

Einsatz eines DHM für die integrierte Forstplanung in den Bale Mountains / Äthiopien

von

Bernd Meissner und Martin Wohlfarth-Bottermann
mit einem Betrag von Thomas Baumann

Zusammenfassung

Im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit wird im Gebiet der Bale Mountains in Süd-äthiopien versucht, eines der letzten Naturwaldgebiete in der Höhe von 2.500 bis 3.500 m ü. N.N. einer nachhaltigen Nutzung zuzuführen.

Hierbei wurde im letzten Jahr eine erste Pilotklassifizierung von Landsat-TM durchgeführt, um im Raum Dodola die Waldverteilung zu erfassen. Neben den Klassen 'dense forest' und 'open woodland' wurden auch 'grassland' und 'fields / arable land' unterschieden. Da für die zukünftige Verwaltung dieser Waldbestände ein GIS entwickelt werden soll, wurden aus der existierenden Top. Karte 1 : 50 000 die notwendigen topographischen Inhalte digitalisiert und als Vektordatensatz abgelegt. Als Rasterdatensatz wurden die topographischen Basiskarten mit den klassifizierten Oberflächeneinheiten zur ersten thematischen Karte des Pilotgebietes auch als IRIS-Plot ausgegeben, um die Klassifizierungsergebnisse im Gelände kontrollieren zu können (ERDAS Imagine, Aldus FreeHand).

Zur Erstellung eines digitalen Höhenmodells (DHM) wurden die gespeicherten Isohypsen (40 m) sowie das Gewässernetz verwendet. Hieraus konnte ein Blockbild des Pilotgebietes erstellt werden, das neben den Gewässerlinien, dem Wegenetz und Kartennetz-Gitter (UTM) auch die inzwischen vektorisierten Oberflächeneinheiten enthält und behilflich ist, Außenstehenden die Projektproblematik zu verdeutlichen.

Darüber hinaus wurde das DHM zur Berechnung von Flächen gleicher Hangneigung genutzt, um Gebiete ausscheiden zu können, die bei den bis über 1000 mm Jahresniederschlag durch Wassererosion gefährdet sind. Durch die getrennte Verschneidung von Acker- und Grasland als auch der Waldgebiete mit den Hangneigungsflächen konnten Gebiete erhöhter Erosion (Ackerland) wie auch der potentiellen Erosion (bei Abholzung) ausgetrennt werden.

Die technischen Herstellungsschritte werden vorgestellt und insbesondere die Verwendung der Module TIN, GRID, TABLES, ARCEDIT und ARCPLOT der Software ARC/INFO erläutert. Diese für eine nachhaltige Nutzung des Naturwaldes wichtigen Ergebnisse werden

in ihrer vorläufigen Anwendung diskutiert sowie die weiterführenden Lösungsansätze aufgezeigt.

1. Integrierte Forstplanung in den Bale Mountains

Das äthiopische Hochland versorgt als Klimainsel in der Sahelzone über die Zuflüsse des Nil und Shebele nicht nur den größeren Teil der Bevölkerung Nordostafrikas mit Wasser, sondern bildet auch Lebensgrundlage der dort lebenden 50 Millionen Angehörigen von sehr unterschiedlich großen Volksgruppen.

Dieses noch vor 100 Jahren zu 40 % bewaldete Äthiopische Hochland wird z. Zt. nur noch von weniger als 4 % von Naturwäldern bedeckt. Die Gründe für den Waldrückgang sind zwar vielfältig, doch führte insbesondere das extrem hohe Bevölkerungswachstum zu einer immer stärkeren Nutzung des Hochlandes durch Viehhaltung und Ackerbau - was letztlich zu den Waldverlusten führte. Die kurzfristig hinzugewonnenen Nutzflächen werden aber mittelfristig durch einen erosionsbedingten Bodenverlust relativiert. Neben der fehlenden Schutzfunktion des Waldes und den extremen Niederschlägen ist bei nicht angepaßten Nutzungsformen des Ackerbaues und der Viehhaltung kein nachhaltiger Ressourcenschutz möglich.

