Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 60 (2002)
Heft: 308

Artikel: Ein Simulationsprogramm rechnet die Elmer Ereignisse auf Meter genau : "Martinsloch-Sonne" am Computer simuliert

Autor: Schweizer, Andreas / Baer, Thomas

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898459

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 21.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ein Simulationsprogramm rechnet die Elmer Ereignisse auf Meter genau

«Martinsloch-Sonne» am Computer simuliert

ANDREAS SCHWEIZER und THOMAS BAER

Der Lichtkegel in der Landschaft ist kaum grösser als 100 m. Deshalb bewährt es sich, seinen genauen Verlauf im Vorfeld der Beobachtung abzuklären. Es soll schon Beobachter gegeben haben, welche erst nach dem Ereignis gemerkt haben, dass sie nicht im Lichtband standen! Ein eigens entwickeltes Simulationsprogramm, das die Elmer Ereignisse minuten- und metergenau rechnet, soll nun Abhilfe schaffen.

Heutige Astronomieprogramme bieten die Möglichkeit, den Himmel für jeden beliebigen Ort auf der Erde zu simulieren. Mit etwas Geduld können für ein bestimmtes Ereignis Koordinaten im Gelände gefunden werden, von denen aus die Sonne an der richtigen Stelle am Himmel (hinter dem Loch) steht. Damit zum Beispiel die Elmer Kirche getroffen wird, muss die Sonne das Azimut 118° 48' und gleichzeitig die Höhe +20° 46' durchlaufen.

Sollen Lichtbandverläufe und Zeiten für viele Ereignisse berechnet werden, dann erweist sich dieses Vorgehen allerdings als sehr zeitaufwändig. Die Autoren haben aus diesem Grund ein Computerprogramm erstellt, welches die Verläufe direkt berechnen und auf einer Karte darstellen kann. Die nachfolgenden Abschnitte geben einen kurzen Einblick in die Entwicklung und Funktionsweise des Programms.

Schweizer Landeskarte als Grundlage

Beim Bundesamt für Landestopographie sind neben den bekannten Landkarten auch digitalisierte Ausschnitte aus diesen Karten erhältlich (DHM, digitale Höhenmodelle). Die Ausschnitte werden wahlweise als Vektordatensatz oder in Matrixform zur Verfügung gestellt, wobei sich für eine einfache Anwendung, wie in unserem Fall, die Matrixform besser eignet: In einer Datei erhält der Käufer dezimetergenaue Höhenpunkte für Schnittlinien eines engmaschigen Gitters. In der höchsten Auflösung (DHM25) betragen die Abstände zweier aufeinanderfolgender Schnittlinien 25 m; pro Quadratkilometer stehen somit 1600 Höhenpunkte zur Verfügung. Höhenwerte für Koordinaten, welche nicht genau auf einen Schnittpunkt zweier Gitterlinien fallen, müssen anhand umliegender Höhenpunkte geeignet interpoliert werden.

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt des so erhaltenen Oberflächenverlaufs. Die Schnittlinien wurden als Drahtgittermodell über eine plastische Modellierung der Geländekonturen gelegt. Zwei benachbarte Linien liegen gerade 25 m auseinander.

Etwas rechts von der Bildmitte verläuft das Gelände ungefähr eben. Dort liegt das Dorf Elm; die rote Linie verbindet die Dorfkirche mit dem Martinsloch und folgt dem Verlauf eines Lichtstrahls, der gerade die Kirche beleuchten würde. Das Licht kommt von Osten; in der Abbildung ist Süden in Blickrichtung, Osten links.

Obwohl optisch ansprechend, eignet sich eine dreidimensionale Darstellung schlecht, um den Verlauf des Lichtflecks zu ermitteln. Bewährt hat sich eine zweidimensionale Projektion, aus der die gewonnenen Informationen leichter in eine «klassische» Landkarte übernommen werden können.

Figur 4 zeigt die Resultate eines Simulationsbeispiels, das weiter unten erklärt wird – dort ist die Höheninformation in der Helligkeigsabstufung enthalten. Höhere Orte in der Landschaft erscheinen in der Grafik heller.

Vom Lichtfleck zum Programm und zurück

Die Lage des Lichtkegels durchs Felsenloch wird vom Azimut und der Höhe der Sonne am Himmel bestimmt. Es lohnt sich kaum, selbst Algorithmen zur Bestimmung dieser Werte zu erstellen, weil bereits eine Vielzahl von entsprechenden Programmbibliotheken existieren, die sich in der Praxis bewährt haben. In unserem Fall hat sich eine Bibliothek von STEPHEN L. MOSHIER [4] angeboten, welche vor allem auf den Algorithmen des Astronomical Almanac [5] basiert. Sie beinhaltet bereits alle notwendigen Koordinatentransformationen (Präzession, Refraktion, Horizontkoordinaten etc.), sodass am Ende direkt Azimut und Höhe eines Himmelskörpers für einen beliebigen Standort auf der Erde zur Verfügung stehen.

