

# **Dresdner Kartographische Schriften**

Herausgegeben von

Uwe Jäschke - Andreas Kowanda - Martina Müller - Ivan Panajotov

Schriftleitung:

Kerstin Gehrt - Harald Köhler

## **Projekt- und Forschungsaktivitäten der Fakultät Geoinformation**

20 Jahre HTW Dresden

Dresden 2012

Im Selbstverlag der

Fakultät Geoinformation

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

## **Inhaltsverzeichnis**

20 Jahre Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden – Die Entwicklung der Fakultät Geoinformation von 1992 bis 2012. . . . .	5
<i>Wolffried Wehmann</i>	
Das Forschungsprojekt Nasca – Eine deutsch-tschechische Kooperation. . . . .	13
<i>Christiane Richter, Bernd Teichert</i>	
Archäologische Karten – weitere Ergebnisse aus 15 Jahren Kooperation zwischen der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden und dem Sächsischen Landesamt für Archäologie . . . . .	23
<i>Andreas Kowanda</i>	
Die historische Entwicklung des Klosters Waldsassen und die Erstellung eines digitalen Geländemodells . . . . .	31
<i>Bettina Bruschke</i>	
Untersuchungen zur Genauigkeit und Zuverlässigkeit Terrestrischer Laserscanner – ein Forschungsschwerpunkt der Fakultät Geoinformation . . . . .	37
<i>Wolffried Wehmann</i>	
Interaktive Kartographie – Beispiele aus der Ausbildungspraxis an der Fakultät Geoinformation und aktuelle Entwicklungen. . . . .	43
<i>Ivan Panajotov, Bianca Tzscherlich, Falk Frieske, Sebastian Kraft</i>	
Beiträge des Labors Geoinformatik zur Entwicklung der Fakultät Geoinformation. . . . .	49
<i>Ines Schwarzbach, Heike Siegle, Stefan Schulze, Frank Schwarzbach</i>	
Professoren und Studenten – Partner in Forschung und Lehre Eine Bestandsaufnahme. . . . .	55
<i>Uwe Ulrich Jäschke</i>	
Migration von Freehand-Dateien nach OCAD 10. . . . .	57
<i>Karen Langner</i>	
Anleitung zur Manipulation von Höhenmodellen mittels Photoshop . . . . .	61
<i>Enrico Kaiser</i>	
Untersuchung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der kostenlosen PPP-Dienste als Funktion von Beobachtungszeiten und verschiedenen Satellitenorbits . . . . .	73
<i>Asim Bilajbegović, Michael Vierus, D. Tabučić</i>	
IAESTE-Studenten zu Gast an der Fakultät Geoinformation . . . . .	81
<i>Christiane Richter, Bernd Teichert</i>	

# Das Forschungsprojekt Nasca – Eine deutsch-tschechische Kooperation

Christiane Richter, Bernd Teichert, Dresden

## 1 Einleitung

Sie sind eines der ungelösten Rätsel der Menschheitsgeschichte – die Linien und Figuren in der Pampa von Nasca im Süden Perus. Wie auf einem Schnittmusterbogen überziehen unzählige, zum Teil kilometerlange Linien und riesige Flächen in Trapez- und Dreiecksform das Wüstenplateau zwischen den Städten Nasca und Palpa. Eingestreut zwischen diesen Linien und Flächen finden sich Darstellungen von Tieren, Pflanzen und geometrischen Figuren, die zum Teil eine Größe von mehreren hundert Metern erreichen. Wissenschaftler datieren die Zeichnungen auf die Epoche der Nasca-Kultur (etwa 200 v. Chr. bis 650 n. Chr.). Seit 1994 gehören die Bodenzeichnungen zum Weltkulturerbe der UNESCO.



Abb. 1: Zerstörungen in der Pampa von Nasca durch Fahrzeugspuren

Obleich das Betreten der Pampa inzwischen verboten ist, tragen Umweltverschmutzung, Klimawandel, Massentourismus und Grabräuberei nach wie vor dazu bei, dass die empfindlichen Bodenzeichnungen von Zerstörung bedroht sind (Abb. 1). Das 1995 an der HTW Dresden ins Leben gerufene Forschungsprojekt Nasca hat es sich daher zum Ziel gesetzt, dieses Weltkulturerbe zumindest in digitaler Form zu erhalten. Seit 2003 beteiligen sich Mitarbeiter des photogrammetrischen Instituts

der Technischen Universität (CVUT) Prag am Forschungsprojekt Nasca und im Laufe der Jahre entwickelte sich eine sehr erfolgreiche Kooperation. [Hanzalova, Pavelka, Richter, Teichert 2011]

## 2 Grundlagen für die Datenerfassung

Um die Zeichnungen in der Wüste in digitaler Form erhalten zu können, müssen sie zunächst geometrisch erfasst werden. Dies stellt, angesichts der Größe des Gebietes (ca. 45 km x 45 km), der Zugänglichkeit des Geländes und des Zerstörungsgrades der Zeichnungen ein nicht zu unterschätzendes Problem dar. Übliche Vermessungsmethoden wie tachymetrische oder GPS-Messungen scheiden daher für die Vektordatenerfassung aus. Somit kommt nur die Auswertung von photogrammetrischen Luftbildern bzw. von sehr hochauflösenden Satellitendaten als Datenerfassungsgrundlage in Frage.

