

Z. Geomorph. N.F.	Suppl.-Bd. 48	145–153	Berlin · Stuttgart	Dezember 1983
-------------------	---------------	---------	--------------------	---------------

## Das Verhältnis von Relief- und Bodenentwicklungsphasen im Jungquartär in Zentralmexiko und in der Kalahari

von

KLAUS HEINE, Regensburg

mit 2 Figuren

**Zusammenfassung.** Am Beispiel Zentralmexikos und der Kalahari wird das Verhältnis von Relief- und Bodenentwicklungsphasen für das Jungquartär (seit ca. 40 000 a BP) aufgezeigt. Die Untersuchungsergebnisse belegen, daß das Relief in seiner feineren Gestaltung (Mesorelief) keine klimaspezifischen Züge aufweist, die mit Hilfe aktualistischer raumzeitlicher Vergleiche erklärt werden könnten. Reliefentwicklungsphasen sind auf relativ kurze Zeitabschnitte im Jungquartär beschränkt, die zudem durch geomorphologische Prozeßkombinationen geprägt wurden, die in der Gegenwart kein Analogon mehr haben. Bodenentwicklungsphasen dagegen können wesentlich längere Zeitabschnitte ausfüllen. In beiden Untersuchungsgebieten gibt es keine klimaspezifischen Reliefs; daraus resultiert die Forderung nach nicht-aktualistischen Paläoklima-Konzeptionen für die Deutung des Reliefs.

**Summary.** The relation between Late Quaternary phases of relief development (conditions of instability) and soil development (conditions of stability) is illustrated by example of the Central Mexican Highland and the Kalahari region. The research results affirm that the landforms do not show specific morphoclimatic traits concerning the geomorphology of the mesorelief that might be explained by actualistic temporal and spatial comparison. Phases of relief development are reduced to relatively short periods during the Late Quaternary (ca. 40,000 a BP until present). Furthermore, these phases of landform evolution are characterized by geomorphic processes and process combinations that do not have any similarity with present-day conditions. Phases of soil development, on the contrary, may extend over much longer periods. The landforms of both areas of investigations do not give examples of climato-genetic geomorphology. Hence it follows that we must ask for non-actualistic palaeoclimatic concepts that may help to explain the processes involved in the development of landforms.

**Résumé.** La relation entre les phases de développement du relief au Quaternaire récent (conditions d'instabilité) et la pédogenèse est illustrée par l'exemple des hauts plateaux du Mexique central et la région du Kalahari. Les résultats de la recherche attestent que le mésorelief ne montre pas de traits morphoclimatiques spécifiques qui puissent être expliqués sur base de comparaisons avec des situations actuelles. Des phases de développement du relief sont réduites à des périodes relativement courtes du Quaternaire récent (environ 40 000 B.P. jusqu'aujourd'hui). En outre, ces phases d'évolution morphologique sont caractérisées par des processus et des combinaisons de

0044-2798/83/0048-0145 \$ 2.25

© 1983 Gebrüder Borntraeger, D-1000 Berlin · D-7000 Stuttgart

processus qui n'ont aucune ressemblance avec la situation actuelle. Au contraire, des phases de développement du sol peuvent s'étendre sur des périodes beaucoup plus longues. Les formes des deux régions étudiées ne fournissent pas d'exemples de géomorphologie climato-génétique. Il en résulte que nous devons chercher des concepts paléoclimatiques non actuels qui puissent contribuer à expliquer les processus impliqués dans le développement du paysage.

### *Einleitung*

Geomorphologen bedienen sich bei der Erforschung des Reliefs häufig des raum-zeitlichen Großvergleichs. Dieser besteht darin, daß auf dem heutigen Festland eine klima-morphologische Zone gesucht wird, die hinsichtlich ihrer Formenwelt mit der zu erklärenden fossilen Reliefgeneration vergleichbar ist und in der die Bildungsmechanismen, die die Formen bewirken, heute auftreten und erfäßbar sind (BÜDEL 1977: 197). Bereits 1970 weist ROHDENBURG nachdrücklich darauf hin, daß aktualistische Paläoklima-Konzeptionen durch nicht-aktualistische Paläoklima-Konzeptionen ergänzt werden müssen. In jüngster Zeit stellen immer mehr Autoren ein klimaspezifisches Relief in Frage (z. B. DOUGLAS 1980), indem die Grundannahme der klimatischen Geomorphologie bezweifelt wird, daß nämlich die Klimatelemente über eine ausreichend lange Zeit hinweg so stabil sein können, daß ein klimaspezifisches Relief entsteht.