In diesem Umfeld kann Forstplanung nicht nur auf den Erhalt der letzten Reste der Naturwälder durch Nichtnutzung setzen, sondern muß versuchen, durch kontrollierte Teilnutzung in Pufferzonen den Druck von unbedingt zu erhaltenden Kerngebieten zu nehmen (mündl. Mitteil. R. Baptist und St. Uncovscy, 1997). Weitere strukturelle Verbesserungen in den Ackerbaugebieten sowie den noch verbliebenen Weidegebieten wie die Anlage von schnellwüchsigen Baumgruppen bzw. Streifen als Wind-Erosionsschutzpflanzung und Nutzholzreserve. Hier liegen auch positive Erfahrungen aus einem Projekt im West-Sudan / Jebel Marra vor (MEISSNER 1996).

Das Integrated Forest Management Project (IFMP) Adaba/Dodola wurde 1995 in Kooperation zwischen der äthiopischen Forstverwaltung und der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) am Nordrand der Bale-Mountains im Quellgebiet des Wabe Shebele im Süden Äthiopiens im neugegründeten Bundesstaat Oromia begonnen. Hier befindet sich noch das größte zusammenhängende Naturwaldgebiet Äthiopiens, wobei insbesondere auf den Nordhängen des Gebirges die begehrten Juniperus und Podocarpus dominieren, an den Südhängen wachsen dagegen überwiegend Laubbäume (insbesondere Hagenia). Der aus einer ca. 2400 m ü. NN erstreckten intensiv ackerbaulich genutzten Hochfläche bis über 3000 m u. NN reichenden Wald geht bei etwa 3200 m ü. NN in Johannsbeerbaum- und später in Erica-Wälder über. Diese Ericabestände werden aber überwiegend seit Generatio-

in ihrer vorläufigen Anwendung diskutiert sowie die weiterführenden Lösungsansätze aufgezeigt.

1. Integrierte Forstplanung in den Bale Mountains

Das äthiopische Hochland versorgt als Klimainsel in der Sahelzone über die Zuflüsse des Nil und Shebele nicht nur den größeren Teil der Bevölkerung Nordostafrikas mit Wasser, sondern bildet auch Lebensgrundlage der dort lebenden 50 Millionen Angehörigen von sehr unterschiedlich großen Volksgruppen.

Dieses noch vor 100 Jahren zu 40 % bewaldete Äthiopische Hochland wird z. Zt. nur noch von weniger als 4 % von Naturwäldern bedeckt. Die Gründe für den Waldrückgang sind zwar vielfältig, doch führte insbesondere das extrem hohe Bevölkerungswachstum zu einer immer stärkeren Nutzung des Hochlandes durch Viehhaltung und Ackerbau - was letztlich zu den Waldverlusten führte. Die kurzfristig hinzugewonnenen Nutzflächen werden aber mittelfristig durch einen erosionsbedingten Bodenverlust relativiert. Neben der fehlenden Schutzfunktion des Waldes und den extremen Niederschlägen ist bei nicht angepaßten Nutzungsformen des Ackerbaues und der Viehhaltung kein nachhaltiger Ressourcenschutz möglich.

In diesem Umfeld kann Forstplanung nicht nur auf den Erhalt der letzten Reste der Naturwälder durch Nichtnutzung setzen, sondern muß versuchen, durch kontrollierte Teilnutzung in Pufferzonen den Druck von unbedingt zu erhaltenden Kerngebieten zu nehmen (mündl. Mitteil. R. Baptist und St. Uncovsycy, 1997). Weitere strukturelle Verbesserungen in den Ackerbaugebieten sowie den noch verbliebenen Weidegebieten wie die Anlage von schnellwüchsigen Baumgruppen bzw. Streifen als Wind-Erosionsschutzpflanzung und Nutzholzreserve. Hier liegen auch positive Erfahrungen aus einem Projekt im West-Sudan / Jebel Marra vor (MEISSNER 1996).

