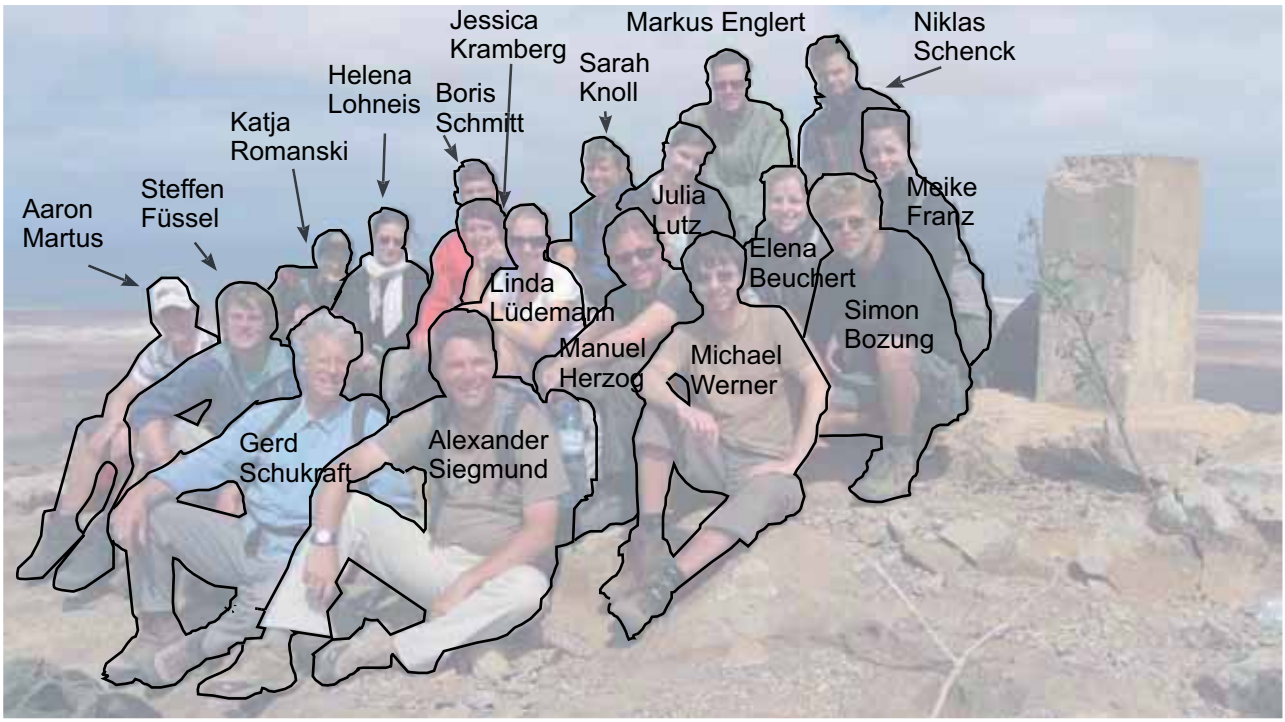
Abschlussbericht zur Kapverden-Exkursion

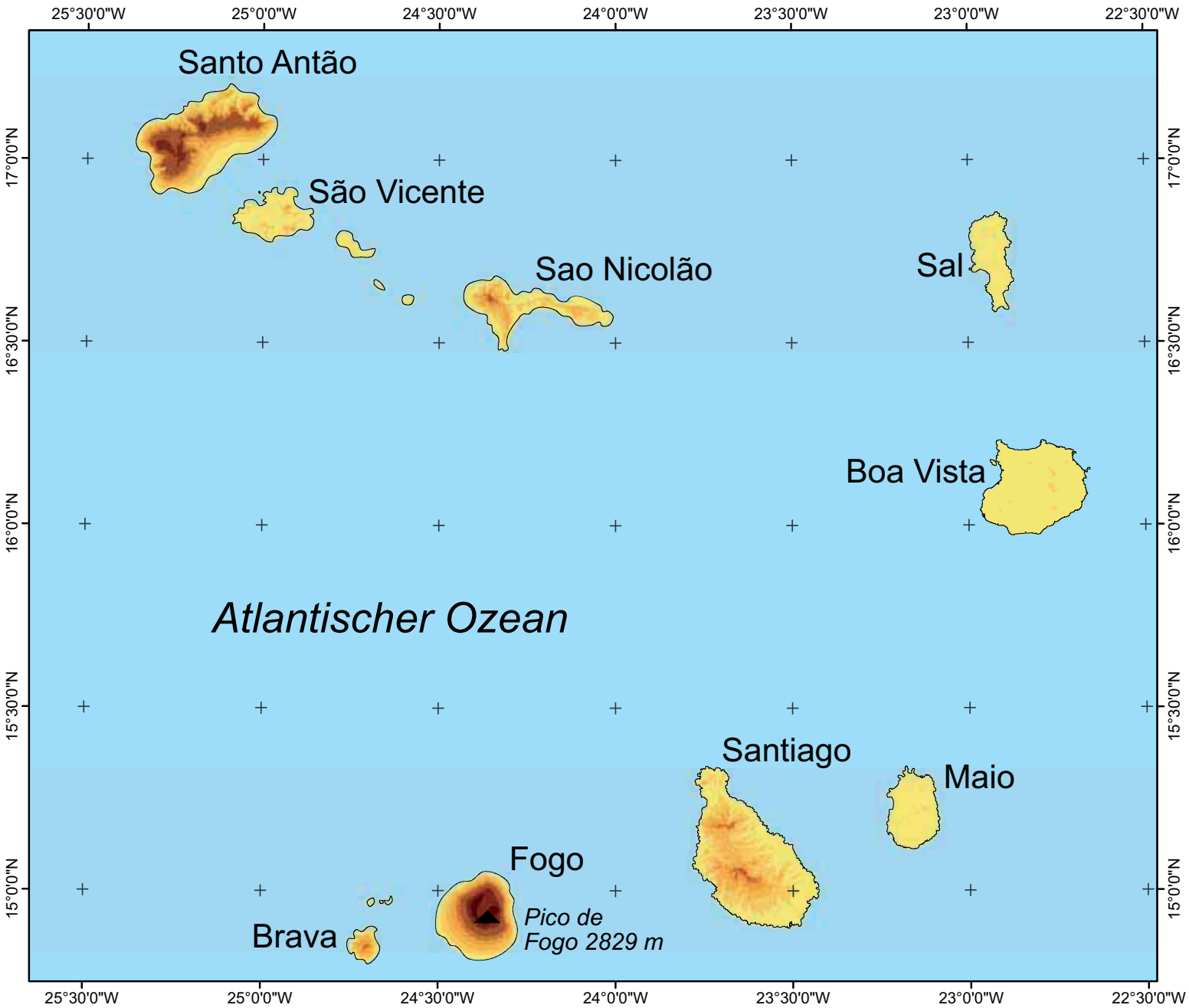
9. – 24. März 2009

Leitung: Prof. Alexander Siegmund & Dipl.-Geol. Gerd Schukraft

Geographische Institute
Pädagogische Hochschule Heidelberg
und
Universität Heidelberg

Teilnehmer an der Kapverden-Exkursion 2009





Kartographie: Schenck, Herzog, Franz
Universität / PH Heidelberg
Datengrundlage: SRTM 90 m

0 25 50 100 Kilometer

Höhenstufen [m. ü. M.]

- Meereshöhe
- < 200
- 200 - 400
- 400 - 600
- 600 - 800
- 800 - 1.000
- 1.000 - 1.500
- 1.500 - 2.000
- 2.000 - 2.500
- > 2.500

Vorwort

Wenn einer eine Reise tut, so kann er was erzählen ...

... wenn aber erst einmal 16 Studierende, zu gleichen Teilen von der Pädagogischen Hochschule und der Universität Heidelberg erstmals gemeinsam mit ihren ebenfalls „hochschulübergreifenden“ Exkursionsleitern auf große Exkursion gehen, dann gibt es noch viel mehr zu berichten. Zu berichten von den Vorbereitungen auf die Exkursion im Rahmen eines Hauptseminars, bei dem sich die „Hochschul-Welten“ auf studentischer Seite mitunter noch im wahrsten Sinne des Wortes gegenüber saßen, von den „Geländesimulationen“ auf Speyerer Dünensanden und schließlich von der gemeinsamen Tour auf und über die Kapverdischen Inseln vom 12. bis 26. März 2009.

Von den 15 Inseln des etwa 450.000 Einwohner zählenden Archipels, von denen nur neun bewohnt sind, wurden während der vierzehntägigen Reise sechs besucht, davon drei intensiv bewandert, bearbeitet und studiert: Santo Antão, Fogo und Boa Vista. Markanter als zwischen diesen drei Inseln, die jede für sich einen charakteristischen Ausschnitt der natur- und kulturräumlichen Vielfalt der Kapverden kennzeichnen, hätten die Unterschiede kaum sein können, was Land und Leute betrifft.

Da ist auf der einen Seite die schroffe Abgeschiedenheit von Santo Antão mit ihrer markanten Topographie, die mitunter an Gebirgslandschaften der Alpen erinnert. Im äußersten Nordwesten der Inselgruppe gelegen, unterliegt sie mit ihrem zentralen Gebirgskamm als einzige neben den Passatwinden im Winter zuweilen auch dem Einfluss von einzelnen Ausläufern der Westwindzirkulation. Da ist aber auch Fogo, die aktive Vulkaninsel mit ihrer charakteristischen Caldeira, die im Pico de Fogo gipfelt, dem 2.829 m hohen Sekundärkrater und höchsten Berg der Kapverden. Durch seine fast idealtypische, kegelförmige Topographie lassen sich hier geoökologische Gradienten analysieren, die von feuchttropisch anmutenden Papaya-, Mango-, Bananen- und Kaffeegewächsen im Stau der Passatbewölkung im Nordosten bis zu halbwüstenhaften, kargen Landstrichen um die Inselhauptstadt São Filipe im Südwesten reichen – alles auf rund 25 km Luftlinie. Beide Inseln sind vom Massentourismus weitgehend verschont. Kleine Pensionen und der unmittelbare Kontakt mit den Menschen vor Ort sind ebenso einprägsam wie die schwarzen Lavastrände an den zumeist steilen Küsten.

Dem stehen Boa Vista und vor allem auch Sal gegenüber, die seit einigen Jahren von inzwischen hunderttausenden von Pauschaltouristen besucht werden. Lange, (noch) weitgehend menschenleere weiße Sandstrände und eine praktisch ganzjährige Schönwettergarantie sind das Potenzial für einen anhaltenden Tourismusboom. Waren auf Boa Vista noch vor einigen Jahren nur wenige Hotels zu finden, werden heute manche Regionen von großen Hotelanlagen dominiert – mit all den damit verbundenen ökologischen Folgen durch den immensen Wasserverbrauch angesichts jährlicher Niederschlagsmengen von teilweise unter 200 Millimetern.

Davon und von vielen geographischen Fakten mehr gilt es zu berichten in diesem Exkursionsband. Die Berichte verknüpfen die Vorbereitungen auf den Kapverdenaufenthalt in Form eingehender Literaturstudien und Referatspräsentationen im Wintersemester 2008/2009 mit den umfangreichen Geländeerfahrungen, Messungen und Kartierungen vor Ort. Dabei standen vor allem physisch-geographische Aspekte im Mittelpunkt, die sich auf die Themenbereiche Geologie/Geomorphologie, Bodenkunde, Vegetation/Landnutzung und Klima konzentrieren. Aber auch humangeographische Fragestellungen wie zu Landwirtschaft und Fischerei, Wirtschaft,Tourismus und Bevölkerungsstrukturen wurden mit einbezogen.

Wovon der Exkursionsband kaum berichten kann, umso mehr jedoch die beteiligten Studierenden und die beiden Exkursionsleiter: Die spannenden Begegnungen mit den Menschen auf den Kapverden, die intensiven gemeinsamen Erfahrungen und Gespräche innerhalb der Exkursionsgruppe, die Hochschulgrenzen vergessen und den Kapverdenaufenthalt zu einem echten gemeinsamen Erlebnis werden ließen. Hierfür sowie für die oft genug Schweiß treibende Arbeit vor Ort im Gelände und an dem vorliegenden Exkursionsband sei allen Studierenden an dieser Stelle herzlich gedankt.

Heidelberg, im August 2009 Prof. Dr. Alexander Siegmund & Dipl.-Geol. Gerd Schukraft

Inhaltsverzeichnis

Geschichte
Dana Frödert & Markus Engler 10

Geomorphologie
Michael Werner, Katja Romanski, Linda Lüdemann & Manuel Herzog 12

Vulkanische Streitfragen
Manuel Herzog & Niklas Schenck 24

Geologie der Insel Boa Vista
Gerd Schukraft 26

Klima
Elena Beuchert, Sarah Knoll & Jessica Kramberg 28

Ozeanische Zirkulation
Sarah Knoll 41

Boden
Markus Engler, Steffen Füssel, Helena Lohneis & Boris Schmitt 42

Vegetation
Simon Bozung, Julia Lutz & Aaron Martus 54

Tourismus
Linda Lüdemann 70

Fischerei
Meike Franz 72

Karten
Meike Franz, Manuel Herzog & Niklas Schenck 73

Was sind schon Minuten?

Es ist eine typische Szene auf den Kapverden: In leeren Hallen und mit Blick auf eine ebenso leere Startbahn warten wir auf der Insel Sal stundenlang auf den längst überfälligen – und längst bereitstehenden – Anschlussflug nach São Vicente. Auch wenn Pauschaltourismus und städtische Entwicklung die Gesichter der östlichen Inseln Sal und Boa Vista stark verändern, weht der typisch kapverdianische Esprit auch hier noch so stetig wie der Nordostpassat: Sechs Uhren hängen über der Abfertigungshalle, digitale Ziffernblätter, eine pro Zeitzone. Während für Paris 17.51 im Display erscheint, ist es in Rom bereits 17.58, und überhaupt: in Amsterdam 18.34. Was sind schon Minuten? Es wird uns noch häufiger auffallen, dass diese Zeiteinheit auf den Kapverden ein ganz und gar fremdartiges Konzept darzustellen scheint, neumodisch, unnötig, übergenau. Rechneten wir nur in Stunden, keine Fähre, kaum ein Flugzeug und kein Bus kämen je zu spät, und die fast chronische Entspanntheit der Einwohner wäre erklärt.

Abb. oben:
Immer gut für ein wenig Aufregung: Die Flugzeuge der kapverdischen Airline TACV.

Als die Maschine endlich abhebt, fliegen wir bei Sonnenuntergang der Insel São Vicente entgegen. Dort verbringen wir in Mindelo die erste Nacht und setzen früh am nächsten Morgen nach **Santo Antão** über, wo die eigentliche Exkursion beginnt (siehe Karte auf der gegenüberliegenden Seite). Drei Wanderungen – eine vom Cova-Krater entlang der spektakulären Ribeira do Paul nach Süden, eine entlang der Küste von Ponta do Sol nach Cruzinha und eine dritte durch den monumentalen Kessel des Cha de Morte, wo wir im Schatten eines Feigenbaumes die ersten bodenphysikalischen Messungen mit Doppelringinfiltrometer und Luftpyknometer vornahmen. Dazu spektakuläre Autofahrten mit unserem Guide Cecilio und ein Besuch in der traditionellen Schnapsbrennerei von Ildo Benrós Silva.

Von Porto Novo setzen wir erneut mit der Fähre nach Mindelo über. So sehr wir die Warterei am Flughafen in Sal verflucht haben – beim folgenden Transfer auf die Insel Fogo wären wir froh gewesen, der Abflug hätte sich noch ein wenig verzögert. Der abgebrochene Start auf der kurzen Landebahn beim dritten unserer insgesamt fünf Inlandsflüge stärkt nicht eben das Vertrauen der Gruppe in Technik und Personal. Und auch die nächsten Kurzreisen mit den kleinen Propellermaschinen verhelfen uns zu, gelinde gesagt, recht „unmittelbaren“ Flugerlebnissen.

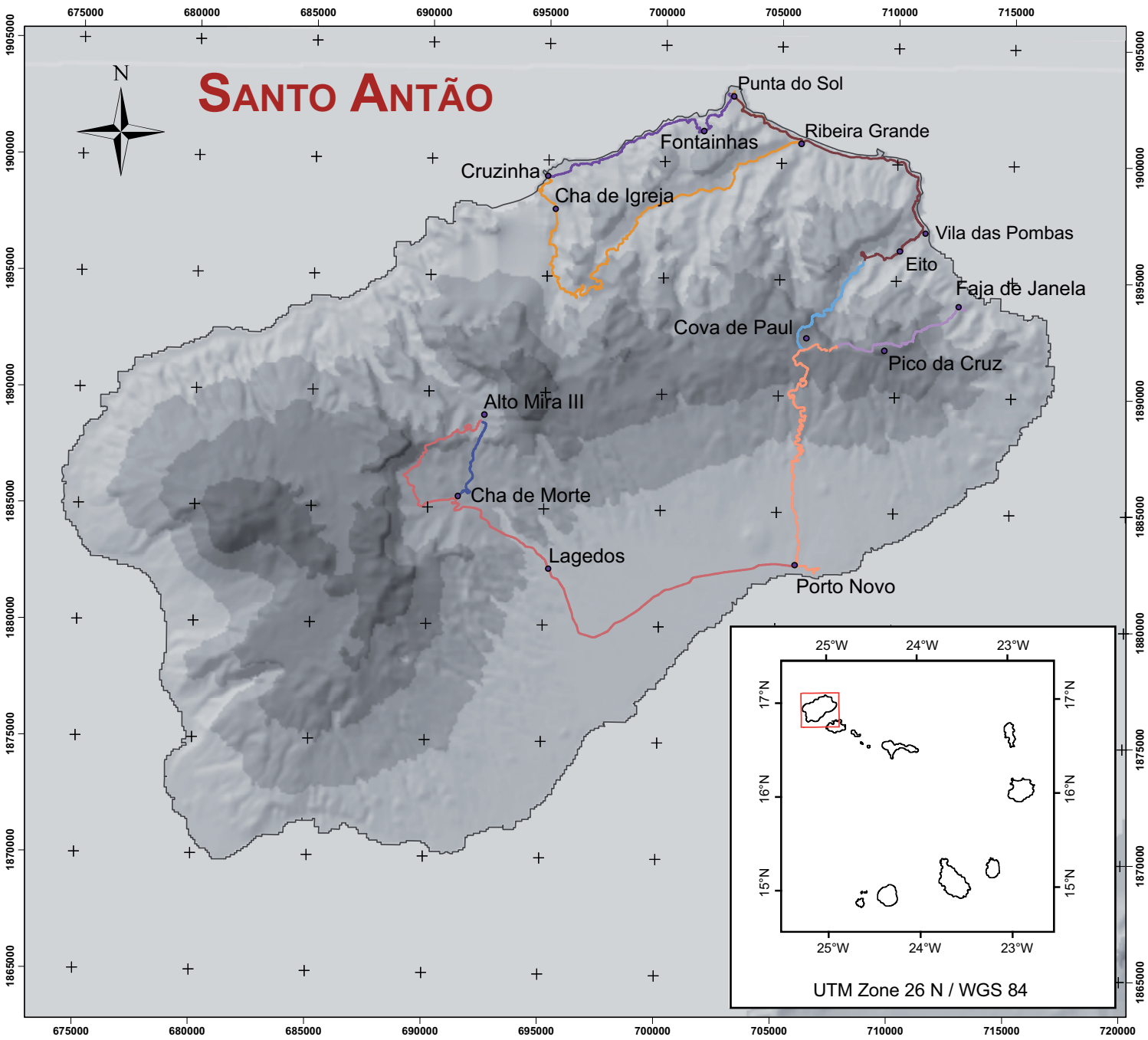
Auf **Fogo** empfängt uns die aus Deutschland ausgewanderte Renate Heckelmann-Zanini in ihren wunderschönen Häusern in São Felipe. Auf dem Weg zur Cha das Caldeiras, wo wir insgesamt drei Tage verbringen und den 2829 Meter hohen Pico de Fogo bezwingen, folgen weitere bodenphysikalische Experimente am Rande der Siedlung Achada Furna. Der Aufstieg zum Gipfel im Morgengrauen wird für viele zum Höhepunkt der Exkursion, doch auch die nächsten Tage haben aufregende Momente zu bieten – etwa beim Abstieg nach Mosteiros an der nördlichen Küste, begleitet von Klimamessungen beim Kreuzen der Passatinversion.

Auf dem Weg nach Sal verbringen wir dann eine Nacht auf **Santiago** in der **Hauptstadt Praia**, wo es sich unsere Reisebüro-Agentin Sibylle Schellmann nicht nehmen lässt, die Stadtführung selbst zu geben. Auf Sal besuchen wir die Saline von Pedra de Lume (siehe Foto) und den von riesigen Touristenhotels „verzierten“ Strand von Santa Maria. Auch die Wellblechhüttensiedlung am Rande der Stadt Espargos wird – mit gemischten Gefühlen aufgrund unserer Außenperspektive – besucht, bevor es in den letzten Tagen auf der Insel **Boa Vista** wieder physisch-geographischer zugeht. Wir erklimmen den blumenkohlartigen Monolithen Rocha de Estancia und verschaffen uns einen Überblick über den womöglich von Saumriffbildung und einem Mega-Tsunami geprägten Aufbau der Insel.

Ein Abstecher in den Norden führt uns zum Wrack am Cabo Santa Maria, und im Dünenfeld „Deserto Viana“ machen wir geländeklimatologische Messungen und weitere Infiltrationsexperimente. Vor dem Rückflug inmitten Horden deutscher Pauschaltouristen nach 14 Tagen und fünf Inseln steht für viele die Erkenntnis, dass ein Kulturschock nicht immer dann kommt, wenn man ihn erwartet.

Es folgen Überblickskarten der von uns erkundeten Inseln.

Abb. unten:
Saline Pedra de Lume auf der Insel Sal



Legende

- Ortschaft
- Fahrt Ribeira do Paul - Punta do Sol
- Fahrt Pico da Cruz - Porto Novo
- Fahrt Porto Novo - Cova do Paul
- Fahrt Cruzinha - Punta do Sol
- Fahrt Cha de Morte - Porto Novo
- Wanderung Punta do Sol - Cruzinha
- Wanderung Pico da Cruz
- Wanderung Cha de Morte - Alto Mira III
- Wanderung Ribeira Paul

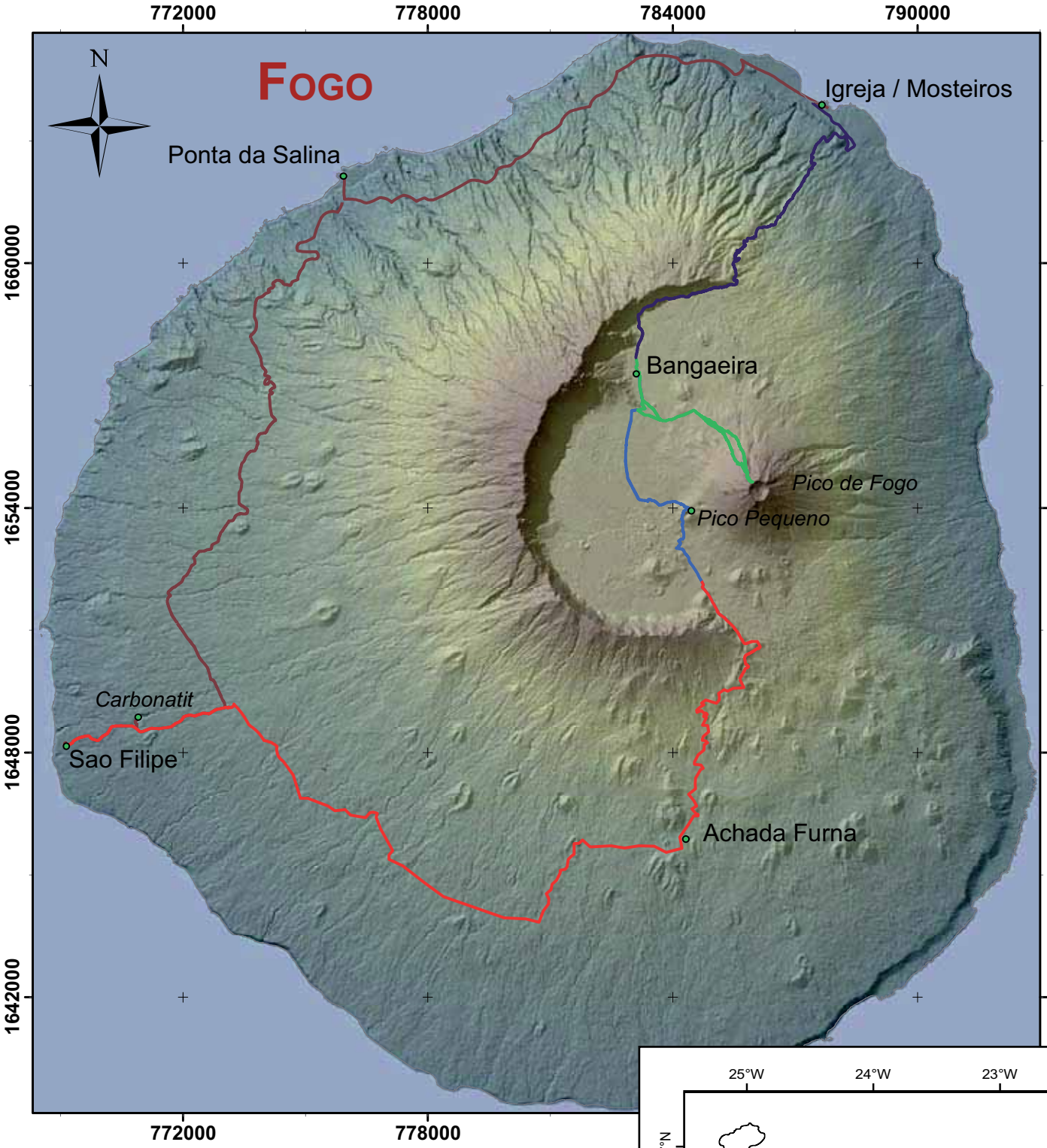
Höhenstufen [m ü. M.]

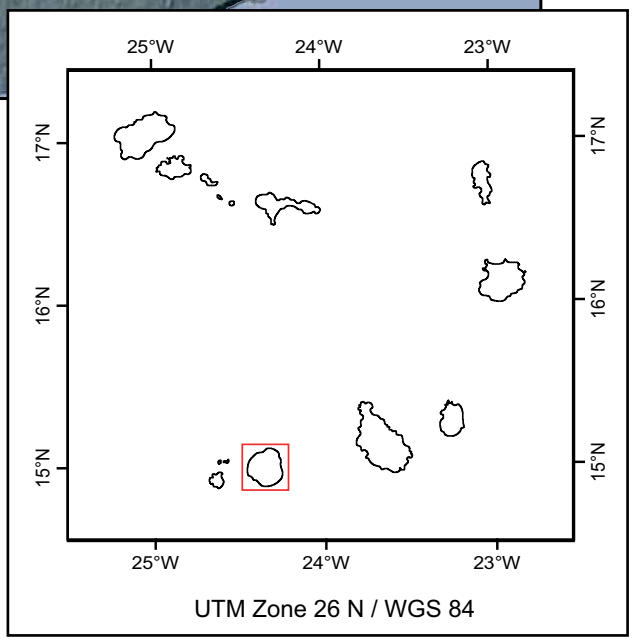
- > 1500
- 1000 - 1500
- 500 - 1000
- < 500

5 2,5 0 5 10 Kilometer

Kartographie: Franz, Herzog, Schenck - Universität / PH Heidelberg
Datengrundlage: DGM - SRTM 90m, eigene GPS-Kartierung 2009

8 Exkursionsroute





Höhenstufen [m ü. M.]

- Meereshöhe
- < 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 2500
- > 2500

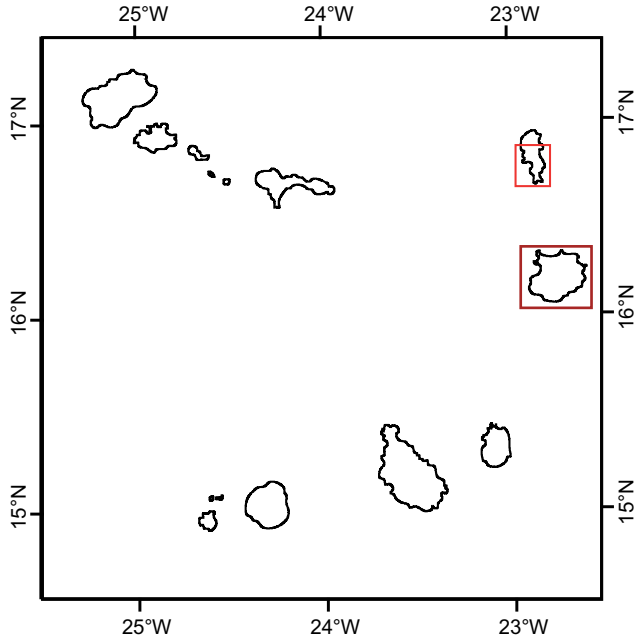
Legende

- Ortschaften
- Fahrt Sao Filipe - Caldeira
- Fahrt Mosteiros - Sao Filipe
- Wanderung Caldeira - Mosteiros
- Wanderung Pico de Fogo
- Wanderung Pico Pequeno

UTI

Kartographie: Schenck, Herzog, Franz - Universität / PH Heidelberg
Datengrundlage: DGM Olehowski (2007) eigene GPS-Kartierung 2009

0 2,5 5 10 Kilometer



Kartographie: Schenck, Herzog, Franz - Universität / PH Heidelberg
Datengrundlage: SRTM 90m, eigene GPS-Kartierung 2009

0 2,5 5 10 Kilometer

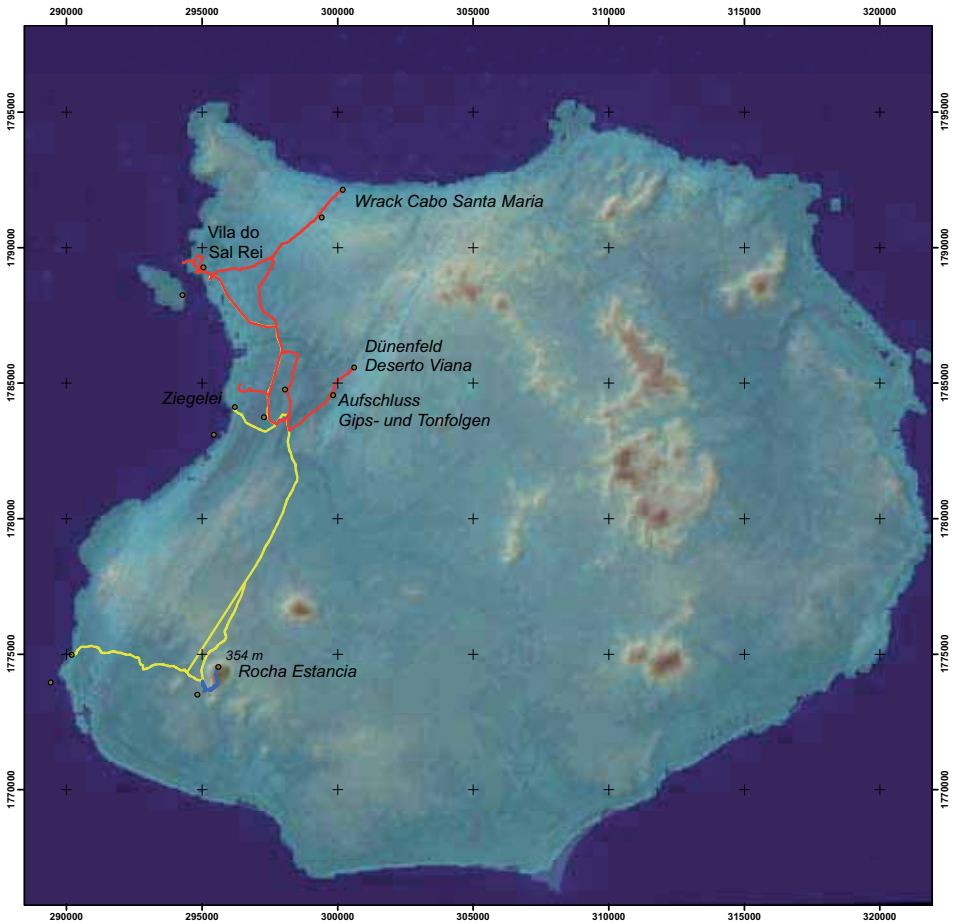
BOA VISTA

Legende

- Ortschaften
- Boa Vista Wanderung Rocha Estancia
- Fahrt Wrack und Dünenfeld
- Fahrt Rocha Esperanca und Strand Varandinha

Höhenstufen [m ü. M.]

- Meereshöhe
- < 50
- 50 - 100
- 100 - 200
- 200 - 300
- > 300



Von der Kolonie zur Demokratie

Geschichte & Sozialstruktur der Kapverden

Das 15. Jahrhundert war die Zeit der großen Eroberungszüge und Handelsreisen, wobei Heinrich der Seefahrer als Vorreiter Kapitäne aus verschiedenen Ländern verpflichtete. Zuerst entdeckt wurden die Kapverden im Jahr 1456 durch den Italiener Aloisio Cadamosto, offiziell anerkannt wurde aber erst die Entdeckung durch seinen Landsmann António da Noli im Jahr 1460, als die Inseln Maio, Fogo, Sal, Boa Vista und Santiago erstmals urkundlich erwähnt wurden. Darauf folgte 1461/62 der Auftrag an Diego Afonso, weitere Erkundungsfahrten zu unternehmen – er fand als erster die Inseln São Nicolau, Santa Luzia, Santo António, São Vicente, Razo und Branco.

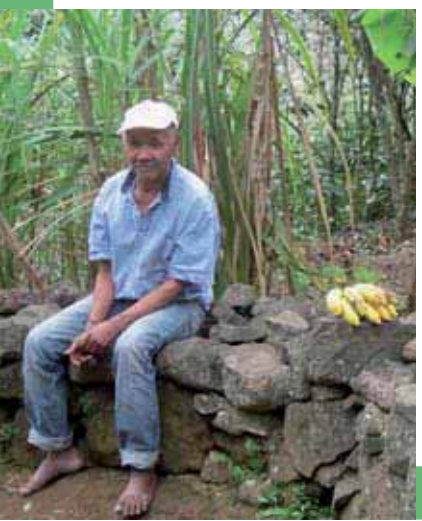
Die Anfänge als portugiesische Kolonie

Im Jahr 1466 erhielten Siedler das Recht, mit afrikanischen Sklaven und Waren zu handeln. 1468 regelte ein Vertrag den Export von Färberflechten (Rocella tinctoria, kreolisch: Urzella), und der intensive Handel mit verschleppten westafrikanischen Sklaven, von denen der Großteil aus Guinea-Bissau stammte, dauerte bis 1575 an. Zu dieser Zeit war Ribeira Grande, das heutige Cidade Velha auf der Insel Santiago, einer der wichtigsten Sklavenhandelshäfen und die Kapverden hatten – wenngleich auf zweifelhafter Basis – erste wirtschaftliche Erfolge vorzuweisen. Im Jahr 1494 legte der Vertrag von Tordesillas eine neue Grenzlinie in Nord-Süd-Richtung durch den Atlantik fest, welche die Einflusssphären Portugals und Spaniens definierte.

Ernste Krise & erneute Blütezeit

Ab Mitte des 16. Jahrhunderts verlor die Inselgruppe ihre zentrale Rolle als Sklavenumschlagplatz, die wirtschaftliche Situation verschlechterte sich zunehmend. Auch die Bedrohung durch regelmäßige Angriffe von Piraten aus England, den Niederlanden und Frankreich wurde immer problematischer. In den Jahrzehnten von 1580 bis 1640 war Portugal von den Spaniern besetzt. Im Jahr 1731 wurde Praia zur Hauptstadt der Kapverden.

Als 1790 die Kaffeepflanze eingeführt wurde, sich Großbritannien 1810 das Handelsvorrecht mit Brasilien und Portugal sicherte und man im Jahr 1830 mit der Salzproduktion auf der Insel Sal begann, bedeutete dies einen erneuten wirtschaftlichen Aufschwung für die Kapverden.1838 wurde Mindelo (São Vicente) durch die Engländer als Versorgungsstation (so genannter Kohlebunker) für die transatlantische Handelsschifffahrt ausgebaut. Zwanzig Jahre später ratifizierten die Kapverden Gesetze zur Abschaffung der Sklaverei, die 1878 endgültig in Kraft traten. Vier Jahre zuvor war eine Telegrafenstation auf São Vicente installiert worden, und der Anschluss an das Transatlantik-Telegrafenkabel brachte den Kapverden enorme Gewinne - eine neue Einnahmequelle war gefunden. Schon 1890 verzeichnete man wieder heftige Exportrückgänge.



1932 putschte sich António Salazar in Portugal an die Macht. Er führte eine diktatorische Herrschaft mit faschistischen Zügen.1951 wurden die Kapverden offiziell zur portugiesischen Überseeprovinz, was das Ende des Kolonialstatus bedeutete. Auf dem afrikanischen Festland war es zuvor zu einem guerillaartigen Befreiungskrieg gekommen. Amilcar Cabral, nach dem auch der Flughafen auf der Insel Sal benannt ist, gründete am 19. September 1956 die erste Partei, die binationale *Partido Africano da Independência da Guiné e Cabo Verde* (PAIGC). Fünf Jahre später wurden den Bürgern der Kapverden „portugiesische Bürgerrechte“ zugesprochen. Ein herber Rückschlag war die Ermordung von Amílcar Cabral 1973. Ein Jahr später ging mit der Nelkenrevolution (25. April 1974) in Portugal die Diktatur zu Ende.

Die portugiesische Kolonialherrschaft war für die Bevölkerung mit großer Armut verbunden gewesen. Die kargen Böden und die ständigen Dürreperioden erschwerten das Leben auf den Inseln und sorgten für Hungersnöte und ständige Bevölkerungsrückgänge. Migration ist daher ein Merkmal der kapverdianischen Gesellschaft und die Existenzgrundlage vieler Familien. Allein in Boston im Nordwesten der USA leben 180.000 Kapverdianer, 700.000 sollen es in aller Welt sein – bei nur 450.000 auf den Kapverden selbst.

Die Unabhängigkeit

Offiziell unabhängig wurden die Kapverden am 5.Juli 1975 unter dem Namen República de Cabo Verde. Noch im gleichen Jahr wurde das Land in die UNO aufgenommen, und ein Jahr später fanden – noch nach dem Einparteiensystem, das erst 1990 abgeschafft werden sollte – die ersten Wahlen statt. Erster Staatspräsident war Aristides Pereira, sein Premierminister Pedro Pires – ihre Regierung wurde zwei Mal wiedergewählt. Ein Jahr nach Verabschiedung der Verfassung im Jahr 1980 führte ein Putsch auf Guinea-Bissau zum Bruch des Bündnisses mit dem afrikanischen Küstenstaat, und die PAIGC musste sich in PAICV (Partido Africano da Independência de Cabo Verde) umbenennen. Das 1990 eingerichtete Mehrparteiensystem in einer parlamentarischen Demokratie erlaubte auch die Gründung der Partei MPD (Movimento para a Democracia), die 1991 erstmals bei Wahlen an die Macht kam und 1992 prompt die Staatssymbole (Wappen, Flagge und Nationalhymne) austauschte. Die Regierung wurde 1995 im Amt bestätigt

Kreolischer Kulturmix - die Kapverden heute

Bei den Wahlen 2001 kam erneut die PAICV an die Macht, Pedro Pires wurde Staatspräsident, José Maria Pereira Neves Premierminister. 2006 wurde sie wiedergewählt. Seit 2008 zählen die Kapverden nicht mehr zur Gruppe der Least Developed Countries und wurden inzwischen in die World Trade Organization aufgenommen. Seither gilt das Land als politisch stabiler, souveräner Staat, der sich selbst als Brückenglied zwischen Europa, Afrika und

Abb. links: Kapverdischer Händler. Oben: improvisierte Malstunde am Rande eines Infiltrationsexperimentes

Amerika versteht. Dennoch benötigen die Kapverden nach wie vor finanzielle Unterstützung für ihre Bemühungen um wirtschaftliche Entwicklung.

Die Gesellschaftsstrukturen der jungen Republik lassen sich auf die einzelnen Besiedlungsphasen zurückführen. Der Anteil der Mulatten liegt bei ca. 71%, Afrikaner machen rund 28% der Bevölkerung aus und Europäer knapp 1%. Die kreolische Mischkultur enthält sowohl Elemente afrikanischer Kultur als auch solche portugiesisch-europäischer Prägung. Zu den bedeutendsten afrikanischen Einflüsseln gehört etwa der Hackbau, der Gebrauch von Mörsern und Stößeln, die Speicherbauten. Die Frauen nehmen in der Gesellschaft eine wichtige Rolle ein. Weil die Männer im Ausland ihr Geld verdienen müssen, liegt die Kindererziehung und der Feldbau ganz in ihrer Hand. Zu den portugiesischen Kulturelementen kann man die Struktur der Städte, den Terrassenbau in der Landwirtschaft und die Erziehung und Bildung zählen.

Das Grundgefühl der kapverdianischen Gesellschaft wird von der „Sodade“ bestimmt, der von Weltschmerz und Wehmut geprägten Sehnsucht nach Emigration und dem Entkommen aus den armseligen Verhältnissen des Landes. Im Ausland verkehrt sich dieses Gefühl indes häufig in ein anderes Gefühl der Melancholie: Heimweh. Im Alter kehren viele der Arbeitsemigranten zurück in die Heimat. Mit dem gesparten Geld können sie sich und ihrer Familie den Lebensabend sichern.

Die Verteilung der Bevölkerung hängt von den ökonomischen Potenzialen ab. So schwankt die Besiedlungsdichte zwischen 6 Einwohnern/km^2 auf Boa Vista und 276 EW/km^2 auf São Vicente, wo sich die Bewohner hauptsächlich in Mindelo konzentrieren. Die Hälfte der Bevölkerung lebt auf der Hauptinsel Santiago. Die wirtschaftlich attraktiven Zentren sind die Insel Sal und die Städte Praia und Mindelo. Von 1990-2000 nahm die Verstädterungsrate von 45,9% auf 53,3% zu.

Neun von zehn Einwohnern sind katholischen Glaubens, die übrigen sind Protestanten oder Anhänger der Zeugen Jehovas. Drei Viertel der Bevölkerung sind jünger als 15 Jahre, während die Kohorte der 55- bis 70-Jährigen aufgrund extremer Hungersnöte in den 40er und 50er-Jahren fast komplett fehlt. 54% der Bevölkerung sind ledig, 16% sind verheiratet und 24% leben in Partnerschft. Während auf dem Land die Großfamilie noch Bestand hat, gibt es in den Städten meist nur noch kleinere Familien mit einem oder zwei Kindern. Ein durchschnittlicher Haushalt hat 4,6 Personen.

Investitionen in Bildung und Gesundheit

14,5% des Gesamtbudgets werden im Jahr 2000 für Bildung eingesetzt. Es besteht eine Schulpflicht für die Grundschule und die zweistufige Sekundarschule. 1999/2000 erreichte die Alphabetisierungsrate 72% der Erwachsenen über 18 Jahren, die Einschulungsrate lag bei 77%. Heute besuchen laut den Vereinten Nationen 9 von 10 Kindern die Schule. Seit 2001 gibt es in Praia die erste Universität des Landes.

Das Gesundheitswesen wurde im Jahr 2000 mit 5,3% des Gesamtbudgets unterstützt. Zwei zentrale und drei regionale Krankenhäuser sowie 82 Gesundheitszentren werden unterhalten. Trotzdem kam im Jahr 1999 nur ein Arzt auf 4274 Einwohner.

30 Jahre, nachdem auf den Kapverden zum ersten Mal die Krankheit AIDS diagnostiziert wurde, kann man heute sagen, dass „nur“ 0,8% der Bevölkerung mit HIV infiziert sind – für afrikanische Verhältnisse eine echte Erfolgsgeschichte, die auf aktive Bildung zurückzuführen ist: 97% der Bevölkerung sind mit AIDS-Aufklärungsprogrammen erreicht worden. In 10 Jahren wurde der Anteil derer, die Kondome benutzen, verdoppelt.

Nach wie vor leben durchschnittlich 40% der Bevölkerung unterhalb der Armutsgrenze, rund ein Drittel von ihnen in extremer Armut. Die Grundversorgung der Menschen auf den kapverdischen Inseln ist zwar in der Verfassung geregelt, kann aber aus ökonomischen Gesichtspunkten nicht immer gewährleistet werden. In Berichten des United Nations Development Programme (UNDP) über die menschliche Entwicklung rangierte das Land im Jahr 2001 auf 91. Stelle von 174 Ländern, was seine Lebensqualität betrifft. Entscheidend für diesen Wert sind das Pro-Kopf-Einkommen (ca. $ 1500 US), eine Alphabetisierungsrate von 71,9% und die Lebenserwartung von 69,4 Jahren.

Unter den 43 Staaten südlich der Sahara liegen die Kapverden an siebter Stelle – ein Erfolg, der auf Investitionen im Bildungssektor und im Gesundheitswesen zurückzuführen ist. Seit Anfang Januar 2008 werden die Kapverden nicht mehr zu den „Least Developed Countries“ gezählt.

Dana Frödert & Markus Engler

Literatur

Börsch, D. (2001): Kap Verde. Inselstaat im Atlantik. – In: Geographie und Schule, Heft 130, S. 29-37.

Diezemann, E. (2001): Kapverdische Inseln. Die Inseln der Glückseligkeit. Ascheberg. S. 22-31.

Hofmeier, R., Mehler, A. (Hrsg.): Kleines Afrika-Lexikon. Politik – Wirtschaft – Kultur. (Lizenzausgabe für die Bundeszentrale für politische Bildung 2005) S. 147-149

Imber, W., Gygax, K. (1971): Atlantische Inseln. Azoren, Madeira, Kapverden. Bern. S. 151-155.

Lobban, R. (1995): Cape Verde. Crioulo colony to independent nation. Boulder, San Francisco, Oxford.

May, S. (1985): Tourismus in der Dritten Welt. Von der Kritik zur Strategie: Das Beispiel Kapverde. S. 212-226.

Studienkreis für Tourismus und Entwicklung e.V. (2007): Kap Verde verstehen. S. 6-7, 14-15.

Geomorphologie

Michael Werner, Katja Romanski, Linda Lüdemann & Manuel Herzog

Alle Inseln des kapverdischen Archipel sind vulkanischen Ursprungs. Dennoch hat jede ihr eigenes Gesicht entwickelt, weil die Inseln unter den räumlich und zeitlich stark variierenden klimatischen Bedingungen und aufgrund ihres unterschiedlichen Alters völlig unterschiedlich stark überprägt wurden. So bildeten sich Formen wie die spektakulären Cirques und Steilküsten auf Santo Antão, die in krassem Kontrast zu den sandigen Flachküsten der Ostinseln Boa Vista, Sal und Maio stehen. Im folgenden Kapitel wird diese vulkanogene Entstehungsgeschichte beleuchtet und gezeigt, welcher fluviale, marine und äolische Formenschatz sich auf dem vulkanischen Ausgangsmaterial entwickelt hat – und unter welchen auf jeder Insel einzigartigen Bedingungen.

1. Vulkanogener Formenschatz

Der Pico de Fogo, mit 2829 Metern der höchste Berg der Kapverden und nach dem Teide auf Teneriffa der zweithöchste im Atlantik, liegt rund 7000 Meter über dem Meeresboden der Kapverden-Schwelle. Auf einen flachen Schildvulkan sattelte sich zu Beginn des Tertiär vor rund 60 Mio. Jahren ein steiler Schichtvulkan, der eine Höhe von 3500 m über dem Meer gehabt haben mag. Nach bisheriger Lehrmeinung hinterließ in der Folge ein einstürzender Magmaschlot einen Einbruchkessel von acht Kilometern Durchmesser und den Kraterrand der Bordeira, dessen Felswände sich fast 1000 Meter über die Cha das Caldeiras erheben. Auf der Seite von Mosteiros ist der Ringwall völlig abgerutscht. Jüngere Ausbrüche schufen im östlichen Teil der Caldera den 1200 Meter hohen aktiven Pico. Er baut sich als vulkanischer Innenkegel in der Cha das Caldeiras auf. Obwohl er 1200 Meter über dem alten Kraterboden steht, überragt er das Kraterwandgebirge der Bordeira do Fogo nur um etwa 200 Meter.

Abb. 1: Der Pico de Fogo (2829 m) von Westen betrachtet, im Vordergrund der Pico Pequeno

1.1 Lava-Typen

Auf der Insel Fogo, speziell in der Cha das Caldeiras, findet man zwei Lavatypen vor, die Aa-Lava und die Pahoehoe-Lava, die beide zur Gruppe der basaltischen Laven gehören, die bei Temperaturen von 1000 bis 1200°C gefördert werden und wegen der hohen Temperatur und des geringen Kieselsäuregehalts ausgesprochen dünnflüssig sind, sodass sie sich schnell und über weite Strecken ausbreiten können. Aa-Lava ist etwas viskoser als Pahoehoe-Lava. Aufgrund der langsameren Fließgeschwindigkeit, bildet sich eine Kruste. Bewegt sich die Lava weiter fort, zerbricht die Oberfläche in raue, scharfkantige Brocken und Klumpen (Press 2003). Pahoehoe-Lava entsteht, wenn sich eine dünnflüssige Schmelze (geringe Viskosität; gasarm) schichtförmig ausbreitet und ihre Oberfläche beim Abkühlen in Form einer dünnen, glasigen Haut erstarrt. Fließt eine solche Schmelze unter der Oberflächenhaut weiter, bilden sich auf der Oberhaut strickleiterförmige Strukturen aus (Press 2003). Pahoehoe-Lava kann beim Fließen in Aa-Lava übergehen, aber niemals umgekehrt. (Abb. 2 und 3.) Die Pillow-Lava, wie sie etwa im Südwesten von Boa Vista zu finden ist, entsteht, wenn basaltische Lava unter Wasser ausfließt oder sich ins Meer hinein ergießt. Dabei bilden sich charakteristische Kissenlaven aus, die durch eine glasig

abgeschreckte Haut, eine rundliche, etwa ein Meter große kissenartige Form und oft durch feinkristallines Material im Inneren gekennzeichnet sind (MARKL 2008). Die glasige Haut entsteht, wenn das Magma mit Wasser in Berührung kommt und dabei äußerlich schnell abkühlt, während das Innere noch flüssig ist.