Am Beispiel Zentralmexikos und der Kalahari wird das Verhältnis von Relief- und Bodenentwicklungsphasen für das Jungquartär (seit ca. 40 000 a BP) aufgezeigt; die Untersuchungsergebnisse belegen, daß das Relief in seiner feineren Gestaltung (Mesorelief) keine klimaspezifischen Züge aufweist, die mit Hilfe aktualistischer raumzeitlicher Vergleiche erklärt werden könnten. Reliefentwicklungsphasen sind auf relativ kurze Zeitabschnitte im Jungquartär beschränkt, die zudem durch geomorphologische Prozeßkombinationen geprägt wurden, die in der Gegenwart kein Analogon mehr haben. Bodenentwicklungsphasen dagegen können wesentlich längere Zeitabschnitte ausfüllen<sup>1</sup>.

### *Zentralmexiko*

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung der Relief- und Bodenentwicklungsphasen während der letzten 40 000 a BP für Zentralmexiko. Der Figur liegen Untersuchungen zugrunde, die im wesentlichen in der östlichen Cordillera Neovolcánica Mexikos im Rahmen des Mexiko-Projektes der DFG von Geomorphologen, Geologen, Bodenkundlern, Paläobotanikern und Archäologen ausgeführt wurden. Über die jungquartären chronostratigraphischen Verhältnisse habe ich in den letzten Jahren wiederholt berichtet (u. a. HEINE 1975, 1976 a, 1977 a, 1980, 1983 a).

Eine vorsichtige knappe Interpretation der Figur 1 führt zu folgenden Thesen:

- (1) Die Reliefentwicklungsphasen waren in den letzten 40 000 a BP in Zentralmexiko auf einige kurze Abschnitte beschränkt,
- (2) die Reliefentwicklungsphasen waren in den tiefsten Reliefteilen am schwächsten und kürzesten ausgebildet, in den Gipfelregionen der Vulkangebirge dagegen dauerten sie während des gesamten Jungquartärs an,

<sup>1</sup> Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf zahlreichen Detailstudien, deren Inhalt hier nicht wiedergegeben werden kann. Über die zugrunde liegenden Fakten informieren die zitierten Abhandlungen des Autors sowie die dort erwähnte weitere Literatur.

- (3) während der letzten 3000 a BP ist der Mensch für eine Reliefentwicklungsphase in den Reliefteilen bis 3000 m Höhe (seit 1960 bis über 3600 m Höhe) verantwortlich,
- (4) aus dem Verhältnis von anthropogen und nicht anthropogen verursachten Relief- und Bodenentwicklungsphasen resultiert:
  - a) Kann die Frage nach einem klimaspezifischen Relief überhaupt beantwortet werden?
  - b) Darf die Gegenwart (mit anthropogen verursachter Reliefentwicklungsphase) für raum-zeitliche Vergleiche herangezogen werden?
  - c) Muß den nicht-aktualistischen Paläoklima-Konzeptionen bei der Deutung des Reliefs der Vorzug gegeben werden?