### 2.1 Photogrammetrische Luftbilder

Die Photogrammetrie stellt im vorliegenden Fall mit Sicherheit die beste Variante zur Datenerfassung dar. Allerdings setzt sie das Vorhandensein photogrammetrischer Luftbilder voraus. Schon 1995 begann man im Nascaprojekt mit der Planung eines Bildfluges, dessen Realisierung jedoch aus formellen und finanziellen Gründen scheiterte. Stattdessen wurde der Bildflug 1997/98 im Auftrag der ETH Zürich durch die amerikanische Bildflugfirma Horizon's Inc. durchgeführt und von der Schweizerisch-Lichtensteinischen Stiftung für archäologische Forschungen im Ausland (SLSA) gesponsert.

Im Ergebnis entstanden Color- bzw. S/W-Aufnahmen von den Gebieten Nasca, Palpa und San Ignacio. Vom Block Nasca wurden

dem Forschungsprojekt Nasca im Jahre 2000 seitens der ETH Zürich leihweise insgesamt 14 Flugstreifen, bestehend aus 179 S/W-Bildern als Film-Diapositive zur Verfügung gestellt. Die aus 1500 Metern Flughöhe aufgenommenen Luftbilder im Bildmaßstab 1:10.000 verfügen über eine Längs- und Querüberdeckung von jeweils 60 %. Damit ergibt sich eine Geländeabdeckung von ca. 14 x 14 km<sup>2</sup>. Die Film-Diapositive wurden mit einer Auflösung von 20 µm gescannt.

Erste Versuche einer Aerotriangulation dieser Luftbilder scheiterten aufgrund der geringen Anzahl und mangelhaften Qualität der mitgelieferten Passpunkte. Eine Neubestimmung von Passpunkten war somit unumgänglich.

## 2.2 Satellitendaten

Mit der Verfügbarkeit von sehr hochauflösenden (VHR) Satellitenbildern ergaben sich auch für die Vektordatenerfassung im Nascaprojekt völlig neue Möglichkeiten. Im Jahre 2003 wurde dem Projekt seitens der GAF AG ein erster Bilddatensatz des Satelliten IKONOS kostenfrei zur Verfügung gestellt. IKONOS war der erste kommerzielle sehr hochauflösende Fernerkundungssatellit mit einer Bodenauflösung von 0,8 – 1 m im panchromatischen Bereich. Zwischen 2004 und 2011 konnten weitere 18 Szenen (26 Kacheln) der Satelliten IKONOS, QuickBird, GeoEye-1 und WorldView-2 durch das Nascaprojekt Dresden bzw. die TU Prag gekauft werden.

Die neuesten Daten der Satelliten GeoEye-1 und WorldView-2 verfügen bereits über eine Bodenauflösung von 0,5 m (panchromatisch).

Auf diese Weise wurde das Messgebiet im Laufe der Jahre sukzessive in Richtung Norden erweitert. Die inzwischen im Nascaprojekt vorhandenen Satellitenbilddaten decken die gesamte Pampa von Nasca und Palpa ab, was einer Fläche von ca. 45 x 45 km<sup>2</sup> entspricht (Abb. 2). Zur Ableitung eines Digitalen Geländemodells kaufte die TU Prag 2007 zusätzlich Stereodaten des Satelliten ASTER (Auflösung 15 m). Um alle diese Daten georeferenzieren

zu können, waren jedoch zunächst Passpunkte erforderlich.

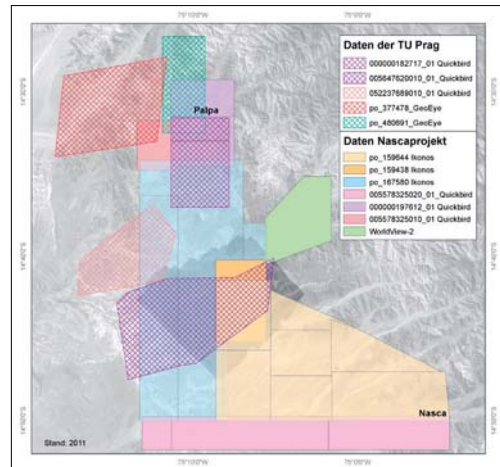


Abb. 2: Übersicht über alle vorhandenen Satellitenbilddaten (im Hintergrund: ASTER-Daten und Luftbildmosaik)

## 2.3 Fotos von Rundflügen über die Pampa

Manche Detailinformationen sind in den photogrammetrischen Luftbildern bzw. in den Satellitenbildern aufgrund der Auflösung nicht sichtbar. Das fällt insbesondere beim Vergleich mit Fotos auf, die während diverser Rundflüge über die Pampa entstanden. Somit bieten sich diese Fotos ebenfalls als Datenquelle für die Vektordatenerfassung an.

Während mehrerer Rundflüge wurden daher gezielt Aufnahmen mit einer kalibrierten digitalen Spiegelreflexkamera (Canon EOS 20D) gemacht. Anschließend mussten diese Bilder photogrammetrisch entzerrt und mosaikiert werden. Die Bearbeitung erfolgte hauptsächlich an der TU Prag [vgl. Hanzalova 2010]. Um die Mosaik auch georeferenzieren zu können, sind entweder Passpunkte oder bereits georeferenzierte Bilddaten erforderlich.

## 3 Passpunktmessung

Vor Beginn der eigentlichen Datenerfassung bestand also die wichtigste Aufgabe in der Bestimmung von Passpunkten für die Aerotriangulation der Luftbilder und die Georefe-

renzierung der Satellitenbilder. Insgesamt vier GPS-Messkampagnen widmeten sich bislang diesem Ziel, wovon drei gemeinsam mit der TU Prag realisiert wurden.

