

Einführung und Fortentwicklung von Satellitenverfahren zur Positionsbestimmung an der Bundesuniversität Paraná

Cláudia Pereira Krueger und Milton de Azevedo Campos

Universidade Federal do Paraná,
Centro Politécnico, Curitiba, Brazil

1 Einführung

Am 17. Februar 1981 wurde der Grundvertrag zur wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit bezüglich des akademischen Weiterbildungsprojekts in der Geodäsie zwischen den Bundesregierungen Deutschlands und Brasiliens unter den Abkommen 53/81 – ABC/GTZ/UFPR unterzeichnet.

Unter den am Projekt beteiligten deutschen Gastprofessoren war Prof. Dr.-Ing. Günter Seeber vom Institut für Erdmessung der Universität Hannover (IfE / UH). Eines der Ziele des Abkommens war die Einführung eines Doktorandenprogramms in der Geodäsie an der Bundesuniversität Paraná in Brasilien, zusätzlich zum bereits implementierten Masterprogramm (akademisches Weiterbildungsprogramm in Geodäsie – CPGCG).

Von 1971 bis 1985 wurde in Brasilien die geodätische Positionierung von isolierten Punkten mit dem TRANSIT- Satelliten-System (NNSS) durchgeführt. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte man in unserem Land weder eine gleichzeitige Monitoring-Methode verwendet noch gab es irgendeine wissenschaftliche Forschung zu diesem Thema.

Im Jahre 1985 wurde auf Vorschlag von Prof. Dr. Günter Seeber und mit dessen Unterstützung und Betreuung an der Bundesuniversität Paraná in Brasilien das erste wissenschaftliche Programm mit dem TRANSIT-Satelliten-System durchgeführt. Gleichzeitig wurden durch die Multi-Station-Methode und unter Verwendung der Programme PREDOP, MERGE und GEODOP V verschiedene geodätische Punkte beobachtet. Die Daten wurden von beiden Instituten ausgewertet. Als Folge dieses Projektes schrieb Prof. Dr. Milton de Azevedo Campos seine Doktorarbeit mit dem Titel „Kontrolle des brasilianischen geodätischen Netzes durch das NNSS-Satelliten-System“ (Campos 1987), die von Prof. Dr. Günter Seeber betreut wurde. So begann in Brasilien die wissenschaftliche Forschung zur geodätischen Positionierung mit Hilfe von Satelliten.

1988 wurden sechs verschiedene wissenschaftliche Projekte durchgeführt. Ihr Hauptziel war die Einführung der GPS-Technologie in Brasilien. Zu dieser Zeit wurden zur Realisierung des Projekts zwei GPS-Empfänger des Typs TEXAS TI 4100 im Werte von jeweils 200.000 USD beschafft. Die Daten wurden beim IfE/UH und bei der UFPR mit dem Softwarepaket TIPOSIT ausgewertet. Damit wurde eine neuen Epoche sowohl für die wissenschaftliche Forschung als auch für die Verwendung von GPS-Verfahren an der UFPR und in Brasilien eingeleitet.

Die zwischen 1985 und 1988 durchgeführten Projekte wurden vom Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), von der Deutschen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), von der Universidade Federal do Paraná (UFPR), vom Institut für Erdmessung der Universität Hannover (IfE/UH), vom Instituto de Terras, Cartografia e Florestas (ITCF), von der Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC) und

von der Companhia Paranaense de Energia (COPEL) unterstützt. Die Projekte wurden von verschiedenen Sponsoren wie GTZ, UFPR, CNPq, COPEL, COMEC und FINEP finanziert.

Im Folgenden wurden viele andere Projekte im Bereich der Satellitengeodäsie und der Meeresgeodäsie durchgeführt. Einige davon werden hier beschrieben.

1994 wurde zwischen der UFPR/CPGCG (koordiniert durch Prof. Dr. Milton de Azevedo Campos), dem IfE (koordiniert durch Prof. Dr. Günter Seeber) und der Rede Ferroviária Federal S/A-RFFSA (Brasilianische Bundesbahn AG) ein Vertrag geschlossen, dessen Ziel die Modernisierung der Überwachung und Positionierung von Bahnfahrzeugen zwecks Dokumentation und Kontrolle des Bahnnetzes und der Schienendeformationen war (Krueger 1994; Massinhan 1996; Massinhan et al. 1996).