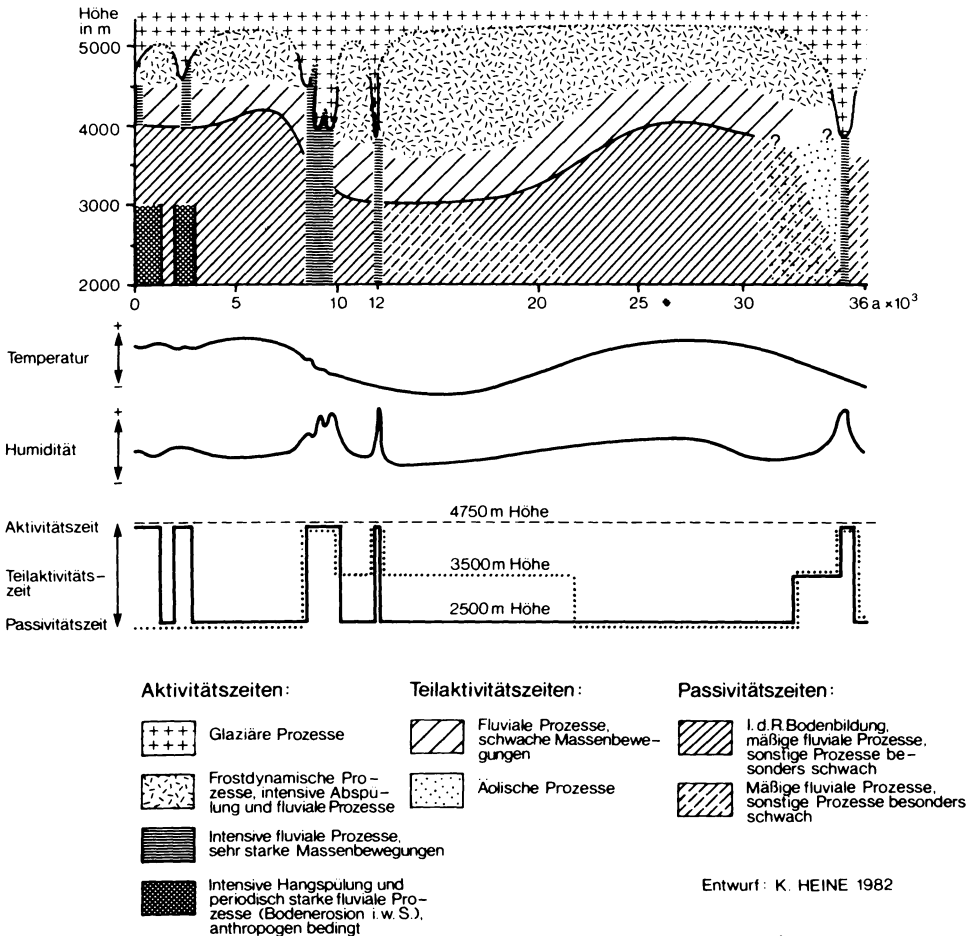


Fig. 1. Modell des raumzeitlichen Wandels der geomorphologischen Prozesse für zentralmexikanische Vulkanlandschaften während des Spätquartärs. Endogene Vorgänge (Vulkanismus etc.) bleiben unberücksichtigt.

*Zu (1):* Bleiben endogene Vorgänge unberücksichtigt (vulkanische Eruptionen, Erdbeben, tektonische Bewegungen), so wurden die Becken- und Vulkangebirgslandschaften der östlichen Cordillera Neovolcánica Mexikos entscheidend während recht kurzer Reliefentwicklungsphasen geprägt. Die chronostratigraphischen Forschungen zur Landschafts- und Klimageschichte während der letzten 40 000 a BP haben ergeben, daß vor ca. 36 000–34 000 a BP, um ca. 12 000 a BP und vor ca. 10 000–8500 a BP Reliefentwicklungsphasen auftraten, für die folgende Prozesse charakteristisch waren: Die Niederschläge waren bedeutend höher, die Temperaturen niedriger als heute. Die Vulkangebirge waren in Höhen über ca. 4000 m vergletschert, große Talgletscher erstreckten sich bis ca. 3000 m Höhe hinab, Solifluktion i.w.S. und Bodenabspülung erfolgten an den waldlosen Gebirgshängen in Höhen zwischen 3000 und 4000 m Höhe (die obere Waldgrenze lag ca. 1000 m tiefer als heute). Die Tiefenlinien zeigten starke Abtragung und Schotter-/Schutt-Transport; an den unteren Gebirgshängen wurden Schuttkegel und Schwemmfächer abgelagert. In den Becken bildeten sich Seen mit limnischen Sedimenten. Sowohl aus den subnivalen Gebieten (3000–4000 m Höhe) als auch aus den vegetationslosen Schutt-/Schotterfluren und (zeitweise trockenen) Seeböden wurden Staubpartikel ausgeblasen und an den Hängen als Staubsedimente abgelagert. Die Reliefentwicklungsphasen vor 36 000–34 000 a BP, ca. 12 000 a BP und 10 000–8500 a BP haben entscheidenden Anteil an der Ausbildung der Mesoformen im hier betrachteten Gebiet.