1.2 Magmatische Gesteine

Magmatische Gesteine sind im wesentlichen Kristallationsprodukte des Magmas, glutheißer, silikatischer Schmelze. Die Magmatite werden nach ihrer geologischen Stellung in drei Gruppen unterteilt: Plutonite, Vulkanite und Ganggesteine (MATTHES 2001). Die Plutonite sind Tiefengesteine: Das Magma ist noch innerhalb der Erdkruste langsam erstarrt, so dass die Mineralbestandteile auskristallisieren. Dies hat eine gleichmäßig-körnige bis grobkörnige Struktur zur Folge. Vulkanite sind Ergussgesteine, das heißt, die Gesteine haben sich aus der Oberfläche schnell erstarrter Lava gebildet. Durch das schnellere Abkühlen haben sich feinkristalline Gesteine ausgebildet (LESER 2005). Zu den Vulkaniten gehören auch Ganggesteine und die vulkanischen Förderprodukte, wie Asche, Tuffe und Lapilli.
Eine Besonderheit der Kapverden sind die *Karbonatite*, die zu den Plutoniten zählen. In der Nähe von Sao Filipe auf Fogo findet sich ein primärer Karbonatit, der heute als „Insel" in einem ehemaligen Flussbett ansteht. Der ehemalige Flusslauf hat sich hier einen Weg um den Karbonatit gebahnt. Karbonatite deuten häufig auf Mantelplums hin und enthalten fast kein SiO_2 – ihre Schmelze besteht hauptsächlich aus Karbonaten und ist dünnflüssig, da keine vernetzten Si-O-Ketten für Zähigkeit sorgen. Sie sind Mantelschmelzen und treten häufig mit Nepheliniten auf, wenn karbonatreicher Mantel aufgeschmolzen oder eine CO_2-reiche basaltische Schmelze stark fraktioniert wird.(MARKL 2008). Sie sind innerhalb von intrakontinentalen Riftzonen besonders häufig (MATTHES 2001).
Basaltische Gesteine, die den gesamten Ozeanboden aufbauen, sind auch auf den Kapverden die am häufigsten auftretende Gesteine. Dunkelgrau bis schwarz und sehr hart mit porphyrischem Gefüge, stellen sie das vulkanische Äquivalent zum Gabbro dar. Hauptminerale sind Pyroxene, Plagioklase oder Foide. Basaltische Schmelzen sind immer Mantelschmelzen, die bei ihrer Extrusion zwischen 1000° und 1300° heiß sind. Basaltische Vulkane sind meist wenig explosiv, da die Schmelzen heißer und aufgrund ihres geringen SiO_2-Gehaltes dünnflüssiger sind. Diese Eigenschaften führen auch zu Phänomenen wie Lapilli oder Bomben (MARKL 2008). Eruptierte Lava kühlt als zusammenhängendes Gesteinsgefüge schnell aus, je nach Temperatur und Gasgehalt als Pahoehoe-Lava oder als Aa-Lava erstarrt. Findet die Abkühlung jedoch verzögert statt, entstehen durch das Zusammenziehen nicht selten meterlange eckige Basaltsäulen (Säulenbasalt), die sich senkrecht zur Abkühlungsfläche bilden – bevorzugt mit einer hexagonalen (sechseckigen) Geometrie.
Das neben Basalt häufigste Gestein der Kapverden ist Phonolith, ein dichtes und hartes, grau-grünes bis bräunliches Ergussgestein aus Alkalifeldspäten und Aluminiumoxiden, das sich meist plattig absondert und beim Anschlagen klingt – daher auch der Name „Klingstein".
Neben Lava und vulkanischen Dämpfe fördern Vulkane verschiedene feste Produkte wie Bomben, Lapilli, Aschen, Tuffe und Bimse – zusammengefasst als Tephra. Sie wird nach Korngrößen unterteilt. Feine Partikel mit einem Korndurchmesser unter 2 mm werden als Asche bezeichnet, die sich mit Wasser zu Tuff verfestigt. Auswurfmaterial bis zu 64 mm wird als Lapilli bezeichnet, größere Lavafetzen, die sich durch Rotation in der Luft zu Gesteinsformen verfestigen und vor dem Aufprall erstarren, nennt man Bomben. An den Hängen des Pico de Fogo sind diese Förderprodukte in großen Mengen zu finden. Pyroklastische Gesteine entstehen bei hoch-

Abb. 2: Stricklava auf einem Strom von Pahoehoe-Lava im Fogokrater

Abb. 3: Karbonatit in altem Flussbett bei Sao Felipe, Fogo.

Abb. 4:
Solche Säulenbasalte entstehen, wenn Lava langsam abkühlt.

energetischen und gasreichen Eruptionen. Die plötzliche Volumenzunahme von Gas, das nicht mehr unter Druck steht, zerreißt die umgebende Schmelze regelrecht und schleudert sie aus dem Krater (MARKL 2008). Ein weiteres Auswurfsmaterial ist Bimsstein – ein helles, aus kieselsäure- und gasreicher Lava schaumig erstarrtes Gesteinsglas, das vor allem auf Santo Antão vorkommt. Bimse haben amorphe Strukturen ohne erkennbare Kristalle und sind so leicht, dass sie auf Wasser schwimmen. Auf Santo Antão wird der Bims als geologischer Zeitmarker verwendet. Bims wurde in der Zeit von 220 000 bis 170 000 Jahren abgelagert. Daraus folgt, dass die Gesteine über oder unter dem Bims geologisch jünger bzw. älter sind.

Abb. 5:
Starke chemische Verwitterung legt frühere Spaltenfüllungen frei, die auf Portugiesisch Filões heißen.

1.3 Dikesysteme

Dikesysteme, auch Gangsysteme genannt, kommen auf den kapverdischen Inseln vor allem auf Fogo und Santo Antão vor. Es handelt sich um magmatische Füllungen vertikaler, radialer oder ringförmiger Spalten im Vulkanbau. Sie entstehen, wenn die Lava zur Oberfläche aufsteigt und entlang von Schwächezonen in das Vulkangebäude (ältere Schichten) intrudiert und dort erstarrt – oft zu Säulen oder plattenförmigen Körpern mit großer Längsausdehnung und geringer Breite, die senkrecht zum Nebengestein stehen. Erosion legt diese inneren Strukturen als so genannte Filões wieder frei, die das frühere Netz von Haupt- und Nebengängen, erkennbar machen. .

1.4 Historische Geologie

Im Übergang vom Perm zur Trias vor rund 251 Millionen Jahren erstreckt sich der Großkontinent Pangäa als Ergebnis der variskischen Gebirgsbildung über den Globus, flankiert von den Großozeanen Phantalassa im Westen und Thetys im Osten. Das Gebiet des heutigen Atlantiks ist ein flaches Becken im Zentrum Pangäas. In der mittleren Trias beginnt die Riftbildung zwischen dem heutigen Nordafrika und Nordamerika. Spreizungstendenzen lassen Grabenstrukturen einbrechen, in die verstärkt rote Sandsteine sedimentiert werden. Am Übergang zum Frühjura findet entlang der ersten großen Verwerfungslinien teils exzessiver Vulkanismus statt. In der Folge weitet sich die Thetys über das heutige Mittelmeer in das absinkende Becken des Zentralatlantiks aus. Im ariden Klima führt das zur Ablagerung mächtiger Karbonatsedimente bis in die Unterkreide.

Zeitalter
Paleozän ca.65 Ma-55 Ma
Oberkreide ca. 100 Ma -65Ma
Albium–Aptium ca. 125 Ma -99 Ma(mittlere Kreide)
Unterkreide ca.145 Ma -100 Ma
Jura ca199 Ma -145 Ma

Der Intraplattenvulkanismus aufgrund andauernder Krustenschwächung setzte mit dem Beginn des aktiven Seafloor-Spreadings während des Aptiums (vor ca. 112 Ma) in der unteren Kreide ein. Verstärkte tektomagmatische Aktivität verhindert weiteres Absinken des zentralatlantischen Beckens und führte zur Bildung mehrerer Rücken im Atlantik, auch den „Cape Verde Rise“, auf dem die Kapverden in rund 4000 Metern Tiefe aufsitzen. Die geologische Geschichte lässt sich insbesondere auf der Insel Maio genau untersuchen. Teilweise lassen sich die hier vorliegenden Sedimente mit ungestörten Schichten im senegalesischen Becken an der Küste Westafrikas in Verbindung bringen. Für die gesamten Kapverden liegen erst wenige und zum Teil widersprüchliche Datierungen der vulkanischen Entwicklung vor anhand der K/Ar bzw. Ar/Ar-Methode vor. Beide Methoden basieren darauf, dass Isotopenverhältnisse verraten, wann ein Mineral zuletzt unter seine Erstarrungstemperatur abgekühlt ist – ab dem Moment zerfällt etwa das Ar^{39}, während Ar^{40} erhalten bleibt.

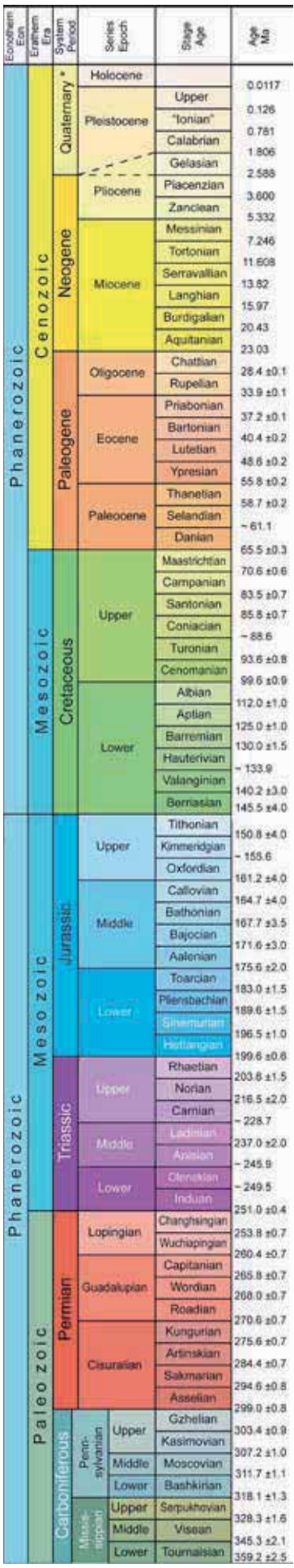
Nach STORETVEDT (1987) begann die Entstehung der kapverdischen Inseln vor ca. 135 Ma mit Pillow Laven, die bis zum Aptium von pelagischen Sedimenten überlagert wurden. An diesem Übergang bildeten sich dunkle Tonschichten in den großen Schelfmeeren. Die marine Sedimentation setzte sich teils bis zum Ende der Kreide fort und ergab eine recht einheitliche Stratigraphie.

Der „Uplift“ der Insel wird ebenfalls mit dieser Grenze in Verbindung gebracht, verursacht durch einen Intrusionskörper im Zentrum Maios. Dieser zog in zwei Eruptionsphasen die aufliegenden Sedimente mit nach oben und durchstieß sie, bevor im Tertiär die subaersische Phase begann, gefolgt von einer langen Phase der Erosion, die erst mit Einsetzen des

Sedimentgestein
Schelf Karbonate
Pelagische Sedimente
Schwarztone
Karbonatische Sedimente
Karbonatische Sedimente

Abb. 6a: Sedimenttypen in der späten Trias und im Frühtertiär

Abb. 6b: Geologische Stratigraphie, Quelle: http://www.stratigraphy.org/



jüngeren Vulkanismus im Miozän und Quartär endete.

2. Fluvialer Formenschatz

2.1 Reliefgestaltung

Anhand der morphologischen Differenzierung kann man die kapverdischen Inseln grundsätzlich in zwei Teile gliedern: Die relativ flachen östlichen Inseln und die gebirgigen, stärker differenzierten Inseln mit bis zu 3000 Metern Höhe. Als primäre Ursache der differenzierten morphologischen Entwicklung gelten regional ungleichmäßige Hebungsvorgänge unterschiedlichen Ausmaßes sowie das unterschiedliche Alter der Inseln (GIER, KLUG 1990), sowie klimatische Faktoren.
Alle Inseln des Archipels sitzen auf einem prämiozänen, submarinen vulkanische Sockel. In einer ersten Annäherung könnte man annehmen, dass hauptsächlich marine und äolische Prozesse die dominante Rolle bei der Formung der Erdoberfläche spielen. Enge, tiefe Schluchten sowie Wasserfälle sind jedoch wichtige Hinweise darauf, dass auch die enormen Kräfte des fließenden Wassers bei der Herausbildung der Oberfläche von großer Bedeutung waren. Auch die Tatsache, dass zahlreiche Täler aus hartem Gestein herausgeschnitten wurden und der Hauptteil der Erosion in einer relativ kurzen Periode vonstatten ging, sind deutliche Zeichen, wie wichtig das an der Oberfläche fließende Wasser für die morphologische Entwicklung dieses Gebietes war und ist.
In den jüngeren Tälern wird durch die steilen seitliche Abhänge Material unter Schwerkraft nach unten Richtung Talboden bewegt, wo man heute vielerorts „rock debris“ aller Größen entdecken kann. In älteren Tälern indes findet sich selten Material größer als Kies (MITCHELL-THOMÉ 1976).

2.2 Hang- und Talformen

Grund für die Vielfalt der Hang- und Talformen auf den Kapverden ist die differenzierte Klimaaustattung sowie die große Variationsbreite im Altersspektrum der Inseln – wobei sich die Klimabedingungen während der Talmorphogenese immer wieder änderten, ebenso wie die Höhenlage der Erosionsbasis, die aufgrund eustatischer Meeresspiegelschwankungen variierte. Grundsätzlich werden zwei grundverschiedene Talformtypen unterschieden: Trogförmige, weiträumige Erosionskesseltäler (WIRTHMANN 1973) und enge, schluchtartige Kerbtäler.

2.2.1 Erosionskesseltäler

Auf Santo Antão im Nordwesten der Inselgruppe finden sich zahlreiche Erosionskesseltäler. Die Insel ist entlang ihrer Längsachse vom Cova do Paul zum Tope do Coroa (1979 m) rund 1400 Meter hoch. Die orographischen Verhältnisse bewirken eine ausgeprägte hygrische Differenzierung aufgrund von Staueffekten des Nordostpassates, was zu einem Reliefgegensatz zwischen dem Norden bzw. Nordosten und dem südlichen Inselteil führt. Diese Luv-Lee-Teilung bestand schon während der Haupterosionsphase der Talbildung. Deshalb ist der nördliche, feuchte Teil der Insel geprägt von bis zu 1600 Meter tiefen, weiträumigen Tälern mit kesselförmigen Talschlüssen, die bis in die Gipfelregion reichen. Die südlichen Leebereiche hingegen sind kaum zerschnitten. Hier reichte das Wasserangebot nicht zur Talbildung, auch wurden Reliefsenken von jüngerer Lava überprägt wurden. Unter heutigen Klimabedingungen ist dieser als „erosive Hangentwicklung“ bezeichnete Prozess (WIRTHMAN 1973) auch im Norden Santo Antãos mangels regelmäßiger Starkniederschläge nicht mehr möglich.
Die kraterähnlichen Täler im Norden legen den Vergleich mit echten Calderen nahe. Charakteristisch für diese Erosionskesseltäler ist der Knick zwischen Steilhang und Fußzone, der nicht immer auf Gesteinsunterschiede zurückzuführen ist, auch wenn Petrovarianz eine entscheidende Rolle spielt. Der steile, wandartige Oberhang mit Hangneigung von 60-80° übersteigt den konkav ansetzenden Unterhang, der eine bis zu 45° geneigte Fußrippenzone ausbildet. Durch die Oberhänge ziehen sich tiefe Runsen, deren Flanken einander schneiden. Neben der beschriebenen Idealform existieren im Norden Santo Antãos auch noch Kesseltäler, die sich in einer frühen Phase der Morphogenese befinden. Hier ist die Fußrippenzone noch nicht bzw. nur marginal ausgebildet, die zerrunsten Steilhänge reichen bis zur Talsohle herab, die noch äußerst schmal ist.
Erosionskesseltäler sind grundsätzlich an tropisch-subtropische Feuchtklimate mit ent-

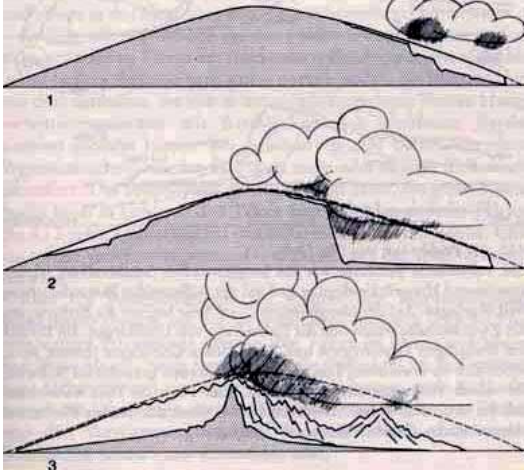


Abb. 7: Cirque-Genese nach Wirthmann (1994)

sprechender Tiefenverwitterung und hohen Niederschlagsmengen von über 2000 Millimeter pro Jahr gebunden. Außerdem muss steiles Ausgangsrelief von über 100 Metern Höhe vorliegen. Aufgrund der räumlich begrenzten Verbreitung der Erosionskesseltäler, die nur in der einzigen tropisch-feuchten Region der Inselgruppe der Kapverden zu finden sind, sind die hierfür entscheidenden morphodynamischen Prozesse eindeutig klimatisch gebunden. Die hohen Temperaturen sowie die lang andauernde Durchfeuchtung führten im Nordteil Santo Antãos zu einer üppigen Vegetation sowie tiefgründiger chemischer Verwitterung (KLUG 1977).

Die hier anstehenden Basalte weisen geringe Korngrößen auf und setzen sich aus leicht verwitterbaren Silikaten wie Plagioklas, Olivin und Augit zusammen. Das macht sie besonders anfällig für tiefreichende chemische Verwitterung. Deren Intensität hängt bei gleichen Temperatur- und Substratbedingungen vor allem von der Dauer der Durchfeuchtung ab, die auf den Passat-zugeneigten Flanken der höheren Inseln acht bis zehn Monate andauert. Hier findet die Abtragung praktisch ausschließlich auf einer mächtigen, immer wieder erneuerten Verwitterungsdecke statt. Die Verwitterung zerkleinert also nicht nur das Gestein, sondern nimmt durch den Transport großer Mengen gelöster Stoffe die Abtragungsarbeit schon teilweise vorweg.

Am Steilhang wird die flächenhafte Abspülung (Denudation) um ein Vielfaches von linienhafter Erosion entlang engständiger Runsen übertroffen, die vor allem bei Starkregen zu regelrechten Wasserfallbahnen werden. Auch die dichte Vegetation verhindert flächenhaften Abfluss. Die Runsen sind im Abstand von einigen zehn bis 100m angeordnet und vertiefen sich im Laufe ihrer Entwicklung ständig.

Ihre Eintiefung des Gerinnebettes führt zu einer Zunahme des Erosions- und Transportvermögens. und zu einer Rückverlegung des Hanges.

Auch die aufgrund exzessiver Regenfälle häufigen Rutschungen leisten eine nicht zu unterschätzende Abtragungsarbeit. Bei diesen „debris flows“ können Blöcke im Ausmaß von Kubikmetern zu Tal stürzen. Auch diese gravitativen Massenbewegungen tragen im Norden Santo Antãos zur raschen Rückverlegung der Steilhänge bei. Dies führt dann zu einer Talweitung und schließlich zur charakteristischen Form der Kesseltäler.

Abb. 8: Erosionskesseltal auf Santo Antão. Die Cirquegenese ist nicht mehr aktiv, am Hangfuß sammelt sich Schutt.

Abb. 9: Landsat-Szene auf SRTM-Höhenmodell, Echtfarbendarstellung. Links im Bild die flache Südseite Santo Antãos, rechts die Nordwestflanke der Insel mit tiefen Kesseltälern. Im Zentrum der Krater Cova do Paul.

2.2.2 Cirquegenese

Mit der erosiven Hangentwicklung verbunden ist eine Rückverlegung der Hänge, die schließlich zu der Verschneidung von Hängen und zur Gratbildung auf den Zwischentalscheiden führt, die in der Folge immer niedriger werden. (WIRTHMANN und HÜSER 1987). Dies kann bis zu einer vollständigen Zerstörung von Hängen führen, die lediglich niedrige Restketten bzw. pyramidenförmige Inselberge übrig lässt. Werden die Restketten vollständig erodiert, weiten sich die Erosionskesseltäler zu runden Hohlformen auf, sogenannten Cirques (frz.) bzw. Amphitheater (engl.). Die Breite dieser Erosionskessel beschreibt gleichzeitig ihren Entwicklungsstand: Je runder die Form des Kessels, desto weiter fortgeschritten ist die Cirquegenese. So ist der „Cha de Morte“ auf Santo Antão als fast kreisrunder Kessel mit 4 Kilometern Durchmesser ausgebildet. Im untersuchten Querschnitt liegt der höchste Punkt bei etwa 1400m, der niedrigste Punkt bei rund 400m über NN.

Neben den Erosionskesseln finden sich auch Akkumulationsformen, etwa Schotterterrassen im Talverlauf bzw. an dessen Mündung. Sie können als Folgewirkung glazial-eustatischer Meeresspiegelschwankungen bzw. tektonischer Hebungs- und Senkungsprozesse erklärt werden. Bei den teils beträchtlichen Akkumulationskörpern im Innern der Erosionskesseltäler handelt es sich zumeist um Reste von Talverschüttungen.

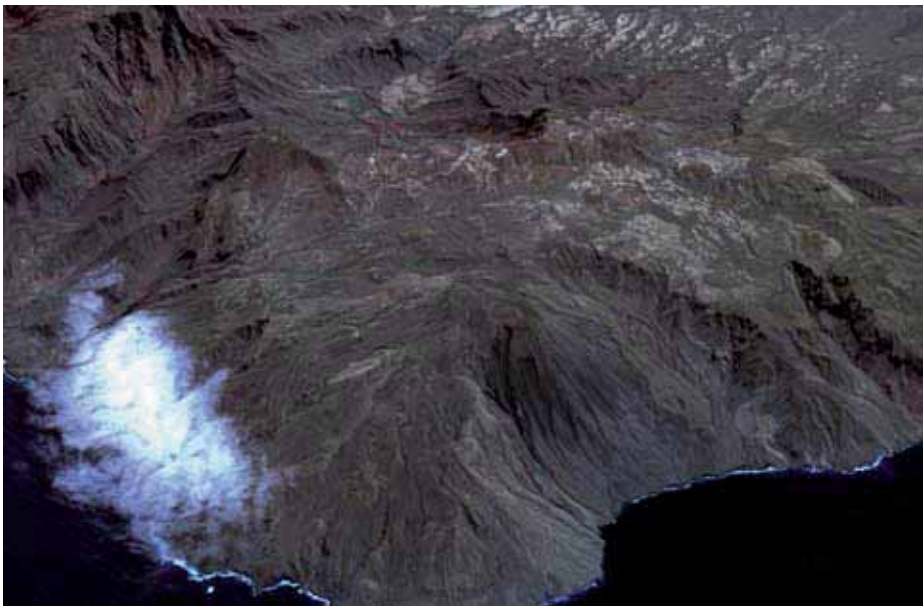
Mit den Erosionskesseltälern von Santo Antão formverwandt sind offene, weite Täler im Norden des über 1300m ansteigenden Inneren von Santiago. Hier sind allerdings die steilen Oberhänge meist schon beträchtlich aufgezehrt und infolge des Breitenwachstums der flacher geböschten Unterhänge werden die steilen Oberhänge niedriger. Da laut WIRTHMANN/KLUG (1977) bei der Genese der Erosionskesseltäler keine Hinweise auf wirksame Seitenerosion vorliegen, ist die Breite des Unterhanges ein Maß für die Rückverlegung des Oberhanges. Daraus folgt, dass diese Täler im Inneren Santiagos gealterte Erosionskesseltäler darstellen. Unter den heute hier vorherrschenden semihumid-semiariden Klimabedingungen dominiert die hangverflachende Denudation gegenüber der erosiven Komponente der Hangrückverlegung.

2.2.3 Kerbtäler

Kerbtäler treten überall dort auf, wo Trockenheit das Klima bestimmt bzw. wo die Landoberflächen aus jungen (quartären) Vulkaniten aufgebaut sind. Da heute arid-semiaride Klimabedingungen vorherrschen, überwiegt gegenwärtig die Kerbtalgenese. Alle weiteren Talformen sind Modifikationen der Kerb- und Kesseltäler.

Unter Hinzuziehung geeigneter Indikatoren, etwa Reliktböden, Kalkkrusten, fossilierte Pflanzen oder Kolluvialaufschüttungen, können aus den geomorphologischen Befunden Schlussfolgerungen hinsichtlich der klimagebundenen Talentwicklung gezogen werden und somit auch der Klimagang selbst rekonstruiert werden. Nach solchen Untersuchungen gehen die Erosionskesseltäler wohl auf das jüngere Tertiär, eventuell ins Pliozän, zurück. Die Entstehung fand unter randtropisch-humiden Klimabedingungen statt. Im Laufe des Quartärs wechselte die Morphodynamik aufgrund von Klimaveränderungen zu den für trockenere Gebiete typischen Formbildungsvorgängen. Die Aridität bestimmte, unterbrochen durch feuchtere Intervalle, zunehmend das Klima, sodass die Herausbildung von Kerbtälern begann (KLUG 1977).

Abb. 10: Aster-Szene von Santo Antão über SRTM-Höhenmodell. Oben im Bild der Kessel Cha de Morte, mit Lagen von Cao-Grande-Bimsstein (weiß). Links im Bild die zur Nordküste verlaufende Ribeira de Garça.



3. Mariner Formenschatz

3.1 Küstenmorphologie

Die Kapverden zeichnen sich durch einen reichen küstenmorphologischen Formenschatz aus. Je nach morphologischer Härte des vorherrschenden Gesteins und Grad der Brandungswirkung bilden sich unterschiedliche Küstenformen aus. Widerständiges Gestein , auf den Kapverden vor allem Basalt, begünstigt die Bildung steiler Kliffe, während leicht erodierbares Gestein, hier zumeist Kalk und Sandsteine, die Entwicklung niedriger Kliffe mit undeutlicher Form fördert. Da die vorrangig aus Basalten und Phonoliten aufgebauten Inseln im älteren Osten des Archipels größtenteils erodiert sind, treten Steilküsten fast nur auf den jüngeren Inseln auf. Auf den Ostinseln sind Flachküsten mit kilometerlangen, feinsandigen Stränden entstanden.
Dort verliert die Brandungswelle aufgrund der geringen Wassertiefe an Energie, bricht schon früh und läuft aus. Mit der periodischen Wellenbewegung wird nach und nach Strandmaterial erodiert und mittransportiert. Das Gesteinsmaterial, das nicht von der Brandungswelle mitgeführt werden kann, wird landeinwärts als Strandwall abgelagert. Hinter den Strandwällen beginnt meist der Bereich, der äolischen Prozessen unterliegt. So wird der Sand durch den Wind transportiert und dann als Düne landeinwärts wieder abgelagert. An der Flachküste befindet sich zwischen dem mittleren Niedrigwasser und dem mittleren Hochwasser der Bereich des Wellenrücklaufs. Durch den Sogeffekt, der Erosions- und Akkumulationsprozesse begünstigt, kann sich auf der Schorre ein Strandriff bilden. Typische Flachküsten mit Strandwällen findet man z.B. auf Boa Vista (Costa de Boa Esperanca, Praia de Carlota, Praia de Joao Barrosa) und Sal (Santa Maria, Baia da Murdeira, Baia do Algodoeiro).
An den Steilküsten trifft die Brandung ohne Energieverlust auf die steilen Hänge einer Küste. Die ozeannahen Gesteine sind der Erosion ausgesetzt und das anstehende Gestein wird freigelegt. Weil es beim Aufprall der Brandung zu druckvoller Kompression der Luft in den Klüften kommt und aufgrund der Verwitterung (Hydratation) erweitern sich die Klüfte im Gestein und die Widerständigkeit der Basalte wird vermindert. Der Sog des Brandungsrücklaufs trägt Lockermaterial mit sich, das dann in der untermeerischen Seehalde abgelagert wird (AHNERT 2003). Wo vorher die Gesteinsblöcke waren, entsteht ein flacher Hang, die sogenannte Abrasionsplattform oder Felsschorre. Sie wird durch die Brandung und den mitgeführten Gesteinsschutt erosiv abgeschliffen. Der Brandungsbereich des Steilhangs wird zunehmend unterschnitten, es bildet sich eine Brandungshohlkehle. Bricht der Hang darüber nach, entsteht wiederum ein Kliff.

Abb. 11: Steilküste auf Santo Antão auf der Wanderung von Ponta do Sol über Fontainhas nach Cruzinha

3.1.1 Kliffarten

Hinsichtlich des Profils und der Höhe eines Kliffs unterscheidet man zwischen Brandungskliffs, zusammengesetzten Kliffs und abtauchenden Kliffs. Das zusammengesetzte Kliff ist durch eine steile untere Kliffwand, die marin geformt wird und eine abgerundete obere Kliffwand, die terrestrisch beeinflusst wird, gekennzeichnet. Diese Form des Kliffs findet man z.B. im Norden der Insel Sal. Abtauchende Kliffs wie etwa auf Fogo oder Santo Antão (Ponta do Sol) setzen sich unter Wasser fort, weil große Wassertiefe die Entstehung von Brandungsbrechern verhindert

Abb. 12 & 13: Rockpools und Salzpfannen an der Ponta da Salina / Die Siedlung Ponta do Sol auf einer Küstenterrasse

und weil Sand und Geröll zur Bearbeitung der unteren Wandteile fehlen. Es herrscht also weitgehende Formungsruhe (EMBLETON-HAMANN 2007).
Tote Kliffs entstehen, wenn die Brandungserosion das aktive Kliff soweit zurückverlegt, bis es außerhalb des Wirkungsbereiches des Meeres liegt. Das erodierte Gesteinsmaterial kann nicht mehr von der Brandung mitgeführt werden und bleibt als Kliffhalde liegen. Nach einiger Zeit bildet ein Teil der Abrasionplattform meist einen Schotter- oder Sandstrand aus, der aus erodiertem Kliffmaterial und von der Brandung aufgearbeitetem Schutt besteht. So finden sich auf Fogo schwarze Lavastrände mit einem dahinterliegenden toten Kliff.

3.1.2 Küstenterrassen

Weiterhin lassen sich auf den Kapverden Meeresbodenküsten mit Küstenterrassen nachweisen. Küstenterrassen sind vormals unter Wasser gelegene Felsschorren/Abrasionsplattformen. Sie entstehen, wenn sich die Insel über den Meeresspiegel hebt – sei es wegen eustatischer Meeresspiegelschwankungen (klimabedingt variabler Wasserhaushalt) oder individueller vulkanischer oder tektonischer Vertikalbewegungen einzelner Inseln. Die frühere Uferlinie wird durch diesen Prozess zu einer gehobenen Uferlinie, dem Wirkungsbereich der Wellen entzogen. An der Stirnseite dieser Terrasse bildet das Meer neue Kliffs und Buchten aus. Da die Vertikalbewegungen der Erdoberfläche phasenweise erfolgen, werden unterschiedlich mächtige stufenartige Terrassen ausgebildet.
Küstenterrassen zwischen zwei und sechs Metern Mächtigkeit findet man auf allen Inseln. Im Süden der Insel Sal findet man Mächtigkeiten von bis zu sechzig, auf Maio und Santiago bis zu hundert Metern. Sie sind im Pleistozän entstanden (ZAZO 2007). Auf Fogo findet man die Form der Küstenterrasse mit dahinterliegendem ehemaligem Kliff z.B. bei Igreja und Mosteiros. Auf Santo Antão liegt der Ort Ponta do Sol auf einer großen Terrassenstufe.
Neben den Hauptküstenformen werden noch weitere Detailformen an Kliffen ausgebildet, die an das Vorkommen morphologisch harter Gesteine gebunden sind. Basalt etwa bietet Klüfte, Flächen und Linien, an denen die Brandungserosion angreifen kann (AHNERT 2003). Wo die Klüfte dicht geschart auftreten, können die Gesteinsblöcke besonders leicht erodiert werden. An Längstklüften entstehen meist Brandungsgassen. Wird ein vorspringender Teil des Kliffs durch eine Brandungsgasse vom übrigen Kliff abgetrennt, entsteht

Abb. 14: Brandungstor, Ponta da Salina, Fogo

Abb. 15: Quartäre Sandsteine auf Santo Antão, Wanderung von Ponta do Sol nach Cruzinha

auf der Abrasionsplattform ein Brandungspfeiler. Brandungstore und -höhlen entstehen, wenn höher gelegene Teile des Kliffs bei der Bildung einer Brandungsgasse aufgrund des festen Zusammenhalts mit dem Nachbargestein nicht nachbrechen, sondern als Bogen oder Decke stehen bleiben (AHNERT 2003).
An der Küste von Ponta da Salina auf Fogo haben sich neben den Küstenterrassen zahlreiche solcher Detailformen gebildet: Ein Brandungstor, eine Brandungshohlkehle, eine Brandungshöhle, sowie Brandungsnischen und Brandungsplattformen. Auf den Brandungsplattformen haben sich Pools und Salzpfannen (Ablagerung von Salz nach Verdunstung des Meereswassers) ausgebildet. Auch an der Steilküste im Norden Santo Antãos zwischen Ponta do Sol und Cruzinha findet man Brandungspfeiler, -tore und -nischen, sowie Brandungshohlkehlen.

Abb. 16: Randmarine Ablagerungen (Ton-Gips-Wechselfolgen) auf Boa Vista

3.1.3 Randmarine fossile Böden

Auf den Kapverden existieren Sedimentgesteine vorrangig auf den östlichen Inseln. Meist sind es Kalkablagerungen, von denen angenommen wird, dass sie vor allem im Miozän auf den Sockeln der Inseln bzw. am Rand der alten Kerne entstanden. Das geschah wie bei vielen Inseln vulkanischen Ursprungs im Zusammenhang mit einer Riffbildung. Zumindest die Vulkane der Ostinseln erreichten im Miozän die Meeresoberfläche oder wenigstens die Brandungszone (KLUG 1977). Die westlichen Inseln sind fast ausschließlich aus Basalt und Phonoliten aufgebaut, marine bzw. lakustrine Sedimente gelten als Ausnahme. Auf Santo Antão findet man jedoch im randmarinen Bereich bei Cruzinha fossile Ablagerungen und Wurzelversteinerungen, die als Relikte fossiler Böden gelten können (Abb.9). Es kann angenommen werden, dass sich nahe der Küste Santo Antãos ein Saumriff gebildet hat. Die Oberfläche des Saumriffs bildete entlang der Küste eine unebene Terrasse, die sich im Bereich des Niedrigwassers befand (vgl. Abb. in den Ausführungen zu Boa Vista). Wahrscheinlich kam es immer wieder zu isostatischen und eustatischen Hebungen und Senkungen, sodass phasenweise eine Bodenbildung und ein Pflanzenwachstum möglich war. Die sekundär verkalkten (stelzenartigen, mächtigen) Wurzeln legen die Vermutung nahe, dass es sich um Mangrovenwälder gehandelt haben könnte, die an die Bedingungen im salzig- brackigen Wasser der Riffpfanne bzw. Lagune angepasst waren. Das Brackwasser der Lagune wurde zusätzlich zur salzigen Flut des Meeres durch Niederschläge gespeist, sodass sich für die Mangroven optimale Bedingungen ergaben.

3.1.4 Quartärer Sandstein

Auf Boa Vista findet man Sedimentgesteine, die im Zuge der Saumriffbildung entstanden sind. Dazu zählt auch der quartäre Sandstein. Neben dem Sandstein findet man weitere Sedimente, die vermutlich zeitgleich entstanden

sind. Diese Sedimente treten geschichtet auf und bestehen aus verschiedenen Ton- und Gipsablagerungen. Es kann angenommen werden, dass sie in der Pfanne eines Riffs entstanden. Der Meeresspiegel lag vermutlich in vergleichbarer Höhe mit dem Rand der Riffpfanne, sodass phasenweise immer wieder Meereswasser in die Vertiefung schwappte und dann wieder verdunstete. Infolge der Verdunstung kam es zur initialen Auskristallisierung der gelösten Meerwasser-Bestandteile und es kam zur wiederholten dünnlagigen Ablagerung von Gips und Ton. Unter diesen Schichten findet man Basaltgestein.

4. Äolischer Formenschatz

Die Kapverdischen Inseln, insbesondere die flachen Ostinseln Sal, Boa Vista und Maio), sind durch aride und semiaride Bedingungen und eine unvollständige, lückenhafte Vegetation gekennzeichnet. Aufgrund der speziellen Lage innerhalb der Haupttransportachse des Saharastaubs fungiert die Sahara als Staub- und Sandlieferant. Durch die Windsysteme des Harmattan, Saharan Air Layers, Nordostpassats und des African Easterly Jet wird Sand und Staub in westlicher Richtung transportiert und auf den Kapverden abgelagert. Allerdings konnte die vielfach angenommene Theorie, dass ein Großteil des Sand- und Staubmaterials auf den Inseln aus der Sahara stammt, auf der Exkursion widerlegt werden. Eigene Laboruntersuchungen zeigen, dass es sich zumindest auf Boa Vista überwiegend um autochthones Material handelt.
Die auf den Kapverden vorherrschenden Windbedingungen begünstigen äolische Erosions- und Akkumulationsprozesse. Bei den äolischen Erosionsformen wird zwischen der kleinflächigen, bodennahen Korrasion und der flächenhaften Deflation unterschieden, wobei letztere auf den Kapverden dominiert.

Abb. 17: Wir konnten zeigen, dass der Sand im Deserto de Viana zum Großteil autochthon ist und anders als bisher angenommen nur zu geringen Anteilen aus der Sahara stammt

Besteht die Oberfläche aus verschieden großen Korngrößen (z.B. aus Schluff, Sand und Kies) kann die Deflation selektive Wirkung haben. Der Wind weht präferentiell Feinmaterial aus, grobe Komponenten bleiben zurück. So entsteht residuales Wüstenpflaster (auch Hamada, Serir oder Rikh genannt). Nach der Abtragung des ersten Feinmaterials erhöht sich der Grad der Deflation weiter, da die groben Gesteinskomponenten noch kräftigere Verwirbelungen verursachen.
Eine Sandakkumulation findet dann statt, wenn die Transportkapazität des Windes so stark nachlässt, dass keine Saltation und Reptation mehr stattfinden kann. Nachlassende Wind- und Schubspannungsgeschwindigkeiten können z.B. durch Veränderung des Windfeldes (Hindernisse, Leewirkung etc.) verursacht sein, aber auch durch veränderte Rauhigkeitswerte. Zu den großen Akkumulationsformen zählen Dünen, die meist an Hindernissen wie Steinen, Sträuchern oder aus anderen Gründen raueren Oberflächen entstehen. Sie halten den am Boden kriechenden Sand auf und es bildet sich ein flacher schildförmiger Sandhaufen, aus dem allmählich eine Düne mit dem charakteristisch asymmetrischen Profil – flach im Luv und steiler im Lee. An der steilen Leeseite werden die Sandkörner ständig vorgeschüttet und es stellt sich ein Schüttungswinkel von 30° ein. Deflation auf der Luv- und Akkumulation auf der Leeseite verursachen eine Bewegung der Düne. Bei dieser Wanderung des Dünenkamms geraten ehemalige Kamm- und Leeseitensandkörner in das Innere der Düne, bis sie wieder im Luv ankommen und durch Sal-

Abb. 18: Barchan im Deserto de Viana, Boa Vista

tation auf den Kamm getrieben werden (Zepp 2002).
Man unterscheidet grundsätzlich zwischen gebundenen Dünen, die entstehen, wenn sich Sand an Vegetation oder topographischen Hindernissen akkumuliert, und freien Dünen. Zu den gebundenen Dünen zählen z.B. die Parabeldünen, Leedünen, Echodünen und Sandrampen. Parabeldünen besitzen eine Sichelform mit luvwärts zeigenden Hörnern. An den Seiten ist der Sandtransport durch erhöhte Rauhigkeit, z.B. durch Sträucher häufig behindert, sodass der mittlere Bereich der Dünen schneller wandert.
Zu den freien Dünen zählen Transversaldünen, Akledünen, Längsdünen und Barchane. Barchane sind Dünen, die durch glatte Oberfläche, eine relativ geringe Sandverfügbarkeit, sowie starke Winde aus einer vorherrschenden Richtung begünstigt werden. Anders als bei der Parabeldüne besitzen sie eine konkav gekrümmte Leeseite, d.h. die Hörner wandern schneller als das Zentrum der Düne (Zepp 2002). Oftmals berühren sich Barchane bei der Wanderung seitlich, wachsen so zusammen und bilden eine quer zur Windrichtung verlaufende Dünenkette. Transversaldünen (Querdünen) werden in Gebieten mit großem Sandangebot und einer relativ konstanten Windrichtung gebildet und kommen deshalb oft an Sandküsten vor.
Auf den Dünen lassen sich kleine Akkumulationsformen wie Windrippel feststellen. Das sind bis zu 50 cm hohe Kleinstformen, die quer zur vorherrschenden Windrichtung verlaufen und durch einen asymmetrischen Aufbau, d.h. durch einen flachen Luvhang und einem steilen Leehang gekennzeichnet sind. Ihre Wellenlänge wird durch den Grad der äolischen Transportenergie bestimmt: Je höher, desto länger (wenige Zentimeter bis zu fünf Meter). Für die Rippelbildung, für die schon kleinste Unregelmäßigkeiten der überströmten Oberfläche genügen, ist der Transportmechanismus der Reptation von großer Bedeutung, welcher die Sandkörner auf den Kamm der Rippelmarken treibt (Stengel 1992).
Auf den Kapverden findet man Dünenfelder vor allem auf der Insel Boa Vista, die zu 15 Prozent mit Sand bedeckt ist. Im Norden der Insel, östlich von Estancia Baixo erstreckt sich das Dünenfeld „Deserto Viana“, das vor allem aus feinem, hellem Kalksand besteht und zusätzlich mit Sand und Staub aus der Sahara gespeist wird. Bei den vorherrschenden Dünentypen handelt es sich hauptsächlich um Barchane und Transversaldüne. Die spärliche und lückenhafte Vegetation begünstigt das Wandern der Dünen, was eine Bedrohung für landwirtschaftliche Flächen und Siedlungen darstellt. Auch das Betreten der Dünen und touristische Offroadtouren bewirken verstärkte Dünenwanderung, da dadurch die ohnehin schon spärliche Vegetation verstärkt abgetragen wird.

Literatur

Ahnert, F. (2003): Einführung in die Geomorphologie. 3.Auflage. Stuttgart.

Embleton-Hamann, C.(2007): Geomorphologie in Stichworten. Exogene Morphodynamik. 6. Neubearbeitete Auflage. Suttgart, Berlin.

Duprat, H.I., Friis, J., Holm, P.M., Grandvuinet, T., Sorensen, R.V. (2007): The volcanic and geochemical development of São Nicolau, Cape Verde Islands : Constraints from field and 40Ar/39Ar evidence. In Journal of Vulcanology and geothermal research.

Foeken, J., Stuart, F., Day, S., Wall, F. (2007): Carbonatite seamount formation and first subarial exposure of Fogo (Cape Verde Islands): results from apatite and pyrochlore (U-Th)/He dating.

Gier, S., Klug, H. (1990): Untersuchungen zur Reliefentwicklung der Kapverdischen Inseln am Beispiel der Inseln Sal, Santiago und Santo Antão. In: Courier Forsch.-Inst. Senckenberg, 129: S. 43-46.

Klug, H. (1977): Vergleichende Studien zur Tal- und Hangentwicklung auf den Kanarischen und Kapverdischen Inseln In: Z. Geomorph. N. F. 28, 101-123.

Leser, H. (2005): Diercke Wörterbuch. Allgemeine Geographie. 13. Auflage. München/ Braunschweig.

MARKL, G. (2008): Minerale und Gesteine. Mineralogie- Petrologie- Geochemie. 2. Auflage. Heidelberg.

MATTHES, S. (2001): Mineralogie.Eine Einführung in die spezielle Mineralogie. 6. Auflage. Berlin/Heidelberg.

MITCHELL-THOMÉ, R. C. (1976): Vulcanicity of Historic Times in the Middle Atlantic Islands:

MITCHELL, J., LE BAS, M., ZIELONKA, J., FURNES, H. (1982): On dating the magmatism of Maio, Cape Verde Islands. In: Earth and Planetary Science Letters, Vol. 64.

PRESS, F. UND MAGMOND, S. (2003): Allgemeinene Geologie. Einführung in das System Erde. 3. Auflage. Heidelberg.

STENGEL, I. (1992): Zur äolischen Morphodynamik von Dünen und Sandflächen. Würzburger Geographische Arbeiten, Heft 83. Würzburg

STOREDVEDT, K.M. (1987): Evidence for ocean-continent crust boundary beneath the abyssal plain of the East Central Atlantic. In: Physics of the Earth & Planetary Interiors 48(1-2), 115-129.

WIRTHMANN, A. (1973): Reliefentwicklung auf Basalt unter tropischen Klimaten. In: Zeitschrift für Geomorphologie, Band 17, S. 223-241.

WIRTHMANN, A. & HÜSER, K. (1987): Vulkaninseln als Modelle tropischer Reliefgenese: Dargestellt am Beispiel von Hawaii, La Réunion und Mauritius. – Geographische Rundschau 39 (1): 22-31.

ZEPP, H. (2002): Grundriß allgemeine Geographie: Geomorphologie. Paderborn

ZAZO, C. (2007): Quaternary marine terraces on Sal Island. In: Quaternary Science Review 26. Madrid, S. 876-893.

Vulkanische und geologische Besonderheiten der Kapverden

Hot Spot or not?

Lange schien die Hotspot-Theorie den kapverdischen Intraplattenvulkanismus zu erklären – Magma steigt wegen Temperaturanomalien an der Kern-Mantel-Grenze unter Aufschmelzen des Gesteins im oberen Mantel auf. Eine stationäre Position im Erdmantel voausgesetzt, über die Lithosphärenplatten hinweggleiten, würde ein Hotspot ganze Vulkanketten in die Lithosphäre „einbrennen“. Die bisherige, unvollständige Altersreihe der Kapverden stützt diese These allerdings nicht eindeutig. Die Probleme bei der Zeitreihe zeigt São Nicolau: Auf zwei Dritteln der Distanz von Maio nach Santo Antão gelegen, weist es fast identische Alter auf wie diese westlichste Insel, nämlich mit Aktivität von 6,2 Millionen Jahren bis >100.000 Jahre. Der Beginn der Eruptionen koinzidierte mit aktivem Vulkanismus auf Santo Antão und Maio – ein Hotspot müsste also mehrere Austrittskanäle zur Oberfläche gefunden haben.

Anguita & Hernan postulierten deshalb schon 1975 ein alternatives, dreiphasiges Modell. Nach der Seamountbildung bildeten sich mächtige marine Schildvulkane, auf denen Basalttafelberge, Schlackekegel und Lavaflüsse subaerisch aufsitzen, gefolgt vom quartären bis rezenten Vulkanismus. Innerhalb jeder Phase wiederholte sich ein Trend zunehmender Alkalität, so dass eine einzelne Magmaquelle ausgeschlossen wurde. Ihrer Theorie des „Propagating Fracture“ zufolge entsteht eine grabenbruchähnliche Schwächezone innerhalb der Platte, weil die Litosphäre unter in weiter Ferne – etwa im marokkanischen Rif-Gebirge – erzeugter Spannung steht. Solange diese nicht gelöst wird, indem sich die Lithosphärenplatten einem neuen Krümmungsradius anpassen, komme es zu Eruptionen. Dilatation und Kompression der afrikanischen Lithosphärenplatten würden die Zeitreihe erklären: Auf einen Gebirgsbildungsimpuls im hohen Atlas folgt eine magmatische Phase auf den Inseln. Treibende Kraft wäre also nicht ein Prozess im Mantel, sondern Spannung in der Lithosphäre. Auch Foulger und Natland stellten 2003 in der Zeitschrift Science die fast ketzerische Frage: „Ist Hotspot-Vulkanismus eine Folge von Plattentektonik?“ Magmaquelle für den kapverdischen Vulkanismus seien alte tektonische Schweißnähte, an denen ozeanische Kruste im oberen Mantel feststeckt. Der Charme des Ansatzes: Plattentektonik wäre nun das alleinige Erklärungsmodell und man müsste nicht auf zwei unterschiedliche Ansätze zurückgreifen.