Im Bereich der Meeresgeodäsie wurden 1997 geodätische Untersuchungen gemäß des Vertrags zur wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit zwischen der Bundesuniversität Paraná und dem IfE/UH im Bundesland Paraná durchgeführt. Das Projekt wurde vom Brasilianischen CNPq und vom Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) finanziert. In diesem Projekt wurde eine präzise differentielle GPS-Echtzeitpositionsbestimmung (PDGPS) zwecks Überwachung der Landenge der Insel Ilha do Mel vorgenommen. Diese unterlag zu diesem Zeitpunkt bereits einem Erosionsprozess. Für dieses Projekt wurden die von der Firma Geo++ (Krueger et al. 1999; Souza et al. 2003) entwickelten Softwarepakete GNREF / GNRT-K verwendet.

Weiterhin wurde ein neues internationales Kooperationsprojekt zwischen der UFPR, der UFPE und dem IfE/UH eingeleitet, das ebenfalls vom CNPq und von der DLR im Zeitraum von 1998 bis 2001 finanziert wurde. Dieses Projekt hatte als Ziel die Entwicklung der präzisen Echtzeitpositionierung in lokalen GPS-Referenzstationsnetzen. Es wurden verschiedene Auswirkungen analysiert wie z.B. die Ausbreitung der Fehler, die Entfernungsabhängigkeit, die Genauigkeit und die Zeit zur Festsetzung der Mehrdeutigkeiten und die Datenübertragungsproblematik (Krueger 2001).

2 Einführung von Satellitenverfahren zur Positionsbestimmung bei der RFFSA – Rede Ferroviária Federal S/A

Bis 1993 verfügte die Brasilianische Bundesbahn AG, die die Bundesländer Paraná und Santa Catarina bedient, über keine Satellitentechnik zur Positionsbestimmung. Sie arbeitete mit einem sehr einfachen Verfahren, auch wenn das regionale Bundeskontrollamt in Curitiba (SR-5) sehr bedeutend für ganz Brasilien war, weil sich die Region als produktiv und wirtschaftlich bedeutend erwiesen hatte.

Zu der Zeit wurde der tägliche Bahnverkehr in dieser Region durch das Operative Kontrollzentrum (CCO) mit Sitz in Curitiba überwacht. Dieses Zentrum stellte Berichte für die Bahnen jeder Strecke her, die eine 24-stündige Periode abdeckten. Die Programmierung wurde mindestens 12 Stunden im Voraus durchgeführt und enthielt die Darstellung und Zusammenstellung der Fahrzeuge. Anhand der vorliegenden Informationen wurden die Bahnen eingesetzt, wodurch sich auch die Verteilung der zu transportierenden Güter ergab. Mit Hilfe von Fernsprechkabinen beim CCO wurde die Kommunikation zwischen dem Zentrum und den Mitarbeitern der einzelnen Stationen ermöglicht.

Die Lokomotivführer hatten ein selektierendes Gerät, um von Zeit zu Zeit die Kommunikation mit der CCO-Kabine aufzunehmen und um Unfälle oder sonstige Probleme auf freier Strecke

zu melden. Die Arbeitsschichten in den Kabinen dauerten 6 Stunden. Waren die Züge perfekt zusammengestellt, setzte sich der Mitarbeiter der Abfahrtsstation über sein selektierendes Gerät mit dem CCO-Zentrum in Verbindung und bat um die Freigabe der Fahrt. Ferner war es nötig, mit der nächsten Bahnstation Kontakt aufzunehmen, mit der Bitte die Weiterfahrt der Bahn freizugeben. Falls die nötigen Voraussetzungen erfüllt waren, füllte der Stationsvorsteher eine Genehmigung aus, in der Ursprung, Ziel, der Zustand der Strecke und die einzuhaltenden Geschwindigkeiten vermerkt waren. Mit dieser Genehmigung konnte der Lokomotivführer die Fahrt freigeben. Nach Fahrbeginn ging der Mitarbeiter der Abfahrtsstation zurück zu seinem selektierenden Gerät, um das CCO-Zentrum über einige Basisdaten wie z.B. die Anzahl der Lokomotiven, der Fahrgäste und der Lokomotivführer oder die Anzeige der letzten Fahrzeuge informiert. Bei allen durchfahrenen Strecken wusste nur das Stellwerk, wann ein Zug eine Station verlassen hatte und sich auf dem Weg zur anderen befand. Genauere Informationen waren dem Stellwerk unbekannt, es sei denn der Lokomotivführer musste Kontakt mit ihnen aufnehmen. Wurde ein Zug freigegeben, der mehr als zwei Stationen zu passieren hatte, wurde kein anderer weder in gleicher noch in Gegenrichtung fahren gelassen. Die nächsten Fahrten wurden anhand der Prioritäten freigegeben.