Das Integrated Forest Management Project (IFMP) Adaba/Dodola wurde 1995 in Kooperation zwischen der äthiopischen Forstverwaltung und der Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) am Nordrand der Bale-Mountains im Quellgebiet des Wabe Shebele im Süden Äthiopiens im neugegründeten Bundesstaat Oromia begonnen. Hier befindet sich noch das größte zusammenhängende Naturwaldgebiet Äthiopiens, wobei insbesondere auf den Nordhängen des Gebirges die begehrten Juniperus und Podocarpus dominieren, an den Südhängen wachsen dagegen überwiegend Laubbäume (insbesondere Hagenia). Der aus einer ca. 2400 m ü. NN erstreckten intensiv ackerbaulich genutzten Hochfläche bis über 3000 m u. NN reichenden Wald geht bei etwa 3200 m ü. NN in Johannsbeerbaum- und später in Erica-Wälder über. Diese Ericabestände werden aber überwiegend seit Generatio-

nen von Viehhirten um 3500 m ü. NN liegenden Hochflächen durch Abbrennen als Buschweiden genutzt.

Für die IFMP-Experten stellen sich folgende Fragen:

- Wo und wie groß ist der tatsächliche Waldbestand im Projektgebiet, da bisher keine detaillierte Waldkartierung vorlag?
- Welche Art der Landnutzung bzw. welche Siedlungstätigkeit findet zur Zeit statt?
- Welche Entwicklung ist wo im Projektgebiet zu erwarten?
- Welche langfristigen Folgen sind abzusehen?

Wie sieht ein alternatives (nachhaltiges) Entwicklungskonzept aus und wie läßt sich dieses mit der betroffenen Bevölkerung einsetzen?

Die Autoren konnten im Rahmen des IFMP bei einer Reihe von Fragestellungen mitwirken.

2. GIS-Bearbeitungsschritte

Mit Hilfe der Auswertung von Fernerkundungsdaten (Landsat TM / 1993) konnten die Autoren in Zusammenarbeit mit den IFMP-Projektmitarbeitern die Hauptvegetations-Einheiten kartieren, was letztlich zur ersten Waldkartierung des Gebietes führte.

Die Bearbeitung der Fernerkundungsdaten wurde von BAUMANN (1996) durchgeführt und wird an anderer Stelle beschrieben (MEISSNER et al. 1998).

Da bei der digitalen Erstellung der 'Landcover Map' auch Höhenlinien in die topographische Basiskarte integriert wurden, konnten diese auch zur Erstellung eines digitalen Höhenmodell (DHM) des Projektgebietes genutzt werden.

Über dieses Höhenmodell gelang es mit GIS-Techniken, weitere Datensätze wie z. B. Hangneigungskarten zu generieren, die mit der aus Fernerkundungsdaten gewonnenen verschnittenen "Gebiete erhöhter Erosionsgefährdung durch Wasser" liefern.

Folgend wird kurz der technische Weg beschrieben:

2.1 Material und Methoden

Von BAUMANN (1996) lagen aus der Top. Karte 1 : 50 000 (EMA, 1991 j und Landsat-TM-Daten von 1993 extrahiertes Ausgangsmaterial vor:

- Isohypsen (40 m) als PC-ARC/INFO Single-precision-line-coverage
- Straßen als z-dimensionloses PC-ARC/INFO Single-precision-line-coverage
- Fließgewässer als z-dimensionloses PC-ARC/INFO Single-precision-line-coverage
- Landnutzung (vier Klassen) als Erdas-Imagine-Image.

Alle Operationen wurden auf einer Sun Spart-20 Workstation unter ARCIINFO 7.0.4 sowie unter Verwendung der Module TIN, GRID, TABLES, ARCEDIT und ARCPLOT durchgeführt.

2.2 Daten-Konversion und Bereitstellung zusätzlicher Informationen für das Höhenmodell

Aus den PC-ARC/INFO coverages wurden unter Verwendung des PC-ARC/INFO EXPORT Kommandos e00-files erzeugt. Die e00-files wurden unter Verwendung des Novell DOS2UNIX Kommandos konvertiert und unter Verwendung des WS-ARC/INFO IMPORT Kommandos als WS-Coverages neu erstellt.