Abb links: Cao Grande Bimsstein auf Santo Antão

Seamounts als „Wärmetauscher und Mixer“

Die Kapverden bestehen aus drei Sockeln, wobei Inseln auf Seamounts aufsitzen. Das sind Vulkane, die nie die Oberfläche erreichten. Sie wachsen durch Intrusionen oder sehr ruhige Eruptionen auf, weil der hohe Wasserdruck in mehr als 1000 Metern Tiefe Dampfbildung oder heftige Entgasung des Magmas verhindert. Gelangt ein Seamount in die Nähe der Meeresoberfläche, lässt der Druck nach, das Mamga entgast und verursacht explosive Unterwasser-Eruptionen – dann entstehen glasige Fragmente abgeschreckter Lava, die man als Hyaloklastite bezeichnet. Sie sind auf den Kapverden sehr häufig. Geowissenschaftler der Universität Bremen untersuchen derzeit in einem DFG-Schwerpunktprogramm die Funktion von Seamounts als „Wärmetauscher und Mixer“: Die Gebilde kühlen die Lithosphäre, weil hier Wasser eindringen und geochemisch relevante Stoffe wie durch ein Ventil in den Ozean austreten können – denn an ihren Flanken fehlen die sonst oft mächtigen Sedimentauflagen, die solchen geochemischen Austausch hemmen. Zudem sorgen Seamounts für vertikale Turbulenzen im Strömungskreislauf, so dass es verstärkt zu Upwelling kalten Tiefenwassers kommt.

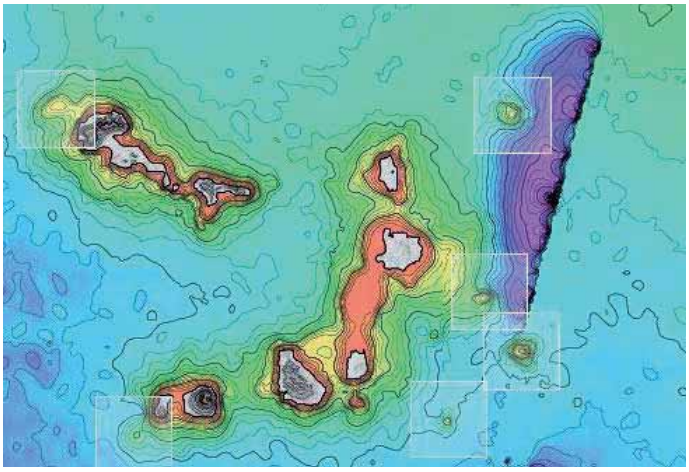
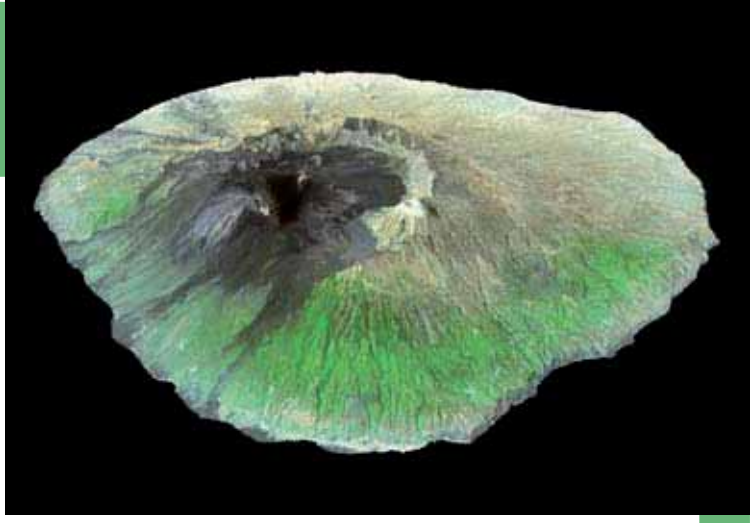


Abb. oben: Die nordwestlichen Inseln und der Seamounta Nola teilen einen Sockel. Fogo, Brava und der Seamount Cadamosto einen weiteren. Den Ostkomplex bilden Sal, Boa Vista, Maio, Santiago und die beiden Seamouns Boa Vista und Senghor.

Der Cão-Grande-Bimsstein als Zeitmarker

Der bis zu acht Meter mächtige Cão Grande Bims, ein phonolithischer Bims, der bei extrem rascher Abkühlung entsteht, liefert, analog zu den Tephren des Laacher See-Ausbruchs eine Möglichkeit, morphologische und vulkanische Ereignisse zeitlich einzuordnen. Sein Alter wurde auf 220.000 bis 170.000 Jahre datiert, was Aussagen über darunter oder darüber liegende Schichten zulässt. Die Bims-Ablagerungen müssen einst die komplette Insel bedeckt haben, wurden aber zu großen Teilen erodiert. Zu finden sind sie heute vor allem auf der Südostseite und im Kessel des Cha de Morte, teils überfahren von jüngeren nephelinitischen Lavaströmen und Schichtfluten. In der Region von Porto Novo wird der Bims als Baumaterial verwendet.

Aster-Szene über ein Höhenmodell drapiert: Bis 1785 war der Pico de Fogo äußerst aktiv, fast zwei Dutzend Mal brach er allein seit der Besiedlung im 15. Jahrhundert aus. Seither finden Eruptionen nur noch an seinen Flanken bzw. im Kesselinneren statt, etwa 1995.



Fogo – Caldera oder Bergsturz?

Betrachtet man Karten oder Satellitenbilder von Fogo, sticht der acht Kilometer breite Kraterkessel mit dem nahezu perfekten Vulkankegel des Pico de Fogo in seinem Zentrum ins Auge. Er ist der einzige aktive Vulkan des Archipels und brach zuletzt 1995 aus – nicht am 2829 Meter hohen Zentralkrater, sondern mit Lavaströmen und Fumarolen entlang der Flanken im Südosten des Kessels. Für den portugiesischen Vulkanologen Frederico Machado, der in den Sechziger Jahren einige grundlegende Aufsätze verfasste, war aufgrund der Oberflächenform klar: Das ist eine Caldera. Wie einst Ribeiro ging er dabei von einer Somma-Phase vor der Caldera-Entstehung aus, in der das Vulkangebäude aufwächst, gefolgt von der Vesbio-Phase nach Einstürzen des früheren Vulkankörpers. Das schien auch das Vorkommen nephelinitischer Magmen während der Somma-Phase und die Dominanz von Basaniten und Limburgiten in der Vesbio-Phase zu erklären, weil der Förderschlot in eine bereits differenzierte, geschichtete Magmenkammer abgetaucht sei.

Doch es gibt entschiedenen Widerspruch von vielen Wissenschaftlern. Denn handelt es sich um eine Explosionscaldera, dann fehlt jede Spur von fast sechs Kubikkilometern Kessel-Volumen, an den Flanken des Fogo findet sich keinerlei Auswurfmaterial. Und wäre der Kraterkessel Folge einer Caldera-Subsidenz, wie Machado postuliert, müssten zwingend so genannte Ringverwerfungen entlang des Kesselrands vorliegen. Die fanden weder Machado noch spätere Forschungsgruppen. Machado verlor zudem kein Wort darüber, dass die „Caldera“ nach Osten offen ist.

Eine Arbeitsgruppe um Day, da Silva und Fonseca (1999, London/Lissabon) entwickelte die These, dass ein Bergsturz entlang der Schwachstellen, die heute von lateral aus einem früheren Zentralschlot führende Dykes nachgezeichnet wird, die offene Ostflanke des Fogo ins Meer riss. Le Bas et al. orteten 2007 bei einer batyhmetrischen Vermessung submarin abgelagertes Abraummaterial, das wenigstens größenordnungsmäßig dem Volumen eines solchen Bergsturzes entspricht. Datiert ist dieser Kollaps bisher nicht, dennoch ergibt sich ein ganz neues Bild der vulkanischen Entstehung von Fogo. Das könnte wichtig sein, um die Gefährdung der Insel für zukünftige Massenbewegungen einschätzen zu können. Immerhin könnten diese zu verheerenden Tsunamis führen – was ja auf den Kanaren längst diskutiert wird und sogar Stoff für Bücher und Filme („Der Schwarm“) geliefert hat. Im Falle Fogos wäre vor allem die Küste Westafrikas gefährdet, denn man nimmt an, dass der Seamount Cadamosto in nordwestlicher Richtung stabilisierenden Einfluss übt. So gilt es vor allem, die Dehnung entlang der Dyke-Zonen zu überwachen, was seit einigen Jahren zumindest in Erwägung gezogen wird.

Manuel Herzog & Niklas Schenck

Literatur

Anguita, F., Hernan, F. (1975): A propagating fracture model versus a hot spot origin for the Canary Islands. In: Earth and Planetary Science Letters, Vol. 27.

Day, S., da Silva, S., Fonseca, J. (1999): A past giant lateral collapse and present-day flank instability of Fogo, Cape Verde Islands. In: Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol. 94.

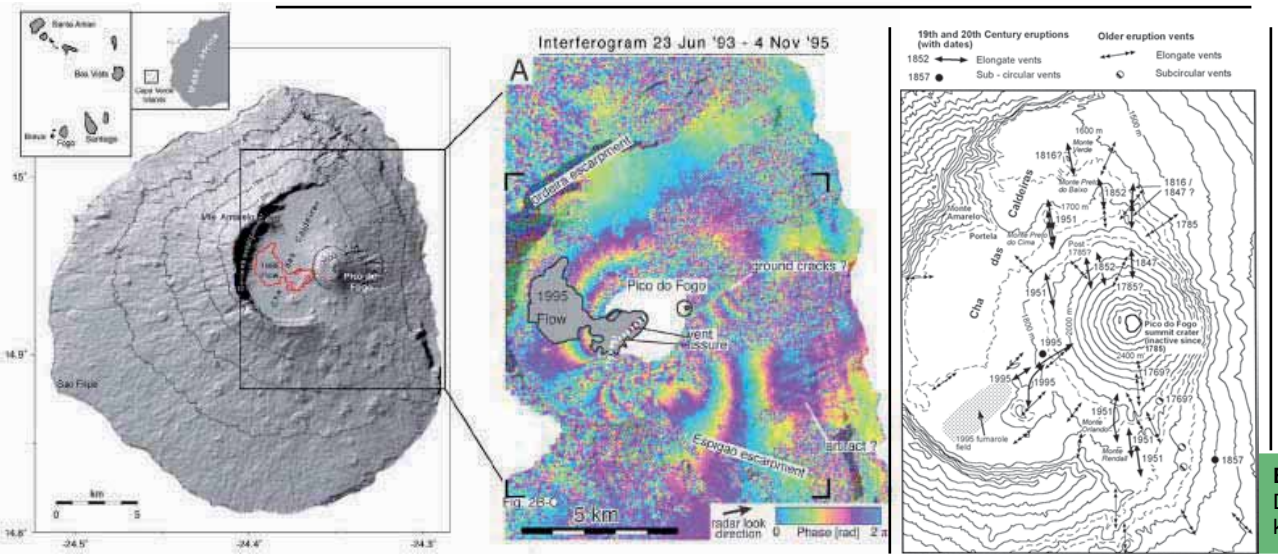
Foulger, G., Natland, J. (2003): Is “Hotspot” Volcanism a consequence of Plate Tectonics? In: Science, Vol. 300.

Le Bas, T., Masson, D., Holtom, R., Grevemeyer, I. (2007): Slope failures of the flanks of the Southern Cape Verde Islands. In: Advances in Natural and Technological Hazards Research, Vol. 27.

Machado, F. (1965): Mechanism of Fogo Volcano, Cape Verde Islands. In: Garcia de Orta (Lisboa)

Plesner, S., Holm, P., Wilson, J. (2002): 40Ar-39Ar geochronology of Santo Antão, Cape Verde Islands. In: Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol. 103.

Spektrum der Wissenschaft Dossier (1997): Unruhige Erde. S. 73: Seamounts.

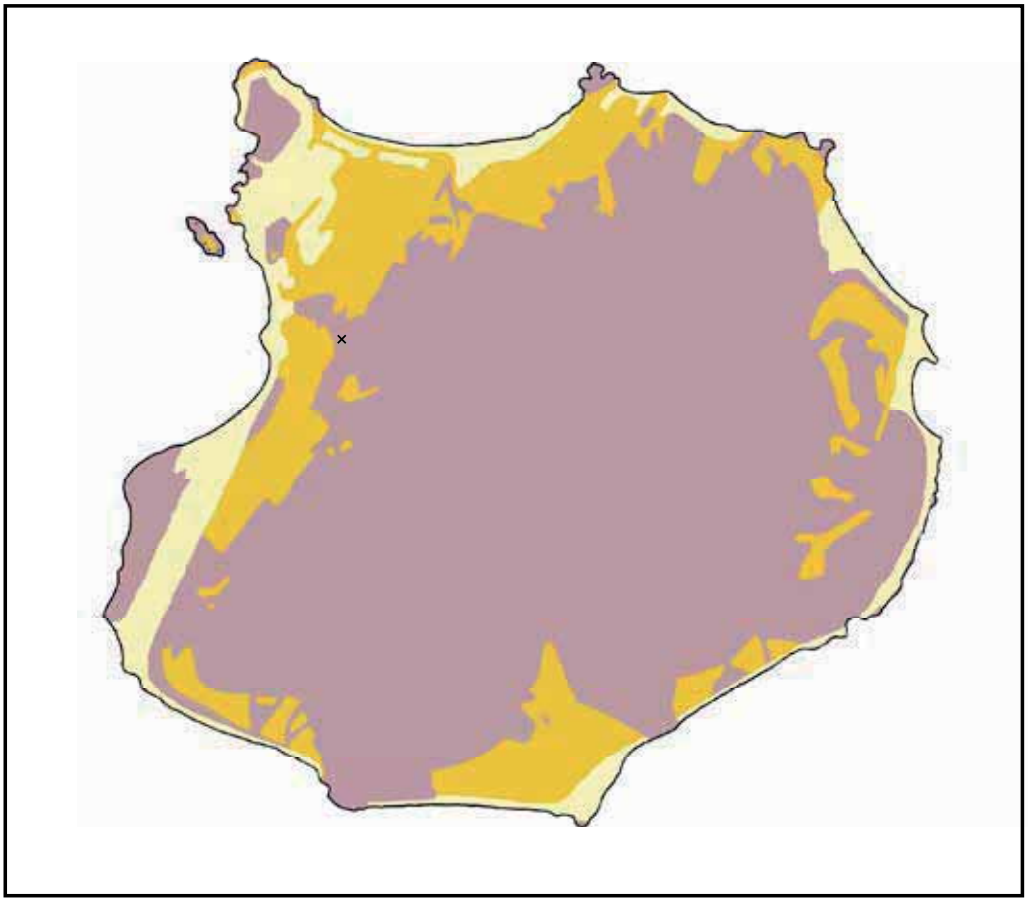


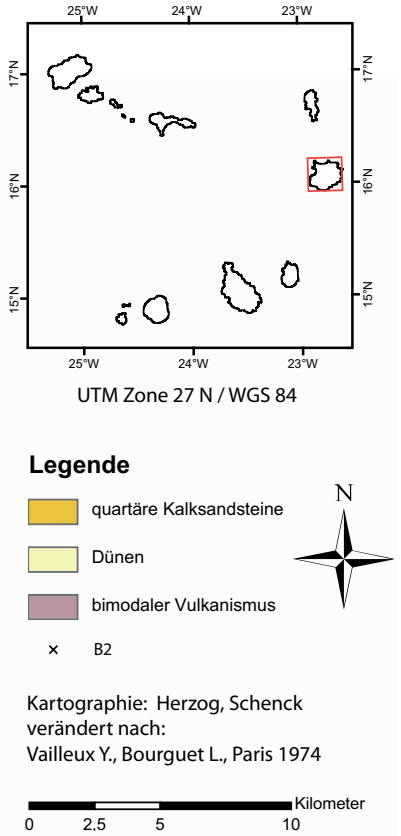
Bergsturz-Abraum (li) und Dykes als Indikatoren für künftige Abrisskanten (re).

Weniger Saharastaub als angenommen?

Eigene Analyse zeigt autochthone Quellen der Dünensande

Vereinfachte geologische Karte Boa Vista



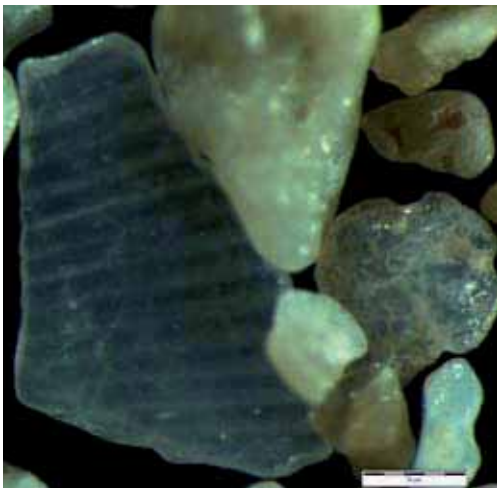


Gemeinsam mit Sal und Maio zählt Boa Vista zu der Gruppe der flachen kapverdianischen Ostinseln. Während auf Maio die ältesten Pillowlaven und marinen Sedimente ein Alter von ca. 120 bis 150 Ma zeigen, sind die beiden anderen Inseln mit ca. 10 bis 20 Ma deutlich jünger.

Die vereinfachte geologische Karte von Boa Vista (s. oben) zeigt sehr deutlich die jüngere quartäre Entwicklung: Das ursprüngliche Vulkansystem aus sauren bis basischen Magmen (bimodaler Vulkanismus) senkte sich ab, wurde an seinen Rändern vom Meer erodiert und es entwickelte sich ein Saumriff. An einigen Stellen zeigen dünne Schichten von Gips- und Tonablagerungen in Wechselfolge schon einen Ansatz zur Atoll-Bildung. Eine anschließende Hebung ermöglichte eine Vegetationsentwicklung auf den randmarinen Kalksandsteinen. Die fossilen Wurzelreste und Lösungskanäle im Kalksandstein sind im Nordosten der Insel deutlich zu erkennen (s. Abbildung links). Mit der Hebung wurden die Kalksandsteine teilweise wieder erodiert und bildeten die Materialquelle der rezenten Sanddünen (Abb2). Eine mikroskopische Betrachtung (Bilder 1-3) zeigt die biogene Herkunft dieser Partikel, und die Karbonatbestimmung erbrachte einen Kalkgehalt von etwas über 85 Gewichts%. Die Korngrößen zeigen die Dominanz der Sandfraktion (vgl. Graphik). Die Korngrößen liegen mit d50 bei etwa 240 µm und zeigen eine sehr gute Sortierung. Die 0,03 Gewichts-Prozent der Schluff- und Tonfraktion, d50 und der Kalkgehalt lassen zudem Zweifel an der Aussage zu, dass das Liefergebiet der Dünensande die Sahara sei und der Transport über Sandstürme oder den Saharan Dust erfolgen würde.

Gerd Schukraft

Foto: Fossilierte Wurzelreste im Nordosten von Boa Vista, auf der Route zum Cabo de Santa María.



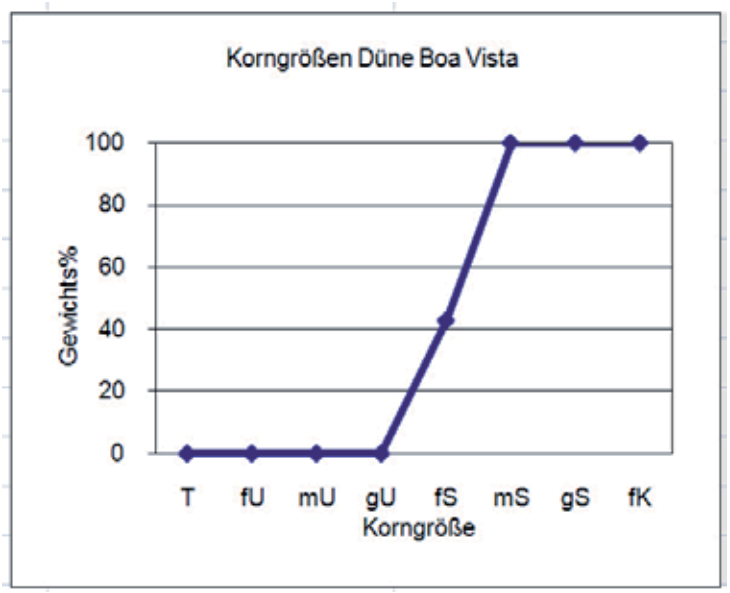
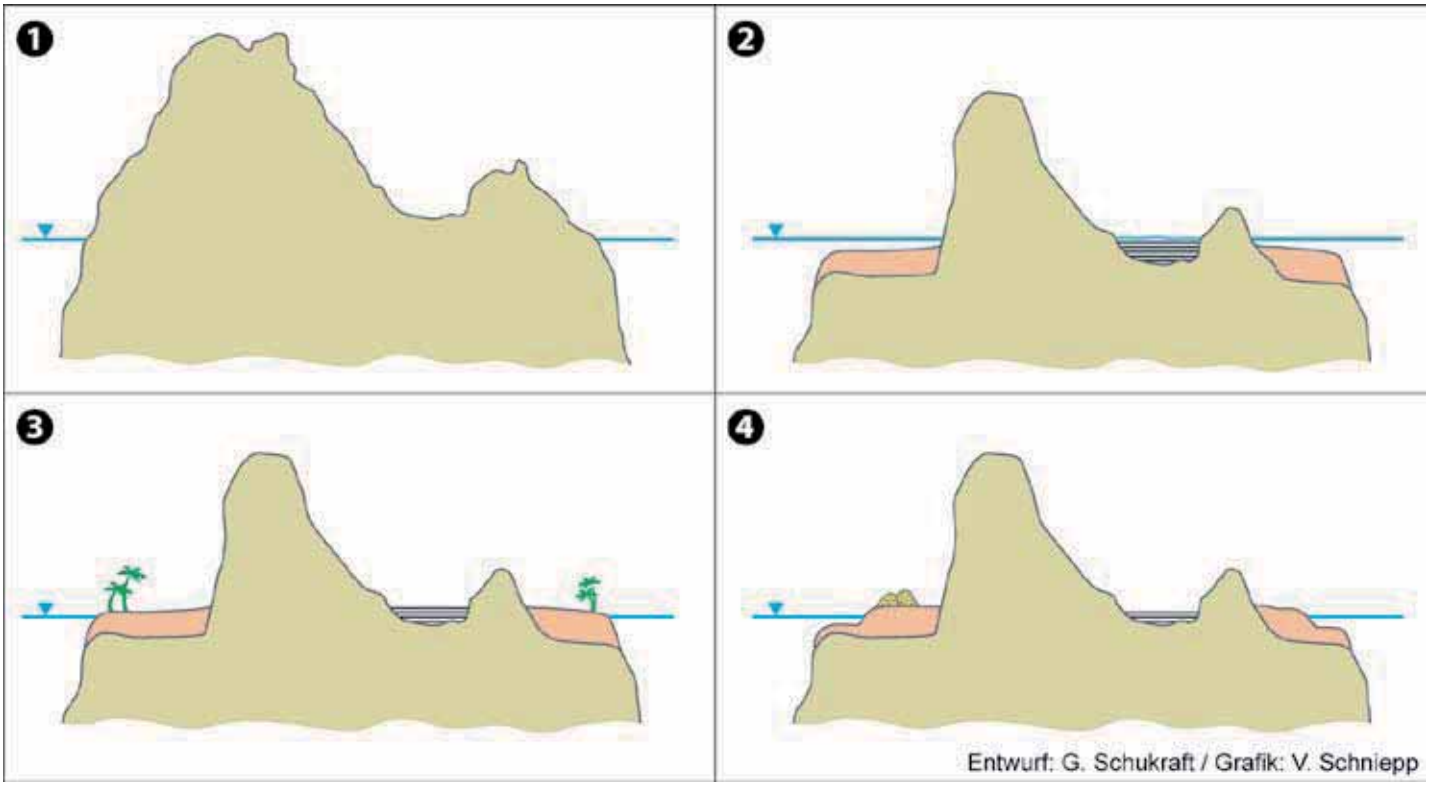


Abb. oben: drei mikroskopische Aufnahmen, aus denen sich die biogene Herkunft der Sandkörner eindrucksvoll belegen lässt.

Abb. links: Die Korngrößenverteilung zeigt eine Dominanz der Sandfraktion - Material also, das nicht mit den Windstürmen des „Saharan Dust“ auf die Kapverden verfrachtet worden sein kann..

Abb. unten: Angenommene Entwicklung der Insel Boa Vista: Auf ein Absinken des Vulkankomplexes unter den Meeresspiegel folgte eine Saumriffbildung – in Ansätzen wurde auch das Atoll-Stadium erreicht. Die anschließende Hebung ermöglichte wieder Vegetationsentwicklung. Der Dünensand ist größtenteils autochthon und entstammt den gehobenen Kalksandsteinen



Klima

Elena Beuchert, Sarah Knoll & Jessica Kramberg

Das Klima der Kapverden kennt zwei Zustände: In der Tempo das Brisas, der Zeit der Winde, beherrschen die trockenheißen Luftströme aus der Sahara – der Tropical Easterly Jet und die berüchtigte Bruma Seca, auch Harmattan genannt – den Alltag der Kapverdianer. Das Leben erwacht hingegen mit der Tempo das Chuvas, der Regenzeit, die von monsunalen Luftströmungen aus dem Südwesten und einer Nordverschiebung der innertropischen Konvergenz ausgelöst wird und auf den bergigen Westinseln auch von Staueffekten im Luv des Nordostpassats herrühren kann. Dann erblüht die Landschaft in tausend Tönen von Grün. Bleibt allerdings der Niederschlag aus, haben die Kapverdianer seit jeher zu kämpfen – in früheren Zeiten sogar mit heftigen Hungersnöten. Das folgende Kapitel soll die Grundlagen zum Verständnis der unterschiedlichen Inselklimate vermitteln.

Grundlagen der tropischen Zirkulation

Zunächst soll die allgemeine tropische Zirkulation erläutert werden, um einen Überblick über die klimatischen Verhältnisse in diesen Breitengraden zu geben. Dann werden die Methoden vorgestellt, die für die Untersuchungen verwendet wurden – von der Auswahl der Gerätschaften bis zur Datenerfassung und -auswertung. Im dritten Teil dieses Kapitels folgt die Analyse der regionalklimatischen Verhältnisse der jeweiligen Inseln.

Die Kapverdischen Inseln liegen ca. 460 km westlich der afrikanischen Küste bei 16° Nord und 24° West. Sie befinden sich in der Übergangszone zwischen dem subtropischen Hochdruck- und dem tropischen Tiefdruckgürtel und liegen somit im Einflussbereich des Nordost-Passats der atlantischen Randtropen. Die Tagestemperaturen auf den Kapverden betragen das ganze Jahr hindurch zwischen 22° und 28°C, die Wassertemperaturen sinken nie unter 20°C. Auf allen Inseln herrscht eine angenehm trockene Luft mit einer Luftfeuchtigkeit zwischen 55% und 65 %. Um die regionalklimatischen Verhältnisse der Kapverden verstehen zu können, ist es sinnvoll zunächst einen Blick auf das Makroklima der tropischen Zirkulation zu werfen.

Sowohl Nordost-, als auch Südost-Passat entstehen durch das Luftdruckgefälle zwischen den subtropischen Antizyklonen und der äquatorialen Tiefdruckrinne. Die Passatwinde sind somit eine Ausgleichsströmung zwischen dem bodennahen subtropischen Hochdruckgebiet und dem innertropischen Tief. Würde die Erde still stehen, so würde die am Äquator aufsteigende Luft in der Höhe zu den Polen strömen, dort herabsinken, in den unteren Schichten zum Äquator zurückströmen und dort wieder aufsteigen. Da die auf den rotierenden Erdkörper wirkende Corioliskraft in Richtung Äquator abnimmt, werden die bodennahen Luftströme nach Westen abgelenkt (vgl. Gebhardt et al. 2007, 220). So treffen sie auf der Nordhalbkugel in Form des Nordostpassats auf den Inselarchipel der Kapverden und beeinflussen das dortige Klima enorm.

Der **Nordostpassat** weht fast das ganze Jahr hindurch und dominiert das Klima der Kapverden. Aufgrund der Nähe zum afrikanischen Kontinent transportiert er trockenwarme Luft vom Festland über den Atlantik auf die Inseln. Diese relativ stabile Luftschichtung wird bedingt durch die **Passatinversion**. Während die am Äquator aufsteigenden Luftmassen aufgrund der Flächendivergenz im Bereich der subtropischen Antizyklonen absinken und erwärmen, reichern sich die mit dem Nordost-Passat zurückströmenden Luftmassen in den unteren Schichten über dem kühlen Kanarenstrom mit Wasserdampf an und steigen konvektiv nach oben. Die absinkende trockenwarme Luft trifft somit in einer Höhe von etwa 800m auf die feuchtkühle aufsteigende Luft, die am weiteren Aufstieg gehindert wird: Eine Inversionsschicht entsteht. Diese Passatinversion verhindert einen Austausch der beiden Luftmassen und ist somit Ursache der

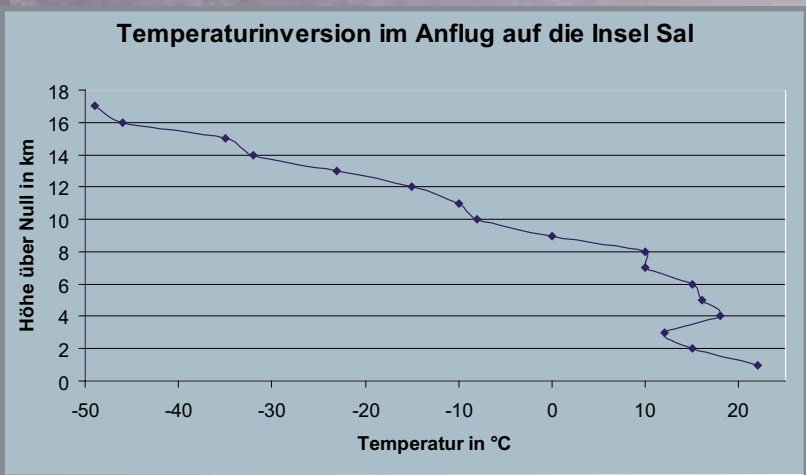


Abb. 1: Passatinversion im Anflug auf die Insel Sal, Messung anhand der Flugzeuginstrumente.

geringen Niederschlagsmenge und des trockenen Klimas der Kapverden (vgl. GEBHARDT et al. 2007, 220).

Der Verlauf der Lufttemperatur ließ sich beim Anflug auf die Kapverdischen Inseln vom Flugzeug aus gut beobachten. Wie die nebenstehende Graphik verdeutlicht, steigt die Lufttemperatur während des Landeanflugs bei abnehmender Höhe kontinuierlich an, bis in 1000 m Höhe eine Temperatur von etwa 18°C erreicht ist. Bei 700-800 m, in der Höhe der Passatinversion, fällt die Temperatur jedoch ganz plötzlich wieder auf 13°C und erreicht erst wieder in etwa 200 m Höhe 18°C. Diese Temperaturumkehr ist ein typisches Merkmal der Inversionsschicht.

Das zur Trockenheit neigende Klima der Kapverden wird zusätzlich durch den sogenannten „Harmattan“ bzw. die „Bruma seca“ verstärkt. Dieser Wind der mittleren Troposphäre entsteht über der Zentralsahara. Intensive Isolation führt dort zur Entwicklung starker Winde und Konvektionen in der trockenen oberflächennahen Luftschicht. Hierdurch werden Staubpartikel bis in Höhen von mehr als 6km angehoben und bilden die sogenannte „African Dust Plume“, eine Staubglocke, die sich oberhalb einer starken Inversionszone der Passatwinde in einer Höhe von ca. 1,5km über dem Meeresspiegel westwärts bewegt (vgl. RATMEYER 1998, 1291f). Der westwärts wandernde Harmattan, der in Höhen von 1-5km weht, erreicht seine maximale Stärke und Sandfracht während der Sommermonate, da er dann zusätzlich zwischen 17° und 21° Nord auf den African Easterly Jet trifft (vgl. Abb. 4). Der AEJ entsteht durch die Temperatur- und Luftdruckunterschiede zwischen der Sahara und dem kühlen Golf von Guinea. Er ist am stärksten ausgeprägt in einer Höhe von 4-6 km (vgl. FRANKENBERG 1995, 94).

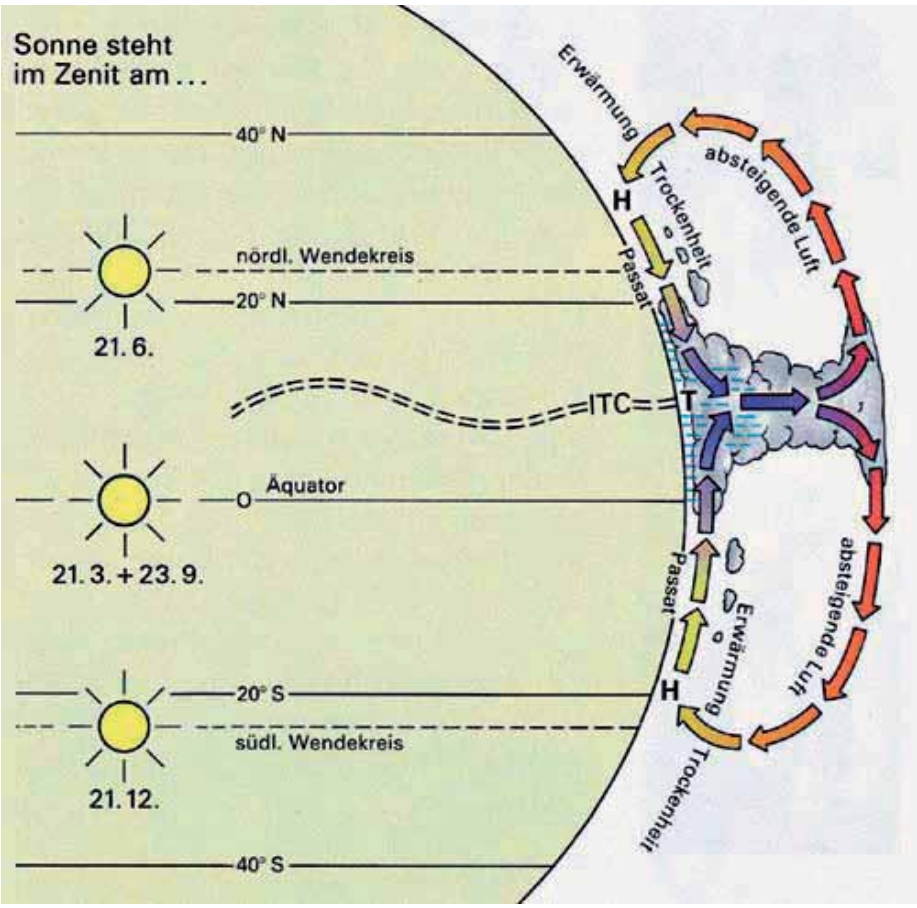


Abb. 2: Schematische Darstellung der tropischen Zirkulation (Quelle: www.klett.de/sixcms/media.php/76/passatzirkulation.jpg)

Dennoch gibt es auf den Kapverden auch Niederschlagsphasen, weshalb man das Jahr auch in die „Tempo das Brisas“ (Zeit der Winde) und die „Tempo das Chuvas“ (Regenzeit) unterteilt. In der „Tempo das Brisas“ dominiert die trockenwarme Luft, die durch Passatwinde auf die Inseln transportiert wird. Niederschläge bleiben aus. Die „Tempo das Chuvas“ ist bedingt durch südwestliche monsunale Luftströmungen während des Spätsommers und Frühherbst. Diese entstehen durch die Verlagerung der Inertropikfront (ITF) nach Norden. So gelangen feuchtwarme Luftmassen der äquatorialen Tiefdruckrinne auf den Inselarchipel und es kann zu Niederschlägen kommen. Die Niederschläge sind allerdings unregelmäßig in Häufigkeit und Menge, was auf den Kapverden häufiger zu Dürreperioden und Hungersnöten führte.

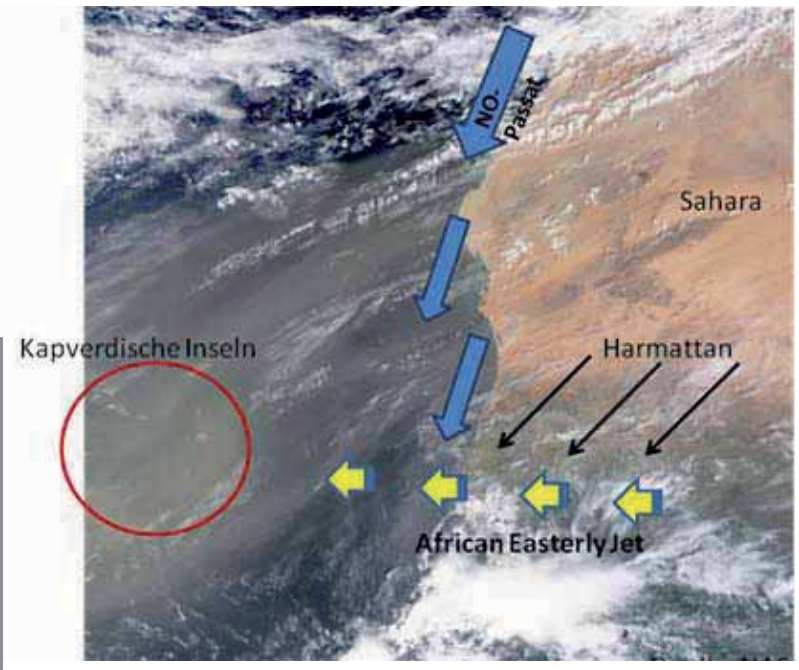
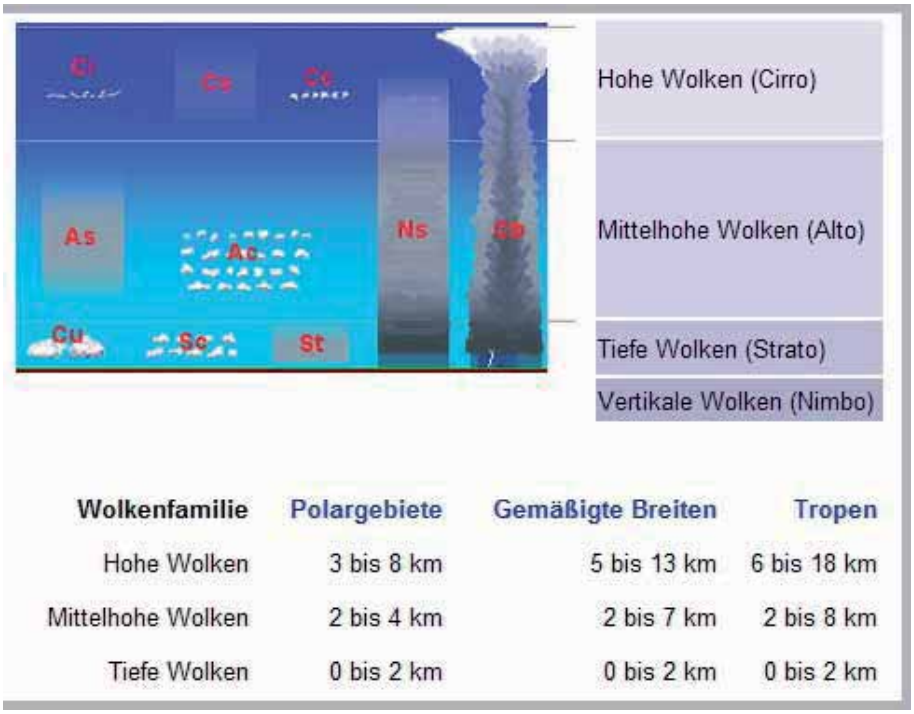


Abb. 3: Einfluss verschiedener Windsysteme auf den Kapverden (Eigener Entwurf, Satellitenbild: NASA)



Wolkenfamilie	Polargebiete	Gemäßigte Breiten	Tropen
Hohe Wolken	3 bis 8 km	5 bis 13 km	6 bis 18 km
Mittelhohe Wolken	2 bis 4 km	2 bis 7 km	2 bis 8 km
Tiefe Wolken	0 bis 2 km	0 bis 2 km	0 bis 2 km

Abb. 4, oben: Wolkenfamilien und -stockwerke (www.luftrettung-hamburg.de/assets/images/Wolkeneinteilung_nach_WMO.jpg).

Abb. 5, unten: Bezeichnung und Symbole verschiedener Bewölkungsgrade (http://nettebal-lon.de/bilder/bewoelkung.gif).

Symbol	Bedeckungsgrad	Beschreibung
	0/8	wolkenlos, sonnig (nachts: klar)
	1/8	sonnig, heiter (nachts: leicht bewölkt)
	2/8	heiter (nachts: leicht bewölkt
	3/8	heiter (nachts: leicht bewölkt)
	4/8	heiter (nachts: leicht bewölkt)
	5/8	wolkig
	6/8	wolkig
	7/8	stark bewölkt
	8/8	bedeckt, trübe, dunstig-trübe
	9/8	(nicht abgebbar, da nicht erkennbar)

Zu unseren klimatischen Untersuchungen auf den Kapverden gehörte auch die Beobachtung der Wolkenformen und des Bewölkungsgrades. Hierzu sollen zunächst einige grundlegende Informationen gegeben werden. Wolken werden nach Höhe und Form klassifiziert.

Im Hinblick auf die Form werden zwei Wolkenklassen unterschieden: Stratus- bzw. Schichtwolken und Cumulus- bzw. Haufenwolken. Charakteristisch für Stratuswolken ist eine dichte Decke, die in der Regel über große Gebiete reicht. Sie entstehen beim Aufstieg von Luftschichten über stabile unterlagernde Luftschichten großer Dichte. Cumuluswolken hingegen bilden runde Formen. Es sind blasenförmige Körper warmer Luft, die aufgrund ihrer geringeren Dichte in Bezug auf die Umgebungsluft spontan aufsteigen. Im Hinblick auf die Höhe der Wolken werden vier wesentliche Gruppen unterschieden: hohe (Cirro-), mittlere (Alto-) und niedrige (Strato) Wolken, sowie vertikale Wolken (Nimbo-), die über mehrere Stockwerke hinweg reichen können (vgl. STRAHLER, A./STRAHLER, A. 2005). Insgesamt werden zehn Wolkengattungen unterschieden: Die Eiswolken des oberen Stockwerks Cirrus (Ci), Cirrocumulus (Cc) und Cirrostratus (Cs), die Wolken des mittleren Stockwerks Altocumulus (Ac) und Altostratus (As), die Wolken des unteren Stockwerks Stratus (St), Cumulus (Cu) und Stratocumulus (Sc) und schließlich die vertikalen Wolken Nimbostratus (Ns) und Cumulonimbus (Cb).

Der Bewölkungsgrad kann mithilfe der in der Synoptik vorherrschenden Achtel-Unterteilung erfasst werden, wobei ein auf 8/8 aufgerundeter Wert als vollständig bedeckt gilt. Dabei wird das Ausmaß der Bedeckung des Himmels mit Wolken abgeschätzt oder mit Wetter-Kameras festgestellt.

Regional unterscheidet sich das Klima der Kapverden zwischen den flachen östlichen (Maio, Sal, Boa Vista) und regenfangenden westlichen Inseln, deren Relief Höhen bis zu 3000m erreicht. Daher sollen im folgenden Kapitel die regionalen Klimate der Inseln Santo Antão, Fogo, sowie Sal und Boa Vista mithilfe unserer klimatischen Messungen und Daten, die vor Ort aufgenommen und später bearbeitet wurden, näher erläutert werden (vgl. KLUG 1980, 54).

Abb. 6: Verschiedene Klimamessgeräte, von links oben: Höhenmesser „Thommen“, GPS-Gerät Garmin extrex, Drei-Schaufel-Handwindmessgerät, Qtemp 200 Einstichthermomether, Hygrometerhzur Bestimmung der Luftfeuchte.

Klimamessgeräte, Methoden

Im Folgenden werden die Klimamessungen erläutert, die während der Exkursion vorgenommen wurden, und dargestellt, wie sie sich in einen theoretisch-klimatologischen Kontext einbetten lassen, ohne die spezifische Charakterisierung von Kleinklimaten der einzelnen Inseln zu vernachlässigen. Für die Datenerhebung standen folgende Messinstrumente zur Verfügung, deren Daten in eigens angefertigten Klimatabellen festgehalten wurden. Für die Messung der Luftfeuchte und der Temperatur wurde ein digitales Hygrometer mit einem zusätzlichen Pt-100-Temperaturmesser verwendet. Ein hygroskopischer Polymerkunststoff verändert je nach Luftfeuchtigkeit seine dielektrischen Eigenschaften. Diese werden elektronisch gemessen, vearbeitet und als relative Luftfeuchte in Prozent angezeigt.

Bei elektronischen Geräten können sich Fehler in der Elektronik hinzu addieren, sodass in der Praxis durchaus Messfehler von 5-7 % vorkommen können. Bei der Auswertung unserer gemessenen Daten haben wir diese Messfehler berücksichtigt und gegebenenfalls ausgeglichen. Die Messungen wurden immer unter Vermeidung direkter Sonneneinstrahlung und im Windschatten durchgeführt, um möglichst genaue Messwerte zu erhalten.

Eine weitere Messung der Temperatur erfolgte mit einem digitalen Qtemp 200 Einstichthermometer (vgl. Abb. 8) mit einem ca. 10 cm langen Fühler. Das Gerät eignete sich für Bodentemperaturmessungen, die wir bis zu einer Tiefen von 30 cm durchführten. Außerdem sollte es Vergleichsdaten für die mit dem digitalen Hygrometer gemessene Temperatur liefern. Die mit dem jeweiligen Thermometer gemessene Temperatur unterschied sich relativ konstant um ca. 0,7-1,5 °C. Die Temperaturdaten die mit Hilfe des Einstichthermometers erfasst wurden, lagen stets über den mit dem Psychrometer gemessenen Daten. Diese Differenz wurde bei der Verwendung der Klimadaten durch Mittelung heraus gerechnet.

Koordinaten und Höhe der einzelnen Messstationen lieferte ein GPS-Gerät. Alle Messstationen wurden erfasst und gespeichert. Hier wurde versucht Messungen mit einer Genauigkeit von ± 5 m durchzuführen, was durch den relativ guten Satellitenempfang in fast allen Fällen gelang.

Zu dem vorhandenen GPS stand ein mechanischer, batterieunabhängiger Höhenmesser zur Verfügung, der Standorte bis 6000 Meter Höhe bestimmen kann. Die gemessenen Werte haben eine Genauigkeit von ± 10 m. Die durch das GPS angegebene Höhe unterschied sich zu der mit dem mechanischen Höhenmesser gemessenen Höhe zumeist um 0-5 m. Bei der Auswertung der Klimadaten haben wir uns ausschließlich auf die vom GPS angegebenen Höhen beschränkt, da diese Messungenauigkeit für unsere Zwecke vernachlässigbar erschien.

Die Windstärke wurde mit einem mechanischen Handwindmessgerät mit Zeigerarretierung bestimmt, das mit seinem Dreischalenrotor eine messbare Windstärke aus allen Richtungen bis 30 m/s bestimmen kann. Die Windstärke kann wahlweise in km/h, m/s oder Meilen/h bzw. Meilen/s abgelesen werden. Wir erfassten die Winddaten durchgängig in m/s.

Abb. 7, oben: Das malerisch gelegene Dorf Fontainhas an der von tiefen Ribeiras zertalten Steilküste im Norden Santo Antãos

4. Santo Antão – die Bergige

Santo Antão – Insel der Berge, der Winde, des Wassers – man könnte der zweitgrößten Insel der Kapverden viele Namen geben. Mit ihrer sehr gegensätzlichen Landschafts- und Bodenstruktur begrenzt sie mit 779 km² Größe die Inselgruppe im Nordwesten. Die fast 50.000 Einwohner der Insel leben vorwiegend in den Städten Porto Novo, Ponta do Sol, Paúl und Ribeira Grande. Dennoch sind die Menschen von Santo Antão ein Bergvölkchen, die Insel ist noch sehr ursprünglich, und bislang wenig vom Tourismus gekennzeichnet. Sie ist bekannt für Gebirgslandschaften mit tief eingeschnittenen Erosionstälern im Norden und nach Süden etwas flacher auslaufenden Vulkanhängen. Auf den Höhen der östlichen Hochebene stehen die größten Misch- und Nadelwälder der Kapverden. Der Nordosten der Insel ist relativ regenreich, während der Südwesten zumeist trocken bleibt. Höchste Erhebung ist der Tope de Coroa (1979 m) im wüstenartigen Westen.

