

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <http://www.researchgate.net/publication/260666022>

# Geologische 3D-Modellierung der Vulkaninsel Santorini (Thera)

ARTICLE · SEPTEMBER 1999

---

CITATION

1

---

READS

43

4 AUTHORS, INCLUDING:



[Emmanouil Manoutsoglou](#)

Technical University of Crete

94 PUBLICATIONS 171 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[René Prissang](#)

Freie Universität Berlin

7 PUBLICATIONS 10 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

# Geologische 3D-Modellierung der Vulkaninsel Santorini (Thera)

Evangelos Spyridonos, Ulrich Friedrich Dornsiepen, Emmanuil Manutsoglu & René Prissang

## Zusammenfassung

Die Kenntnis der geologischen Geschichte von Santorini gibt grundlegende Hinweise für die Erforschung der rezenten Geodynamik und auch der Menschheitsgeschichte im östlichen Mittelmeerraum. Den herausragenden geologischen Event bildet die zwischen 1400 und 1600 v. Chr. datierte minoische Eruption und die damit verbundene Kaldera-Bildung mit ihren katastrophalen Folgen für die minoische Kultur. Auf die Magnitude dieser Eruption sowie das Volumen der Förderprodukte kann nur über eine Rekonstruktion der prä-minoischen Geologie und einen Vergleich mit den auf Santorini aufgeschlossenen sowie submarin erhaltenen vulkanischen Ablagerungen geschlossen werden. Eine Klärung dieser Fragen ist nur schrittweise möglich. Den Ausgangspunkt für Rekonstruktionen bildet ein plausibles 3D Modell des Ist-Zustandes der Geologie der Inselgruppe. Als erstes Teilergebnis werden digitale 3D Modelle der heutigen wie auch der prä-minoischen Topographie vorgestellt und diskutiert.

**Schlüsselwörter:** Griechenland, Santorini, Vulkanismus, minoischer Ausbruch, paläogeologische Rekonstruktion, CAD, 3D Modellierung

## Abstract

**Geological 3D-Modelling of the volcanic Island of Santorini (Thera).** - Knowledge of the geological evolution of the volcanic island of Santorini is the key for understanding recent geodynamics and the history of mankind in the eastern Mediterranean. The crucial geological event was the Minoan eruption which took place between 1600 and 1400 BC. It caused the formation of the recent caldera and led to the downfall of the Minoan civilisation. An estimation of the magnitude of this eruption must be based on a reconstruction of the geology of pre-Minoan Santorini and a volume assessment of pyroclastic material preserved on Santorini island as well as on the sea bottom. This problem can be solved only by a step-by-step approach. To begin with, a consistent 3D model of the geology of the recent islands has to be set up. It will form the basis for all subsequent investigations. The first results, digital 3D models of the recent and the pre-Minoan topography of Santorini are presented and discussed in this article.