Die erste und bislang größte gemeinsame Messkampagne startete 2004 mit insgesamt 20 Teilnehmern aus Deutschland, Tschechien und Peru. Mit 6 GPS-Empfängern des Systems Leica 1200, gesponsert von Leica Geosystems, wurde zunächst ein Grundlagennetz, bestehend aus 6 Referenzstationen über statische Messungen bestimmt (vgl. Abb. 3).

Der Anschluss der Messungen erfolgte an Permanentstationen in Peru (Lima und Arequipa), Kolumbien (Bogota) und Chile (Santiago), da es im Messungsgebiet keine vertrauenswürdigen Passpunkte gab. [Richter, Teichert 2005]

Aufbauend auf diesen Referenzstationen konnten im Rahmen der Messkampagne 2115 Punkte, davon über 100 Konturenpasspunkte, sowie zusätzliche ausgewählte Linien und Figuren mittels RTK-Messung bestimmt werden. Die Auswertung der Messung erfolgte in einer Diplomarbeit an der HTW Dresden. [vgl. Pantzer 2005]

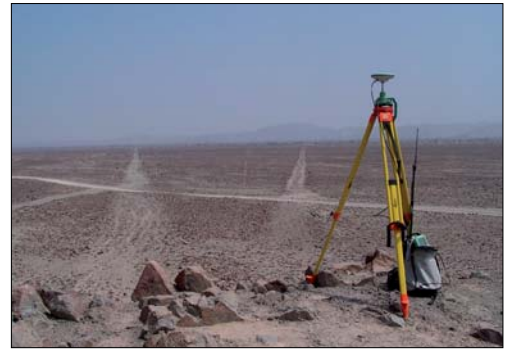


Abb. 3: Referenzstation in einem Linienzentrum

Der Neukauf von Satellitendaten machte in den darauffolgenden Jahren weitere Messkampagnen erforderlich. Dabei kamen ausschließlich hand-held GPS-Geräte zum Einsatz, deren Genauigkeit sich für die Georeferenzierung der Satellitendaten als vollkommen ausreichend erwies. Eine Übersicht über die Messkampagnen geht aus Tab. 1 hervor. Die Genauigkeitsangaben beziehen sich auf die Lage- und Höhenabweichungen von Punkten, deren Sollkoordinaten in der Messkampagne 2004 mit den genaueren Leica 1200 GPS-Geräten bestimmt wurden.

Jahr	Instrumente	Messgebiet	gemessene Passpunkte	Standardabw. in [m]		
				$\sigma_x$	$\sigma_y$	$\sigma_z$
2004	6 Leica 1200 von Leica Geosystems	20 km x 30 km	ca. 100	Messungen werden hier als fehlerfrei betrachtet		
2008	2 Trimble Geoexplorer von der TU Prag	60 km x 100 km	125	0,19	0,26	1,08
2010	3 Leica Viva Uno von Leica Geosystems	45 km x 45 km	165	0,16	0,06	0,13
2011	2 Leica Viva Uno von Leica Geosystems	45 km x 45 km	76 (davon 42 mit 2 GPS-Systemen)	0,18	0,13	0,18
	2 GPS-Systeme Eigenbau der Beuth Hochschule Berlin (zum Testen)			0,17	0,03	0,23

Tab. 1: Übersicht über die bisherigen Messkampagnen

## 4 Auswertung der Bilddaten

### 4.1 Georeferenzierung und Mosaikierung

Der erste Schritt zur Auswertung der photogrammetrischen Luftbilder bestand in der Durchführung der Aerotriangulation. Hierbei kam die Software ERDAS Imagine/LPS zum Einsatz. Insgesamt 39 Ground Control Points (GCP) und 9 Check Points (CP), welche in der Messkampagne 2004 bestimmt worden waren, dienten als Grundlage für die Aerotriangulation (vgl. Abb. 4). Im Ergebnis konnte ein Gesamt-RMSE (Root Mean Square Error) von 0,19 m für die GCP's und 0,43 m für die CP's erreicht werden. Der Total Image Unit Weight RMSE beträgt 0,566 Pixel ( $\approx 11 \mu\text{m}$ ), was angesichts der Identifizierbarkeit und Verteilung der Passpunkte ein sehr gutes Ergebnis ist. Die Bearbeitung erfolgte an der HTW Dresden. [Richter 2007]

Anschließend fand die Generierung eines Digitalen Geländemodells (DGM) statt. Obgleich das Gelände nahezu frei von Bewuchs oder Bebauung ist, führte die automatische DGM-Generierung zu keinem befriedigenden Ergebnis. Daher wurde das DGM anschließend an der HTW Dresden aufwändig manuell editiert (siehe Abb. 5). Mit Hilfe des DGM konnte im Anschluss ein Orthophotomosaik (Abb. 6) erstellt werden, welches als Grundlage für die Vektordatenerfassung dient.

