

## GIS-Anwendung in Dritte-Welt-Ländern: Das GIS-Modell Laikipia District/Kenya

Tom Klingl

### Synopsis

The Geographical Institute of the University of Berne (Switzerland), therefore sponsored by the Swiss National Science Foundation, is carrying out a GIS based evaluation and model application, in the Laikipia District/Kenya. The modelling will be concentrated on the limiting factors of soil-water loss and erosion risks. Mapping data for the latter scales is very limited, so that synthetic maps will have to be generated. In accordance with the MAB-6 Berchtesgaden Project a Smallest Common Geometry (SCG) database will be built up.

*GIS, Smallest Common Geometry (SCG), soil-water-loss, erosion, Laikipia District/Kenya, Laikipia Research Programme*

### 1. Einleitung, Zielsetzungen

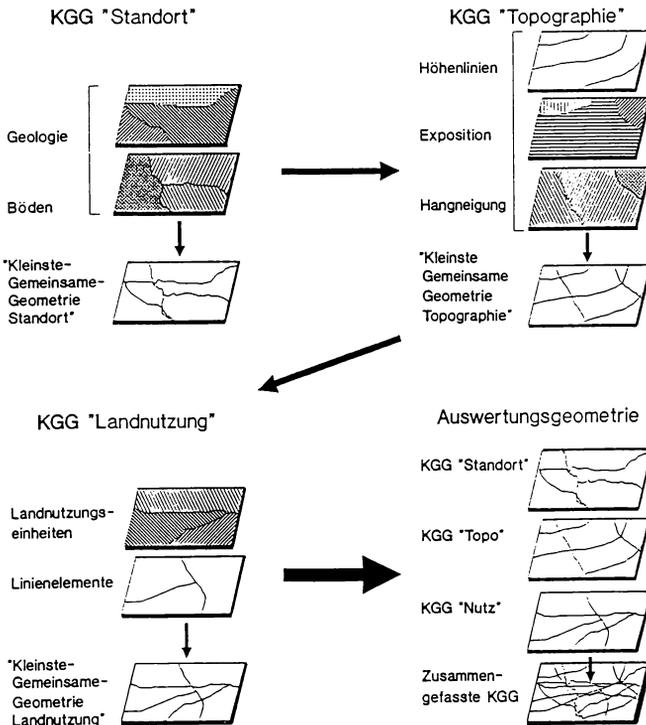
Das aktuelle Untersuchungsgebiet, der Laikipia District/Kenya, stellt mit seinem größten Flächenanteil ein Escarpment auf 1.600-2.200 m ü. M. dar, das sich zwischen dem Mt. Kenya im Osten und den Höhenzügen der Nyahururu Range im Westen erstreckt. Die nördliche Begrenzung des Districts nehmen die Samburu-Senke, durch die das Gebiet vom Ewaso Ngiro entwässert wird und das angrenzende Leroghi-Plateau ein. Kennzeichnend für das Laikipia-Plateau sind sehr stark ausgeprägte Klimagradienten mit unterschiedlicher hoher Niederschlagsverteilung, Zuverlässigkeit und Intensität der Niederschläge.