**Key Words:** Greece, Santorini, volcanism, Minoan eruption, paleogeologic reconstruction, CAD, 3D modelling

## Einleitung

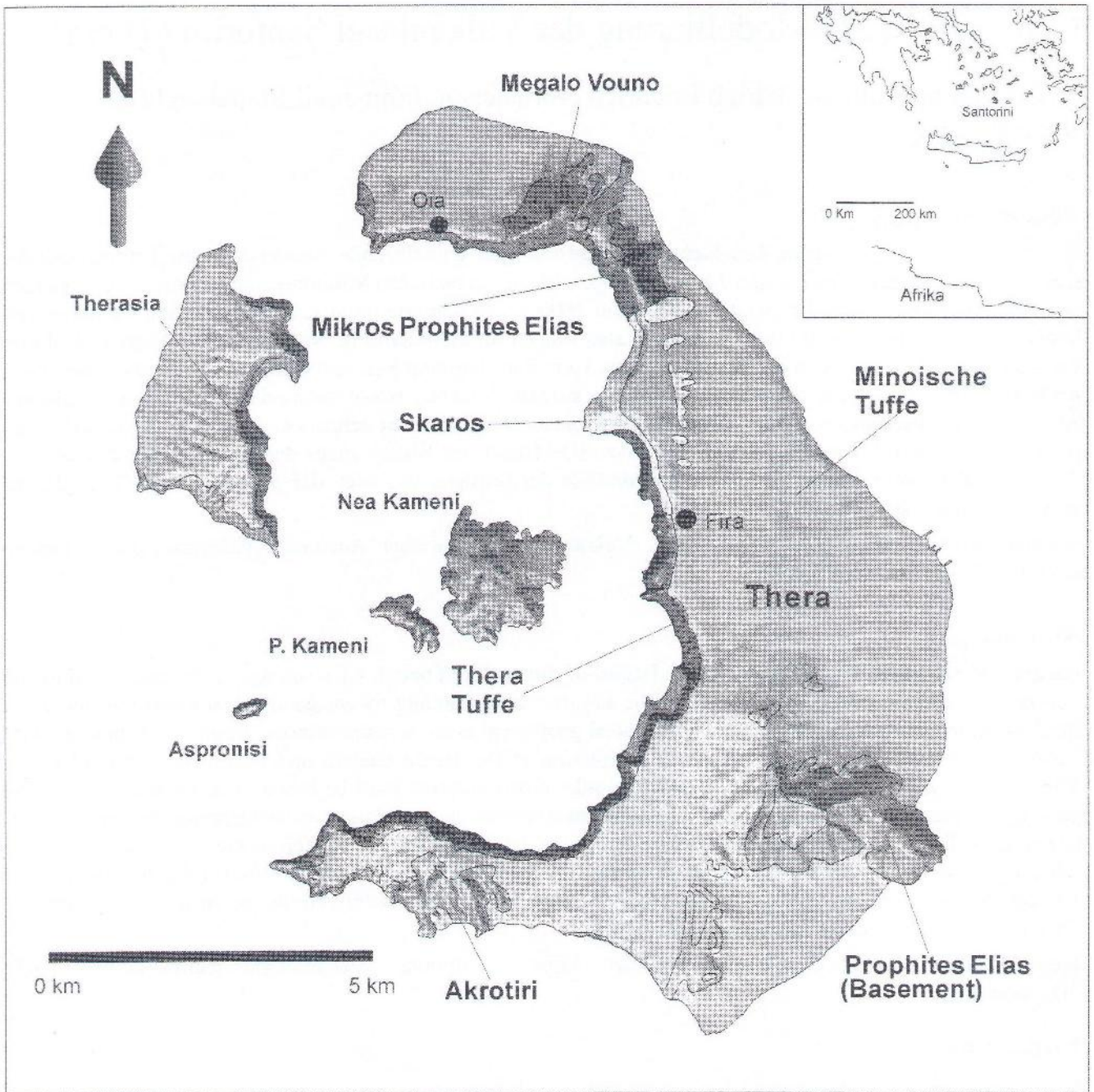
Santorini wurde im wesentlichen durch eine Folge vulkanischer Ereignisse geprägt. Die heutige Form der Inselgruppe ist durch die minoische Eruption zwischen 1400 und 1600 v. Chr. und den Einbruch der Kaldra zu erklären. Die Pyroklastika dieses Ausbruchs bedecken ca. 80% der Oberfläche der Insel, so daß die älteren Strukturen zum größten Teil einer direkten Beobachtung entzogen sind. Eine Rekonstruktion dieser Strukturen ist nur über den Aufbau eines plausiblen 3D Modells möglich. Erst am Beispiel eines solchen Modells lassen sich verschiedene strukturelle Fragen klären sowie quantitative Aussagen ableiten.

## Abriß der Geologie von Santorini

Santorini ist Teil des südägäischen Vulkanbogens (JACOBSHAGEN 1986). Dessen Entstehung wird mit dem komplizierten, immer noch aktiven Prozeß der Subduktion der afrikanischen Kruste unter die Mikroplatte der Ägäis in Verbindung gebracht (LE PICHON & ANGELIER 1979).

