



Abb. 1: Von Ackerbau bedrohte natürliche afro-montane Wälder im Untersuchungsgebiet

Foto: M. Kindu



Abb. 2: Ackerbauliche Monokulturen im Rift-Valley-Bereich des Untersuchungsgebietes

Foto: M. Kindu

Erfasst mithilfe von GIS und Fernerkundung

Änderungen der Landnutzung im Hochland von Äthiopien

Mengistie Kindu, Thomas Schneider, Demel Teketay and Thomas Knoke

Im Bereich Munessa-Shashemene des Hochlands von Äthiopien hat sich in den letzten Jahrzehnten die Landbedeckung bzw. die Landnutzung deutlich verändert: Ausgebreitet hat sich vor allem der Ackerbau, und zwar auf Kosten von Akazienwäldern, natürlichen Wäldern und Grasland. Dies zeigt eine Studie, bei der Landnutzungs-/Landoberflächentypen (LN/LO) anhand von Satellitendaten aus den Jahren 1973 und 2012 verglichen wurden. Dazu wurden multispektrale Daten der Landsat MSS (1973) und RapidEye (2012) Satellitensysteme mittels objekt-orientierter Klassifikationstechnik ausgewertet. Die Ergebnisse machen die Notwendigkeit einer Landschaftsplanung deutlich. Nur so kann das angestrebte Ziel der Nachhaltigkeit erreicht werden.

Weltweit zunehmende Bevölkerungsdichten führen zu erhöhtem Druck auf natür-

liche Ressourcen. Änderungen der Landbedeckung bzw. der Landnutzung auf großer Fläche haben Auswirkungen auf das regionale Klima, auf die Ökosysteme sowie deren Dienstleistungsfunktionen, verändern aber auch gewachsene sozio-kulturelle Strukturen. Oft beobachtete Folgen sind eine Fragmentierung natürlicher Wälder, die zunehmende Degradation der Böden durch Wasser- und Winderosion, aber auch die Häufung von „Natur“-katastrophen wie Überflutungen und Bergrutsche [1, 2].

Im heutigen Äthiopien sind Änderungen der LN/LO-Typen der Normalfall. Das Hochland von Äthiopien macht ca. 44 % der Landesfläche aus. Hier ist die Dynamik dieser Änderungen besonders hoch [3].

Im Hinblick auf das Ziel einer nachhaltigen Nutzung wird es entscheidend sein, Wege zu finden, diesen Trend zu stoppen ohne dabei die Entwicklung des Landes zu behindern. Dieses könnte über eine Anpassung der Bewirtschaftungsmethoden erfolgen, etwa die Rückführung bereits degradiert Flächen in die produktiven Systeme oder auch die Ausweisung von Schutzgebieten.

Das Verständnis der Entwicklungsdynamik in Zeit und Raum wird jedenfalls als Voraussetzung gesehen, um Maßnahmen für eine nachhaltige Nutzung auf Landschaftsebene zu planen und umzusetzen. Hierfür ist eine kontinuierliche Beobachtung notwendig. Flächeninformationen von Satelliten und moderne Geoinformatik-Verfahren erfassen solche Veränderungen. Modelle helfen, die komplexen Zusammenhänge von der lokalen, über die regionale bis hin zur globalen Ebene zu verstehen und darüber Prognosen für die Zukunft zu erstellen [4]. Die Werkzeuge sind somit vorhanden, notwendig ist die Umsetzung bis hin zu konkreten Planungen. In der hier vorgestellten Studie werden Verfahren der Geoinformatik (Fernerkundung und GIS) eingesetzt, um Änderungen der LN/LO-Typen in einem Ausschnitt des äthiopischen Hochlandes über 39 Jahre hinweg (1973 bis 2012) zu analysieren.

M. Kindu ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung der Technischen Universität München (TUM). Prof. Dr. D. Teketay ist Professor an der Botswana Hochschule für Landwirtschaft. Dr. T. Schneider ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet für Waldinventur und nachhaltige Nutzung. Prof. Dr. T. Knoke ist Leiter des Fachgebiets für Waldinventur und nachhaltige Nutzung.