Das Gebiet des Laikipia-Plateaus diente in vorkolonialer Zeit den halbnomadisch lebenden Masaisstämmen als Weideland. In der Kolonialzeit wurden diese nach Norden verdrängt und das nunmehr "Weiße Hochland" als Ranching Area genutzt. Seit der politischen Unabhängigkeit Kenias (1964) und der Abwanderungstendenz weißer Siedler wird das Land nunmehr in zunehmendem Maße von kenianischen Kleinbauern besiedelt. Als signifikant ist, neben der kleinflächigen Parzellierung, die zunehmende Bewirtschaftung der feuchteren Randgebiete durch Regenfeldbau zu bezeichnen (s. a. FLURY 1987). Mit zunehmendem Maße der Besiedlung und steigender Knappheit an Land mit günstigeren klimatischen Erzeugungsbedingungen werden aber auch die semi-arideren Gebiete entsprechend genutzt, eine Wirtschaftsweise, die, angesichts einer durchschnittlichen Betriebsgröße von 0,8-2 ha (FLURY, 1987, S. IX); ökologisch wie ökonomisch erhebliche Risiken mit sich trägt. Nach KOHLER (1987) und FLURY (1987) ist eine Selbstversorgung der Kleinbetriebe nur möglich, solange die Besiedlungsdichte gering ist, da nicht besiedelte Nachbarflächen noch als Ergänzung des eigenen Wirtschaftsbereiches hinzugezogen werden können. Eine Möglichkeit, die zunehmende Degradation der Landschaft zu vermindern, besteht, mit Kenntnis und Berücksichtigung der örtlichen Risikopotentiale, in der Verbesserung der Anbaumethoden und -techniken hinsichtlich der klimatischen und edaphischen Bedingungen (LINIGER 1988). Eine Ausweisung agrarökologischer wie landschaftsökologischer Potentiale des Raumes wird im Sinne von "Adaptive Environmental Assessment and Management" (AEAM) (s. hierzu HOLLING 1978) und dessen Anwendungsbereichen, z. B. "Environmental Impact Assessment" (EIA) verstanden. Der konkrete Arbeitstitel lautet daher: **"Potential-Beurteilung zur Bodenwasser- und Bodenkonservierung für die Biomasseproduktion im Laikipia District/Kenya"** (Bearbeitung landschafts- und agrarökologischer Parameter und Gradienten unter Anwendung eines GIS) und gibt somit den notwendigen Rahmen vor. Ziel ist eine räumliche

Beurteilung der aktuellen Bodenwasserpotentialverluste und der Bodenerosion im Untersuchungsgebiet anhand hierfür generierter Risiko- bzw. "Negativpotentialkarten". Da mit unzureichenden Karten- und Datengrundlagen sowie in verschiedenen Maßstabsebenen gearbeitet werden muß (Maßstab 1:250.000 für die Ebene der Districtplanung, Maßstab 1:50.000 derzeit für die topographische Ergänzung des Districtmaßstabes und Maßstab 1:10.000 auf Testgebietsebene der "Microcatchments" als Kartiermaßstab für Landnutzungs- und Bodeneinheiten), rückt die Untersuchung der Aussagemöglichkeiten bei verschiedenen Maßstabsebenen und unterschiedlich genauer Datenverfügbarkeit ebenfalls in den Mittelpunkt der Fragestellungen.

## 2. Methodik

Eine detaillierte Untersuchung der Fragestellungen in ausgesuchten Testgebieten, mit Vorliegen (relativ) großer Datenmengen und Kenntnis der dort ablaufenden landschaftsökologischen Prozesse erleichtert den Arbeitsaufwand bei Geländeerhebungen (es muß nicht das gesamte Untersuchungsgebiet flächendeckend kartiert werden), da eine Extrapolation auf benachbarte Räume mit ähnlichen Kenngrößen durchgeführt wird. Da für das Untersuchungsgebiet derzeit keine hinreichend genaue, flächendeckende Bodenkarte zur Verfügung steht, erscheint diese Vorgehensweise als der derzeit einzig gangbare Weg. Ziel ist es, im Maßstab 1:250.000 und in fünf Testgebieten im Maßstab 1:50.000 durch die Überlagerung sämtlicher verfügbarer standortkundlicher und topographischer Kartenwerke eine sog. "Kleinste Gemeinsame Geometrie" ("KGG") (s. SCHALLER & SPANAU 1985) zu erzeugen, die als räumliche Bezugsbasis hinsichtlich der Datenmodelle dienen soll. Die "KGG" repräsentiert hier die kleinste, räumlich nicht mehr (sinnvoll) unterteilbare Standorteinheit. Es darf hierzu bemerkt werden, daß eine sog. "KGG" immer von der entsprechenden Maßstabsebene abhängig ist, da sich diese bei großmaßstäblichen Bearbeitungen stärker differenzieren läßt.



