalen Bildverarbeitung von Landsat-TM-Daten der Region wurde eine Multispektral-Klassifizierung der Vegetation und Landnutzung durchgeführt. Als multispektrale Klassifizierung wird ein Prozeß bezeichnet, der die einzelnen Bildelemente des Satellitenbildes aufgrund ihrer spektralen Eigenschaften in verschiedenen Wellenlängenbereichen (Kanälen) einer begrenzten Anzahl individueller Klassen zuordnet. Wenn ein Bildelement (Pixel) mit seiner spektralen Charakteristik bestimmte Kriterien erfüllt, wird es der Klasse zugeordnet, die durch gleiche oder ähnliche spektrale Eigenschaften über Trainingsgebiete definiert wurde. Die methodischen und technischen Aspekte der digitalen Bildverarbeitung von Satellitendaten wurden für das hier behandelte Beispiel an anderer Stelle detaillierter dargestellt (Nüsser 1992). Als Grundlagen für die digitale Klassifizierung und andere Bearbeitungsschritte, wie z.B. die geometrische Entzerrung der Landsat-TM-Daten dienten topographische Karten, eigene Kartierungen, Luftbilder und verschiedene Farbkompositen aus den Fernerkundungsdaten (z.B. Bild 1).

Bei der überwachten Klassifizierung wurde in die folgenden Klassen differenziert:

Kulturflächen:

- Trockenfeldbau
- Gartenbau
- Palmenkulturen der Oasen

Gehölzeinheiten:

- Zedernwald
- Dornpolstergewächse und alpine Grasmatten
- dichter Aleppokiefernwald
- lichter Aleppokiefernwald
- Steineichenbestände
- Wacholderheiden (Juniperus phoenicea)

Steppeneinheiten:

- Artemisia-Steppe
- Halfagras-Steppe

Die hier vorgenommene Aufteilung der Bodenbedeckung in unterschiedliche Klassen orientiert sich in erster Linie an der Bedeutung der verschiedenen Vegetationseinheiten für das regionale Wirtschaftssystem. Die Beschreibung der unterschiedlichen Einheiten stellt eine Erläuterung der satellitengestützten digitalen Klassifizierung (Bild 2) dar. Zur Darstellung des regionalen Landnutzungsgefüges bieten die im folgenden beschriebenen Klassen eine sinnvolle und gut überschaubare Einteilung, die alle wesentlichen Elemente und Strukturen dieses raumbezogenen Systems in differenzierter Weise ausgliedern.

4.1 Getreidebau

In dieser Klasse wird der gesamte Trockenfeldbau der intramontanen Ebenen mit den zwei Hauptkulturen, den Wintergetreidesorten Hartweizen (Triticum durum) und Gerste (Hordeum distichum), zusammengefaßt. Obwohl die Gerste ein ca. 50 % höheres Ertragspotential aufweist, geht der Anteil der Gerste wegen staatlicher Förderung des Hartweizenanbaus ständig zurück. Einzelne im Trockenfeldbau bewirtschaftete Parzellen erhalten bei Trokkenheit im Frühjahr eine ergänzende Wasserzufuhr durch Anstaubewässerung verschiedener Oueds. Je nach den klimatischen Bedingungen des agronomischen Jahres schwanken die Bracheflächen im monokulturellen Getreidebau der Region zwischen ca. 20 und 30%. Die Erntezeit für den Hartweizen liegt im Juni, die der Gerste dagegen schon im April. Generell bieten die abgeernteten Felder als Stoppelweiden eine ergänzende sommerliche Futtergrundlage für die Tierherden.

Neben den Standorten in den größeren intramontanen Ebenen finden sich auch Getreidefelder im Bereich einzelner Lichtungen und Rodungsinseln im inneren Beni Imloul-Wald, vor allem nahe der Waldsiedlung Es-Soul. Ein weiterer bedeutender Standort für den Getreidebau sind die südlichen Bereiche der großen Schwemmfächer des Djebel Chenntgouma.

Der Getreidebau ist generell nach Süden durch die höhere hygrische Variabilität einem verstärkten Risiko ausgesetzt, das sich in abnehmenden Ertragshöhen und der Gefahr totaler Ernteausfälle äußert. Diese Tendenz läßt sich deutlich an der nach Süden abnehmenden Zahl der Felder in der Mellagou-Ebene aufzeigen. Es handelt sich hier um intermittierenden Regenfeldbau im Sinne von Achenbach (1971), eine Form der Agrarkultur ohne festen Rhythmus mit unbestimmter Brachdauer, bei der nur in hinreichend feuchten Jahren ein Anbau erfolgt. Die Kältegrenze für den Getreidebau liegt im Untersuchungsgebiet bei etwa 1600 m.

