

Fernerkundung vom Fesseldrachen

Luftbild-Monitoring gibt Aufschluss über Schluchterrosion in der Sahelzone

von Irene Marzolff,
Klaus-Dieter Albert
und Johannes B. Ries



Vom Fesseldrachen aus lassen sich Erosionsformen wie der Gully, der sich in die Sandrampen am Fuße der Tafelberge bei Gangaol im Nordosten Burkina Faso einschneidet, mit großer Detailgenauigkeit in Luftbildern dokumentieren und in ihrer Entwicklung beobachten.

Spektakuläre Erosionsschluchten gefährden in großen Bereichen der weltweiten Trockenräume Ackerbau und Viehzucht. Wie rasant sich diese so genannten Gullies entwickeln und welchen Anteil am Gesamtproblem Bodenerosion sie haben, kann nur belegt werden, wenn es entsprechende Aufnahmetechniken gibt. Am Frankfurter Institut für Physische Geographie werden Verfahren zur Erstellung und Auswertung großmaßstä-

biger Luftbilder entwickelt. Ihre räumliche und zeitliche Auflösung sind an den Maßstab und die Dynamik angepasst, in denen sich Erosionsprozesse abspielen. Das Zusammenwirken von Mitarbeitern aus verschiedenen, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekten ^{/1/ /2/} ermöglicht eine räumliche Dimension der Untersuchung, die von den semi-ariden Beckenlandschaften Nordspaniens bis zur Sahelzone südlich des Wüstenrandes in Westafrika reicht.

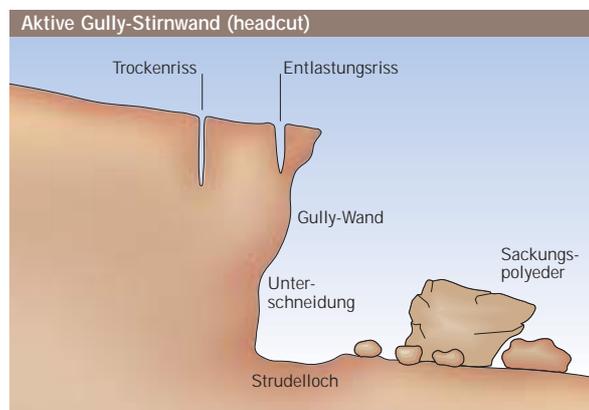
Mit ihren charakteristischen Grabenformen bilden Gullies das typische Bild einer von Bodenerosion schwer betroffenen Landschaft. Sie sind weltweit verbreitet und zählen zu dem von starker Dynamik und hohem Veränderungsgrad gekennzeichneten Formenschatz vorwiegend halbtrockener und trockener Gebiete. Vor allem die charakteristischen Niederschlagsverhältnisse semiarider Klimate begünstigen die Gully-Bildung; sie sind gekennzeichnet durch zwar insgesamt geringe Niederschlagsmengen, aber eine sehr unregelmäßige raumzeitliche Niederschlagsverteilung mit zum Teil heftigem Starkregen. Sieben bis neun trockene Monate haben zur Konsequenz, dass die Vegetationsbedeckung – mit Gräsern und Büschen – nur lückenhaft ist. Diese langanhaltende Trockenheit bewirkt, dass das Oberflächenwasser verstärkt abfließt und sich zwischen Zwergsträuchern, Horstgräsern oder anderen Vegetationsinseln konzentriert. Die Starkniederschläge sorgen für kurzfristig hohe Wassermengen auf der Bodenoberfläche, die vom ausgetrockneten Oberboden nicht aufgenommen werden können und zu einem hohen Anteil abfließen. Verstärkt wird diese Dynamik noch durch den Menschen, der in dieses sehr labile Ökosystem durch eine veränderte Landnutzung eingreift: Durch Landnutzungswandel, zum Beispiel flächenhafte Rodung für den Feldbau, intensivere Beweidung, aber auch nach dem Brachfallen von Äckern verändern sich die Abflussbedingungen auf den Hängen und Flächen sehr leicht. Der Oberflächenabfluss und die Bodenerosion nehmen sprunghaft zu. Neben den Niederschlägen sind Geländeformen und Bodenbeschaffenheiten maßgebend an der Entstehung und Formenausprägung eines Gullies beteiligt.

Typische Merkmale von Gullies sind steile, oft senkrechte Wände, die mit scharfem Knick in die Fläche

wand hinab und mobilisiert in Strudellöchern das feinkörnige Substrat. Durch die Strudel wird die Stirnwand unterhöhlt, wodurch die oberen Wandteile nachbrechen. Die Gully-Stirn wandert hangaufwärts, entgegen der Fließrichtung des Wassers. Für die Geschwindigkeit dieser rückschreitenden Erosion ist die einströmende Wassermenge entscheidend. Somit kommt der Größe des Einzugsgebiets und seinem Relief dabei größte Bedeutung zu.