*Zu (2):* Die Reliefentwicklungsphasen lassen sich in Zentralmexiko nicht nur zeitlich erfassen und gegenüber den Bodenentwicklungsphasen abgrenzen. Auch räumlich müssen die Reliefentwicklungsphasen differenziert werden. Figur 1 veranschaulicht, daß in größeren Höhen der Vulkangebirge die Reliefentwicklungsphasen während des gesamten hier betrachteten Zeitabschnitts andauerten. Das betrifft die Höhenzone der glaziären Prozesse (die klimatische Schneegrenze liegt heute in ca. 5000 m Höhe) und die Höhenzone der frostdynamischen Prozesse, intensiven Abspülung und fluvialen Vorgänge. In Abhängigkeit von den jungquartären Klimaereignissen zeigen die genannten Höhenzonen einerseits eine Verschiebung ihrer unteren und oberen Grenzen (diese Verschiebungen treten nicht parallel zueinander auf!), andererseits haben sie aber auch inhaltliche Veränderungen erfahren, nämlich (a) während der unter (1) genannten Reliefentwicklungsphasen und (b) während der gesamten Jungquartärzeit; im letztgenannten Fall haben sich langsam ändernde hygrische und thermische Bedingungen für eine unterschiedliche Bedeutung der frostdynamischen Prozesse, der intensiven Abspülung und der fluvialen Prozesse in der subnivalen Zone gesorgt. So war beispielsweise die Zeit zwischen ca. 17 000 und 12 500 a BP in der subnivalen Zone durch recht kalte und auch recht trockene Verhältnisse geprägt; inwieweit diese Zeit in der subnivalen Zone als Reliefentwicklungsphase angesehen werden kann, läßt sich nicht mehr recht beurteilen, zumal die Firn- und Gletscherbedeckung der nachfolgenden Vergletscherungsphasen die Spuren aus dem letzteiszeitlichen Hochglazial verwischt hat.

*Zu (3):* Während der letzten 3000 a BP sind einerseits Reliefentwicklungsphasen (ca. 3000–2000 a BP und „Kleine Eiszeit“) in großen Höhen an den Gebirgen zu beobachten, die zwar weniger intensiv an der Reliefgestaltung beteiligt waren als die Phasen vor 36 000–34 000, ca. 12 000 und 10 000–8500 a BP, und andererseits Reliefentwicklungsphasen (ca. 3000 a BP – 100 a A.D. und seit ca. 700 a A.D.) in Höhen bis ca. 3000 m, die durch anthropogen ausgelöste Bodenerosionsprozesse i.w.S. charakterisiert werden. Über

die gewaltigen Ausmaße der vom Menschen bedingten Bodenerosion habe ich an anderer Stelle berichtet (HEINE 1976 a, 1978 a, 1980, 1983 d).

Zu (4): Die Bodenentwicklungszeiten (Fig. 1) wurden in Zentralmexiko während des Jungquartärs nur recht kurz von Reliefentwicklungsphasen unterbrochen. Selbst die weltweiten Klimaschwankungen im Jungquartär brachten für die Reliefeile bis in Höhen um 4000 m kaum Veränderungen, wenn von den genannten Reliefentwicklungsphasen und der Absenkung der subnivalen Höhenzone zwischen ca. 25 000 und 10 000 a BP abgesehen wird. Das sogenannte Hochglazial (ca. 25 000–13 000 a BP) war in Zentralmexiko weder in den Beckengebieten noch an den unteren Gebirgshängen eine Reliefentwicklungszeit. Auch das letztkaltzeitliche Interstadial um 32 000–28 000 a BP trat nicht als Reliefentwicklungszeit hervor. Glazial-, Interstadial- und Interglazialzeiten (z. B. Holozän) sind keine Reliefentwicklungsphasen, sondern diese sind auf ganz bestimmte, relativ kurze Zeitabschnitte beschränkt. Die Frage nach einem klimaspezifischen Relief kann daher nicht beantwortet werden. Das heutige Relief Zentralmexikos ist weder für das rezente noch für das hochglaziale oder für das Klima an der Wende Pleistozän/Holozän (ca. 10 000–8500 a BP) spezifisch. Aufgrund der Ergebnisse der geowissenschaftlichen und archäologischen Forschung muß die Frage nach dem klimaspezifischen Relief mit dem Hinweis beantwortet werden, daß es in Zentralmexiko kein klimaspezifisches Relief gibt. Darüber hinaus sollte allerdings nicht übersehen werden, daß diese Frage auch eine Frage des Maßstabes sein kann. Figur 1 bezieht sich auf die Mesoformen. Die geomorphologischen Grundstrukturen (Makroformen) werden in Zentralmexiko durch Tektonik und Vulkanismus geprägt; sie sind somit ebenfalls nicht klimaspezifisch. Klimaspezifisch sind in Zentralmexiko allenfalls die Mikroformen sowie verschiedene Mesoformen in den Reliefteilen über ca. 4000 m Höhe, wie beispielsweise Muren, Blockhalden, Glatthänge, Moränen, Schluchten und Grobsedimentfächer (HEINE 1976b, 1977b, 1983 c).