Um trotz der schwachen Datenlage ein Mindestmaß geomorphologischer Konsistenz des Modells zu erreichen, und insbesondere die Lage der z-dimensionlosen Fließgewässer in den Talsohlen zu gewährleisten, sollten die Schnittpunkte von Fließgewässern und Isohypsen als separates Punkt-coverage in das TIN eingeben. Zur Erzeugung dieses Punkt-coverages wurde zunächst das Isohypsen-lin-coverage mit dem ARCPPOINT Befehl in ein Point-coverage zerlegt. Ferner wurde eine temporäre Kopie des Gewässer-line-coverages erzeugt. Anschließend wurden die Höheninformationen aus dem Point-coverage mit dem POINTNODE Befehl auf die Node-Attribut-Tabelle des temporären Gewässer-line-covages übertragen. Der optimale Suchradius für die Informationsübertragung wurde zuvor mittels Abgleiches der beiden Coverages in ARCEDIT interaktiv ermittelt. Diejenigen nodes des temporären Gewässer-line-coverages die nunmehr mit Höheninformationen versehen waren, wurden in ARCEDIT selektiert, alle übrigen gelöscht und das so entstandene coverage schließlich mit dem NODEPOINT Befehl in ein Point-coverage umgewandelt. So konnten 160 zusätzliche Höhepunkte für die Talsohlen bereitgestellt werden.

2.3 Erstellung des Höhenmodells und Ableitung eines Hangneigungs-Polygoncoverage

Zunächst wurde mit ARCTIN aus den Höhenlinien ein einfaches TIN erzeugt, welches der Ermittlung optimaler Einstellungen für die Überhöhung und die Ansichtparameter (Blickwinkel, Zielpunkt, Beleuchtung, Brennweite) sowie im Interesse einer Minimierung des Rechen- und Speicheraufwandes zur Ermittlung sinnhafter Weed- und Proximal-Toleranzen diente.

Nach Überprüfung von Georeferenzierung, Projektion und Attributierung der Daten wurde das Höhenmodell aus Isohypsen, Höhepunkten und Fließgewässern mit dem CREATETIN Befehl und SUBCOMANDS erzeugt.

Mit dem Befehl TINARC (ctaet-.2.5 slope poly degree) werden die Dreiecke des Höhenmodells in die Ebene projiziert, mit der Hangneigungsinformation in Grad versehen in einem ca. 160 000 Polygone umfassenden coverage (slope) abgelegt.

Die vier Klassen umfassende (als Erdas-Imagine-Image vorliegende) Landnutzung wurde in ein ARC/INFO Grid konvertiert. Im vorliegenden Fall konnten alle voreingestellten Parameter sinnvoll übernommen werden. Die Landnutzungsinformation ist jetzt als numerischer Code in der Value-Attribute-Table (.vat) des Grid abgelegt. Mit dem Befehl GRIDPOL wurde das Grid nunmehr in ein ca. 48 000 Polygone umfassendes coverage konvertiert. Alle voreingestellten Parameter konnten sinnvoll übernommen werden.

Mit PROJECTDEFINE wurde die im Image anders definierte Projektion auf den Sphäroid von Clark (1866) auf Clark (1880) korrigiert.

2.4 Verschneidung von Hangneigung und Landnutzung

In Vorbereitung der Verschneidungsoperation wurde ein Polygoncoverage (Clip) mit den Eckkoordinaten der Karte des Pilotgebietes erstellt. Mit diesem Coverage wurden sowohl das Landnutzungs als auch das Hangneigungs coverage mit dem CLIP Befehl an den Rändern beschnitten. Dabei konnte nur eine unwesentliche Reduzierung der Datenmenge erzielt werden, da kaum über den Kartenrand hinaus digitalisiert worden war. Tatsächlich zeigte sich am Nordrand der Karte sogar ein Digitalisierungsdefizit von ca. 75 Metern, welches in der Darstellung zu Problemen führte.