Als positiver Nebeneffekt stehen neben den Sonnen- und Mondkoordinaten auch die Positionen aller Planeten zur Verfügung, sodass sich mit der Bibliothek auch Planetenereignisse simulieren lassen.

Mittels einer Transformation der Polarkoordinaten Azimut und Höhe ins kartesische Koordinatensystem kann anschliessend der Richtungsvektor des Lichtstrahls berechnet werden. Um den Ort zu finden, wo der Lichtstrahl am Boden auftrifft, muss das Simulationsprogramm iterativ den Höhenunterschied von Lichtstrahl und Geländeoberfläche bestimmen. Der Lichtfleck entsteht dort, wo die Höhe des Lichtstrahls kleiner wird als diejenige des Bodens.

In Figur 2 ist der Verlauf des Lichtstrahls über dem Gelände im Querschnitt abgebildet. Der Lichtstrahl beginnt im Martinsloch (rechts oben) und trifft bei der Dorfkirche von Elm auf den Boden auf (links unten).

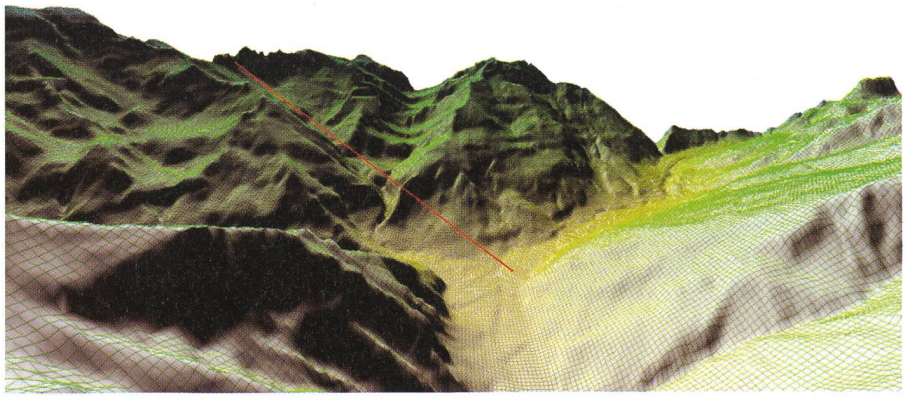

Fig. 1: Drahtgittermodell des Matrixdatensatzes, wie ihn das Bundesamt für Landestopographie zur Verfügung stellt. Die rote Linie kennzeichnet einen Lichtstrahl durchs Martinsloch (links oben), der genau die Dorfkirche von Elm trifft (rechts unten.)

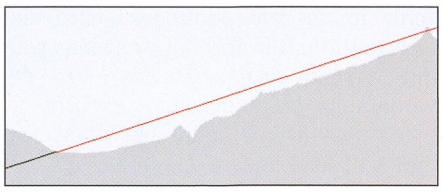

Fig. 2: Der simulierte Lichtstrahl startet am Martinsloch (oben rechts) und trifft wenig hinter der Kirche den Boden. Das Programm ermittelt den Punkt des Auftreffens durch wiederholtes Vergleichen der Strahlhöhe mit der Geländehöhe.

Fig. 3: Eingabemaske für die Simulationsparameter. Simuliert werden 9 Einzelstrahlen im Intervall von 10 Minuten (600 Sekunden), der erste um 6:20 Uhr UTC.

Bibliographie

[1] *«Das Martinsloch zu Elm»*, 1996, von MARCO BISCHOF, DR. HANS WEBER, HANS STOPPER, ALBERT SCHMIDT und STEVE NANN

[2] BESSON-WYTTENBACH: *Manuel pour les savans et les curieux qui voyagent en Suisse...* Bern und Lausanne 1786, zitiert bei Jacob Gehring: Das Glarnerland in den Reiseberichten des XVII. – XIX. Jahrhunderts.

[3] *«Die Schweiz vor Christus»*, 1993 Mondo-Verlag, von CLAUDIA SCHNIEPER und NICOLAS FAURE

[4] http://people.ne.mediaone.net/moshier/aadoc.html

[5] *The Astronomical Almanac*, US Government Printing Office (erscheint jährlich)

Web Sites:
http://transpersonal.de/mbischof/elmesot1.htm
http://members.aol.com/celticsuck/martin.htm

Der Teufel steckt im Detail...

Werden Martinsloch-Ereignisse, wie oben beschrieben, simuliert, dann weichen die erhaltenen Zeiten um rund fünf bis zehn Minuten und die erhaltenen Orte um etwa 200 m von den tatsächlichen Werten ab.

Der Fehler entsteht durch die Art, wie die gekrümmte Erdoberfläche auf die flache Karte, respektive ins flache digitale Höhenmodell abgebildet wird: Das Bundesamt für Landestopographie verwendet bei der Erstellung der Daten eine winkeltreue schiefachsige Zylinderprojektion. Für die Simulation müssen die Daten in das geographische Koordinatensystem zurücktransformiert werden.

