

# Bodenerosionen – Monitoring eines Gullys bei Bahir Dar / Äthiopien

Uwe HOFMANN, Nicole SALAMANEK, Bernd MEISSNER  
Beuth Hochschule für Technik, Berlin · uhofmann@beuth-hochschule.de

## 1 Einführung

Während der jährlichen Monsunregen verliert das Hochland von Äthiopien wertvolles Ackerland. Schwindende landwirtschaftliche Nutzflächen bei steigenden Bevölkerungszahlen stellt das Entwicklungsland vor wachsende Probleme. Mit Hilfe internationaler Zusammenarbeit [GIZ Projekt „Nachhaltige Landwirtschaft“, 2015] versucht man durch Umgestaltungen in den Wassereinzugsgebieten die Erosion einzudämmen. Als Grundlage wird in ausgewählten Gebieten die Landnutzung kartiert, erosionsgefährdete Bereiche erfasst und mit wasserrückhaltenden Aktionen versucht, den Bodenverlust entgegenzuwirken. Eine Kontrolle der Wirksamkeit dieser Maßnahmen ist es, durch Monitoring die Quantitäten der Erosionen erfassen (Abb. 1).



**Abb. 1:**  
Gully im Oktober 2011  
(eigene Quelle)

Die Messkampagnen bei Bahir Dar fanden im Rahmen einer, vom Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) geförderten, Hochschulkooperation statt. Neben der Beuth Hochschule waren 4 afrikanische Universitäten eingebunden, die *Al Neelain University* (Sudan), die *Bahir Dar University* (Äthiopien), die *Université Évangélique en Afrique Bukavu* (Demokratische Republik Kongo) und die *University of Juba* (South Sudan). Ziel dieser Kooperation ist, neben der Schulung von Ausbildern im Rahmen einer ‚Summer School‘, die Etablierung von Zentren der Geoinformationstechnologie (GIT), welche mit den erfassten Geodaten und den darauf fußenden Analysen Entscheidungsträger in den Verwaltungen der jeweiligen Länder unterstützen sollen.

## 2 Nullmessung 2011

Im Zusammenhang einer Masterarbeit an unserer Hochschule [SALAMANEK 2012] fand im Oktober 2011 die erste Erfassung des Gullys mit photogrammetrischen Verfahren statt. Um die innere Genauigkeit der Nullmessung zu gewährleisten, wurde ein geodätisches Festpunktfeld, bestehend aus 4 Punkten mit je 2 Sicherungen, in sicherer Entfernung vom Gully angelegt und unterirdisch vermarktet (Abb. 2). Gleichzeitig sollte dieses Netz als Basis für die Folgemessungen des Monitoring (Zeitraum 4 Jahre) dienen, um die Jahresmessungen vergleichen zu können.

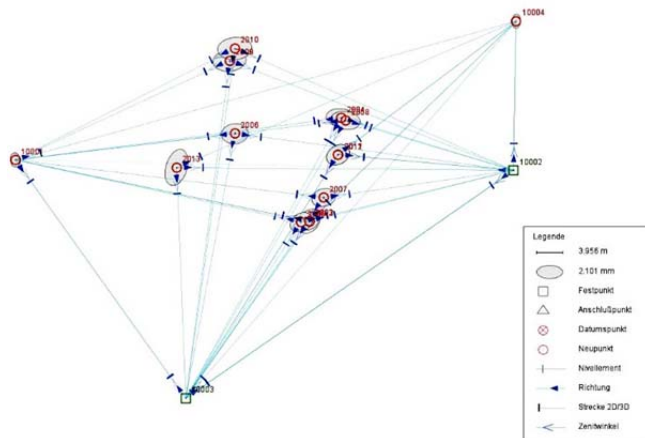


**Abb. 2:**  
Topografie Oktober 2011  
Kante Gully - gelbe Linie  
Hintergrundbild *Google Earth*  
(Datum der Aufnahme Mai 2011)

Für die Erstellung des 3D-Modelles wurden über 2.500 Einzelbilder fotografiert, welche über signalisierte Passpunkte verknüpft werden sollten. Am Rand des Gullys wurden nach den freien Stationierungen die Koordinaten der Passpunkte, welche innerhalb des Gullys positioniert waren, tachymetrisch bestimmt. In 5 Tagen wurden insgesamt 10 Teilbereiche fotografiert und die Koordinaten in 5 lokalen Tagessystemen bestimmt.