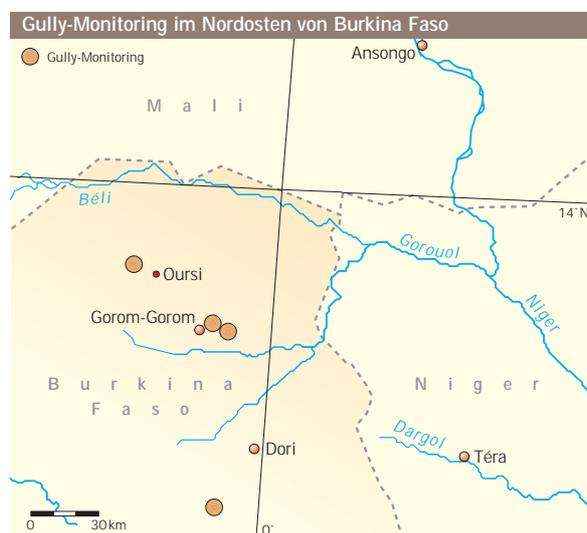
Die Funktion von Gullies und ihre Bedeutung für den Materialtransport ist unter Erosionsforschern heftig umstritten; über den Anteil der Gully-Erosion am Gesamtproblem der Bodenerosion existieren völlig unterschiedliche Meinungen. Einige renommierte Erosionsforscher, unter ihnen der Engländer Norman Hudson ^{3/}, halten die Bedeutung, die Gullies zugemessen wird, für übertrieben hoch. Ganz anders ist die Einschätzung jüngerer Untersuchungen, beispielsweise aus dem semiariden Südspanien: Hier entstammt der Anteil des Gesamtaustrages der Sedimentfracht kleiner bis mittlerer Einzugsgebiete zu 80 Prozent aus Gullies ^{4/}. Der belgische Geomorphologe Jean Poesen und seine Arbeitsgruppe leiten aus ihren Untersuchungen drei Hauptaussagen ab:

- Gullies sind ein charakteristisches Element semiarider Erosionslandschaften.
- Gullies kommt eine zentrale Rolle bei dem Transport von Sediment von den Hängen auf die Talböden zu.
- Gullies sind im Mittelmeerraum besonders weit verbreitet und stellen die wichtigste Sedimentquelle für die rasch voranschreitende Verfüllung der Staureservoirare dar, die für die Wasserversorgung von Bedeutung sind ^{5/}.



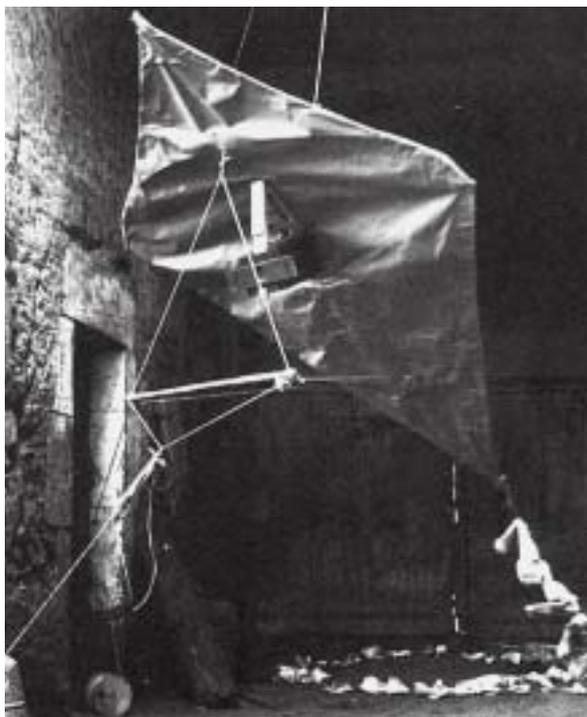
1 Schema zur Entwicklung einer Gully-Stirnwand ^{9/}: Oberflächlich abfließendes Wasser stürzt über die Gully-Wand hinab und wäscht in Strudellöchern das Bodenmaterial aus. Unterhohlung und unterirdische Auswaschungsprozesse entlang von Trocken- und Entlastungsrissen führen zum Nachbrechen von Wandteilen. Diese kommen in Form von groben Sackungspolyedern am Gully-Boden zu liegen, wo sie anschließend verspült und vom Wasser ausgefragt werden.