Landnutzung und Hangneigung wurden mit dem UNION Befehl in das ca. 420 000 Polygone umfassende coverage lanuslope verschnitten.

Aufgrund der geringen Überstände der Isohypsen über den Rand des Höhenmodells ist die Verlässlichkeit des Modells in einem Randbereich von vermutlich 50 - 100 Metern nicht immer gegeben. Am Nordrand des Modells führte das Digitalisierungsdefizit in Verbindung mit den in der Ebene weit auseinanderliegenden Isohypsen zur Ausbildung großer schmaler Dreiecke, die nicht dem Prinzip der Delaunay-Triangulation genügen. Darüber hinaus kommt es am Rand des Modells grundsätzlich zu Abbrüchen, so daß die Darstellung am Nordrand um 100 Meter gegenüber der ursprünglichen Karte reduziert wurde.

Grundsätzlich sollte künftig darauf geachtet werden, daß bei der Digitalisierung von Eingangsdaten für TIN ein ausreichender Überstand gegenüber dem geplanten SURFACEEXTENT erzeugt wird. Isohypsen sollten nicht in einem festen Intervall, sondern in Abhängigkeit von der Topographie digitalisiert werden. Somit sollten in den Ebenen zusätzliche Höhenlinien digitalisiert werden, um eine gleichmäßige Dichte, Größe und Form der Dreiecke zu gewährleisten. Einige zusätzliche Maßpunkte in weiten Ebenen. auf Bergkuppen und -rücken können die Qualität des Modells wesentlich verbessern.

2.5 Probleme

Bei der 3D-Darstellung von Flächen und Linien mittels SURFACEDRAPE treten trotz identischer Koordinaten von MAPEXTENT und SURFACEEXTENT im Randbereich sichtbare Differenzen von Oberfläche und übergestülpten Inhalten auf. Dieses unverständliche Phänomen bewirkt auch, daß die auf den MAPEXTENT bezogenen NEATLINELABELS des UTM-Gitters nicht vollständig ausgegeben werden, was ansonsten der Fall ist, wenn der MAPEXTENT größer als der SURFACEEXTENT ist. Das Problem wurde an ESRI delegiert, eine Erklärung steht aus. Vorläufige Lösung für die Graphikausgabe: Nach der Zeichnung des UTM-Gitternetzes mit dem korrekten MAPEXTENT wird ein zweiter unsichtbarer MAPEXTENT definiert, der deutlich kleiner als der SURFACEEXTENT ist. Zur Kompensation wird der TEXTOFFSET deutlich vergrößert und anschließend der NEATLINELABELS Befehl gegeben.

Der TEXTMASK HALO Befehl funktioniert auf dem Bildschirm, wird aber in der Druckdatei nicht umgesetzt. Als intermediäre Lösung wurde TEXTMASK POLYGON verwendet. Dieser Befehl produziert zwar ein weniger schönes Ergebnis, aber er funktioniert grundsätzlich auf einem HP 650C-Plotter. Leider nicht in Verbindung mit der NOOPAQUE Option des HPGL2-Befehls, weshalb die Beschriftung des UTM-Gitters der aktuellen 3D-Plots der schattierten Landnutzung noch zu wünschen übrig ließ (inzwischen wurde dieses Problem vom Software-Hersteller berücksichtigt).