Obwohl das damalige System sicher war, wurde festgestellt, dass es für die Brasilianische Bundesbahn interessanter wäre, mit einem modernen und effizienteren Verfahren zur Kontrolle des Bahnverkehrs zu arbeiten. Dieses Verfahren würde dem CCO ermöglichen, den Standort der Bahnen in Echtzeit zu erfassen und andere Verfahren zu koppeln, um Geschwindigkeit, Ankunftszeit und Nutzung zu kontrollieren.

So wurde 1993 unter dem Vertrag zur wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit zwischen der UFPR, der RFFSA und dem IfE Forschungsarbeiten zur Modernisierung des Bahnnetzes unter Verwendung des DGPS-Verfahrens begonnen. Hauptanliegen der RFFSA bei diesem Verfahren war, die Positionierung der Bahnen in Echtzeit mit Abweichungen unter fünf Metern zu ermöglichen. Ein weiterer Punkt war die Analyse der Geometrien und der Gleisdeformationen, wofür das hochpräzise GPS-Verfahren gut eingesetzt werden konnte.

1993 wurden von Mitgliedern der UFPR und des IfE verschiedene gemeinsame Untersuchungen durchgeführt. In einer Veröffentlichung von Frau Professor Krueger (Krueger 1994) wurden die ersten Ergebnisse präsentiert, die den Erfolg dieser Zusammenarbeit zeigen. Mit dem DGPS wurde eine Differenz von weniger als 3 Metern am Boden und weniger als 5 Metern in der Höhe erreicht. Es konnte gezeigt werden, dass das Kommunikationsverfahren das Hauptproblem für die Sendung der differentiellen Korrekturen (RTCM 2.0) war. Als Optimum für diese Messung ergab sich ein Datenalter („age limit“) von 100 Sekunden. Die Ergebnisse, die trotz der GPS-Signal-Verluste während der Untersuchungen in der Serra do Mar erreicht wurden, übertrafen die Erwartungen. Auf kurzen Strecken, bei denen es einen fast kompletten Empfang der differentiellen Korrekturen gab, war es möglich, vergleichbare Genauigkeiten sowohl bei der Echtzeitpositionierung als auch bei der Nachbearbeitung der gleichen Messungen mit dem Softwarepaket GEONAV zu erreichen. Es wurde festgestellt, dass der Einbau von sogenannten „digipeaters“ die Übertragung der differentiellen Korrekturen sowie die Einrichtung von Referenzstationen in jeder Region ermöglicht. Von großer Bedeutung wäre die Einrichtung eines Schutzverfahrens, um die Zuverlässigkeit der Methode sicherzustellen. Um Kosten zu minimieren, könnte ein und dasselbe Rundfunkgerät zum Empfang der Korrekturen und zur Übertragung der korrigierten Koordinaten auf verschiedenen Frequenzen verwendet werden.

Danach wurden weitere Untersuchungen im Hinblick auf die Positionierung verschiedener Fahrzeuge, die auf dem Schienennetz der RFFSA verkehrten, durchgeführt und somit die

operative Kontrolle unterstützt. Massinhan (1996) wies nochmals darauf hin, dass sich das Hauptproblem auf das Kommunikationsverfahren bezog, das sich als wirtschaftlich unrentabel für die RFFSA erwiesen hatte. Man entschied sich dann für die Einrichtung einer Datenbank des Bahnnetzes, wo alle interessanten Objekte zusammengefasst werden können (z.B. Stationen, Meilensteine, Brücken, Höfe, Bahnübergänge). Diese Datenbank würde die Informationen, die die mobilen Stationen dem CCO zukommen lassen, begrenzen, was man „kontrollierte Navigation“ nennt. In diesem Fall wäre ein einfacheres Kommunikationsverfahren möglich. Man müsste lediglich eine MLU-Einheit bei der CCO und in die Fahrzeuge einbauen, die bereits mit Motorola Rundfunkgeräten ausgestattet waren. Für das Monitoring der Orte, an denen die Züge zusammengestellt werden, wurde die Überwachung durch DGPS vorgeschlagen.

Zur Zeit verfügt die América Latina Logística S.A. (ALL; ehemals RFFSA) über ein Satellitenverfahren zur Positionsbestimmung, was beweist, dass der damalige Vertrag zur wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit zwischen den Institutionen Früchte getragen und zur wissenschaftlich-technischen Entwicklung beigetragen hat. Alle Fahrzeuge der ALL werden durch GPS positioniert, was eine absolute Kontrolle des gesamten Vorgangs ermöglicht. Dadurch ist es auch möglich, Fehler während des Transports im Voraus zu erkennen. Dies erlaubt nicht nur die Verbesserung der internen Abläufe, sondern auch eine schnelle und aktive Rückmeldung an den Kunden bei jeglicher Art von Problemen, die während des Transports der Güter auftreten können.