Die Georeferenzierung der sehr hochauflösenden Satellitenbilddaten erfolgte ebenfalls an der HTW Dresden. Als Software kam dabei hauptsächlich ERDAS Imagine, teilweise unter Nutzung von LPS, zum Einsatz. Für die Georeferenzierung wurden, neben den gemessenen Passpunkten, auch die Sensor bezogenen rationalen Polynomkoeffizienten (RPC) sowie das Digitale Geländemodell aus der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM-3) herangezogen. Im Ergebnis der Georeferenzierung konnten im vorwiegend ebenen Gelände der Pampa von Nasca Genauigkeiten im Subpixelbereich erzielt werden. In den Gebirgsregionen hingegen kam es teilweise zu sehr großen La-

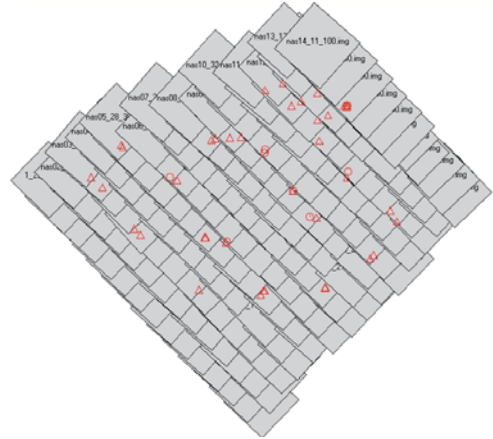


Abb. 4: Aerotriangulation



Abb. 5: Editiertes DGM

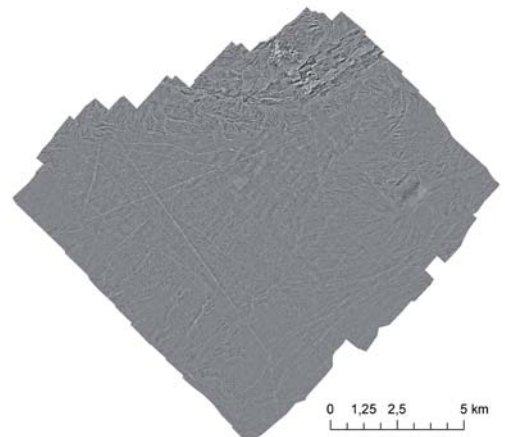


Abb. 6: Orthophotomosaik



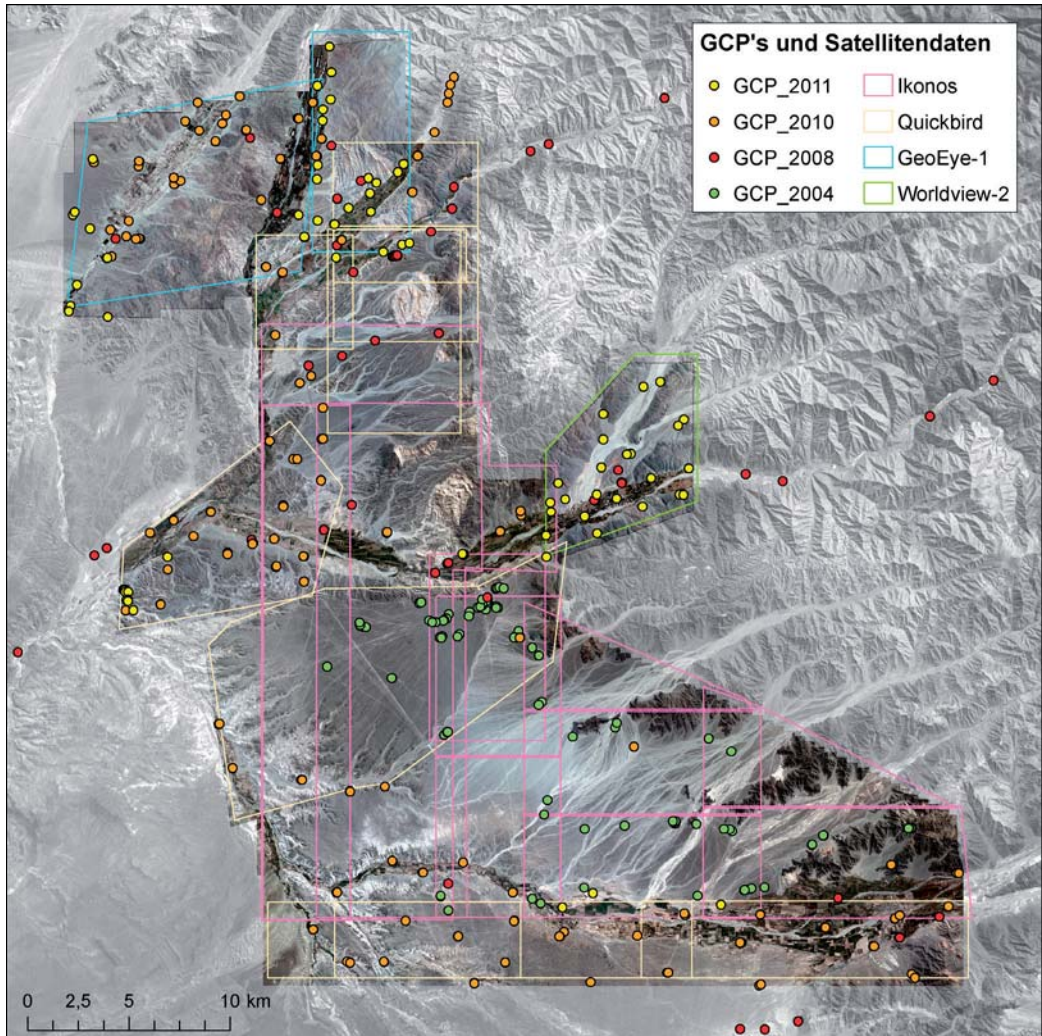


Abb. 7: Satellitenbildmosaik, bestehend aus 18 Szenen incl. der gemessenen Passpunkte (GCP's)

geabweichungen. Diese resultieren aus Fehlern bzw. Ungenauigkeiten im Digitalen Geländemodell und sind abhängig vom Nadirwinkel des Sensors während der Satellitenbildaufnahme. [RICHTER 2007]

Nach der anschließenden radiometrischen Anpassung der einzelnen Kacheln konnte ein Satellitenbildmosaik aus allen 18 Szenen erstellt werden (Abb. 7).

