

System 500 auf dem Kilimandscharo – Oder: Wie hoch ist ein Berg?

FOTO: EBERHARD MESSMER



Der Kilimandscharo liegt im Norden Tanzanias, etwa 3° südlich des Äquators. Der erloschene Vulkan erhebt sich etwa 5000 Meter aus den Tallandschaften, die ihn auf einer Höhe von 800m ü.M. umgeben. Der Kilimandscharo hat eine Grundfläche von ca. 60km x 40km und ist der grösste freistehende Berg der Welt. Mit faszinierenden klimatischen Zonen, die sich vom tropischen Regenwald bis zu den vergletscherten Gipfelregionen erstrecken, sowie mit wunderbaren Ausblicken auf die Tallandschaften Ostafrikas ist der Kilimandscharo Anziehungspunkt zahlreicher Touristen aus aller Welt – dies auch deshalb, weil die Standardaufstiegsrouten keine speziellen bergsteigerischen Kenntnisse erfordern.

Eine klassische Triangulationsvermessung wurde 1952 mit Wild T2 Theodoliten durchgeführt: sie ergab eine Höhe von 5895 Metern. Das ist auch die Höhe, welche die Nationalpark-Behörde Tanzanias nennt und in den meisten Karten zu finden ist. Eine in den Jahren 1998/99 von Vermessungsfachmann

Extrem lange Basislinien von IGS-Stationen für die ITRF-Bestimmung.



Eberhard Messmer, Winnenden, angeregte Diskussion zwischen dem Landministerium und dem tanzanischen Institut für Land- und Architektur-Studien (UCLAS) sowie der Technischen Universität Karlsruhe (Dr. Michael Illner) und der Fachhochschule Karlsruhe (Prof. Dr. Reiner Jäger) endeten im Entschluss, den Berg neu zu vermessen. Es war klar, dass dazu GPS eingesetzt werden sollte, um die Vermessungsarbeiten einfacher, schneller, genauer, und witterungsunabhängig zu machen sowie die Anbindung an den International Reference Frame (ITRF) zu gewährleisten.

Nach langen Monaten der Vorbereitung konnte die „Expedition Kilimandscharo 99“ unter der Leitung von Eberhard Messmer beginnen. Für die Vermessung kamen Leica GPS-Systeme zum Einsatz: SR530-Stationen von der Technischen Universität Karlsruhe und von Leica Geosystems Heerbrugg, und SR299-Empfänger vom Landministerium Tanzanias und vom UCLAS. Da alle Systeme zu den Kilimandscharo-Stationen getragen werden mussten, entschied man sich für das leichte SR530 auf dem Gipfel und zum Einsatz der älteren SR299-Stationen auf den Triangulations- und Referenzpunkten in den Tälern.

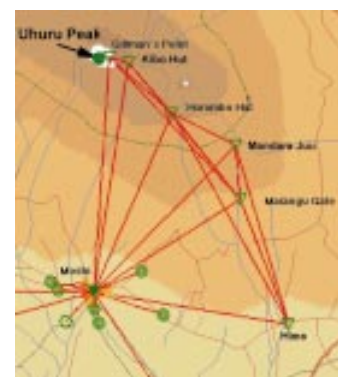
Die Vermessungsbasisstation befand sich auf dem Philip-Hotel in Moshi, einer kleinen, freundlichen Stadt am Fusse des Berges. Ein auf dem Hoteldach auf einem Pfeiler fixierte SR530-Station empfing während der sieben Expeditionstage praktisch ununterbrochen GPS-Signale, aus denen hochgenaue ITRF-Koordinaten

Das GPS-Triangulationsnetz der Kilimandscharo-Expedition 1999.

ten berechnet werden konnten. Mit diesem sehr genau bekannten Basispunkt wurde das gesamte Vermessungsnetz verknüpft.