Der Süden und Westen erscheinen trostlos und karg, im Norden und Osten dagegen wird man in subtropischem Klima von einer reichen Vegetation überrascht, Fichten- und Kiefernwälder begrünen die Ribeiras ebenso wie Dattel- und Kokospalmen, Mango- und Affenbrotbäume, Zitrus-, Mandel-, Papaya- und Orangenbäume. Im Gebirge wird auf Terrassenfeldern, die teils aus schwarzer Lavaerde, teils aus weißem Pozolana bestehen, Mais, Ananas, Kaffeeh und Maniok angebaut. Es duftet nach Eukalyptus, Lavendel und sogar

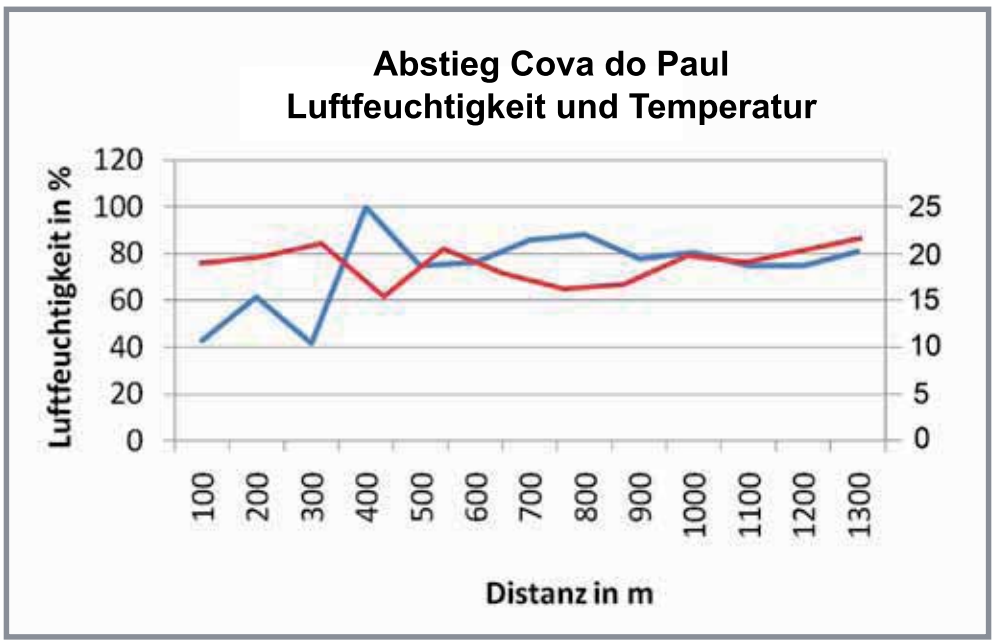


Abb. 8: Temperatur- (rot) und Feuchtigkeitsprofil (blau) entlang der Wanderroute am ersten Wandertag auf Santo Antão (Cova do Paul nach Eito)

Lotusblüten, Akazien, wilde Feigen und Drachenbäume säumen vielerorts die Wege.

Anhand der Klimamessungen und Aufarbeitung in Diagrammen, sollen diese kleinklimatischen Begebenheiten wiedergespiegelt werden. Für Santo Antão waren insgesamt vier Wandertage geplant. Beispielhaft wird hier aber nur auf den ersten Tag, den 13.03.09 eingegangen:

Nach Ankunft morgens in Porto Novo wurde die Exkursionsgruppe nach Cova do Paul gefahren. Von dort aus ging die Wanderung bis nach Vila das Pombas im Nordosten der Insel.

4.1 Klimagradienten im Nordostteil

Bis zum Aufstieg auf der Südseite war der Himmel wolkenfrei und klar. Sobald der Gipfel erreicht wurde, begann dichter Nebel. Die Obergrenze der Inversionsschicht auf der Nordseite des Berges war erreicht und der Abstieg erfolgte durch die Inversionsschicht. Anhand der Diagramme ist zu erkennen, dass die Luftfeuchtigkeit mit Erreichen der Inversionsschicht bis auf fast 100% steigt, die karge Vegetation weicht üppigen Pflanzungen von Kaffee, Bananen und Zuckerrohr, und die Temperatur fällt mit Beginn der Inversionsschicht plötzlich ab (siehe Standort 4 im Diagramm). Die Inversionsschicht beginnt bei Standort 4 und reicht bis Standort 8, d.h. laut Diagramm 1 ist sie ca. 260 m mächtig. Die Luftfeuchtigkeit bleibt unterhalb der Inversionsschicht hoch bei ca. 80 % und die Temperatur pendelt sich wieder auf knapp über 20 °C ein.

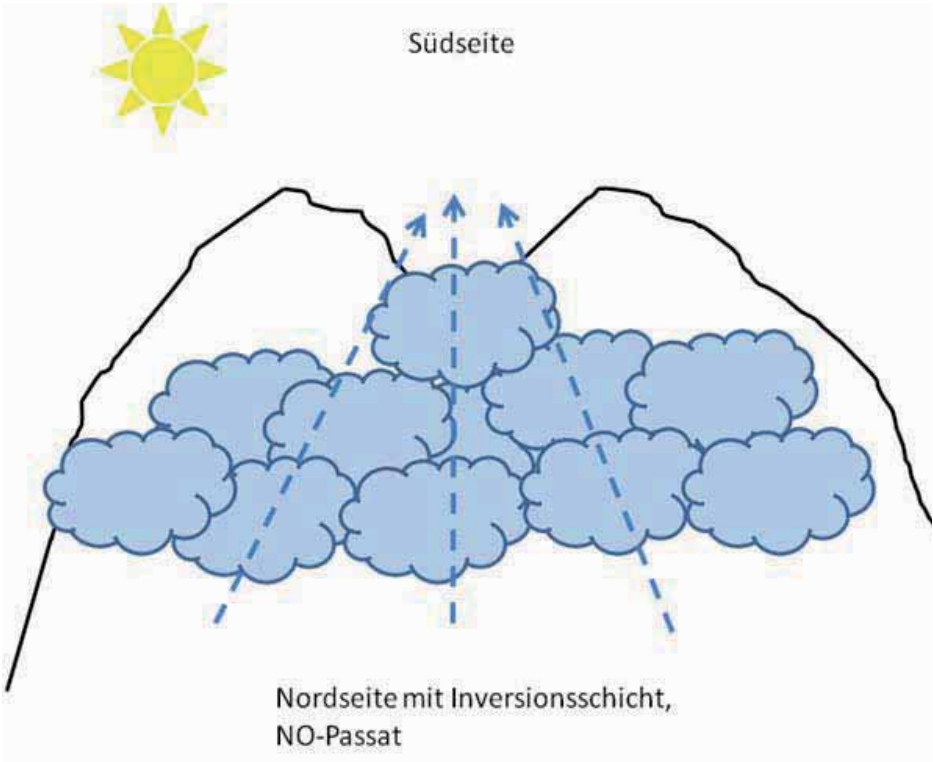
4.2 Inversionswetterlage auf Santo Antão

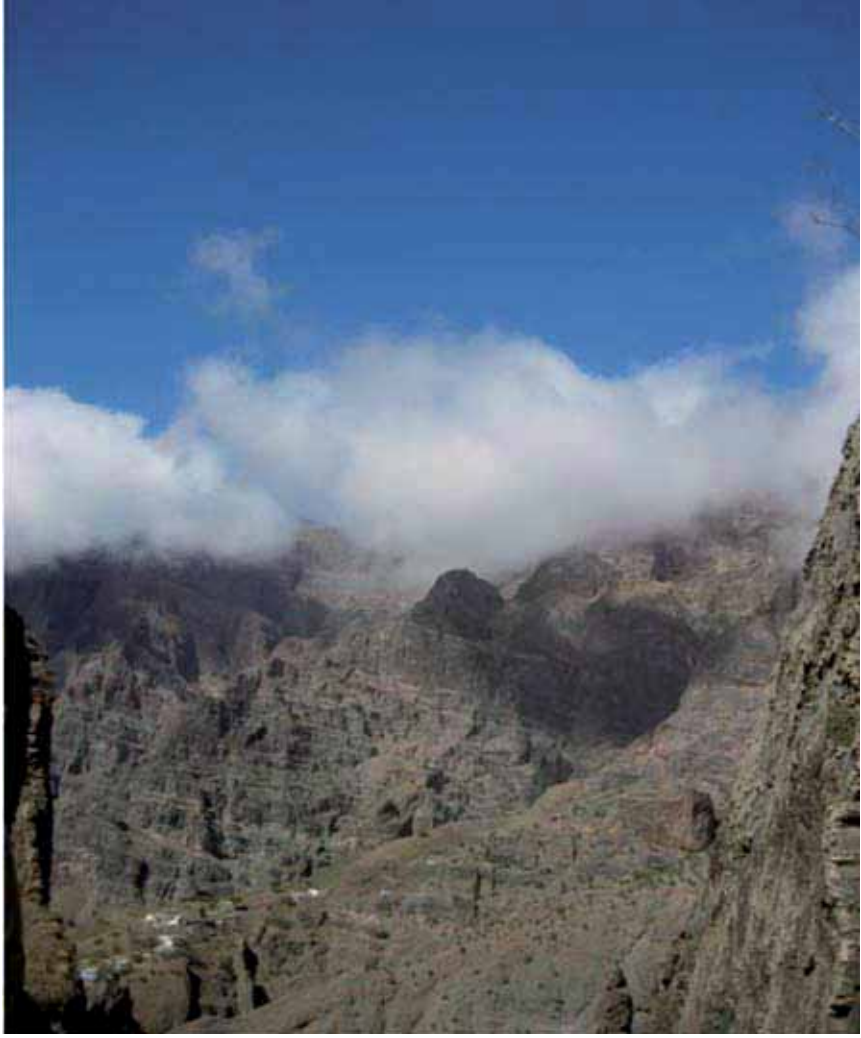
Der Nebel bzw. die Wolken stauen sich an der Nordseite. Nur über die Kuppe zieht Nebel über die die Berge hinweg. Hier stellte sich die Frage, warum die Wolken sich an der Bergwand stauen und nicht aufsteigen und über die Gipfel ziehen. Aufgrund der Inversionswetterlage - eine Umkehr des vertikalen Temperaturgradienten in der Atmosphäre – ist die Lufttemperatur über den von der Luft an den Berg geschobenen Wolken etwas höher, was die Wolken deckelt und einen Aufstieg verhindert. Allerdings strömt Luft über die niedrigere Kuppe in der Mitte zwischen den Gipfeln hindurch. Es bildet sich ein Luftstrom aus, der nicht gleichmäßig über alle Gipfel strömt. Daher zieht der Nebel nur über diese Kuppe hinweg auf die andere Seite des Berges (vgl. Abb. 14 und 15).

Abb. 9: Wolkenschicht aufgrund einer Stauung der heranströmenden Luft am Gebirge

Je höher die Luftfeuchte, desto größer ist die Streuung der Sonnenstrahlen und desto weißer erscheint der Himmel. An diesem Tag war der Himmel dunkelblau, d.h. die Luftfeuchte ist gering und die Wetterlage stabil. Die Wolkenbedeckung war relativ untypisch für den Standort, da sie größer sein müsste. Auf der Südseite von Santo Antão, war hingegen ungewöhnlich viel Bewölkung. Der Grund dafür war der niedrige Luftdruck, d.h. die Luftdruckunterschiede sind geringer, woraus schwächere Passatwinde resultieren. Die Wolken ziehen über die Insel hinweg, es kommt zu einer fast vollständigen Wolkenbedeckung.

Abb. 10: Inversionswetterlage auf der Nordseite der Insel (eigener Entwurf)





4.3 Einordnung in Kapverden-Kontext

Auf den Nord- und Ostseiten der Inseln sind durchschnittlich 2-3°C weniger zu verzeichnen als auf den West- bzw. Südseiten in gleicher Höhenlage. Erklären lassen sich diese Ungleichheiten mit dem höheren Bewölkungsgrad auf den Luvseiten infolge des Nordost-Passats. Der somit bedeckte Himmel führt zu einer geringeren Sonneneinstrahlung. Auf der Wind abgewandten Seite sind die höheren Temperaturen u. a. dem Windschatten und dem kaum vorhandenen Bewölkungsgrad zuzusprechen. Darüber hinaus überquert der Passat, bevor er auf die gebirgigen Inseln der Kapverden trifft, den relativ kühlen Kanarenstrom. Deshalb erwärmt er sich erst bei der Abstiegsbewegung auf den südwestlichen Seiten der Inseln.

Dementsprechend verhält sich auch die Niederschlagsverteilung auf der Insel. Die Luv-Seite Santo Antãos mit der Ortschaft Ponta do Sol im Norden hat einen höheren Jahresniederschlag als die Ortschaft Tarrafal, im Südwesten der Insel.

Tabellen: Wolkenbedeckung auf Santo Antão (oben) Vergleich der Jahresniederschläge ausgewählter Stationen in Luv- und Lee-Lage (unten, nach KLUG 1980: 64)

	Tag 2 Küstenwanderung Ponta do Sol nach Cruzinha	**Tag 3** Wanderung Vila das Pombas zum Pico da Cruz	**Tag 4** Wanderung nach Cha de Morte
Cumulus < 2 km	1/8	1/8 mehr Streuung, keine Zirren	1/8 – 3/8 – 6/8
Altocumulus 2-5 km	1/8 - 2/8 am Horizont	2/8 über dem Meer	
Cirrus > 5 km	2/8 – 6/8		

Insel	**Luv-Station**	**[mm]**	**Lee-Station**	**[mm]**	**ND-Differenz Luv > Lee [mm]**
Santo Antão	Ponta do Sol (16 m)	226	Tarrafal (10 m)	82	144
Santiago	S. Jorge Orgãos (319 m)	739	S. Domingos (315 m)	444	295
Fogo	Atalaia (470 m)	915	Cova Figuera (459 m)	440	475

Abb. 11: Inversionsschicht im Norden von Santo Antão, beim Abstieg vom Gipfelgrat des Cha de Morte nach Alto Mira III

5. Fogo – die Vulkanische

Fogo gehört zu den im Sotavento gelegenen, gebirgigen Westinseln und bildet mit einer Höhe von 2829 m die höchste Erhebung des Archipels. Fogo heißt übersetzt Feuer und der noch heute aktive Vulkanberg Pico de Fogo bestimmt das Landschaftsbild der Insel. Nur Nordosthänge des Vulkankegels sind ganzjährig grün, sonst überwiegen wüsten- und steppenhafte Trockenregionen. Als südlichste und gebirgigste Insel erhält Fogo den meisten Niederschlag auf den kapverdischen Inseln, was unregelmäßigen Trockenfeldbau ermöglicht. Dennoch gibt es keine ganzjährig Wasser führenden Flüsse. Die Berghänge werden zum Kaffeeanbau genutzt. Die Lava dient den Einheimischen als Baustoff.

Am Tag nach unserer Landung in São Filipe im Südwesten der Insel (19. März) war Bangaeira das Tagesziel, ein Ort im Kessel Cha das Caldeiras – mit einem Zwischenstopp und einer Messstation in Achada Furna. Bei der Besteigung des Pico de Fogo am nächsten Morgen nahmen wir an insgesamt 13 Haltepunkten in vertikaler Reihung Klimamessungen vor. Für Tag drei war der Abstieg zu Fuß von Bangaeira über den Nordosthang nach Mosteiros geplant, um von dort mit dem Auto wieder zum Ausgangspunkt nach São Filipe zu fahren. Auch hier wurden eine ganze Reihe von Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse im Folgenden beschrieben und in den regionalen wie überregionalen klimatischen Kontext der Insel Fogo und der Kapverden eingebettet werden sollen.

Die regionalklimatische Charakterisierung der Insel Fogo ergibt sich aufgrund ihrer südwestlichen Lage innerhalb der kapverdischen Inseln, ihres idealtypischen Grundrisses und ihres Reliefs, welches Luv-Lee-Effekte aufgrund des Passatstaus mit sich bringt.

5.1 Thermische Höhenzonierung

Die Lage von Fogo im Nordostpassat führt zur Ausbildung einer trocken-heißen Küstenstufe im Südwesten und einem arid-semiariden Klima im Nordosten bis zu einer Höhe von ca. 300 m. In den mittleren Höhenlagen der Insel tritt über die Küstenstufe an der nordöstlichen Luvseite eine nebelreiche und durch Verdunstung abgekühlte Region. Man spricht hier an den luvseitigen Nordosthängen von einem semihumiden Klima.

Hier kommt es zu sogenannten Reliefwolken. Diese entstehen im tageszeitlichen Rhythmus. Erklären lässt sich dieses Phänomen folgendermaßen: wenn durch den Nordostpassat transportierte Luftmassen auf die nordöstliche Luvseite der Insel auftreffen, werden sie gegen die Inselgebirge gedrängt, können aber wegen der Passatinversion nicht aufsteigen und es kommt infolge adiabatischer Abkühlung zu direkter Kondensation und somit zu Wolkenbildung. Kommt es nun zu einer Erhöhung der Sonneneinstrahlung, so geht die Wolkenbildung unverzüglich zurück. Diese Schicht befindet sich auf einer Höhe zwischen ca. 500 m und 900 m. Von uns durchgeführte Messreihen haben ergeben, dass

Abb. 11: Blick von Achada Furna auf die Südwestseite von Fogo

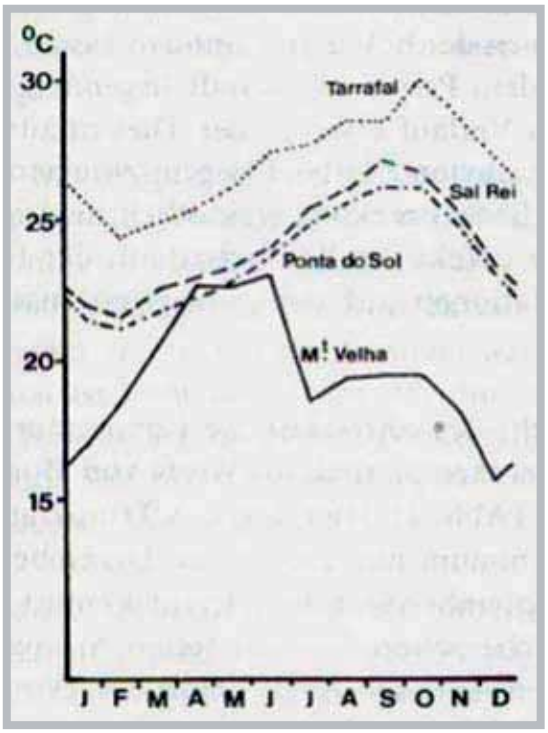


Abb. 12: Temperaturjahresgang ausgewähler Stationen verschiedener Inseln (KLUG 1980: 53 – Tarrafal/Ponta do Sol, Santo Antão, 10/16 m ü. M.; Sal Rei, Boa Vista, 10 m ü.M.; Monte Velha, Fogo, 1299 m ü. M.)h

Tabelle: Klimaparameter am Nordosthang von Fogo, beim Abstieg von Bangaeira nach Mosteiros am 22. März 2009

Höhe	1600 m	1400 m	1200 m	1100 m	1000 m	800 m
rel. Luftfeuchte	17 %	36 %	79 %	94 %	90 %	78 %
Temperatur	20 °C	19,5 °C	18,5 °C	16 °C	17 °C	19 °C
Zeit	09:00	10:00	11:00	11:15	12:00	13:00

sich eine Wolkenbedeckung von zunächst 6/8 Cumulus um die Mittagszeit innerhalb einer Stunde auf eine Wolkenbedeckung von nur noch 1/8 verringern kann. In diesem Zeitraum ist die Temperatur von ca. 19 °C auf 23 °C angestiegen, was auf eine thermisch bedingte Wolkenauflösung schließen lässt. Auf diese Schicht folgt eine mehr oder weniger geschlossene Wolkendecke von Strato- und Cumuluswolken.

Die Untergrenze der Inversionsschicht konnten wir auf einer Höhe von ca. 900 m festlegen und die Obergrenze bei ca. 1200 m. Diese Messwerte ergeben eine 300 m mächtige Inversionsschicht. Die relative Luftfeuchtigkeit erreichte einen Maximalwert auf einer Höhe von ca. 1100 m mit 94 %. Unterhalb der Inversionsschicht im Nordosten sank der Wert der relativen Luftfeuchtigkeit nicht unter 60 %. Die Höhe der Inversionsschicht variiert allerdings je nach Sonneneinstrahlung und Feuchtigkeit (vgl. Tabelle).

Oberhalb dieser feuchten Schicht folgt eine trockenere und wärmere Schicht, die nach MATZNETTER (1968, 102) in Höhenlagen zwischen 1500 m und 2000 m zu finden ist. An diese schließt sich als höchste Stufe die Gipfelregion an, die der trockenkalten Hochgebirgszone angehört. In dieser Region schwindet die relative Luftfeuchte auf bis zu 12 % und es herrschen Temperaturen von 13 °C und 15 °C.

5.2 Luv-Lee-Effekte

Thermische Unterschiede konnten wir auf Fogo nicht nur in den unterschiedlichen Höhenstufen feststellen, sondern es gab auch signifikante Unterschiede zwischen der Luv- und Leeseite der Insel. Durch Messungen wurde deutlich, dass sich in gleicher Höhe und unter sehr ähnlichen Bedingungen gemessene Werte im Luv und Lee der Insel um einige Grad unterscheiden. So ergaben Messungen an der Station Achada Furna auf einer Höhe von 915 m um 12.00 Uhr eine Temperatur von 23 °C und eine relative Luftfeuchte von 64 % bei einer Wolkenbedeckung von 2/8 Cumulus. Im Gegensatz dazu konnte auf gleicher Höhe am Nordosthang bei dem Abstieg nach Mosteiros um 12.15 Uhr eine Temperatur von 19 °C und eine relative Luftfeuchte von 82 % gemessen werden. Grund dafür wird in dem

Abb. 13: Blick auf die Oberseite der geschlossenen Passatbewölkung im Nordosten von Fogo

dichteren Bewölkungsgrad im Passatluv und der abgeschwächten Sonneneinstrahlung, im Gegensatz zum Windschatten im Passatlee der Insel gesehen. Hinzu kommt, dass der Passat über den verhältnismäßig kühlen Kanarenstrom weht und sich nach teilweiser Feuchtigkeitsabgabe auf der Nordseite auf den Südwestseiten bei absteigender Luftbewegung stärker erwärmt.

5.3 Niederschläge auf Fogo

Niederschläge konnten während unseres Kapverden-Aufenthaltes nicht gemessen werden. Anhand der Vegetation kann allerdings davon ausgegangen werden, dass an den Hängen der Insel, die dem Passat zugewandt sind, erheblich mehr Niederschläge fallen, als an den im Passatlee liegenden Hängen im Südwesten.

Hier kann man fast nur Akazien als natürliche Vegetation und keine landwirtschaftliche Nutzung finden. Diese ist aufgrund äußerst unzuverlässiger Niederschläge und mindestens zehn ariden Monaten im Jahr kaum möglich. An den Nordwesthängen hingegen lässt sich die maximale Feuchte der Insel vorfinden. Indiz dafür ist der Anbau von Bananenstauden, Papaya- und Mangobäumen, Kongobohnen, Kaffee und weiteren Nutzpflanzen.

5.4 Windverhältnisse auf Fogo

Windmessungen auf Fogo ergaben keine Werte über 3 m/s. Dieser Höchstwert wurde einmalig in einer Höhe von ca. 2700 m auf dem Pico de Fogo gemessen. Zu jeder anderen Messung war es nahezu windstill. Dies spricht dafür, dass für die Dauer unseres Aufenthaltes ein sehr schwacher Nordostpassat auf Fogo vorherrschte. Einziger Windindikator war die nach Süden wachsende Vegetation, was besonders an der Wuchsform vieler Akazien deutlich wird.

5.5 Differenzierter Passat-Einfluss zwischen Mosteiros und Sao Filipe

Auf der Fahrt von Mosteiros nach Sao Filipe am dritten Tag konnte erneut der Einfluss des Nordostpassats beobachtet werden. Zum einen ließ sich feststellen, dass im durch den Passatwind feuchteren Nordosten der Insel eine Vegetation mit Papaya- und Mangobäumen sowie Bananenstauden vorhanden war, die merklich abnahm, je weiter man sich in Richtung Westen bewegte. Als Feuchtigkeitsanzeiger und Beleg dafür, dass es im Westen der Insel nicht vollkommen trocken ist, konnten wir Kühe und andere Viehhaltung vermerken. Der Bewölkungsgrad auf der Fahrt vom Nordosten der Insel Richtung Westen nahm wie vermutet stark ab. Auf halber Strecke von Mosteiros nach Sao Filipe waren nur noch wenige Cumuluswolken zu sehen. Diese waren Teil der Inversionsschicht und sind nach Westen „geschwappt“. Man bezeichnet dies als „cut-off Effekt“. Als Anzeiger für die Windrichtung diente die Wuchsform der Pflanzen, zum Beispiel der Akazienbäume, die vom Passat gepeitscht Richtung Süden wachsen.

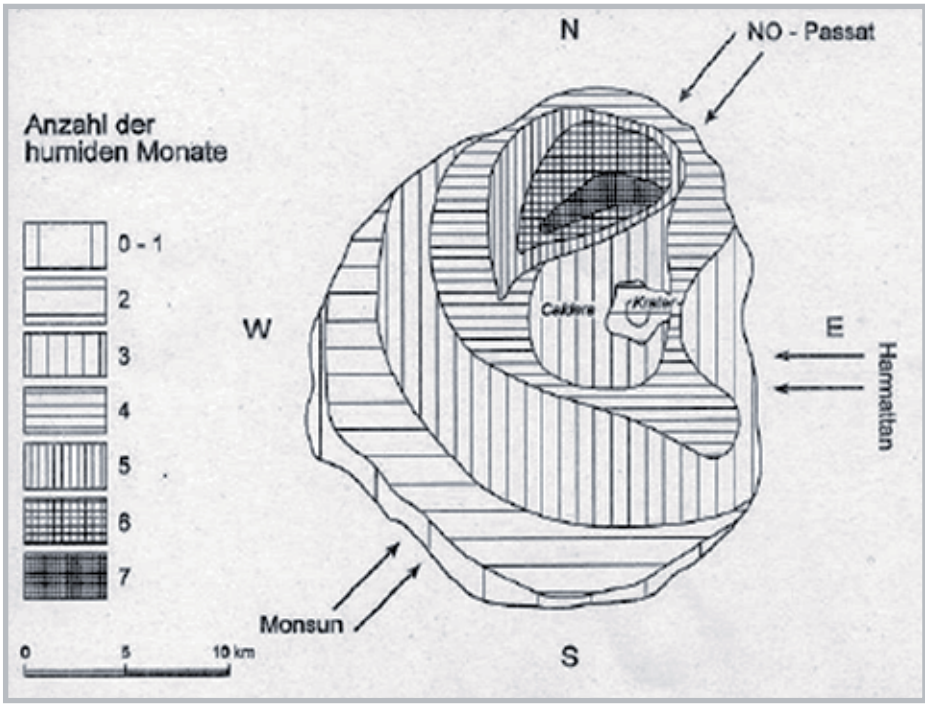


Abb. 12: Anzahl humider Monate auf Fogo (KLUG 1980).

6. Boa Vista – die Wüstenhafte

Die beiden Inseln Sal und Boa Vista sind die am weitesten östlich gelegenen Inseln der Kapverden. Aufgrund ihrer Lage weisen sie eine große klimatische Ähnlichkeit auf. Ihre Landschaft ist bestimmt von Trockenheit, weißen Sandstränden, Dünen und Wüstenlandschaften. Die durchschnittliche Jahrestemperatur Sals liegt bei 23,4 °C und mit nur 64 mm im Jahresdurchschnitt fällt weitaus weniger Niederschlag als auf den benachbarten westlichen Inseln. Die letzten Überreste einer spärlichen Vegetation erscheinen vielerorts bereits ausgedorrt und leblos. Sal ist mit seinen 216 Quadratkilometern Fläche eine der kleinsten der kapverdischen Inseln und alten vulkanischen Ursprungs (ca. 50 Mio. Jahre). Die weitgehend flache Insel mit

Kalkplateaus und Dünenlandschaft wird von einigen Zeugenbergen und abgewitterten Vulkanschloten überragt. Im Norden überwiegen Lava-Felsküsten und -strände, während der Süden durch kilometerweite feinsandige helle Strände, flache Dünen und aufgelassene Salinen gekennzeichnet ist. Einzelne Oasen mit windzerzausten Dattelpalmen wie zum Beispiel Fontona dienten in der Vergangenheit dem Gartenbau und der Viehzucht.

Im Inselinneren von Boa Vista überragen einige verwitterte Vulkanschlote den Kalksaum, der die Insel umgibt. Das Innere der mit 620 km² recht großen Insel ist wüstenhaft. Ausgedehnte Dattelhaine wechseln sich ab mit Dünenfeldern, gebirgiger Steinwüste und weiten Kiesfeldern in den zumeist flach auslaufenden Trockentälern. Umgeben wird die Insel von einer Kette weiter heller Sandstrände, teilweise gesäumt von riesigen Hotelanlagen. Das Klima kennt nur geringe jahreszeitliche Schwankungen mit Temperaturen zwischen 20 und 32°C, extrem seltenen Niederschlägen und zumeist einer kräftigen Brise aus Nord-Ost.

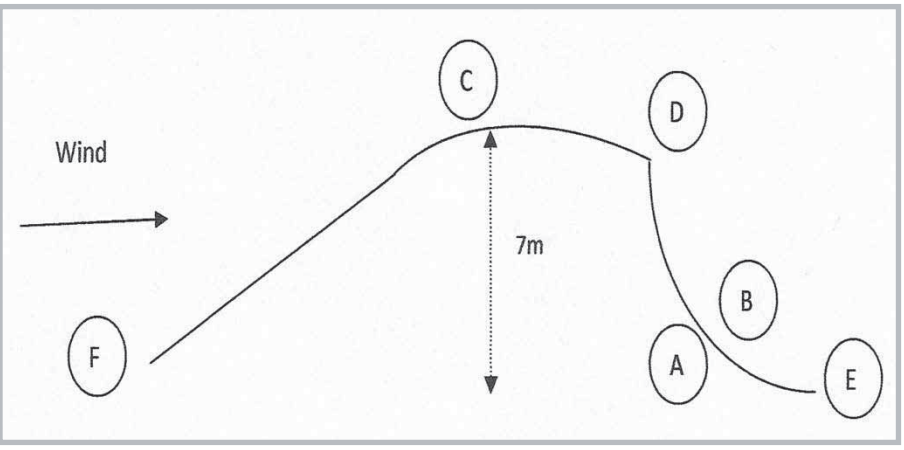


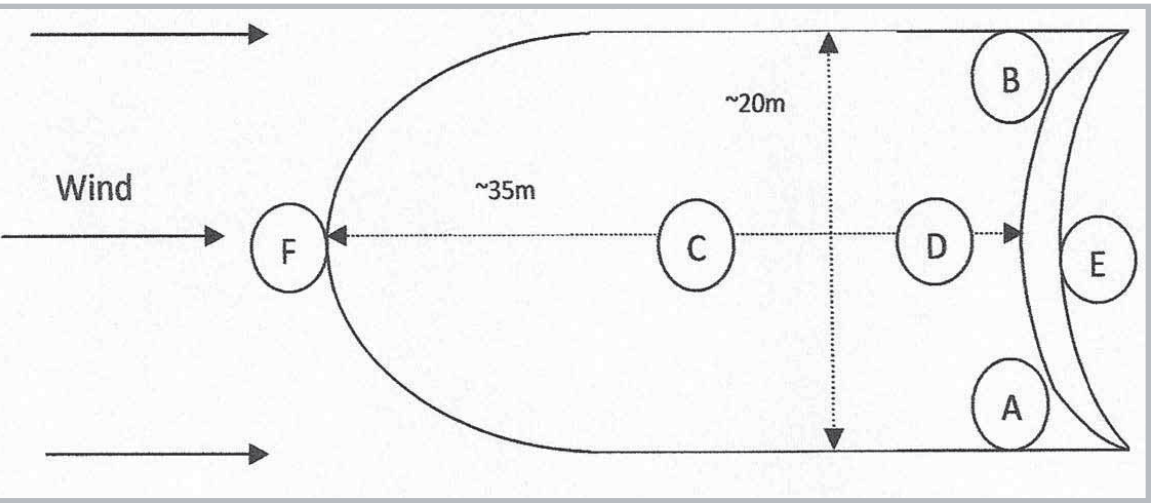
Abb. 15 & 16: Profilansicht (oben) und Vogelperspektive (unten) auf die Messstandorte an einem Barchan im Deserto Viana auf Boa Vista. Mikroklimatologische Messungen spiegeln die Luv-Lee-Effekte größerer Reliefformen

Das aride bis semi-aride Klima der östlichen Inseln hat mehrere Ursachen. Zum einen verhindert das flache Relief der Inseln einen Staueffekt der Passatwinde und die daraus resultierende Wolkenbildung, wie es zum Beispiel auf der Luvseite Santo Antãos der Fall ist, da die Winde ungehindert über das Relief hinwegziehen können. Die leicht verwehbaren Cumuluswolken, die es auf den Inseln gibt, reflektieren weniger Strahlung, was zu erhöhter Sonneneinstrahlung auf den östlichen Inseln führt. Außerdem setzt die Nähe zum afrikanischen Kontinent die Inseln stärker dem Einfluss der Saharawinde aus, welche die meisten Wolken rasch verwehen. Dennoch ist die durchschnittliche Jahrestemperatur von Sal und Boa Vista nicht ganz so hoch wie jene der Leeseiten der westlichen Inseln. Das liegt wiederum am flachen Relief der Inseln. Da es keine Gebirge gibt, kann auch kein Windschatten entstehen, der die Inseln vor den stark wehenden Passatwinden schützt und durch das Absinken der trockenen Luft hinter dem Kamm zu einer erhöhten Temperatur führt. Die durchschnittliche Jahrestemperatur der östlichen Inseln liegt folglich zwischen den durchschnittlichen Temperaturen der Luv- und Leeseiten der westlichen Inseln (vgl. KLUG 1980, 53).

Der Einfluss der Winde, die semiariden bis ariden klimatischen Verhältnisse, die spärlich vorhandene Vegetation und die Verfügbarkeit von Lockermaterial auf Sal und Boa Vista begünstigen äolische Prozesse. Dünenfelder sind weit verbreitet und bieten eine gute Gelegenheit zu mikroklimatischen Untersuchungen, wie wir sie am 24. März an einem Barchan im Deserto da Viana in Boa Vista durchführten, indem wir an verschiedenen Stellen der Düne Luft- und Bodentemperatur, Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit maßen (vgl. Abb. links).

Bei Standpunkt E ist die Temperatur mit 25,8°C am höchsten, weil er im Vergleich mit den anderen Punkten stärker vom Wind geschützt ist. Die niedrigsten Temperaturen hingegen wurden an den Standorten A und B gemessen. Die Lufttemperatur lag hier um ca. 1 °C niedriger, da die Standpunkt stärker windexponiert sind und nicht im Lee der Düne liegen.

Standpunkt F weist die höchste Bodentemperatur auf. Hier herrscht ein reger Einfluss des Windes. Im-



Standort	A	B	C	D	E	F
Lufttemperatur	23,2 °C	23,4 °C	23,7 °C	24,4 °C	25,8 °C	24,5 °C
Bodentemperatur (1cm Tiefe)	21,8 °C	21,8 °C	21,7 °C	21,5 °C	22,1 °C	23,1 °C
Luftfeuchte	69,3 %	69,3 %	68,5 %	67,8 %	59,3 %	67,5 %
Windgeschwindigkeit						
- bodennah	8-10 m/s	8-10 m/s	8-9 m/s	8-9 m/s	1-2 m/s	4 m/s
- in 2 m Höhe			9-10 m/s	9-10 m/s	3-4 m/s	9 m/s
- Böen			14 m/s	12 m/s		

Tabelle: Klimamesswerte an unterschiedlichen Standorten entlang des Barchans im Deserto de Viana

mer wieder von neuem treibt er die obersten, kälteren Sandschichten auf den Kamm der Düne hinauf. Möglicherweise treten hier tiefer liegende Bodenschichten, die noch Wärme gespeichert haben, an die Oberfläche, was eine höhere Bodentemperatur als an anderen Stellen bedingt. Offensichtlich herrscht am Kamm der Düne (Standpunkt D) die geringste Bodentemperatur, da hier das Sandmaterial ständig in Bewegung ist und sich nicht über längere Zeit hinweg erwärmen kann.

Die höchste Luftfeuchte wurde an den Standorten A und B gemessen. Sie lag bei 69,3 %. Eigentlich wäre die höchste Luftfeuchte am wärmsten Standort, in diesem Falle Standort E, zu erwarten. Hier ist die Luftfeuchte jedoch am geringsten. Wahrscheinlich liegt das mitunter daran, dass Standort E völlig vom Wind geschützt ist. Die Standorte A und B hingegen liegen nicht im Windschatten, wodurch sie stärker mit Feuchtigkeit aus der Luft angereichert werden können.

Demzufolge ist die Windstärke erwartungsgemäß in Standort E am geringsten, wo sie lediglich bei 3-4 m/s liegt. Am höchsten ist sie auf dem Rücken der Düne und auf deren Kamm (Standorte C und D), wobei Standort C, der höchste Punkt der Düne, zeitweise Böen mit einer noch höheren Geschwindigkeit von bis zu 14 m/s aufweist. Dies liegt am Zusammenrücken der Stromlinie mit zunehmender Höhe der Düne, wodurch die Strömungsgeschwindigkeit des Windes an diesem Punkt steigt (vgl. PRESS/SIEVER 1995, 313)

7. Fazit

Für die bergige Insel Santo Antão ist abschließend festzuhalten, dass das Klima auf der Nord- und auf der Südseite sehr unterschiedlich ist. Kleinklimatisch betrachtet ist der Norden aufgrund des Nordostpassates, der die feuchte Luft bis an die Gebirge schiebt und dort für ein sehr feucht-warmes Klima sorgt, geeignet für vielfältigen Anbau. Der Süden bzw. Südwesten ist aufgrund des trockeneren Klimas karg und wird landwirtschaftlich

Abb. 18: Cumuluswolken über Boa Vista über dem Brennofen einer alten Ziegelei

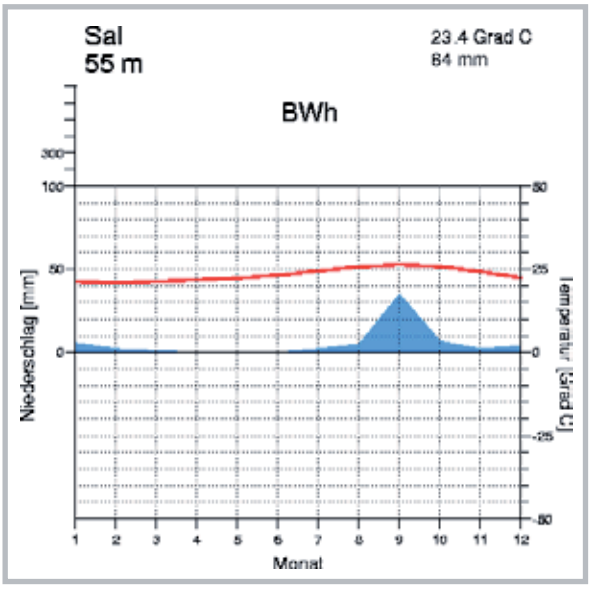


Abb. 17: Klimadiagramm von Sal (www.klima-diagramme.de/Afrika/sal.html)

nicht genutzt. Deshalb ist nur im Nordteil der Insel Santo Antão das wechselhumide Luvhang- und Höhenklima ausgebildet. Der Jahresniederschlag liegt dort bei 1500-4000 mm, zwischen sieben und zehn Monate sind humid, was für das Klima diese Inselgruppe eine Ausnahmeerscheinung darstellt.

Fogo repräsenteirt aufgrund seiner südwestlichen Lage einen gemäßigt feuchten Typ innerhalb des Archipels. Durch die Höhe und seinen konischen Grundriss besitzt Fogo, das Klima betreffend, eine Sonderstellung und es lassen sich die mit dem Passatstau verbundenen Luv- und Leeeffekte, sowie eine klimatische Höhenstufung herausarbeiten und durch verschiedene Messungen belegen.

Sal und Boa Vista grenzen sich klimatisch, bedingt durch ihre Ostlage, deutlich von den westlichen Nachbarinseln ab. Das Klima ist hier weitaus trockener, da das flache Relief und der starke Einfluss des Nordostpassats Wolkenbildung verhindern und es somit kaum zu Niederschlagsereignissen kommt. Die Landschaft ist daher geprägt von Wüste, Sandstränden, Dünen und einer äußerst lückenhaften Vegetation. Das Mikroklima eines Barchans aus dem Deserto de Viana in Boa Vista unterstreicht den starken Einfluss des Nordostpassates auf die Landschaft der beiden Inseln.

Abb. 19: Einfahrt in das Dünenfeld Deserto de Viana

8. Literatur

FRANKENBERG, P. (1995): Moderne Klimakunde. Grundwissen von Advektion bis Treibhausklima. Braunschweig.

GEBHARDT, H./GLASER, R./RADTKE, U./REUBER, P. (2007): Geographie: Physische Geographie und Humangeographie. München: Elsevier Spektrum Akadmeischer Verlag.

KLUG, H. (1980): Zur Klimageographie der Kapverdischen Inseln. In: Barth, H. K., Wilhelmy, H. (Hrsg. 1980): Trockengebiete – Natur und Mensch im ariden Lebensraum. Tübinger Geographische Studien. Heft 80. Tübingen, S. 51-72.

PRESS, F./SIEVER, R. (1995): Allgemeine Geologie. Heidelberg: Spektrum.

RATMEYER, V. ET AL. (1998): Lithogenic particle fluxes and grain size distributions in the deep ocean off northwest Africa: Implications for seasonal changes of aeolian dust input and downward transport. In: Deep Sea Research Part 1. Bremen: Pergamon.

Meeresströme

Die Ozeanische Zirkulation vor der Westküste Afrikas

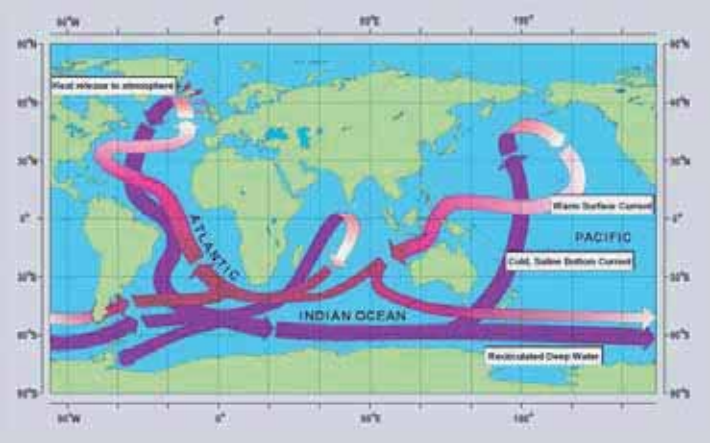
I. Thermohaline Zirkulation

Drei Einflussgrößen bestimmen die ozeanische Zirkulation vor der Westküste Afrikas maßgeblich: Mit Hilfe der thermohalinen Zirkulation, die einen Teil der ozeanischen Zirkulation beschreibt, lässt sich die Entstehung des kalten Kanarenstroms vor der Westküste Afrikas erklären.

Durch die globalen Windsysteme fließt warmes Oberflächenwasser im Atlantik nordwärts und wird im Nordatlantik stark abgekühlt. Sowohl Abkühlung als auch die aufgrund der Verdunstung gesteigerte Salinität bewirken eine Erhöhung der Dichte und damit des spezifischen Gewichtes des Wassers, was zum Absinken führt. Das kalte Tiefenwasser strömt nun als Nordatlantisches Tiefenwasser zurück in Richtung Süden und in den Indischen- und Pazifischen Ozean. Unterwegs vermischt es sich mit anderen Wassermassen und wird langsam wieder an die Oberfläche transportiert.

II. Oberflächenströmungen

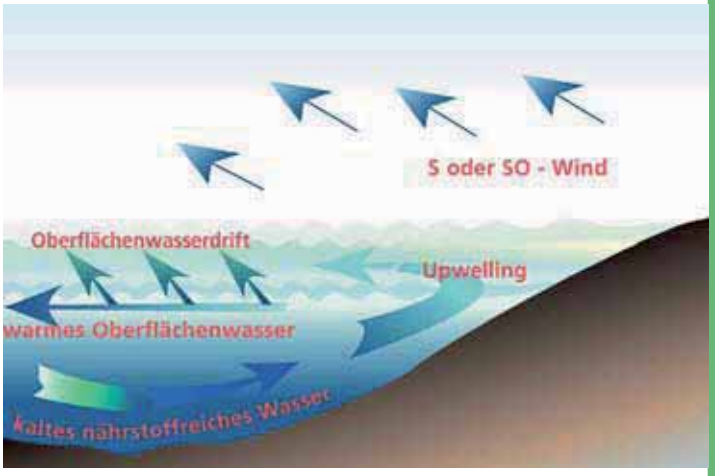
Das nordatlantische und südatlantische Strömungssystem werden maßgeblich durch Windeinwirkung und Erdrotation beeinflusst, wodurch es zu den charakteristischen Oberflächenströmungen kommt. Der Kanaren- und der Golfstrom fließen überwiegend im Uhrzeigersinn, der Benguelastrom meist entgegen dem Uhrzeigersinn.



III. Upwelling

Vor der Westküste Afrikas befindet sich außerdem ein sog. Upwelling-Gebiet. Diese Auftriebsgebiete sind Regionen in den Ozeanen, in denen kaltes Tiefenwasser aus ca. 100-300 m Tiefe das von Winden horizontal verfrachtete warme Oberflächenwässer ersetzen. Das aus Gründen der Massenerhaltung aufsteigende Wasser ist bis zu 8 °C kälter als das umgebende Ozeanwasser.

Diese Gebiete befinden sich vor allem an den Westseiten der Kontinente (Kalifornien/Oregon, Peru/Nordchile, NW- und SW-Afrika). Dort sind die Lufttemperaturen meist höher als die Wassertemperaturen, wodurch Küstennebel entsteht. Die trockenen Land-Passatwinde bewirken ein



Absinken der Luft,v was Konvektion und Niederschlagsbildung verhindert.

Generell sind Regionen mit Auftriebsgebieten durch Niederschlagsarmut und wüstenhafte Verhältnisse gekennzeichnet.

Das kalte aufsteigende Wasser ist sehr nährstoffreich und führt zu einem großen Reichtum an Phytoplankton und Fischen in diesen Gebieten.

Sarah Knoll

Literatur

Camp, L. et al (1991): Upwelling and boundary circulation off Northwest Africa as depicted by infrared and visible satellite observations. In: Prog. Oceanog. Vol. 26, 357-402.

Dietrich, G. (1978): Ozeanographie. Westermann-Verlag.

Marcinek, J. et al (1996): Das Wasser der Erde. Eine geographische Meeres- und Gewässerkunde. Justus Perthes

Rahmstorf, S. (2006): Thermohaline Ocean Circulation. In: Encyclopedia of Quaternary Sciences, Elsevier.

Ratmeyer, V. / Fischer, G. / Wefer, G. (1998): Lithogenic particle fluxes and grain size distributions in the deep ocean off northwest Afrika: Implications for seasonal changes of aeolian dust input and downward transport. In: Deep-Sea Research I 46, 1289-1337.

Stramma, L. / Schott, F. (1998): The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean. In: Deep-Sea Research II, 279-303.

Abb. links: Thermohaline Zirkulation (www.enso.info/images/thc.jpg); **rechts**: Upwellling (www.dorcom.com/Dorcom%20english-Dateien/Upwelling.jpg)

Boden

Markus Engler, Steffen Füssel, Helena Lohneis & Boris Schmitt

Die Böden der Kapverden sind geprägt von den vulkanischen Ausgangsgesteinen. Aufgrund der vielerorts geringen Niederschläge und der hohen Erosionsanfälligkeit steiler Hänge bilden sich häufig nur geringmächtige Rohböden aus. Allerdings finden sich auch mächtige fossile Böden – Zeugen früherer Klimaveränderungen, denn sie können nur unter feuchteren Bedingungen entstanden sein. Das folgende Kapitel fasst die Ergebnisse unser bodenphysikalischen Untersuchungen im Gelände zusammen und ergänzt sie um einige Erkenntnisse, die erst nach der Exkursion im Labor gewonnen werden konnten.

1. Bodenphysikalische Messungen

Die rezenten Böden der Kap Verden sind im Allgemeinen wenig entwickelt. In der Regel handelt es sich um Rohböden. Bei den im Verlauf der Exkursion durchgeführten Bodenuntersuchungen wurde eine große Bandbreite von Bodenparametern erhoben. Es handelt sich bei den Untersuchungen ausschließlich um Feldmessungen, bei denen die folgenden Bodeneigenschaften bestimmt wurden:

1. Bestimmung der Infiltrationsrate mit einem Doppelringinfiltrometer

2. Bestimmung des Porenvolumens mit einem Luftpyknometer

3. Bestimmung der Körnung anhand der Fingerprobe und anhand einer Beobachtung des Sedimentationsverhaltens einer Suspension in einem Becherglas

4. Messung des pH–Wertes mit pH–Indikatorstreifen in KCl-Lösung

5. Bestimmung des Karbonatgehalts mit Salzsäure

6. Bestimmung des Anteils der organischen Substanz

Diese Parameter wurden insgesamt an fünf Standorten bestimmt – einem auf Santo Antão, drei auf Fogo und einem weiteren auf Boa Vista. Im Folgenden soll kurz auf die Bedeutung der wichtigsten Parameter, die Methodik und die vorherrschenden Bodentypen auf den Kapverden eingegangen werden.

1.1 Körnung

Als Körnung, Korngrößenverteilung oder Bodenart bezeichnet man den prozentualen Anteil verschiedener Korngrößen (Sand, Schluff, Ton) an den mineralischen Bestandteilen des Bodens. Die Körnung ist abhängig vom Ausgangsmaterial und von der Intensität und Form der physikalischen Verwitterung. Die Körnung ist relativ leicht zu bestimmen, zudem korrelieren viele Eigenschaften des Bodens mit ihr.

Die ungefähre Bestimmung der Wasserleitfähigkeit und der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens, die man durch die Korrelation mit der Körnung abschätzen kann, ist eine der wichtigsten Informationen, die man aus der Untersuchung der Körnung gewinnen kann (Hartge/ Horn 1999, S. 8 ff.).

Auf den Kap Verden variiert die Korngrößenverteilung von Insel zu Insel bisweilen sehr stark, teilweise sogar auf der gleichen Insel. Zu den Gründen hierfür zählen das unterschiedliche Alter der Inseln sowie die teilweise extremen Klimaunterschiede. Allerdings dominieren generell eher sandige Böden auf den Inseln (Karthe/Siegmund 2004, S. 63 ff.)