übergehen 1. Sie haben meist einen kastenförmigen Querschnitt und oft ein flaches bis leicht geneigtes und manchmal getrepptes Längsprofil, wobei sie Längen von wenigen Metern bis mehreren Kilometern erreichen können. Obwohl sie keinen dauerhaften Wasserlauf aufweisen, sind sie eine typische von fließendem Wasser geschaffene Erosionsform, die periodisch bis episodisch weitergebildet wird. Im Gegensatz zu den kleineren linearen Erosionsformen können Gullies durch Bodenarbeit wie Pflügen nicht mehr ausgeglichen werden. Sie stellen somit einen dauerhaften Erosionsschaden dar, und die Flächen sind für die landwirtschaftliche Nutzung verloren. Für die Bildung und Entwicklung ist die Aktivität an der Stirnwand (»headcut«) entscheidend: Das einströmende Wasser stürzt über die Stirn-

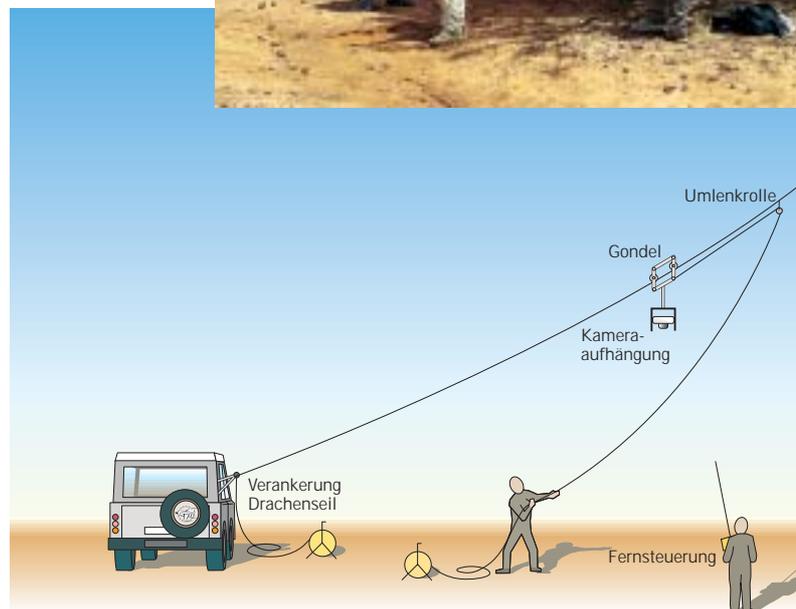


2 Lage der Arbeitsgebiete im Nordosten von Burkina Faso, Westafrika.

3 Die vermutlich ersten Luftbilder eines unbemannten Fluggeräts wurden nur 50 Jahre nach den Anfängen der Fotografie von Fesseldrachen aufgenommen. Der Pionier dieser Technik war Artur Batut, dessen Aufnahmen seiner südfranzösischen Heimatstadt Labrugère heute als Meilenstein der Luftbildfotografie angesehen werden. Batut setzte eine einfache, mit Papier bespannte Holzkonstruktion ein, um seine Lochkamera in die Luft zu tragen. Mit Zündschnüren wurde die Kamera fernausgelöst. (Bild © Musée A. Batut)



Während Hudson den Schaden durch Gullies auf den Flächen selbst mit Blick auf die Ertragsminderung als gering bezeichnet, werden von der belgischen Forschergruppe die Folgeschäden im Bereich unterhalb der Gullies betont. Zur Beurteilung beider Standpunkte ist der Anteil der Gully-Erosion am gesamten Erosionsgeschehen zu klären. Hierzu müssen die Entwicklungsgeschwindigkeiten und damit die Prozesse des Gully-Wachstums möglichst genau erfasst und dokumentiert werden.



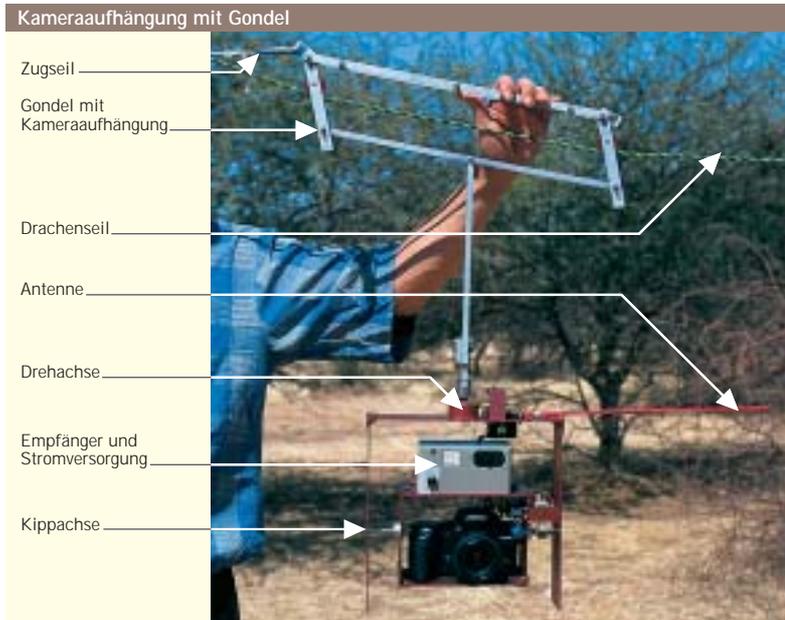
Zur Klärung dieser Fragen hat unsere Frankfurter Arbeitsgruppe Gullies in verschiedenen Trockenräumen der Erde untersucht. Im Nordosten von Burkina Faso, in der semiariden Sahelzone 2, wurden im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 268 »Kulturentwicklung und Sprachgeschichte im Naturraum Westafrikanische Savanne« vier Gully-Systeme über einen Zeitraum von zwei Jahren beobachtet. Sowohl innerhalb der weit verbreiteten sandigen Altdünengebiete als auch auf den flächenmäßig dominierenden, tonig-lehmigen Flächen (Glacis) der Rumpfflächenlandschaft tritt vielfach Gully-Erosion in Erscheinung. Beide Landschaftseinheiten unterliegen einem starken Nutzungsdruck: auf den Altdünen wird Hirse angebaut und nahezu die gesamte Region wird stark beweidet, wodurch der Vegetationsbestand und somit der Erosionsschutz verringert wird ^{16/}. Die Entwicklungsdynamik der vier Gully-Systeme wurde mit einem großmaßstäbigen Luftbild-Monitoring erfasst, bei dem während der Geländeaufenthalte im Juni 2000, Dezember 2000 und Dezember 2001 insgesamt über 2500 Luftbilder aufgenommen wurden.