4.2 Gartenbau

Diese Klasse umfaßt den gesamten Pflanzenbau in bewässerten Gärten. Neben der Anlage von Baumkulturen dominiert in diesen Arealen die Produktion von Gemüse und Viehfutter. Die Standorte dieser Gärten liegen ausnahmslos entlang der Flüsse in den intramontanen Becken oder am Fuß der hohen Gebirgseinheiten mit radialen Entwässerungsnetzen (Djebel Chelia, Djebel Chenntgouma). Am bedeutendsten ist der Gartenbau im Bereich der Oueds, die in Normaljahren ganzjährig Wasser führen. Gemeinsames Kennzeichen der bewässerten Gärten ist die Zu- und Ableitung des Wassers

über kleine Kanäle (Seguias), die traditionell im Oberflächensubstrat angelegt wurden, in jüngerer Zeit aber z.T. in Betonbauweise realisiert werden. Auf den einzelnen Parzellen kommen verschiedene Riesel- und Stauverfahren zur Anwendung.

Die meisten Gartenareale sind im Gelände wegen der charakteristischen Weißpappeln (Populus alba) weithin erkennbar. Als Obstgehölze werden vor allem Apfel-, Aprikosen-, Feigen-, Oliven-, und Walnußbäume angebaut. Im Gemüsebau sind es hauptsächlich Kohl, Kartoffeln und Leguminosen. Der Futterfeldbau wird von Grüngerste und Luzerne dominiert. Die verschiedenen Kulturen werden im allgemeinen gemischt angebaut.

4.3 Oasenkulturen

Das Auftreten dieser Landnutzungsform ist im Bereich des Untersuchungsgebietes auf die südlich gelegenen Flußoasen am Unterlauf des Oued el Arab beschränkt. Anlage und Ausdehnung dieser Bewässerungskulturen orientieren sich an der Topographie des Talbodens am jeweiligen Standort. Kennzeichnend für diese eigenständigen Agrarräume ist die stockwerkartige Anlage bewässerter Kulturen. Die dominierende Kulturpflanze ist die Dattelpalme (*Phoenix dactylifera*), die allein das oberste Stockwerk einnimmt, darunter werden Obstbäume und Gemüse angebaut. Die Oase Ouldja im äußersten Süden des untersuchten Raumes stellt ein gutes Beispiel für diesen Typ der Bewässerungswirtschaft dar. In den weiter flußaufwärts gelegenen Orten Kheirane und Chebla tritt die Dattelpalme im agraren Nutzungsspektrum aus klimatischen Gründen stärker zurück und wird durch bewässerte Baumund Gartenkulturen ersetzt. Die Be- und Entwässerung der Kulturpflanzen erfolgt generell durch kleine Seguias.

4.4 Zedernwald

Die mit der Atlaszeder (Cedrus atlantica) bestandenen Areale beschränken sich auf die obere montane Stufe, die im Untersuchungsgebiet ausschließlich in den höheren Hangbereichen der Djebel Chelia- und der Djebel Chenntgouma-Kette auftritt. Ein charakteristisches Kennzeichen der Physiognomie dieser Baumart ist die häufige Ausbildung von Windformen an exponierten Standorten.

Die orographisch determinierten, inselartigen Vorkommen der Zeder weisen sehr unterschiedliche Erhaltungszustände auf. Das Erscheinungsbild der Bestände wandelt sich nach Höhenlage, edaphisch-klimatischer Varianz und Reichweite der menschlichen Einflüsse (Leippert und Zeidler 1984). Während in den weniger gut zugänglichen Bereichen, vor allem am Djebel Chenntgouma, noch ausgedehnte und intakte Bestände vorzufinden sind, weisen die meisten Zedernareale ein hohes Maß an Überalterung und defizitäre Regeneration auf. Viele Bestände sind durch illegalen Holzeinschlag, Brände und Beweidung großflächig aufgerissen. An ihre Stelle sind Rasengesellschaften mit einzelnen Büschen oder Baumgruppen getreten, die wegen ihrer Dornen oder ihres Giftgehalts von den Weidetieren verschont bleiben (v. a. Crataegus monogyna, Juniperus oxycedrus, Berberis hispanica). Im allgemeinen sind die Zedernbestände der konvexen Hänge weitaus stärker degradiert als die der schwerer zugänglichen konkaven Hänge. Nach Leippert und Zeidler (1984) läge die natürliche untere Grenze in den Schattenlagen zwischen ca. 1200 und 1300 m, in den Sonnenlagen bei etwa 1400 m.

Eine holzwirtschaftliche Nutzung der Zeder kommt wegen der insgesamt stark dezimierten Bestände nicht in Betracht. Lediglich der illegale Holzeinschlag erreicht nach Aussagen der staatlichen Forstbetriebsgesellschaft größere Ausmaße und stellt ein schwieriges Problem dar. Bei winterlichen Futterengpässen werden auch Zedernzweige geschneitelt, obwohl diese Waldbestände offiziell geschützt sind. Verschiedene Versuche zur Wiederaufforstung, unter anderem mit Hangterrassierungen, scheiterten in den vergangenen Jahren. Dagegen erbringt die Naturverjüngung an einzelnen Standorten durchaus hohe Zuwachsraten. Die notwendigen Voraussetzungen dafür bestehen in einer Folge mehrerer feuchter Jahre sowie einer mehrjährigen Verminderung des Weidedrucks.