Mengistie Kindu
mengistie@tum.de

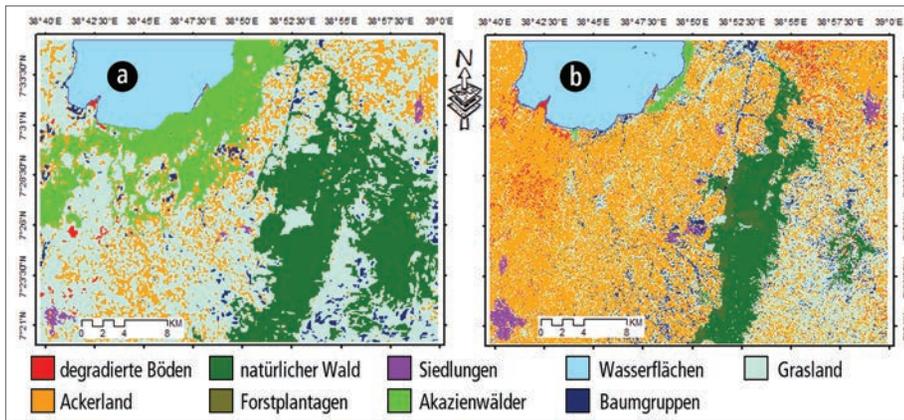


Abb. 3: Karten der Landnutzungs-/Landoberflächentypen (LN/LO) Verteilung im Untersuchungsgebiet für (a) 1973 und (b) 2012 (verändert nach [2])

Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt ca. 200 Kilometer südlich der Hauptstadt Addis Abeba in den Distrikten Munessa und Arsi-Negele. Es erstreckt sich über eine Fläche von 1 091 km² (7°20'01.23" und 7°35'13.3" N bzw. 38°39'43.3" und 38°59'57.31" E) und deckt einen Höhengradienten zwischen 1 500 m ü. NN im Zentralen Rift Valley und 3 400 m ü. NN im östlichen Hochland des Arsi-Bale Gebirgsstocks ab. Flachere Plateaubereiche findet man im Rift Valley, steile Anstiege im „Escarment“-Bereich zum Hochland, das wiederum von Hügelketten dominiert wird. Hauptnutzungsart ist heute der Ackerbau. Natürliche afro-montane Trockenwälder [5] und Forstplantagen (*Cupressus lusitanica* Miller, *Pinus patula* Schlegelthandl und *Chamisso*, *Eucalyptus* spp.) findet man im Steilanstieg zum Hoch-

land, darüber hinaus sind mosaikartige Bereiche mit Akazienwäldern (*Accacia* spp.), Weideland, Siedlungen, Seen anzutreffen – und zunehmend auch degradierte Flächen.

Ergebnisse

1973 waren noch Grasland-Typen mit 42,3 % Flächenanteil die dominierenden LO/LN-Klassen, gefolgt von Naturwäldern (21 %), Ackerland (13 %), Akazienwäldern (11,4 %) und Wasserflächen (9,6 %) (Abb. 1, Tab. 2). Baumgruppen, Siedlungsflächen und degradierte Flächen hatten Anteile von 1,9 %, 0,4 % und 0,3 %.

2012 zeigen sich die Verhältnisse dramatisch verändert. Jetzt dominiert Ackerbau mit 48,5 %, gefolgt von Grasland (24,27 %), Natürlicher Wald (9,2 %) und Wasserflächen (9,5 %). Akazienwälder sind stark zurückgegangen (auf 0,6 %), während Baumgruppen (3,5 %), Siedlungen (1,5 %) und degradierte Böden (1,7 %) an Fläche zugenommen haben. Forstplantagen sind neu hinzugekommen (1,2 %).