Umgekehrtes Problem: Die Sichtbarkeitszone

Nicht von jedem Ort in der Landschaft kann das Ereignis je beobachtet werden; in der Tat beschränkt sich die Sichtbarkeitszone auf einen keilförmigen Bereich, der den grössten Teil des Dorfes gerade noch mit einschliesst (siehe die grün eingefärbte Zone in Figur 4). Den übrigen Gebieten wird der Blick aufs Felsenloch durch dazwischenliegende Bergflanken und Hügel verwehrt.

Um herauszufinden, ob ein bestimmter Ort in der Sichtbarkeitszone liegt, muss geprüft werden, ob der Strahl vom entsprechenden Ort durchs Felsenloch auf seinem Weg von keiner Erhöhung unterbrochen wird. Dem Simulationsprogramm steht die gesamte Information über den Oberflächenverlauf des Geländes zur Verfügung; zusammen mit dem oben erwähnten Algorithmus zur Simulation eines Lichtstrahls kann das Programm deshalb auch dazu verwendet werden, diese Sichtbarkeitszone zu bestimmen.

Mögliche Erweiterungen

Im Moment hat der simulierte Strahl keine geometrische Ausdehnung, darum kann das Programm lediglich den Verlauf der «Zentrallinie» des beleuchteten Streifens vorhersagen. Zu dessen Breite oder zum Helligkeitsverlauf innerhalb des Streifens gibt es noch keine Auskunft. Das Simulationsprogramm könnte um diese Funktionen erweitert werden, indem die Form des Felsenloches berücksichtigt und ins Gelände abgebildet würde.

Interessant wäre auch, das Gelände dreidimensional zu modellieren, sodass für jede Stelle in der Karte die zugehörige Landschaftskulisse und Lichtverteilung simuliert werden könnten.

Schliesslich liesse sich der Kartenausschnitt austauschen. So könnten andere Felsenlöcher simuliert werden, zum Beispiel das Mürtschenfenster oder das Heiterloch in Grindelwald.

Ein Simulationsbeispiel

Mitte letzten Oktober konnte das Sonnenereignis beim Bergrestaurant Ämpächli beobachtet werden. In Figur 3 ist die Einstellung aller Simulationsparameter für den 15. Oktober 2001 gezeigt; die Startzeit wird in UTC eingegeben.

Wie man Figur 4 entnehmen kann, streift das beleuchtete Band (gelbe Punkte) kurz vor 7 Uhr UTC die Bergstation der Seilbahn, welche als roter Punkt am oberen Ende der roten Linie (Drahtseil) eingezeichnet ist. Vom Dorf aus (vier rote Punkte etwa in der Bildmitte) konnte das Ereignis vom 15. Oktober nicht beobachtet werden.

ANDREAS SCHWEIZER und THOMAS BAER
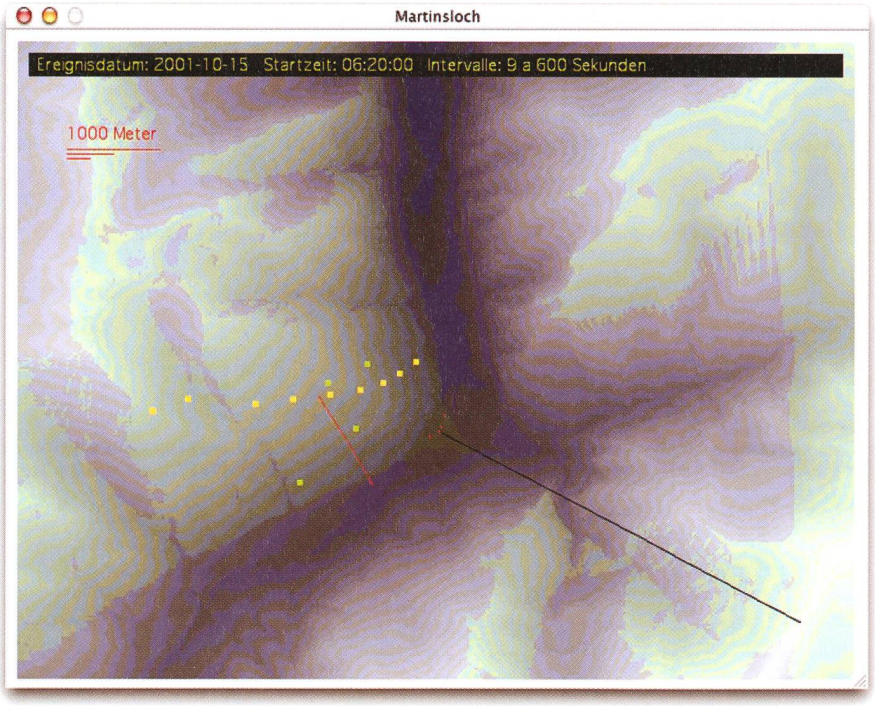
Fig. 4: Simulationsbeispiel für das Ereignis von Fig. 3. Das Lichtband (gelbe Punkte) verläuft genau durch die Bergstation der Seilbahn (oberes Ende der roten Linie). Die grünen Punkte sind Referenzpunkte, welche bei der Überprüfung bestimmter Ereignisse im Gelände gedient haben.