Der Mensch vermag durch seine Eingriffe Ökosysteme ähnlich zu wandeln wie das Klima (DONGUS 1980: 24; RATHJENS 1979), daher darf die Gegenwart für raum-zeitliche Vergleiche bei der Erforschung des Reliefs nur bedingt herangezogen werden. In Zentralmexiko wird die gegenwärtige Morphodynamik zum größten Teil durch die Aktivitäten des Menschen gesteuert; aus ihr darf somit nicht auf die Anlage, Weiterbildung und/oder Zerstörung der Formen während früherer Zeiten geschlossen werden (vgl. HEINE 1976 a: 174 f.). Allenfalls für die Gebirgsregionen über 4000 m Höhe ist der Einfluß des Menschen auf die geomorphologischen Prozesse bisher gering geblieben, doch führen Beweidung, Erosions-„Schutzgräben“ und Straßenanlagen in jüngster Zeit bereits zu erheblichen Veränderungen des geomorphologischen Geschehens in den Gebirgen zwischen 4000 und 4500 m Höhe, so daß hier seit zwei Jahrzehnten oft eine Reliefentwicklungsphase herrscht (HEINE 1978 a).

Die Ausführungen fordern nicht-aktualistische Paläoklima-Konzeptionen bei der Deutung des Reliefs.

### *Kalahari*

Figur 2 zeigt Relief- und Bodenentwicklungsphasen des Jungquartärs für die Kalahari zwischen ca. 19° und 27° entlang eines Schnittes bei ca. 22° 30' E. Die chronostratigraphischen Verhältnisse sind durch zahlreiche absolute Datierungen relativ gut bekannt (vgl.

