



VLBI

Die Very Long Baseline Interferometry (VLBI) ist ein interferometrisches Meßverfahren, das sowohl in der Geodäsie als auch in der Radioastronomie angewendet wird. Räumlich getrennte Radioteleskope beobachten simultan Quasare am Rande des Universums (3-13 Milliarden Lichtjahre Entfernung). Das Interferometer wird nachträglich in einem der Korrelationszentren mit den Daten der beteiligten Observatorien rechnerisch aufgebaut.

Mit VLBI bestimmt man die Lage der Rotationsachse auf 0.2mas (Millibogensekunde), die Rotationsgeschwindigkeit der Erde auf 0.2ms, die interkontinentale Entfernung (1.000-12.000km) zwischen den Radioteleskopen auf wenige Millimeter genau sowie die Position des Quasars auf 0.2mas genau. Es ist das genaueste Meßverfahren für die Bestimmung der Quasarpositionen und der Erdrotationsparameter, welche bei der Orientierung von globalen terrestrischen Bezugssystemen benötigt werden.

Der aus VLBI-Beobachtungen resultierende Quasarkatalog realisiert gemäß IAU-Resolution das primäre zälastische Bezugssystem ICRS. VLBI gibt Auskunft, wo sich die Erde im Universum befindet.

VLBI in TIGO

TIGO betreibt ein 6m-Radioteleskop mit einem auf -252°C tiefgekühlten Verstärker für das S-Band (2.2-2.4GHz) und das X-Band (8.0-9.0GHz). Die Datenaufzeichnung erfolgt wahlweise mit dem VLBA4 oder dem S2 Aufzeichnungssystem. Als Frequenznormal stehen zwei Wasserstoffmaser bereit (Allan-Varianz 10^{-15}). In Concepción werden jährlich über 120 24-stündige Beobachtungsserien durch das Koordinationszentrum des Internationalen VLBI Dienstes (IVS) angefordert und ausgeführt.

Internationaler VLBI- Dienst (IVS): <http://ivscc.gsfc.nasa.gov>

Telefon: +56-41-207051
E-mail: vlbi@tigo.cl



SLR

Satellite Laser Ranging (SLR) ist ein Entfernungsmeßverfahren mit Laserpulsen zu Satelliten nach dem Puls-Echo-Prinzip. Die Meßziele sind Retroreflektoren an passiven und aktiven Satelliten in Umlaufbahnen, die einen Abstand von 300km bis 40.000km zur Erdoberfläche haben. Der Satellit wird mit dem Laserteleskop angezielt und die Laufzeiten von ausgesandten und reflektierten Laserpulsen zwischen Teleskop und Satellit werden gemessen.

Durch SLR-Messungen lassen sich sowohl Satellitenbahnen als auch Teleskopstandorte mit wenigen Millimetern Genauigkeit bestimmen. Satelliten bewegen sich im Gravitationsfeld der Erde um das Erdmassenzentrum, das sich aus SLR-Messungen ebenso genau bestimmen läßt.

Die Bestimmung des SLR Zeitintervalls mit einer Cäsiumuhr führt den metrischen Maßstab in die Messung ein, da sich die Einheit 'Meter' aus der Definition der 'Zeitsekunde' mittels Cäsiumfrequenzstandards ableitet.

SLR in TIGO

TIGO betreibt ein 50cm-Teleskop für SLR-Messungen auf zwei Wellenlängen, dem nahen Infrarot $\lambda_1=847\text{nm}$ und dem Violett $\lambda_2=423.5\text{nm}$. Die Zweifarbenmessung erlaubt eine Korrektur der Dispersion des Lichts in der Atmosphäre. Der TIGO Pico-Eventtimer definiert die instrumentelle Genauigkeit und arbeitet 2ps genau, was einer Entfernung von nur 0.6mm Lichtgeschwindigkeit als Fehler entspricht.

Das TIGO Laser Ranging System (TLRS) wird für den Internationalen Laser Ranging Dienst (ILRS) betrieben, der die weltweiten Aktivitäten für die Realisierung eines globalen terrestrischen Bezugssystems sowie Satellitenbahnvermessung und -vorhersagen, Altimeterkalibrierungen, Geoidbestimmung koordiniert.

