



## Klimaveränderung und Landschaftsgenese im Zentralen Hochland von Mexiko während der letzten 900.000 Jahre

MARKUS FÖRST\*), BIRGIT TERHORST\*\*) & SERGEY SEDOV\*\*\*)

3 Abbildungen

*Mexiko  
Landschaftsgenese  
Morphologie  
Erosion  
Paläoklima  
Paläoboden*

### Inhalt

Zusammenfassung .....	61
Abstract .....	61
1. Einleitung .....	61
2. Untersuchungsgebiet .....	62
3. Methoden und Ergebnisse .....	62
4. Schlussfolgerungen .....	62
Literatur .....	63

### Zusammenfassung

Intensive Erosionsphasen schnitten während des Pleistozäns Paläorinnen durch vorhandene Paläoböden und zementierte Horizonte. Die Hohlformen wurden in relativ kurzer Zeit wieder mit Sediment verfüllt. Insgesamt konnten mindestens fünf Erosions- und Sedimentationsphasen nachgewiesen werden. Die Analyse der Dünnschliffe zeigt weiterhin schnelle Wechsel im Wasserhaushalt und die Verwitterungseigenschaften der Hornblende weisen auf warme und feuchte klimatische Bedingungen hin. Darüber hinaus deuten Phytolithen auf Steppenlandschaften während stabiler Phasen hin.

### Climatic Change and Genesis of Morphology in the Last 900 000 Years in the Central Highlands of Mexico

#### Abstract

Intensive erosional processes during the Pleistocene cut through paleosols and duripans equally in form of paleochannels. Afterwards they were refilled with sediments in a relatively short time. Altogether, there is evidence of at least five phases of erosion and sedimentation. Furthermore, the micromorphological results show changes in the water regime and weathering properties of minerals (amphibole) pointing out warmer and wetter periods in the past. Moreover, phytoliths show that former stable surfaces were covered with grassland.

### 1. Einleitung

Für den klimatischen Verlauf in Nord-Süd-Richtung hat Zentralamerika eine entscheidende Bedeutung, da es die Verbindung einer durchgehenden terrestrischen Aufzeichnung von der Arktis fast bis zur Antarktis bildet. Bisherige

Untersuchungen von Pollen und Diatomeen im Transmexican Volcanic Belt (TMVB) ergaben oft widersprüchliche Ergebnisse in Bezug auf Temperatur und Niederschlag (CABALLERO-MIRANDA et al., 2002; LOZANO-GARCÍA et al.,

\*) MARKUS FÖRST, Universität Tübingen, Geographisches Institut, Rümelinstr. 19-21, D 72070 Tübingen, Deutschland.

\*\*) BIRGIT TERHORST, Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung, Althanstraße 14, A 1090 Wien, Österreich.

\*\*\*) SERGEY SEDOV, UNAM, Institute of Geology, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F.

2004). Um weitere Daten über die terrestrischen Klimaarchive und die Landschaftsgeschichte zu erhalten, wurden im zentralmexikanischen Hochland Paläobodensequenzen untersucht. Das Untersuchungsgebiet liegt auf dem Block von Tlaxcala, welcher sich ca. 400 m über das Tal erhebt. Das Klima ist als subtropisches Klima (Cwb) klassifiziert. Die heutigen Böden sind Andisols, Cambisols und Luvisols (nach WRB) oft mit zementierten Horizonten, so genannten Duripans, bzw. Tepetate im basalen Bereich.

## 2. Untersuchungsgebiet

Das semi-aride Gebiet ist von vulkanischem Ausgangsmaterial geprägt. Der Untergrund besteht aus andesitischen Lavaströmen mit einem maximalen Alter von ca. 2,4 Mill. Jahren nach einer K/Ar-Datierung (schriftl. Mitt. S. SEDOV, UNAM, 15/06/07); darauf lagerten sich im Laufe des Quartärs vulkanische Aschen ab, aus denen sich die Paläoöden entwickelten. Diese sind eindrucksvoll in tiefen Erosionsschluchten (Barrancas) aufgeschlossen. Bisher konnten bis zu zehn Bodeneinheiten unterschieden werden, welche sich jeweils auf einer silikatischen Tepetate entwickelten. Das untersuchte Profil ist in drei Haupteinheiten unterteilt, welche auf Grund der vorherrschenden Farbe eingeteilt und benannt sind (von oben nach unten: Grey Unit, Brown Unit und Red Unit). Zwei Bodenentwicklungen gehören in die jüngste Einheit (Grey Unit), drei bis vier Böden sind in der „Brown Unit“ vertreten und mindestens vier Böden in der ältesten als „Red Unit“ bezeichneten Einheit. Das Alter der Paläoböden in der Grey Unit kann durch aztekische Tonscherben auf mindestens 1.500 Jahre eingegrenzt werden. Der unterste Bodenhorizont in der Red Unit wurde auf 900.000 Jahre auf der Basis einer K/Ar-Datierung festgelegt (Schriftl. Mitt. S. SEDOV, UNAM 15/06/07).