1. 2. Porung

Ein Faktor, der eng mit der Körnung verbunden ist, ist die Porung des Bodenmaterials, welche maßgeblich die Wasseraufnahmefähigkeit sowie die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens bestimmt. Als Poren bezeichnet man die verbundenen Hohlräume zwischen den Bodenpartikeln. Das Porenvolumen wird hauptsächlich von der Körnung, dem Bodengefüge und der Lagerung bestimmt. Auch die Größen der Poren beeinflussen in erheblichem Maße die hydrologischen Eigenschaften des Bodens. In sandigen Böden ist der Anteil der Grobporen (Poren > 10 µm) relativ hoch. In diesen Poren kann das Wasser nicht gehalten werden und versickert. Es ist dadurch nicht

Abb. 1 & 2: Doppelringinfiltrometer: Installation und Ablesen der Messergebnisse

pflanzenverfügbar. Wenn die Poren allerdings zu klein sind (Poren < 0,2 µm), wird das Wasser so stark an die Bodenpartikel gebunden, dass die Saugspannung der Pflanzen nicht mehr ausreicht, um es verfügbar zu machen. Aus diesem Grund ist ein großer Anteil von Poren, die kleiner als zehn Mikrometer und größer als 0,2 Mikrometer sind, ideal für den Wasserhaushalt der Pflanzen.

Bei den eher sandigen Böden auf den Kapverden kann man ungefähr von einem Porenvolumen von 40 bis 55 % ausgehen. Je älter der Boden ist, desto kleiner wird in der Regel der Grobporenanteil und entsprechend größer wird der Mittel- und Feinporenanteil.

2. Methodik

2.1 Messung mit Doppelringinfiltrometer

Mit einem Doppelringinfiltrometer bestimmt man die Infiltrationsrate des Bodens. Diese gibt Auskunft über die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens.

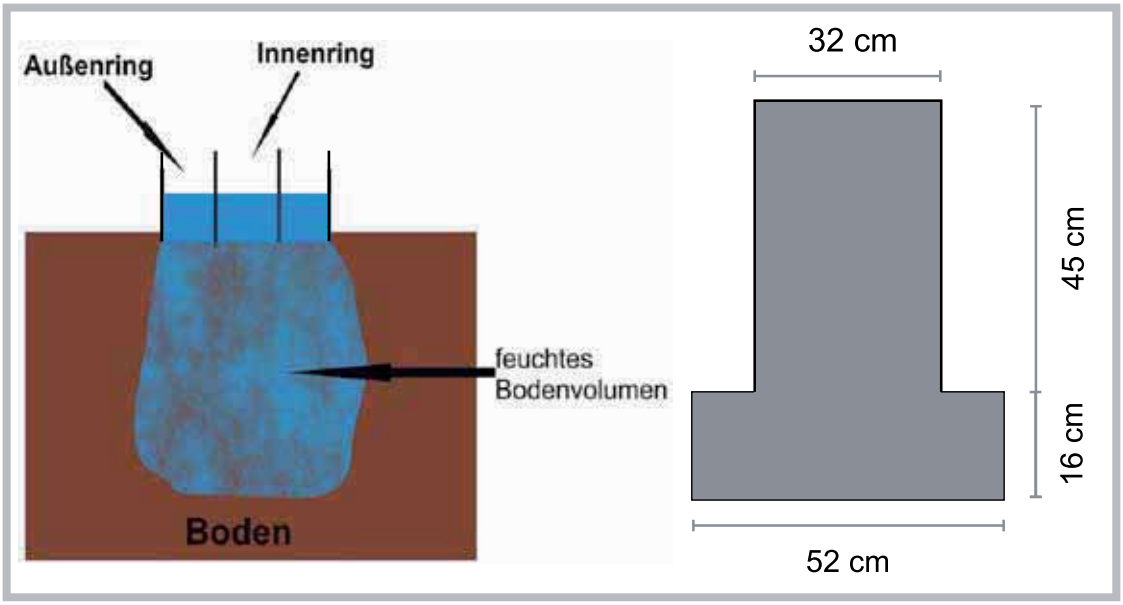
Der Doppelringinfiltrometer besteht aus zwei miteinander verbundenen Metallringen, die leicht in den Boden geschlagen werden. Der innere und der äußere Ring werden gleich hoch mit Wasser befüllt, jedoch misst man nur im inneren Ring. Der Grund hierfür ist, dass das Wasser im äußeren Ring nicht senkrecht versickert – es dient lediglich dazu, das Wasser des inneren Rings zu kanalisieren (s. Abb.). Der Wasserstand des äußeren Rings wird durch Befüllen permanent an den Wasserstand des inneren Rings angepasst.

Während der Messung wird nach bestimmten Zeitintervallen mit einem Zollstock die bereits versickerte Wassermenge gemessen.

Nach der Messung der Infiltrationsrate, wird das benetzte Bodenvolumen ausgegraben und vermessen. Je nachdem, wie das Wasser versickert, können erste Rückschlüsse auf die Bodenbeschaffenheit getroffen werden. Auf den Kapverden war die Versickerungsform meist zylindrisch, was auf eine schnelle Abführung des Wassers in den Untergrund schließen lässt.

Indem man das Volumen des benetzten Bodens berechnet, kann man auch den Anteil der Mittel- und Feinporen bestimmen. Denn die durch den Versuch eingetragene Was-

Abb. 3 & 4: Funktionsprinzip und Benetzungsvolumen einer Messung mit dem Doppelringinfiltrometer



sermenge verteilt sich auf das ausgegrabene Bodenvolumen. Da das Wasser in den Grobporen nicht gehalten wird, befindet es sich ausschließlich in den Mittel- und Feinporen. So kann man näherungsweise eine Prozentangabe für den Anteil der Mittel- und Feinporen berechnen.

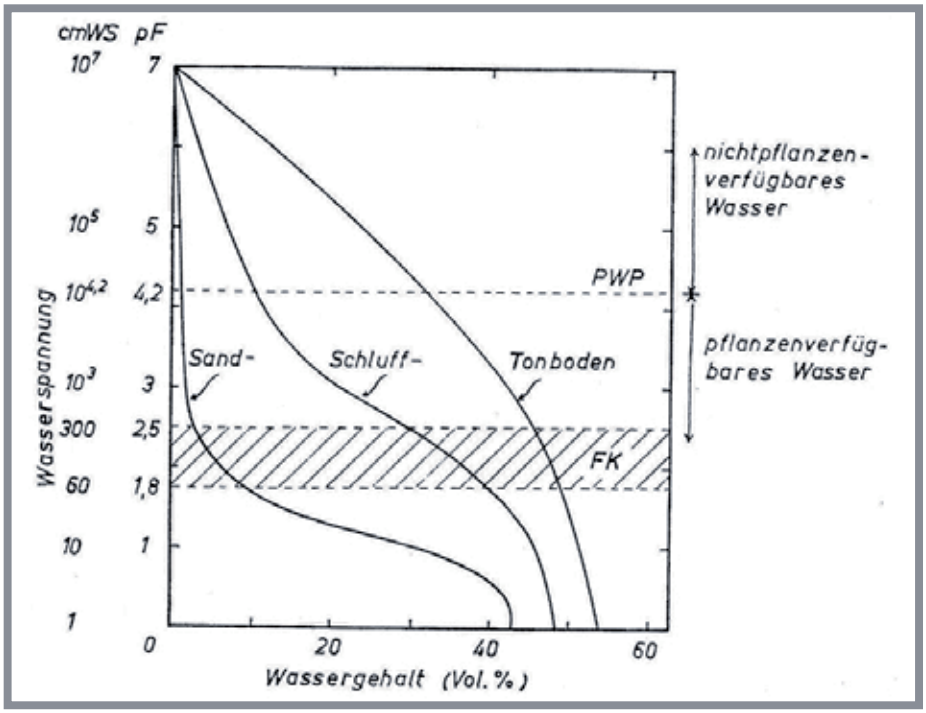


Abb. 5: Saugspannung und nutzbare Feldkapazität, abgeleitet aus einer pF-Kurve

2.2 Luftpyknometer

Mit einem Luftpyknometer kann man das unkomprimierbare Volumen einer Bodenprobe bestimmen. In einem kleinen Reservoir wird ein Druck von 2,3 bar aufgebaut und anschließend in den Probenraum abgegeben. Aus dem sich nun einstellenden Druck kann man mit Hilfe der idealen Gasgesetze das Volumen der nicht komprimierbaren Bestandteile bestimmen (Wasser, Substrat, Mantel).

Es wurde jeweils eine Messung mit einer trockenen und einer feuchten Probe durchgeführt. Da nur in den Fein- und Mittelporen (Poren < 10 µm) das Wasser entgegen der Schwerkraft gehalten wird, kann durch die Berechnung der Differenz der beiden Messwerte das Volumen dieser Poren ermittelt werden. Da bei der Felduntersuchung die trockenen Proben nicht in einem Trockenschrank eingelagert werden können, ist meist noch Restfeuchte vorhanden. Deswegen ist davon auszugehen, dass die Werte generell etwas zu niedrig liegen.

Die durch den Luftpyknometerversuch bestimmten Werte dienen als Grundlage zur Erstellung eines pF-Diagramms. Denn die Grenze zwischen Grobporen und Mittelporen bestimmt die Feldkapazität. Da im Rahmen der Untersuchungen jedoch nicht der permanente Welkepunkt ermittelt wurde, kann kein vollständiges pF – Diagramm erstellt werden.

2.3 Bestimmung des pH - Werts

Die Bodenacidität beeinflusst nahezu alle Bodeneigenschaften sowie das Pflanzenwachstum direkt oder indirekt. Niedrige sowie extrem hohe pH-Werte können das Pflanzenwachstum je nach Pflanzenart mehr oder weniger stark behindern.

Im Rahmen der Exkursion wurde der pH-Wert mit Hilfe von Indikatorstreifen in ein-molarer KCl-Lösung bestimmt. Diese Methode ist relativ ungenau (Abweichungen von ± 0,5), jedoch ausreichend genau, um einen ersten Eindruck der Bodeneigenschaften zu gewinnen.

2.4 Bestimmung des Karbonatgehalts

Unter dem Begriff Karbonat versteht man hauptsächlich Calcium- und Calcium-Ma-

Aufbrausen	Carbonat-anteil [%]	Bezeichnung	Code
keine Reaktion	0	carbonatfrei	c0
sehr schwach (nur hörbar)	< 0,5	sehr carbonatarm	c1
schwach	0,5 – 2	carbonatarm	c2
deutlich Reaktion	2- 10	(mäßig) carbonathaltig	c3
stark anhaltende Reaktion	10- 25	carbonatreich	c4
sehr starke, lang anhaltende Reaktion	> 25	sehr carbonatreich	c5

Abb. 6: Karbonatanteil anhand der Reaktion mit zehnprozentiger Salzsäure: Richtwerte für die Feldbestimmung

Abb. 7 & 8: Salzsäuretest zur Karbonatbestimmung und Druckaufbau im Luftpyknotmeter

gnesiumcarbonate. Sie dienen als wichtige gesteinsbildende Komponenten. So sind sie zum Beispiel in Locker- und Festgesteinen wie Mergel-, Kalk- und Lössgesteinen enthalten. Der Grad der Entkalkung gibt Auskunft darüber, wie fortgeschritten die stattfindenden Bodenbildungsprozesse sind.

Die Bestimmung im Gelände erfolgte mit einer 10-prozentigen Salzsäure (HCl). Die Reaktionen mit den Carbonaten ist akustisch und optisch in Form eines Sprudelns wahrnehmbar. Als Maßstab für den Carbonatgehalt wird die Stärke der Reaktion herangezogen – die Klassifizierung ist in der Tabelle auf der vorhergehenden Seite dargestellt.

3. Bodentypen

Im Rahmen der Bodenuntersuchungen der Exkursion wurden keine Bodentypen bestimmt, doch kann man, wenn man die vorhandene Literatur zu Rate zieht, zu dem Ergebnis kommen, dass die vorherrschenden Bodentypen auf den Kap Verden Lithosole, Regosole, Cambisole, Andosole und Kolluvisole sind. Lediglich für die Insel Fogo existiert eine Bodenkarte. Für die anderen Inseln liegen nur Karten vor, die eine Verbindung von geologischer, bodenkundlicher und geomorphologischer Karte und zudem sehr alt sind (1930er Jahre).

Abb. 9: Bodentypenkarte der Insel Fogo Faria, F. X. (1974)

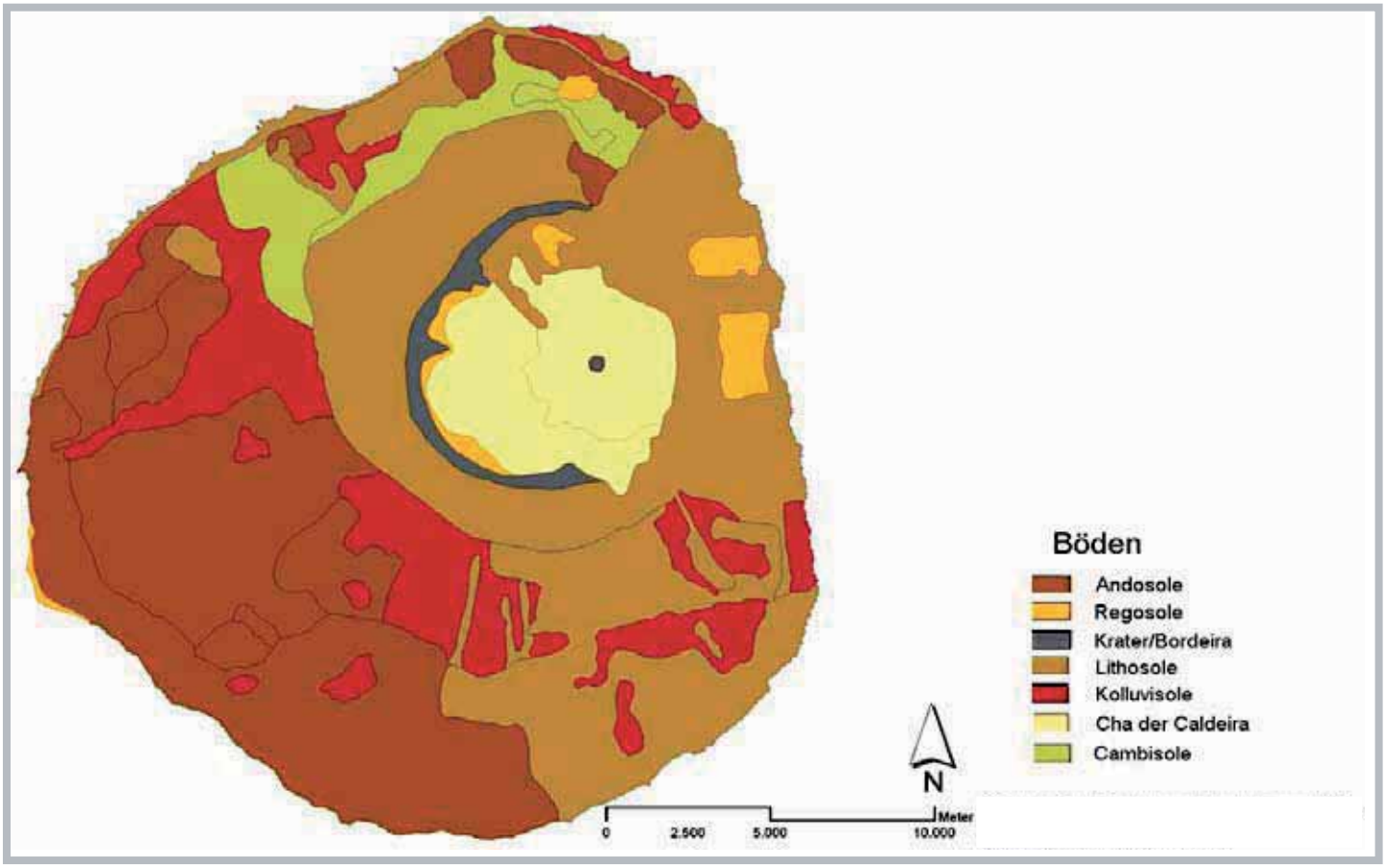


Abb. 10 & 11:
Fossiler Boden nahe Achada Furna, von Lapilli verschüttet

3.1 Lithosole

Lithosole sind Gesteinsrohböden. Sie sind kaum entwickelt und weisen eine geringe Mächtigkeit < 10 cm auf (Scheffer/Schachtschabel 2008, S. 484). Die Gründe für die geringe Mächtigkeit liegen zum einen darin, dass es sich oftmals um relative junge Böden handelt. Zum anderen kommen diese Böden auch häufig an steilen Hängen vor (z.B. Fogo) und können aufgrund starker Erosion nicht mächtiger werden.

3.2 Regosole

Auch der Regosol ist ein geringmächtiger Boden, der sich aber nur auf kalkfreien oder kalkarmen Lockergesteinen ausbildet. Der humose A-Horizont geht direkt in das Ausgangsgestein über. Es handelt sich bei den Regosolen meist um Böden, die landwirtschaftlich genutzt wurden und in Folge der Nutzung erodierten. In semiariden Gebieten müssen die Regosole bewässert werden, falls sie weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden sollen (Scheffer/Schachtschabel 2008, S. 491 f.).

3.2 Andosole

Andosole sind meist junge Böden, die sich auf vulkanischem Lockermaterial bilden. Die typischen Tonminerale des Andosols sind Allophan und Imogolit. Sie sind in der Regel durch ein hohes Porenvolumen und lockere Lagerung gekennzeichnet. Zudem ist der Oberboden relativ humusreich (bis 20 %) und bei einem hohen pH-Wert haben sie auch eine hohe Anionenaustauschkapazität. Andosole sind aufgrund dieser Eigenschaften gut für die landwirtschaftliche Nutzung geeignet, vorausgesetzt, es steht ausreichend Wasser zur Verfügung (Heim/Schmidt, S. 13). Durch ihre lockere Struktur sind sie allerdings stark erosionsgefährdet (Reich 2007).

3.3 Cambisole

Da eine gute Wasserverfügbarkeit Voraussetzung für ihre Entstehung ist, ist das Vorkommen der Cambisole nur auf sehr kleine Gebiete der Kapverden beschränkt, etwa den Norden der Insel Fogo. Dieser Boden entwickelt sich auf kalkarmem bis kalkfreiem Ausgangsgestein wie etwa Basalt. Typische Horizontfolge ist AB_wC, wobei der diagnostische Horizont der B_w-Horizont ist. Er zeichnet sich

Abb. 12 & 13:
Andosol am Ausgang der Caldeira;
Cambisol auf einer Citrusplantage auf Fogo

durch hohe Porosität, gute Aggregatsstabilität und feinere Körnung als der C-Horizont aus (HINTERMAIER-ERHARD/ZECH 2002, S. 30). Cambisole entstehen auf den Kapverden in der Regel aus den weniger tiefgründigen Regosolen.

Bei ausreichender Mächtigkeit und gutem Wasserangebot sind die Cambisole ackerbaulich gut nutzbar, da sie relativ hohe Gehalte an verwitterbaren Mineralien bei besserer Nährstoffnachlieferung haben (HINTERMAIER-ERHARD/ZECH 2002, S. 30).

3.4 Kolluvisole

Die Kolluvisole sind eine sehr heterogene Gruppe von Böden, denen gemeinsam ist, dass es sich um hangabwärts umgelagerte Böden handelt. Sie entstehen hauptsächlich in Senken und Tälern. Aufgrund von Erosionsprozessen sammelt sich dort humoses Bodenmaterial. Zur Klassifizierung als Kolluvisol muss der Horizont mindestens 40 cm mächtig sein. Die Kolluvisole überdecken häufig bereits vorhandene Böden (SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL 2008, S. 519).

Das Material, aus dem sich die Kolluvisole bilden, wird in den meisten Fällen aufgrund landwirtschaftlicher Nutzung abgetragen. Aus diesem Grund sind die Kolluvisole in der Regel auch für eine landwirtschaftliche Nutzung geeignet (FARIA 1970, S. 138 f.).

3.5 Fossile Böden

Auf mehreren Inseln (Santo Antão, Boa Vista, Fogo) sind fossile Böden zu finden. Diese Böden sind zum Teil sehr mächtig und weit entwickelt (z.B. mächtige verbraunte Horizonte). Eine solche Bodenentwicklung kann nur unter relativ feuchten Klimabedingungen stattgefunden haben. Dies lässt den Rückschluss zu, dass sich das Klima der Kapverden von einem feuchteren Klimat in ein arides gewandelt hat.

Synthese

Die Bodeneigenschaften auf Boa Vista stellen einen guten Kontrast zu den übrigen Inseln dar. Obwohl die Ergebnisse aus dem Rahmen fallen, zeigen sie die große Bandbreite der möglichen Böden, die man auf den Kapverden antrifft. Die Ergebnisse zeigen, dass das äußere Bild der Kapverden, was Vegetation angeht, sehr trügerisch ist. Aufgrund der ermittelten Werte, könnten – sofern genügend Wasser vorhanden wäre – mehr Flächen bepflanzt werden. Die Böden zeigen gute Voraussetzungen dafür. Sie können viel Wasser aufnehmen und den Pflanzen zur Verfügung stellen. Für Boa Vista zeigen Carbonatgehalt und pH-Wert einen gewissen Nährstoffreichtum an, welcher den Pflanzen dargeboten werden kann. Einzig der Mangel an Niederschlag verhindert dieses potentielle Wachstum. Daher findet man „grünere“ Landstriche auch hauptsächlich an den nordöstlichen Teilen der höheren Inseln.

Literatur

FARIA, F. X. (1970): Os solos da ilha de Santiago. Lissabon: Junta de Investigações do Ultramar. 157 Seiten.

HEIM, A., SCHMIDT, M (2007): Bodengeographie. Online unter: http://www.geo.uzh.ch/fileadmin/files/content/abteilungen/phys2b/Vorlesungsunterlagen/211/SkriptGEO211_2_2007.pdf am 29.09.08.

HARTGE, K.H., HORN, R. (1999): Einführung in die Bodenphysik. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag. 304 Seiten.

KARTHE, D., SIEGMUND, A. (2004): Die Böden der Kapverden: Eine Bestandsaufnahme auf den Inseln Fogo, Boa Vista, und Santo Antão. In: Geoökodynamik, 25 (1), S. 59-72.

REICH, S. (2007): Vulkanböden. Online unter: http://www.geocarbo.com/c/pedosph-re/bodentypen/vulkanb-den/startseite-vulkanb-den am 30.09.08.

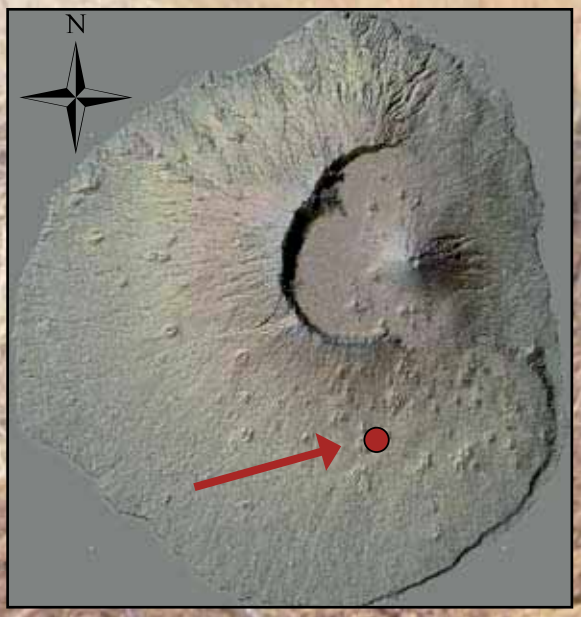
SCHEFFER, F./SCHACHTSCHABEL, P. (2008): Lehrbuch der Bodenkunde. Heidelberg: Spektrum akademischer Verlag. 593 Seiten.

ZECH, W./ HINTERMAIER-ERHARD, G. (2002): Die Böden der Erde: Ein Bildatlas. Heidelberg/Berlin: Spetrum akademischer Verlag. 120 Seiten.

Auf den folgenden Seiten beschreiben wir die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen im Einzelnen an fünf Standorten.

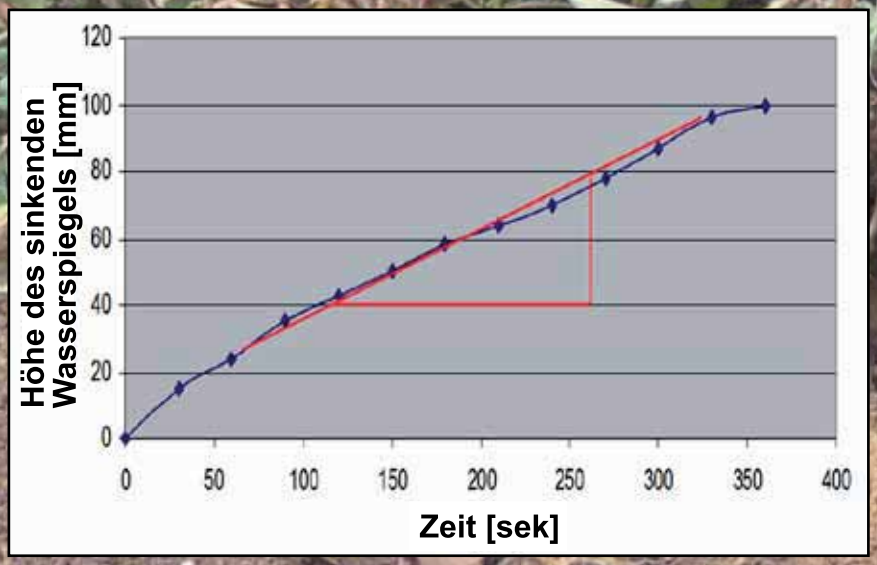
Standort: Fogo nahe Dorf „Achada Furna“

Koordinaten: N 14°52,519`, W 24°21,335`, 915 m ü. NN
Besonderheiten: Geringer Anteil an Restwasser in den Proben möglich



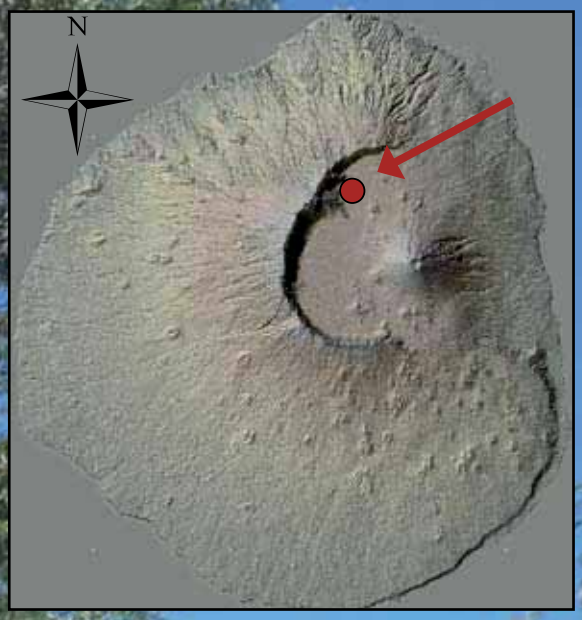
Bodenphysikalische Parameter	
Korngrößenzusammensetzung	80% Kies, Sand; 15-20% Schluff; < 5% Ton; 1% Organik
pH-Wert	Neutral 7
Carbonatgehalt	Kalkgehalt 0 %

Infiltrationsmessung	
Infiltrationstiefe	61 cm
Benetztes Bodenvolumen	70,2 ltr.
Infiltrierte Wassermenge	12,5 ltr.
Mittlere Infiltrationsgeschwindigkeit	0,27 mm/s // 17 mm/min // 1000 mm/h



Lfd. Nr.	Zeit t [sek]	Höhe h [mm]
1.	30	15
2.	60	24
3.	90	35
4.	120	43
5.	150	50
6.	180	58
7.	210	64
8.	240	70
9.	270	78
10.	300	87
11.	330	96
12.	360	100

Luftpyknometer	
Gesamtporenvolumen	63,5 V% = 44,6 l
Anteil Grobporen >10 µm am Gesamtporenvolumen	72 % = 32,1 ltr.
Anteil Fein- und Mittelporen < 10 µm am Gesamtporenvolumen	28 % = 12,5 ltr.
Festes Bodenmaterial	36,5 % = 25,6 ltr.



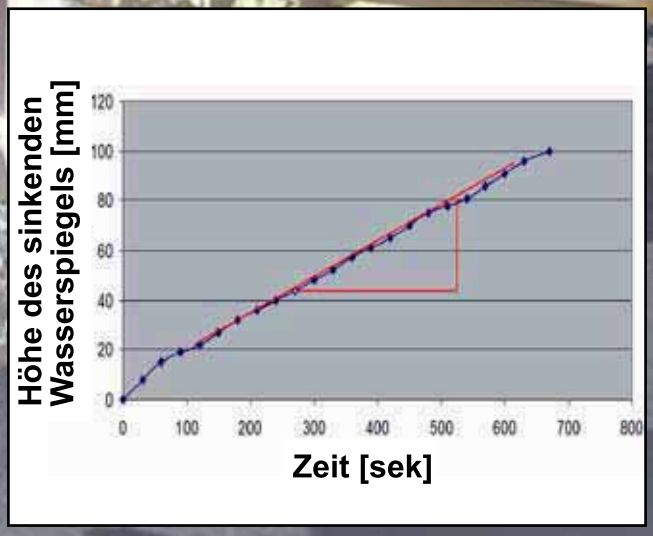
Standort: Fogo in der Caldeira bei „Casa Fernando“

Koordinaten: N 14°58,513`, W 24°22,049`, 1675 m ü. NN

Besonderheiten: Geringer Anteil an Restwasser in den Proben möglich.

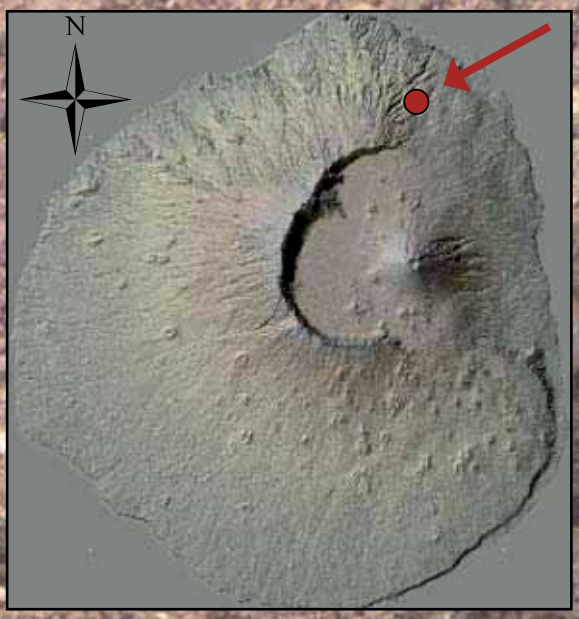
Bodenpysikalische Parameter	
Korngrößenzusammensetzung	70% Sand; ca. 20% Schluff; > 10% Ton; 2-3% Organik
pH-Wert	Neutral 7,5
Carbonatgehalt	Kalkgehalt 0 %

Infiltrometermessung	
Infiltrationstiefe	60 cm
Benetztes Bodenvolumen	79,7 ltr.
Infiltrierte Wassermenge	9,2 ltr.
Mittlere Infiltrationsgeschwindigkeit	0,16 mm/s // 9,6 mm/min // 576 mm/h



Lfd. Nr.	Zeit t (sek)	Höhe h (mm)
1.	30	8
2.	60	15
3.	90	19
4.	120	22
5.	150	27
6.	180	32
7.	210	36
8.	240	40
9.	270	44
10.	300	48
11.	330	52
12.	360	57
13.	390	61
14.	420	65
15.	450	70
16.	480	75
17.	510	78
18.	540	81
19.	570	86
20.	600	91
21.	630	96
22.	670	100

Luftpyknometermessung	
Gesamtporenvolumen	49,9 V% = 39,8 ltr.
Anteil Grobporen >10 µm am Gesamtporenvolumen	77 % = 30,6 ltr.
Anteil Fein- und Mittelporen < 10 µm am Gesamtporenvolumen	23 % = 9,2 ltr.
Festes Bodenmaterial	50,1 % = 40,1 ltr.



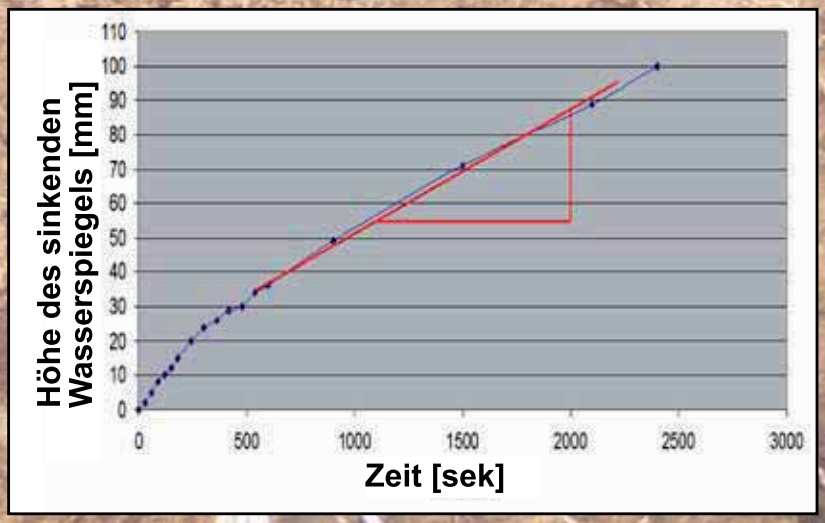
Standort: NW-Fogo, am Rand einer Citrusplantage

Koordinaten: N 15°00,565`, W 24°20,073`, 1008 m ü. NN

Besonderheiten: Bodenproben entnommen, Trocknung und Messung im Labor ergab einen Restwassergehalt von 5,9 V%.

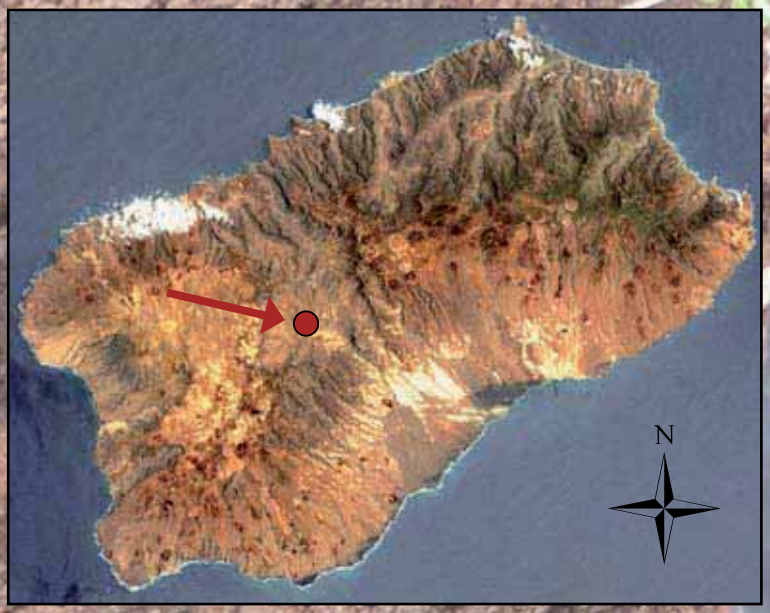
Bodenphysikalische Parameter	
Korngrößenzusammensetzung	70% Sand; 25% Schluff; > 5-10% Ton; 1% Organik
pH-Wert	Neutral 6,5
Carbonatgehalt	Kalkgehalt 0 %

Infiltrationsmessung	
Infiltrationstiefe	24 cm
Benetztes Bodenvolumen	19,3 ltr.
Infiltrierte Wassermenge	8,2 ltr.
Mittlere Infiltrationsgeschwindigkeit	0,04 mm/s // 2,5 mm/min // 150 mm/h



Lfd. Nr.	Zeit [sek]	Höhe [mm]
1.	30	2
2.	60	5
3.	90	8
4.	120	10
5.	150	12
6.	180	15
7.	240	20
8.	300	24
9.	360	26
10.	420	29
11.	480	30
12.	540	34
13.	600	36
14.	900	49
15.	1500	71
16.	2100	89
17.	2400	100

Luftpyknometer	
Gesamtporenvolumen ($V_L + V_W$)	55,5 V% = 10,7 ltr.
Anteil Grobporen >10 µm am Gesamtporenvolumen	23 % = 2,5 ltr.
Anteil Fein- und Mittelporen < 10 µm am Gesamtporenvolumen	77 % = 8,2 ltr.
Festes Bodenmaterial	44,5 % = 8,6 ltr.



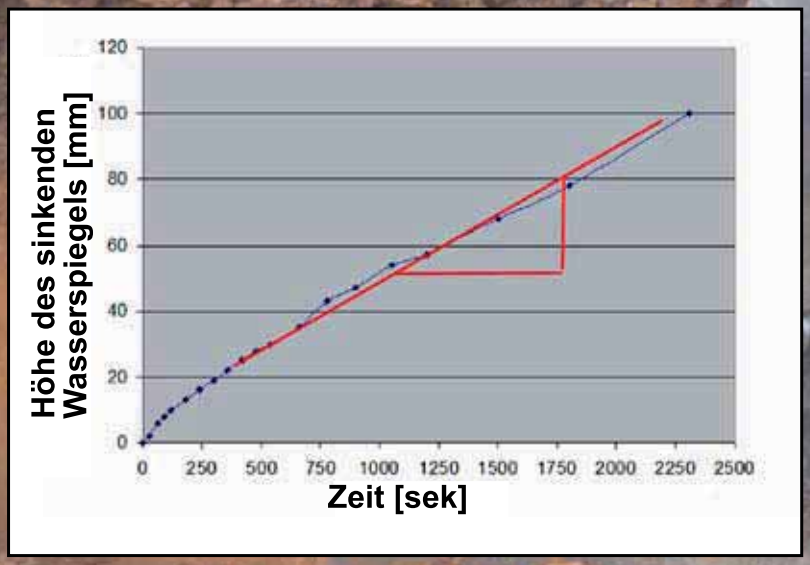
Standort: Santo Antão, Landgut im Kessel Cha de Morte

N 17°02,687`; W 25°12,204`; 651 m ü. NN

Besonderheiten: Kleiner Anteil an Restwasser

Bodenpysikalische Parameter	
Korngrößenzusammensetzung	80 % Feinkies, Sand; 10% Schluff; 5-10% Ton; 2-3% Organik
pH-Wert	Neutral 7
Carbonatgehalt	Kalkgehalt ca. 1-3 %

Infiltrometermessung	
Infiltrationstiefe	65 cm
Benetztes Bodenvolumen	42,5 ltr.
Infiltrierte Wassermenge	4,0 ltr.
Mittlere Infiltrationsgeschwindigkeit	0,04 mm/s // 2,6 mm/min // 156 mm/h



Lfd. Nr.	Zeit t (sek)	Höhe h (mm)
1.	30	2
2.	60	6
3.	90	8
4.	120	10
5.	180	13
6.	240	16
7.	300	19
8.	360	22
9.	420	25
10.	480	28
11.	540	30
12.	660	35
13.v	780	43
14.	900	47
15.	1050	54
16.	1200	57
17.	1500	68
18.	1800	78
19.	2310	0

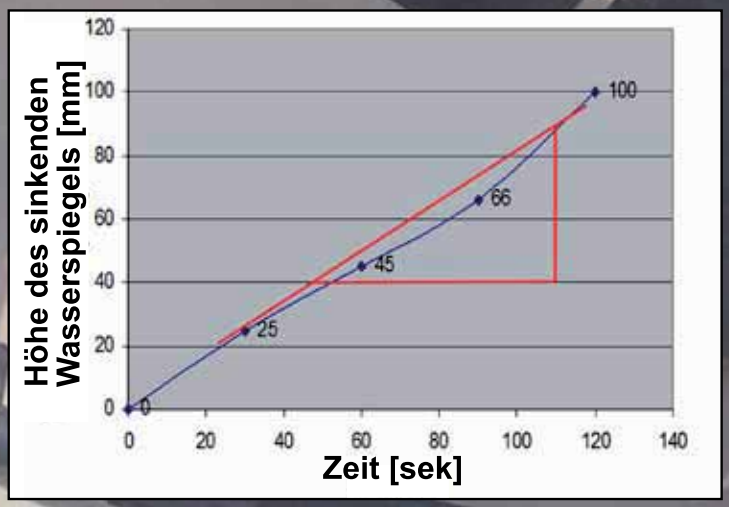
Luftpyknometermessung	
Gesamtporenvolumen	49,9 V% = 21,2 ltr.
Anteil Grobporen >10 µm am Gesamtporenvolumen	81 % = 17,2 ltr.
Anteil Fein- und Mittelporen < 10 µm am Gesamtporenvolumen	19% = 4,0 ltr.
Festes Bodenmaterial	50,1 % = 21,3 ltr.

Bodenuntersuchung auf Boa Vista „Deserto do Viana“

Koordinaten: N 16°08,524`, W 22°51,759`, 15 m ü. NN
Besonderheiten: Ursache für den leicht basischen pH-Wert ist, dass es sich bei diesen Dünen um biogene Kalke eines ehemaligen Saumriffs handelt. Geringer Anteil an Restwasser in der Probe möglich.

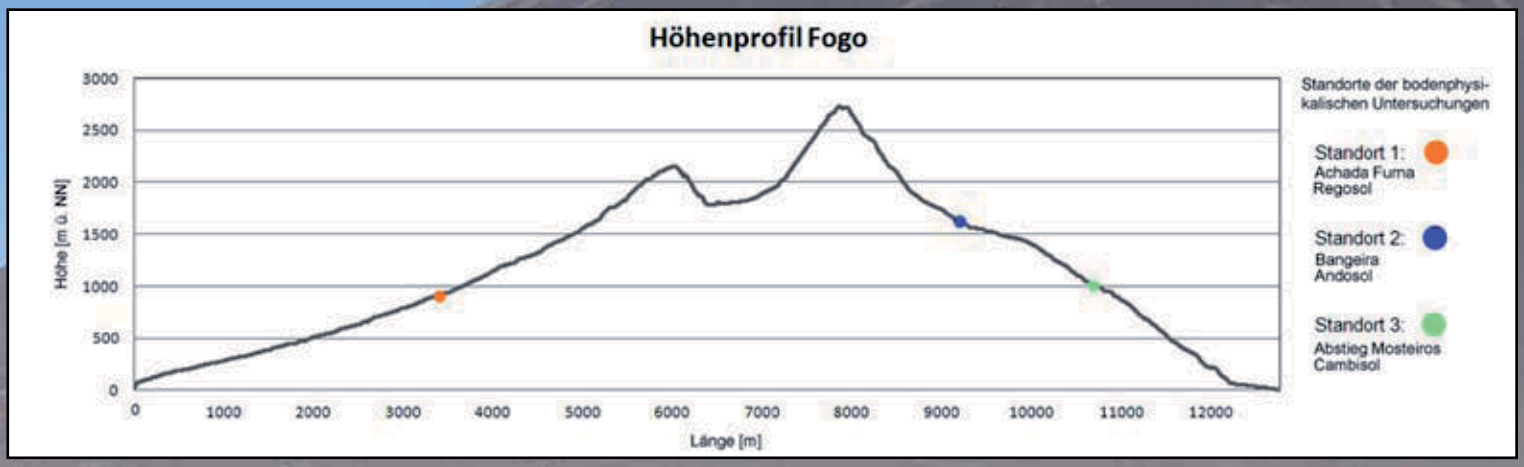
Bodenphysikalische Parameter	
Korngrößenzusammensetzung	99,9 % Sand; 0,1 % Restliche Bestandteile
pH-Wert	leicht basisch 8,8
Carbonatgehalt	Kalkgehalt > 25 % [im Labor ca. 85%]

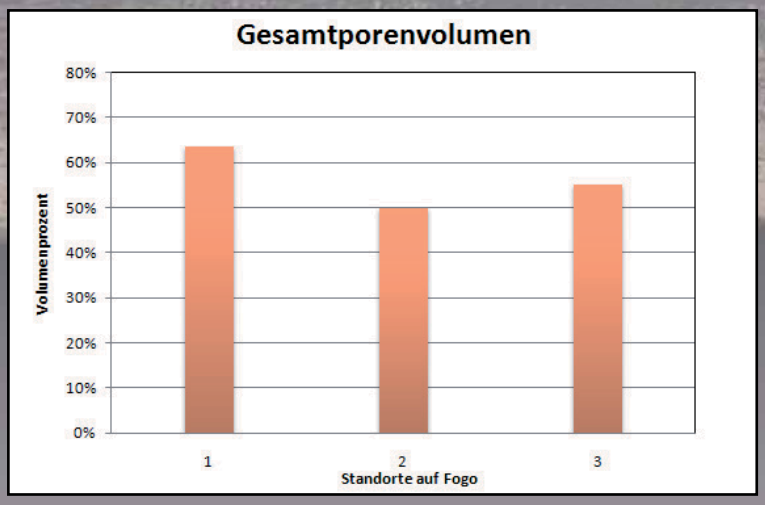
Infiltrationsmessung	
Infiltrationstiefe	35 cm
Benetztes Bodenvolumen	28,2 ltr.
Infiltrierte Wassermenge	8,8 ltr.
Mittlere Infiltrationsgeschwindigkeit	0,7 mm/s // 44 mm/min // 2000 mm/h

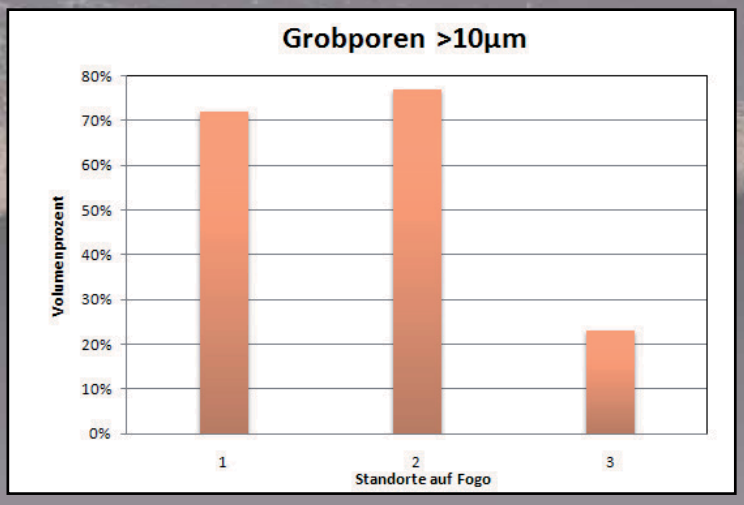


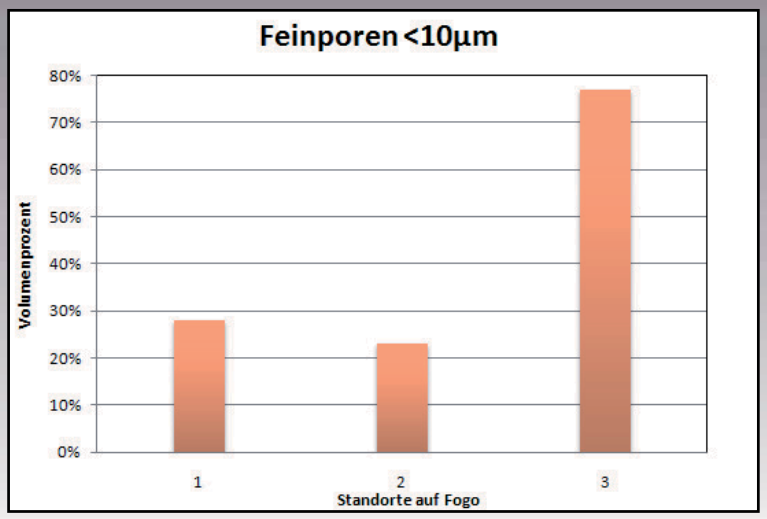
Lfd. Nr.	Zeit [sek]	Höhe [mm]
1.	30	25
2.	60	35
3.	90	66
4.	120	fertig

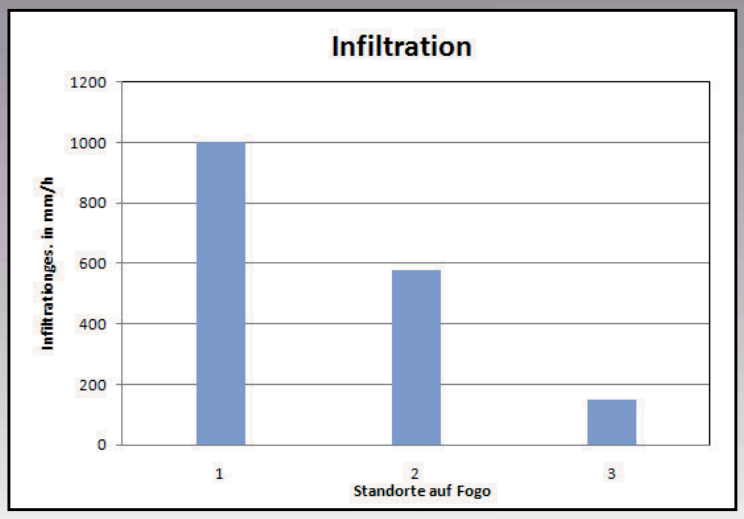
Luftpyknometer	
Gesamtporenvolumen	46,4 V% = 12,9 ltr.
Anteil Grobporen >10 µm am Gesamtporenvolumen	32 % = 4,1 ltr.
Anteil Fein- und Mittelporen < 10 µm am Gesamtporenvolumen	68 % = 8,8 ltr.
Festes Bodenmaterial	53,6 % = 15,3 ltr.


