



Zu Gast beim wichtigsten Zeitzeichensender Südamerikas: PPE Observatório Nacional

Wir möchten Sie heute einladen zu einer Tour zur Service Division des offiziellen Zeitzeichensenders des Nationalen Observatoriums PPE in Rio de Janeiro. Wir werden auch den berühmten 10-MHz-Kurzwellessender der Divisão Serviço da Hora (DSHO), der nationalen Sternwarte Rio de Janeiros, besuchen.

Wir folgten einer Einladung des Ingenieurs Ozenildo de Farias Dantas, der für den Betrieb und die Wartung des Senders verantwortlich ist. Die Divisão Serviço da Hora (DSHO) überträgt Brasiliens offizielles Zeitzeichen auf 10 MHz. Der Sender befindet sich in einem Park außerhalb der Sternwarte in einem klimatisierten kleinen Gebäude, das speziell hierfür errichtet wurde. Hier die technischen Details:

- ⇒ **Hersteller:** Redifon Telecommunications Limited, London SW.18, England
- ⇒ **Modell:** HF-Sender RedifonG453
- ⇒ **Sendeleistung:** 1 kW
- ⇒ **Frequenz:** 10 MHz
- ⇒ **Modulation:** A3H
- ⇒ **Antenne:** Horizontaler Halbwellendipol

Ausgestrahlt wird das offizielle Zeitzeichen Brasiliens (UTC -3 Stunden). Es beginnt mit einer weiblichen Stimme in Portugiesisch, gefolgt von der Ansage „National

Bild oben: Eingang zum Observatorio Nacional in Rio de Janeiro. Hier befindet sich auch das Museum für Astronomie und verwandte Wissenschaften.

Observatory“ und der genauen Zeitansage (Stunden – Minuten – Sekunden). Das Signal wird alle zehn Sekunden ausgestrahlt und besteht aus einem kurzen Piep (5 Millisekunden) jede Sekunde und 1 kHz Tonhöhe, gefolgt von einem langen Piep (200 Millisekunden) in der 58., 59. und 60. Sekunde einer Minute. Die Divisão Serviço da Hora strahlt Brasiliens offizielles Zeitzeichen auch im VHF-Band für Rio de Janeiro auf den Frequenzen 166.53 und 171.13 MHz aus. Die Kurzwellenübertragungen des Zeitzeichens begannen im November 2008 und schon damals war das Signal weltweit zu empfangen. Empfangsberichte beantwortet Dr. Ricardo Carvalho, der Leiter der Divisão Serviço da Hora.

Die Antenne

Es handelt sich um einen einfachen, doch robusten Dipol, der vom Stationsingenieur Ozenildo de Farias Dantas exakt für die Frequenz 10 MHz kalibriert wurde und der bis heute hervorragende Ergebnisse liefert. Eine Seite des Dipols ist vom „Kaiser“-Turm des Observatoriums abgespannt. Dieser Turm ist recht berühmt, weil von hier aus vor vielen Jahren jeweils um genau 12 Uhr mittags ein mit Gas gefüllter Ballon aufstieg, der auch vom Hafen von Rio de Janeiro aus beobachtet werden konnte. Dieses visuelle Zeitzeichen markierte dann den „halben astronomischen Tag“.

Der Empfang von Zeitzeichenstationen ist ein interessanter Teilbereich des Rundfunkfernempfangs. Zahlreiche dieser Stationen sind schon seit der Frühzeit des Rundfunks und bis in die heutige Zeit aktiv. Die ausgestrahlten Signale sind für zahlreiche Wissenschaften von Bedeutung: Seismologie, Meteorologie, Astronomie, Geodäsie usw. Alle Zeitzeichensender weltweit sind stets bemüht, ihre Signale auch international zu koordinieren, um somit eine einheitliche Standard-Weltzeit ohne jegliche Abweichung gewährleisten zu können. Brasilien beheimatet die für den südamerikanischen Kontinent wichtigste Zeitzeichenstation. Unser Besuch beim Sender war eine Premiere, denn nie zuvor hatte eine Gruppe von Kurzwellenenthusiasten die Station besucht. Wir wurden sehr herzlich vom Stationsleiter Ricardo Carvalho empfangen, der uns durch die gesamte Einrichtung führte und uns sämtliche Fragen fachkundig beantwortete. Ein Interview mit ihm ist in portugiesischer Sprache im Internet zu finden (<https://youtu.be/wS6PAq1OODA>).