Der Kern der Inselgruppe befindet sich im Südosten der Insel Thera. Hier bilden dem attisch-kykladischen Kristallin zuzurechnende Metamorphite die höchste Erhebung der Insel, den Prophites Elias. Die übrigen Bereiche der Inselgruppe sind durch vulkanische Förderprodukte verschiedener Eruptionen bedeckt (FOUQUÉ 1879). Die vulkanische Geschichte Santorinis begann vor ca. 700000 Jahren und läßt sich in drei Zyklen einteilen (PICHLER et al. 1980, DRUITT et al. 1989).





**Abbildung 1.** Geologische Karte von Santorini (modifiziert nach PICHLER et al. 1980).

**Figure 1.** Geological map of Santorini (modified after PICHLER et al. 1980).

Der erste Zyklus dauerte bis ca. 100000 Jahren vor heute an. Die älteste vulkanische Formation umfaßt Pyroklastika, basaltische, andesitische und rhyodacitische Laven. Sie baut die Halbinsel Akrotiri im südlichen Bereich von Thera auf. Danach verlagerte sich die vulkanische Aktivität in den Norden der Insel. Dort bildete sich der Schildvulkan Megalo Vouno. Er besteht aus mehreren basaltischen und andesitischen Lavaströmen, die durch mehrere Generationen von Dykes durchschlagen sind. Zu gleicher Zeit wurden auch die ältesten Pyroklastika des zentralen Thera-Vulkans gefördert.

Der zweite Zyklus begann vor etwa 80000 Jahren und reichte bis zur minoischen Eruption vor etwa 3500 Jahren. Nach Förderung der sog. lower pumice series kam es zum Einbruch einer frühen Kaldera. Diese wurde mit dem Kegel des Mikros Prophites Elias und später durch die Basalt- und Andesitlaven der Schildvulkane Skaros und Therasia aufgefüllt. Der zentrale Thera-Vulkan blieb weiter tätig. Dies läßt sich aus der Verzahnung seiner Laven mit Pyroklastika höherer Einheiten erkennen. Auch die Aktivität des Megalo Vouno hielt weiter an. Seine jüngeren Pyroklastika überlagern die Vulkanite des Mikros Prophites Elias und sind mit jungen pyroklastischen Einheiten des Thera-Vulkans verzahnt. Den herausragenden geologischen Event bildet die zwischen



1400 und 1600 v. Chr. datierte minoische Eruption und die damit verbundene Kaldera-Bildung mit ihren katastrophalen Folgen für die minoische Kultur. Dabei wurde die Mehrheit der älteren Einheiten von den jüngeren Produkten des zentralen Thera-Vulkans überdeckt, so daß die heutige Landoberfläche zu ca. 80% aus diesen Förderprodukten besteht.

Der dritte Zyklus umfaßt die Ausbrüche in historischer Zeit. Hier ist vor allem die Bildung der Kameni Inseln zu nennen. Diese sind in den letzten 2000 Jahren während elf Eruptionsepisoden entstanden.