Int. Laser Ranging Dienst (ILRS): <http://ilrs.gsfc.nasa.gov>

Telefon: +56-41-207056
E-mail: slr@tigo.cl



GNSS

Globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) erlauben die weltweite Positionsbestimmung mit geeigneten Empfangsanlagen, die die Mikrowellensignale der Navigationssatelliten verarbeiten können. Derzeit verfügbare Systeme sind das amerikanische Global Positioning System (GPS) und das russische Glonass-System. Das europäische Galileo System wird in naher Zukunft bereitgestellt.

In der Geodäsie kommen spezielle Empfangsgeräte zum Einsatz, die Beobachtungen auf mindestens zwei Satellitenfrequenzen erlauben. Die nachträgliche Auswertung mit Verwendung von genauen Erdrotationsparametern aus VLBI-Messungen und verbesserten Orbits der benutzten Satelliten erlauben eine Ortsbestimmung mit einer Genauigkeit von wenigen Millimetern. Die flexiblen Einsatzmöglichkeiten und die kleine Bauweise von Empfangsgeräten ermöglichen den Aufbau eines Netzes von permanent betriebenen GNSS-Stationen, die wiederum einen äußeren Rahmen für weitere Verdichtungen z.B. in der Landesvermessung schaffen.

GNSS in TIGO

TIGO betreibt einen hybriden GPS/Glonass Javad-Empfänger als Permanentstation. Das speziell konzipierte Monument enthält ein eingebautes Inclinometer für die Beobachtung der Langzeitstabilität. Es erlaubt außerdem die Einmessung mit elektrooptischen Systemen ohne die Antenne demontieren zu müssen.

Die GPS/Glonass Daten werden über den Internationalen GPS Service (IGS) bereitgestellt und dienen primär der Realisierung des globalen terrestrischen Bezugssystems.

TIGO hat vier weitere Ashtec Z12 GPS-Empfänger, die in einem regionalen GPS-Netz Erkenntnisse über die regionale Stabilität in der Umgebung von TIGO erbringen sollen.

Internationaler GPS-Dienst (IGS): <http://igsceb.jpl.nasa.gov>

Telefon: +56-41-207055
E-mail: gps@tigo.cl



Zeit- und Frequenzlabor

Für die geodätischen Raumverfahren VLBI und SLR werden genaue Zeitinformationen und Frequenzstabilität benötigt. Atomuhren nutzen die Eigenfrequenzen von Atomen als Oszillator. Die gezählten Schwingungen ergeben eine Uhrzeit.

Es sind zwei Arten von Atomuhren notwendig:

- kurzzeitstabile H-Maser (Allan-Varianz 10^{-15}) für VLBI,
 - langzeitstabile Cäsium-Frequenznormale (Allan-Var. 10^{-13}) für Zeithaltung und Maßstab für SLR-Messungen.
- Die Genauigkeit einer Cäsiumuhr entspricht einem Fehler von einer Sekunde in 300.000 Jahren.

Für die Anbindung der lokal generierten Zeitskala gibt es spezielle GPS-Empfänger, die eine Synchronisation zu anderen Zeithaltungslabors mit einer Genauigkeit von etwa $2 \cdot 10^{-8}$ s erlauben.

Zeitskala in TIGO

Im Zeithaltungslabor von TIGO werden 2 H-Maser, 2 Cäsiumnormale, 2 GPS-Zeitempfänger betrieben. Die Zeitskalen jedes einzelnen Oszillators wird periodisch alle drei Stunden gegen eine Masteruhr, einem Cäsiumstandard, eingemessen. Die Zeitskala der Masteruhr von TIGO wird ununterbrochen mit der eines speziellen GPS-Zeitempfängers TTR-6 in besonderen Beobachtungsprogrammen verglichen. Die Vergleiche werden an das Bureau International de Poids et Mesures (BIPM) in Paris für die Berechnung der Weltzeitskala Universal Time (UT) geschickt. Dies ist eine Voraussetzung, um die TIGO-Uhren an die Weltzeitskala UT anknüpfen zu können.

Die Atomuhren von TIGO sind die ersten in Chile stationierten Uhren, die vom BIPM bei der Generierung der Weltzeitskala UT anerkannt wurden.