4.5 Dornpolsterflur

Der Begriff 'Dornpolsterflur' ist ein physiognomischer Begriff, der sich von der Wuchsform der dominanten Arten dieser Vegetationsformationen ableitet. Diese kann als Anpassung an die klimatischen Faktoren dieser sommertrockenen, strahlungsreichen Gebirgsklimate mit hohen Windgeschwindigkeiten interpretiert werden. Nach Walter und Breckle (1991) bildet diese Formation einen eigenen Bereich innerhalb der subalpinen Höhenstufe der aridmediterranen Stufenfolge, durch die sich die südlichen Orobiome des Mittelmeergebietes auszeichnen. Allerdings ist ihr Verbreitungsgebiet durch anthropogene Einwirkungen, vor allem Beweidung und Abholzung der hochmontanen Wälder, stark verändert, sodaß diese Vegetationsformation weit in die montane Stufe vordringen konnte. Die wichtigsten Arten innerhalb dieser Formation im Untersuchungsgebiet sind Erinacea anthyllis, Cytisus balansae und Bupleurum spinosum, daneben finden sich verschiedene Gräser. Nach oben wird diese Einheit durch die Kälte begrenzt und macht offenen alpinen Grasmatten und Steinfluren Platz.

4.6 Steineichengesellschaften

In dieser Klasse werden die in Abhängigkeit von ihrem Degradationsgrad unterschiedlich

ausgebildeten Steineichengesellschaften zusammengefaßt. Der Degradationsgrad von Wald- und Baumbeständen der Steineiche, Macchie und Garrigue ist in erster Linie von den Faktoren Siedlungsnähe und Zugänglichkeit abhängig. Entsprechend ihren klimatischen Ansprüchen vermittelt die Steineiche zwischen den Zedernwäldern der höheren Lagen und den Aleppokiefernwäldern der tieferen Lagen innerhalb der montanen Stufe.

Leippert und Zeidler (1984) berichten von großflächig geschlossenen Steineichenwäldern in schwer zugänglichen Gegenden des westlichen Aurès. Für den Bereich des Untersuchungsgebietes lassen sich solche geschlossenen Vorkommen nicht belegen. An einigen Stellen, so z.B. in steilen Hangbereichen nordwestlich von Medina oder im Randbereich der Lichtung Es-Soul, befinden sich weitständige Baumbestände im Sinne eines Offenwaldes, die als Reste der potentiellen natürlichen Vegetation interpretiert werden können. Ansonsten findet sich die Steineiche als Baum nur in isolierten Arealen auf Feldern (Schattenbäume) und vereinzelt innerhalb der Kiefernwälder und der Macchie.

Steineichenmacchie ist an verschiedenen Standorten im Untersuchungsgebiet anzutreffen. Besonders auffällig sind die geschlossenen Gürtel um die Massive des Djebel Chelia und des Djebel Chenntgouma. Daneben ist die Steineichenmacchie auch als Unterwuchs in den Kiefernwäldern vertreten. Die Steineiche ist häufig mit Juniperus oxycedrus und Rosmarinus officinalis vergesellschaftet. Alle Macchienareale im Untersuchungsgebiet unterliegen weidewirtschaftlicher Nutzung. Wenn die Steineiche durch Beweidung zurückgedrängt wird, wandert verstärkt Juniperus oxycedrus ein.

Die unterschiedlich degradierten Steineichengesellschaften können bei der digitalen Bearbeitung nicht als einzelne Klassen ausgewiesen werden. Dies liegt daran, daß das Rückstrahlungsverhalten weniger von der Gestalt der Gesamtpflanze, als vielmehr von ihren Blatteigenschaften abhängt (*Bartels* und *Ergenzinger* 1988).

4.7 Kiefernwald

Die Aleppokiefer (Pinus halepensis) ist der dominante Baum der großen geschlossenen Waldgebiete des Beni Imloul und des Ouled Yacoub. Damit wird der flächenmäßig größte Teil der im Satellitenbild (Bild 1 und 2) dargestellten Landoberfläche durch Kiefernbestände charakterisiert. Innerhalb dieser Wälder baut die Aleppokiefer allein ein lückenhaftes Kronendach auf, wobei im allgemeinen Höhen bis 15 m erreicht werden. Ab ca. 60% Kronenschluß kann man im Untersuchungsgebiet von einem dichten, ab ca. 40% von einem lichten Bestand sprechen. Angesichts der Niederschlagssummen und der Bodenverhältnisse ist kein dichterer Wald möglich. Bei der digitalen Klassifizierung werden dichter und lichter Kiefernwald als individuelle Klassen ausgewiesen. In der Strauchschicht herrscht die Steineiche vor, daneben vor allem Juniperus oxycedrus, Phillyrea-Arten und verschiedene Zistrosen, untergeordnet auch Erica multiflora und Pistacia lentiscus. Wegen des hohen Lichteinfalls ist die Schicht der Zwergsträucher und die Krautschicht gut ausgebildet. Es dominieren Rosmarinus officinalis und Globularia alypum, untergeordnet auch Astragalus armatus. In den weiter südlich gelegenen Bereichen tritt die Steineiche wegen zunehmender Trockenheit zurück. Dort dominieren Juniperus phoenicea und Halfagras im Unterwuchs. Leippert und Zeidler (1984) äußern die Ansicht, daß die Aleppokiefer innerhalb dieser Höhenstufe zwar wettbewerbsfähig sei, aber von Natur aus eigentlich nicht zur Dominanz gelangen dürfte, sondern je nach Boden und Exposition mehr oder weniger stark einem Steineichenwald beigemischt sein müßte. Doch im aktuellen Erscheinungsbild dieser Wälder bleibt die Steineiche in Form eines Buschwerks unterständig. Mit zunehmender Aridität wandelt sich im Beni Imloul die Artenzusammensetzung des Unterwuchses von Nord nach Süd. Der Kiefernwald mit Juniperus phoenicea stellt das trockenste Glied in dieser Abfolge dar. Besonders markant ist auch die Ausbreitung von Halfa in den südlichen Randbereichen des Waldes, die sich durch starke Degradation der Gehölze auszeichnen.