Höhenprofil Fogo
Höhe [m ü. NN]
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
10000
11000
12000
Länge [m]
Standorte der bodenphysikalischen Untersuchungen
Standort 1:
Achada Furna
Regosol
Standort 2:
Bangeira
Andosol
Standort 3:
Abstieg Mosteiros
Cambisol


Gesamtporenvolumen
Volumenprozent
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
1
2
3
Standorte auf Fogo


Grobporen >10µm
Volumenprozent
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
1
2
3
Standorte auf Fogo


Feinporen <10µm
Volumenprozent
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
1
2
3
Standorte auf Fogo


Infiltration
Infiltrationges. in mm/h
1200
1000
800
600
400
200
0
1
2
3
Standorte auf Fogo

Der Aufstieg aus der Armut

Entwicklungszusammenarbeit auf den Kapverden

Die Kapverden haben sich in den letzten Jahren positiv entwickelt. Die Staatsschulden liegen mit 3,4 % des BIP im Rahmen dessen, was auch in der europäischen Union als erstrebenswert gilt. Die Bindung des Wechselkurses an den Euro stellt einen der wichtigsten Fortschritte dar, weil sie die Währungsstabilität erhöht und die Kapverden damit zu einem verlässlicheren Handelspartner macht. So haben sie die Gruppe der ärmsten Länder (LLDC) verlassen und konnten in die Gruppe der Länder mit mittlerem Einkommen (Middle Income Country) aufsteigen.

Die Kapverden sind Mitglied in verschiedenen internationalen Organisationen von UNO, WHO, WTO und IWF über CEDEAO (Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest), und AU (Afrikanische Union) bis zur Organisation der Small Islands Development States (SIDS). Bei einem Bevölkerungswachstum von 2,3 % und einer Lebenserwartung bei Frauen von 73,8 Jahren und bei Männer von 67,5 Jahren sowie Alphabetisierungsquoten bei Frauen von 75,5 % und bei Männern von 87,8 % rangieren die Kapverden im Human Development Index (HDI) auf Platz 102 von 177 Ländern. (Wert 0,736). Dennoch ist das Land noch von struktureller Armut betroffen, knapp ein Drittel der Bevölkerung gilt als arm, ca. jeder Fünfte gilt als sehr arm – am gravierendsten ist die Situation auf Santo Antão, Fogo und Santiago.

Entwicklungshilfe ist eine finanzielle und technische Unterstützung von Entwicklungsländern durch Industrieländer, die dann als erfolgreich gilt, wenn die Vorhaben nachhaltige Wirkung erzielen.

Die kapverdischen Inseln werden von einer Vielzahl von Ländern gefördert, wobei die einzelnen Inseln gewissermaßen einzelnen Geberländern zugeteilt sind. Außer den in der nebenstehenden Karte abgebildeten Hauptförderern sind auch die frühere Sowjetunion (Hafenbau und Fachärzte), Kuba (Fachärzte), Schweden (geothermische Projekte), Dänemark (Windenergie), Luxemburg (moderne Infrastruktur) und Portugal sehr aktiv, zum Teil auf mehreren Inseln. Allein Portual als frühere Kolonialmacht gibt, vor allem für Universitätsstipendien und den Kampf gegen Kriminalität, insgesamt fast 50 Mio. US-Dollar pro Jahr aus und ist damit größter Hauptgeber. Auch China war und ist auf den Kapverden aktiv.

Zwei Beispiele für deutsche Entwicklungshilfe zeigen, wie unterschiedlich von deutschen Unternehmen geförderte Projekte wirken. So wurde ein Projekt der Gesellschaft für Agrarprojekte (GfA) im Bereich der Forstentwicklung, angelegt auf sechs Jahre für Kosten von 2,74 Mio. Euro, im Nachhinein als wenig erfolgreich eingestuft. Man wollte die Einkommens- und Lebensbedingungen der Bevölkerung verbessern, indem man ca. 1364 ha degradierter Fläche auf Fogo und Santiago durch Aufforstung und Erosionsschutzmaßnahmen rehabilitierte und ca. 960 ha bereits früher aufgeforsteter Flächen auf Fogo nachbesserte.

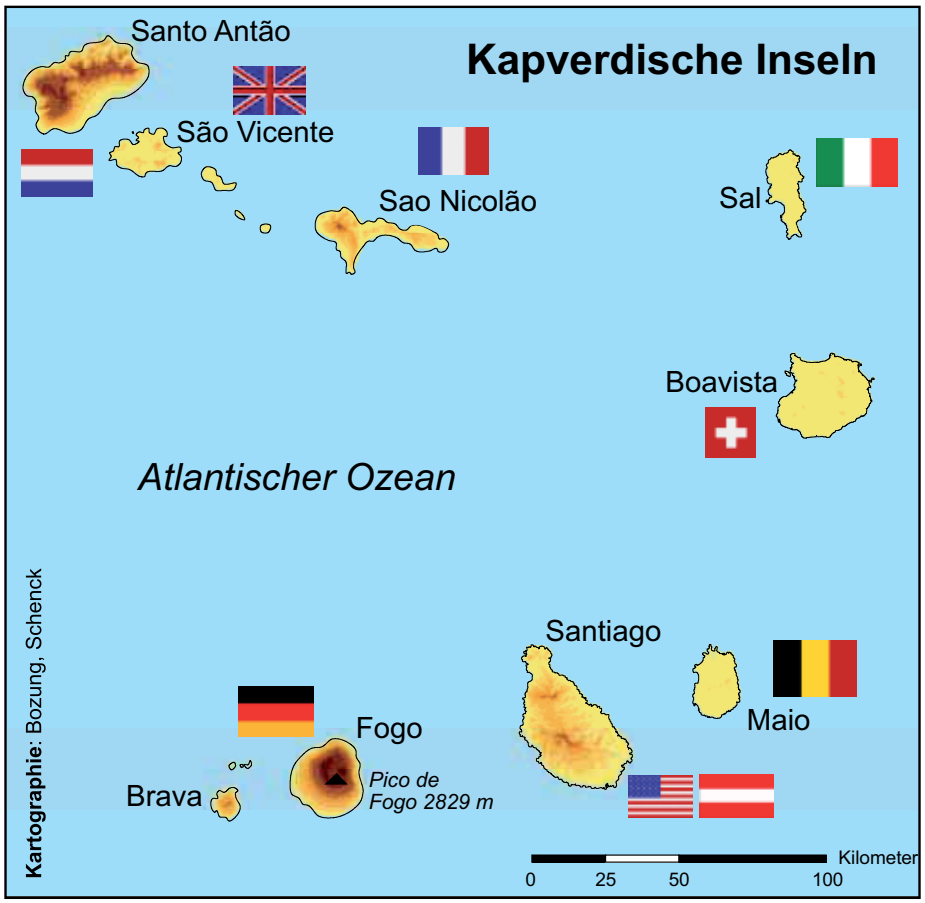
Doch trotz der Erosionsschutz- und Wasserkonservierungsmaßnahmen durch Aufforstung in der Region von Monte Boca Larga auf Fogo und ein ähnliches Teilprojekt in der Ribeira Selada auf Santiago besteht das Kernproblem seither weiter: Erosion und der Nutzungsdruck auf Ressourcen halten unverändert an.

Als relevanter erwies sich ein privatwirtschaftliches Projekt der Rhein-Ruhr Ing. GmbH aus Dortmund, das bei einer Dauer von 5 Jahren und 13,7 Mio. Euro Kosten den Hafenbetrieb auf Fogo und Brava verbessern sollte, um stabile wirtschaftliche Aktivitäten zu garantieren. Das Fracht- und Passagieraufkommen von rd. 20.000 t und 17.000 Personen (Fogo) bzw. 5.000 t und 6.600 Personen (Brava) konnte gesteigert werden und die durchschnittliche Liegezeit von Linienschiffen in den Häfen wurde reduziert. Außerdem wurden vom Wellenschlag beschädigtenHafenanlagen restauriert und ein Wellenbrecher vergrößert.

Die verbessere Situation der Kapverden und das Aufrücken in die Gruppe der Middle Income Countries hat auch Probleme mit sich gebracht, da seither der Zugang zu neuem Geld aus dem Ausland natürlich erschwert ist. So verlassen sich viele Kapverdianer vermehrt auf die Geldtransfers von Verwandten, die im Ausland leben. Dennoch bleiben Investitionen in das Bildungs – und Gesundheitssystem dringend erforderlich. Das nebenstehende Schaubild macht deutlich, dass die Kapverden – im Vergleich zu anderen Ländern der Gruppe mit mittlerem Einkommen – eine gute Einschulungsrate vorweisen (Gross primary enrollment), ein hohes Bruttonationaleinkommen pro Kopf und eine hohe Lebenserwartung haben. Mängel werden im Bereich des Zugangs zu Trinkwasser deutlich. Weiterhin haben nur 80 Prozent der Bevölkerung Zugang zu sauberem Trinkwasser.

SIMON BOZUNG

Karte: Entwicklungszusammenarbeit auf den Kapverden, Geberländer nach Inseln.



Literatur

Manninger, K (2008): Projektorientierter Masterplan für eine nachhaltige Tourismusentwicklung in Sao Miguel / Kap Verde. Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades der Magistra der Naturwissenschaften. Graz.

Meyns, P. (3. völlig neu bearbeitete Auflage 1993): Kap Verde. – In: Nohlen, D., Nuscheler F.(Hg.): Handbuch der dritten Welt. Westafrika und Zentralafrika. Hamburg. S.270-276.

Wo soll's hingehen für die Kapverden?

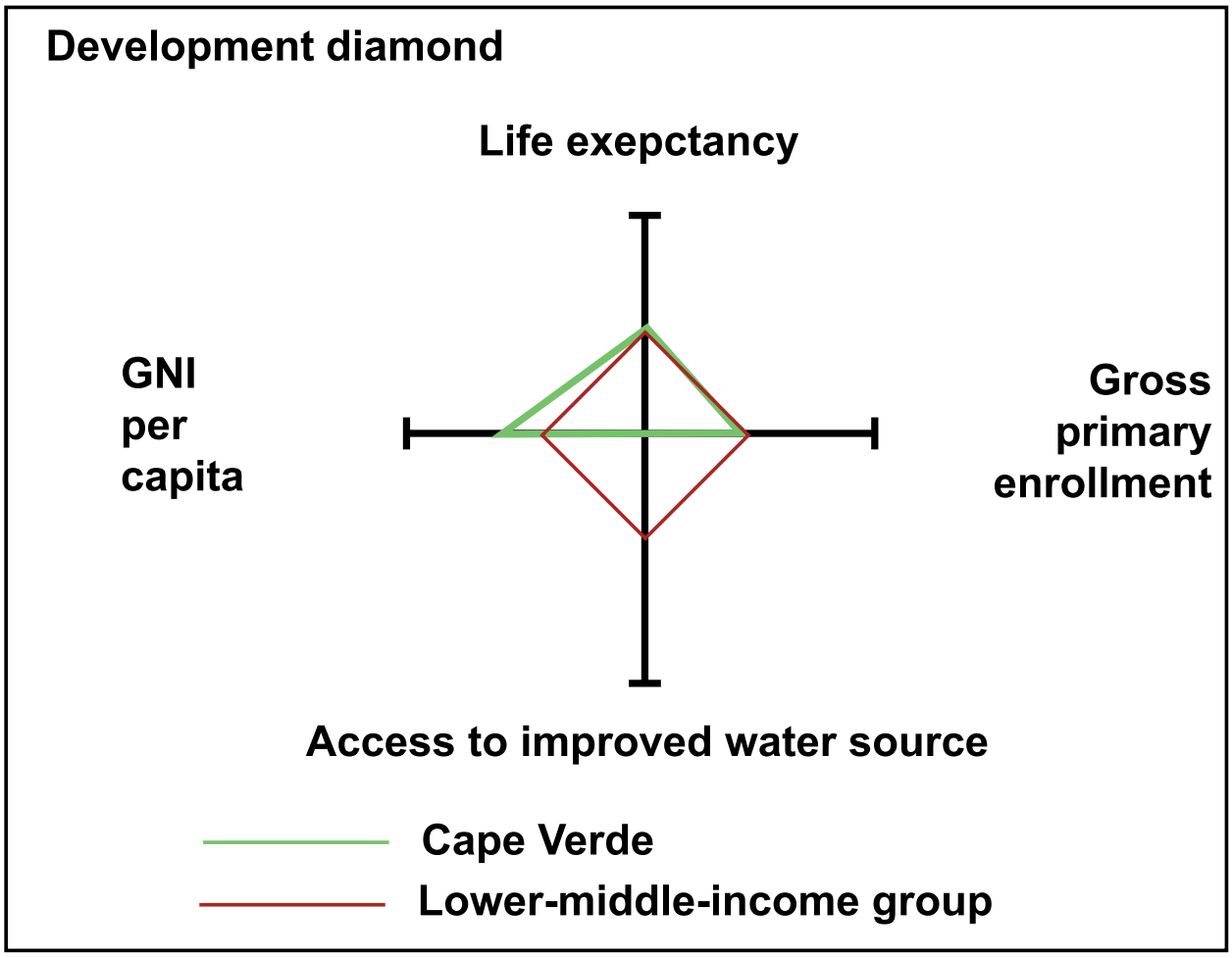


Schaubild: Vergleich verschiedenen Entwicklungs-Aspekte mit anderen Ländern aus der Gruppe der Middle-Income-Countries

Vegetation

Simon Bozung, Julia Lutz & Aaron Martus

Die Nutzpflanzen und die Vegetation der kapverdischen Inseln sind mit wenigen Ausnahmen an extreme Trockenbedingungen angepasst. Einzig an den Luvhängen, etwa auf Fogo und Santo Antão, finden sich Gebiete mit fast ganzjährigem Feuchteangebot. Entscheidend für Pflanzenwachstum sind geographische Besonderheiten wie Relief und Klima, so dass sich Vegetationsgesellschaften zumeist anhand von Höhenzonen und Feuchtegradienten abgrenzen lassen. Die geoökologische und floristische Vielfalt der Kapverden spiegelt sich auf Fogo, Santo Antão und Boa Vista in besonderem Maße wider. Das folgende Kapitel dokumentiert vegetationsgeographische Aspekte, die im Rahmen der Exkursion erkundet wurden. Auf jeder der drei Beispielinseln werden typische pflanzengeographische Groß- und Kleinräume in Bezug auf landwirtschaftliche Nutzung und der natürlichen Vegetation vorgestellt.

1. Allgemeines

1.1 Klimatischer Überblick

Die Entfernung der kapverdischen Inseln vom afrikanischen Kontinent ist so gering, „dass sich ihr Klima kaum von dem des nördlichen Sahel unterscheidet“ (Schicho 2001: 362). Mit der geographischen Lage um den 16. nördlichen Breiten- und 24. westlichen Längengrad befinden sie sich noch im Bereich des nahezu ganzjährlich herrschenden Nordostpassats der atlantischen Randtropen.

Nach Klug (1980: 51) muss die konventionelle Gliederung der einzelnen Inseln der Kapverden in „Barlavento“ („Inseln über dem Winde“) mit den im Norden gelegenen São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Santo Antão, Boa Vista und Sal und den „Sotavento“ („Inseln unter dem Winde“) mit Santiago, Maio, Fogo und Brava im Süden für die Klimagestaltung der Unterscheidung der flachen östlichen Inseln (Maio, Sal, Boa Vista) und der („regenfangenden“) höheren westlichen Inseln weichen. Deren Vertikalerstreckung kann Höhen zwischen 1000 und 3000 Meter erreichen.

Anstatt der üblichen vier Jahreszeiten herrschen auf den Kapverden nur die „Tempo das Brisas“ (Zeit der Winde) und die „Tempo das Chuvas“ (Regenzeit). Letztere zeichnet sich durch das klimatologische Charakteristikum aus, unregelmäßige oder gar keine Niederschläge mit sich zu bringen. Der fast das ganze Jahr über dominante Nordost-Passat führt trockenwarme Luft vom Festland über den Atlantik. In einer fast isobarenparallelen Strömung (ENE-SWS) überlagert er ab ca. 1000 Metern Höhe relativ kühle Luftmassen, die mit der Kanarendrift verbunden sind. So entsteht eine stabile Luftschichtung ohne konvektive Vorgänge (Passatinversion), die kaum Niederschläge verursacht. Dies bewirkt das sehr trockene Klima des Archipels.

Dass auf den Kapverden mehr Niederschläge fallen, als in der sie beeinflussenden Sahelzone liegt mehreren Einflüssen zugrunde: Die Dominanz des Nordostpassats wird im Spätsommer bzw. Frühherbst durch südwestliche monsunale Luftströmungen abgeschwächt. Durch die Nordverlagerung der Inertropikfront (ITF) gelangen feuchtwarme Luftmassen der äquatorialen Tiefdruckrinne in den Archipel. Die dabei fallenden Niederschläge sind jedoch in ihrer Menge und Erscheinung sehr unregelmäßig. Das führte in der Vergangenheit oft zu Dürreperioden und Hungersnöten in der Bevölkerung. In einem anderen Fall sorgen Druckwellen, die in den Passat eingelagert sind und sich unabhängig von Konvergenzzonen und Fronten in den Tropen von Ost nach West bewegen, hauptsächlich im Spätsommer für (teilweise zusätzliche) Niederschläge. In manchen Jahren sind sogar vereinzelt (auf Santo Antão und manchmal Fogo) Ausläufer von Zyklonen aus höheren Breiten zu spüren, wodurch diese zwischen Dezember und Februar zusätzliche Niederschläge erfahren können.

Das zu „exzessiver Trockenheit“ neigende Klima wird während der so genannten „Lestada“-Wetterlage (Klug 1980: 51) vom „Harmattan“ verstärkt. Darunter versteht man einen trockenwarmen Wind, der zur Jahreswende viel Saharastaub auf die Kapverden bringt und die Luftfeuchtigkeit abrupt absenkt. Dies führt zu zusätzlichen Evarporationsbelastungen (Fischer 2007: 16), welche die Vegetation sehr schädigen, da dem Boden große Mengen des gespeicherten Wassers entzogen werden. Die Aussicht auf eine erfolgreiche Ernte ist sehr gering, wenn die vorangegangene Regenzeit wenige Niederschläge mit sich brachte. Von den Einheimischen wird dieser feine und trockene Staub in der Atmosphäre als „bruma seca“ bezeichnet. Aufgrund der stabilen Luft-

schichtung kann sich der Saharastaub, der auch oftmals vom Passatwind auf die Inseln getragen wird, recht lange in der Schicht unterhalb der Passatinversion halten und führt oft zu Staubniederschlägen.

Für die Landwirtschaft und das Wachstum von Pflanzen sind sowohl Wärme als auch Niederschläge von existenzieller Bedeutung. Da das kapverdische Tageszeitenklima ganzjährig für ausreichend Wärme sorgt, gilt die Niederschlagsmenge als limitierender Faktor. Umso gravierender sind Untersuchungen, die zeigen, dass im Laufe des letzten Jahrhunderts die Niederschläge mancherorts um mehr als 60 % zurückgingen und somit die Jahresniederschläge (v. a. auf den Ostinseln) auf weniger als 300 mm sanken. Eine natürliche Vegetation bzw. Landwirtschaft ist bei diesen Bedingungen so gut wie nicht möglich.

1.2 Pflanzengeographische Einordnung

Der deutsche Botaniker Adolf Engler fasste im Jahr 1882 die Flora der Kapverdischen Inseln mit der Flora der Kanaren, Azoren und Madeira zur Florenregion „Makaronesien“ zusammen. Diese betrachtete er als Teil der Holarktis, des Florenreiches, welches den Großteil der Nordhemisphäre ausmacht. Da aber auf den Kapverden nicht nur Pflanzen der makaronesischen Florenregion angesiedelt sind, sondern auch solche mit Ursprung in Westafrika, unterscheidet sich die südlichste der Inselgruppen floristisch von den restlichen Archipelen. Deshalb kritisierte ENGLER (bei SCHROEDER 1998: 93) diese Einordnung, und sowohl Vertreter der „unitaristisch-makaronesischen“ Theorie (Einteilung nach ENGLER) als auch Vertreter der „unitaristisch-saharischen“ Theorie, die besagt, die Flora der Kapverden sei der afrikanischen Flora zuzuzählen, mit ihrem Anspruch auf Alleingültigkeit.

Erstere begründeten ihre Zuweisung zu den mittelatlantischen Inseln damit, dass charakteristische Vegetations- und Florenelemente des Sukkulentenbuschs und Lorbeerwaldes auf allen Inseln zu finden sind. Dem ist allerdings entgegenzusetzen, dass mediterrane bzw. kanaro-madeirische Florenelemente (die auf Madeira und den Kanaren mehr als die Hälfte der Gesamtvegetation ausmachen) auf den Kapverden mit 12 bzw. zehn Prozent nur eine untergeordnete Rolle spielen. Diese Tatsache griffen die Vertreter der „unitaristisch-saharischen“ Theorie auf und begründeten unter anderem damit ihre Theorie, dass die kapverdischen Inseln zur saharo-sindischen Florenregion zu zählen seien. Sie teilten den Inselarchipel dem Florenreich der Paläotropis zu. Beide Theorien verfügen über gute Argumente, jedoch kann keine letztgültig überzeugen.

BEYHL et al. (1990: 48) wenden sich ab von der Sichtweise, die Kapverden müssten einem einheitlichen Florengebiet zugewiesen werden. Sie fassen die Erkenntnisse der makaronesischen Theorie und der saharo-sindischen Theorie zusammen. Demnach sind auf den Inseln des Archipels zwei Florenreiche vertreten. Auf den Inseln mit starker vertikaler Erhebung verläuft dabei eine Grenze, die zwischen Tiefland- und Hochlandvegetation unterscheidet. Die Grenzregion ist dabei der Bereich, in dem aride und humide Areale ineinander übergehen. Es handelt sich somit nicht um eine strikte Abgrenzung, sondern um einen fließenden Übergang, der aus der Menge der gefallenen Niederschläge (resultierend aus den Staueffekten des Nordostpassats) hervorgeht. Die Vegetation der flacheren Inseln und der tieferen Lagen jener Inseln mit steilem Relief zählt zur Tieflandvegetation und wird der saharo-sindischen Florenregion zugeordnet. Sie sind an trockene und wasserarme Standorte angepasst. In den niederschlagsreicheren Höhenlagen sind Pflanzen des makaronesischen Florengebiets angesiedelt.

1.3 Vegetationsgesellschaften nach Höhenlage (nach LOBIN und KLUG)

Eine ausführliche Darstellung der charakteristischen Höhenzonierung der Vegetationsgesellschaften der Kapverden ist wichtig, da sie sich von anderen tropischen sowie subtropischen Vegetationsverbreitungen deutlich unterscheidet. Eine eindeutige Zuordnung der Pflanzen in bestimmte Höhenregionen ist allerdings nicht immer möglich, da die Grenzen fließend und eher schematisch zu verstehen sind. So fanden sich während der Geländeuntersuchungen bestimmte Akazien aus der Zone der küstennahen Vegetation auch in höheren Lagen.

Da sich die örtlichen Niederschläge sowohl in der Menge als auch hinsichtlich des Zeitpunktes, zu dem sie fallen, stark unterscheiden, kann man auf den Kapverden nicht von einem klassischen Schema mit vorgegebenen Grenzen der Höhenzonierung sprechen.

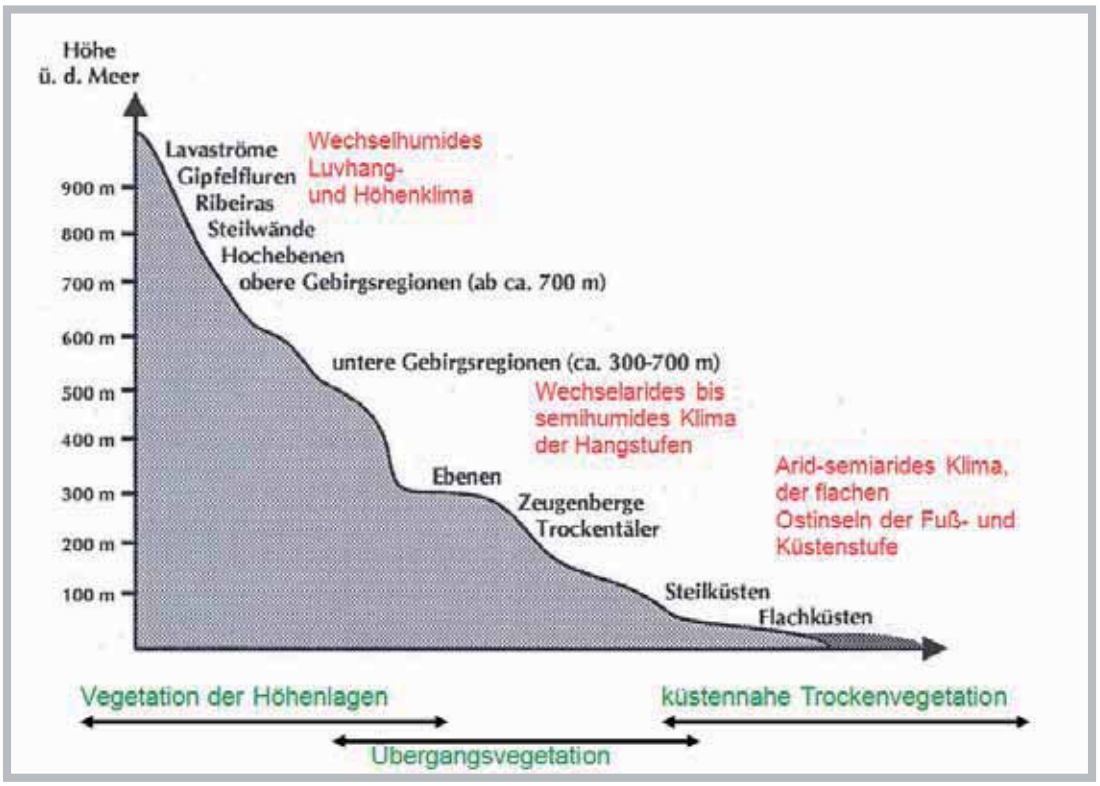


Abb. 1: Charakteristische Höhenzonierung der Kapverden nach LOBIN 1982

Die küstennahe Trockenvegetation wird aufgrund der geographischen Lage vor allem durch afrikanische Vertreter charakterisiert, die an extreme Trockenheit, Wassermangel, intensive Sonneneinstrahlung und den starken Wind der niederen Lagen angepasst sind. Sie passen sich durch Wasserspeicherung und Verdunstungsschutz an, etwa durch Veränderungen der Blattformen und -größen, der Spaltöffnungslage, toten oder lebendigen Haaren sowie der Dicke der Kutikula. Trotz allem kennzeichnen sich die Gebiete rund um die Küste durch eine Individuen- und Artenarmut. Die Landschaft ist karg und nur spärlich bepflanzt. Nur die typisch intensiven Regenfälle beenden diesen Zustand bisweilen und führen zu einer sehr schnellen Keimung der Samen im Boden: Der Raum ergrünt – besonders stark ist dieser Effekt auf den flachen und wüstenhaften Inseln Sal, Boa Vista und Maio.

Ausnahmen beschränken sich auf tiefer liegende Trockenflüsse, die während der Trockenperioden feuchter sind als ihre Umgebung und somit artenreicher. Einige Vertreter dieser küstennahen Trockenvegetation sind die Akazien (Acacia albida), Dattelpalmen (Phoenix atlantica und canariensis), salztolerante Arten wie die Graue Gliedermelde (Arthrocneum glaucum) oder das meistens in Verbindung mit Dünen vorkommende Zyperngras (Zyperus cadamosti).

Diese Pflanzengesellschaft grenzt sich mal mehr, mal weniger ab von der so genannten Übergangsvegetation zur Höhenvegetation mit wechselhumidem Klima, den Mesophyten. Das wechselhumide Luvhang-und Höhenklima findet sich hauptsächlich auf den gebirgigen Inseln wie Fogo und Santo Antão, die vom Nordostpassat dominiert werden. Hier bieten die Gebirgslagen feuchtere Täler in Luvlage, wo trotzdem ganzjährig hohe Temperaturen herrschen und somit optimale Voraussetzungen für intensive landwirtschaftliche Nutzungen. Dort werden Bananen (musa acuminata), Zuckerrohr (Saccharum officinarum), Kaffee (coffea arabica) und mit zusätzlicher Bewässerung auch Salate und Kohl angebaut.

Steilhänge sowie Höhenlagen ab 900-1000 m weisen charakteristische Polstervegetationen und Vertreter des mediterranen Florenelementes auf, die sich an die Trockenheit anpassen, indem sie durch tote Haare ein spezielles Mikroklima aufbauen und ein optimales Verhältnis zwischen ihrer Oberfläche und Wuchshöhe schaffen. Dazu gehört auch die endemische Macela (nautilus daltonii).

Parallel zu diesen Höhenlagen finden sich vereinzelte Baumarten wie der Johannisbrotbaum (Prosopis juliflora), die Kanarenkiefer (Pinus canariensis) oder Eukalyptusarten (Eucalyptus globulus). Zusammenhängende Waldbestände sind jedoch selten.

1.4 Endemismus

Ein Endemit ist eine Pflanzenart, deren Verbreitung auf ein räumlich eng begrenztes Gebiet beschränkt ist – etwa auf ein Gebirge

oder eine Insel, beides auf den Kapverden gegeben. Dort fehlt aufgrund der Isolation ein unmittelbarer floristischer Austausch mit anderen Gebieten und es vollzieht sich eine eigene evolutionäre Entwicklung. Man muss allerdings trennen zwischen den Begriffen der Paläoendemiten und der Neoendemiten. Paläoendemiten haben sich über große geologische Zeiträume hinweg sowie durch Konkurrenzdruck und evolutionäre Prozesse in bestimmten isolierten Gebieten entwickelt. Neoendemiten dagegen kennzeichnen sich durch eine intensive Artenbildung in isolierten Lebensräumen. Aus evolutionärer Sichtweise ist die Ansiedlung und Entstehung der Neoendemiten bezüglich der geologischen Zeittafel ein fast „rezentes" Ereignis. Der Anteil der Endemiten an der Gesamtflora beträgt 11 %.

Zu den kapverdischen Endemiten zählen die Kapverdische Wolfsmilch (Euphorbia tuckeyana), das Kreuzblütengewächs (Erysium caboverdeanum), die Palme Phönix atlantica, sowie die Nationalpflanze der Kapverden, die Kapverdische Glockenblume (Campanula jocobaea), die man in Höhen ab 700-800 m findet. Fogo gilt als Biodiversitätszentrum, hier kommen allein 37 der insgesamt 82 endemischen Arten vor.

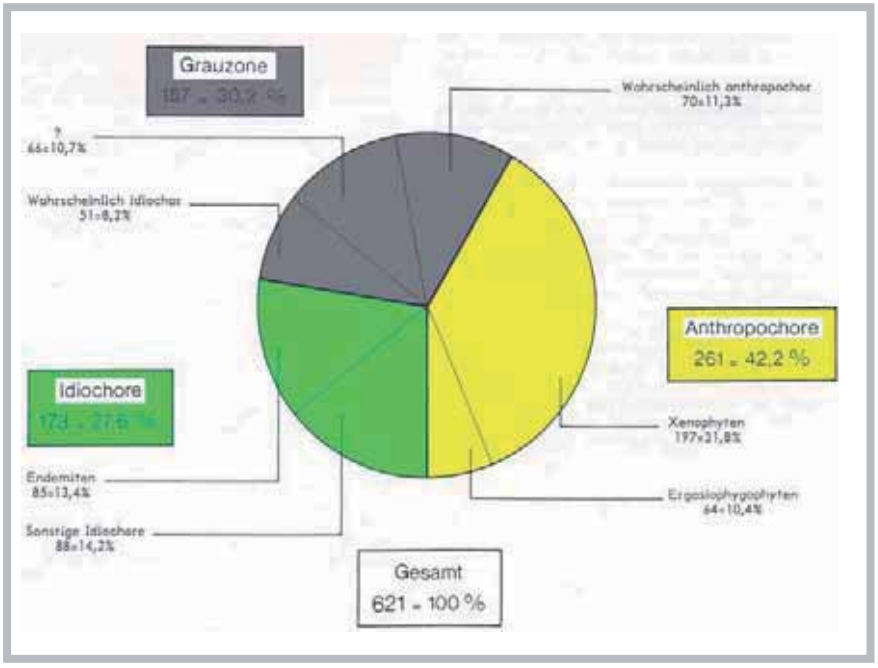


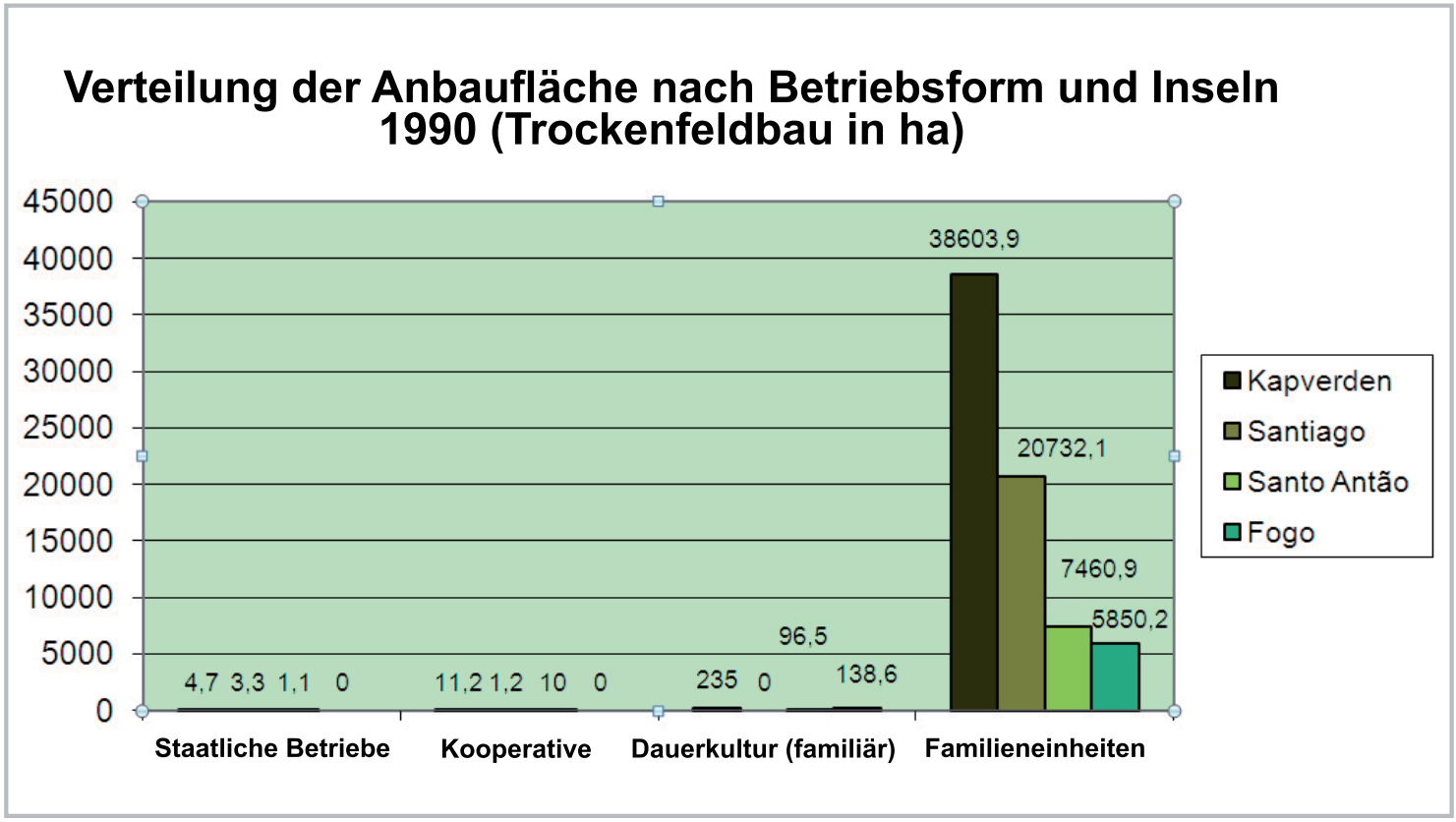
Abb. 2: Klassifizierung der Pflanzen nach menschlichem Einfluss, nach LOBIN/ZIZKA, 1987: 128

1.5 Anthropogener Einfluss

Der Einfluss des Menschen auf die kapverdische Flora ist als sehr hoch einzustufen. Der Mensch ist für fast die Hälfte der auf den Kapverden vorkommenden Pflanzen verantwortlich (s. Abb). Weitere 30 % der Pflanzen lassen sich nicht eindeutig zuordnen.

Pflanzen, die man den Anthropochoren zurechnet, wurden durch den Menschen in ein bestimmtes Gebiet verfrachtet. Die Idiochoren umfasst Arten, welche ohne Einfluss des Menschen entstanden oder eingewandert sind.

Abb. 3: Anbauflächenverteilung im Trockenfeldbau nach BARROS 1998, 23



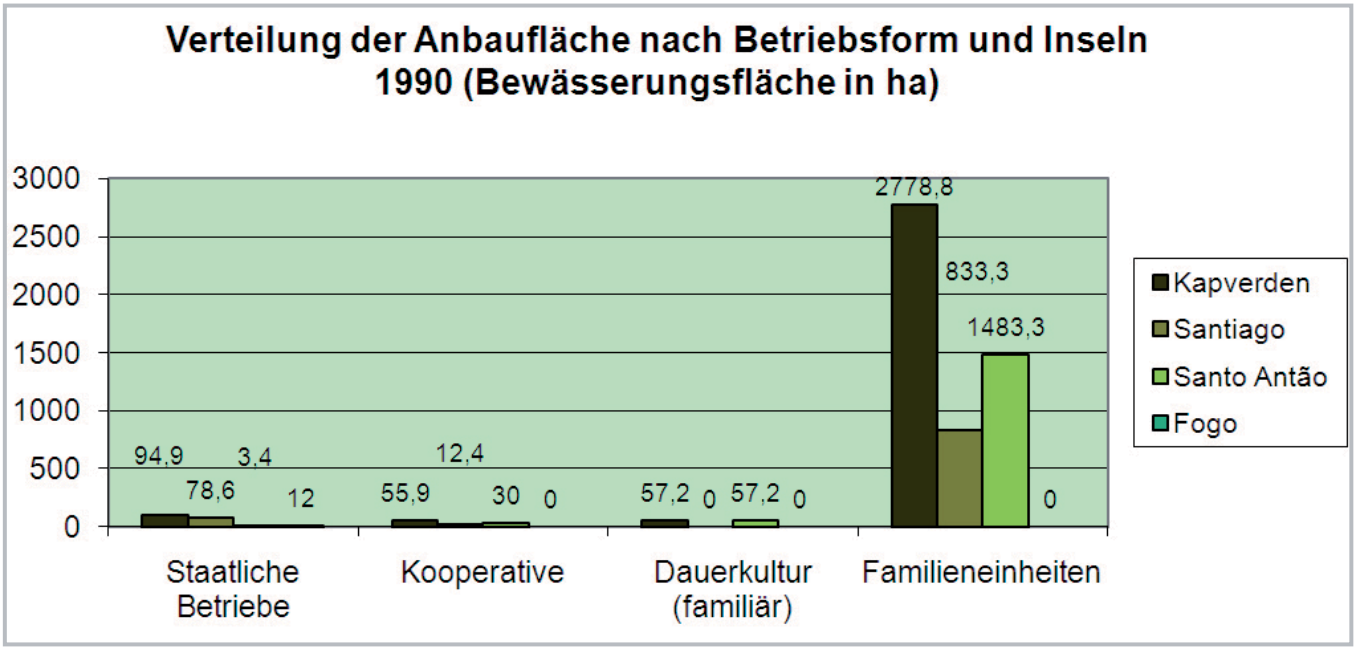


Abb. 4: Anbauflächenverteilung im Bewässerungsfeldbau, nach BARROS 1998, 23

Den starken Einfluss der Menschen auf die kapverdische Flora erkennt man unter anderem an den Ergasiophygophyten, d.h. an Pflanzen, welche absichtlich eingeführt wurden und heute noch kultiviert werden, etwa die Aufforstungsbestände der Kapverden in den Hochlagen von Fogo und Santo Antão.

Futterpflanzen spielen hierbei eine besondere Rolle. Auf den Kapverden werden in den Anbaugebieten Zuckerrohr, Bananen, Bohnen und Papayas, aber auch zahlreiche andere Kulturpflanzen angebaut, die absichtlich von Menschen eingeführt wurden.

2. Santo Antão

2.1 Klimatische Charakteristika

Mit fast 2000 Metern vertikaler Erhebung ist Santo Antão im Nordwesten nach Fogo die zweithöchste Insel der Kapverden, so dass Santo Antão eine klimatische Sonderstellung zukommt. Weil sie als einzige Insel zwischen Dezember und Februar stark von zyklonalen Ausläufern aus höheren Breiten (Niederschlagstyp III) beeinflusst wird, ist sie besonders begünstigt, was landwirtschaftliche Nutzung angeht. Die daraus resultierenden teils hohen Niederschläge ergänzen sich zeitlich und mengenmäßig mit Niederschlägen der beiden anderen Niederschlagstypen (durch Easterly Waves verursachte Niederschläge und solche aufgrund der Nordverlagerung der ITC), wodurch im Norden von Santo Antão als einzigem Bereich der Kapverden fast durchgängig tropisch-humides Klima herrscht. KLUG (1980: 70f) spricht bei seiner Höhenzonierung von einem wechselhumidem Luvhang- und Höhenklima mit einem Jahresniederschlag von 1500-4000 mm bei 7 bis 9,5 humiden Monaten.

Diese für die Landwirtschaft günstigen Bedingungen beschränken sich auf die Luvseite. Aufgrund des orographischen Effekts (an den Luvseiten fallen mehr Niederschläge als an den Leeseiten) und den höheren Temperaturen der Leeseiten ist nur im Nordosten der Insel (unterhalb der Passatinversion) eine sowohl artenreiche natürliche Vegetation als auch eine landwirtschaftliche Nutzung möglich.

Abb. 5, 6 & 7: Mais & Zitrusfrüchte auf Santo Antão; Tröpfchenbewässerung bei Karotten

2.2 Landwirtschaft auf Santo Antão

Auf der Nordseite der Insel und auf höher gelegenen Flächen wird Trockenfeldbau betrieben. Hier steht nur wenig Wasser für Anbau und Bewirtschaftung zur Verfügung.

In der Caldeira Cova de Paul findet man verschiedene Bohnen- sowie Kartoffelsorten, Mais, Yams, Maniok und auch Zitrusfrüchte. Sie bietet Platz zum Anbau von Kulturpflanzen und optimale klimatische Verhältnisse aufgrund ihrer Lage und wird intensiv bewirtschaftet. Das Vorkommen von Kiefern kann hier eindeutig Aufforstungsbeständen zugeordnet werden.

In der Regel liegen die klimatisch etwas günstigeren Anbaugebiete an den Luv-Hängen, was Terrassenbau erforderlich macht – auf Santo Antão besonders an den klimatisch begünstigten Westhängen bis in 1200 m Höhe. Sie wirken der Gefahr der Bodenerosion entgegen. Ihre Nutzung zeigt, wie groß der Bedarf an Anbauflächen auf den Kapverden ist.

Unterschiede zwischen einzelnen Höhenstufen lassen sich auf Santo Antão in der Landwirtschaft erkennen, aber auch an den Hängen der Ribeiras, die von der Sonne unterschiedlich intensiv bestrahlt werden und unterschiedlich feucht sind. An den Osthängen werden vermehrt trockenresistente Kongobohnen angebaut. An den Westhängen dagegen findet sich eine Vielzahl unterschiedlicher Kulturpflanzen, am häufigsten Zuckerrohr, Bananen, Papaya und Kongobohnen.

Das Zuckerrohr wird überwiegend für die Herstellung von Groque (Schnaps) verwendet. Darüber hinaus findet man Mango- und Mandelbäume, Mais, Tomaten, Zwiebeln, Kartoffeln (vor allem englische Kartoffeln und Süßkartoffeln), Karotten, Kaffee, Tabak, Yams, Maniok, Salat und Kohl.

Um „Platz zu sparen“ wird je nach Lage, die passende Pflanzen angebaut. So wachsen mancherorts an den Terrassenrändern Tomaten, da diese aufgrund ihres Eigengewichtes ab einer bestimmten Größe nach vorne umkippen. Sie wachsen dann entlang der Terrassenmauer weiter und nehmen wieder eine optimale Position für ihre Reifung an.

Da trotz der Feuchtigkeit durch die Passatwolken das Wasser für manche Pflanzen nicht reicht, werden Wasserauffangbecken und Zisternen gebaut, entlang der Wege liegen Wasserleitungen, zum Teil mit Tröpfchenbewässerung, bei der geringe Wassermengen mit einem Schlauch an die Pflanzen abgegeben werden. Diese Präzision spart Wasser, weil Verdunstung verhindert wird.

Die fruchtbaren Böden auf Santo Antão eignen sich gut für landwirtschaftliche Zwecke, was eine Bodenuntersuchung bei Alto Mira deutlich zeigt. Es mangelt lediglich an Wasser.

Abb. 8: Charakteristisch angelegte Terrassen zwischen Ponta do Sol und Cha de Igreja

Abb. 9: Die Fülle an verschiedenen Nutzpflanzen ist hier gut erkennbar – von Kartoffeln und Zwiebeln über Karotten bis zu Tomaten

2.3 Natürliche Vegetation auf Santo Antão

Auf der Südseite der Insel befindet sich aufgrund der Trockenheit kaum Vegetation. Die höher gelegenen Regionen und vor allem die Luvseite der Insel sind grün. Die Pflanzen unterscheiden sich in diesen Regionen grob nach Höhenlage. Weit verbreitet in den mittleren Höhenlagen sind Agaven, aber auch Pseudoagaven, die sich im Aussehen nur geringfügig unterscheiden. An Luv-Hängen häufen sich Wilder Tabak und Aloe-Pflanzen, von denen man in Europa vor allem die Aloe Vera kennt, da diese Art für die Haut verträgliche Wirkstoffe besitzt. Auf den Kapverden dienen sie als Erosionsschutz und sind daher häufig an Straßenrändern in Reihenpflanzung gesetzt.

Auch Pionierpflanzen wie der Wilde Tabak entlang der Wanderwege an der Steilküste sind häufig, was darauf hindeutet, dass das Gestein recht jung ist. Auch die kapverdische Glockenblume zählt dazu und wächst an Felshängen, häufig direkt an Wanderwegen. In einer Höhe von ca. 800 m finden sich viele Flechten, insbesondere Krusten- und Blattflechten, ein Zeichen für Feuchtigkeit und daher unterhalb der Passatinversion gelegen. Oberhalb der Inversion ist die Luft zu trocken für Flechten.

In der Ribeira de Paul ist zudem ein groß gewachsener Drachenbaum vorzufinden – zwar charakteristisch für diese Höhenstufe, aber selten. Drachenbäume können 300 bis 400 Jahre alt werden, und jede Verzweigung entspricht einem Zeitraum von 15 bis 20 Jahren. Man kann Samen oder Zweige des Drachenbaums mit nach Europa nehmen und ihn dort in Töpfen hochziehen.

Weiter kann man in der Ribeira de Paul eine Bougainvillea finden, auffällig aufgrund ihrer violetten Blüten. In Tälern und Flussmündungen sind zudem Tamarisken häufig.

Vegetationsdichte und Artenvielfalt nehmen im Luv wie Lee miit der Höhe zu. Hier wachsen unter anderem das Fettkrautgewächs,

Abb. 10-14: Kapverdenflora, von links: Agaven, Aloe Vera, Macela, Kapverdische Glockenblume, Drachenbaum

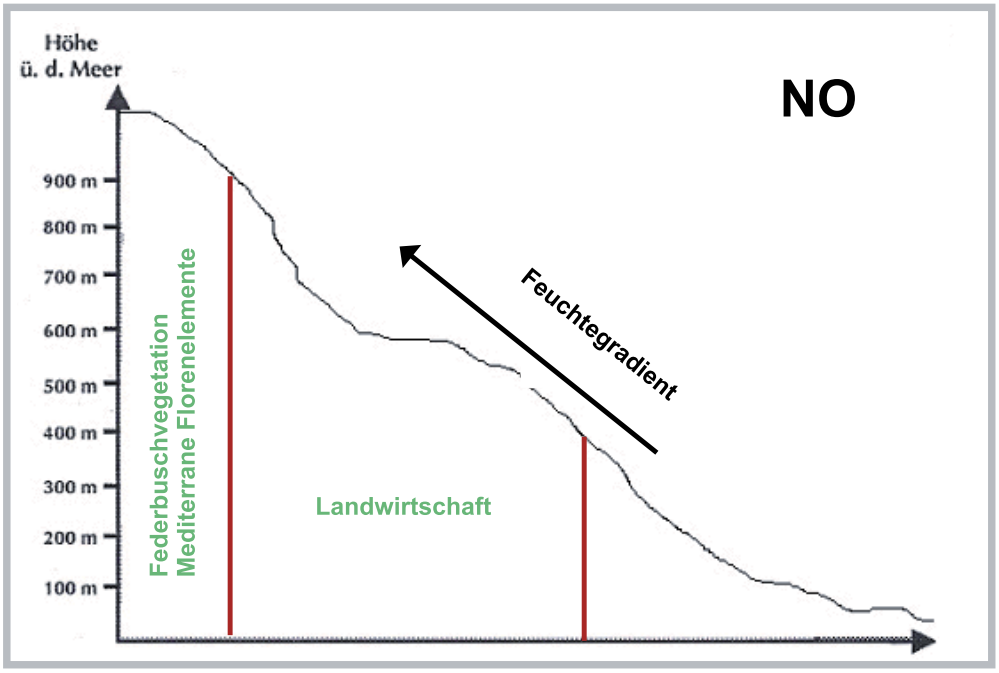


Abb. 15: Individuelle Höhenzonierung und Vegetationsgrenzen Fogos

Feigenkakteen, Farne und das African Foxtail Grass. Typisch für diese Höhenlagen ist die Federbuschvegetation, etwa die endemische Macela, die ein optimales Verhältnis zwischen Oberfläche und Wuchshöhe aufweist (vgl. Abb.). Federbuschpflanzen, zu denen auch der Drachenbaum zählt, haben einen ökologischen Vorteil gegenüber anderen Pflanzen, nämlich einen weit verzweigten Bau mit Blättern, die am Ende der Äste in einer Rosettenform wachsen. Das limitiert die Verdunstung.