Großmaßstäbiges Luftbild-Monitoring mit einem Fesseldrachen

Der Nutzen von Fernerkundungsdaten zur Untersuchung geomorphologischer Prozesse ist unumstritten: Sie ermöglichen es, Veränderungen in der Landschaft durch wiederholte Aufnahmen (Monitoring) zu überwachen. Obwohl Geographische Informationssysteme (GIS) und Fernerkundung beim Monitoring von Landdegradation und Bodenerosion in regionalem oder gar globalem Maßstabsbereich eine zunehmend wichtige Rolle spielen, ist das Potenzial insbesondere großmaßstäbiger Luftbilder zur Erfassung und Erklärung geomorphologischer Formen nahezu ungenutzt ^{17/}. Der Grund für diese Forschungslücke ist vor allem die mangelnde Verfügbarkeit der notwendigen Bildmaßstäbe. Die mit konventionellen Luft- und Satellitenbildern erreichbaren räumlichen wie auch zeitlichen Auflösungen entsprechen nicht dem Maßstab und der Dynamik, in der sich Erosionsprozesse wie Gully-Wachstum abspielen. Große Bildmaßstäbe sowie hohe Auflösung und zeitliche Flexibilität sind hier notwendig. Für die großmaßstäbige Fernerkundung aus niedrigen Flughöhen eignen sich viele unbemannte Fluggeräte wie Drachen und Zeppeline oder auch Modellflugzeuge.

Die ersten Luftbilder überhaupt entstanden in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts von Heißluftballonen und Fesseldrachen aus 3. Seitdem sind Bilder der Erde aus der Luft mit den unterschiedlichsten Aufnahmesystemen und Maßstäben aufgenommen und zu einem wichtigen Mittel der Dokumentation und Information für die Geowissenschaften im weitesten Sinne geworden. Die technischen Möglichkeiten, die unserem Institut für Physische Geographie für die großmaßstäbige Luftbildaufnahme heute zur Verfügung stehen, sind gegenüber den Anfängen

4 5 Der sechs Quadratmeter große Rokkaku-Einleiner des Instituts für Physische Geographie baut Zugkräfte bis zu 400 Kilo auf. Mit einem zweiten Seil (Kamerazugseil) wird ein ferngesteuertes Kamerasystem wie eine Gondel auf dem Drachenseil nach oben gezogen.



6 In der Aufhängung der Gondel ist eine Spiegelreflexkamera montiert, die mit Hilfe Funkfernsteuerung dreh- und schwenkbar ist und damit Kontrolle über den Bildwinkel und Ausrichtung erlaubt. Senkrechtaufnahmen für die messtechnische Auswertung lassen sich so ebenso machen wie Schrägaufnahmen, die die Einbettung der untersuchten Gullies in die Landschaft zeigen. Je nach verwendetem Objektiv und Flughöhe ergeben sich für die Originalphotos Bildmaßstäbe zwischen zirka 1 : 250 und 1 : 5000.

der Photographie weit fortgeschritten. Um großmaßstäbige Luftbilder in Spanien und Hessen zu erstellen, setzt das Institut seit einigen Jahren gefesselte Heißluftzeppeline ein^{4/5/6}. Um die Gully-Entwicklung in der westafrikanischen Sahelzone zu beobachten, wo ständiger Wind die Verwendung von Zeppelinen erschwert, wurde in Zusammenarbeit mit der feinmechanischen Werkstatt des Instituts für Mineralogie-Kristallographie im Fachbereich Geowissenschaften/Geographie ein Drachensystem entwickelt^{4/5/6}.

