

Geo-Öko 21 (2000): 137-140

TM-SATELLITENBILDINTERPRETATION: DIAMOND AREA N° 1 / WANNEN-NAMIB (SÜDNAMIBIA)

Klimatische und prozessmorphologische Differenzierung eines ariden Küstenabschnitts

INGRID STENGEL, Würzburg

Einleitung

Das Landsat-TM-(Thematic Mapper)-Satellitenbild umfasst einen ca. 57 x 82 km großen Ausschnitt der Szene 178/979 mit der namibischen Atlantikküste südlich des Hafenstädtchens Lüderitz. Das National Remote Sensing Centre (Windhoek/Namibia) stellte dankenswerterweise die TM-Rohdaten zur Verfügung; die Analyse bezieht Ergebnisse aus früheren, DFG-geförderten Geländearbeiten ein.

Ziel der digitalen Bearbeitung war die farbliche wie textuelle Differenzierung des geologisch und prozessmorphologisch kleingekammerten Gebietes. Verwendet wurde die Software ENVI 2.6. Die Spektralkanäle 5, 4 und 2 wurden mit den Farben R-G-B belegt. Die Information umfasst das mittlere Infrarot (Band 5: 1.55-1.75 μm), das nahe IR (Band 4: 0.76-0.90 μm) und das sichtbare grüne Licht (Band 2: 0.52-0.60 μm). So wurde unter den herrschenden ariden Bedingungen die maximale Differenzierung von geologisch-lithologischer Information, Vegetationsanteilen und Oberflächenbeschaffenheit erzielt; gleichzeitig wurden die jeweils sehr ähnlich reflektierenden Kanalpaare 7-4 bzw. 5-3 vermieden. Die Rohdaten wurden zunächst mit einer eigendefinierten 3x3-Matrix hochpassgefiltert. Zur folgenden Histogrammspreizung wurden bandspezifische, interaktiv definierte Grauwertfunktionen verwendet. Die Kontraste im anstehenden, teils stark reliefierten Gestein und in den dunkleren Partien wurden optimiert, ohne die hellen, flacheren, schutt- oder dünensand-bedeckten Bereiche in die Sättigung zu bringen oder auf ihre Differenzierung zu verzichten. Zuletzt wurden die Daten geocodiert.

Interpretation von Satellitenbild und Landschaft

Auffälligstes Merkmal des Ausschnitts ist die farbliche und damit spektrale, küstenparallele Zonierung. Sie ist nicht mit einem einzelnen Parameter oder Gradienten korrelierbar, sondern resultiert aus der Interaktion klimatischer, prozessmorphologischer, topographischer und geologischer Faktoren.

Klimatisch ist das Gebiet geprägt durch die upwelling-Prozesse im Bereich des kalten Benguela-Stroms, die zu Temperaturinversion, Niederschlagsarmut (Jahresmittel 0-50 mm), hoher Luftfeuchte und Nebelbildung führen. Vorherrschend sind kräftige,

südliche Winde in küstenparalleler bis leicht ablandiger Richtung, eine Folge der stabilen, südatlantischen Antizyklone als Teil des subtropischen Hochdruckgürtels und des Land/Meer-Druckgegensatzes. Für das Auftreten episodischer zyklonaler Winterregen sind Ausläufer der südhemisphärischen Westwindzone verantwortlich. Sie bedingen auch das Auftreten von Florenelementen aus dem Richtersveld (südlich des Oranje) bis in dieses Gebiet (PALLETT, 1995).

Das plötzliche Einsetzen der flächenhaften grünen Farbe in etwa 10-15 km Entfernung von der Küste (bes. in der südlichen Bildhälfte) zeigt die Zone des größten thermischen und hygri-schen Gradienten. Westlich dieser Grenze herrscht infolge des Benguela-Stroms absoluter Niederschlagsmangel, aber große Nebelhäufigkeit; östlich davon treten in einem mehrere Zehner km breiten Streifen immerhin vereinzelt Niederschläge auf. Die grüne Farbe ist durch die hohe Reflexion lebender Pflanzenzellen im nahen Infrarot (Kanal 4) bedingt und spiegelt die Zunahme der Vegetation und die geobotanische Zonierung wider. Das allmähliche Ausklingen der grünen Farbe von Süden bis etwa zum Tal des Kaukausib entspricht dem Trend der nach Norden ausklingenden Winterniederschläge.