Stationsgeschichte 1827-2020

Ich werde im Folgenden versuchen, die 193-jährige Geschichte des Nationalen Observatoriums zusammenzufassen. Es ist fast unmöglich, über einen so langen Zeitraum als anerkannte wissenschaftliche Institution in Lateinamerika zu überleben. Doch die Nationale Sternwarte Rio de Janeiros ist seit ihrer Gründung durch Kaiser Dom Pedro I. am 15. Oktober 1827 ein Paradebeispiel für Entschlossenheit. Seit diesen Anfangstagen hat sich viel verändert. Die Gründung der für das Zeitzeichen zuständigen Abteilung DSHO geht zurück auf ein 1913 verabschiedetes Gesetz. Heute wird das Zeitsignal von zwölf Atomuhren erzeugt, die auch an der Kalibrierung der einheitlichen Weltzeit beteiligt sind.

Die Notwendigkeit einer astronomischen Sternwarte in Brasilien geht bereits auf die Kolonialzeit zurück. Ihr Aufbau war wegen



Empfangsbestätigung des Zeitzeichensenders PPE in Rio de Janeiro.

erhöhter Handelsaktivitäten und einem damit verbundenen vermehrten Schiffsverkehr von und nach Rio de Janeiro zu Beginn des 19. Jahrhunderts notwendig geworden. Um eine sichere Seereise zu gewährleisten, waren eine genaue Kenntnis der astronomischen Deklination, eine exakte Zeitangabe sowie Informationen über die geografische Position enorm wichtig, damit die Kapitäne ihre eigenen Uhren kalibrieren konnten. Ein Observatorium an einem festen Platz an Land konnte hier wesentlich exaktere Daten liefern, als andere auf See verfügbare Quellen.

Die ältesten Aufzeichnungen berichten von der Gründung einer Sternwarte auf dem Burgberg Rio de Janeiros im Jahr 1730 auf Initiative der Jesuiten. An gleicher Stelle wurde 1780 von portugiesischen Astronomen eine Sternwarte errichtet, von wo aus sie die ersten astronomischen und meteorologischen Beobachtungen machten. Aber erst im Oktober 1827 wurde durch ein Dekret von Don Pedro I. der Sitz des Kaiserlichen Observatoriums von Rio de Janeiro eingerichtet. Es handelte sich hierbei um die erste Einrichtung dieser Art in Brasilien. Ursprünglich wurde dieses astronomische Observatorium unter der Leitung von Pedro de Alcântara Bellegarde (Militär, Pädagoge, Astronom und brasilianischer Ingenieur), der im 19. Jahrhundert eine grundlegende Rolle im Bereich wichtiger wissenschaftlicher Einrichtungen spielte, im Turm der Militärschule eingerichtet. Doch bis in die späten 1870er Jahre dienten die Aktivitäten der Institution fast ausschließlich der Ausbildung der Studenten der hiesigen Militärakademie.

Erst im Jahre 1871 wurde der Zweck des Instituts neu definiert. Es unterstand nicht länger der Militärverwaltung und konnte sich fortan hauptsächlich Forschungs- und Service-Aktivitäten in den Bereichen Meteorologie, Astronomie, Geophysik und Zeitmessung widmen. Gleichzeitig begann auf Drängen der Kaiserlichen Sternwarte die Suche nach einem neuen und geeigneteren Standort. Schließlich entschied man sich zu Beginn des 20. Jahrhunderts zu einem Umzug auf den Hügel „San Januário“. Hier ist man noch heute beheimatet. Verantwortlich für diese Veränderungen war Emmanuel Lias (Politiker, Botaniker, Astronom und französischer Forscher, der viele Jahre in Brasilien lebte). Er war auch für zwei Amtszeiten Direktor des Observatoriums (von Januar bis Juli 1871 und wieder von 1874 bis 1881).