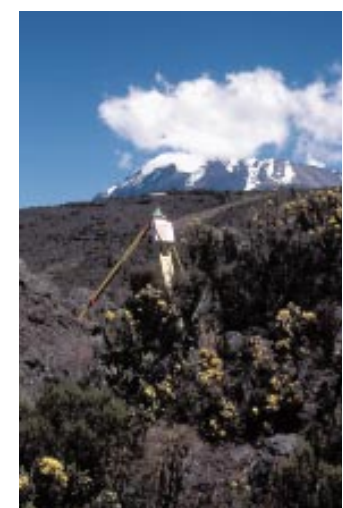
Das Expeditionsteam unterteilte sich in zwei Gruppen. Die erste Gruppe betreute die Basisstation und führte Messungen auf neuen Punkten sowie bekannten Kontrollpunkten am Fusse des Berges durch. Die zweite Gruppe bestieg den Berg, installierte neue Punkte während des Aufstiegs und erstellte ein Netz von Basislinien. Nach dem Eintritt in den Nationalpark hat der Bergsteiger einen Regenwaldgürtel, eine Heide- und Moorlandschaft sowie eine kahle, alpine Bergwüstenzone zu überwinden, bevor er die letzten, steilen Hänge erreicht, welche zum schnee- und eisbedeckten Gipfelgebiet führen.

Dauerhafte Versicherungen der Messpunkte wurden bereits am Fusse des Berges angebracht, am Nationalparkeingang, an den verschiedenen „Hütten“ entlang der Strecke, am Kraterrand und auf dem Gipfel. Mit insgesamt vier SR530-Systemen wurde ein Netz von kurzen und mittellangen Basislinien geschaffen, die zwischen allen Punkten und auch zum Basispunkt in Moshi bestimmt wurden. Die Empfänger waren vorprogrammiert, so dass jedermann damit



arbeiten konnte. Da die Expeditionsverantwortlichen nicht von vorneherein wissen konnten, wer von ihnen den Gipfel auch selbst erreichen würde, bildete man auch die Bergführer an den Geräten aus. Sie fanden den SR530 faszinierend und einfach zu bedienen, hatten jedoch Mühe bei der Aufstellung und Zentrierung eines Statives. Wer sagt da noch, moderne Technologie sei kompliziert?

Vom Nationalparkeingang in Marangu bis zum Kilimandscharo-Gipfel beträgt die Trekking-Strecke rund vierzig Kilometer, mit steilerem Anstieg vor allem zwischen 1900-5900 m ü.M. Schlüssel für einen erfolgreichen Aufstieg ist eine langsame und kontinuierliche Gangart,



Leica SR530 bei der Horombo-Hütte (3700 m), mit Kibo und Uhuru-Peak im Hintergrund.

um den Körper im wahrsten Sinne des Wortes schrittweise an die Höhe anzupassen. Da der Aufstieg viereinhalb Tage und der Abstieg ein-einhalb Tage beansprucht, stand genügend Zeit für GPS-Messungen zur Verfügung. Wenngleich praktisch jedermann, der fit und akklimatisiert ist, die Kibo-Hütte auf 4700 m erreichen kann, gestaltet sich das Endstück von 1200 Höhenmetern bis zum Gipfel als ernsthafte Herausforderung: der Berg ist steil, die Luft dünn und kalt, und der

Bergpfad windet sich durch Geröll und Fels. Die Anstrengung ist gross, und nicht wenige Bergsteiger kehren hier noch um.

Unser grosser Tag war der 26. September! Die Empfänger sammelten bereits GPS-Daten in Moshi und Marangu sowie auf den Horombo- und Kibo-Hütten, als das Gipfel-Team die Kraterkante beim Gillmans Point erreichte. Um 6h30 war ein Vermessungspunkt fest versichert und das erste GPS SR530 begann auf 5708 m ü.M. zu messen und zu registrieren.

Da zwischen Gillmans-Point und dem Uhuru Gipfelpunkt für die verbleibenden 200 m Anstieg und zwei Kilometer Weg entlang des Krater-



Das Vermessungsteam mit Leica SR530 bei Mandara Juu (2845 m).

randes eineinhalb Stunden vorzusehen waren und da dieser Teil sehr anstrengend war, wurde die Ausrüstung auf ein Minimum reduziert. Die Entscheidung, anstatt eines Statives einen leichten Karbonfaser-Lotstock mit nach oben zu nehmen, erwies sich als richtig. Der Lotstock wurde auf dem höchsten Rand des Kraters direkt neben der Tafel aufgesetzt, welche den Gipfelpunkt markiert. Zusätzlich wurden mehrere fliegende Initialisierungen gestartet, wobei der Empfänger auf



dem Gillmans-Point als Referenzstation diente.