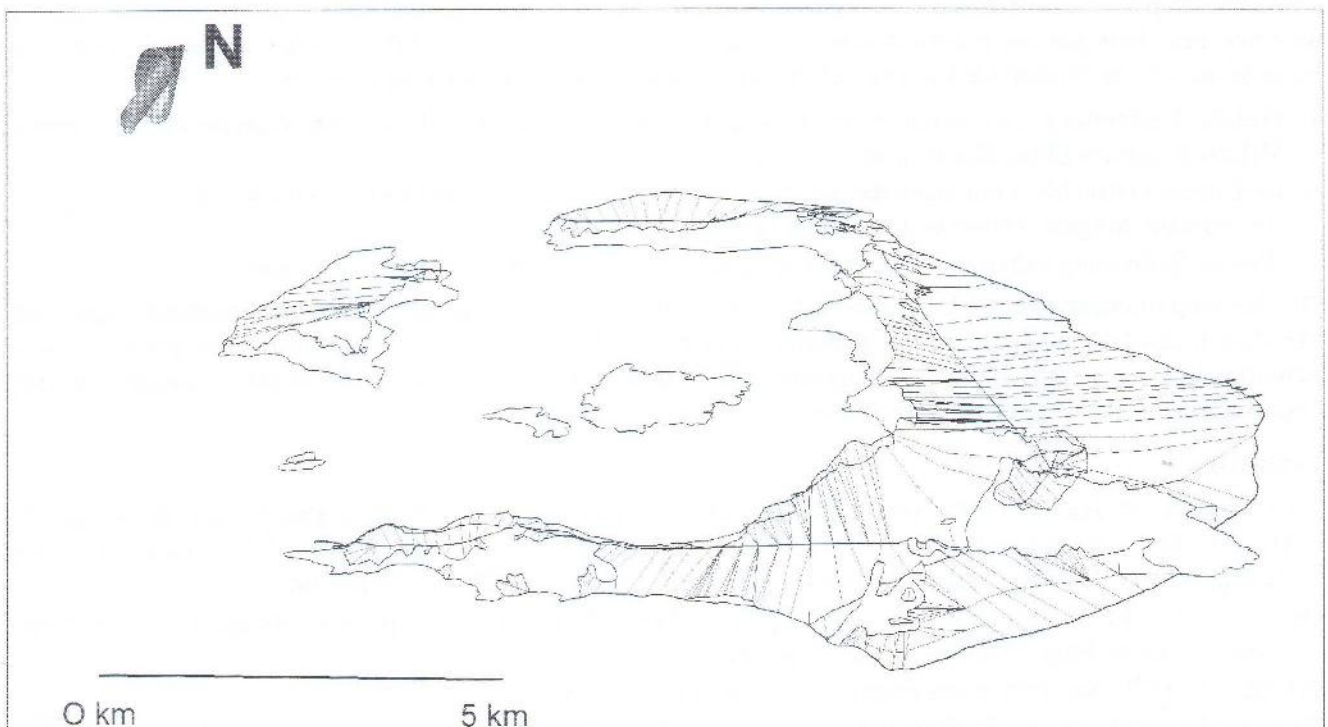
## Dreidimensionale Modellierung

Die Erstellung eines digitalen 3D Modells des heutigen Santorini bildet die Basis für die Rekonstruktion der prä-minoischen Geologie und eine Quantifizierung der Folgen der minoischen Eruption. Hierzu wurde das Softwarepaket Entec/Surpac2000 der australischen Firma Surpac Software International (Pty.) Ltd. eingesetzt. Es erlaubt, mittels Methoden des Computer Aided Designs (CAD) geologische Strukturen über Drahtmodelle zu beschreiben und diese anschließend in Flächen- oder Volumenmodelle zu überführen. Die fertigen Modelle können mittels verschiedener Visualisierungstechniken dreidimensional dargestellt und auf ihre Plausibilität geprüft werden. Zur Aufnahme des Ist-Zustandes wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

- (1) Digitalisierung der Topographie der Insel Santorini und der Bathymetrie der angrenzenden Meeresbereiche
- (2) Aufbau eines Flächenmodells (Digital Terrain Model oder DTM)
- (3) Digitalisierung der geologischen Karte
- (4) Kombination von Geologie und Topographie
- (5) Erstellung einer 3D Visualisierung (Abb. 1)

Die Rekonstruktion der minoischen Landoberfläche im Bereich der heutigen Insel erforderte neben Geländearbeit und Literaturstudium :

- (1) Digitalisierung der Ausbisse der Basis der minoischen Tuffe
- (2) Erstellung von drei geologischen Profilen durch Santorini auf der Basis der geologischen Karte von PICHLER et al. (1980). Dabei wurden die Daten aus den eigenen Geländearbeiten integriert.
- (3) Aufbau eines Flächenmodells der Liegendfläche der minoischen Tuffe. Die geologischen Schnitte und der digitalisierte Ausbiß der Basis der minoischen Tuffe entlang der Kaldera wurden dabei durch die Konstruktion von Hilfslinien korreliert (Abb. 2).