3. Gegenwärtige Anwendung und Ausblick

Die 3D-Darstellung des Pilotgebietes erfolgte aus einem nordwestlichen Blickwinkel mit der Beleuchtung zu der oberen linken Ecke und mit einem imaginären Standpunkt. Dies ermöglicht einen guten Einblick in die meist N-S verlaufenden Täler des Nordrandes des Westteiles der Bale Mountains. Das beibehaltene UTM-Netz erhöht nicht nur den 3D-Eindruck des schattierten Modells, sondern ermöglicht auch den direkten Vergleich zur 2D-(Karten) Darstellung. Dies im Format AO auf einem Inkjet-Plotter (HP 650) ausgegebenen Darstellung ermöglichte im Projektbüro eine bessere Vorstellung über die Region und erleichterte die Diskussion über regionale Zusammenhänge. Allerdings zeigte sich später, daß die bisher nicht dargestellten Siedlungen nachgetragen werden mußten, da sich diese als wichtige Orientierungsvoraussetzung für Projektmitarbeiter und Betroffene erwies (mündl. Mitt. I. DOMNICK, 1997)

Trotzdem ist die 3D-Darstellung des Pilotgebietes eher ein Nebenprodukt, da vor allem der Fragestellung nachgegangen werden sollte, ob die gegenwärtige anthropogene Nutzung den

natürlichen Randbedingungen angepaßt ist, oder ob nennenswerte Gebiete der Wassererosion ausgesetzt sind - was zu Bodenverlust führt.

Da Bodenverluste nicht nur in Abhängigkeit von Bodenbearbeitungstechniken (z. B. hangparalleles Pflügen und Terrassenanlage), sondern insbesondere auch eine offensichtliche Abhängigkeit von beackerten Feldern und deren Hangneigung besteht, soll das Verschneiden der Slope- mit der Landcover-Darstellung mit fields/arable land die Gebiete mit steiler Hangneigung markieren, welche dem abfließenden Wasser der Starkregenfälle in der kleinen (März), aber auch der beginnenden Haupt-Regenzeit (Mai) durch noch fehlenden Wurzelvortrieb der einjährigen Kulturpflanzen ausgesetzt sind.

Besonders deutlich markierten sich extreme Hangwinkel auf neu angelegten Feldern entlang der Waldränder in den Talzügen südlich des Doppeldorfes von Deneba. Bei Geländekontrollen zeigten sich diese Flächen als Felder von Neusiedler-Gehöften, die im Schutze des Waldrandes angelegt wurden und möglicherweise wegen Gehöftnähe noch auf dem steilen Talhang angelegt wurden, obwohl der breite Talboden noch von Grasland eingenommen wird.

Die hier vorgestellten Arbeitsergebnisse können nur als erster Zwischenbericht gelten, da weitere Untersuchungen folgen sollen, So ist einerseits vorgesehen, die Entwicklung der Landcover units zwischen 1993 und 1997 mit Hilfe eines weiteren SPOT-XS-Datensatzes zu beobachten (Monitoring) sowie durch geologisch/bodenkundliche wie auch sozioökonomische Untersuchungen die Gründe für die oben erwähnte Anlage von Feldern an ungünstigen Hanglagen besser einschätzen zu können.

Danksagung:

Unser Dank gilt dem Manager des Integrated Forest Management Project (IFMP) in Dodola und dessen Mitarbeitern, insbesondere dem Leiter des GTZ-Expertenteams Herrn Dr. R. Baptist und dem Forstexperten Herrn St. Uncovsky. Ohne ihre ständige Inhaltliche und logistische Unterstützung wäre diese Bearbeitung nicht möglich gewesen.

Werter danken wir der Ehtopian Mapping Authority (EMA) und dem GTZ-Projektverwaltungsuro in Addis Abeba für ihre vielfältigen Hilfestellungen.

Literatur

BAUMANN, Th. (1996): Aufbau eines regionalen GIS für Wald-Monitong in den Bale Mountains /Äthiopien. - Unveröff. Dipl.-Arbeit an der TFH Berlin)

MEISSNER, B. (1997): Remote Sensing Based Forestry Mapping and Monitoring in Ethiopia and Suan - A Module for Land Use GIS. - Proceed of Ninth UN Regional Cartographic Conference for Afna, ECA, Addis Ababa.

MEISSNER, B., GRUNICKE, J.-M. & HILDEBRANDT, M. (1997): Waldmonitoring in den Bale Mountains / Äthiopien. Monitoring mit Fernerkundungsdatensätzen verschiedener Herkunft. Unveröff. Manuskript.