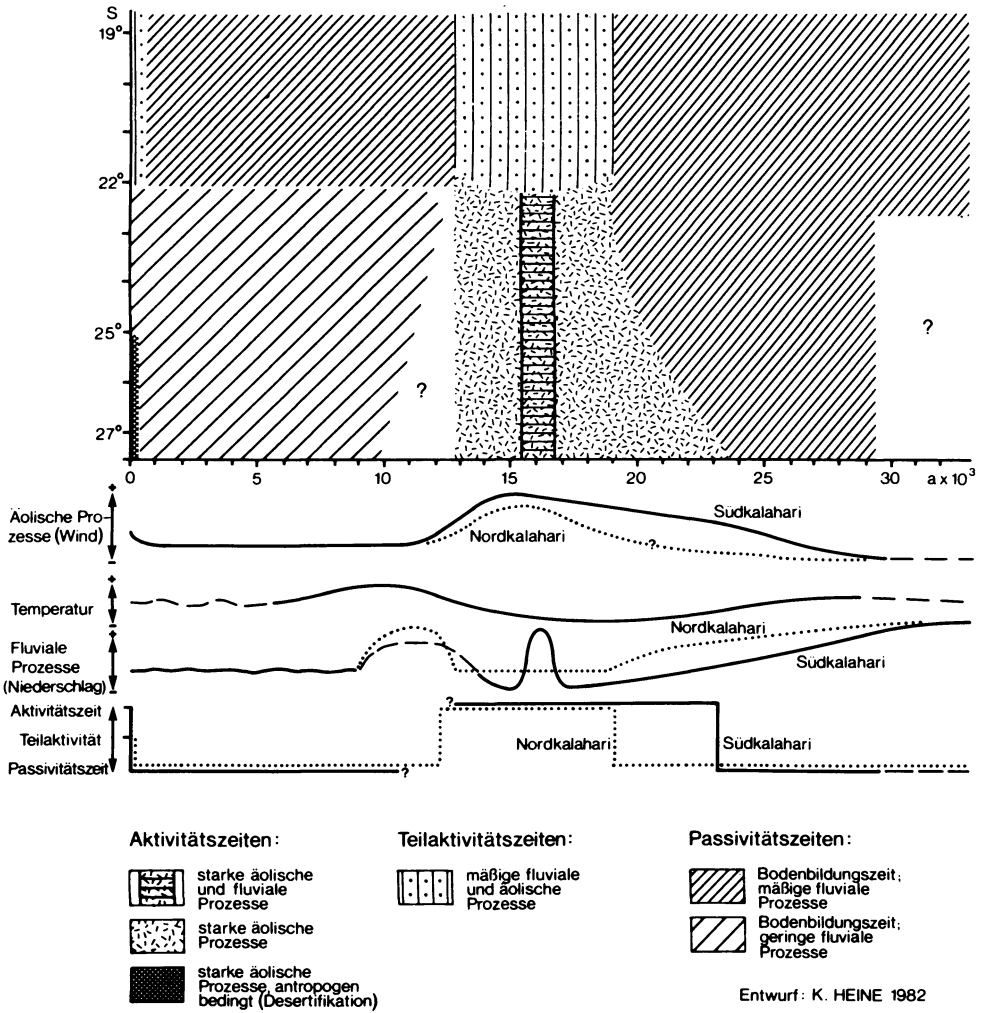


Fig. 2. Modell des raumzeitlichen Wandels der geomorphologischen Prozesse für die Kalahari (ca. 22° 30' E) während des Spätquartärs.

HEINE 1978b, 1978c, 1979, 1981, 1982). Die Interpretation der Befunde führt zu folgenden Thesen:

- (1) Während der letzten ca. 40 000 a BP gab es im Süden zwischen ca. 23 000 und 13 000 a BP und im Norden zwischen ca. 19 000 und 13 000 a BP eine Reliefentwicklungsphase,
- (2) in der Süd-/Südwest-Kalahari zeigte diese Reliefentwicklungsphase zwischen ca. 16 500 und 15 500 a BP eine besonders aktive Formung,

- (3) eine zweite Reliefentwicklungsphase setzte in der Süd-/Südwest-Kalahari vor ca. 200 Jahren ein; seither wird das Gebiet weidewirtschaftlich vom Menschen genutzt,
- (4) das Verhältnis und die zeitliche Stellung von Relief- und Bodenentwicklungsphasen zeigt, daß
  - a) heute kein klimaspezifisches Relief vorliegt,
  - b) im Süden/Südwesten ein „klimaspezifisches Relief“ vorgetäuscht wird, da in den letzten beiden Jahrhunderten Desertifikationsprozesse in Gang gekommen sind,
  - c) bei der Deutung des Reliefs nicht-aktualistische Paläoklima-Konzeptionen benutzt werden müssen.

*Zu (1):* Gegenüber den Bodenentwicklungszeiten treten – wie in Zentralmexiko – auch in der Kalahari die Reliefentwicklungsphasen zeitlich stark zurück. Die Reliefentwicklungsphase zwischen ca. 23 000 und 13 000 a BP (bzw. 19 000–13 000 a BP im Norden) wird im Süden durch starke äolische Prozesse (Dünenbildung, Pfannenbildung, vgl. HEINE 1981) und im Norden durch mäßig starke äolische Prozesse in Verbindung mit fluvialen Vorgängen charakterisiert. In der Süd-Kalahari trat schließlich eine Phase zwischen 16 500 und 15 500 a BP auf, in der äolische und fluviale Prozesse gleichzeitig dominant waren (Dünen- und Pfannenbildung als äolische Vorgänge, Talbildung und Pfannen-Hangbildung als fluviale Vorgänge).

*Zu (2):* Die Reliefentwicklungsphase der Süd-/Südwest-Kalahari um 16 000 a BP wurde durch klimatische und damit geomorphodynamische Bedingungen geprägt, wie sie rezent (und vermutlich auch im Holozän) nicht mehr in den ariden/semiariden Gebieten des südlichen Afrikas angetroffen werden.

*Zu (3):* Die Reliefentwicklungsphase der Süd-/Südwest-Kalahari seit ca. 200 Jahren ist anthropogen bedingt und durch die Beweidung verursacht. Eine Aktivierung der äolischen Morphodynamik hat eingesetzt, jedoch zeigen die sedimentologischen Untersuchungen, daß die transportierten Sedimente wie auch die gebildeten Formen nicht mit den äolischen Bildungen der spätpleistozänen Reliefentwicklungsphase vergleichbar sind (die rezenten Dünenlande sind feiner als die spätpleistozänen, zudem tonhaltiger; die Dünenformen der Gegenwart sind von den rezenten Wind- und Vegetationsverhältnissen abhängig, die Dünenformen des Spätpleistozäns weisen auf zwei Windsysteme und größere Windstärken, vgl. HEINE 1981).