Die Aktivitäten der Kaiserlichen Sternwarte führten 1885 zur ersten Veröffentlichung eines Jahrbuchs der Sternwarte, das die Ephemeriden-Berichte (Positionswerte

sich bewegender astronomischer Objekte bezogen auf ein jeweils zweckmäßiges astronomisches Koordinatensystem), die zwischen 1853 und 1870 veröffentlicht wurden, fortführte. Das Ziel des Jahrbuchs war die Verbreitung von Informationen, die aus astronomischen und meteorologischen Beobachtungen gewonnen wurden und stellt bis heute eine wichtige bibliographische Referenz über die jährliche wissenschaftliche Arbeit der Institution dar.

Mit dem Ziel, die wissenschaftliche Arbeit weiter zu verbreiten, wurde 1886 das Observatorium-Magazin, die erste wissenschaftliche Zeitschrift des Landes, herausgegeben. Doch sie hatte nur kurze Zeit Bestand und wurde 1891 eingestellt. Mit dem neuen politischen Wind, der ab 1889 – ausgelöst durch die Ausrufung der Republik – wehte, änderte sich auch die Ausrichtung der Institution, die sich dem Kriegsministerium unterordnete und den neuen Namen „Sternwarte von Rio de Janeiro“ erhielt. Erst 1909 wurde die Institution in „Observatório Nacional“ umbenannt: Das Landwirtschaftsministerium und die Abteilung für Meteorologie und Astronomie wurden geschaffen und das Observatorium wurde diesem unterstellt.

Ab diesem Zeitpunkt begann die Institution, Wettervorhersagen für die verschiedensten Zwecke zu erstellen. Bis dato gingen die Aktivitäten der Meteorologie und Astronomie zusammen und die Berechnung der Zeit wurde mit astronomischen Methoden durchgeführt. Diese beiden Funktionen wurden jedoch im Jahr 1917 getrennt. Das Nationale Observatorium betrieb nur noch Studien über Astronomie, Geophysik und die Zeitbestimmung. Mit dieser Neudefinition wurde der wissenschaftliche Weg der Institution für das gesamte 20. Jahrhundert vorgegeben.

Im Laufe des 20. Jahrhunderts änderten mehrere Reformen im politisch-administrativen Bereich die Zuständigkeit der Verwaltung, an die die Institution gebunden war. 1930 unterstellte man das Observatorium der Zuständigkeit des neu ge-



*Historischer Panoramablick auf die Kuppeln des Observatoriums.
Foto: Observatório Nacional.*

schaffenen Ministeriums für Bildung und Kultur; 1976 wurde es unter die Kontrolle des Nationalen Rates für wissenschaftliche und technologische Entwicklung gestellt. Im Jahr 1999 erfolgte die Übertragung der Zuständigkeit an das Ministerium für Wissenschaft und Technologie, die bis heute existiert.

Einsteins Relativitätstheorie

Das Nationale Observatorium von Rio de Janeiro war auch weltweit mit vielen wissenschaftlichen Beiträgen vertreten, die internationale Anerkennung fanden. Vielleicht der bekannteste dieser Beiträge war 1919, als die Nationale Sternwarte die englische Expedition koordinierte, die die totale Sonnenfinsternis in der brasilianischen



Über diesen Kurzwellensender der Firma Redifon Telecommunications wird das offizielle Zeitzeichen Brasiliens auf 10 KHz ausgestrahlt.



1925 besuchte Albert Einstein die Nationale Sternwarte, nachdem hier während einer Sonnenfinsternis seine Relativitätstheorie bestätigt werden konnte.