3 Satellitenpositionierung an der Küste des Bundeslandes Paraná

Seit 1996 werden GPS-Messkampagnen an der Küste des Bundeslandes Paraná durchgeführt. Diese wurden unter dem Arbeitstitel „Untersuchungen von hochpräzisen GPS-Verwendungen im Bereich der Meeresgeodäsie“ begonnen. Die darauf basierende Doktorarbeit wurde als Kooperationsprojekt zwischen der UFPR und dem IfE etabliert (Krueger 1996). Ihr Ziel war es, hochpräzise GPS-Lösungen im marinen Bereich zu überprüfen. Die Beobachtungen dazu fanden in Ponta do Poço, Paraná statt.

Nachdem die Untersuchungsergebnisse des analysierten Gebietes vorlagen, wurden für kurze Basislinien Abweichungen von weniger als 10 cm festgestellt, die geringer waren als für das PDGPS angegeben. Im Falle langer Basislinien konnten zufrieden stellende Genauigkeiten erreicht werden. In diesen Fällen haben sowohl die hochpräzisen Ephemeriden als auch die wissenschaftliche GPS-Software eine bedeutende Rolle gespielt. Für kurze Basislinien war die Einführung eines troposphärischen Maßstabes nicht nötig. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass der troposphärische Zustand für nahe liegende Stationen fast identisch ist, sich bei seiner Benutzung die Standardabweichungen erhöhen und darauf eine Schwächung des Systemes folgt. Für lange Basislinien des PDGPS hat man festgestellt, dass die Genauigkeit einen direkten Zusammenhang mit den Umweltbedingungen der Stationen hat. Bei den in der Ponta do Poço durchgeführten Messungen war die Lösung nicht zufriedenstellend. Der Grund dafür war, dass beide Stationen etwa 90 km voneinander entfernt lagen und zwischen ihnen ein Höhenunterschied von ca. 920 m bestand. Im Falle großer Höhenunterschiede ist es notwendig, den Einfluss von troposphärischen Fehlern genau zu berücksichtigen. Deshalb muss unbedingt eine wissenschaftliche Software mit einer troposphärischen Modellierung der Umweltbedingungen verwendet werden. Bei einigen Datensätzen wurde festgestellt, dass die Eliminierung von Beobachtungen einzelner Satelliten sehr unterschiedliche Konsequenzen haben kann. Es zeigten sich Veränderungen vom Zentimeter- bis in den Meterbereich. Folglich stellt die Eliminierung einzelner Satelliten nicht immer eine mögliche Lösung dar. Die

Auswertung der Profilaufnahme zwischen den Verschiffungspunkten der Ilha do Mel und der Ponta do Poço wurde durch die Verwendung einer Software zur Wassertiefenmessung vereinfacht. Die mit diesen Auswertungen erreichten Genauigkeiten entsprachen den Vorgaben der Internationalen Hydrographischen Organisation (IHO). Die Synchronisationszeit war hier von großer Bedeutung, da sie in den Auswertungen beachtliche Fehler verursachen kann. Ideal ist es, eine direkte Übereinstimmung zu erreichen. Im Gebiet der Ponta do Poço ist die Umweltdynamik groß, wodurch sich verschiedene Komponenten kontinuierlich verändern. Mit der Verwendung eines globalen Positionierungssystems erhielt man sowohl die Informationen, die als Referenz für alle zukünftigen Projekte in diesem Bereich verwendet werden würden, als auch Unterstützung bei Entscheidungen im Bereich der Umweltproblematik. Die Benutzung dieses Präzisionssystems ist eine wirksame Komponente zur Unterstützung eines meeresgeodätischen Informationssystems. Mit der Verwendung von Programmen wie GNRT und Trägerphasen-Beobachtungen ist es möglich, während der Auswertung Dezimeter-Genauigkeiten zu erreichen. Diese erste Studie, die sich mit Satellitengeodäsie und Meeresgeodäsie befasste, war eine Pionierstudie und zeigt uns Perspektiven für zukünftige Auswertungen an der Küste von Paraná auf.