Die Kiefernwälder unterliegen intensiver holzwirtschaftlicher Nutzung durch die staatlichen Forstbehörden, wodurch sich das Vegetationsbild entscheidend gewandelt hat. Die ökologische Problematik besteht in der selektiven Wiederaufforstung mit Aleppokiefern, die in Teilbereichen zu stark von Prozessionsspinnern befallenen, monokulturähnlichen Beständen geführt hat. Insgesamt stellt der Wald der Beni Imloul eine sehr ertragsfähige Ressource für die Holzproduktion dar, aus dem jährlich 30.000 m³ Festholz gewonnen werden (Angabe der algerischen Forstbetriebsgesellschaft ORDF). Dabei sind ca. 30 % dieser Fläche als Schutzwald zu bezeichnen, in dem keine holzwirtschaftliche Nutzung im Sinne weiterer Exploitation ökologisch und damit längerfristig auch ökonomisch möglich erscheint. Generell wird als Methode die Kahlschlagexploitation eingesetzt, bei der ca. 5 Bäume/ha als Überhalt zur Samenproduktion stehen gelassen werden. Die Naturverjüngung der Aleppokiefer erreicht bei genügend Licht, guten Böden und geringer Wurzelkonkurrenz durchaus ein günstiges Niveau.

Neben der forstwirtschaftlichen Nutzung wird der Wald als Weideressource in das regionale System mobiler Tierhaltung einbezogen. Sowohl im Beni Imloul, als auch im Ouled Yacoub ist der Grad der Beweidung lokal stark differenziert. Dabei zeichnet sich deutlich der Nahbereich der Siedlungen ab, der durch starken Weidedruck gekennzeichnet ist. Dagegen

werden die zentralen Waldbereiche zur Zeit nicht durch Weidegang übernutzt. Lediglich der traditionelle Wanderungskorridor entlang des Oued el Ma weist in größerem Umfang Beweidungsspuren auf. Entlang dieser Entwässerungslinie ist das Waldgebiet von Rodungsinseln und Lichtungen durchsetzt, in denen auch Getreidebau betrieben wird. Generell stellt der lichte Kiefernwald wegen des deutlich stärkeren Unterwuchses ein ergiebigeres Weidepotential dar, als die dichten Bestände.

4.8 Wacholderheiden

Diese Vegetationsformation tritt weitflächig im Bereich der steilen Hänge am Südabfall des Gebirges auf. Sie bildet damit die südliche Begrenzung des Kiefernwaldes und zugleich die am weitesten gegen den ariden Süden vorgeschobene Gehölzformation des Aurès. Neben der dominierenden Art Juniperus phoenicea finden sich untergeordnet auch Phillyrea-Arten und Rosmarinus officinalis als Holzpflanzen. Die weitständigen Gehölze erreichen in der Regel Höhen bis maximal 2 m, ihre Bodenbedeckung liegt unter 20%. Dadurch kann sich die Krautschicht, die vor allem aus Stipa tenacissima besteht, gut entfalten. Nach Süden wandelt sich das Verbreitungsmuster dieser Pflanzengesellschaften immer mehr von einer diffusen Verteilung der perennierenden Arten zu kontrahierter Verbreitung. Dort treten die pflanzlichen Individuen vorwiegend in den Bereichen konzentriert auf, in denen mit zusätzlicher Wasserversorgung aus umliegenden Hangbereichen zu rechnen ist.

Eine Nutzung dieser Vegetationseinheit findet lediglich im Rahmen saisonaler Wanderungsbewegungen mit Tierherden statt, wobei diese Übergangszone wegen ihres vergleichsweise geringen Futterangebots nur über kurze Zeiträume beweidet werden kann. Die Erosion erreicht in diesem Bereich das höchste Ausmaß im gesamten Untersuchungsgebiet.