## 3. Methoden und Ergebnisse

Die mikromorphologischen Merkmale der vorherrschenden Paläoböden im untersuchten Profil (Duripans und Luvisols) zeigen gut ausgebildete Tonüberzüge in biogenen Hohlräumen (Wurzelbahnen, Wurmröhren), häufig auch mit wechselnden Lagen unterschiedlicher Korngröße. Ebenso finden sich variierende Färbungen der Tonüberzüge, welche sich von unterschiedlichen Fe-Gehalten herleiten. Darüber hinaus weisen deutliche, scharfe Grenzen zwischen frischem und stark verwittertem Material auf z.T. umgelagerte Böden hin. Als Indikatormineral für den Verwitterungszustand der Horizonte wurde die Hornblende gewählt, da sie einerseits leicht verwitterbar ist und andererseits in allen Horizonten als eines der häufigsten Minerale auftrat. Die Hornblende zeigt eine typische rechenartige Verwitterung. Der ursprüngliche Habitus ist jedoch noch durch erhaltene Tonanlagerungen und Hämatitränder zu erkennen. Diese spezielle Verwitterungsform der Hornblende (Abb. 1) weist auf variierende Prozessabfolgen hin, die sukzessiv abgelaufen sind. Zuerst haben sich die Tonüberzüge angelagert. Erst danach begann das Herauslösen des Minerals. Plagioklas als weiteres Indikatormineral zeigte darüber hinaus gelöste Bereiche, teilweise ersetzt durch Hämatit.

Durch die Untersuchung von Phytolithen in Dünnschliffen konnten weitere Paläolandoberflächen in der „Brown Unit“ nachgewiesen werden. Die Phytolithe sind sehr verwitterungsresistent und können über Tausende von Jahren in Böden gut erhalten bleiben (SEDOV et al., 2003). Das hauptsächliche Vorkommen von Phytolithen der Familie Poaceae (Süßgräser) deutet auf eine Steppenvegetation hin, woraus sich eine stabile Landoberfläche ableiten lässt (BREMONT et al., 2005).

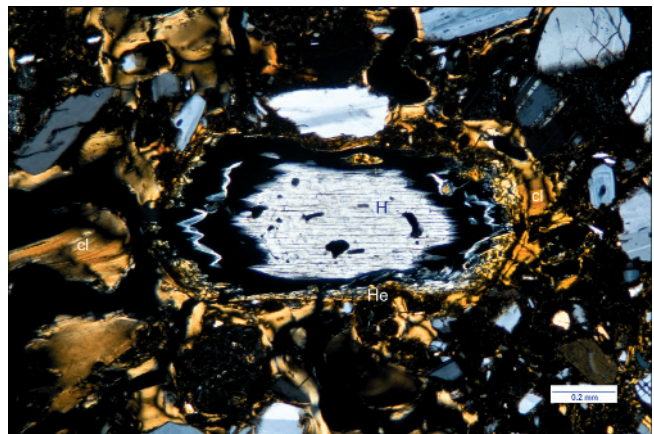


Abb. 1. Stark verwitterte Hornblende (H) mit ursprünglicher Tonanlagerung (cl) und Hämatite (He), photographiert unter gekreuzten Polarisatoren.

Weitere Ergebnisse zum Verlauf der Paläo-Landoberflächen wurden durch eine Kartierung der Paläoböden und Sedimente entlang von zwei Barrancas gewonnen (Abb. 2). Der horizontale Verlauf zeigt tiefreichende Erosionsereignisse, welche in die Duripans (Tepetate) und Bodenhorizonte gleichermaßen einschneiden. Anschließend wurden die Rinnen mit Bodensediment wieder verfüllt.