Eine Kampagne zur Echtzeitpositionsbestimmung mit dem Verfahren PDGPS wurde 1997 mit dem Ziel durchgeführt, die Landenge der Insel „Ilha do Mel“ zu überwachen, da diese bereits einem Erosionsprozess unterlag. Die Insel liegt in der Bucht von Paranaguá (Abbildung 1). Die nordwestliche Küste ist der größte Teil der Insel. Der südwestliche Teil ist durch eine Landenge mit dem Festland verbunden, welche der Erosion ausgesetzt ist. Die Ilha do Mel hat eine Fläche von etwa 2700 ha und einen Umfang von 35 km (Figueiredo 1954). Die nördlichen und nordöstlichen Küsten sind von der Insel Ilha das Peças durch die nördlichen und südöstlichen Kanäle getrennt. Südlich ist die Insel Ilha do Mel durch den Südkanal oder Galheta von Pontal do Sul getrennt. Die westliche Region der Insel liegt am Gewässer der Bucht von Paranaguá, dem sogenannten Mar de Dentro oder Saco do Limoeiro. Der östliche Teil der Insel Ilha do Mel liegt am atlantischen Ozean.

Bei diesen GPS-Messungen wurde das von der Firma Geo++ entwickelte Programm GNREF/GNRT-K verwendet (Krueger et al. 1999). Es stellte sich heraus, dass diese Messungen, insbesondere für die Gebiete, die starken Volumenveränderungen ausgesetzt sind, von großer Bedeutung waren, um die Erosion und Ablagerung zu detektieren. Auf der Landenge der Insel Ilha do Mel wurde für die gemessenen Netzpunkte festgestellt, dass die Differenzen zwischen den Koordinaten für 80 % der Fälle geringer als 10 cm waren. Durch das Echtzeitprogramm GNRT-K wurde ein dreidimensionales Modell des Forschungsgebiets generiert. Eine Analyse der erzeugten Modelle hat gezeigt, dass die Landenge einer konstanter Volumenänderung ausgesetzt ist. Zwischen 1997 und 2001 wurde eine Differenz des Volumens bzw. eine Erosion von ca. -7.437 m^3 und zwischen 2001 und 2003 ein Progradation (Zunahme des Sandvolumens) von ca. $+1.082 \text{ m}^3$ detektiert (Krueger 2005). Eine jährliche Überwachung sowohl der Landenge als auch der Grenze zwischen Vegetation und Sand wurde durchgeführt. Die Veränderungen zwischen 1996 und 2003 an der Südost-Küste weisen einen Verlagerung der Station A (Abbildung 2) von 60 Meter auf. An der Nordwest-Küste war die Veränderung zwischen 1997 und 2003 ca. 19 Meter (Abbildung 3) (Krueger 2005).

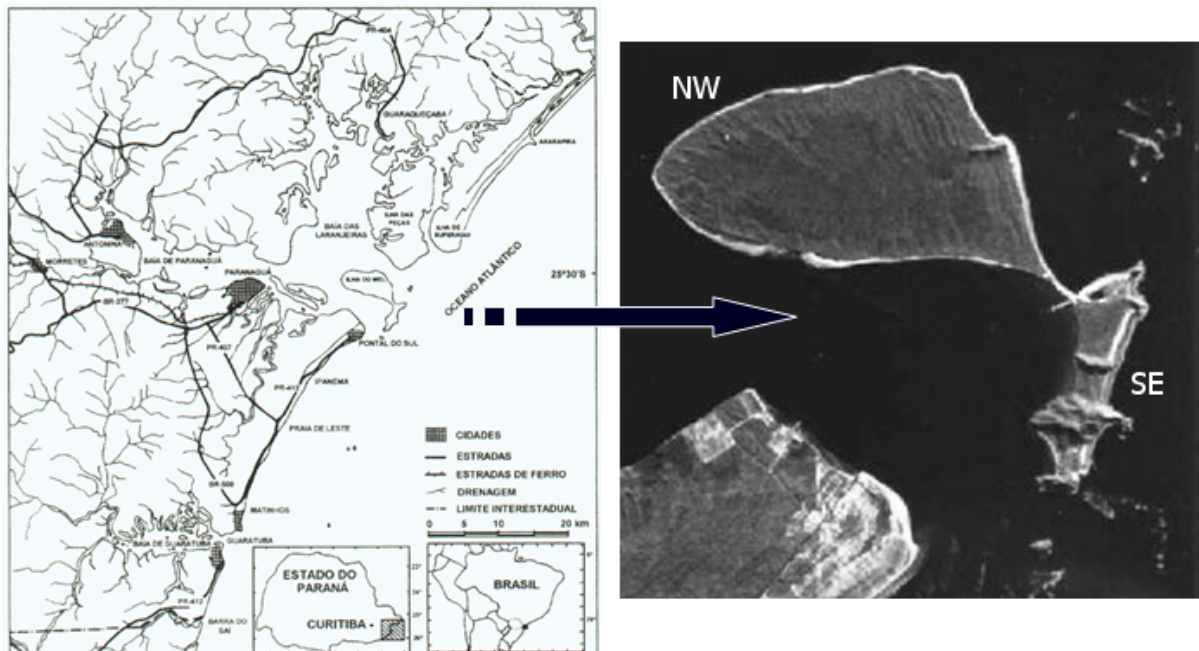


Abbildung 1: Skizze der geographische Lage der Ilha do Mel, Eingang zur Bucht von Paranaguá, Paraná.