Die Leica SR530-Referenzstation auf dem Gillmans-Point (5708 m).

Jedermann, der den Gipfel erreicht hatte, war überglücklich – aber auch erschöpft. Aber erst die abschliessende Zeremonie brachte die ultimative Erfahrung: eine kinematische Messung mit einem Leica SR530 auf dem Dach Afrikas zu den Gitarrenklängen Eberhard Messmers. Unser Bergführer Bryan hatte nicht nur uns auf den Gipfel gelotst, sondern auch die Gitarre des Expeditionsleiters mitgenommen.

Zwei Tage später, in Moshi, wurden alle Daten auf einen PC heruntergeladen und

gesichert. Eine schnelle vorläufige Berechnung ergab, dass die Resultate gut sein würden und die Messkampagne erfolgreich. Die Hauptverarbeitung der Daten lag dann in den Händen von Nikolas Angelakis als Teil seiner Diplomarbeit. Mit der Berner Software und sämtlichen Daten berechnete er die sehr langen Basislinien von fünf IGS-Stationen, um daraus die ITRF-Koordinaten des Pfeilers in Moshi

Fliegende Initialisierung auf dem Uhuru-Peak (5893 m).





GPS-Messung an der Kibo-Hütte (4700 m), mit Blick auf den Mawzeni (5149 m).

zentimetergenau zu bestimmen. Anschliessend wurde das gesamte Netz sowohl mit der Berner Software als auch mit dem SKI-Programm berechnet, wobei die Resultate sehr gut übereinstimmten. Die Ellipsoid-Höhe des Uhuru-Peaks wurde mit 5875,50 m berechnet und ist sicher auf fünf Zentimeter genau. Eine orthometrische Höhe von 5891,77 m ergab sich nach Einbezug des EGM96-Geoidmodells, doch ist dabei zu berücksichtigen, dass die Unsicherheit dieses Modells für diesen Teil Afrikas in der Grössenordnung von einem Meter liegt. Da alle bestehenden Triangulationspunkte und Referenzstationen südlich des Berggipfels liegen und nicht von gleich guter Qualität sind, war es nicht möglich, eine rigorose Transformation auf das Höhendatum von Tanzania vorzunehmen, sondern

Fest auf dem Uhuru-Peak.



lediglich eine Höhenverschiebung zu berechnen. Unter Berücksichtigung dieser Verschiebung ergab sich gemäss dem Höhen-system Tansanias eine orthometrische Höhe des Kilimandscharo von 5892,55 Meter über dem mittleren Meeresspiegel.

Nun, was heisst all das? Der Geodät kennt jetzt die Höhe des Uhuru-Peaks genau: 5875,50 m ITRF Ellipsoidhöhe. Und für den Nichtgeodäten ist der Kilimandscharo jetzt 5893 Meter hoch. Da sich bei der Vermessung im Jahre 1952 eine Höhe von 5895 m ergeben hatte, wird sich der Leser fragen, ob der Berg nun zwei Meter kleiner geworden sei. Unglücklicherweise kann man diese Frage nicht beantworten. Die Vermessung vor fast einem halben Jahrhundert basierte auf Vertikalwinkelbestimmungen über Distanzen von mehr als 55 km und Höhenunterschieden von über 4000 m. Jeder Vermessungsfachmann, der in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts mitten in Afrika Messaufgaben zu lösen hatte, weiss, dass es unmöglich war, unter diesen Voraussetzungen Höhen-genauigkeiten zu erzielen, die besser waren als ein Meter. Es ist vielmehr erstaunlich, dass man damals schon die Berghöhe so genau bestimmte.

Die sieben Tage GPS-Vermessung im September 1999 hinterliessen ein Netz dauerhaft versicherter Messpunkte mit zentimetergenauen ITRF-Koordinaten. Dieses Netz wird zukünftigen Vermessungsexpeditionen eine verlässliche Basis sein, um den Kilimandscharo und eventuell auch die benachbarten Rift-Tallandschaften zu bestimmen. Ein solides Fundament für die hochpräzise Überwachung des vulkanischen Berges wurde gelegt.

*John Saburi,
Nikolaos Angelakis,
Peter Jackson*