Vor der Berechnung der Passpunktkoordinaten in einem gemeinsamen Projekt wurden alle Rohdaten (Schrägstrecken, HZ-Winkel, V-Winkel) der Netzmessung und aller freien Stationierungen zusammengeführt und ausgeglichen. Im Ergebnis der Ausgleichung (Abb. 3) betragen die Standardabweichungen der Netzpunkte 0,5 mm und die der freien Standpunkte 1,0 mm [SALAMANEK 2012, 87].

Mittels photogrammetrischer Auswertesoftware wurden die Einzelbilder verknüpft, über Vorwärtsschnitt aus identischen Objektpunkten eine Punktwolke generiert und die Oberfläche vermascht. Als Ergebnis entstand ein 3D Modell des Gullys mit einer **Fläche von 496 m<sup>2</sup> und einem Volumen von 1.560 m<sup>3</sup>**. Diese Werte beziehen sich auf einen vertikalen Schnitt nach ungefähr  $\frac{2}{3}$  der Grabensohle in Fließrichtung. Das Volumen konnte nur mit den Höhen der vorhandenen Bruchkante des Gullys berechnet werden. Aufgrund der fehlenden Kenntnis des Geländes vor der Erosion ist die Berechnung des Volumens ungenau, da es aber nur als Referenz für nachfolgende Änderungen dient, ist der genaue Betrag unerheblich. Der Fokus liegt auf den Änderungen.



**Abb. 3:**  
Netzskizze der Ausgleichung  
Software *Java Graticule 3D*  
(Bildschirmausdruck)

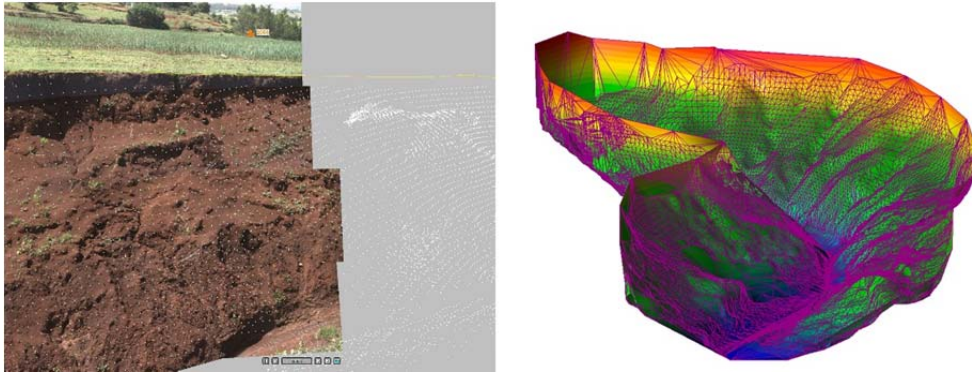
### 3 Folgemessung 2012

Wie im Vorjahr, fand die erste Folgemessung 2012 im Oktober nach dem Ende der Hauptregenzeit statt. Die photogrammetrische Objekterfassung 2011 stellte sich als sehr zeitaufwendig heraus. Damals wurden zum Vergleich 2 verschiedene Verfahren (terrestrische Nahbereichsphotogrammetrie und *Structure for Motion*) eingesetzt (SALAMANEK 2012, 122). 2012 wurde eine *Trimble VX Spatial Station*, ein Präzisions-tachymeter mit integrierter Scanningfunktion eingesetzt.