4.9 Halfagras-Steppen

Diese Steppeneinheit mit dem Horstgras Halfa (Stipa tenacissima) als Leitpflanze ist über unterschiedliche Klimazonen verbreitet. Sie wird daher nicht als eigenständige zonale Vegetation, sondern als eine edaphisch und menschlich bedingte Fazies angesehen, die größtenteils als Rest der Krautschicht eines Kiefern-oder Wacholderbestandes interpretiert wird (Le Houerou 1969). Im Bereich des Untersuchungsgebietes konzentrieren sich die von Halfagras bestandenen Areale vor allem auf die nördlichen Nementcha-Schichtstufen, die Südabdachung des Aurès, Teile der Ebene Outa Ziriz, sowie die südlichen Stufenhänge der Mellagou-Ebene.

Müller-Hohenstein (1978) zeigt am Beispiel der ostmarokkanischen Hochplateaus auf, daß das Verbreitungsmuster der Halfagras-Fluren gegenüber den Artemisia-Steppen bei etwa gleichen klimatischen Ansprüchen durch edaphische Kriterien gesteuert wird. Während das Halfagras steinige bzw. felsig-sandige Standorte bevorzugt, befinden sich die von Artemisia bestandenen Areale vorwiegend auf feinsandiglehmigen Böden. Vereinzelt finden sich Individuen von Artemisia herba alba, Lygeum spartum und Globularia alypum in den ansonsten relativ homogenen Halfabeständen.

Der Degradationsgrad dieser Steppen ist zwar lokal differenziert, doch im allgemeinen sind diese Bestände als überweidet zu bezeichnen. Dies gilt insbesondere für den Standort Mellagou-Ebene. Da die Nutzung dieser Naturweiden vorwiegend in der Hauptwachstumszeit erfolgt (Weidesaison der Steppen ist November bis Juni), wird die Entwicklung von Jungpflanzen stark eingeschränkt.

4.10 Artemisia-Steppen

Die Artemisia-Steppen im Untersuchungsgebiet werden in erster Linie vom Zwergstrauch Arte-

misia herba-alba geprägt. Dieser Steppentyp befindet sich in flächenhafter Ausdehnung vor allem auf den großen Schwemmfächern, die vom Djebel Chelia in das Becken von Bouhmama und vom Diebel Chenntgouma in die südlich gelegene Ebene Outa Ziriz geschüttet wurden. Daneben sind allgemein flachgründige und erodierte Böden auf Kalkkrusten bevorzugte Standorte für diesen Steppentyp. Auf aufgelassenen Feldern ist Artemisia campestris bestimmendes Element. Die Zwergsträucher sind relativ weideresistent, weil die verholzten Sproßteile nicht abgefressen werden und immer wieder austreiben können. Doch zeigt sich auch bei dieser Steppeneinheit, daß der Degradationsgrad im wesentlichen vom Faktor der Siedlungsnähe abhängig ist. Die ausgedehnten Bestände in der Umgebung von Bouhmama sind durchgängig als stark überweidet zu bezeichnen.

5. Ergebnisse und Problembereiche digitaler Klassifizierungen von Vegetation und Landnutzung

Durch die vorliegende digitale Multispektral-Klassifizierung (Bild 2) werden Landnutzung und Vegetationsformationen des Untersuchungsgebietes in ihrer räumlichen Verteilung visualisiert. Eine solche synoptische Darstellung der für eine ländliche Regionalentwicklung wesentlichen Ressourcenausstattung stellt eine sinnvolle Grundlage raumbezogener Planung dar. Dabei erweisen sich die definierten Klassen als günstig zur Kennzeichnung und Darstellung des häufig kleinräumigen Mosaiks unterschiedlicher Bodenbedeckungen und daraus erkenn- und ableitbarer Landnutzungsformen im Untersuchungsgebiet.

Gegenüber einer früheren digitalen Klassifizierung der Region aus Landsat-TM-Daten vom April 1985 (Bartels und Ergenzinger 1988) wurde die Oberflächenbedeckung weiter differenziert. Als zusätzliche Einheiten wurden die Dattelkulturen der Oasen, die Dornpol-

stergesellschaften der subalpinen Stufe und die Wacholderbestände mit Juniperus phoenicea in Form eigenständiger Klassen über Trainingsgebiete definiert. Durch die Ausgliederung dieser zusätzlichen Klassen ist es möglich, weite Teilräume der Region genauer darzustellen, als dies in der Arbeit von Bartels und Ergenzinger möglich war. Dies bezieht sich v. a. auf die differenziertere Wiedergabe der subalpinen und collinen Höhenstufe. Die gesonderte Ausscheidung der südlichen Flußoasen mit dem Anbau von Dattelpalmen hebt diesen besonderen Typ traditioneller Bewässerungswirtschaft entsprechend seiner Bedeutung hervor und betont die Eigenständigkeit dieser Landnutzungseinheit im Rahmen des räumlich differenzierten Wirtschaftssystems der Region.

Verschiedene Abweichungen der hier vorgelegten Ergebnisse gegenüber der Arbeit von Bartels und Ergenzinger (1988) lassen sich v. a. durch die veränderte Klasseneinteilung und die unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte der Satellitenbilder (8.6.1990 gegenüber 23.4. 1985) interpretieren. An verschiedenen Lokalitäten und Teilräumen des Untersuchungsgebietes sollen die Ergebnisse und Problembereiche diskutiert werden.