Mit dem Fesseldrachen lassen sich Luftbilder aus Höhen bis zirka 200 Meter machen. Während Senkrechtaufnahmen der messtechnischen Auswertung dienen, erlauben Schrägaufnahmen wie das in 7 gezeigte Luftbild einen besseren Überblick, wie die untersuchten Gullies in die Landschaft eingebettet sind. Die Luftbilder werden mit handelsüblichen Diafilmen aufgenommen; alle folgenden Arbeitsschritte vom fertigen Bild bis zum Ergebnis der Erosions-Quantifizierung werden mit modernster Bildverarbeitungssoftware bewerkstelligt. Zu-



7 Das Schrägluftbild aus zirka 100 Meter Höhe zeigt ein Gully-System unweit von Gorom-Gorom im Nordosten von Burkina Faso. An den Seiten und im Bildhintergrund sind die lobenförmigen Buchten der »headcuts«, der aktiven Gully-Ränder, zu sehen. Hier stürzt das auf der Fläche abfließende Regenwasser über die Kanten und führt gemeinsam mit unterirdischen Auswaschungsprozessen zu rückschreitender Erosion. Zwischen den verzweigten Rinnen im Inneren des Gully und den aktiven Gully-Rändern erstreckt sich ein Übergangsbereich, der durch eine Vielzahl von geomorphologischen Prozessen geprägt ist. In der Mitte des Gully-Systems verbleiben Inseln, die aus dem Zusammenwachsen einzelner Arme resultieren und wegen ihrer abgeschnittenen Einzugsgebiete kaum noch erosivem Abfluss ausgesetzt sind. Die Fahrspur, die von links um den Gully herumführt, ist eine Umleitung der weiter südlich von dem Gully bereits zerschnittenen Piste, die während der Regenzeit dort nicht passierbar ist.

Die Autoren



Dr. Irene Marzloff und Dr. Johannes B. Ries (hinten links) beschäftigen sich seit Jahren mit großmaßstäbiger Fernerkundung für die Untersuchung von Landdegradationsprozessen. Die hier vorgestellten Techniken brachten sie gemeinsam mit Klaus-Dieter Albert (vorne rechts) in das Forschungsprojekt zur Landschaftgenese in Burkina Faso ein und entwickelten sie weiter.

Dr. Irene Marzloff, 33, ist Diplom-Ingenieurin für Kartographie der Fachhochschule Karlsruhe und Master of Science in Applied Remote Sensing (Angewandter Fernerkundung) der britischen Cranfield University. Als Mitarbeiterin von Dr. Johannes Ries bei der Leitung des EPRODESERT-Projektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft beschäftigte sie sich bereits für ihre Promotion an der Geowissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg mit großmaßstäbiger Fernerkundung für die Erforschung geomorphologischer Prozesse auf Ackerbrachen in Nordspanien. Seit 1998 leitete sie als Akademische Rätin am Institut für Physische Geographie der Universität Frankfurt die Abteilung Fernerkundung/GIS und befasst sich in verschiedenen interdisziplinären Forschungsprojekten mit dem Einsatz von Luft- und Satellitenbildern, insbesondere für räumlich und zeitlich hochauflösendes Monitoring. Besonders wichtig ist ihr ebenso wie Dr. Johannes Ries dabei die Integration von Forschung und Lehre durch die Ausbildung studentischer Mitarbeiter innerhalb der Forschungsprojekte.

Klaus-Dieter Albert, 38, studierte Geographie, Geologie und Meteorologie in Frankfurt. Seit 1997 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 268 »Westafrikanische Savanne« tätig. Im Rahmen des geographischen Teilprojektes »Naturraum-

potenzial und Landschaftsentwicklung in Burkina Faso« promoviert er bei dem im Mai verstorbenen Prof. Dr. Wolfgang Andres über die holozäne Landschaftsentwicklung und rezente Geomorphodynamik in der Sahelzone. Der Einfluss des Klimas und der wirtschaftenden Menschen auf vergangene wie aktuelle Landschaftsveränderungen stehen dabei im Vordergrund. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Kolleginnen und Kollegen der Sahel-Arbeitsgruppe aus den Fachbereichen Geschichte- und Biowissenschaften ist ihm dabei besonders wichtig. Innerhalb des Sonderforschungsbereichs 268 koordinierte und betreute er zudem die digitale Aufbereitung und Vorhaltung räumlicher Daten auf Landesebene für Burkina Faso in einem Geographischen Informationssystem (GIS).

Hochschuldozent Dr. Johannes B. Ries, 40, studierte von 1981 bis 1987 Geographie in Freiburg im Breisgau. Er promovierte als Stipendiat des Cusanus-Werks über Bodenerosionsprozesse im Hohen Himalaya und verbrachte dazu die Monsun-Sommer 1990 und 1991 in Nepal. Seit 1995 ist er als wissenschaftlicher Assistent und Hochschuldozent am Institut für Physische Geographie der Goethe-Universität tätig. Innerhalb des von ihm in Zusammenarbeit mit Dr. Irene Marzloff geleiteten Forschungsprojektes EPRODESERT der Deutschen Forschungsgemeinschaft beschäftigte er sich mit Landdegradation und Desertifikation infolge von Landnutzungswandel in Nordspanien. Mit diesem Thema habilitierte er sich 2001 im Fachbereich Geowissenschaften/Geographie. Stellvertretend für die gesamte Arbeitsgruppe wurde er auf dem 53. Geographentag in Leipzig im Oktober 2001 mit dem Deutschen Wissenschaftspreis für Physische Geographie ausgezeichnet. Seit 1997 arbeitet er im Sonderforschungsbereich »Westafrikanische Savanne« zu Fragen der aktuellen Geomorphodynamik, insbesondere der Bodenerosion auf unterschiedlichen Substraten und unter verschiedenen Landnutzungen. Im Zentrum seiner Untersuchungen stehen die Gully-Bildung und Gully-Entwicklung. Er ist Mitglied der European Society of Soil Conservation (ESSC) und des DesertNet, dem deutschen Beitrag zur Bekämpfung von Desertifikation in Trockengebieten. Seit 1996 ist er Generalsekretär der Frankfurter Geographischen Gesellschaft.