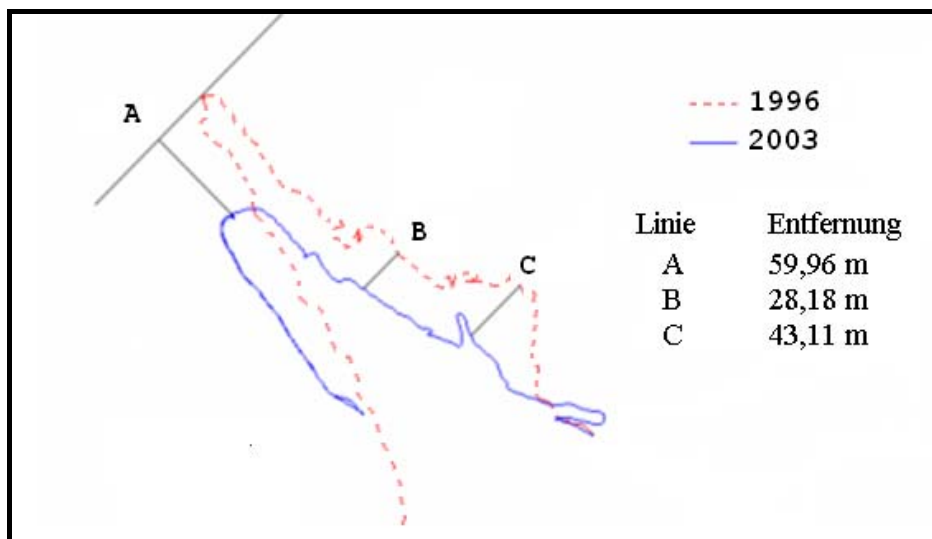


Abbildung 2: Die Überwachung der Insel „Ilha do Mel“ - Südost-Küste.

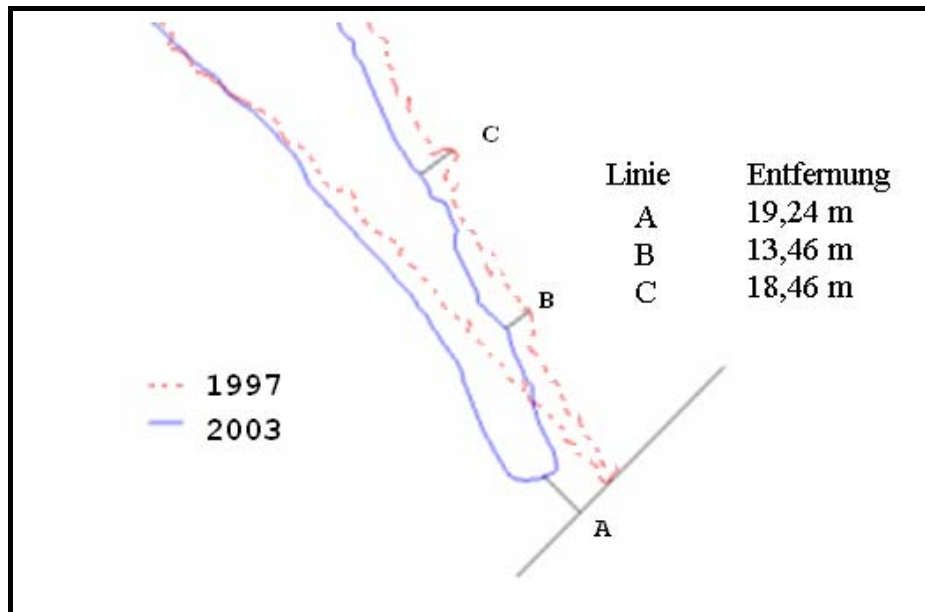


Abbildung 3: Die Überwachung der Insel „Ilha do Mel“ - Nordwest-Küste.