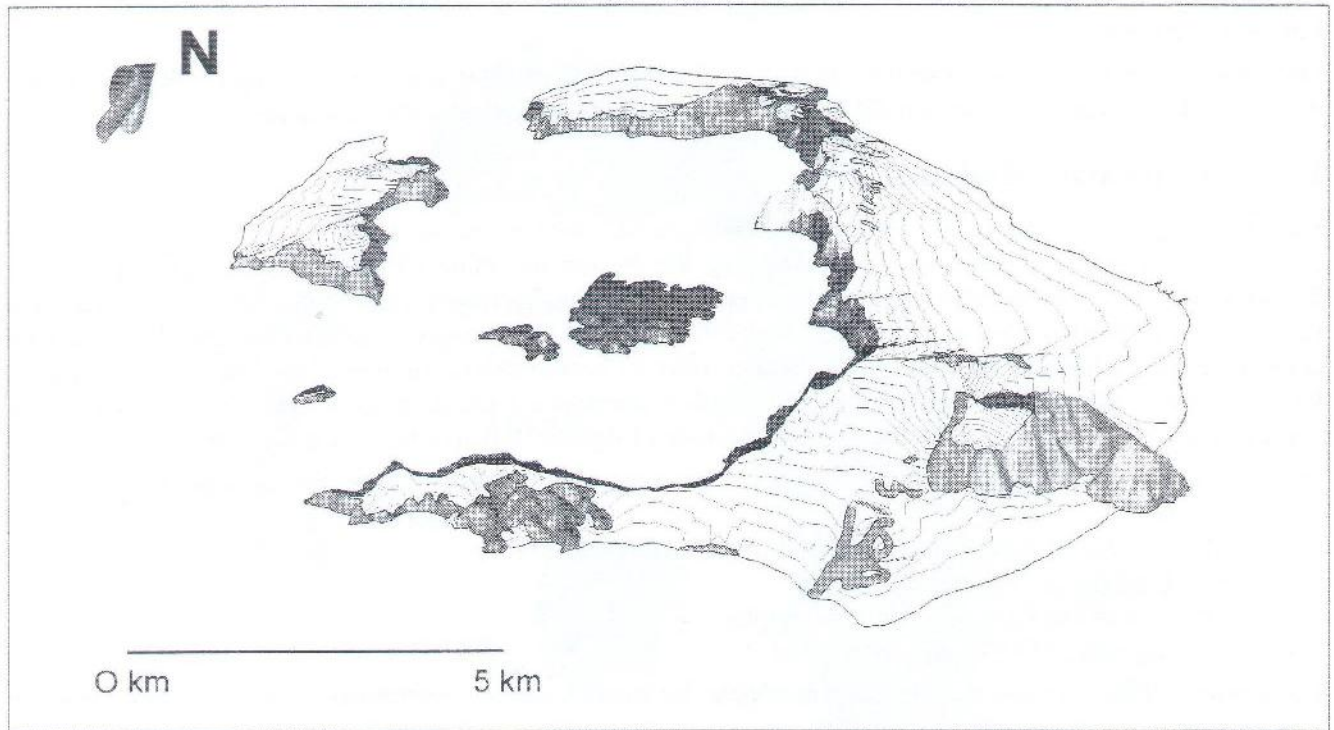


**Abbildung 2.** Drahtmodell der Liegendfläche der minoischen Tuffe.

**Figure 2.** Wireframe model of the bottom of the Minoan Tuffs.



Die prä-minoische Oberfläche im Bereich des heutigen Santorini wurde als abgedeckte Karte dargestellt (Abb. 3).