Die Georeferenzierung und Mosaikierung der Fotos aus den Rundflügen über die Pampa sowie die Auswertung der ASTER-Stereodaten inkl. der Ableitung eines Digitalen Geländemo-

dells erfolgte an der TU Prag im Rahmen einer Masterarbeit [vgl. Hanzalova 2010].

## 4.2 Aufbau des NascaGIS

Die Bildmosaike aus den photogrammetrischen Luftbildern, den Satellitenbilddaten und den Fotos aus den Rundflügen dienen nun als Grundlage für die Vektordatenerfassung. Untersuchungen haben ergeben, dass die Digitalisierengenauigkeit der Vektordaten im Subpixelbereich liegt [RICHTER 2007]. Betrachtet man also beispielsweise die IKONOS-

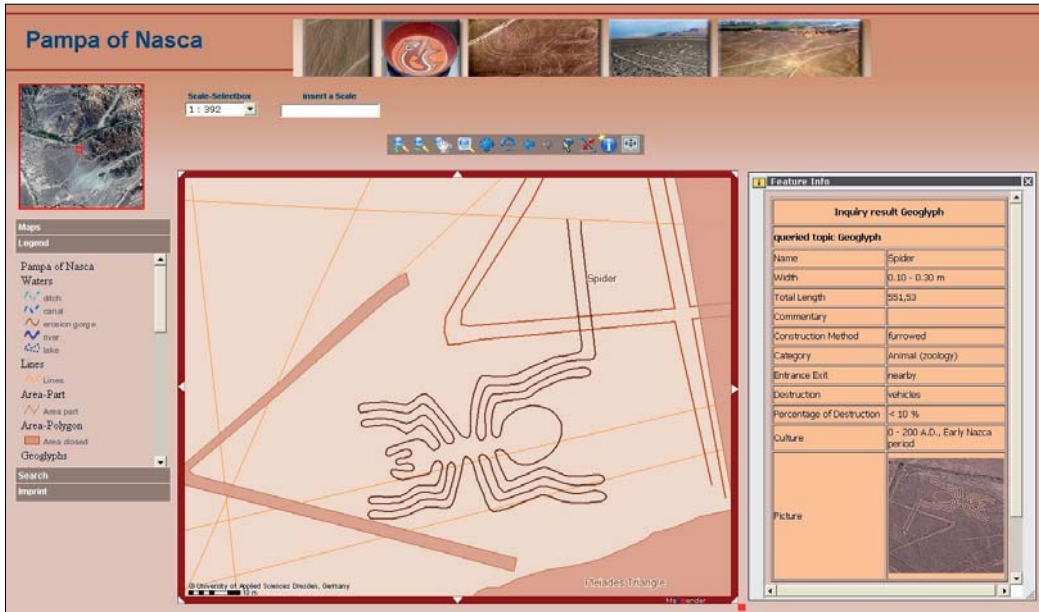


Abb. 8: WebGIS-Applikation zu den Linien und Figuren von Nasca

Satellitenbilddaten, welche über die geringste Auflösung mit 1 Meter im panchromatischen Bereich verfügen, so kann die Vektordatenerfassung hier mit einer Genauigkeit von  $< 1\text{m}$  erfolgen. Die Erfassung der Vektordaten ist inzwischen zu etwa 80% abgeschlossen.

Die Speicherung der Daten erfolgt in einer Oracle Spatial Datenbank, welche die Basis des Geographischen Informationssystems „NascaGIS“ darstellt, das mit der Software Autodesk Topobase realisiert wurde. Neben den Geometriedaten werden hier auch alle verfügbaren Sachdaten, sowie Fotos und Animationen zu den Linien und Figuren in der Pampa erfasst. Das Datenmodell für das NascaGIS entstand in mehreren Diplomarbeiten an der HTW Dresden.

Um das NascaGIS auch einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen, werden die Ergebnisse in Form von WebGIS-Applikationen im Internet zur Verfügung gestellt. Bislang wurden drei Applikationen an der HTW Dresden und eine weitere an der TU Prag umgesetzt. Ein Beispiel, basierend auf UMN MapServer und dem Map-Client Mapbender [Klemm 2008] ist in Abb. 8 dargestellt.

### 4.3 Herstellung von Karten und 3D-Animationen

Neben dem NascaGIS stellt die Herstellung von Karten eine wichtige Aufgabe zur Präsentation der Ergebnisse dar. Insgesamt 16 Diplom- und Bachelorarbeiten widmeten sich bislang diesem Thema. Im Ergebnis entstanden sowohl topographische Karten, als auch Orthophoto- und Satellitenbildkarten (siehe Abb. 9).