Stadt Sobral im Bundesstaat Ceará beobachtete. Das Phänomen wurde parallel auch auf der Prinzeninsel beobachtet. Diese Beobachtung trug zur Bestätigung von Einsteins Relativitätstheorie bei, als die durch das Gravitationsfeld der Masse der Sonne verursachte Abweichung des Lichts der Sterne am Himmelshintergrund bestätigt werden konnte.

Die Rolle einer spezifischen Zeiteinteilung in Brasilien

Um die Bedeutung der Schaffung einer spezifischen Zeiteinteilung durch das DSHO innerhalb des Nationalen Observatoriums von Rio de Janeiro zu verstehen, dürfen einige Fakten über Brasilien nicht unerwähnt bleiben. Brasilien hat eine Fläche von kontinentalen Ausmaßen: 8.547.403 Quadratkilometer! Vom Monte Caburá im Norden (Roraima) bis zum Arroio Chuí im Süden (Rio Grande do Sul) sind es 4.395 Kilometer, von der Serra da Contamana im Westen (Acre) bis Ponta do Seixas im Osten (Paraíba) 4.320 Kilometer. Brasilien ist das größte Land Lateinamerikas und das fünfgrößte Land der Erde. Alle Länder Europas (außer dem russisch-europäischen Teil) passen problemlos in die Landfläche Brasiliens. Allein das gesamte Vereinigte Königreich ist flächenmäßig kleiner als der brasilianische Bundesstaat São Paulo.

Brasilien befindet sich aufgrund seiner enormen Größe in drei verschiedenen Hemisphären: der Großteil in der südlichen Hemisphäre, ein kleiner Teil in der nördlichen Hemisphäre und sein gesamtes Territorium in der westlichen Hemisphäre. Im Norden wird es von der Äquatorlinie und im Süden vom Wendekreis des Steinbocks ge-

schnitten, so dass 92% seiner Fläche in der tropischen Zone liegen. Ein weiterer Aspekt der geographischen Lage Brasiliens sind seine Breiten- und Längengrade, d.h. seine geographischen Koordinaten, die im Allgemeinen vom Äquator (Breitengrade) und vom Meridian von Greenwich (Längengrade) aus gemessen werden. So erstreckt sich das brasilianische Territorium in Breitengraden von etwa 5° Nord bis etwa 33° Süd. In Längsrichtung erstreckt sich die Ausdehnung von 35° West bis etwas weniger als 75° West. Lässt man jedoch einige der ozeanischen Inseln im Atlantik außer Acht, sind die Längenverhältnisse etwas kleiner. Aufgrund seiner großen Ost-West-Ausdehnung weist Brasilien eine große Variation von Zeitzonen auf, insgesamt vier verschiedene Regionen, die wir in der folgenden Karte beobachten können.

- ⇒ Die erste Zeitzone liegt zwei Stunden hinter dem Meridian von Greenwich (-2 UTC) und umfasst nur die Inseln im Atlantik (in der Karte gelb markiert).
- ⇒ Der zweite und wichtigste Bereich (-3 UTC) umfasst die meisten brasilianischen Bundesstaaten einschließlich des Bundesdistrikts und der Hauptstadt Brasília und ist damit die offizielle Zeit des Landes (orange).
- ⇒ Der dritte Bereich (-4 UTC) deckt einige Staaten im Westen ab: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Roraima und den größten Teil des Amazonasgebietes (grün).
- ⇒ Die vierte und letzte Zeitzone (-5 UTC) deckt einen kleinen westlichen Teil des Amazonas und den Staat Acre ab (rosa).

Wenn Sie die Komplexität des brasilianischen Zeitsystems immer noch nicht verstehen, können wir diese kuriose Tatsache erwähnen: Der erste Tag des Jahres erreicht nie alle Menschen auf der Welt zur gleichen Zeit. In Brasilien ist das nicht anders, denn die Brasilianer können das neue Jahr viermal feiern! Das liegt an den bereits erwähnten vier Zeitzonen.