**Abbildung 3.** Rekonstruktion der minoischen Landoberfläche in Kombination mit den heute existierenden Resten des Basements und der Vulkane.

**Figure 3.** Reconstruction of the Minoan ground surface combined with the preserved parts of basement and volcanoes.

## Ausblick

Das erarbeitete Modell der prä-minoischen Topographie der Insel bildet den Ausgangspunkt für die Rekonstruktion der prä-minoischen Geologie. Zur Zeit existieren zwei verschiedene Rekonstruktionen der Topographie und der Geologie des prä-minoischen Thera-Vulkans (HEIKEN et al. 1990, ASTON & HARDY 1990), die beide keine voll befriedigende Lösung liefern. Insbesondere sind folgende Fragen offen:

- Welche Verbreitung und welchen Anteil an der prä-minoischen Insel haben die Vulkane Megalo Vouno, Mikros Prophites Elias, Skaros und Therasia?
- Ist Therasia tatsächlich ein eigenständiger Vulkan oder wird die jetzige Insel im wesentlichen von Ergüssen der Vulkane Megalo Vouno und Skaros aufgebaut?
- Welche Bedeutung haben die jetzigen Störungssysteme für die prä-minoische Geologie?

Die 3D-Modellierung von geologischen Strukturen liefert wertvolle Hinweise für solche Fragestellungen. Das 3D-Modell des Ist-Zustandes läßt sich relativ einfach modifizieren und zu einem Modell des prä-minoischen Santorini erweitern. Die digitale geologische Modellierung wird so zu einem wichtigen Hilfsmittel um die oben aufgeworfenen Fragen zu beantworten.

## Literatur

- ASTON, M.A. & HARDY, P.G. 1990. The Pre-Minoan Landscape of Thera: a Preliminary Statement. In: HARDY, D.A., KELLER, J., GALANOPOULOS, V.P., FLEMMING, N.C. & DRUITT, T.H. (eds.): Thera and Aegean World III, Vol. 2: Earth Sciences.- 348-361; London (The Thera Foundation).
- DRUITT, T.H., MELLORS, R.A., PYLE, D.M. & SPARKS, R.S.J. 1989. Explosive volcanism on Santorini, Greece. -- *Geol. Mag.*, 126 (2): 95-126; Cambridge.
- FOUQUÉ, F. 1879. Santorin et ses éruptions. 440 S.; Paris (Masson).
- HEIKEN, G., MCCOY, F. & SHERIDAN, M. 1990. Paleotopographic and Paleogeologic Reconstruction of Minoan Thera. In: HARDY, D.A., KELLER, J., GALANOPOULOS, V.P., FLEMMING, N.C. & DRUITT, T.H. (eds.): Thera and Aegean World III, Vol. 2: Earth Sciences.- 370-376; London (The Thera Foundation).
- JACOBSSHAGEN, V. 1986. Die Geologie von Griechenland.- 363 S.; Berlin (Borntraeger).

- LE PICHON, X. & ANGELIER, J. 1979. The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area. -- *Tectonophysics*, 60: 1-42; Amsterdam.
- PICHLER, H., GÜNTHER, D. & KUSSMAUL, S. 1980. Geological Map of Greece 1:50000, Sheet Thira Island.- Athens (IGME).

### Adressen

Dipl.-Geol. Evangelos Spyridonos, Priv.-Doz. Dr. Dipl.-Geol. Ulrich Friedrich Dornsiepen, Dr. Dipl.-Geol. Emmanuil Manutsoglu, Dipl.-Geol. René Prissang; Freie Universität Berlin, Institut für Geologie, Geophysik und Geoinformatik, Malteserstr. 74-100 (Haus D), D-12249 Berlin; [geoinfor@zedat.fu-berlin.de](mailto:geoinfor@zedat.fu-berlin.de)