Bei den zwischen 1973 und 2012 aufgetretenen Änderungen (Tab. 2). gibt

Tab. 1. Für die Änderungsanalyse*) klassifizierte Landoberflächen-/Landnutzungstypen (LO/LN)	
LO/LN-Typ	allgemeine Beschreibung
Degradierte Böden	durch Erosion oder Nutzungsmissbrauch degradierte Böden
Grasland	Gras- und von Gräsern dominierte Busch-Savanne
Wasserflächen	Seen und teilweise trocken fallende Tümpel
Siedlung	urbane und ländliche Siedlungsgebiete
Ackerland	bestelltes und/oder von Feldfrucht bedecktes Ackerland
Baumgruppen	Einzelbäume, Baum- und Buschgruppen, Waldflächen (<0,5 ha)
Forstplantagen	Forst-Monokulturen, meist exotische Baumarten (> 0,5 ha).
Natürlicher Wald	Afro-montaner Waldtyp
Akazienwälder	lockerer Waldtyp des Rift Valley (< 1 900 m ü. NN)
*) Änderungsanalyse auf Basis von Landsat MSS (1973) und RapidEye (2012) Satellitendaten im Munessa-Shashemene-Gebiet des Äthiopischen Hochlandes; verändert nach [2]	

Tab. 2: Flächen [ha] und Anteile [%] der unterschiedenen LO/LN-Klassen für die Jahre 1973 und 2012 sowie Änderungen [ha und %, bezogen auf die Werte von 1973]; verändert nach [2]						
LO/LN-Typ	1973		2012		Δ mit 1973 = 100 %	
	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	%
degradierte Böden	343	0,3	1 765	1,7	+1 422	+414,6
natürlicher Wald	21 726	21,0	9 588	9,2	-12 138	-55,9
Forstplantagen	-	-	1 284	1,2	+1 284	--
Ackerland	13 498	13,0	50 317	48,5	+36 819	+272,8
Grasland	43 830	42,3	25 139	24,2	-18 691	-42,6
Siedlung	439	0,4	1 586	1,5	+1 147	+261,3
Baumgruppen	2 021	1,9	3 606	3,5	+1 585	-78,4
Akazienwälder	11 842	11,4	656	0,6	-11 186	-94,4
Wasserflächen	9 976	9,6	9 871	9,5	-105	-1,1
Summen	103 675	100	103 812	100		

Material und Methoden

Die Änderungsanalysen beruhen auf Daten der satellitengestützten Systeme Landsat MSS (multi-spectral-scanner) aus dem Jahr 1973 und RapidEye aus dem Jahr 2012. MSS und ASTER Geländemodell-Daten wurden durch die NASA (National Aeronautics and Space Agency) bereitgestellt und über den EOS Data Gateway Server bezogen. RapidEye-Daten wurden durch das RapidEye Science Archive (RESA) des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt (DLR) im Rahmen des RESA-Vorhabens 469 bereitgestellt. Landsat MSS- und RapidEye-Daten sind in der Trockenzeit von Januar bis Februar aufgenommen worden. Alle Geo-Daten wurden in UTM-Projektion, Zone 37 N mit Datum WGS 84 konvertiert. Die Geländeanpassung (Ortho-Rektifizierung) erfolgte für beide Datensätze mittels des ASTER-Geländemodells (30 m Auflösung). Für die Prozessierung wurde die objekt-orientiert arbeitende Software eCognition Developer 8.0 der Firma Trimble eingesetzt. In einem retrospektiven Ansatz wurde zuerst die aktuelle RapidEye-Szene mit 5 m Bodenaufklärung klassifiziert. Ausgehend von dem Afri-Cover Klassifikationsschema der FAO (Food and Agriculture Organisation), Informationen von Geländebegängen und vorhandenen thematischen Karten (Boden, Geologie, Hydrologie) wurde ein Klassifikationsschlüssel mit neun Klassen entwickelt (Tab. 1). Die Ergebnisse sind als Vorinformation für die Analyse der Landsat MSS Daten (60 m Auflösung) eingeflossen. Da eCognition automatisch alle Rasterdaten auf die kleinste Einheit umrechnet, liegen die Ergebnisse in beiden Fällen mit 5 m Auflösung vor. Die Analyse erbrachte Gesamtgenauigkeiten von 85,7 (MSS) und 93,2 (RE) bzw. Kappa-Genauigkeitsmaße von 0,822 und 0,924 [2]. Die Quantifizierung der Änderungen erfolgte über den Vergleich der Klassifikationsergebnisse in einem GIS (ArcGIS 10.1).