*Zu (4):* Das Verhältnis und die zeitliche Stellung der Relief- und Bodenentwicklungsphasen veranschaulicht, daß in der Kalahari kein klimaspezifisches Relief vorliegt. Weder die Dünenlandschaften noch die Trockentalformen und die Strandterrassen der Makarikari- und Ngami-Pfannenlandschaften sowie der zahlreichen kleinen Pfannen der mittleren Kalahari und der großen Pfannen der Südwest-Kalahari sind klimaspezifische Bildungen, die mit aktualistischen Paläoklima-Konzeptionen erklärt werden können. Der Formenschatz der Kalahari verdankt seine Entstehung Reliefentwicklungsphasen, die windreicher und/oder wärmer bzw. kühler und/oder feuchter bzw. trockener waren als die entsprechenden oder benachbarten Klimagebiete der Gegenwart. Nur nicht-aktualistische Paläoklima-Konzeptionen können die Deutung des Reliefs ermöglichen.

### *Folgerungen*

Anhand ausgewählter, chronostratigraphisch besonders gut bearbeiteter Relief- und Bodenentwicklungsphasen in Zentralmexiko und im südlichen Afrika lassen sich Aussagen über die jüngsten Reliefentwicklungsgenerationen in zwei Randtropen-Regionen machen.

In beiden Untersuchungsgebieten nehmen die Bodenentwicklungsphasen im Verhältnis zu den Reliefentwicklungsphasen den weitaus größten Zeitraum ein. Da die hier betrachteten Zeiträume – geologisch gesehen – recht kurz sind (ca. 40 000 Jahre), muß davon gewarnt werden, die Ergebnisse über den Untersuchungszeitraum von ca. 40 000 Jahren hinaus zu extrapolieren.

In beiden Untersuchungsgebieten gibt es keine klimaspezifischen Reliefs.

Die Bedeutung der Lösungsabfuhr, die während der Bodenentwicklungsphasen prozentual die größten Beträge erreichen dürfte, ist nur sehr schwer für die vorliegenden Untersuchungsgebiete einzuschätzen. In der Kalahari hat die Lösungsabfuhr keine erkennbare Bedeutung gehabt, denn große Gebiete sind abflußlos; die Pfannen des Makarikari-Gebietes belegen, daß die Lösungsrückstände der einströmenden Wasser im Jungquartär sehr geringmächtig sind. Andere Gebiete der Kalahari sind von mächtigen tertiären und pleistozänen Dünenansanden bedeckt, in denen sich keine oberirdischen Entwässerungsbahnen bilden konnten. Die Flußsysteme von Molopo, Nossob und Auob in der Süd- und Südwest-Kalahari enden seit ca. 20 000 a BP in Pfannen, die keine Evaporite ausgebildet haben. – Die Grundwässer der Kalahari geben ebenfalls keine Hinweise auf einen stärkeren Lösungsabtrag während der letzten 40 000 a BP.

In Zentralmexiko lassen die oft recht vollständig erhaltenen fossilen Bodenprofile eine Rekonstruktion der früheren Landoberflächen zu, die nicht selten von vulkanischen und/oder äolischen Ablagerungen bedeckt wurden. Die bodenkundlichen Untersuchungen zeigen, daß zwar mit Verlagerungen verschiedener Elemente in den Böden gerechnet werden muß, daß jedoch in den sogenannten Barro-Böden, die weite Gebiete einnehmen, und in den Ando-Böden, die an den Gebirgshängen zwischen ca. 3000 und 4200 m Höhe auftreten, eine stärkere Abfuhr gelöster Bestandteile zum Grundwasser bzw. zum Vorfluter nicht zu erkennen ist. Somit kann auch für Mexiko die Bedeutung der Lösungsabfuhr bei der Ermittlung der Reliefentwicklungsphasen unberücksichtigt bleiben. Im Verhältnis zu dem oberirdisch bewegten festen Mineralkomponenten ist die Lösungsabfuhr vernachlässigbar gering während des hier betrachteten Zeitraumes.

In beiden Untersuchungsgebieten erfahren Teilbereiche eine Reliefentwicklungsphase, die in Zentralmexiko mit kurzer Unterbrechung seit ca. 3000 Jahren bzw. in der Süd-/Südwest-Kalahari seit ca. 200 Jahren andauert und die anthropogen ausgelöst wurde. Der Mensch beeinflusste und beeinflusst hier das geomorphologische Wirkungsgefüge viel stärker als die Natur (z. B. Klima). Daraus ergeben sich grundsätzliche und methodische Überlegungen, die von RATHJENS (1979: 126–138) ausführlich diskutiert worden sind.