Neben der Federbuschvegetation findet man in den Höhenlagen außerdem viele Kiefern-, Zypressen und Eukalyptuspflanzungen. Sie dienen zugleich als Brennholz und als Erosionsschutz. Man geht davon aus, dass es einen natürlichen Wald auf Santo Antão bzw. den Kapverden nie gegeben hat.

Zusammenfassend: Der Unterschied zwischen Luv- und Leeseite sowie zwischen den einzelnen Höhestufen ist auf Santo Antão sehr ausgeprägt und im Vergleich zu den meisten anderen Inseln ist die Vegetation üppig.

3. Fogo

3.1 Klimatische Charakteristika von Fogo

Auch auf Fogo werden die klimaprägenden Lufströmungen stark von der Höhe beeinflusst. So unterscheidet sich die passatexponierte nordöstliche Luvseite klimatisch (und somit auch landwirtschaftlich) stark von der südwestlichen Leeseite. Die mit steigender Höhe zunehmende Niederschlagsdifferenz zwischen Luv- und Leeseiten führt zu einer starken hygrischen Differenzierung. Durch die geographische Lage im Süden der Inselgruppe erreichen Fogo nur in manchen Jahren Niederschläge vom Typ III, also Ausläufer dynamischer Tiefdruckgebiete aus höheren Breiten. Wenn allerdings Zyklone so weit nach Süden vorstoßen, dann kommt es aufgrund der starken vertikalen Erhebung im Norden der Inseln durchaus zu Niederschlägen. Auch die unregelmäßig weit nach Norden ragende ITC sorgt durch den Einfluss des südwestlichen Monsuns für weitere Niederschläge, wenn sie Fogo erreicht – was allerdings selten und unregelmäßig eintritt und deshalb in der Vergangenheit immer wieder für Dürren und Hungersnöte sorgte.

Da oberhalb der Passatinversion die Niederschläge rapide abnehmen, teilte Klug (1980: 70f) diese Höhengebiete verschiedenen Zonen zu. Den Bereich zwischen 1600/1700 und 2000 m wies er dem semiariden Höhenklima und die darüber liegenden Gebieten dem ariden Höhenklima der Gipfelregion zu.

3.2 Höhenzonierung der Vegetation

Das Klima bringt pflanzengeographische Besonderheiten mit sich. Man kann bei der Florenverbreitung, ob dies landwirtschaftliche Nutzpflanzen oder natürliche Florenelemente sind, eine Abhängigkeit bezüglich des Feuch-

Abb. 16: Kaffeebohnen auf Fogo

tigkeitsgrades sowie der individuellen Höhenzonierung der Insel Fogo feststellen, die für eine SW-/NO-Ausrichtung gültig ist. Der Feuchtigkeitsgradient nimmt von Südwesten in Richtung Nordosten und mit der Höhe zu. Aus diesem Schema lässt sich eine Dreiteilung der vorhandenen Florenelemente ableiten.

Im äußersten Südwesten Fogos, bei São Filipe, herrscht extremer Trockenstress bei mindestens zehn ariden Monaten pro Jahr, so dass hier hauptsächlich afrikanische Vegetationsvertreter zu finden sind. Die einzige mehrjährige Pflanze ist die Akazie, häufig allein am Wegrand anzutreffen.

Der nächsthöhere Abschnitt von 500 bis 1000 Metern Höhe kann landwirtschftliche genutzt werden, was auf Luftmassenausläufer des Nordostpassats zurückzuführen ist.

Für die Höhenlagen ab 1300 m ist die Federbuschvegetation typisch und die Vegetation entspricht mediterranen Florenelementen.

Abb. 17: Strauch der Purgiernuss

3.3 Landwirtschaft

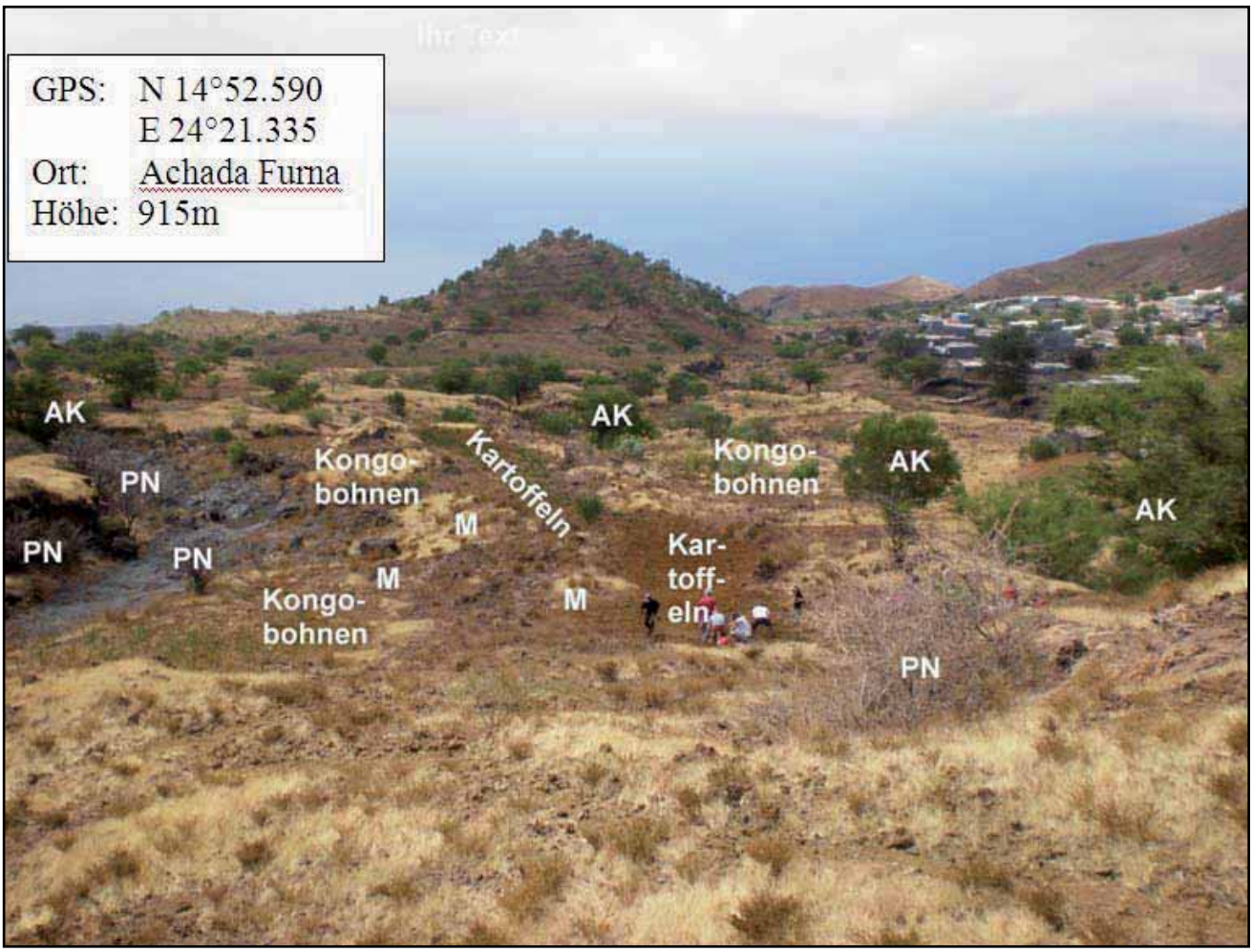
Die Landwirtschaft der Insel ist gekennzeichnet durch die ständige Konfrontation mit den limitierenden Klima- und Bodenverhältnissen, sowie durch trockenresistente Nutzpflanzen, Terrassenbau und viele Ribeiras. Besonders Ribeiras bieten sich für die landwirtschaftliche Nutzung an, wobei vor allem auf die Hanglage geachtet wird, da Ost- und Westhängen unterschiedliche Lokalklimate aufweisen.

Die Westhänge sind ganztägig exponiert und dienen vor allem zum Anbau von Kongobohnen, während an den feuchteren Osthängen Bananen (ab 900 m), Mangos, Papaya und Kaffee kultiviert werden. Auch Kaffeebohnen sind an die Osthänge gebunden, da sie keiner direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt werden dürfen und zumindest ein geringes Maß an Feuchtigkeit benötigen.

Das übliche landwirtschaftliche Bodennutzungssystem auf Fogo ist der Trockenfeldbau, der nur auf natürliche Niederschläge setzt. Auch Dünger und andere künstliche Hilfsmittel werden selten eingesetzt. Daraus resultiert jedoch auch ein geringes Ertragspotential mit hohem Ernterisiko und -schwankungen. Bauern, die nicht bewässern, müssen daher auch trockenresistente Nutzpflanzen anbauen, vor allem die drei Bohnen Bangola, Fischon (= Kongobohne) und Fionn de terre. Die gelben Blüten der Kongobohne findet man auch an abgelegenen Berghängen.

Auch die Purgiernuss (Jathropa curcas) wächst an jedem noch so trockenen Standort. Sie kann bis zu 5 m hoch werden und blüht auch bei extremen Klima- und Bodenbedingungen. Sie besiedelt degradierte Standorte und wirkt der Erosion durch Starkniederschläge entgegen, was sonst häufig zum Verlust wertvoller Böden und Überschwemmungen führt. Die Purgiernuss steht mit keiner anderen Nutzpflanze in Konkurrenz, im Gegenteil: Sie spendet anderen Pflanzen sogar Schatten. Aus ihr kann Öl gewonnen werden, das früher in wirtschaftlich bedeutendem Maße exportiert wurde. Heute wird es nur noch auf regionalen Märkten verkauft.

Weitere Anbauprodukte Fogos wie Mais, Maniok, Bananen, Süßkartoffeln und Yams werden von den Bauern während der Regenzeit gepflanzt und ungefähr im April geerntet. Auf Fogo ist nur eine Ernte pro Jahr möglich. Die Temperaturen würden laut Aussage eines Bauern drei bis vier Ernten pro Jahr ermöglichen, doch der fehlende Niederschlag lässt nur eine Ernte zu. Um diese nicht zu gefährden, werden an Hängen in der Nähe der bewirtschafteten Felder hangparallele Furchen angelegt, die ebenso wie angepflanzte und vertrocknete Maispflanzen oder Purgiernuss-Bäume Oberflächenabfluss und Erosion entgegenwirken sollen.



Abkürzung	Erklärung	Nutzung
PN	Purgiernuss	Öl
M	Mais	Nahrung, Erosionsschutz
Kartoffeln		Nahrung
Kongobohnen		Nahrung
AK	Akazien	Brennholz, (Erosionsschutz)
	„Freie Fläche“	Flächendeckende Gräser, Klettensträucher, sonstige Kleinsträucher

Abb. 18: Kartierung eines landwirtschaftlichen Anbaus in Achada Furna

Alle sonstigen Pflanzen, Sträucher und Bäume ohne Früchte, welche nicht für den Menschen oder die Nutztiere von Bedeutung sind, werden von den Dorfbewohnern als Brennholz gesammelt und genutzt.

Ein Beispiel für den auf Fogo charakteristischen Trockenfeldbau ist das bewirtschaftete Feld am Rande des Dorfes Achada Furna, wo wir auch Bodenexperimente durchführten. Auf einer Höhe von 915 m gelegen, gehört es einem Bauern, den wir zu seinen Anbauprodukten und -methoden befragt haben. Akazien und Purgiernüsse dienen ihm als Erosionsschutz und Schattenspender für die anderen landwirtschaftlichen Anbauprodukte. Das sind in diesem Fall hauptsächlich Bohnen- und Kartoffelarten sowie Mais. Der Bauer besitzt noch ein weiteres Feld näher an Achada Furna, wo er andere Produkte anbaut.

3.4 Nutzpflanzen in der Caldeira

Die Cha das Caldeiras befindet sich auf 1600 m. Charakteristisch für die Höhen- und Kessellage sind Vertreter der Federbuschvegetation, bis zu drei Meter hohe Strauchformationen mit auffällig kleinen Blättern, die Verdunstung minimieren. Beispiele sind die Kapverden-Wolfsmilch (Euphorbia tuckeyana), typisch für Mittel- und Steilhänge oberhalb von 700 m, oder das zu den Kreuzblütengewächsen gehörende Erysimum caboverdeanum, endemisch in der Caldeira Fogos.

Für die Kapverden einzigartig ist der Weinanbau innerhalb und am Rande der Caldeira ab einer Höhe von 1500 m. Die Lavaböden und das Lokalklima der Caldeira liefern für die Weinsetzlinge eine fruchtbare Grundlage. Eine Bestandsaufnahme der Anbauprodukte

Abb. 19: Wolfsmilchgewächs Artemisia

Abb. 20: Weinreben auf Lapilli in der Cha das Caldeiras

in Bangaeira in der Nähe der Casa Fernando ergab, dass hier vor allem standortangepasste Pflanzen wie Kongobohnen, Mais und Wein angebaut werden. Weitere Kulturpflanzen sowie Bäume waren Avocado- Setzlinge, Aloe- Pflanzen, Paprika (Pimenta), Feigenbäume, Grevillea robusta, Eukalyptus sowie Brotfruchtbäume.

3.5 Natürliche Vegetation auf Fogo

Die natürliche Artenverteilung der Pflanzen entspricht der schon angesprochenen Einteilung nach Höhenzonen bzw. Feuchtegradienten. Die Verbreitungsgebiete grenzen sich nach Höhenlage, Niederschlag, Sonnenintensität, Hangexposition und Temperatur scharf ab. So bilden sich angepasste Randgruppen, die isoliert an Extremstandorten vorkommen. An solchen Standorten ist die genetische Variabilität der Endemiten zum Teil allerdings stark eingeschränkt. Das wird hauptsächlich auf fehlende Bestäuber und daraus resultierende Selbstbefruchtung zurückgeführt, die für viele Pflanzen an Extremstandorten die einzige Möglichkeit sind, den Fortbestand ihrer Art zu sichern – so auch für das Erysimum caboverdeanum.

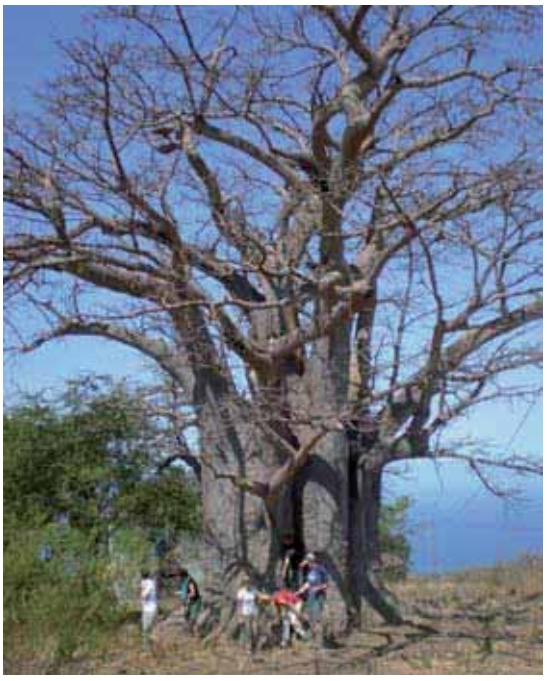
Neben dem isolierten Standort der Caldera stellen die Abschnitte der küstennahen Vegetation, den Übergangsregionen, der Mesophyten und Landwirtschaft sowie den Höhenlagen weitere natürliche Barrieren für die Vegetationsverbreitung dar.

In Küstennähe herrscht akute, lang anhaltende Trockenheit. Hier hat sich vor allem die Akazie (Acacia albida) etabliert, die bis zu 20 m hoch wird und dicke Wurzeln, blaugrü-

Abb. 21 - 23: Pimenta (links), Frucht (rechts) des Affenbrotbaumes (unten)

ne Blätter und Dornen hat, die der Transpirationsminderung dienen. Sie ergrünt erst zu Beginn der Trockenphase. Außerdem ist der afrikanische Affenbrotbaum in den niederen Lagen kennzeichnend. Er besitzt einen extrem dicken und kurzen Stamm, ausgeprägte Pfahlwurzelsysteme und eine verzweigte und große Krone. Aufgrund der Stammsukkulenz können große Mengen Wasser für Trockenzeiten gespeichert werden. Da er keine Baumringe ausbildet, sind Altersschätzungen nur eingeschränkt möglich, trotzdem weiß man anhand der Wachstumsraten, dass sie tausende von Jahren alt werden. Ihre länglichen, behaarten, goldgeben Früchte entwickeln sich an langen herabhängenden Stielen.

Fast alle Baumarten auf Fogo sind anthropogen eingeführt und künstlich angepflanzt. Frucht- und Zierbäume auf Fogo sind ausschließlich synanthrope Vorkommen. Orangen- und Zitronenbäume häufen sich vor allem an den Luvhängen. Einzig an den Luvhängen Fogos, etwa innerhalb des Naturschutzgebietes auf dem Weg vom Pico de Fogo in Richtung Mosteiros ist eine Wald- und Baumvegetation vorhanden. Inwiefern diese geschlossene Waldvegetation schon in der Vergangenheit herrschte, kann nur vermutet werden, da keine konkreten Forschungen vorliegen.



Auf Fogo sind ganze Projekte auf das Problem der fehlenden Wald- und Baumvegetation angesetzt. Rezent haben die Aufforstungsmaßnahmen durchaus Erfolge gezeitigt, ob eine nachhaltige Entwicklung damit erzielt werden kann, ist dennoch ungewiss. Kahlschläge oder Überweidung sind häufig.

4. Boa Vista

4.1 Klimatische Charakteristika

Die östlichste Insel der Kapverden ist durch sehr trockenes und arides Klima gekennzeichnet. Mit Jahresniederschlägen von weniger als 300 mm bezeichnete es KLUG (1980: 70f) als „arid-semiarides Klima der flachen Ostinseln“. Die zu den beiden anderen Inseln vergleichsweise hohen Temperaturen und niedrigen Niederschläge haben eine wiederum charakteristische Florengesellschaft entstehen lassen.

4.2 Natürliche Vegetation auf Boa Vista

Viel mehr als auf den anderen Inseln tritt Wasser als limitierender Wachstumsfaktor auf und an landwirtschaftliche Nutzung ist nicht zu denken. Selbst für einen natürlichen

Abb. 24 & 25: Ribeira auf der Insel Boa Vista und vertrocknete Akazien & Palmen nach vierjähriger Dürre

Vegetationsbestand sind diese Bedingungen grenzwertig. Die wenigen angesiedelten Pflanzen konzentrieren sich entweder auf die schmalen, tiefer liegenden Ribeiras, in denen die kostbaren Niederschläge etwas länger verfügbar sind, oder sie sind durch Wasserspeicherung, oder Verdunstungsschutz an die lebensfeindlichen Bedingungen angepasst. Wie drastisch sich das Ausbleiben der ohnehin geringen Niederschläge auswirkt, war bei unseren Erkundungsfahrten mit dem Aluguer zu erkennen. Von 2004 bis zum Herbst 2008 herrschten vier Jahre Trockenheit auf der Insel. Selbst viele der an Trockenheit angepassten Pflanzen überlebten diese Zeit ohne Niederschläge nicht. Vielerorts fanden sich vertrocknete und abgestorbene Pflanzen, Akazien und Palmen, nur entlang der Ribeiras herrschte ein anderes Bild.

Einen Eindruck vom wüstenhaften Charakter der Insel erhielten wir im Deserto de Viana. Dieses Dünenfeld zeichnet sich durch einen geringen Anteil natürlicher Vegetation aus, mit Bedeckungsgraden von gerade einmal 2-3 %. Wie schon in anderen Teilen der Insel zeigten sich auch hier teilweise die Auswirkungen der fehlenden Niederschläge der vorhergehenden Jahre, etwa beim Zyperngras (Zyperus cadamosti). Obwohl es an trockene Standorte gewöhnt ist, war es nur verdörrt vorzufinden. Auch viele Akazien überlebten die letzten Jahre nicht und stehen nur noch als vertrocknetes Geäst in den Dünen. Bei den lebenden Akazien mit ihrer ausladenden Wuchsform lässt sich spekulieren, dass sie einen befestigenden Einfluss auf die Dünen haben. Der mancherorts aus dem Wüstensand herausragende Kalksandstein bietet genügend Halt, dass sich Kanarische Dattelpalmen darauf ansiedeln können. Mit Wuchshöhen bis 18 m sind sie schon von weitem zu erkennen. Typisch für die trockenen Ostinseln ist auch das Kaperngewächs (Cleome viscosa), das wir allerdings in den Dünen nicht vorfanden. In den tieferen Lagen zwischen den Dünenkämmen war oft Sesuvium portulacastrum vorzufinden. Aufgrund seiner dichten Wuchsform knapp über dem Boden trägt auch diese Pflanze zur Befestigung der Dünen bei. Eine der wenigen Nutzpflanzen innerhalb des Deserto de Viana ist der Wilde Tabak, der vor allem in windgeschützten Gebieten in der Nähe von eigens dafür errichteten kleinen Mauern vorkam. Ansonsten bestand die vorgefundene Vegetation aus Disteln und anderen Sukkulenten.

5. Synthese

Die Vegetationsgesellschaften aller Inseln sind optimal an die klimatischen, vor allem an die hygrischen Gegebenheiten angepasst, sei es in der Extremwelt der Caldeira auf Fogo oder die Dünenfelder auf Boa Vista. Trotz der bestmöglichen Anpassung ist die Vegetation vor allem auf Boa Vista und in den Küstenregionen der anderen Inseln derartigen Grenzbedingungen ausgesetzt, dass sie häufig gerade noch bestehen können. Die überdurchschnittliche Trockenheit der letzten

Abb. 26-28, von links: Wilder Tabak; Sesuvium portulacastrum, wie es vor allem zwischen den Dünen vorkommt; vertrocknetes Zyperngras

vier Jahre auf Boa Vista hinterließ viele abgestorbene Pflanzen, die weite Teile des Landschaftsbildes prägen, unterbrochen von den „grünen Oasen“ der Ribeiras, in denen die wenigen Niederschläge länger und besser gespeichert werden. An eine landwirtschaftliche Nutzung ohne künstliche Bewässerung ist bei diesen Bedingungen nicht zu denken.

Dass sich diese Extrema vor allem auf Boa vsta finden, liegt an der Flachheit der Insel. Santo Antão und Fogo besitzen aufgrund ihrer Erhebungen vor allem in den Höhenlagen differenzierte Klimaverhältnisse, so dass hier Unterschiede bezüglich der Vegetationsverbreitungen zutage treten. Man kann das Höhenzonierungsmodell allerdings auf alle Inseln anwenden. Auch wenn die Höhenzonierung nur ein grobes Modell darstellt, so konnte die Exkursionsgruppe doch die meisten Vegetationsbeispiele, die im Vorfeld für den Exkursionsreader zusammengestellt worden waren, auch in den entsprechenden Höhenlagen kartieren. Die Modelle dienen demnach als gute Grundlagen für das Verständnis der Pflanzenverbreitungen und Vegetationsbestimmungen auf den Kapverdischen Inseln.

Literatur

Barros, B. G. de (1998): Landwirtschaftliche Praxis auf den Inseln Fogo und Brava (Kap Verden) und ihre Kompatibilität mit den offiziellen Beratungsempfehlungen. Berlin.

Beyhl, F. et al. (1990): Bilden die Kapverden ein einheitliches Florengebiet? In: Courier Forschungsinstitut. Senckenberg, Bd. 129. Frankfurt/Main.

Conert, H.-J. (1987): Über den Einfluss des Menschen auf die Flora der Kapverdischen Inseln. In: Courier Forschungsinstitut. Senckenberg, Bd. 95. Frankfurt/Main.

Fischer, D. (2007): Diplomarbeit: Einsatz von GIS und Fernerkundung zur Geoökologischen Raumgliederung von Fogo (Kapverden) – Eine Klassifikation auf der Basis von multivariat-statistischen Verfahren. Geographisches Institut der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.

Klug, H. (1980): Zur Klimageographie der Kapverdischen Inseln. In: Barth, H. K., H. Wilhelmy (Hg. 1980): Trockengebiete – Natur und Mensch im ariden Lebensraum. Tübinger Geographische Studien. Heft 80. Tübingen, S. 51 - 72.

Leyens, T. (2002): Biodiversität und Erhalt der Hochlagenvegetation der Inseln Fogo (Kap Verde): Ausarbeitung eines Konzeptes für ein Schutzgebiet. Bonn.

Lobin, W. (1982): Untersuchung über Flora, Vegetation und biogeographische Beziehungen der Kapverdischen Inseln nach ihrer Einwanderungsgeschichte. In :Courier Forschungsinstitut Senckenberg, Bd. 95.Frankfurt/Main.

Lobin, W./Zizka, G. (1987): Einteilung der Flora (Phanerogamae) der Kapverdischen Inseln nach ihrer Einwanderungsgeschichte. In: Courier Forschungsinstitut. Senckenberg, Bd. 95. Frankfurt/Main.

Lösch, R. (1998): Lehrbuch der Geobotanik. Stuttgart/Jena/Lübeck/Ulm.

Reitmaier, P. (2001): Wanderführer Santo Antão. Pforzheim.

Schicho, W. (2001): Handbuch Afrika: Westafrika und die Inseln im Atlantik. Band 2. Frankfurt am Main. (= Handbuch Afrika in drei Bänden), S. 358 - 373.

Schmitt, E./Schmitt, T. (2007): Biogeographie: Arealkunde In: GEBHARDT, H. et al. (Hg.; 2007): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. München, S. 406-414.

Schröder, F.-G. (1998): Lehrbuch der Pflanzengeographie. Wiesbaden.

Abb. 29: Dattelpalme auf einem Kalksandsteinsockel im Deserto de Viana

Individual- und Massentourismus

Ausbau und Bedeutung des Fremdenverkehrs

Noch vor einigen Jahren waren die kapverdischen Inseln und ihre Lage wenig bekannt. Ab den 70er Jahren galten die Inseln unter Flugzeugbesatzungen, denen ein Hotel auf Sal als Übernachtungsmöglichkeit diente, als „Geheimtipp“. In den Folgejahren war eine stetig steigende touristische Nachfrage zu verzeichnen, sodass mehr und mehr Hotels und Pensionen eröffnet wurden. Heute zählen die Kapverden zu einer der am rasantesten wachsenden Tourismusregionen West-Afrikas und gehören zur Gruppe jener Entwicklungsländer, in denen der Tourismus zweit- oder drittstärkster Devisenbringer ist (Manninger 2008).

Wie in vielen anderen Entwicklungsländern (insbesondere Inselstaaten), gibt es auch auf den Kapverden kaum wirtschaftliche Alternativen zum Tourismus. Dies erklärt, warum seit der Demokratisierung im Jahr 1991 der Ausbau der Infrastruktur, die Förderung der Privatisierung und die Entwicklung des Tourismus zu den wichtigsten Zielen der Regierung zählt. 1992 wurden das Ministerium für Tourismus und die Tourismus-Vermarktungs-Organisation PROMEX gegründet. Der in der Folge erstellte nationale Tourismusentwicklungsplan verfolgt, neben dem Ausbau der Infrastruktur und der Erweiterung der Flugkapazität, auch die Verbesserung der Müllentsorgung. Weiterhin sollen vielfach touristische Arbeitskräfte ausgebildet werden und der Service und das Angebot optimiert werden.

In den ersten Jahren fand die touristische Entwicklung der Inseln vor allem auf Sal statt, wo der internationale Flughafen liegt, sowie in den Wirtschaftszentren Praia (Santiago) und Mindelo (São Vicente). Auch wenn noch im Jahre 2003 vier von fünf Urlaubern auf Sal blieben, macht die rasante touristische Entwicklung auch vor den übrigen Inseln nicht Halt. Auf den flachen Ostinseln Sal und Boa vista mit ihren kilometerlangen, feinsandigen Stränden hat sich schon früh der Badetourismus mit Pauschalangeboten durchgesetzt. Individualurlauber, die das Wandern in der Natur bevorzugen und bereit sind, sich auf die Verhältnisse vor Ort einzustellen, steuern dagegen eher die gebirgigen Inseln im Nordwesten und Süden wie z.B. Santo Antão und Fogo an.

Die rasante touristische Entwicklung der Kapverden wird an der Zahl der Touristen und Betten deutlich. Im Jahre 1982 existierten 15 Pensionen und Hotels mit insgesamt 455 Betten auf den Inseln. Während im Jahre 1991 die jährliche Touristenzahl bei ca. 19.000 lag, stieg die Zahl der Touristen seit 1994 jährlich um 11%. 1999 konnten 67.000 Touristenankünfte verzeichnet werden. Im selben Jahr gab es 85 Beherbergungsbetriebe mit einer Kapazität von 1.977 Zimmern und 3.602 Betten. In den vier Jahren bis 2003 verdreifachte sich die Zahl der Touristen auf 178.000. Für 2008 prognostizierte die Regierung rund 400.000 Besucher. Bis 2012 soll die Bettenzahl deshalb auf 15.500 gesteigert werden (Maletz 2006). Die meisten Touristen kommen aus der früheren Kolonialmacht Portugal und aus Italien, gefolgt von Deutschland und Frankreich.

Derzeit verfügt das Archipel über drei internationale und vier lokale Flughäfen. Der größte internationale Flughafen befindet sich auf Sal. 2006 wurde der internationale Flughafen in Praia eröffnet, der bereits Flüge aus dem afrikanischem Festland, Amerika, Portugal, Holland, Frankreich und den Kanaren empfängt. Im Folgejahr eröffnete der internationale Flughafen auf Boa Vista. Derzeit verbinden fünf Fluggesellschaften den deutschsprachigen Raum mit den Kapverden: die portugiesische TAP (Transportos Aéreos de Portugal), die kapverdische TACV (Cabo Verde Airlines), sowie die Fluggesellschaften TUIfly, Condor und Hapagfly.

Ökonomisches Allheilmittel?

Der Tourismus birgt enormes wirtschaftliches Potential. Zwischen 1998 und 2004 stieg der Anteil des Tourismus am Bruttoinlandsprodukt von 3,7% auf 11% an, die Einkünfte haben sich von 12 Mio. € mehr als verachtfacht auf über 103 Mio. €. Im Jahr 2004 hatten die Tourismuseinkünfte einen Anteil am Exportwert von über 40%, sodass man davon ausgehen kann, dass der Tourismus am durchschnittlichen Wirtschaftswachstum von 5,5% einen hohen Anteil hatte. Am Ausgleich des Handelsbilanzdefizits konnte der Anteil des Tourismus zwischen 1997 und 2004 um das 3,6fache von 7% auf 25% erhöht werden. Ein weiterer positiver Effekt der touristischen Erschließung ist die Schaffung von Arbeitsplätzen. 2005 konnten durch den Tourismus ca. 12.550 Arbeitsplätze geschaffen werden. Bei den Angestellten handelt es sich fast ausschließlich um Kapverdianer. Europäer sind lediglich im Management großer Ressorts und Hotels beschäftigt (Maletz 2006). Die zahlreichen Verflechtungen des Fremdenverkehrs mit anderen Wirtschaftszweigen, z.B. dem Baugewerbe, der Landwirtschaft und verschiedenen Dienstleistungen, bewirken zusätzlich ein indirektes Einkommen aus dem Tourismus.

Um die Entwicklung anzukurbeln, versucht die kapverdische Regierung ausländische Investoren zu locken, etwa durch den Erlass von Steuergeldern für touristische Direktinvestitionen in den ersten fünf Jahren, oder den zollfreien Import und Export von Gütern und Materialien für die Errichtung touristischer Anlagen. Diese Investitionsvorteile führen jedoch gleichzeitig zu einer erheblichen Reduzierung der staatlichen Steuer- und Zolleinnahmen. Ein weiteres Problem besteht darin, dass die lokalen Anbieter oft nicht in der Lage sind, die nachgefragten Warenmengen zu liefern. Oftmals ist der Import von Produkten aus der EU zuverlässiger und aufgrund der hohen Agrarsubventionen auch billiger. Auf den Kapverden werden ca. 90% der Nahrungsmittel importiert, vor allem jene für den touristi-

Bild links: Massentourismus, Riu-Hotel auf Sal;
Rechte Seite oben: Strandpanorama Santa Maria; **unten**: Einnahmequelle Tourismus

schen Konsum. Weiterhin werden nahezu alle Luxusgüter, Fahrzeuge, Einrichtungsgegenstände und Baustoffe aus dem Ausland bezogen.

Da der steigende Bedarf an Unterkünften auf den Kapverden zum großen Teil nur durch die Errichtung großer Hotelanlagen gedeckt werden kann und es den nationalen Investoren weitgehend an Kapital mangelnt, hängt ein Ausbau der Kapazitäten zwingend von ausländischem Kapital ab. Diese Besitzverhältnisse der touristischen Anlagen führen dazu, dass ein großer Teil der Deviseneinnahmen wieder zurück ins Ausland fließen (LUGER 2006).

Mit der rasanten touristischen Erschließung sind nicht selten auch ökologische Folgen verbunden. Wo der Massentourismus dominiert wie auf Sal und Boa Vista, kommt es häufig zu einem enormen Abfallaufkommen, das aufgrund des Mangels an adäquaten Entsorgungssystemen oft nicht bewältigt werden kann. Auch die Versorgung mit dem chronischen Mangelprodukt Wasser erweist sich als sehr problematisch. Die Situation verschlechtert sich mit zunehmendem touristischen Bedarf weiter. Auf Sal und São Vicente erfolgt die Wasserversorgung heute ausschließlich und auf Santiago zum größten Teil über kosten- und flächenintensive Meereswasserentsalzungsanlagen. Die anderen Inseln verfügen nicht über Entsalzungsanlagen, sodass Wasser importiert werden muss (MALETZ 2006). Vor allem in den Küstengebieten der Inseln ergeben sich mit dem Tourismus vielfältige Nutzungskonflikte. Hier werden die touristisch attraktiven Strände in den Sommermonaten von den zahlreichen Meeresschildkröten zur Eiablage genutzt. Hinzu kommen Umweltbelastungen und Nutzungskonflikte durch Trendsportarten wie Motocross, Mountainbike oder Offroad-Touren mit Geländewägen, die insbesondere auf Boa Vista zur Störung der Anpflanzungsmaßnahmen auf den (wandernden) Dünen führen.

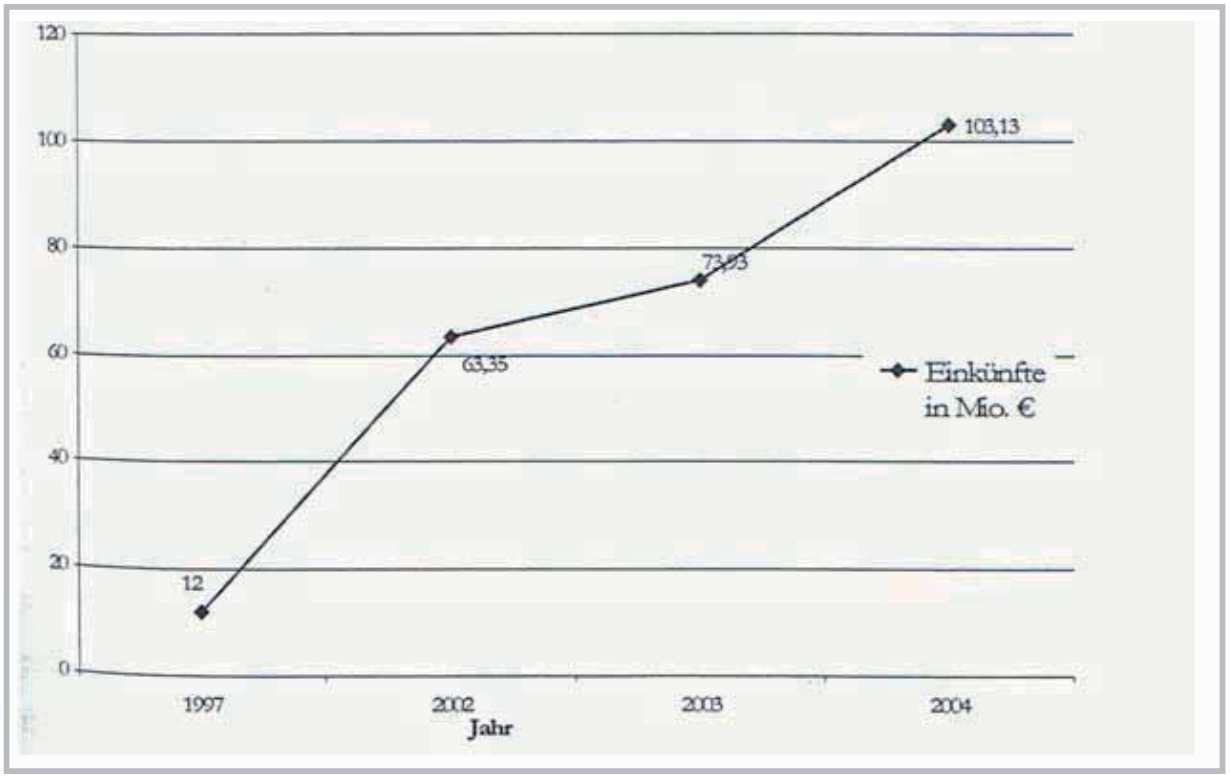
LINDA LÜDEMANN

Literatur

Luger, K. (Hrsg.):Tourismus in der Dritten Welt. Zur Diskussion einer Entwicklungsperspektive, Wien: Südwind-Verlag, 2006

Maletz, V.: Diplomarbeit: Tourismus und Nachhaltigkeit am Beispiel der Kapverden, Geographisches Institut der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 2006

Manninger,K.: Diplomarbeit: Projektorientierter Masterplan für eine nachhaltige Tourismusentwicklung in São Miguel, Kap Verde, Institut für Geographie und Raumforschung der Karl-Franzens-Universität Graz, 2008



Mehr Handwerk als Industrie

Die Fischerei wächst auf den Kapverden nur langsam

Das Aufeinandertreffen kalter und warmer Meeresströmungen bringt Fische der Tropen und des Nordatlantiks in der Region um die Kapverden zusammen. Die vorherrschenden Passatwinde und der Kanarenstrom bewirken zudem, dass kaltes, nährstoffreiches Wasser vom Meeresboden an die Oberfläche steigt. Mit Hilfe der Sonne wird die Westafrikanische Meeresregion um die Kapverden so zu einem der produktivsten Meeresgebiete der Welt – hier wird von Thunfisch, Hornfisch, Sardinen, Heringe und Barschen über Brassen, Rochen, Flundern und Stachelmakrelen bis hin zu Muränen, Haien, Langusten und Krabben alles gefangen, was die Herzen von Feinschmeckern höher schlagen lässt.

Die Kapverdischen Inseln verfügen über Fischereigewässer, die etwa 183-mal so groß sind wie ihre Landfläche selbst. In einem Gebiet von rund 735.265 km^2 können die kapverdischen Fischer ihre Arbeit verrichten, um Geld und Nahrung für die Bevölkerung zu erwirtschaften. Wirtschaftlich schöpfen die Kap Verden ihre Fischereigewässer allerdings noch nicht voll aus. Ihre jährliche durchschnittliche Fangmenge liegt bei 10 000 t (2004), obwohl schätzungsweise 45 000 t möglich wären, ohne der Natur Schaden zuzufügen. Wie sollte auch eine Fischerei, welche noch stark durch die handwerklichen Methoden geprägt ist und auf alte Boote, Angelschnüre und Netze zurückgreift, mit den hoch technisierten Schiffen und Methoden aus dem Ausland mithalten.

Unterscheiden muss man in der kapverdischen Fischerei zwischen dem handwerklichen und industriellen Fischfang. Der handwerkliche Fischfang wird von den Bewohnern betrieben um sich selbst, Familie und Bekannte zu versorgen. Die industrielle Fischerei dagegen verkauft den Fisch beispielsweise an Fabriken, die Fischkonserven oder – Marinaden herstellen. Dies geschieht teilweise auf den Inseln selbst. So ist die Insel Sal bekannt für den Export von Langusten, was sich in der Außenhandelsbilanz der Inselrepublik durchaus bemerkbar macht.

Die GTZ (Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit), aber auch der Staat, fördern die Verbesserung der Fischerei und verschiedene Maßnahmen, um der Überfischung vorzubeugen. Auch unterstützen sie die handwerklich arbeitenden Fischer und ihre Familien.

Meike Franz

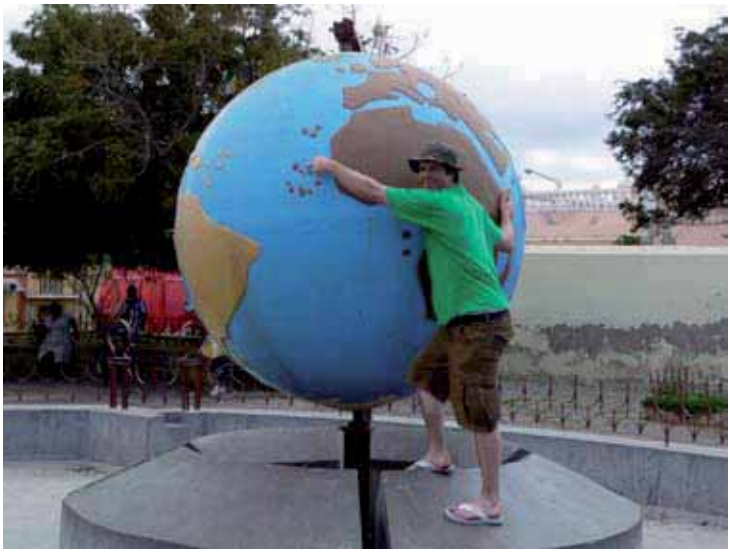
Literatur

Schleich, H. Hermann, Karin Schleich (1998): Cabo Verde – Kapverdische Inseln. Stuttgart.

Statistisches Bundesamt Deutschland (1990): Länderbericht. Kap Verde. Stuttgart.

KARTENWERK

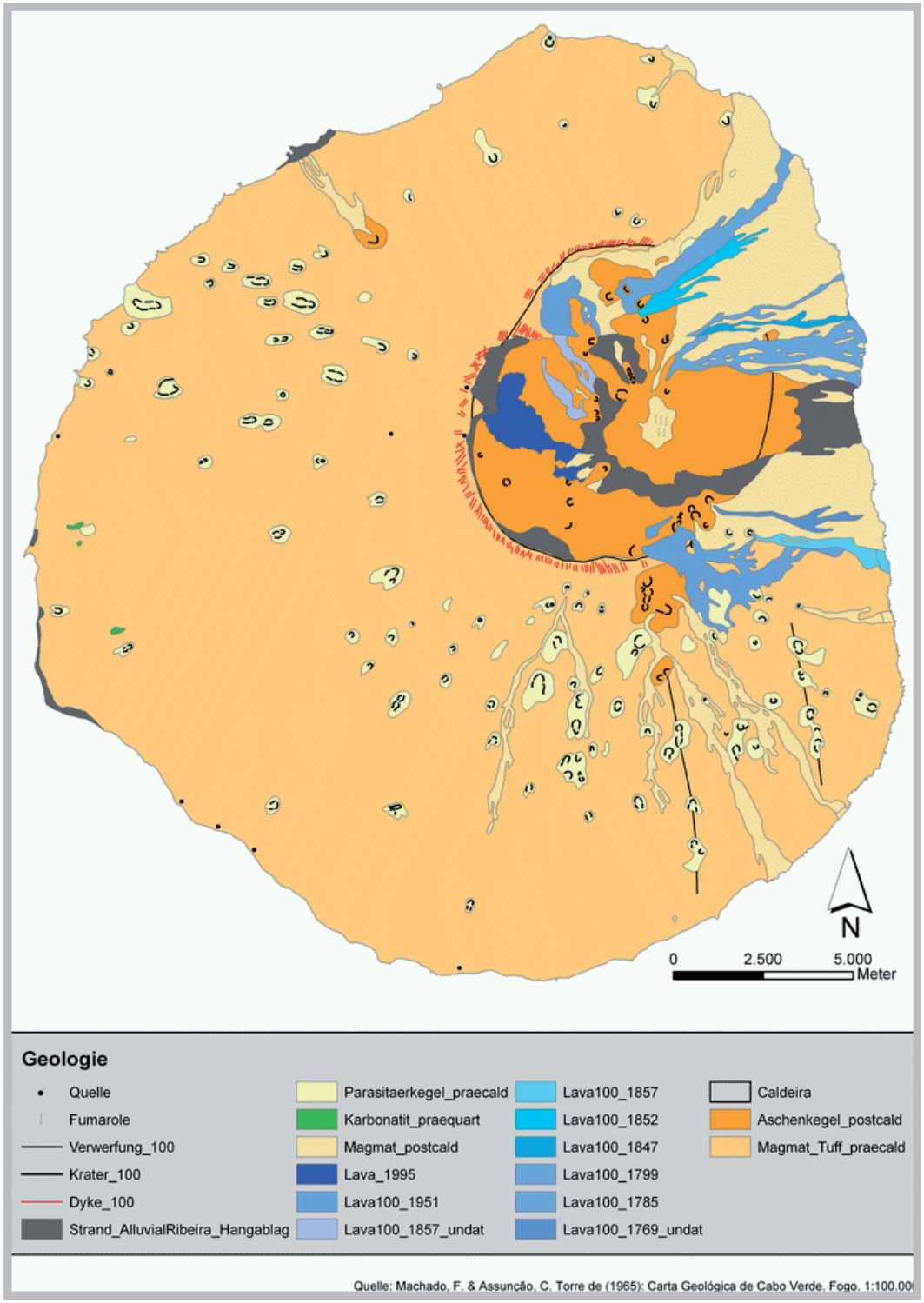
Manuel Herzog, Niklas Schenck, Meike Franz



Ein Panasonic Toughbook und ein GPS-Tracker waren die besten Freunde der Gruppe, die im Gelände weniger Messungen zu leisten hatte, dafür aber vor und nach der Exkursion alle Hände voll zu tun hatte: Vor Abreise wurden umfangreiche GIS-Datenbanken erstellt, hinterher eigene Karten mit unseren Wander- und Fahrtrouten angefertigt.

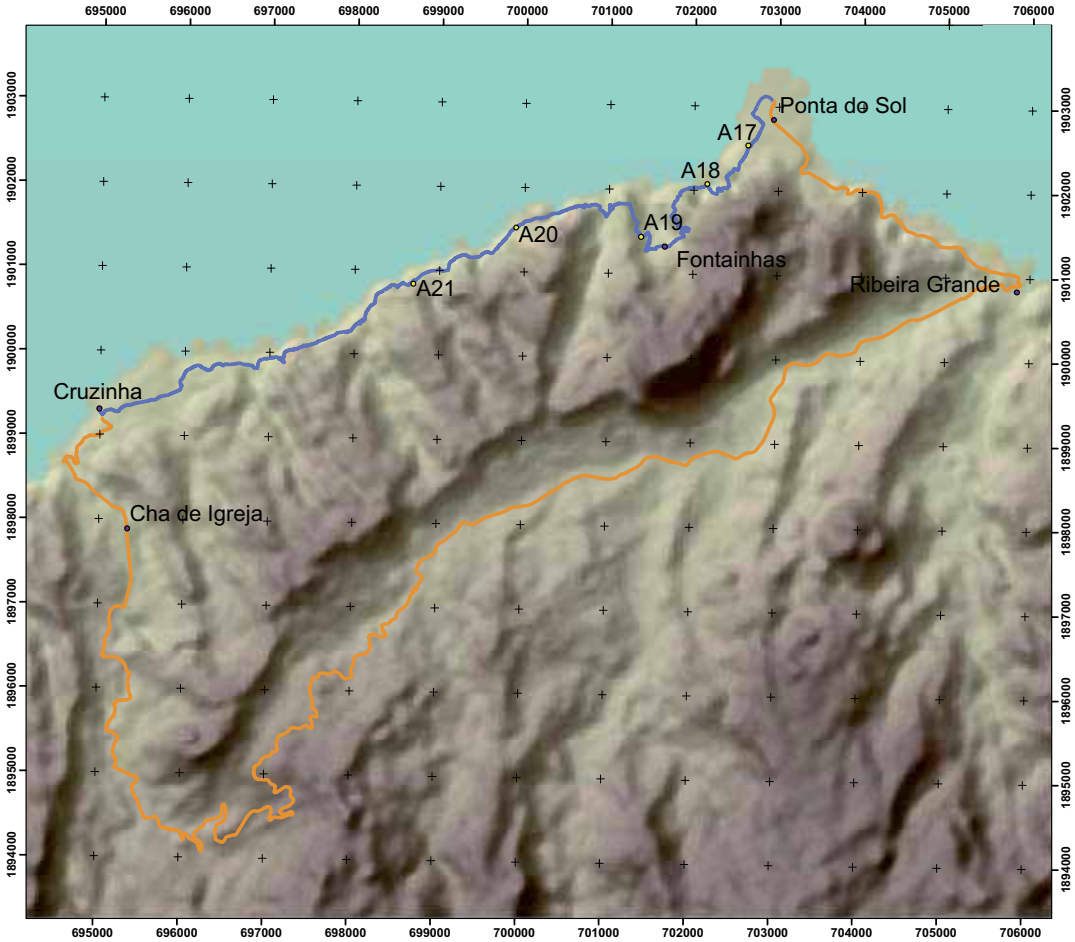
In wochenlanger Arbeit am Scanner und vor dem Computer beim Georeferenzieren erstellte die Gruppe vor der Exkursion für jede Insel eine Geodatenbank mit allen verfügbaren topographischen, geologischen und pedologischen Karten sowie mit Höhenmodellen (ASTER und SRTM) und Satellitenbildern (ASTER und diverse Landsatserien). Und nach der Rückkehr galt es, die Karten für diesen Reader und als Grundlage für eine Präsentation an der Pädagogischen Hochschule zu gestalten, die den anderen Exkursionteilnehmern sowohl als Routen für Google Maps als auch als fertige Print-Karten zur Verfügung gestellt wurden.