Das Aussetzen des Vegetationssignals mit Annäherung an die Küste ist jedoch nicht nur hydrologisch gesteuert. So nehmen mit der Küstennähe die Häufigkeit und Leistungsfähigkeit äolischer Prozesse und damit auch Schädigung der Vegetation stark zu. In Abhängigkeit von Materialmenge, Windenergie und Ausgangsrelief entstehen küstenparallele Zonen äolischer Transport-, (Akkumulations-) und Korrasionsdominanz, die sich auf dem Satellitenbild farblich und texturell ausgliedern lassen.

Aktive Dünen und Sandtransportfahren erscheinen weiß oder hellgrau, so der bis 5 km breite Transversaldünenzug von östlich Elizabeth Bay bis östlich Lüderitz. Während Transversaldünen zu ihrer Entstehung ein deutlich positives Sandbudget benötigen, zeigt der hier vorhandene Dünencordon jedoch Auflösungserscheinungen. Sichtbar ist dies sowohl in seinem Südteil (auf Höhe des Schriftzuges "Elizabeth Bay"), wo er bereits zu stromlinienförmigen Resten mit zusammengesetzt-barchanförmigem Grundriss aufgezehrt ist, als auch südöstlich Kolmanskop, wo zwischen den Transversaldünen ebenfalls der anstehende Fels zutage tritt. Auch steile Deflationswälle (STENGEL, 1992) am Rand von Dünenzügen, hier z.B. östlich des Airport Lüderitz und südöstlich von Kolmanskop, belegen die Auswehungstendenz. Außer diesem einen, nicht mehr voll ernährten, großen Dünenzug, einem zweiten, sehr kleinen Transversaldünengebiet an der Küste zwischen Albatros Island und Possession Island und einigen lokalen Einsandungen an toten Kliffs herrscht an der ganzen Küste auffälliger Sandmangel. Auch der durchs ganze Bild ziehende blau erscheinende Streifen mit seinen rasch wandernden Einzelbarchanen entspricht dünendynamisch einem Sandmangelgebiet, jedoch mit hoher Durchtransportrate. Die dunkle Farbe der Barchane ist kein Artefakt der Bildverarbeitung, sondern auf extrem hohe Schwermineralanteile im Dünensand, also die Deflation leichterer Bestandteile zurückzuführen; der gleiche Prozess ist auch für die äolische Anreicherung von Diamanten verantwortlich (s.u.).

Von der Barchanzone bis zur Küste reicht ein weiterer küstenparalleler Streifen mit eigenem Prozessgefüge, die "Wannen-Namib" (KAISER, 1926, 1928). Sie ist

gekennzeichnet durch stromlinienförmig überschiffene, an den Stirnseiten teils übersteilte, windparallele Rücken und Yardangs aus unterschiedlichsten Material wie Silt- und Sandstein, Dolomit, Quarzit (Silcrete) und sogar Hornfels. Dazwischen liegen die korrasiv geformten (in der Literatur leider ungenau als "Deflations"-Wannen bezeichneten) Windgassen. Die Größenordnung der Yardangs reicht vom Zentimeter- und Dezimeterbereich bis zu einige Zehner Meter hohen Rücken mit mehreren Kilometern Länge. Das Satellitenbild zeigt den reliefbedingten starken Schattenfall und die N-S-Orientierung der Rücken und Wannen.

Die Abtragungsleistung in dieser Zone hat also zur Bildung eines eigenständigen Windreliefs geführt. Auf den ersten Blick scheint dies durch die rezenten Prozesse wie hoher Windenergie bei fast unimodalem Windregime, geringer Akkumulationstendenz, hohen Transportraten und ariden Bedingungen ausreichend erklärbar zu sein.

Geländebefunde relativieren jedoch die Einschätzung der Leistungsfähigkeit der rezenten Korrasion. Einige Indikatoren für die Verschiebungen in Paläoklima und morphologischem Prozessgefüge sind auch auf dem Satellitenbild ablesbar. Anders als in den Korrasionslandschaften der zentralen Sahara (HAGEDORN, 1968; MAINGUET, 1968; BUSCHE & STENGEL, 1993) fällt in der Wannennamib das Fehlen von Schleifmaterial und aktiven Transportgassen auf. Im Gelände zeigt sich, dass Meso- und Megaformen nur noch überformt werden; der heutige, im Verhältnis schwache Windschliff arbeitet lediglich noch selektiv weichere Gesteinspartien und Sedimenttexturen heraus; große Kannelüren und Schliff-Facetten weisen bereits Patina, Flechtenbewuchs oder aber Abgrusung durch Salzverwitterung auf. Auch weiter landeinwärts (im Bereich der grünen Vegetationsbedeckung) zeigt das Satellitenbild Beispiele für fossiles Windrelief und damit vorzeitlich stärkere Winderosion; diese Bereiche sind heute mit bereits bewachsenen Sand- und Schwemmfächerrampen überdeckt.