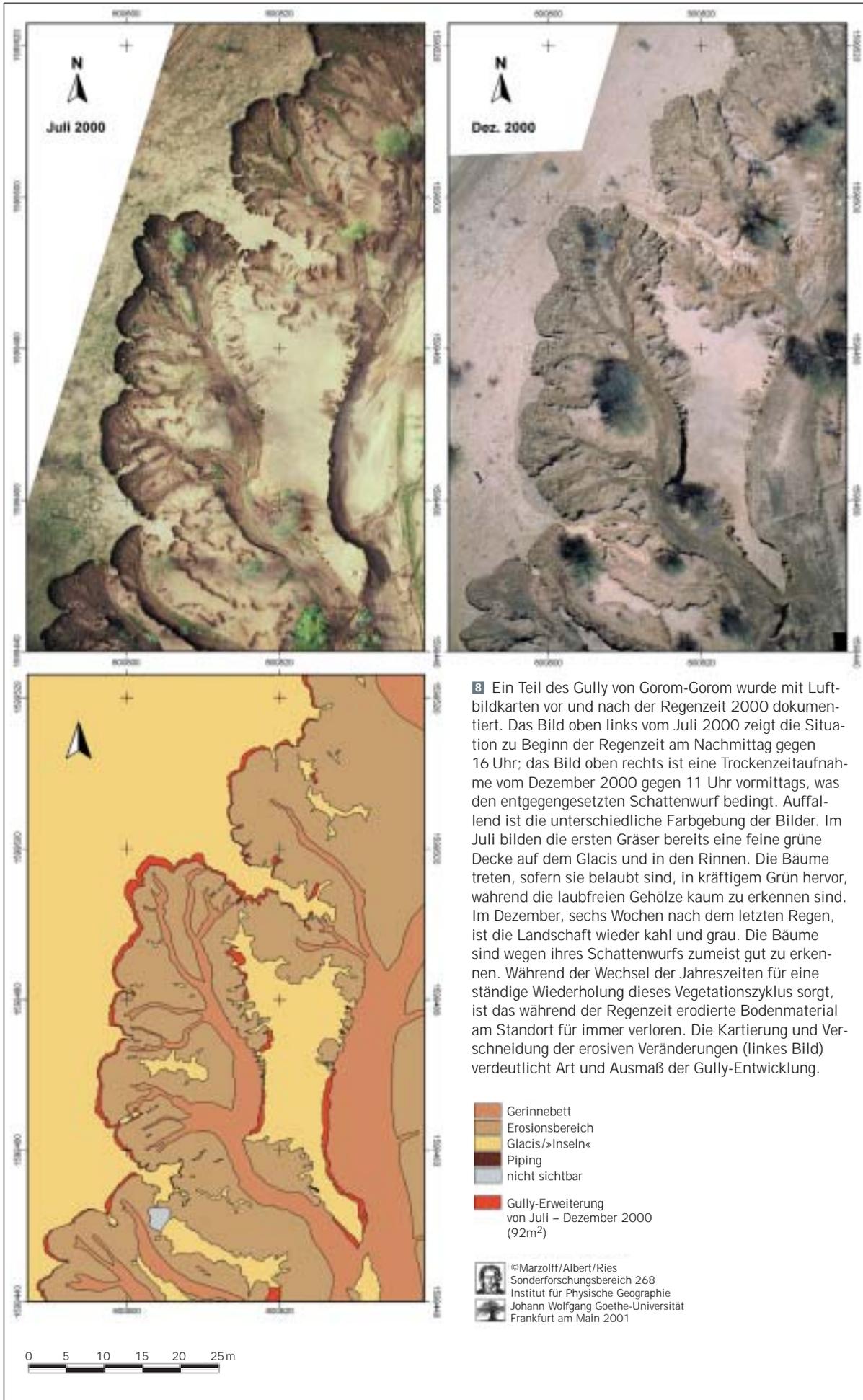
nächst werden die Bilder mit 2200 dpi (nahe der Filmauflösung) digitalisiert und erhalten somit Pixelgrößen, die je nach Ursprungsmaßstab zwischen drei Millimeter und sechs Zentimeter am Boden entsprechen: Mit dieser Detailgenauigkeit können selbst geringe Veränderungen am Gully-Rand dokumentiert werden.