## 4. Schlussfolgerungen

Insgesamt wurden fünf Erosions- und Sedimentationsphasen für das Untersuchungsgebiet nachgewiesen. Zwei Paläo-Steppenlandschaften konnten durch die Phytolithe in den Dünnschliffen erkannt werden.

Die Sedimentation an der Basis der Red Unit begann im OIS 22. Danach kam es zu vier intensiven Verwitterungsphasen, belegt durch Paläoböden.

Die Bodenentwicklung der Brown Unit endete vor etwa 42 ka (<sup>14</sup>C-Datierung [WERNER, 2001; SEDOV et al., 2001]). Die Ergebnisse von <sup>14</sup>C-Datierungen nach WERNER (2001) und SEDOV et al. (2001) zeigen zudem für den unteren Profilabschnitt der Grey Unit Alter zwischen 28.000 und 38.000 Jahren.

Die Ergebnisse der Geländeaufnahme und der mikromorphologischen Untersuchungen zeigen einen abrupten Wechsel des Wasserregimes und signifikante Änderungen

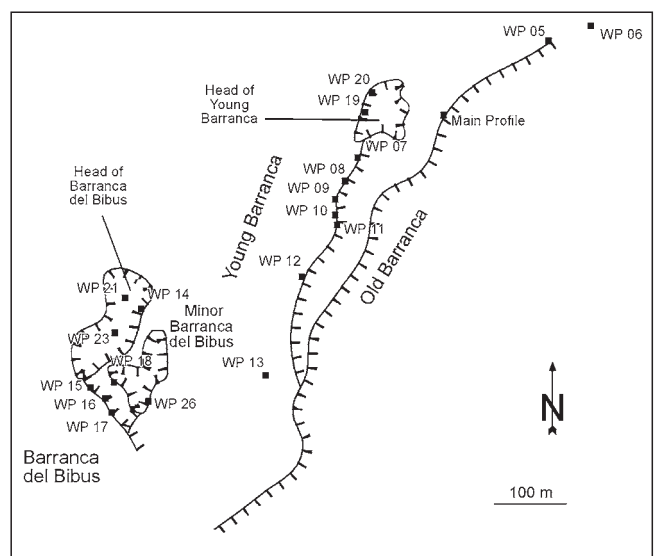


Abb. 2. Verteilung der Erosionsschluchten (Barrancas). Halbkreisförmige, flache Hohlformen stellen den Beginn einer Barranca dar.