Eine zweite Gruppe kümmerte sich um das Layout dieses Readers, namentlich: Jessica Kramberg, Markus Engler, Kajta Romanski und Niklas Schenck.



Bilder linke Seite: Fischmarkt in Mindelo auf der Insel São Vicente
Rechte Seite oben: Weltkugel mit Kapverdenfokus, ebenfalls in Mindelo auf São Vicente
Rechts unten: Geologische Karte der Insel Fogo, Kartographie: Claas Olehowski, Pädagogische Hochschule
Oben: Rückflug nach Europa

Antão: Wanderung Ponta do Sol nach Cruzinha



UTM Zone 26 N / WGS 84

Legende

- Ortschaften
- Haltepunkte/Messungen
- Fahrt Cruzinha nach Ponta do Sol
- Wanderung Ponta do Sol Cruzinha

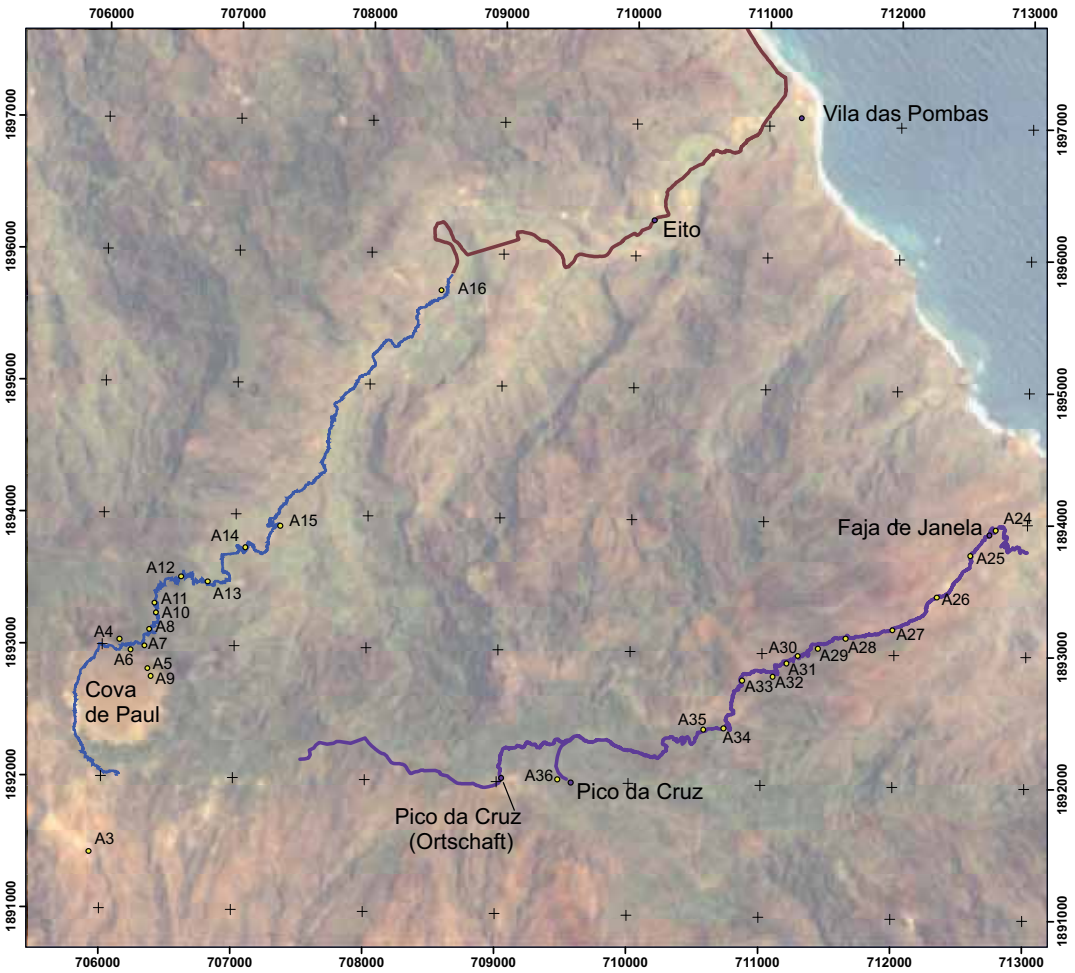
Höhenstufen [m ü. M.]

- Meeresspiegel
- < 200
- 200 - 400
- 400 - 600
- 600 - 800
- > 800

1 0,5 0 1 2

Kartographie: Franz, Herzog, Schenck - Universität / PH Heidelberg
Datengrundlage: ASTER-DGM, eigene GPS-Kartierung 2009

Antão: Wanderungen Pico da Cruz & Ribeira Paul



UTM Zone 26 N / WGS 84

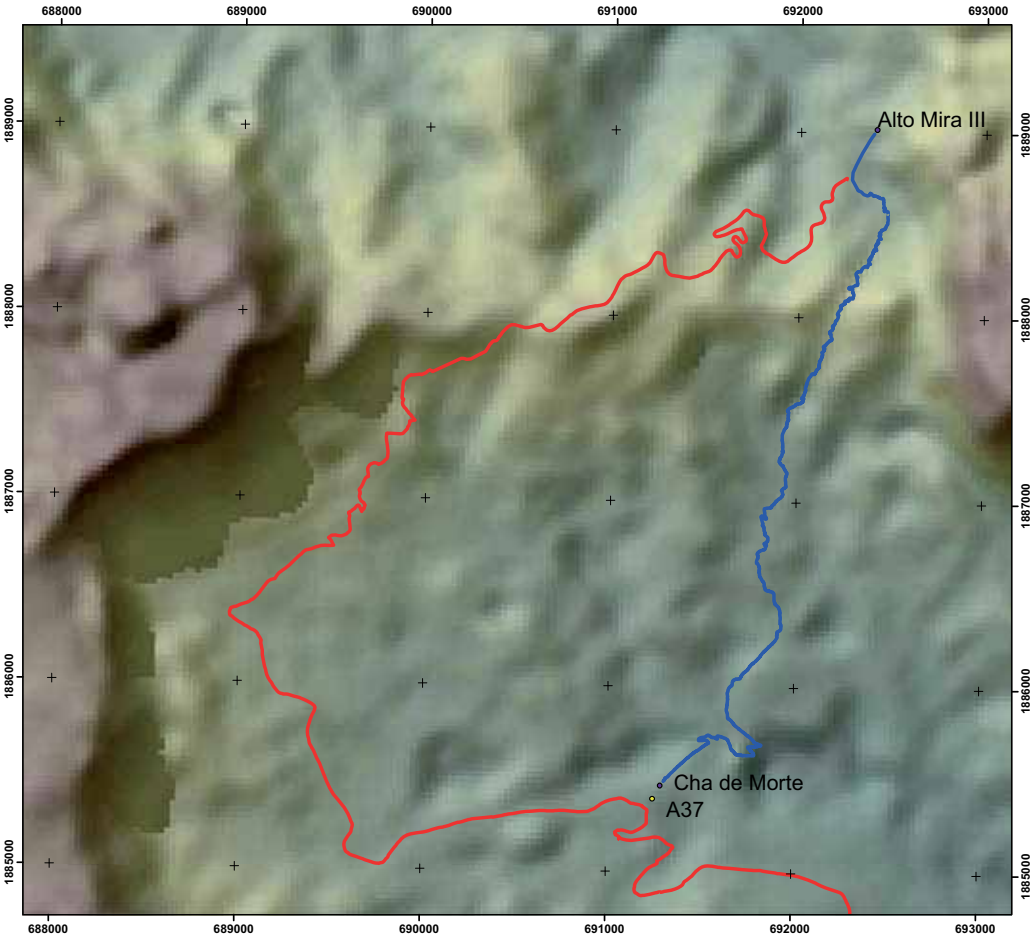
Legende

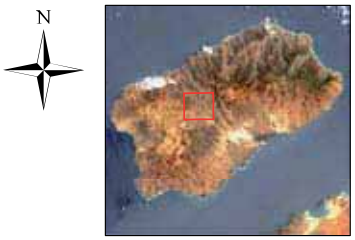
- Ortschaften
- Haltepunkte/Messungen
- Fahrt Ribeira Paul - Punta do Sol
- Wanderung Pico da Cruz
- Wanderung Ribeira Paul

1 0,5 0 1 2 Kilometer

Kartographie: Schenck, Herzog, Franz - Universität / Pädagogische Hochschule. Datengrundlage: DGM - SRTM 90m, Landsat-Aufnahme (ETM+) Mai 2001, eigene GPS-Kartierung 2009

Antão – Wanderung Cha de Morte





UTM Zone 26 N / WGS 84

Legende

- Ortschaften
- Haltepunkte/Messungen
- Fahrt Cha de Morte - Porto Novo
- Wanderung Cha de Morte - Alto Mira III

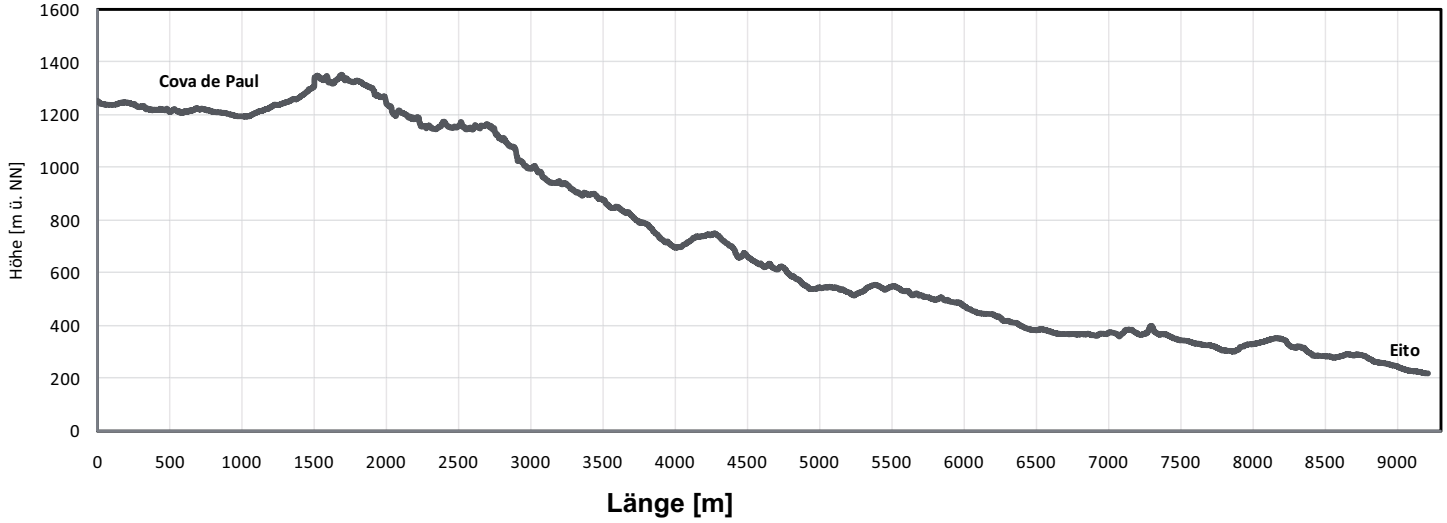
Höhenstufen [m ü. M.]

- < 400
- 400 - 600
- 600 - 800
- 800 - 1000
- 1000 - 1200
- 1200 - 1400
- 1400 - 1600
- > 1600

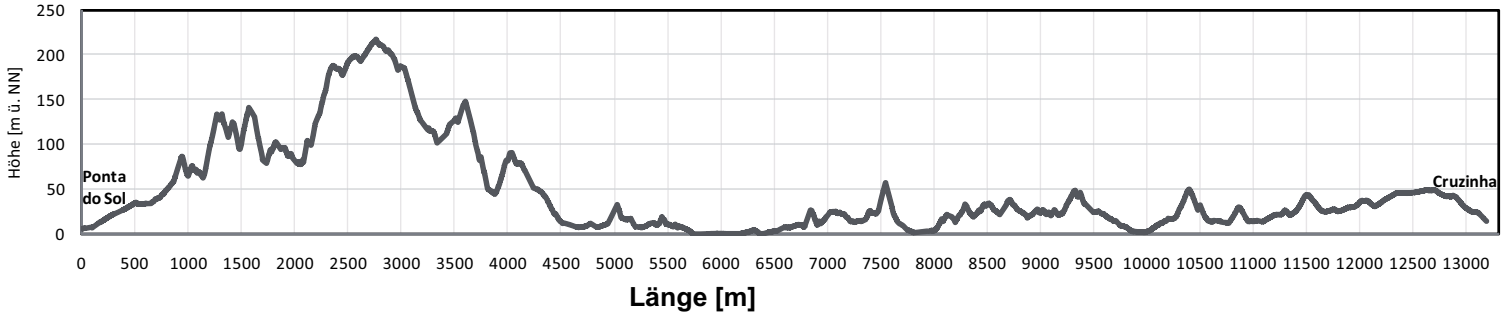
1 0,5 0 1 Kilometer

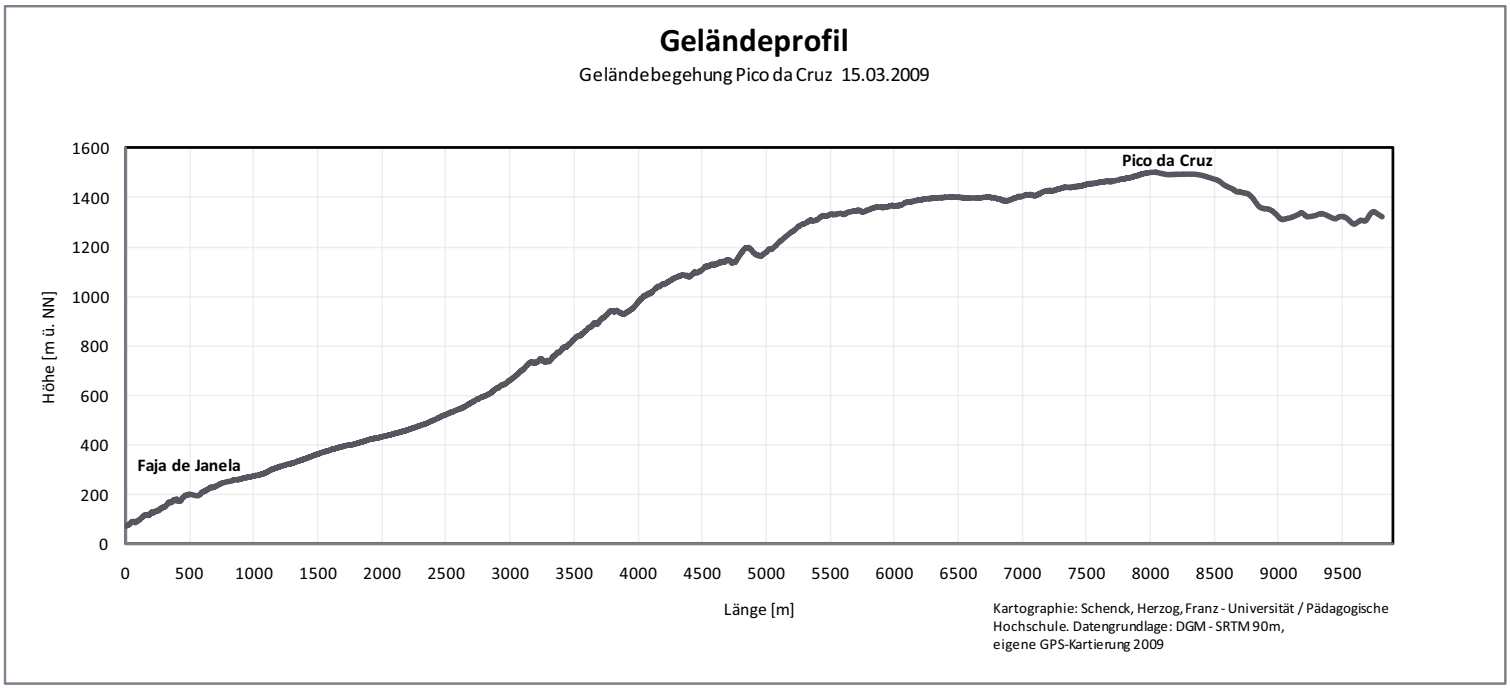
Kartographie: Schenck, Herzog, Franz - Universität / PH Heidelberg
Datengrundlage: ASTER-DGM, eigene GPS-Kartierung 2009

Geländeprofil – Wanderung Ribeira do Paul, 13. März



Geländeprofil – Wanderung Ponta do Sol - Cruzinha, 14. März





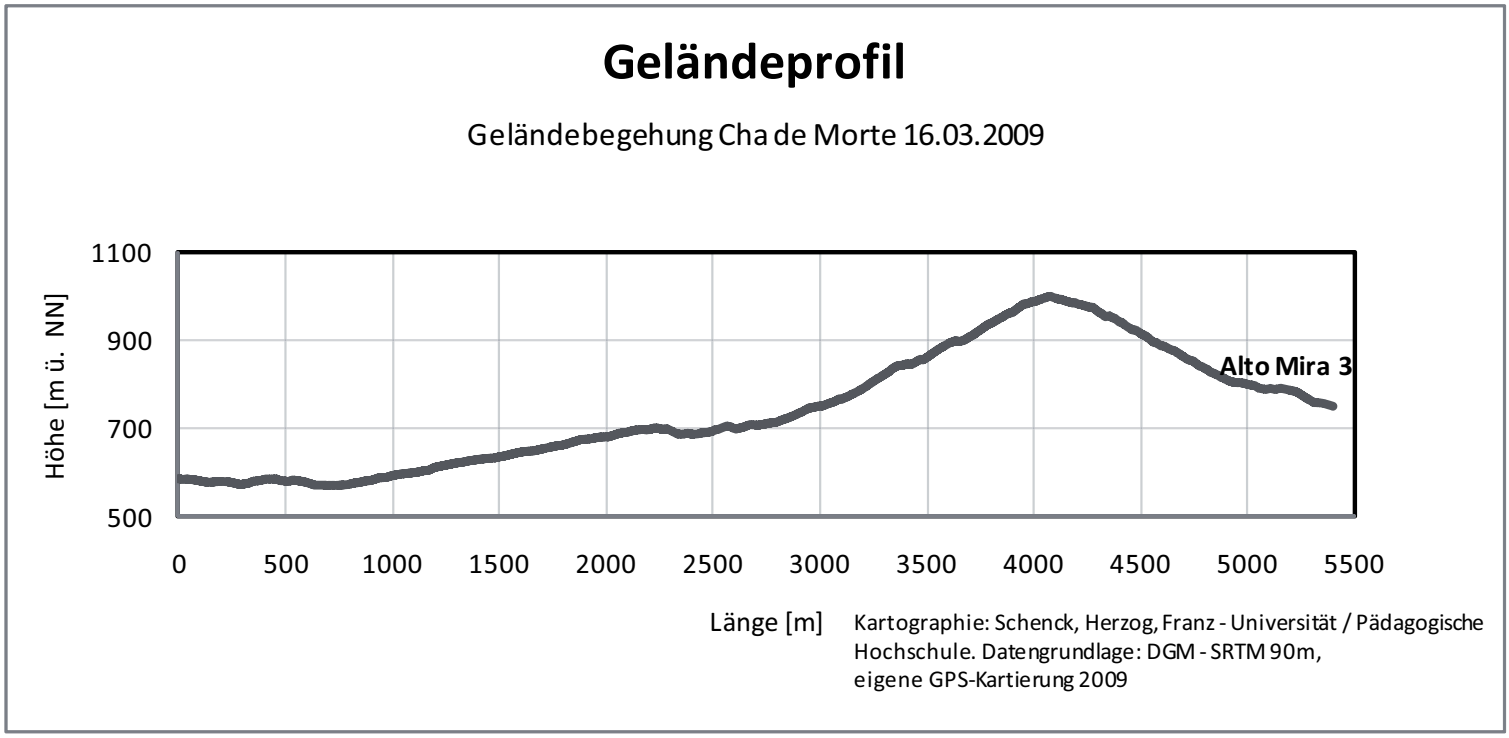
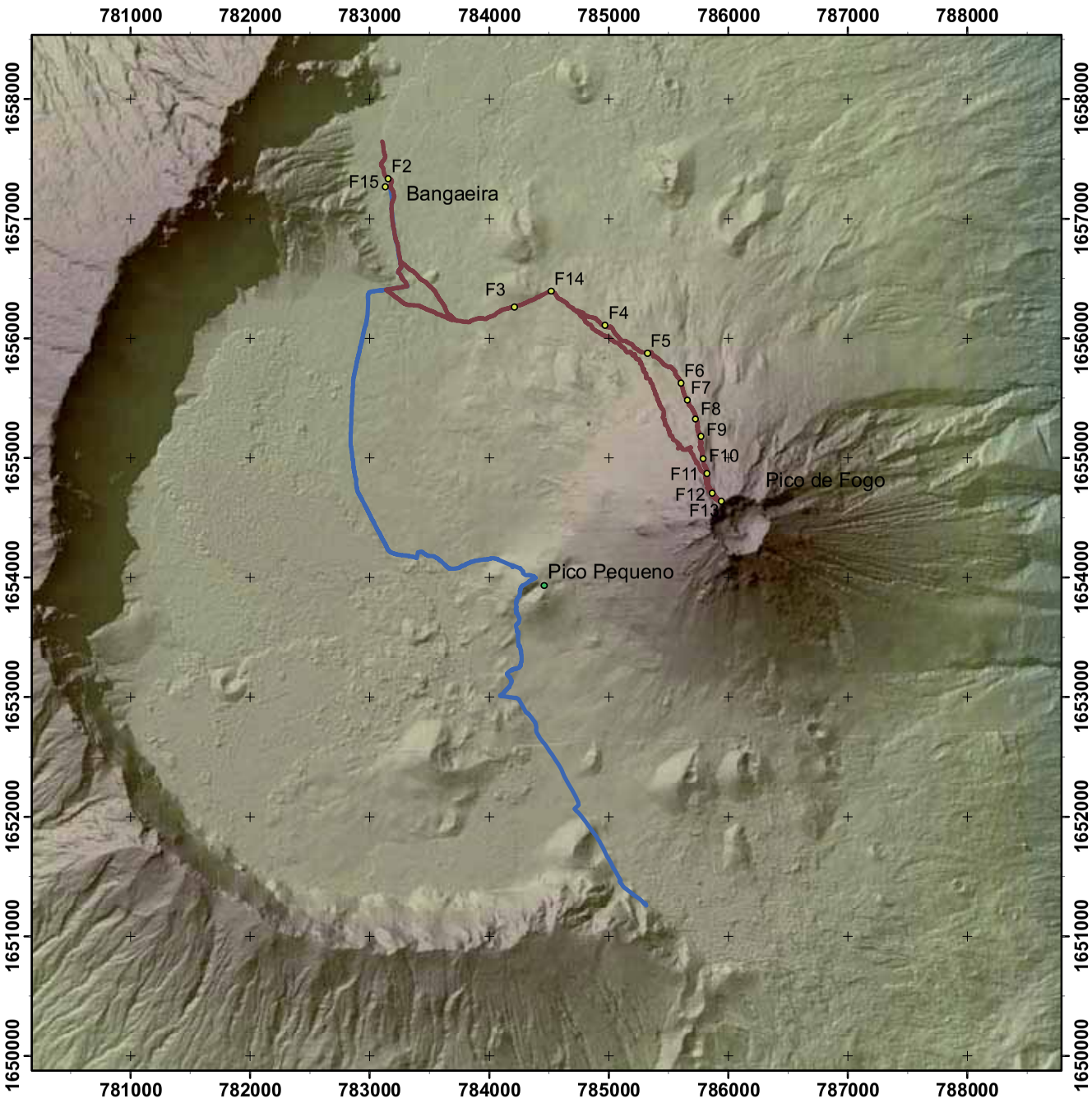
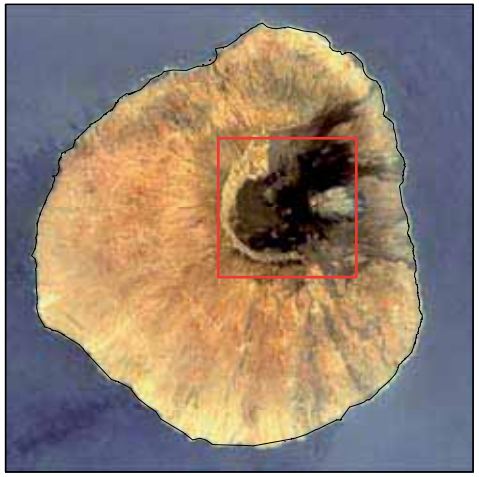


Foto Mitte: Abstieg vom Pico Pequeno auf der Insel Fogo.
Alle Geländeprofile: Manuel Herzog, Niklas Schenck.
Datengrundlage: DGM (SRTM 90 m), eigene Kartierung.

Fogo: Wanderung zum Picolino und auf den Pico de Fogo





UTM Zone 26 N / WGS 84

Legende

- Ortschaften
- Haltepunkte/Messungen GPS
- Wanderung Pico de Fogo
- Wanderung Pico Pequeno

Höhenstufen [m ü. M.]

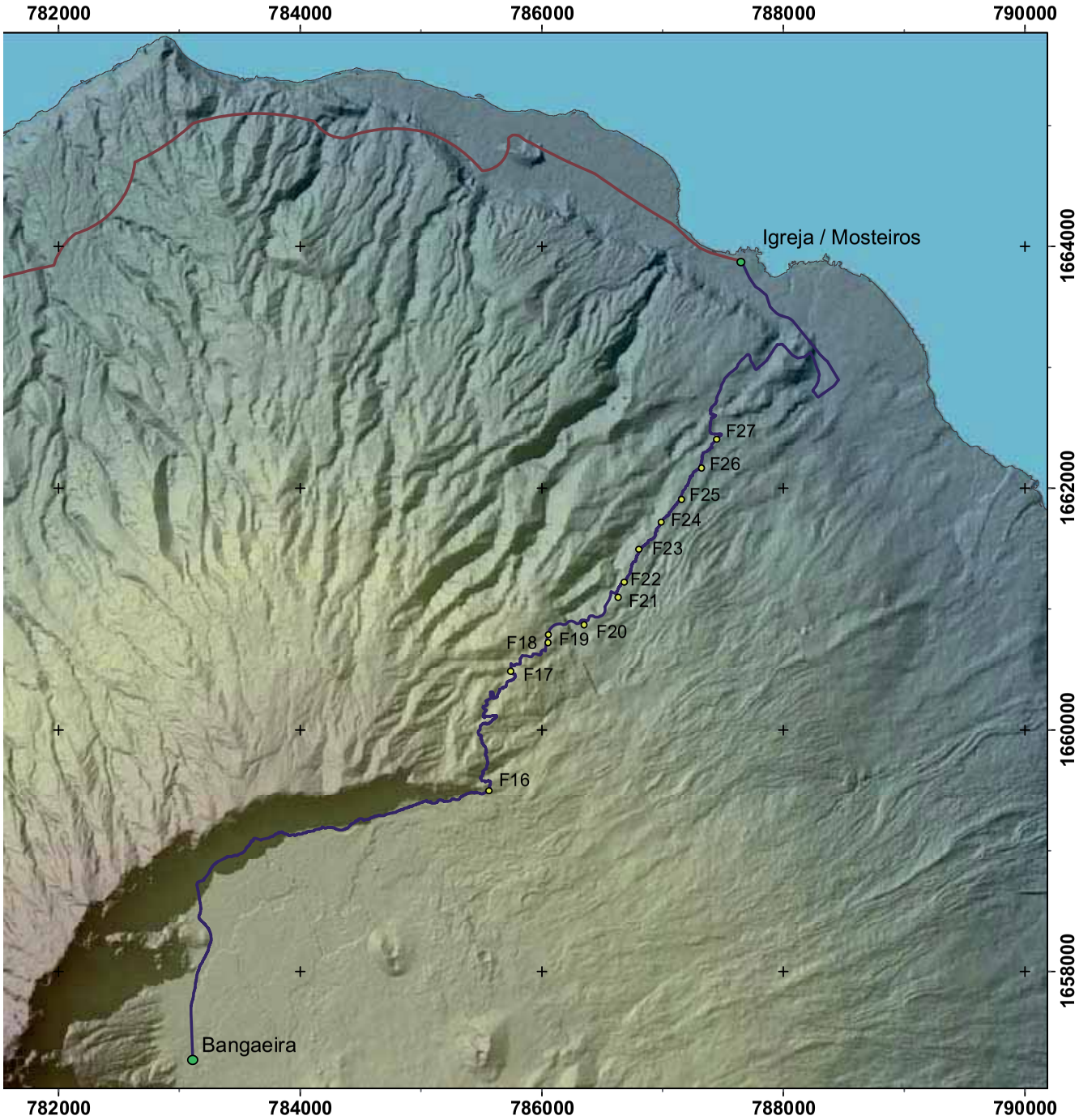
- < 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 2500
- > 2500

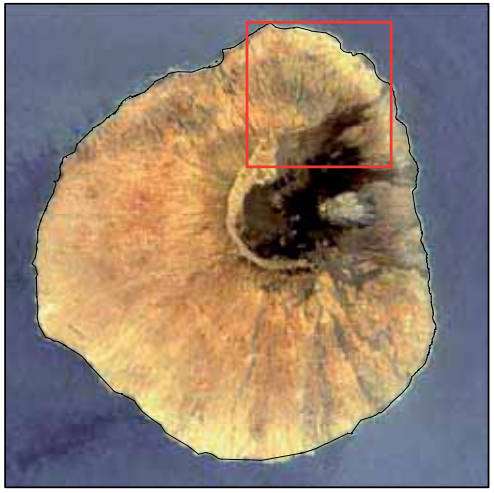
Kartographie: Schenck, Herzog, Franz - Universität / PH Heidelberg
Datengrundlage: DGM Olehowski (2007), eigene GPS-Kartierung 2009

0 0,5 1 2 3 Kilometer

KARTEN 77

Fogo: Wanderung von Bangaeira nach Mosteiros an der Küste





UTM Zone 26 N / WGS 84

Legende

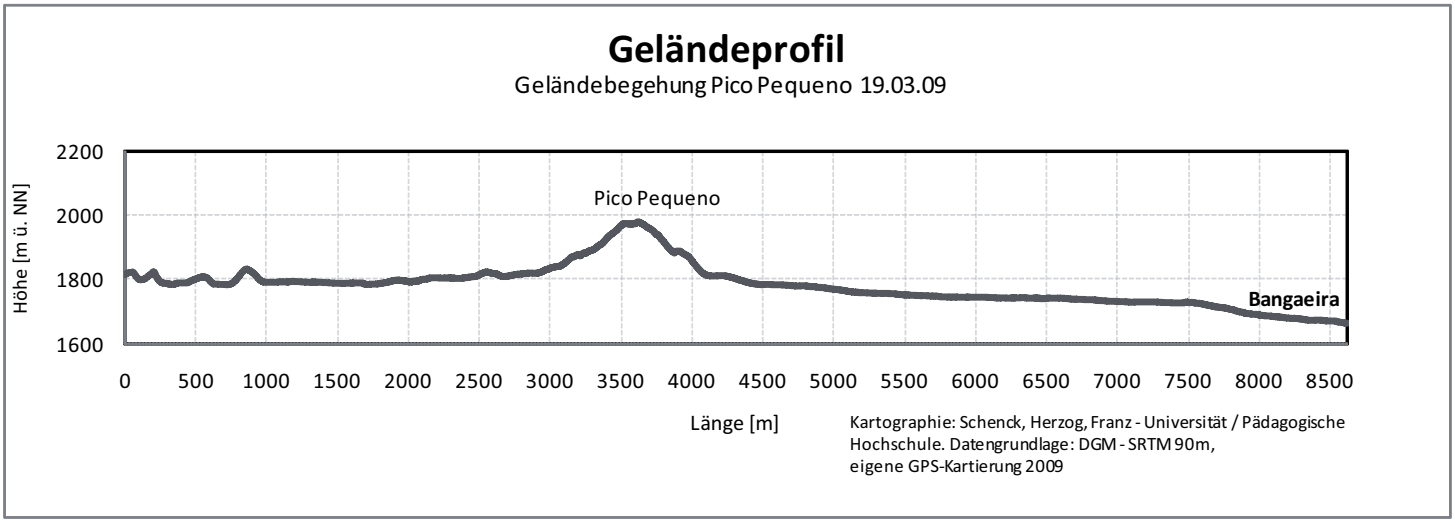
- Ortschaften
- Haltepunkte/Messungen GPS
- Fahrt Mosteiros - Salo Filipe
- Wanderung Bangaeira - Mosteiros

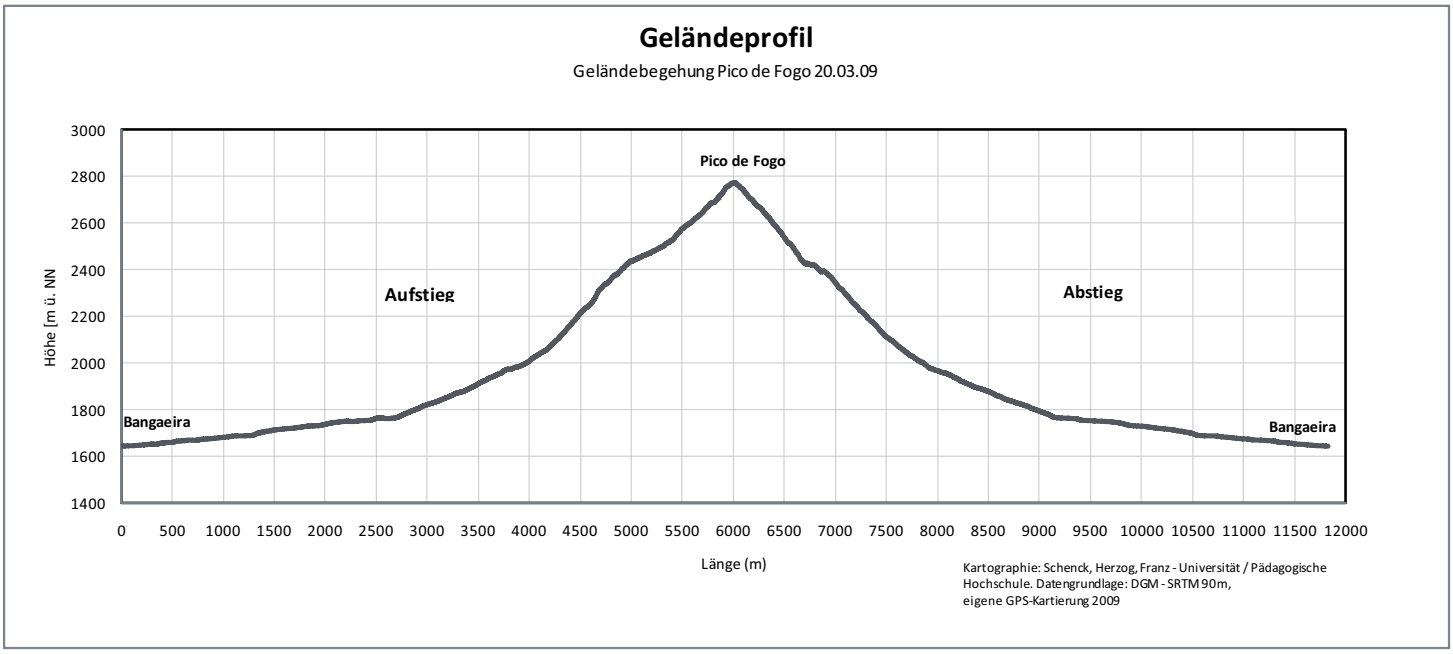
Höhenstufen [m ü. M.]

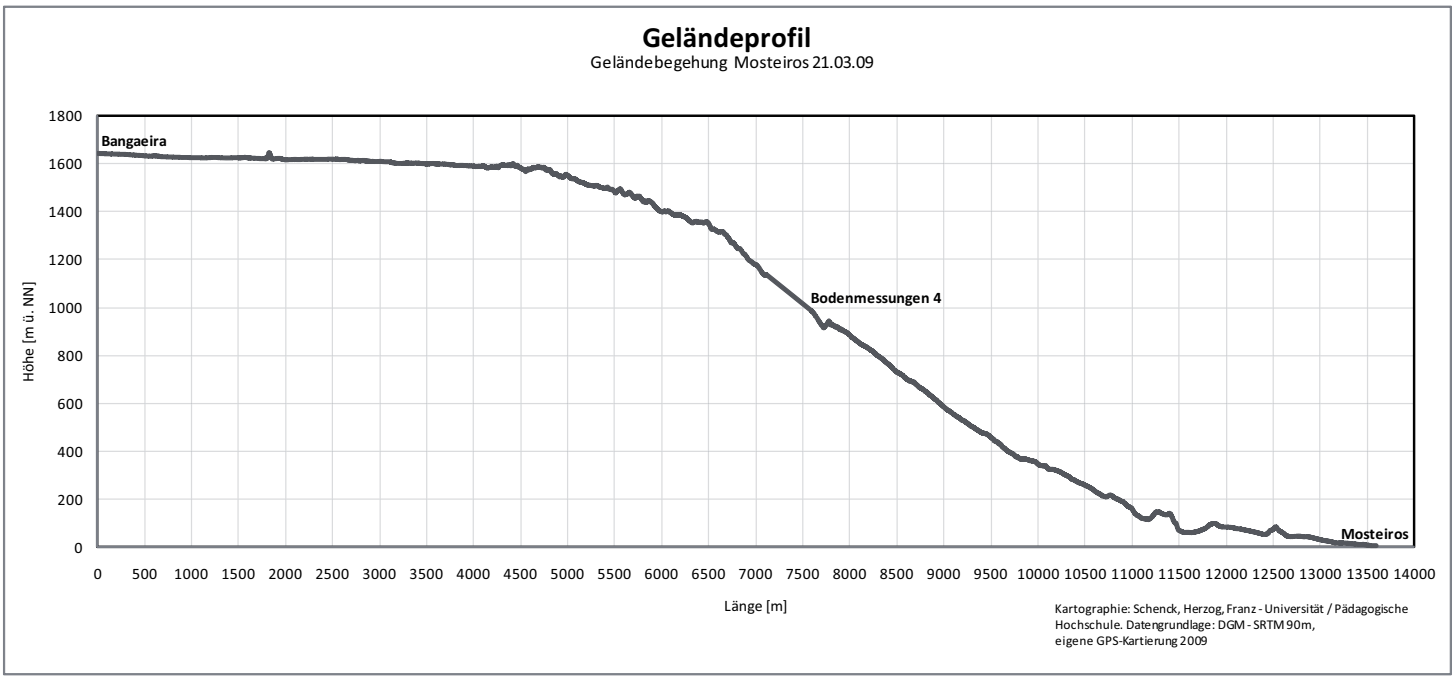
- Meereshöhe
- < 500
- 500 - 1000
- 1000 - 1500
- 1500 - 2000
- 2000 - 2500
- > 2500

Kartographie: Schenck, Herzog, Franz - Universität / PH Heidelberg
Datengrundlage: DGM Olehowski (2007) eigene GPS-Kartierung 2009

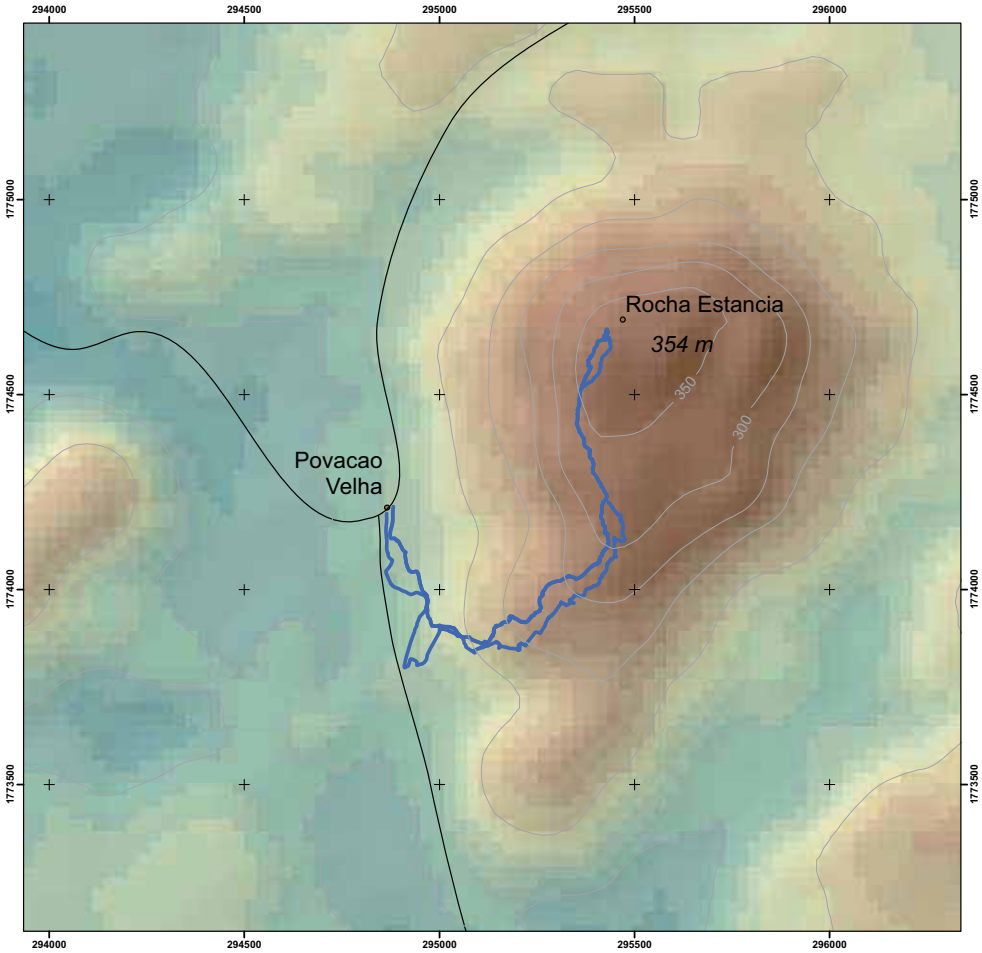
Kilometer
0 0,5 1 2 3

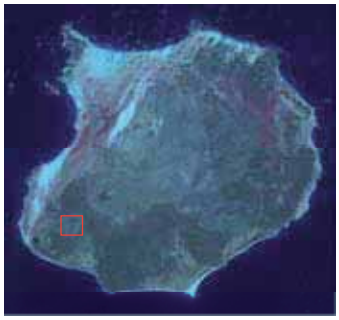

Geländeprofil
Geländebegehung Pico Pequeno 19.03.09
Höhe [m ü. NN]
2200
2000
1800
1600
Pico Pequeno
Bangaeira
0 500 1000 1500 2000 2500 3000 3500 4000 4500 5000 5500 6000 6500 7000 7500 8000 8500
Länge [m]
Kartographie: Schenck, Herzog, Franz - Universität / Pädagogische Hochschule. Datengrundlage: DGM - SRTM 90m, eigene GPS-Kartierung 2009


Geländeprofil
Geländebegehung Pico de Fogo 20.03.09
Höhe [m ü. NN
3000
2800
2600
2400
2200
2000
1800
1600
1400
Pico de Fogo
Aufstieg
Abstieg
Bangaeira
Bangaeira
0 500 1000 1500 2000 2500 3000 3500 4000 4500 5000 5500 6000 6500 7000 7500 8000 8500 9000 9500 10000 10500 11000 11500 12000
Länge (m)
Kartographie: Schenck, Herzog, Franz - Universität / Pädagogische Hochschule. Datengrundlage: DGM - SRTM 90m, eigene GPS-Kartierung 2009


Geländeprofil
Geländebegehung Mosteiros 21.03.09
Höhe [m ü. NN]
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
Bangaeira
Bodenmessungen 4
Mosteiros
0 500 1000 1500 2000 2500 3000 3500 4000 4500 5000 5500 6000 6500 7000 7500 8000 8500 9000 9500 10000 10500 11000 11500 12000 12500 13000 13500 14000
Länge [m]
Kartographie: Schenck, Herzog, Franz - Universität / Pädagogische Hochschule. Datengrundlage: DGM - SRTM 90m, eigene GPS-Kartierung 2009

Boa Vista – Wanderung zum Rocha Estancia





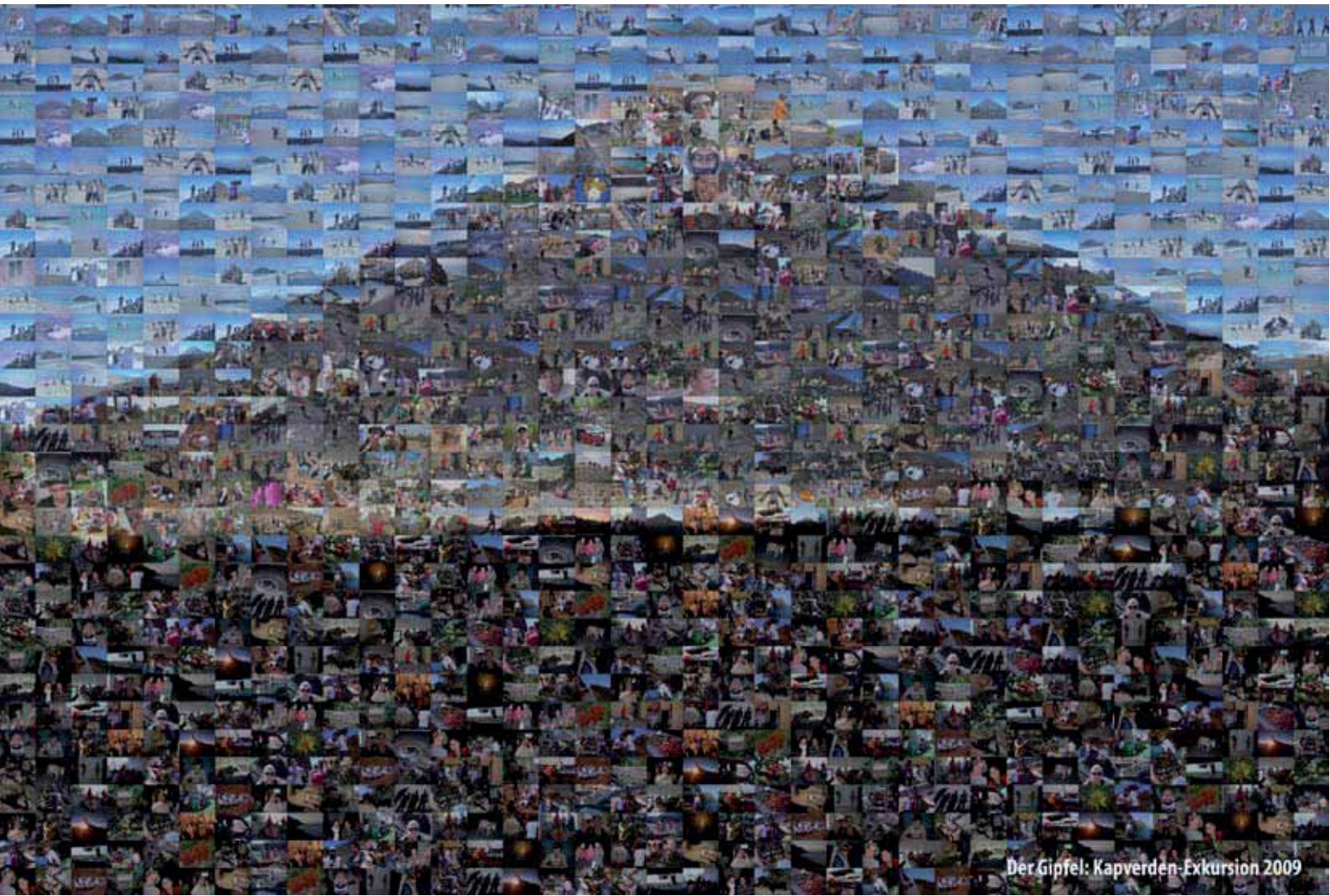
UTM Zone 27 N / WGS 84

Legende

- Ortschaften
- Wanderung Rocha Estancia

Höhenstufen [m ü. M.]

- < 20
- 20 - 40
- 40 - 60
- 60 - 80
- 80 - 100
- 100 - 150
- 150 - 200
- 200 - 250
- 250 - 300
- 300 - 350
- 350 - 400

Kartographie: Schenck, Herzog, Franz - Universität / PH Heidelberg
Datengrundlage: ASTER DGM , eigene GPS-Kartierung 2009

0 125 250 500 Meter