Wie sich im Bereich der hohen Gebirgsstöcke aufzeigen läßt, bietet die Juniaufnahme aufgrund deutlich geringerer Schattenlängen eine günstigere Voraussetzung für die Klassifizierung nord- und nordwestexponierter Hangbereiche. Dies zeigt sich u. a. an der genaueren Darstellung der Zedernbestände und der Steineichenmacchie auf den Schatthängen der hohen Gebirgsmassive. Gerade in diesen Bereichen konnte, durch Geländebegehungen gestützt, ein deutlich besseres Klassifizierungsergebnis erzielt werden.

Am Beispiel des Djebel Chelia läßt sich in der Klassifizierung eine ausgeprägte Zonierung der Vegetation aufzeigen, die sich im wesentlichen am hypsometrischen Wandel und Hangaspekten, aber auch an anthropo-zoogener Beeinflussung orientiert. Das wesentliche Kennzeichen ist die Überprägung der hypsozonal angeordneten Vegetation unter dem Einfluß des wirtschaftenden Menschen. Die Felstriften im Gipfelbereich sind als 'Unklassifiziert' ausgewiesen. Die anstehenden Gesteine des südwestlich anschließenden Schichtkammes Djebel Arhane (nördlich der Ebene von M'Sara) sind ebenfalls als größere zusammenhängende Fläche nicht klassifiziert worden, da die spektrale Signatur dieser stark reflektierenden Schichten deutlich von allen definierten Klassen abweicht. Hier ist aus Gründen einer besseren Übersichtlichkeit und fehlender Relevanz bezüglich der Fragestellung auf Erfassung in Form einer eigenen Klasse verzichtet worden.

Ein großer Problembereich von Klassifizierungen digitaler Fernerkundungsdaten in Gebirgsräumen bleibt der durch das Relief verursachte Einfluß verschiedener Einstrahlungsverhältnisse auf unterschiedlich exponierte Hänge. Diese, gerade in subtropischen Hochgebirgsregionen extrem ausgeprägten Expositionsdifferenzen verursachen bei identischen Einheiten eine starke Heterogenität spektraler Signaturen in den Satellitendaten und bedingen eine erhebliche Fehlerquelle für die Klassifizierung. Neben einer Anwendung von entsprechenden Methoden digitaler Bildverarbeitung (z. B. Erzeugung zusätzlicher Kanäle, Ratiodarstellungen), der notwendigen Definition von Trainingsgebieten betreffender Einheiten in verschiedenen Reliefsituationen bleibt die Geländekenntnis des Bearbeiters wichtigste Grundlage für die Bewertung der Ergebnisse überwachter Klassifizierungen. Daher entfallen bei diesem technischen Verfahren keineswegs umfangreiche Kartierungsarbeiten im Gelände. Es ist vielmehr notwendig, über die Anzahl an 'ground-checks' als Basis der Trainingsgebiete für die überwachte Klassifizierung hinaus, auch weitere Flächen zu kartieren, die einer Verifizierung der Ergebnisse dienen. Der häufig geäußerte Zeitvorteil durch die Anwendung eines solchen Verfahrens zur Erfassung regionaler Oberflächenbedeckungen, der in einer rechnergestützten Extrapolation besteht, wird dadurch z. T. relativiert.

Für die Mellagou-Ebene ist ein ausgeprägter, durch einen steilen thermischen und hygrischen Gradienten verursachter Nord-Süd-Wandel in der Vegetationsverteilung erkennbar. Während sich die Bodenbedeckung in der nördlichen Ebene vorwiegend durch Getreidebau und Artemisia-Steppen mit kleinen, eingestreuten Gärten kennzeichnen läßt, gelangt in südlicher Richtung zunehmend die Halfagras-Steppe zur Dominanz. Nur wenige Getreidefelder, bewässerte Gärten und kleine Ausläufer der Kiefernwälder unterbrechen die ansonsten homogenen Bestände von Stipa tenacissima im südlichen Teil der Ebene.

Die eingestreuten Gartenareale unterschiedlicher Größe mußten nachträglich in die Klassifizierung eingebracht werden, da es nicht möglich war, diese Klasse durch repräsentative Testgebiete zu definieren. Dies liegt daran, daß die bewässerten Gärten sich nicht durch eine eigenständige spektrale Signatur auszeichnen. Kennzeichnend für diese jeweils nur wenige Pixel umfassenden Areale ist ihre starke spektrale Inhomogenität und eine entsprechende Häufung von Mischpixeln. Aus der Lage der unklassifiziert gebliebenen Häufungen von Bildelementen ließen sich die Gartenareale unter genauer Beachtung der Geländekartierung und vorhandener Luftbilder auch nachträglich präzise in das aktuelle Landnutzungsmuster einpassen. Es handelt sich bei dieser Methode um ein nachträgliches Eingreifen des Interpreten in die rechnergestützte Klassifizierung, die als zusätzliches Einbringen des Referenzniveaus des geländekundigen Bearbeiters betrachtet werden kann. Bei unsicherer Zuordnung wurden die entsprechenden Areale unklassifiziert belassen.