Innerhalb der zwischen 1998 und 2001 vereinbarten Projekte für Internationale Kooperation zwischen UFPR, UFPE und dem IfE war das Ziel die Entwicklung von lokalen Referenznetzen zur GPS-Anwendung für hochgenaue Echtzeit-Aufgaben. Untersuchungen zu Einflüssen auf die Genauigkeit, z. B. Fehlerfortpflanzung, Abstandsabhängigkeit, Zeit zur Lösung der Mehrdeutigkeiten und auch die Problematik der Datenübertragung in Echtzeit wurden durchgeführt. Unter anderem ist ein wesentliches Ergebnis dieses Projekts die räumliche Korrelation zwischen den Referenzstationen IDMA, PARG, CEM2 und GUAR und der Roverstation MOBI, mit denen die Messungen durchgeführt wurden. Die mittlere Länge der Basislinien waren: IDMA-MOBI ca. 31 m; CEM2-MOBI ca. 6 km, PARG-MOBI ca. 20 km und GUAR-MOBI ca. 27 km (Krueger 2001; Willgalis 2005).

Die räumlichen Korrelationen wurde durch die Positionierung der MOBI-Station zu den Referenzstationen IDMA, PARG, CEM2 und GUAR bestimmt. Sobald die Basislinie größer war, wurde auch die Standardabweichung der Koordinaten größer. Angenommen wurde, dass die Koordinaten, die aus der Nachbearbeitung mit den Dateien der Stationen IDMA und MOBI geschätzt wurden, genauer sein würden. Die Differenzen der Breiten-, Längen- und Höhenkomponente wurden dann relativ zu den Stationen CEM2, PARG und GUAR berechnet. Die Differenzen in Breite, Länge und Höhe wurden ergaben sich zu: $\Delta\phi$ von -10 bis 1 cm, $\Delta\lambda$ von 2,5 bis -4 cm und Δh weniger als -30 cm. Die größeren Differenzen stammen aus den Koordinaten, die mit den Station GUAR berechnet wurden. Hier zeigt sich der Einfluss der räumlichen Korrelation deutlich (Krueger 2001).

Weitere Untersuchungen, die seit 1996 entlang der Küstenlinie von Paraná durchgeführt wurden, sind nachfolgend aufgeführt: die Markierung, Messung und Kontrolle von elf GPS-Marken, die ein GPS-Netz zur Unterstützung von geodätischen Messungen bilden; die Überwachung der Küstelinie vom alten Einschiffungshafen der Insel „Ilha do Mel“, bis zum Ponta do Poço, am Pontal do Paraná; hochgenaue bathimetrische Messungen in diesem Gebiet; Katastervermessungen der Schiffsanlegestelle; die Verbindung der Pegel, die sich in Antonina und Paranaguá befinden; integrierte Untersuchungen von bathimetrischen Daten und hochgenauen Fernsensoren zur Tiefenabschätzung in Guaratuba (Tedesco, 2003); integrierte Untersuchungen über die Folgen anthropogener Einflüsse und wirtschaftlicher Aktivitäten im Küstengebiet wie am Beispiel der Stadt Matinhos (PR) (Krueger et al. 2000).

Einige Projekte sind noch in der Bearbeitung, eines davon ist eine „Sandwich“-Doktorarbeit (UFPR/IfE) zur Entwicklung eines digitalen Modells zu Bodensenkungen durch Interpolation und Datenintegration von neuronalen Netzen (de Souza 2005). Ein anderes ist ein von der Araucária Stiftung unterstütztes Projekt zur Integration von digitalen Abbildungen von Kleinformat-Kameras unter Verwendung eines digitalen „Monorestituidor-Systems“ und des GPS-Verfahrens zur Kontrolle der Küstenlinie von Matinhos (Babinski 2006).

4 Schlussfolgerungen

Aus dem vorher beschriebenen historischen Hintergrund ist ersichtlich, dass Prof. Dr. Günter Seeber die Einführung neuer Technologien und den Beginn der wissenschaftliche Forschung im Bereich der Satellitenpositionierung durch TRANSIT und GPS in der UFPR und in Brasilien wesentlich mitbestimmt hat.

Die Vereinbarung für technische Zusammenarbeit zwischen der Bundesrepublik Deutschland und der Bundesrepublik Brasilien war vor allem wegen der Hingabe, dem Pioniergeist und der Kompetenz der Mitglieder, insbesondere von Prof. Dr. Günter Seeber, der zur Einführung von Forschungsprojekten entscheidend beigetragen hat, erfolgreich. Im Postgraduationskurs der Geodäsie (Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas – CPGCG) in Brasilien hat er Vorlesungen und Vorträge gehalten und Doktor- und Masterarbeiten betreut. Heute hat der CPGCG 34 Masterstudenten und 19 Promotionsstudenten. Das Studienprogramm der CPGCG wird von der brasilianischen Organisation CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) anerkannt. Bis heute wurden im Bereich der Satellitengeodäsie 23 Masterarbeiten und fünf Promotionen abgeschlossen.