### *Danksagung*

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für großzügige finanzielle Unterstützung meiner Feldforschungen in Mexiko und im südlichen Afrika.



## Literatur

- BÜDEL, J. (1977): Klima-Geomorphologie. – 304 S., Stuttgart – Berlin.
- DONGUS, H. J. (1980): Die geomorphologischen Grundstrukturen der Erde. – 200 S., Stuttgart.
- DOUGLAS, I. (1980): Climatic geomorphology. Present-day processes and landform evolution. Problems of interpretation. – Z. Geomorph. N.F., Suppl. 36: 27–47.
- HEINE, K. (1975): Studien zur jungquartären Glazialmorphologie zentralmexikanischer Vulkane mit einem Ausblick auf die Klimaentwicklung. – Das Mexiko-Projekt der DFG, Bd. VII, 178 S., Wiesbaden.
- (1976 a): Schneegrenzdepressionen, Klimaentwicklung, Bodenerosion und Mensch im zentralmexikanischen Hochland im jüngeren Pleistozän und Holozän. – Z. Geomorph. N.F., Suppl. 24: 160–176.
  - (1976 b): Blockgletscher- und Blockzungen-Generationen am Nevado de Toluca, Mexiko. – Die Erde, 107: 330–352.
  - (1977 a): Beobachtungen und Überlegungen zur eiszeitlichen Depression von Schneegrenze und Strukturbodengrenze in den Tropen und Subtropen. – Erdkunde, 31: 161–178.
  - (1977 b): Zur morphologischen Bedeutung des Kammeises in der subnivalen Zone randtropischer semihumider Hochgebirge. Beobachtungen aus Mexiko in den Jahren 1971–1975. – Z. Geomorph. N.F., 21: 57–78.
  - (1978 a): Mensch und geomorphodynamische Prozesse in Raum und Zeit im randtropischen Hochbecken von Puebla/Tlaxcala, Mexiko. – Tag. Ber. u. wiss. Abh. 42. dt. Geogr.-Tag Mainz, S. 390–406, Wiesbaden.
  - (1978 b): Jungquartäre Pluviale und Interpluviale in der Kalahari (südliches Afrika). – Palaeoecology of Africa, 10: 31–39.
  - (1978 c): Radiocarbon chronology of Late Quaternary lakes in the Kalahari, southern Africa. – Catena, 5: 145–149.
  - (1979): Reply to Cooke's discussion of: K. HEINE: Radiocarbon chronology of Late Quaternary lakes in the Kalahari, southern Africa. – Catena, 6: 259–266.
  - (1980): Quartäre Pluvialzeiten und klimamorphologischer Formenwandel in den Randtropen (Mexiko, Kalahari). – Arb. Geogr. Inst. Univ. Saarland, 29: 135–157.
  - (1981): Aride und pluviale Bedingungen während der letzten Kaltzeit in der Südwest-Kalahari (südliches Afrika). – Z. Geomorph. N.F., Suppl. 38: 1–37.
  - (1982): The main stages of the Late Quaternary evolution of the Kalahari region, southern Africa. – Palaeoecology of Africa, 15: 53–76.
  - (1983 a): Ein außergewöhnlicher Gletschervorstoß in Mexiko vor 12 000 Jahren. Ein Beitrag zum Problem der spätglazialen Klimaschwankungen. – Catena, 10: 1–25.
  - (1983 b): Führt die Quartärforschung zu nicht-aktualistischen Modellvorstellungen in der Geomorphologie? – Coll. Geogr., 16: 93–121.
  - (1983 c): Mesoformen der Periglazialstufe der semihumiden Randtropen, dargestellt an Beispielen der Cordillera Neovolcánica, Mexiko. – Abh. Akad. Wiss. Lit. Göttingen (im Druck).
  - (1983 d): Bodenabtragung in Zentralmexiko: Messungen – Extrapolationen – geomorphologisch-sedimentologische Befunde. – Geogr. Ztschr. 71: 28–40.
- RATHJENS, C. (1979): Die Formung der Erdoberfläche unter dem Einfluß des Menschen. – 160 S., Stuttgart.
- ROHDENBURG, H. (1970): Morphodynamische Aktivitäts- und Stabilitätszeiten statt Pluvial- und Interpluvialzeiten. – Eiszeitalter u. Gegenwart, 21: 81–96.

Adresse des Autors: Prof. Dr. KLAUS HEINE, Institut für Geographie der Universität Regensburg, Postfach 397, D-8400 Regensburg.