Neben der Möglichkeit zur Aufbereitung ihrer optischen Eigenschaften – zum Beispiel Kontrast- und Helligkeitseinstellungen, Farbtonkorrektur – ist die Digitalisierung die Voraussetzung, um die Luftbilder entzerren, georeferenzieren und mosaikieren zu können. Die Schwankungen der Kamera im Wind, die wechselnden Geländehöhen und auch die Verzeichnung der Objektive führen zu Verzerrungen. Mit Hilfe von im Gelände markierten und vermessenen Passpunkten lassen sich die Einzelbilder am Bildschirm entzerren und zu einem Luftbildmosaik zusammensetzen. Erst wenn diese Schritte genau umgesetzt sind, können die Gully-Bilder der verschiedenen Aufnahmezeitpunkte verglichen werden. Vor der rechnerischen Analyse folgt die Kartierung der Einzelbilder – so werden zum Beispiel Gully-Ränder, Tiefenlinien, Einzelformen, Einzugsgebiete und Vegetation je nach Fragestellung ausgewiesen. Die rechnergestützte Verschneidung der kartierten Bildserie ermöglicht den quantifizierenden Vergleich – wie Wachstumsraten beziehungsweise lineare und flächenhafte Veränderungen über den Aufnahmezeitraum.

Exemplarische Ergebnisse zur Gully-Erosion in der Sahelzone

Die entzerrten und georeferenzierten Luftbildkarten aus Senkrechtaufnahmen **6** zeigen exemplarisch einen Ausschnitt des Gully-Systems aus **7**. Auffallend sind bei erster Betrachtung zunächst vor allem die Unterschiede in Farbgebung und Vegetationszustand: Die erosiven Veränderungen am Gully-Rand erschließen sich dagegen erst bei der Verschneidung der Kartierungen im Geographischen Informationssystem, die rechts in **8** zu sehen ist. Nahezu auf seiner gesamten Länge wurde der Gully-Rand zurückverlegt und hat sich dabei mehrere Dezimeter bis zu 1,2 Meter in die tonig-lehmige Fläche des Glacis hineingeschnitten. Auch innerhalb des Gully-Systems wurden durch Abflussprozesse große Mengen an Material ab- und ausgetragen. Deutlich wird dies an den Prallhängen der zentralen Insel, die zunehmend eingeschnürt wird. 92 Quadratmeter Fläche sind in dem kartierten Ausschnitt auf diese Weise in nur einer Regenzeit an den Gully verloren gegangen.

Was sind nun die Ursachen für die beachtlichen Erosionsraten, die wir mit unserem Luftmonitoring ermitteln können? Um dies zu klären, werden ergänzend Parameter genauer untersucht, die solche Prozesse steuern. Substratanalysen und experimentelle Untersuchungen zu Infiltration und Oberflächenabflussbildung sind die Grundlage für eine fundierte Analyse der ineinandergreifenden Geofaktoren, die zur Entwicklung dieser komplexen Formen führen. Infiltrationsmessungen, Niederschlagssimulationen auf dem Glacis und Versickerungsversuche in Trockenrisse nahe der Gully-Stirnwand lassen folgende Schlüsse zu: Das lehmig-tonige Substrat, das zur Verkrustung neigt, ist wenig durchlässig; dies führt zu hohen Oberflächenabflussraten und starker Erosion an den »headcuts«, den aktiven Gully-Rändern. In unmittelbarer Nähe der Ränder ermögli-



Ein Teil des Gully von Gorom-Gorom wurde mit Luftbildkarten vor und nach der Regenzeit 2000 dokumentiert. Das Bild oben links vom Juli 2000 zeigt die Situation zu Beginn der Regenzeit am Nachmittag gegen 16 Uhr; das Bild oben rechts ist eine Trockenzeitaufnahme vom Dezember 2000 gegen 11 Uhr vormittags, was den entgegengesetzten Schattenwurf bedingt. Auffallend ist die unterschiedliche Farbgebung der Bilder. Im Juli bilden die ersten Gräser bereits eine feine grüne Decke auf dem Glacis und in den Rinnen. Die Bäume treten, sofern sie belaubt sind, in kräftigem Grün hervor, während die laubfreien Gehölze kaum zu erkennen sind. Im Dezember, sechs Wochen nach dem letzten Regen, ist die Landschaft wieder kahl und grau. Die Bäume sind wegen ihres Schattenwurfs zumeist gut zu erkennen. Während der Wechsel der Jahreszeiten für eine ständige Wiederholung dieses Vegetationszyklus sorgt, ist das während der Regenzeit erodierte Bodenmaterial am Standort für immer verloren. Die Kartierung und Verschneidung der erosiven Veränderungen (linkes Bild) verdeutlicht Art und Ausmaß der Gully-Entwicklung.