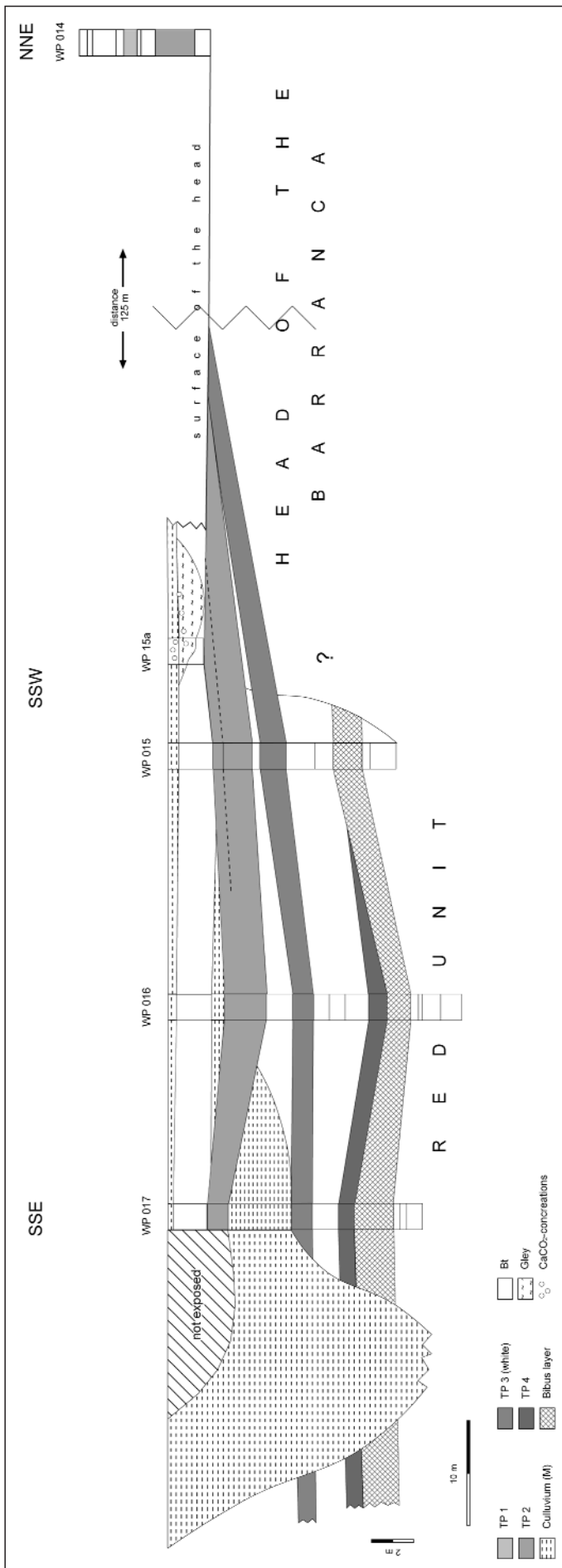


Abb. 3. Die Stratigraphie entlang der Wand von „Barranca del Bibus“ zeigt eine wiederverfüllte Paläorinne.

zwischen feuchteren und trockeneren Phasen. Im Allgemeinen kann eine Bodenbildung unter tropisch beeinflussten klimatischen Bedingungen in der basalen Red Unit durch starke chemische Verwitterung der Minerale nachgewiesen werden. Die Brown Unit zeigt hingegen eine mäßige Verwitterungsintensität. Die Grey Unit enthält noch viel frisches vulkanisches Glas, was eine Bodenbildung unter kühleren und trockeneren Bedingungen erkennen lässt.

Die Barrancas und deren Paläorinnen deuten auf eine aktive Landschaftsformung während des Pleistozäns hin. Somit kann eine rein anthropogene Ursache für die Degradation der Böden und die Entstehung der heutigen Landoberfläche für weite Bereiche ausgeschlossen werden. Erosionsschluchten und deren Verfüllung sind in diesem Gebiet kein neues Erscheinungsbild, sondern nur durch die Landnutzung während der aztekischen Besiedlung für die Menschen von größerer Bedeutung.

### Literatur

- BREMOND, L., ALEXANDRE, A., HELY, Ch. & GUIOT, J.: A phytolith index as a proxy of tree cover density in tropical areas: calibration with Leaf Area Index along a forest-savanna transect in southeastern Cameroon. – *Global and Planetary Change*, **45/4**, 27–293, 2005.
- CABALLERO, M., ORTEGA, B., VALADEZ, F., METCALFE, S., MACIAS, J.L. & SUGIURA, Y.: Sta. Cruz Atizapan: A 22-ka lake level record and climatic implications for the late Holocene human occupation in the Upper Lerma Basin, Central Mexico. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **186/3–4**, 217–235, 2002.
- LOZANO-GARCÍA, M. Del Socorro & VÁZQUEZ-SELEM, L.: A high-elevation Holocene pollen record from Iztaccíhuatl volcano, Central Mexico. – *The Holocene*, **15/3**, 329–338, 2005.
- SEDOV, S., SOLLEIRO-REBOLLEDO, E., GAMA-CASTRO, J.E., VALLEJO-GÓMEZ, E. & GONZÁLEZ-VELÁZQUEZ, A.: Buried palaeosols of the Nevado de Toluca: an alternative record of Late Quaternary environmental change in central Mexico. – *J. Quaternary Sci.*, **16**, 375–389, 2001.
- SEDOV, S., SOLLEIRO-REBOLLEDO, E. & GAMA-CASTRO, J.E.: Andosol to Luvisol evolution in Central Mexico: timing, mechanisms and environmental setting. – *Catena*, **54**, 495–513, 2003.
- WERNER, G.: Post-conference field trip: Modern Andosols of the Sierra Nevada and relict polygenetic Luvisols with tepetates (indurated horizons in volcanic sediments). – In: ETCHEVERS, J. (ed.): VI<sup>th</sup> International Symposium and Field Workshop on Paleopedology, Field Excursion Guidebook, 59–98, 2001.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt  
am 18. Juni 2008