Internationaler Zeitdienst UT: <http://www.bipm.fr>

Telefon: +56-41-207053
E-mail: ut@tigo.cl



Gravimetrie

Gravimetrische Messungen haben zum Ziel, einen Schwerewert für den Ort der Messung festzustellen. Die Gravimetrie ist für die Definition von schwerefeldabhängigen Höhenbezugssystemen erforderlich. Aufgrund der gravitativen Kräfte von Mond, Sonne und Planeten, Luftdruckveränderungen und Gezeiten erleidet die viskoelastische Erde kontinuierlich großflächige Verformungen. Die Verformungen bewirken eine Abstandsänderung zwischen Erdmassenzentrum und Erdoberfläche, die als Änderung des Schwereswertes gemessen werden können. Sie sind bei interkontinentalen Entfernungsbestimmungen mit VLBI oder SLR nicht vernachlässigbar und müssen in der Auswertung berücksichtigt werden.

Gravimetrie in TIGO

TIGO betreibt das erste supraleitende Gravimeter (SG) in Lateinamerika und das vierte auf der gesamten südlichen Hemisphäre.

Eine Metallkugel schwebt in einem verlustfreien Magnetfeld, welches durch supraleitende stromdurchflossene Spulen bei -268°C erzeugt wird. Äußere gravitative Kräfte insbesondere durch den Mond verursachen eine Lageänderung der Metallkugel. Ein Regelkreis jedoch erhält die schwebende Position der Metallkugel indem mehr oder weniger Spannung an die Spulen angelegt wird. Die Sensivität des SG liegt bei 1-10nGal, was einer detektierbaren Höhenänderung an der Erdoberfläche von etwa 0.03mm entspricht.

Die Relativmessungen des SG erfordern Kalibrierungen durch zeitweilige Kollokation eines Absolutgravimeters. TIGO hält in seinem Gravimetershaus einen Pfeiler für temporäre Absolut-gravimetermessungen bereit, die turnusmäßig durchgeführt werden.

Global Geodynamic Project:
<http://www.eas.slu.edu/GGP/ggphome.html>

Telefon: +56-41-207053
E-mail: gravimetry@tigo.cl



Seismometrie

Die geodätischen Raumverfahren liefern die Stationskoordinaten und ihre Geschwindigkeiten. Für die korrekte Modellierung der Stationsgeschwindigkeit ist es notwendig, seismische Ereignisse wie Erdbeben mit ihrer Epoche aufzuzeichnen und gegebenenfalls die Geschwindigkeitsmodelle anzupassen.

Seismometer werden in globalen oder regionalen Netzwerken betrieben, um die Epizentren durch Rück-extrapolation der Wellenausbreitung feststellen zu können.

Seismometrie in TIGO

TIGO betreibt ein sechskanaliges Breitspektrumseismometer, welches in das regionale Seismonetz der UdeC eingebunden ist.

Regionalnetz UdeC: <http://red.sismos.udec.cl>

Telefon: +56-41+207053
E-mail: seismometry@tigo.cl



Meteorologische Station

Die Teleskope von TIGO benötigen meteorologische Parameter zur Refraktionskorrektur während der Nachführung. Die meteorologische Station von TIGO registriert Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck, Regenmenge, Windrichtung und Windgeschwindigkeit alle 15 Minuten.



Das Wasserdampfradiometer bestimmt mit Profilen über den gesamten Himmel den Wasserdampfgehalt in der Troposphäre und stellt einen Zenith Wet Path Delay Parameter, der sich aus über dem Horizont verteilten Messungen bestimmt, etwa alle 15 Minuten zur Verfügung. Dieser wird für die Korrektur der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Mikrowellen bei GNSS und VLBI-Messungen verwendet.

Meteorologische Daten: <http://www.tigo.cl/meteoweb>

Telefon: +56-41-207053
E-mail: meteorology@tigo.cl



Fundamentalstation für Geodäsie

Die Beobachtungsgrößen einer Fundamentalstation sind die Zeit, der Raum und die Gravitation. Albert Einstein hat in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie diese Größen vereinigt. Sie stellt die physikalische Grundlage der Arbeiten des Geodätischen Observatoriums TIGO dar.

Das Konzept einer Fundamentalstation für Geodäsie fordert den Einsatz aller möglichen Meßtechniken an einem Ort (Kollokation), die zur Beobachtung von geometrischen Verhältnissen zwischen Bezugspunkten in globalen Bezugssystemen beitragen.

Die eingesetzten Meßtechniken sollen komplementär und redundant sein und möglichst permanent und kontinuierlich betrieben werden, mit dem Ziel das System Erde besser zu verstehen.

