

# Vergleichende geowissenschaftliche Planetenkunde\*

Eine neue geowissenschaftliche Disziplin

## 1 Einleitung

Mit dem erfolgreichen Start automatischer Planetensonden (Mars: unter anderem Mariner 9, Viking I und II; Venus: zum Beispiel Pioneer Venus, Venera 15 und 16) wurde Bildmaterial von der Oberfläche der Planeten Mars und Venus verfügbar, das eine detaillierte geowissenschaftliche Auswertung erlaubt. Damit sind erstmals vergleichende geowissenschaftliche Untersuchungen des Reliefs (Morphogenese, Morphodynamik) und der Geologie mehrerer erdähnlicher Planeten möglich, und es eröffnen sich auch für die angewandten Geowissenschaften Möglichkeiten und Dimensionen, die bisher unvorstellbar waren. Im folgenden sollen die wichtigsten der schon jetzt erkennbaren Untersuchungs- und Vergleichsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Zum besseren Verständnis wird jeweils eine Kurzbeschreibung des Planeten vorangestellt, von dessen Oberfläche die aufgelisteten Beispiele abgeleitet sind.

## 2 Der Mars

### 2.1 Vorhandenes Material und bisherige Aktivitäten

Für den Mars ist das Bildmaterial, das wegen der im optischen Bereich durchlässigen Atmosphäre des Planeten überwiegend im sichtbaren Bereich des Lichtes aufgenommen wurde, inzwischen auf viele tausend Bilder angewachsen. Es wird Wissenschaftlern aus aller Welt von der NASA und anderen Institutionen der USA zur Verfügung gestellt. Die Zahl der daraus vom US Geological Survey erstellten Karten geht bereits in die Hunderte (von Übersichtskarten im Maßstab

1:25 000 000 bis hin zu hoch auflösenden Spezialkarten im Maßstab 1:500 000). Mit den auf diesem Material basierenden morphologischen und geologischen Untersuchungen der Marsoberfläche sind weltweit etwa zweihundert Experten beschäftigt. In der Bundesrepublik werden interpretative Analysen der Marsoberfläche seit 1980 im Rahmen mehrerer von der DFG finanzierter Forschungsvorhaben unter anderem am Geologischen Institut der TU Clausthal in Zusammenarbeit mit dem Geographischen Institut der Universität Würzburg durchgeführt.

### 2.2 Kurzbeschreibung des Marsreliefs und Reliefgliederung

Das sehr klar und eindeutig gegliederte Relief des Planeten läßt großflächige alte Hochländer im Bereich seiner Südhemisphäre und weite junge Tiefländer als kennzeichnendes Reliefmerkmal seiner Nordhemisphäre erkennen. Von beiden umschlossen, befinden sich in Äquatornähe zwei (drei) weitere Reliefeinheiten von untergeordneter Bedeutung.

Das Relief der alten Hochländer wird überwiegend von unterschiedlich stark verebneten Impaktstrukturen gekennzeichnet, die charakteristische Wechselwirkungen mit dem Urflußnetz des Planeten (Trockentäler) erkennen lassen. Die Nordgrenze dieser Reliefeinheit wird von einer maximal 400 km breiten Übergangszone gebildet, die vor allem aus stark zertalten Hochlandresten und Schwärmen größerer oder kleinerer Tafelberge besteht. In Bereichen hoher Reliefenergie finden sich in den Tälern, die das Hochland in seinem Randbereich zergliedern, gletscherähnliche Materialströme (Block-Pseudogletscher?) [1, 2].