es graduelle Unterschiede. So sind von 11 842 ha Akazien-Buschland (1973) gerade mal 656 ha oder 5,5 % übrig geblie-



Abb. 4: Abgeerntete Forst-Plantage mit Windwurf Zeugen vor natürlichen Wäldern des afro-montanen Typs

Foto: T. Schneider



Abb. 5: Durch vordringenden Ackerbau isolierter Hagenia-abysinnica-Einzelbaum, eine heute als gefährdet eingestufte Spezies

Foto: M. Kindu

ben (Verlust: -11 186 ha bzw. 94,5 %). Mit 55,9 % Verlust (-12 138 ha) prozentual am zweitstärksten betroffen sind Naturwaldflächen, gefolgt von Grasland (-18 691 ha bzw. 42,4 %). Im Gegenzug hat Ackerland flächenmäßig mit +36 819 ha am meisten zugenommen (+272,77 %). Diese Zunahme ging vor allem auf Kosten von Naturwald, Grasland und Akazienwäldern. Neu hinzugekommen sind die Forstplantagen mit +1 284 ha (1,2 % der Gesamtfläche). Signifikante prozentuale Zunahmen verzeichnen auch Siedlungen (+261,28 %), Baumgruppen (78,43 %) und vor allem degradierte Böden um 414,58 % Zunahme (+1 .422 ha).

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Analysen weisen signifikante Änderungen der LN/LO-Typen des Untersuchungsgebietes aus. Sowohl prozentual (272,77 %) als auch von der Fläche (36 819 ha) ragt die Änderung der Ackerbau-Klasse heraus, die heute etwa 50 % der Gesamtfläche einnimmt (Abb. 3). Zurückgegangen sind Akazien-Buschland, Naturwälder und Grasland-Typen. Die Zunahme von Baumgruppen lässt einerseits auf zunehmende Fragmentierung der Restwälder schließen, kann aber auch, vor allem wenn siedlungsnah, durch Anbau schnellwachsender Baumarten zur Deckung des Feuerholzbedarfs erklärt werden (Abb. 2). Zu ähnlichen Schlüssen kamen auch HURNI et al. [3] und TAGENE [6].

Die beobachteten Änderungen der LN/LO-Bedeckung haben verschiedene Auswirkungen. So können sie potenzielle Nutzungen negativ beeinflussen und langfristig zu Produktivitätsverlusten des Gesamt-