Um auch 3D-Darstellungen und Animationen realisieren zu können, wurden im Laufe der Jahre mehrere verschiedene Digitale Geländemodelle erstellt und bearbeitet. Die ersten Geländemodelle entstanden Ende der 90er Jahre aus der Digitalisierung von topographischen Karten im Maßstab 1:100.000 und später aus Katasterkarten 1:25.000. Seit 2005 stehen die C-Band-Daten der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) mit einer Auflösung von 3 Bogensekunden (90 Metern) frei im Internet zur Verfügung. Zusätzlich wurden für das Projekt X-Band-Daten mit einer Auflösung von 1 Bogensekunde (30 Metern) erworben, welche allerdings nur für einen kleinen Teil des Projektgebietes verfügbar sind.



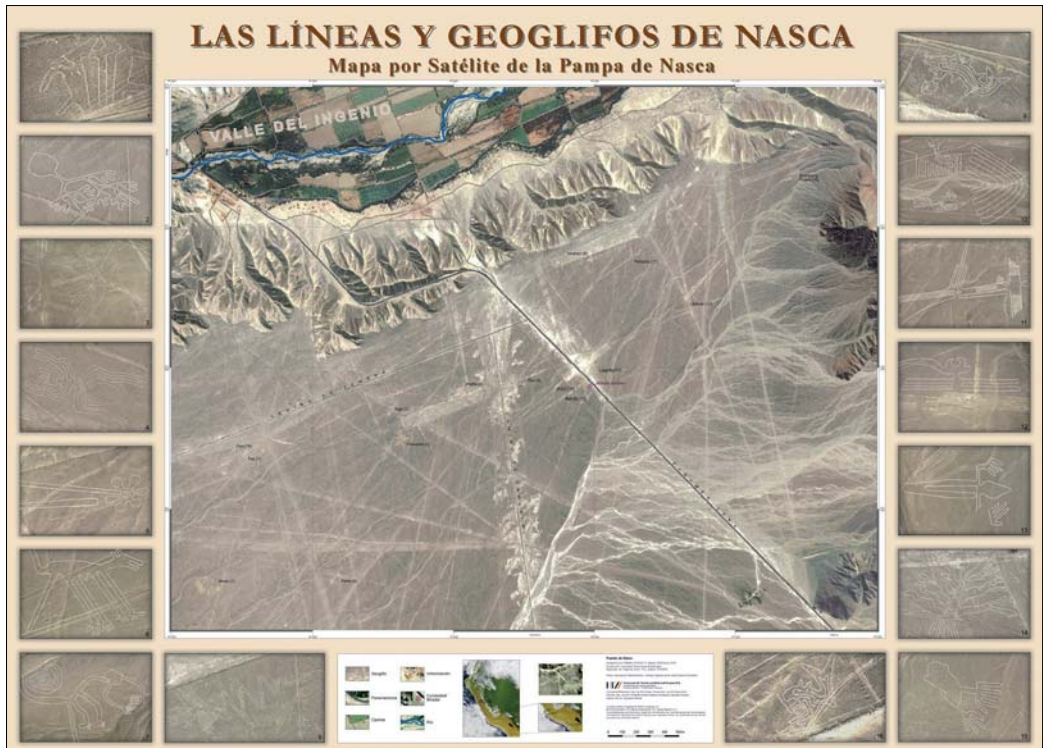


Abb. 9: Beispiel einer Satellitenbildkarte (Karte verkleinert) [Zahn 2005]

Inzwischen liegen zudem die Geländemodelle aus den photogrammetrischen Luftbildern und den ASTER-Stereodaten vor. Ein globales Geländemodell aus ASTER-Stereodaten, das ASTER-GDEM mit einer Auflösung von 30 Metern, ist seit 2010 frei im Internet verfügbar. Durch Überlagerung der Digitalen Geländemodelle mit den Bildmosaiken und Vektordaten können heute 3D-Darstellungen und Animationen realisiert werden (Abb. 10).

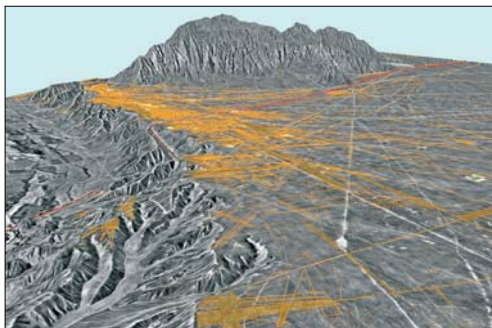


Abb. 10: DGM mit Orthophotomosaik und Vektordaten

#### 4.4 Untersuchungen zur astronomischen Theorie

Eine Vielzahl von Theorien rankt sich um die bislang ungeklärte Frage, warum die Menschen der Nasca-Kultur ein Monument schufen, das in seiner Gesamtheit nur aus der Luft zu betrachten ist. Nur wenige davon erscheinen wissenschaftlich relevant. Eine der Theorien geht zurück auf den amerikanischen Kulturhistoriker und Archäologen Dr. Paul Kosok. Als dieser am 21. Juni 1941, dem Tag der Wintersonnenwende, eher zufällig die Beobachtung machte, dass eine der langen Linien in der Pampa fast exakt in Richtung des Sonnenuntergangs zeigte, kam er zu dem Schluss, dass die Pampa von Nasca das größte Astronomiebuch der Welt sei. Die Dresdnerin Dr. Maria Reiche (1903 – 1998) setzte sich intensiv mit dieser Idee auseinander und fand im Rahmen ihrer jahrzehntelangen Untersuchungen eine Vielzahl weiterer Linien und Flächen mit astronomischer Ausrichtung.

Die Verifizierung dieser Theorie gehört zu den Hauptaufgaben des Forschungsprojektes und wird an der HTW Dresden durchgeführt.