- Gerinnebett
- Erosionsbereich
- Glacis/»Inseln«
- Piping
- nicht sichtbar
- Gully-Erweiterung von Juli – Dezember 2000 (92m²)

© Marzloff/Albert/Ries
 Sonderforschungsbereich 268
 Institut für Physische Geographie
 Johann Wolfgang Goethe-Universität
 Frankfurt am Main 2001

chen Trockenrisse entlang der Gefügegenzen des Bodens verstärkte Infiltration. Innerhalb dieser Risse wird das leicht ablösbare Substrat auf Grund des großen hydraulischen Gefälles zum »headcuts« mobilisiert; entlang der verbreiterten Risse brechen Schollen mit Kantentlängen bis zu 30 Zentimeter ab. Insgesamt führt dies zu der auffällig gleichmäßigen Rückverlegung entlang des gesamten Randes.

Ausblick

Die bisher nur flächenhaften Auswertemethoden sollen verfeinert und mit Hilfe von digitalen Messtechniken um die Einbeziehung der dritten Dimension (Kartierung von Geländehöhen, Quantifizierung von Volumen) erweitert werden. Erste Versuche photogrammetrischer Stereoauswertung haben gezeigt, dass auch ohne spezielle Messkameras mit den Kleinbildaufnahmen erstaunlich gute Ergebnisse erzielt werden können ^{/7/}. Auch

günstigere Lösungen der digitalen Photogrammetrie sind inzwischen in der Lage, sogar aus nicht speziell mit Vermessungskameras aufgenommenen Stereobildern Messgenauigkeiten zu erzielen, die zu solchen geomorphologischen Fragestellungen einen hervorragenden Beitrag leisten können. Die vorgestellten Methoden werden in Zukunft in neuen Arbeitsgebieten in Südspanien und Südmarokko eingesetzt um die bisherigen Arbeitsgebiete entlang eines Klimagradients von den mediterranen Subtropen bis in die wechselfeuchten Randtropen zu vervollständigen. So können die Entwicklungsgeschwindigkeiten von Gullies unter den verschiedenen Klimaten, Reliefsituationen und Substrateigenschaften bei unterschiedlicher Landnutzung verglichen werden. Dies wird dazu beitragen, den Anteil der Gully-Erosion am Gesamtproblem Bodenerosion besser abschätzen zu können und damit die Frage zu beantworten: Wo sind Gullies wesentliche Sedimentquellen und wo sind sie »nur« spektakuläre Erosionsformen? ◆

Anmerkungen

^{/1/} Albert, K.-D.; Kahlheber, S. (2001): Review and outlook of an interdisciplinary research project. – Bericht des Sonderforschungsbereichs 268, 17, 121–128.

^{/2/} Ries, J.B. (2000): Geomorphodynamik und Landdegradation auf Brachflächen zwischen Ebrobecken und Pyrenäen – Großmaßstäbiges Monitoring zur Erfassung und Prognose des Prozessgesche-

hens im Landnutzungswandel als Beitrag zur Methodenentwicklung. – Habilitationsschrift, Fachbereich Geowissenschaften/Geographie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, 598 S. + Anhang.

^{/3/} Hudson, N. (1995): Soil Conservation. – 391 S. London.

^{/4/} Poesen, J., Vandaele, K.; Van Weesmael, B. (1996):

Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated lands and rangelands. – In: Walling, D. E.; Webb, B. W. [eds.]: Erosion and Sediment Yield. Global and Regional Perspectives (Proceedings of the Exeter Symposium, July 1996). IAHS Publ., 236: 251–266.

^{/5/} Vandekerckhove, L.; Poesen, J.; Oostwoud Wijdenes, D.; Gyssels, G.; Beuselinck, L.; de Luna, E. (2000):

Characteristics and controlling factors of bank gullies in two semi-arid Mediterranean environments. – Geomorphology, 33: 37–58.

^{/6/} Albert, K.-D.; Hallier, M.; Kahlheber, S.; Pelzer, C. (2001): Montée et Abandon des Collines d'Occupation de l'Age de Fer au Nord du Burkina Faso. – Bericht des Sonderforschungsbereichs 268, 14, 335–351.

^{/7/} Marzloff, I. (1999): Großmaßstäbige Fernerkundung mit einem unbemannten Heißluftzeppelin für GIS-gestütztes Monitoring von Vegetationsentwicklung und Geomorphodynamik in Aragón (Spanien). Freiburger Geographische Hefte, 57, 226 S. + 99 S. Kartenanhang.

^{/8/} Marzloff, I.; Ries, J. B. (2000): Großmaßstäbiges Luftbild-Monito-

ring mit einem ferngesteuerten Heißluftzeppelin. – Petermanns Geographische Mitteilungen, 144 (6), 4–5.

^{/9/} verändert nach: Oostwoud Wijdenes, D.; Poesen, J.; Vanderkerckhove, L.; Ghesquiere, M. (2000): Spatial distribution of gully head activity and sediment supply along an ephemeral channel in a Mediterranean environment. – Catena, 39, S. 147–167.

Anzeige

WERBUNG

WERBUNG