Das Erscheinungsbild der Koniferenareale in den Domanialwäldern Beni Imloul und Ouled

Yacoub wird im wesentlichen durch Variationen in der Bestandsdichte charakterisiert. In der Umgebung der Waldsiedlung Es-Soul werden auch größere zusammenhängende Steineichenbestände erkennbar. Verschiedene Lichtungen im Wald dienen als Standorte für einen kleinflächig gestreuten Getreidebau, der im Rahmen saisonaler Wanderungen betrieben wird und in seiner Verbreitung gut erkennbar ist.

Im südlichen Randbereich der Klassifizierung dominieren unbedeckte Gesteinsoberflächen, Verwitterungshorizonte und Moricandia-Steppen, die unklassifiziert geblieben sind. Diese weiten Areale weisen in ihrer Heterogenität keine eigenständige spektrale Signatur auf und konnten daher nicht als separate Klasse über Trainingsgebiete definiert werden. Es handelt sich hier vorwiegend um Steppenvegetation mit geringen, zudem stark variierenden Deckungsgraden, die unterschiedliche Verhältnisse von Vegetations-, Boden- und Gesteinssignalen in den Daten erzeugen. Generell bedeuten solche heterogenen Geländeoberflächen mit entsprechender spektraler Charakteristik (Häufung von Mischpixeln) eine große Schwierigkeit für die digitale Klassifizierung. Bei der vorliegenden Arbeit wurde es vorgezogen, einen erheblichen Flächenanteil im südlichen Randbereich unklassifiziert zu belassen, statt der Gefahr verstärkter Fehlzuordnungen zu unterliegen.

Danksagung:

Der Beitrag beruht auf Untersuchungen, die im Rahmen einer Diplomarbeit auf Anregung von Prof. Dr. F. Scholz durchgeführt wurden. Die erforderlichen Geländearbeiten konnten während zweier, insgesamt dreimonatiger Aufenthalte im Frühjahr und Sommer 1991 vorgenommen werden, die vom Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin finanziell unterstützt wurden. Die Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), die im Bereich des Untersuchungsgebietes ein Projekt ländlicher Regionalentwicklung durch-

führt, förderte die Feldarbeiten v.a. durch logistische Unterstützung. Die Bearbeitung der Satellitendaten konnte am Institut für Geologie, Geophysik und Geoinformatik - Fernerkundung - der Freien Universität Berlin (Prof. Dr. F.K. List) erfolgen. Herr D. Engel übernahm die kartographische Bearbeitung der Figur. Allen Genannten sei hiermit gedankt.

6. Literatur

Achenbach, H. 1971: Agrargeographische Entwicklungsprobleme Tunesiens und Ostalgeriens.
Jahrbuch der geographischen Gesellschaft zu Hannover 1970. - Hannover

Achenbach, H. 1973: Bevölkerungsdynamik und
Wirtschaftsstruktur in den berberisch besiedelten
Gebieten Algeriens (Große Kabylei und Aurès).
Schriften d. Geogr. Inst. der Univ. Kiel 38: 1-44

Achenbach, H. 1983: Agrargeographie-Nordafrika (Tunesien, Algerien). - Afrika-Kartenwerk. Beiheft N 11. - Berlin, Stuttgart

Bartels, M. und P. Ergenzinger 1988: Fernerkundung und ländliche Regionalplanung: Ressourcen im Ost-Aurès in Algerien. - DIE ERDE 119 (4): 283-294

Giessner, K. 1971: Der mediterrane Wald im Maghreb. Ein Beitrag zur physisch geographischen Kennzeichnung der Atlasländer. - Geographische Rundschau 23 (10): 390-400

Giessner, K. 1984: Die strukturellen und morphologischen Leitlinien der Reliefgliederung. - Würzburger Geographische Manuskripte 16: 17-37

Le Houerou, H.N. 1969: La végétation de la Tunisie steppique. - Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie, Vol. 42. - Tunis

Leippert, H. und H. Zeidler 1984: Vegetationsgeographie-Nordafrika (Tunesien, Algerien). - Afrika-Kartenwerk. Beiheft N7. - Berlin, Stuttgart Müller-Hohenstein, K. 1973: Die anthropogene Beeinflussung der Wälder im westlichen Mittelmeerraum unter besonderer Berücksichtigung der Aufforstungen. - Erdkunde 27: 55-68

Müller-Hohenstein, K. 1978: Nordafrikanische Trockensteppengesellschaften. Zur ökologischen Erklärung der räumlichen Differenzierung der Vegetation zwischen Mittelmeer und Sahara. - Erdkunde 32: 28-39