Nach Erfassung aller Vektordaten zu den Linien, Flächen und Figuren in der Pampa ist es möglich, diese hinsichtlich ihrer astronomischen Ausrichtung zu analysieren. Dabei ist zu überprüfen, ob die Bodenzeichnungen mit ausgewählten astronomischen Ereignissen, wie z. B. dem Auf- und Untergang von Himmelskörpern, Sonnenwenden oder Finsternissen zur Nasca-Zeit übereinstimmen.

Astronomische Untersuchungen sind dabei nur für sehr lange Linien und Flächen relevant, welche zunächst aus der Datenbank selektiert werden. Aus den Koordinaten der Anfangs- und Endpunkte dieser Linien und Flächen lässt sich anschließend das astronomische Azimut berechnen.

Zusätzlich benötigt man ein möglichst genaues Digitales Geländemodell, um den Höhenwinkel zum Horizont und damit den Punkt, an dem ein Himmelskörper auf- bzw. untergeht, zu ermitteln. Die Koordinaten des Startpunktes, das astronomische Azimut und der dazugehörige Höhenwinkel sind die Ausgangsdaten für die Berechnung von Korrelationen zwischen den jeweiligen Linien und den Himmelskörpern zur Nasca-Zeit. Hierfür wurden im Rahmen mehrerer Diplomarbeiten spezielle Softwareprogramme, einerseits für die Berechnung von Sonne, Mond und Planeten und andererseits für die Berechnung der Sternpositionen, erstellt.

Die systematische Untersuchung aller relevanten Linien ist derzeit in Bearbeitung, erste Ergebnisse liegen jedoch bereits vor. Beispielhaft sollen hier zwei markante Sonnenwendlinien vorgestellt werden. Die erste Linie verläuft senkrecht zum Schnabel des Kolibris (Abb. 11a) und die zweite entspricht dem Schnabel des Reiher, auch als Schlangenhalsvogel bezeichnet (Abb. 11b). Beide Linien hatte bereits Maria Reiche als Sonnenwendlinien identifiziert und ihre Resultate konnten nun auch mit Hilfe exakter Vermessungen und Berechnungen bestätigt werden.

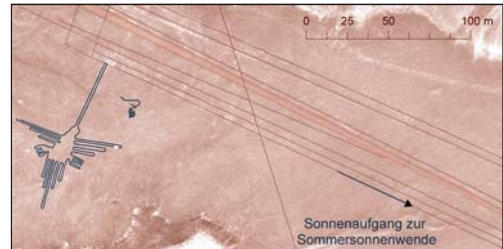


Abb. 11a: Sonnenwendlinie am Kolibri

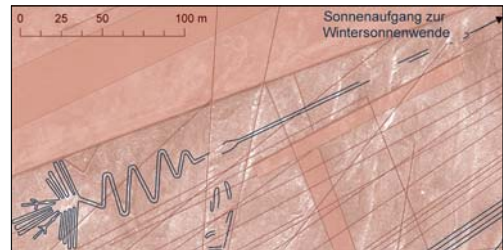


Abb. 11b: Sonnenwendlinie am Schlangenhalsvogel

## 5 Sonstige photogrammetrische Aufgaben

### 5.1 Petroglyphen

Neben den Linien und Figuren in der Pampa gibt es am Rande der Täler in der Region eine Vielzahl von Felszeichnungen (sogenannte Petroglyphen), die von wenigen Zentimetern bis hin zu einigen Metern groß sind. Eine Theorie besagt, dass dies das Atelier der Erbauer der Nasca-Figuren gewesen sein soll, die Felsen also quasi als Skizzenblock dienten. Tatsache ist, dass die Felszeichnungen aufgrund der verwendeten Motive deutlich älter sein müssen, als die Nasca-Figuren. Sie sind vermutlich der Paracas-Kultur (800 - 200 v. Chr.) zuzurechnen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes besteht die Aufgabe, diese Petroglyphen zu erfassen und zu dokumentieren. Daher werden alle bekannten Felszeichnungen photogrammetrisch aufgenommen, anschließend mit Pictran bzw. PhotoModeler sowohl an der HTW Dresden, als auch an der TU Prag entzerrt und digitalisiert (siehe Abb. 12). Im Ergebnis sind zwei Internetapplikationen entstanden, in denen die Resultate präsentiert werden. Da immer wieder neue Felszeichnungen entdeckt werden, wird dieser Teil des Projektes sukzessive fortgeführt.



Abb. 12: Aufnahme und Auswertung der Petroglyphen im Tal von Chichictara

## 5.2 3D-Gebäude

Neben den Aufgaben, die sich rund um die Linien und Figuren in der Pampa ranken, sind im Laufe der Jahre weitere Betätigungsfelder hinzugekommen. So widmet sich die TU Prag seit 2004 auch der photogrammetrischen Aufnahme wichtiger historischer Gebäude in der Region rund um Nasca. Als die ersten Jesuiten 1568 nach Peru kamen, errichteten sie beispielsweise Kirchen und Missionen an der gesamten Südküste Perus. Zwei der beeindruckendsten Beispiele barocker Architektur findet man im Tal des Río Ingenio zwischen Nasca und Palpa. Es handelt sich dabei um die Kirchen von San Javier und San Jose. Erdbeben haben starke Zerstörungen an beiden Bauwerken hinterlassen, so dass sie heute nur noch Ruinen sind. Gleiches gilt auch für das alte Weingut „Hazienda de la Peña“ (vermutlich aus dem 17. Jahrhundert).