Aber auch die Abtragungsleistung pleistozäner Korrasionsphasen ist trotz der viel größeren Windschliffformen und ihrer größeren räumlichen Verbreitung nur durch nicht-äolische Gunstfaktoren erklärbar. So besteht eine klare, N-S-orientierte, strukturgeologische Prädisposition des gesamten Bildausschnitts, insbesondere der Wannen-Namib. Das küstenparallele Streichen von Klüften, Falten, Überschiebungen, Störungen geht zurück auf die Öffnung und Schließung des spätproterozoischen Adamastor-Ozeans (Proto-Atlantik) im Bereich des Gariep-Gürtels südlich Lüderitz (JASPER et al., 1995) sowie auf die ebenfalls küstenparallele Lage der Strukturgrenze zwischen Gariep-Gürtel und Namaqua Metamorphic Belt. Das neuerliche Rifting der Kontinente beim Aufreißen von Gondwana schuf weitere riftparallele und -normale Strukturen und hat auch alte Schwächezonen z.T. reaktiviert. Die strukturgeologischen Einheiten dieses Küstenstreifens sind also in N-S-Richtung geschart, kleingekammert und lithologisch sehr variabel, was auch auf dem Satellitenbild deutlich zu sehen ist. Zusätzlich bedingen die unterschiedliche Verwitterungsresistenz sowie der Einfluss tertiärer und quartärer Vorverwitterung bis hin zur Grundwasserverkarstung von Dolomiten und auch von Quarziten ein etwa N-S-streichendes topographisches Gefügemuster, das bereits vor der Inwertsetzung dieser Unterschiede durch die äolische Abtragung existiert hat. Es scheint fraglich, ob ohne die nicht-äolischen Faktoren in diesem Küstenbereich überhaupt dieses

"Windrelief" entstehen hätte können, das in der Literatur häufig als so ausgeprägtes klimamorphologisches Zeugnis für äolische Abtragung angeführt wird.

Der rezente Mangel an Sandnachschub in der Wannen-Namib ist bedingt durch fehlende Liefergebiete, seien es mindestens noch episodisch durchflossene Täler mit Sandanlieferung oder größere Küstenhöfe mit Möglichkeit der Auswehung. Das Satellitenbild zeigt, dass beides fehlt; auch das flächenstreifenähnliche Kaukausib-Tal ist prozessmorphologisch inaktiv. An dieser Felsküste der südlichen Namib mit ihren pleistozänen Brandungsterrassen in mehreren Niveaus war ausreichende Sandanlieferung nur bei pleistozänen Meeresspiegeltiefständen möglich; heute ist Materialnachschub nur – und zwar in wesentlich kleinerem Umfang - durch aktive Klifferosion möglich, was die Strandhaken südlich Bodenfels, auf der Höhe von Albatros Island und bei Elizabeth Bay andeuten. Der Sandmangel betrifft natürlich auch die Ernährung des einzigen großen Dünenzuges. Die einzigen aktiven Sandtransportfahnen ziehen sich durch den vegetationsbedeckten Bereich (vgl. rote Pfeile); ihr Ursprung erklärt sich aus der Existenz kleiner Küstenhöfe südlich des Bildausschnitts (s.a. CORBETT 1996).

Die Wannen-Namib ist Teil des unter deutscher Kolonialherrschaft eingerichteten, ehemaligen Diamantensperrgebietes. Das fast 90 Jahre lang abgeriegelte Gebiet steht seit den 1990er Jahren unter der Verwaltung des namibischen Ministry of Environment and Tourism und soll als ökologisches Schutzgebiet bestehen bleiben.

Die Diamanten stammen aus den südafrikanischen, kretazischen bis alttertiären Kimberliten des Vaal-/ Oranje-Gebietes, wurden über das Oranje-System zur Atlantikküste transportiert, dort vom marinen und äolischen küstenparallelen Materialversatz nordwärts verfrachtet und entlang der Küste seifenartig angereichert (PALLETT, 1995; CORBETT, 1996). Mit den ersten Diamantfunden 1908 bei Grasplatz östlich von Kolmanskop setzte entlang der südwestafrikanischen Küste ein Diamantenboom ein.