gebietes führen [6]. Langzeituntersuchungen der chemischen und physikalischen Eigenschaften von ackerbaulich benutzten Böden ehemaliger afro-montaner Naturwälder im Untersuchungsgebiet haben die Degradierung nahezu aller Merkmale der Bodenqualität nach einigen Erntezyklen aufgezeigt [7]. Dieses wird im Umkehrschluss direkte Auswirkungen auf das Einkommen der lokalen Bevölkerung haben, die von den Erträgen ihrer Landflächen lebt. Weiterhin ist durch die Konvertierung und Degradierung der Naturwälder, Akazien-Busch-Savanne sowie der anderen natürlichen Ökosysteme ein Rückgang der Biodiversität im Gebiet zu erwarten. TESFAYE et al. [8] weisen darauf hin, dass einige der dominanten einheimischen Baumarten der verbliebenen und gesetzlich geschützten natürlichen afro-montanen Trockenwälder des Gebietes vom Aussterben bedroht sind und dringend unter besonderen Schutz gestellt werden sollten (Abb. 4 und 5). Dieses trifft insbesondere auch auf den Charakterbaum dieses Waldtypes zu, den *Podocarpus falcatus*, der als Konkurrent für die Ressource Wasser angesehen wird. Die bei Geländebegängen beobachtete Praxis der Waldweide kann wohl als Folge des Rückgangs der Graslandtypen und damit der Weidemöglichkeiten interpretiert werden. Die entsprechenden Folgen sind fehlende bzw. durch Selektion in der Zusammensetzung veränderte natürliche Regeneration der Naturwälder [6, 8]. Demgegenüber kann die Abnahme der Akazien-Baumsavanne wohl vor allem der lukrativen Holzkohleproduktion zugeschrieben werden. Insgesamt kann angenommen werden, dass die beobachteten Umwandlungsprozesse im Untersuchungsgebiet indirekt zur Beschleunigung der Degradationsprozesse

führen werden, sofern nicht steuernd eingegriffen wird.

Zusammenfassend kann aufgrund unserer Untersuchungen im Munessa-Shashemene Landschaftsausschnitt des äthiopischen Hochlandes festgehalten werden, dass im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung des Landes dringender Bedarf an landschaftsplanerischen Aktivitäten festgestellt wurde. Die hier erstellten Datenbestände, Analysen und Schlussfolgerungen sind ein erster Schritt zum Aufbau eines kontinuierlichen Monitoring-Systems. Dazu müssen die darauf aufbauenden Modelle zur Berechnung von Entwicklungstrends und Alternativen weiterentwickelt werden. Wichtig, nein entscheidend erscheint aber, ob es gelingt, die entwickelten Konzepte und Methoden dann auch in amtliche Planungsabläufe und Entscheidungsprozesse zu integrieren.

Literaturhinweise:

- [1] MAS, J.-E.; VELÁZQUEZ, A.; DÍAZ-GALLEGOS, J.R.; MAYORGA-SAUCEDO, R.; ALCÁNTARA, C.; BOCCO, G.; CASTRO, R.; FERNÁNDEZ, T.; PÉREZ-VEGA, A. (2004): Assessing land use/cover changes: A nationwide multitemporal database for Mexico. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 5, S. 249-261. [2] KINDU, M.; SCHNEIDER, T.; TEKETAY, D.; KNOKE, T. (2013): Land Use/Land Cover Change Analysis Using Object-Based Classification Approach in Munessa-Shashemene Landscape of the Ethiopian Highlands. *Remote Sensing*, 5, S. 2411-2435. [3] HURNI, H.; TATO, K.; ZELEKE, G. (2005): The implications of changes in population, land use, and land management for surface runoff in the Upper Nile Basin Area of Ethiopia. *Mt. Res. Dev.*, 25, S. 147-154. [4] PRENZEL, B. (2004): Remote sensing-based quantification of land-cover and land-use change for planning. *Progr. Plan.*, 61, S. 281-299. [5] TEKETAY, D.; GRANSTRÖM, A. (1995): Soil seed banks in dry Afromontane forests of Ethiopia. *J. Veg. Sci.*, 6, S. 777-786. [6] TAGENE, B. (2002): Land-cover/land-use changes in the derekollu catchment of the South Welo Zone of Amhara Region, Ethiopia. *East. Afr. Soc. Sci. Res. Rev.*, 18, S. 1-20. [7] LEMENIH, M.; KARLITUN, E.; OLSSON, M. (2005): Assessing soil chemical and physical property responses to deforestation and subsequent cultivation in smallholders farming system in Ethiopia. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 105, S. 373-386. [8] TESFAYE, G.; TEKETAY, D.; FETENE, M.; BECK, E. (2010): Regeneration of seven indigenous tree species in a dry Afromontane forest, southern Ethiopia. *Flora Mor. Dist. Fun. Ecol. Plants*, 205, S. 135-143.