Die fast relieflosen Tiefländer der Nordhemisphäre liegen circa 500–3 000 m tiefer als die im Süden angrenzenden alten Hochländer. Ihre Oberfläche weist über weite Bereiche Strukturen auf, die auf der Erde für periglaziale Landschaften kennzeichnend sind (Solifluktuationszungen, Polygone, Pingos). Die

jüngste Sedimentbedeckung der Marstiefländer wird seit einigen Jahren als Rest eines fossilen Schlammozeans gedeutet [3, 4, 5]. Von diesen übergeordneten Reliefeinheiten umgrenzt, befinden sich in Äquatornähe zwei großflächige Aufwölbungen (Tharsis, Elysium), deren Zentrum jeweils von einer Gruppe extrem großflächiger und hoher Schildvulkane (bis circa 600 km Basisdurchmesser und bis etwa 26 000 m Höhe) eingenommen wird. Die radial von der Tharsis-Aufwölbung ausgehende Tektonik (zahllose flache Gräben und Staffelbrüche) hat bei der Entstehung des einzigen Großgrabenbruchs des Planeten, der Valles Marineris, offenbar eine entscheidende Rolle gespielt. Das ungefähr 3 000 km lange, maximal 200 km breite und maximal 13 000 m eingetiefte Grabensystem weist an seiner Sohle Hinweise auf einen möglicherweise auch heute noch aktiven Spaltenvulkanismus auf [6, 7].

Im Zentrum und in den Randgebieten der genannten Aufwölbungen ist der vermutlich planetweit vorhandene, mehrere tausend Meter mächtige Permafrost getaut – wohl als Folge geothermaler Erwärmung – und als Wasser/Schlamm über sehr große und stark eingetiefte sogenannte Abflusstäler nach Norden in die Tiefländer abgeflossen. Das Ergebnis waren in den Randgebieten der Aufwölbungen (besonders an der Ostflanke der Tharsis-Aufwölbung) bis zu etwa 3 000 m tiefe kesselförmige Depressionen (sogenannte Chaotische Terrains), die im Zentrum beider Aufwölbungen zu großflächigen ineinander übergehende Ebenen erweitert wurden. Das aus diesen Depressionen stammende Material dürfte den vermuteten (fossilen) Schlammozean gebildet haben [8, 9].

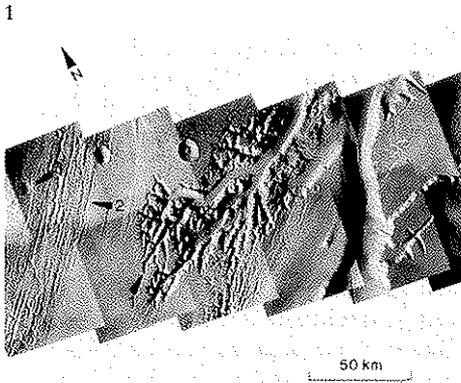
### 2.3 Reliefkonservierung des Planeten

Die geringe Masse des Mars, nur etwa 10 % der Erdmasse, und das hohe Alter (circa 1,5–3,8 Milliarden Jahre) der oben beschriebenen Reliefmerkmale, die für den größten Teil der Planetenoberfläche kennzeichnend sind, führten zu der Vermutung, daß die endogene

\*Die vorliegende Arbeit ist die stark erweiterte und ergänzte Fassung zweier Vorträge, die der Autor am 17. 10. 1986 in Potsdam auf Einladung der Akademie der Wissenschaften der DDR und am 19. 05. 1987 im Vernadsky Institut, Moskau, auf Einladung der Akademie der Wissenschaften der UdSSR gehalten hat.

Dynamik des Planeten schon in der Frühzeit seiner Geschichte zum Erliegen kam. Eine deutlich jüngere (bis heute anhaltende?) Dynamik endogener Prozesse dürfte sich nur im Zentrum der genannten Aufwölbungen, deren Schildvulkane vergleichsweise jung sind (letzte Aktivität vor circa 300 – 800 Millionen Jahren?) und in den Valles Marineris andeuten.