Während der Feldarbeiten 2008 und 2010 wurden von beiden Kirchen und der Hazienda umfangreiche photogrammetrische Aufnah-

men gemacht. Zur Auswertung der Aufnahmen an der TU Prag kam die Software PhotoModeler zum Einsatz. Hier entstanden 3D-Animationen der Bauwerke, welche anschließend auch in Google Sketchup modelliert wurden und inzwischen in Google Earth zu sehen sind (vgl. Abb. 13a/b).



Abb. 13a: Die Kirche von San Jose (Lat.: -14.607°, Long.: -75.128°) in Natur



Abb. 13b: Die Kirche von San Jose (Lat.: -14.607°, Long.: -75.128°) in Google Earth

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Laufe der letzten 10 Jahre konnten im Rahmen der Kooperation mit der TU Prag vielfältige Aufgaben im Forschungsprojekt Nasca realisiert werden. Die Ergebnisse wurden sowohl im Internet als auch in zahlreichen Publikationen und Vorträgen präsentiert.

Neben der Fertigstellung bereits begonnener Arbeiten steht als nächstes die Beantragung von Daten der TanDEM-X Mission auf dem Programm. Hierzu ist ein gemeinsamer Antrag beim Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Vorbereitung.



Seit Oktober 2011 steht das Nascaprojekt auf der Watch List 2012 des World Monument Fund ([www.wmf.org/](http://www.wmf.org/)). Sollten sich in den kommenden Jahren Sponsoren für das Projekt finden, so wird das Bearbeitungsgebiet auf die gesamte Provinz Ica ausgeweitet.

### Danksagung

Das Forschungsprojekt Nasca wäre nicht denkbar, ohne die Mitarbeit der vielen Studentinnen und Studenten der HTW Dresden, der TU Prag, der Beuth Hochschule Berlin, sowie der IAESTE-Praktikanten aus aller Welt. Sie haben dankenswerterweise in den verschiedenen Messkampagnen vor Ort, sowie durch zahlreiche Praktika und Abschlussarbeiten einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung des Projektes geleistet.

Unser Dank gilt zudem den Firmen Leica Geosystems in Deutschland und der Schweiz, ebenso wie der Leica Vertretung Química Suiza in Peru, ohne deren Unterstützung die Messkampagnen in Nasca und Palpa nicht möglich gewesen wären. Außerdem danken wir dem Verein „Dr. Maria Reiche“ e.V. und den zahlreichen Sponsoren, die das Projekt finanziell bzw. durch die Bereitstellung von Daten und Software unterstützt haben. Nicht zuletzt gilt unser Dank der Fakultät Geoinformation der HTW Dresden sowie der Fakultät Bauingenieurwesen der TU Prag, die uns die Möglichkeit geboten haben, das Forschungsprojekt Nasca zu realisieren.

### Quellen:

**Hanzalova, K. (2010):** Verwendung der Aerophotogrammetrie und Fernerkundung für die Dokumentation der Geoglyphen und Bildung der topografischen Karte in Nasca/Peru. Master Thesis, Czech Technical University in Prague. Gutachter: Prof. Dr. K. Pavelka, unveröffentlicht.

**Hanzalova, K.; Pavelka, K.; Richter, C.; Teichert, B. (2011):** The Nasca Project - A German-Czech Cooperation. Paper presented

at the XXIII. International CIPA Symposium, Prague/Czech Republic, ISBN 978-80-01-04885-6.

**Klemm, S. (2008):** Erstellung einer WebGIS-Applikation des NazcaGIS unter Verwendung eines Open Source Produktes. Diplomarbeit, HTW Dresden. Gutachter: Prof. Dr. B. Teichert, unveröffentlicht.

**Pantzer, J. (2005):** Auswertung der GPS-Messungen der Messkampagne 2004 in der Pampa von Nasca/Peru. Diplomarbeit, HTW Dresden. Gutachter: Prof. Dr. A. Bilajbegovic, unveröffentlicht.

**Richter, C. (2007):** Orthorektifizierung von IKONOS-Szenen als Grundlage für die GIS-Datenerfassung im Gebiet der Pampa von Nasca/Peru. Master Thesis am Zentrum für GeoInformatik Universität Salzburg. Gutachter: Prof. Dr. J. Strobl, unveröffentlicht.

**Richter, C.; Teichert, B. (2005):** Die 4. internationale Nazca-Expedition der HTW Dresden. In: Mitteilungsblatt des DVW Sachsen, 1/2005, S. 13-24.

**Zahn, M. (2005):** Erstellung einer Übersichtskarte der Nazca-Geoglyphen auf Grundlage vorhandener Satellitendaten. Diplomarbeit, HTW Dresden. Gutachter: Prof. Dr. B. Teichert, unveröffentlicht.

### Anschrift der Autoren:

MSc (GIS) Christiane Richter  
Hochschule für Technik und Wirtschaft  
Dresden  
Friedrich-List-Platz 1  
D-01069 Dresden  
Telefon: 0351 / 462 2936  
e-mail: [crichter@htw-dresden.de](mailto:crichter@htw-dresden.de)

Prof. Dr.-Ing. Bernd Teichert  
Hochschule für Technik und Wirtschaft  
Dresden  
Friedrich-List-Platz 1  
D-01069 Dresden  
Telefon: 0351 / 462 3179  
e-mail: [teichert@htw-dresden.de](mailto:teichert@htw-dresden.de)