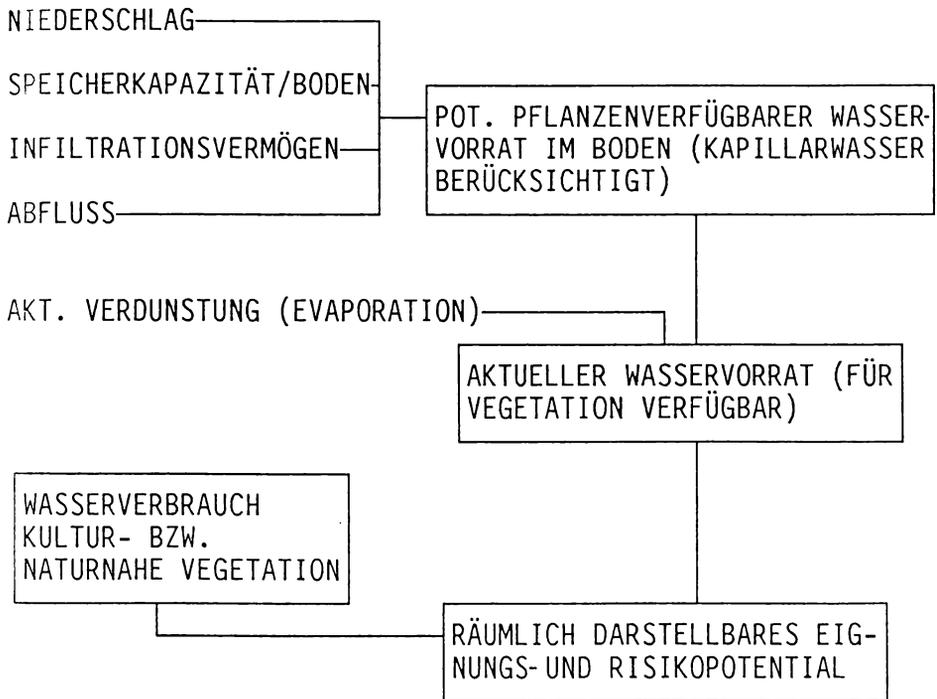
**Abb. 1:** Entstehung der KGG (Auswertungsgeometrie) durch Verschneidung topographischer und standortkundlicher Kartenelemente (n. SCHALLER & SPANAU 1985)

In den einzelnen Kartenebenen ("Layers") der KGG sind sämtliche Basisbezugsebenen für Modellverknüpfungen hinsichtlich der Themenstellung enthalten. Sie können wie folgt dargestellt werden:

Hinsichtlich eines Landschaftsmodelles zum Wasserhaushalt der Pflanzendecke ergeben sich folgende Variablen und Operanden (I):

KLIMATISCHE OPERANDEN	a) Niederschlag ( $\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ ) b) Pot. Evapotranspiration ( $\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ oder % von a)
EDAPHISCHE OPERANDEN	c) Infiltrationsvermögen d) Wasserspeichervermögen e) Pflanzenverfügbares Wasser f) Oberflächenabfluß (Runoff) Alle Werte in $\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}$ oder % bei Aggregationsschemen Stufen
PFLANZENPHYSIOLOGISCHE, VEGETATIONSÖKOLOGISCHE OPERANDEN	f) Wasserbedarf Pflanzendecke nach LANDNUTZUNGSTYP bzw. VEGETATIONSEINHEIT (Deckungsgrad) (in mm, % oder Stufen)