Obwohl die Scangeschwindigkeit der *VX* nur 15 Punkte/sec. beträgt, beschleunigte sich die Datenaufnahme gegenüber dem Vorjahr erheblich. Nach dem Erkunden und Freilegen der Netzpunkte von 2011 (unterirdische Vermarkung) gliederte sich der Arbeitsablauf wie folgt:

- Freie Stationierung über mindestens 3 Festpunkte.
- Scanning der Oberfläche der gegenüberliegenden Flanke. Dazu wurde mit einer Gitterweite von ca. 25 cm im Polarverfahren und reflektorloser Distanzmessung die Koordinaten der Rasterpunkte bestimmt.
- Fotografische Erfassung des Bereiches mit der internen Kamera für ein späteres fotorealistisches 3D Modell (Mapping der Fotos auf die Punktwolke)
- Freie Stationierung auf dem nächsten Standpunkt.

Nach 3 Tagen waren die Vermessungsarbeiten vor Ort beendet, durch die Stationierungen der *VX* waren die Punktwolken der einzelnen Standpunkte im übergeordneten Koordinatensystem verknüpft. Allerdings erfasste der automatisierte Oberflächenscan das Areal in der definierten Gitterweite ohne Berücksichtigung des Bewuchses. Nach dem Einlesen der Daten in *Trimble Real Works 6.2* musste mit Hilfe der gemappten Fotos die, über dem Boden „schwebenden“, fehlerhaften Punktgruppen gelöscht werden. Nach dieser Bereinigung konnte die Oberfläche vermascht und das 3D Modell berechnet werden. (Abb. 4). Der Vergleich mit dem Modell 2011 lieferte die Veränderungen des letzten Jahres, **die Vergrößerung betrug 121 m<sup>2</sup> in der Fläche und 604 m<sup>3</sup> im Volumen.**

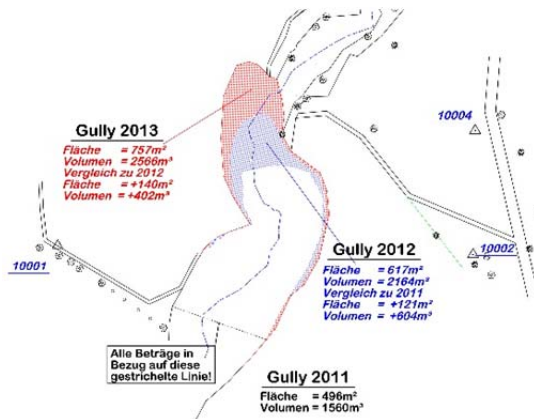


**Abb. 4:** Ansicht und Dreiecksvermaschung im *Trimble Real Works* (Bildschirm-ausdruck eigene Quelle)

## 4 Folgemessung 2013

Die Einfuhr unserer Vermessungsgeräte war in der Vergangenheit, bedingt durch die zollrechtlichen Vorschriften in Äthiopien ein mehrtägiger Prozess. Um den Aufwand zu minimieren, nutzten wir 2013 Instrumente des *Institute for Land Administration (ILA)* der *Bahir Dar University*. Das Institut hatte eine neue Totalstation, eine *Trimble S3*, angeschafft. Die Messung wurde gleichzeitig zur Schulung für den begleitenden Technischen Assistent Meleket Yibabe genutzt. Die Aufnahme erfolgte mit dem Polarverfahren – der Vorteil ist, dass nur die, für die Geländeform notwendigen, Punkte gemessen werden. Der Nachteil besteht darin, dass die Qualität des Ergebnisses von den Erfahrungen der messenden Personen abhängt, da vor Ort die repräsentativen Geländepunkte ausgewählt und gemessen werden.