Der Diamantabbau bestand zunächst in der Siebung der Deflationsrückstände in den Windgassen (Korrasionswannen). Die Mächtigkeit dieser vorzeitig von den höffigen Strandsanden ausgewehten, und daher durch Anreicherung extrem diamanthaltigen äolischen Sedimente in den Korrasionswannen betrug durchschnittlich nur wenige Zentimeter. Entsprechend flächenhaft waren die Schürf- und Siebungsaktivitäten. Resultat der jahrzehntelangen Diamantensuche sind Zehntausende kleiner Hügel aus gesiebttem Schutt, Kies und Sand auf den Böden und Flanken der im anstehenden Fels ausgebildeten Windgassen. Vermutlich wurde in der ersten Hälfte des 20. Jh. de facto jeder Feinmaterialbereich der Wannen-Namib, sei er äolischer oder alluvialer oder mariner Herkunft, anthropogen umgegraben, gesiebt und umverteilt. Beispiele für Minensiedlungen in der Wannen-Namib zwischen Lüderitz und Oranjemund sind die in den späten 1950er Jahren aufgelassenen Orte Kolmanskop und Pomona.

Später erfolgte auch der Abbau mariner Sande im Bereich von Nehrungshaken und abgeschnürten Buchten, so in der ebenfalls seit den 1950er Jahren aufgelassenen Minensiedlung direkt östlich des Bogenfels-Brandungstors, oder bis heute in Elizabeth Bay. Heute findet Diamantengewinnung fast ausschließlich off-shore aus marinen Sedimenten statt. (Die auch aus Satellitenperspektive erkennbaren großflächigen On-

Shore-Aktivitäten in den Fluss- und Strandsanden bei Oranjemund liegen außerhalb des Bildausschnitts.)

Literatur

- BUSCHE, D. & STENGEL, I. (1993): Rezente und vorzeitliche äolische Abtragung in der Sahara von Ost-Niger. Petermanns Geogr. Mitteilungen, 137: 195-218.
- CORBETT, I.B. (1996): A review of diamondiferous marine deposits off western southern Africa. Africa Geoscience Review, 3 (2): 157-174.
- GEOL. SURVEY OF NAMIBIA [ed.] (1999): Geological Map of South West Africa / Namibia 1:250.000: Blatt 2615 Luderitz.
- HAGEDORN, H. (1968): Über äolische Abtragung und Formung in der Südost-Sahara. Erdkunde, 22: 257-269.
- JASPER, M. J. U.; CHARLESWORTH, E. G. & STANISTREET, I. G. (1995): Evidence for the Pan-African Adamastor Orogeny from the Gariiep Belt (Damara Orogen) in southern Namibia. 25th Congr. Geol. Soc. S. Afr. Johannesburg, Abstr.-Bd. 2: 1150-1153.
- KAISER, E. (1926): Höhenschichtenkarte der Deflationslandschaft in der Namib Südwestafrikas. Abh. Bayer. Akad. Wiss., Math. Phys. Kl. 30, Mitt. der Geogr. Gesellschaft München.
- KAISER, E. (1928): Die Diamantenwüste Südwest-Afrikas. Berlin, Reimer. 2 Bde.
- MAINGUET, M. (1968): Le Borkou. Aspects d'un modelé éolien. - Ann. de Géogr., 77: 296-322.
- PALLETT, J. [ed.] (1995): The Sperrgebiet: Namibia's least known wilderness. An environmental profile of the Sperrgebiet or Diamond Area 1, in south-western Namibia. Desert Research Foundation of Namibia and NAMDEB Diamond Corporation (Pty) Ltd. [eds.], Oranjemund.
- STENGEL, I. (1992): Zur äolischen Morphodynamik von Dünen und Sandoberflächen. Würzburger Geographische Arbeiten, 83, 363 S.
- SURVEYOR GENERAL [ed.]: Topogr. maps of Namibia. Windhoek. 1:250.000: 2615 Lüderitz; 1.50.000: 2615 CA, CB, CC, CD, DA, DB, DC, DD; 2715 AA/AB, AD, BA, BB, BC, BD.

Anschrift der Autorin:

Dr. Ingrid Stengel, Geographisches Institut, Universität Würzburg, Am Hubland, D - 97074 Würzburg