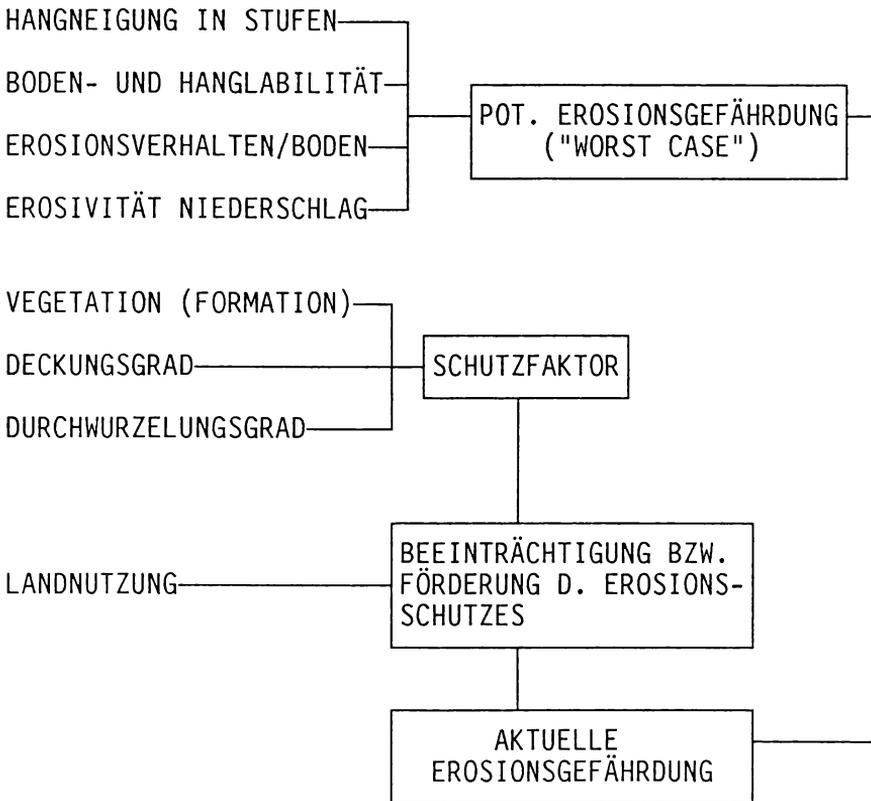
Überlegungen hinsichtlich der Operanden ergeben für I. folgende kausale Modellbeziehungen:



Hinsichtlich einer räumlichen Darstellung des Erosionsrisikos sind folgende Variablen und Operanden zu berücksichtigen (II):

GEOMORPHOLOGISCH- PEDOLOGISCHE OPERANDEN	a) Hangneigung (Hangneigungsklassifikation nach FAO) b) Boden-Erodibilität in Stufen
HYDROLOGISCHE OPERANDEN	c) Erosivität des Niederschlages
VEGETATIONSÖKOLOG. OPERANDEN	d) Vegetationstyp und dessen tatsächlicher Schutz des Oberbodens e) Deckungsgrad in % und (optional) Durchwurzelungsgrad und -tiefe f) Anthropogene Beeinflussung der Vegetationsdecke (Degradationsgrad) (in Stufen bzw. %)

Hinsichtlich der Operanden ergeben sich für II. folgende Modellbeziehungen:



Angesichts der erwähnten Schwierigkeiten in der Verfügbarkeit diverser Daten sollen die Modellbeziehungen zunächst in dieser einfachen Struktur belassen werden. Weiterhin muß eine Bodenkarte, Maßstab 1:250.000, für den District unter Zuhilfenahme des GIS, Extrapolation von Punktdaten und kleinflächiger Kartierungen sowie Einsatz von Fernerkundungsdaten generiert werden. Hierfür sind folgende Schritte vorgesehen:

- a) Generierung eines digitalen Geländemodells, Maßstab 1:250.000 (Basis Maßstab 1:50.000), mit Höhenstufen, Hangneigungs- und Expositionsklassen. Zusätzlich werden geomorphologische Raumeinheiten abgegrenzt, in denen Abtragungs- und Bodenbildungsprozesse als homogen angesehen werden müssen (z. B. Bergkuppen, Hangfüße, Talhänge und Talgründe). Diese Geometrie wird als erste Hilfsgeometrie mit dem digitalen Geländemodell verschnitten.
- b) Hypothetische Zuordnung von Böden nach Hangneigung und Reliefformenkomplexen mittels Datenbankmanipulation im GIS. Ausplotten des Ergebnisses.
- c) Entwicklung von pedogenetischen Reihen aufgrund von Geologie und Klima. Für die verschiedenen geologischen Einheiten wird, gemäß der klimatischen Bedingungen, jeweils ein typisches Spektrum an Bodentypen zugrunde gelegt. Da die Geologie als Kartenebene vorhanden ist, erfolgt hier eine Attributzuzuweisung in der Datenbank.
- d) Verschneidung von b) und c). Zuordnung der hypothetisch möglichen Bodentypen mit starker Dominanz der geomorphologischen Beziehungen unter b) (s. a. GERRARD 1981).
- e) Da ein klassifiziertes Flußnetz und eine Karte der Vernässungszonen vorhanden sind, wird durch die Zuweisung von Pufferzonen bei den Flüssen, die flußnahe Bodentypen darstellen (deren Ausdehnung von der Wasserführung abhängt), sowie Zuordnung der wahrscheinlichen Böden bei den Vernässungszonen eine weitere, zweite Hilfsgeometrie ausgeschieden. Sie dominiert die Verschneidungskarte unter d) in der räumlichen Aussage.
- f) Auswertung von Fernerkundungsdaten (Landsat TM) und Luftbildmaterial; Direktabgrenzung interpretierbarer Bodentypen, Zuordnung der Bodentypen nach Vegetationsformationen, -formationskomplexen bzw. Landnutzungseinheiten.
- g) Plausibilitätskontrolle mit b), c), d) und e). Ggf. Nachkorrektur durch interaktives Bearbeiten am Bildschirm.

Das fertige Produkt ist eine synthetische Bodenkarte mit weitgehend eigenständiger Geometrie. Eine Verifikation im Gelände wird durch Stichprobennahme durchgeführt.

Das Beispiel Laikipia District zeigt, daß in Dritte-Welt-Ländern oftmals auf der räumlichen Bezugsebene signifikante Datenlücken vorhanden sind, die Improvisationsgabe erfordern. Für sinnvolle planerische Modellierungen und Aussagen fehlen oft wichtige thematische Kartengrundlagen (z. B. detaillierte Boden- oder Vegetationskarten). Durch die Implementierung erkannter Kausalbeziehungen und Operationalisierung derselben unter Zuhilfenahme des GIS (Beispiel Bodenkarte) sowie Extra- und Interpolationsverfahren können dennoch räumlich detailliertere, planungsrelevante Aussagen getroffen werden.

Publiziert mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

## Literatur

- FLURY, M., 1987: Rain-Fed Agriculture in the Central Division Laikipia District, Kenya. African Studies Series, A6. Geographica Bernensia, Institute of Geography, University of Berne, Switzerland: 71 S.
- GERRARD, A. J., 1981: Soils and Landforms. An Integration of Geomorphology and Pedology. Allen & Unwin, London, Boston, Sydney: 219 S.
- HOLLING, C. S. (ed.), 1978: Adaptive Environmental Assessment And Management. IIASA, J. Wiley, New York.
- HUNTLEY, B. J. & B. H. WALKER (eds.), 1982: Ecology of Tropical Savannas. Ecological Studies 42. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 669 S.
- KOHLER, T., 1987: Land-Use in Transition. African Studies Series, A5. Geographica Bernensia, Institute of Geography, University of Berne, Switzerland: 122 S.
- LINIGER, H., 1988: Water Conservation For Raintfed Farming In The Semi-Arid Footzone Northwest Of Mt. Kenya (Laikipia Highlands). Consequences on the water balance and the soil productivity. PhD Thesis, Institute of Geography, University of Berne, Switzerland, Berne: 187 S.

SCHALLER, J. & L. SPANAU, 1985: MAB-Projekt 6: Der Einfluß des Menschen auf Hochgebirgs-  
ökosysteme - integrierte Auswertungsmethoden und Modelle für die Ökosystemforschung  
Berchtesgaden. In: Verh. Ges. Ökol. 15: 35-47.

**Adresse**

Dipl.-Ing. Tom Klingl  
Geographisches Institut der Universität Bern  
Hallerstr. 12

CH - 3012 Bern

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [20\\_2\\_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Klingl Tom

Artikel/Article: [GIS-Anwendung in Dritte-Welt-Ländern: Das GIS-Modell Laikipia District/Kenya 725-730](#)