Der Arbeitsablauf gestaltete sich wie in dem Vorjahr, Erkundung der Netzpunkte, freie Stationierungen am Rand des Gullys und – 2013 neu – die topografische Polaraufnahme der Objektpunkte. Im Gegensatz zu den vergangenen Messungen war keine Nachbearbeitung von Punktwolken notwendig, die topografische Aufnahme wurde direkt in das Auswertprogramm eingelesen und das 3D Modell erstellt. Der Vergleich mit dem Vorjahr ergab ein **Flächenzuwachs von 140 m<sup>2</sup> und ein Volumenzuwachs von 402 m<sup>3</sup>**.



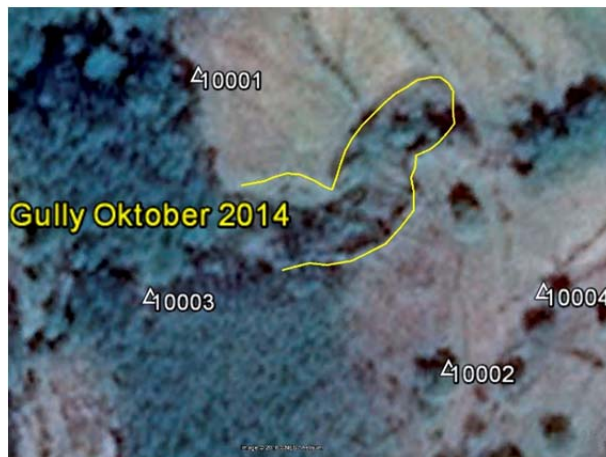
**Abb. 5:** Lageplan 2011-2013 (Ausdruck *GEO-graf 9.0*)

Die Zusammenführung aller Kampagnen erfolgte in der Software *GEOgraf*, eine speziell für Vermessung und GIS ausgelegte CAD mit streng topologischen Datenmodell (Abb. 5).

## 5 Folgemessung 2014 und Fazit

Mit dem Ablauf der der DAAD Förderung fand 2014 die (vorerst) letzte Messung statt. Wie 2013 wurden wir vom *ILA* mit Geräten unterstützt, die Aufnahme des Gullys erfolgte wieder mit tachymetrischer Polaraufnahme. Die Einreisemodalitäten waren unverändert schwierig und eine andere Technik war für uns nicht verfügbar. Da diese Kampagne nicht mit einer Abschlussarbeit verbunden war, musste der Arbeitsaufwand der Auswertung reduziert werden. Im Ergebnis dieser Kampagne errechnete sich eine **Fläche von 788 m<sup>2</sup>, die Veränderung von nur 31 m<sup>2</sup>** betrug ca.  $\frac{1}{4}$  der jährlichen Zuwächse der letzten Messungen. In der Planung ist noch die Erzeugung eines 3D Modells, um das Volumen berechnen zu können.

Aktuelle Satellitenbilder vom November 2016 Abb. 6 (*Google Earth* – ausreichend für eine visuelle Überprüfung) zeigen, dass sich die Situation dieses Gullys stabilisiert hat. Für die Zukunft sollten interdisziplinär über Ressourcen vor Ort neben dem reinen Monitoring auch Wetterdaten, Änderung in der landwirtschaftlichen Nutzung und wasserrückhaltende Maßnahmen im Einzugsgebiet erfasst werden, um Korrelationen bewerten zu können



**Abb. 6:**  
Topografie Oktober 2014  
Kante Gully - gelbe Linie  
Hintergrundbild *Google Earth*  
(Datum der Aufnahme Nov. 2016)

## Literatur

GIZ – GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (2015): Projekt: *Nachhaltige Landwirtschaft Sustainable Land Managements (SLM)*, Laufzeit: 2015-2017  
URL: <https://www.giz.de/de/weltweit/18912.html>

SALAMANEK, N. (2012): Quantifizierung von Erosionsverlusten in Äthiopien – Erosionsmonitoring / Basiserfassung / Methoden zur Quantifizierung von Erosionsverlusten mit Hilfe von Fernerkundungsdaten und terrestrischer Photogrammetrie, Masterarbeit Studiengang Geodatenerfassung und -visualisierung.