Historische Zusammenfassung

Die Anfänge der Aktivitäten des Nationalen Observatoriums liegen vor seinem Gründungsdatum im Jahr 1827. Bereits seit 1730 wurden auf dem Morro del Castillo in Rio de Janeiro regelmäßige Beobachtungen der Astronomie, der Meteorologie und des Erdmagnetismus durchgeführt. Mit der Ankunft der königlichen Familie in Brasilien im Jahr 1808 wurden die damaligen Forschungen an die Königliche Militärakademie übertragen. Neunzehn Jahre später bestimmte Kaiser Dom Pedro I. die Gründung der Nachfolgeeinrichtung. Seitdem blickt die Nationale Sternwarte auf eine beeindruckende Geschichte in den Bereichen Astronomie, Geophysik sowie Zeit- und Frequenzerfassung zurück.

Die Zeit- und Frequenzerfassung fällt in den Zuständigkeitsbereich der Divisão Serviço da Hora, die seit mehr als anderthalb Jahrhunderten rechtlich für die Erstellung, Aufrechterhaltung und Verbreitung der offiziellen Zeit Brasiliens verantwortlich ist. Die Abteilung für die offiziellen Zeitbestimmung weihte 2004 ihre neuen Räumlichkeiten ein. Das moderne Gebäude ist nach Carlos Lacombe benannt – zu Ehren des Ingenieurs, der diese Abteilung von 1963 bis 1977 leitete und zusammen mit Henrique Morize und Roquete Pinto an der Gründung des ersten Radiosenders in Brasilien (Rádio Sociedade do Rio de Janeiro) beteiligt war.



Die vier Zeitzonen Brasiliens.

Betreten Sie mit uns das Gebäude der offiziellen brasilianischen Zeit. Es ist einfach faszinierend, sehr groß und mit modernster Technik ausgestattet. Unser Rundgang wird uns zu folgenden Stationen führen: das Museum, den Raum für die Erzeugung, Konservierung und Verteilung der Zeit sowie das Laboratorium.

Das Museum

Beim Betreten des modernen Gebäudes der Divisão Serviço da Hora (DSHO), der nationalen Sternwarte, erreichten wir zuerst ein kleines, aber sehr interessantes Museum. Hier sind der ersten Uhren und Messinstrumente ausgestellt, die uns der Abteilungsleiter Ricardo José Carvalho ausführlich vorstellte und erläuterte.

Unter den Exponaten stechen verschiedene Modelle von Chronographen des Herstellers Édouard Belin hervor, die Mitte der 1950er Jahre verwendet wurden. Chronographen sind Uhren mit einer Zusatzfunktion, die es gestattet, einen Sekundenzeiger unabhängig vom eigentlichen Uhrwerk zu starten, zu stoppen und wieder in seine Ausgangsposition zurückzuführen. Bei den meisten analogen Modellen betrug die Ganggenauigkeit eine Hundertstelsekunde. Ein Chronograph war damals eine hochpräzise Uhr.

Erzeugung, Konservierung und Verteilung der Zeit

Unser Rundgang führte uns sodann zu dem Raum, in dem das Zeitsignal erzeugt, konserviert und über verschiedene in Racks untergebrachte Gerätschaften verteilt wird. Die Erzeugung der Uhrzeit und Frequenz, die sogenannte „Atomsekunde“, wird bei der DSHO mittels kommerzieller Cäsium-Atomuhren und Wasserstoff-MASER-Uhren bewerkstelligt. Gemäß internationalem Standard von 1967 lautet die Definition: „Eine Sekunde ist das 9.192.631.770-fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstrukturniveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids Cs-133 entsprechenden Strahlung.“ Die Konvervierung der Größe von Zeit und Frequenz wird durch den ununterbrochenen Betrieb der Atomuhren und der Bewertung der Frequenzstabilität durch Messung der Zeit- und Frequenzdifferenz zwischen den Uhren bewerkstelligt. Die Verteilung der „Größe von Zeit und Frequenz“ geschieht mittels Kalibrierung der Atomuhren, Frequenzzähler, Chronometer und anderer Gerätschaften. Diese Messungen werden an das Laboratorium weitergeleitet, wo sie mit anderen Standardsignalen und durch das offizielle Zeitsynchronisationsnetzwerk überprüft werden. In dem Raum, in dem sich die