Lokales Kontrollnetz

Die geodätischen Raumverfahren VLBI, SLR, GPS usw. definieren jeder für sich ein spezifisches globales terrestrisches Bezugssystem. Erst durch lokale geodätische Messungen, in denen die Raumvektoren zwischen den Bezugspunkten der Teleskope (Achsenmittelpunkte) bzw. der GPS-Antenne (Phasenzentrum) bestimmt werden, wird eine synergetische Verknüpfung der verschiedenen und unabhängigen Raumverfahren möglich.

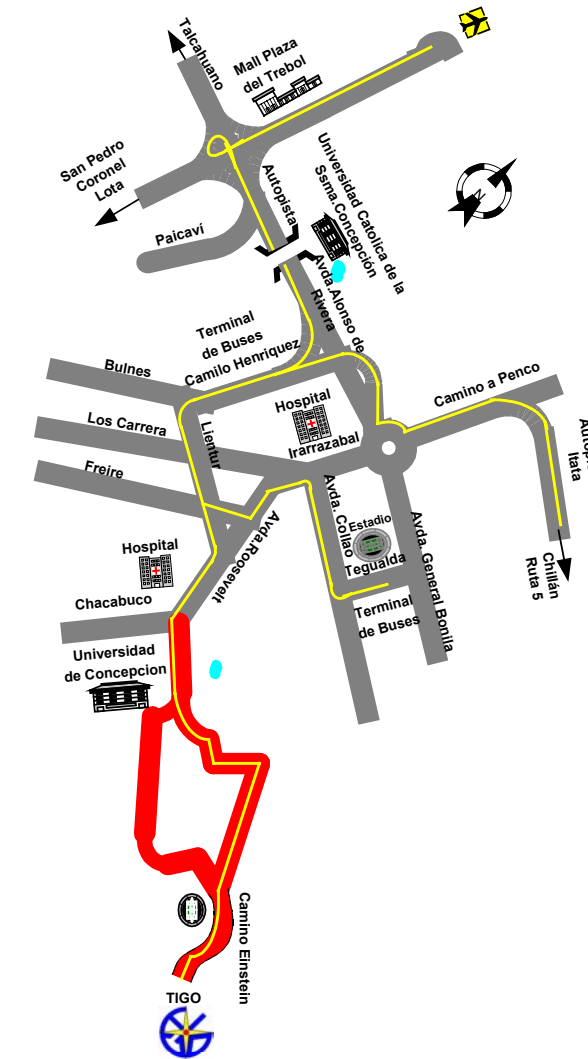
Auf der TIGO-Plattform gibt es ein lokales geodätisches Überwachungsnetz, daß intervallmäßig vermessen wird. Die regionale Stabilität wird mit dem bereits genannten GPS-Netz beobachtet. Somit wird ermöglicht, daß kontinentale Bewegungen von regionalen oder lokalen Punktbewegungen unterschieden werden können.

Die Vermessungsausrüstung von TIGO besteht aus dem Tachymeter Geotronics Bergstrand, dem Digitalnivellier Zeiss DiNi11 mit Zubehör und Software für die Datenauswertung.

Internationaler Erdrotationsdienst (IERS): <http://www.iers.org>

Telefon: +56-41-207055
E-mail: survey@tigo.cl

Wie kommt man zu TIGO?



Die Karte ist nicht maßstabstreu.

Concepción kann von Santiago aus mit dem Flugzeug in einer Stunde oder auf der Straße in etwa sechs Stunden erreicht werden.

Das Geodätische Observatorium TIGO liegt auf dem Campusgelände der Universidad de Concepcion in forstwirtschaftlich genutzten Hügelflächen. Die Zufahrt erfolgt über die 2,5km lange Zufahrtstraße Camino Einstein.

Besucher werden gebeten sich vorher anzumelden.

TIGO TRANSPORTABLES INTEGRIERTES GEODÄTISCHES OBSERVATORIUM



Die Fundamentalstation für Geodäsie in Lateinamerika

Teilnehmende Institutionen:

- Universidad de Concepción
- Universidad del BioBio
- Universidad Católica de la Santísima Concepción
- Instituto Geográfico Militar
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie



Observatorio Geodésico TIGO
Universidad de Concepción
Casilla 4036 Correo 3
Camino Einstein 2,5 km
Concepción – Chile

Telefon: +56-41-207030, Fax: +56-41-207031
WWW: <http://www.tigo.cl>, E-mail: tigo@tigo.cl