Zu den vielen Ergebnissen der Kooperation gehört auch die Entwicklung eines Datenübertragungssystems, das für Brasilien geeignet ist. Diese Arbeit war wegen den Eigenschaften der betrachteten Region und der wirtschaftliche Lage unseres Landes, das sich keine kostspieligen Lösungen leisten konnte, komplex.

Entwickelt wurde auch eine Doktorarbeit („Sandwich“; UFPR/IfE) mit dem Titel: „Entwicklung und Test eines Austauschformats für DGPS-Korrekturen mit Hilfe von RDS in Brasilien“ (Saatkamp 2003). Die Ergebnisse sind verheißungsvoll, die Methoden werden aber gegenwärtig noch verfeinert. Die Einführung der Satellitengeodäsie und der Meeresvermessung in Paraná war und ist von hohem Stellenwert, um zuverlässige und aktuelle Daten zu generieren, die die Möglichkeiten liefern die Küsten zu überwachen. Es ist klar, dass die Wirtschaft dieser Region vom Meer abhängt. Dazu zählt der Tourismus, vor allem an den Stränden, und der Fischfang, der die Haupteinnahmequelle der Bevölkerung ist.

Literatur

- Babinski, A. P. (2006). Determinação da Linha de Costa Através de Câmaras Digitais de Pequeno Formato, Monorestituição Digital e Técnicas GPS. Master-dissertation, CPGCG, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Campos, M. A. (1987). Controle da Rede Geodésica Brasileira por meio de Satélites do Sistema NNSS. Dissertation, CPGCG, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Figueiredo, J.C. (1954). Contribuição à Geografia da Ilha do Mel (Estado Paraná). Dissertation, Concurso de Cátedra em geografia do Brasil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Krueger, C. P. (1994). Posicionamento Cinemático de Trens. Master-Thesis, CPGCG, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

- Krueger, C. P. (1996). Investigações sobre Aplicações de Alta Precisão do GPS no Âmbito Marinho. Dissertation, CPGCG, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Krueger, C. P.; Campos, M. A.; Soares, C. R.; Seeber, G. und Boeder, V. (1999). Aplicação do DGPS Preciso em Tempo Real no Âmbito Marinho. In: Revista Brasileira de Cartografia, v. 51, p. 59-71, Rio de Janeiro, Brasil.
- Krueger, C. P.; Centeno, J. S.; Mitshita, E.A.; Soares, C.R.. (2000). DIAMAT - Diagnóstico do Impacto Ambiental na Área de Matinhos (PR). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- Krueger, C. P. (2001). Resultados Consolidados do Projeto de Cooperação Bi-Lateral CNPQ/DLR – Desenvolvimento de Redes de Referência Locais Visando Aplicações do GPS de Alta Precisão em Tempo Real, Curitiba, Paraná.
- Krueger, C. P. (2005). Monitoring the Coastline on the Coast of Paraná State (Brazil), in Some Parts in Retrogradation or in Progradation. In: 19th Colloquium on Latin American Geoscience, Potsdam, Germany.
- Massinhan, J. (1996). Utilização do GPS no Apoio ao Controle Operacional de Veículos Ferroviários. Master-dissertation, CPGCG, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Massinhan, J; Krueger, C.;P., Macedo, F.C. und Camargo, P.O. (1996). Utilização do GPS no cadastro da Linha Férrea, In: 2º. COBRAC - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, v.I, p.295-299, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
- Saatkamp, E. D. (2003). Desenvolvimento e Experimentação de um Formato para a Transmissão de Correções DGPS pelo RDS no Brasil. Dissertation, CPGCG, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Souza, E. C. B. de; Krueger, C. P. und Slutter, C. R. (2003). Determinação das Variações Volumétricas no Istmo da Ilha do Mel utilizando o PDGPS. In: Boletim de Ciências Geodésicas, v. 9, n. 1, p. 53-74, Curitiba, Paraná.
- Souza, E.C.B. (2005). Metodologia para Interpolação e Integração de Dados Batimétricos Usando Redes Neurais Artificiais. Seminário de Qualificação III , CPGCG, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Tedesco, A. (2003). Estimativa de Profundidades Utilizando Imagens de Alta Resolução Apoiadas por Dados de Levantamento Batimétrico. Master-dissertation, CPGCG, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Willgalis, S. (2005). Beiträge zur präzisen Echtzeitpositionierung in GPS-Referenzstationsnetzen. Wiss. Arb. der Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik der Universität Hannover, Nr. 237.