Verschiedene historische Instrumente zur Zeiterfassung im Museum der Divisão Serviço da Hora in Rio de Janeiro.

Einschübe mit den Geräten zur Erzeugung, Erhaltung und Verbreitung der Zeit befinden, können wir insgesamt elf Racks mit verschiedenen Gerätschaften sehen, wie z.B. Generatoren und Gongverteiler, Top, IRIG-Code, Synchronisationssignale, NP-Generatoren, sekundäre Uhren, Temperaturmonitore, Phasenmonitore, Stromphasenmonitore, Internet-Gesprächszeitmonitor, ZAG 500 Gesprächszeitmonitor, verschiedene Verteiler und Verstärker, Cäsiumregister, Audio- und GPS-Verteiler (Zeitübertragungssystem) und vieles mehr.

Das Laboratorium

Als nächste Station unseres Rundgangs betreten wir das Laboratorium. Hier befinden sich verschiedene Geräte zum Messen, Kalibrieren und Einstellen der Zeit, bis hin zu einem Faradayschen Käfig. Auch werden im Laboratorium die berühmten Atomuhren gründlich überwacht. Derzeit hat die DSHO zwei Atomuhren des Symmetricon MHM Wasserstoff-Maser (im Wert von ca. 250.000 US-Dollar pro Stück), zwölf Cäsium-Standard-Uhren (im Wert von ca. 80.000 US-Dollar pro Stück), drei HP 5071A Uhren, drei Agilent 5071A Uhren, vier Symmetricon 5071A Uhren, eine CS4000 Uhr, eine Datum 4310A, eine Rubidium HP5065A Standarduhr und zwei GPS / Glonass / Galileo-TTs-4 Empfänger.

Ein Laboratorium ist unerlässlich, um die nationalen Zeit- und Frequenznormale exakt kalibriert zu halten. Einige dieser Parameter sind die Grundlage der brasilianischen metrologischen Rückverfolgbarkeit von Zeit und Frequenz. Auf internationaler

Ebene ist die Rückverfolgbarkeit der nationalen Normale und der brasilianischen offiziellen Zeit mit dem Internationalen Büro für Maße und Gewichte (BIPM) etabliert. Auch wird die brasilianische offizielle Zeit in Echtzeit mit dem Inter-American Metrology System (SIM) verglichen, auf das über GPS Common-View zugegriffen wird.

Faradayscher Käfig

Zu unserer Überraschung befand sich an einer Seite des Laboratoriums ein Faradayscher Käfig. Er ist nach Angaben von Dr. Ricardo Crvalho unerlässlich für die Messung von Atomuhren, da keinerlei äußere Einflüsse den Kalibrierungsprozess der Uhren beeinflussen dürfen. Beim Faradayschen Käfig handelt es sich um ein von Michael Faraday durchgeführtes Experiment, mit dem er nachweisen wollte, dass eine elektrisch leitende Oberfläche in ihrem Inneren ein elektrisches Feld von Null hat, da die Ladungen gleichmäßig auf dem äußersten Teil der leitenden Fläche verteilt sind (was mit dem Gaußschen Gesetz leicht überprüfbar ist), als Beispiel sei hier der Van-de-Graaff-Generator genannt.