Müller-Hohenstein, K. 1981: Die Landschaftsgürtel der Erde. - Stuttgart

Müller-Mahn, D. 1991: Entwicklungsprojekte mit Nomaden in Nordafrika. - In: Scholz, F. (Hrsg.): Nomaden - Mobile Tierhaltung. Zur gegenwärtigen Lage von Nomaden und zu den Problemen und Chancen der mobilen Tierhaltung: 371-398. - Berlin

Müller-Mahn, D. 1992: Bauern, Förster, Planer: Unterschiedliche Problemsicht und die Planung von Entwicklungsprojekten im Aurès-Gebirge/ Ost-Algerien. - DIE ERDE 123 (4): 297-308

Nüsser, M. 1992: Landnutzungsgefüge im östlichen Aurès (Algerien). Eine Betrachtung der Grundlagen für eine ländliche Regionalentwicklung mit Methoden der Fernerkundung. - FU Berlin (unveröff. Diplomarbeit)

Scholz, F. (Hrsg.) 1991: Nomaden - Mobile Tierhaltung. Zur gegenwärtigen Lage von Nomaden und zu den Problemen und Chancen der mobilen Tierhaltung. - Berlin

Wagner, H.G. 1983: Siedlungsgeographie - Nordafrika (Tunesien, Algerien). - Afrika-Kartenwerk. Beiheft N 9. - Berlin, Stuttgart

Walter, H. und S.W. Breckle 1991: Ökologie der Erde. Band 4: Spezielle Ökologie der gemässigten und arktischen Zonen ausserhalb Euro-Nordasiens. - Stuttgart

Zusammenfassung: Vegetation und Landnutzung im östlichen Aurès (Algerien): Untersuchungen in einem nordafrikanischen Gebirgsraum mit Methoden regionaler Fernerkundung

Am Beispiel einer peripheren Gebirgsregion Nordost-Algeriens, die zugleich Projektgebiet eines algerisch-deutschen Entwicklungsvorhabens darstellt, werden Anwendungsmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten in den Bereichen Vegetation und Landnutzung demonstriert. Dabei steht vor allem eine digitale Klassifizierung der gesamten Bodenbedeckung aus Landsat-TM-Daten im Vordergrund. Eine Kombination aus Geländebegehungen, visueller und digitaler Satellitenbildinterpretation ermöglicht eine flächendeckende Kartierung der Vegetationsausstattung auf Formationsebene und des Landnutzungsgefüges. Die Vegetation im Untersuchungsgebiet ist gekennzeichnet durch anthropogene Überprägung der natürlichen vertikalen Zonierung verschiedener Pflanzengesellschaften. Das Landnutzungsgefüge zeigt einen kleinräumigen Wandel unterschiedlicher Bodennutzungsformen als Ausdruck physischer Faktoren wie Relief, Wasserhaushalt und Vegetationsverbreitung einerseits und der lokal differenzierten Ausprägung von Wirtschafts- und Siedlungsstruktur andererseits.

Summary: Vegetation and land use in the eastern Aurès (Algeria): Research in a mountainous region of northern Africa using methods of regional remote sensing

The eastern Aurès, a peripheral mountainous region in northeastern Algeria, constitutes the area of a joint Algerian-German development project. With reference to this area, applications of remote sensing data in vegetation and land use-systems are demonstrated. The primary focus is on developing a digital classification of the ground cover using Landsat-TM-data. A combination of field surveys as well as the visual and digital interpretation of satellite data is used to generate a smallscale vegetation- and land use-map (formations) of the whole region. The vegetation in the research area is greatly affected by human influence which interferes with the natural altitudinal zonation of different plant communities. The spatial pattern of land use displays distinct changes in the distribution of different ground covers on the local level caused by physical factors like relief, water conditions and vegetation as well as different structures of the rural economy and settlements.

Résumé: La végétation et l'utilisation des terres dans l'est de l'Aurès, Algérie: Etudes dans une région montagneuse de l'Afrique du Nord avec les méthodes de la télédétection régionale

L'Aurès de l'Est, une région périphérique montagneuse du nord-est de l'Algérie, représente le cadre d'un projet de développement germanoalgérien. Celui-ci a pour but de démontrer les possibilités d'application des dates de la télédétection dans les domaines de la végétation et l'utilisation du sol. Les recherches se concentrent tout d'abord sur l'établissement d'une classification digitale de toute la surface avec l'aide de dates Landsat-TM. Une combinaison de travaux sur le terrain, de l'interpretation des images satellites visuelles et digitales rend possible la réalisation d'une carte de la végétation (au niveau de la formation) et de la structure de l'utilisation des terres. La végétation de la région étudiée est caractérisée par les manipulations des anthropogènes qui perturbent ainsi les zones verticales des communautés végétales. La structure de l'utilisation du sol montre un changement distinct des différentes formes d'exploitation du terrain, causé par des facteurs physiques tels le relief, les

conditions géohydrologiques et la végétation d'une part, et que par la manifestation d'une structure économique et d'une structure des agglomérations localement différentiées d'autre part.

Dipl. Geogr. *Marcus Nüsser*, Institut für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin, Grunewaldstr. 35, D-2165 Berlin

Manuskripteingang: 11.01.1993 Annahme zum Druck: 05.05.1993