Der Wasserstoff-MASER Symmetricon MHM

Die exakteste Uhr Brasiliens und auch Südamerikas befindet sich im Keller der Time Service Division des Nationalen Observatoriums in Rio de Janeiro. Diese Uhr wird in einem speziellen Raum mit konstanter Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufbewahrt. Um zur Uhr zu gelangen, muss man



Racks im Laboratorium der Divisão Serviço da Hora.

drei ausgeklügelte Sicherheitskontrollen passieren. Die rund eine Viertel Million US-Dollar teure Uhr wurde in den Vereinigten Staaten hergestellt und soll alle 10 Millionen Jahre nur eine Gangungenauigkeit von 1 Sekunde haben. Kurios ist, dass von der Bestellung der Uhr bis zu ihrer Herstellung und Auslieferung sechs Monate vergingen, da Erwerb und die Ausfuhr vom US-amerikanischen Außenministerium absegnet werden mussten, da es sich um eine rüstungstechnisch relevante Apparatur handelt.

Von der Atomuhr zur Quantenoptik

Die Suche nach der genauesten Zeit ist eine extreme Herausforderung. Brasilien will da nicht außen vor bleiben und setzt wie die führenden Länder hierbei auf Quantenoptik. Wer denkt, dass alles auf die Zeitmessung der Atomuhr hinausläuft, der irrt, denn beim DSHO macht man bereits Erfahrungen mit Quantenmessungen mittels eines Lasersystems.

In einem anderen Bereich der Abteilung gibt es bereits ein hochentwickeltes optisches Frequenzmessgerät. Es wurde von Menlo Systems bezogen. Dies ist eine deut-

sche Firma, die 2001 von Professor Hänsch, Dr. Ronald Holzwarth, Dr. Michael Mei und Alex Cable als Spin-off des renommierten Max-Planck-Instituts für Quantenoptik gegründet wurde. Es handelt sich um eine revolutionäre Technik zur Messung der Frequenz von Licht. Diese Erfindung wurde als „... der größte Fortschritt in der elektromagnetischen Präzisionsmessung, seit die Menschen begonnen haben, Frequenzen zu messen“ bezeichnet.

Die Time Division des Nationalen Observatoriums von Rio de Janeiro hat bereits damit begonnen, Experimente mit optischen Messungen von hoher Präzision in verschiedenen Anwendungen wie optischen Uhren, kalten Atomen und Molekülen, Metrologie, Abstandsmessungen, Fourier-Spektroskopie und Lidar-Messungen durchzuführen. Sie wissen, dass die Welt zunehmend ultrapräzise und ultraschnell ist, und haben sich verpflichtet, in Brasilien durchgeführte Messungen zu liefern, die weltweit den höchsten Standards für Qualität und Zuverlässigkeit genügen.

Schlussbemerkung

Seit dem Altertum hat die Menschheit Geräte entwickelt, die es uns ermöglichen, die Zeit zu messen und aufzuzeichnen. Anfangs geschah dies mit Sonnenuhren, Sanduhren oder Wasseruhren. Später wurden präzisere Geräte erfunden, deren Funktionsweise dank der Standardisierung der Zeiteinheiten (Tage, Stunden, Sekunden, etc.) nach internationalem Standard erfolgt. Bis heute ist die genaueste von der Menschheit erfundene Uhr die Atomuhr, die durch die Schwingungen des Cäsiumatoms kalibriert wird.



Danksagung

Abschließend möchte ich mich bei Dr. Ricardo Carvalho, dem Leiter der Divisão Serviço da Hora (DSHO), dafür bedanken, dass er mir Rede und Antwort stand und auch den mitgereisten Fotografen erlaubte, alles zu fotografieren. Dank geht auch an Sudipto Ghose (VU2UT) für die englische und an Michael Schmitz für die deutsche Übersetzung.

Text: Martín Butera

Fotos ud Videos: Mark Melzi

Kameraassistentz: Ligia Katze



Fotograf Mark Melzi, Direktor Dr. Ricardo Carvalho und Autor Martín Butera im Laboratorium der Divisão Serviço da Hora in Rio de Janeiro.