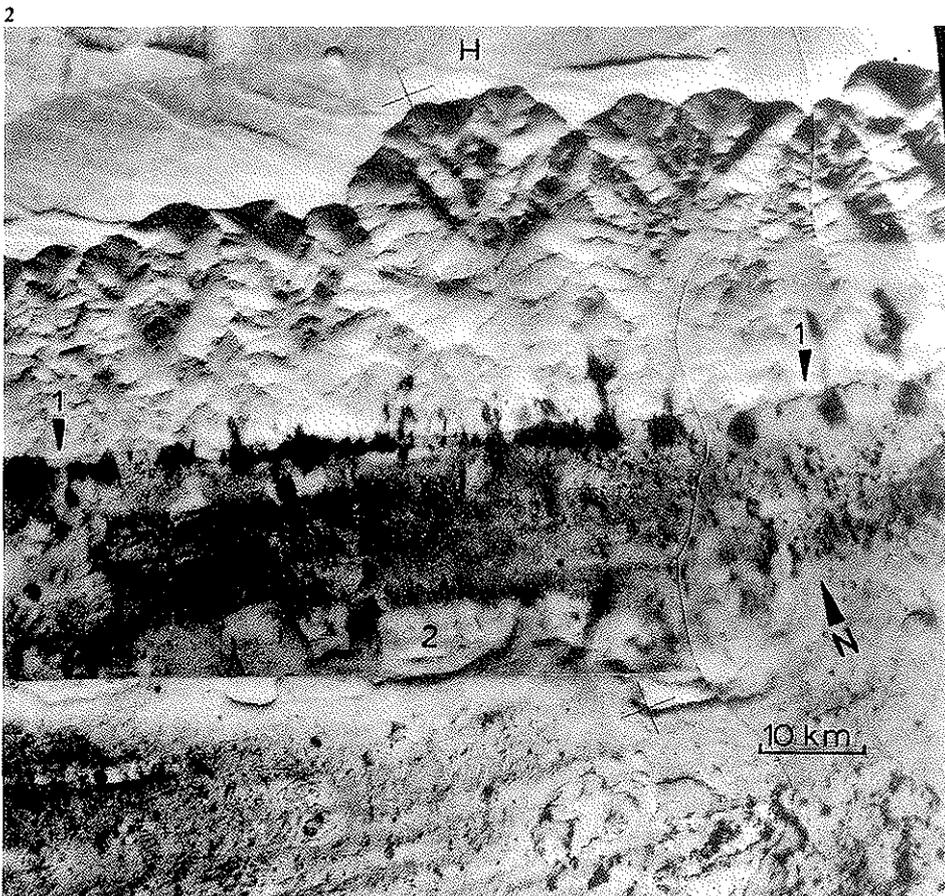
Auch die exogene Dynamik hat die Marsoberfläche wegen des Fehlens eines Wasserkreislaufs und wegen der extrem dünnen Atmosphäre des Planeten ungleich weniger um-



gestaltet, als das auf der Erde der Fall ist; das gilt auch bei Annahme einer ursprünglich dichteren Marsatmosphäre gegenüber der heutigen. Gegenwärtig ist als einzige reliefgestaltende Aktivität eine geringfügige äolische Sand-/Staubverfrachtung auf der Marsoberfläche nachweisbar. Insgesamt blieben auf dem Mars neben den ältesten Reliefmerkmalen im Bereich der alten Hochländer auch die später hinzukommenden im Bereich der Auf-

Abb. 1. Kompliziertes System stark eingetiefter, tektonisch vorgezeichneter Täler innerhalb des Kasei Vallis' (siehe auch Titelbild); vermutlich von rückschreitender Erosion verursacht (Pfeil 1). Zu beachten sind die vermutliche Windkorrasion (Pfeil 2) und die teilweise exhumierten Impaktkrater (Pfeil 3).

Abb. 2. Aufreihung junger (rezenter?) Vulkanite (dunkle bis schwarze Grautöne) entlang reaktiverer Störungen (Pfeile 1) an der Grabensohle der Valles Marineris; zum Teil unterlagert von älteren Sedimenten (Bereich 2). Die Eintiefung relativ zum Hochland (H) beträgt im Bildausschnitt ca. 5 000–7 000 m.



wölbungen, der Übergangszone und der jungen Tiefländer erhalten. Das heutige Relief des Planeten ist also das Ergebnis einer **Addition** von Reliefmerkmalen unterschiedlichen Alters und unterschiedlicher Genese. Eine vergleichbare Reliefkonservierung war auf der Erde wegen ihrer ungleich intensiveren und anhaltenden endogenen und exogenen Dynamik (Plattentektonik, Gebirgsbildung; Erosion, Sedimentation) unmöglich. Diese Zusammenhänge führten zu der Erkenntnis, daß weite Bereiche der Marsoberfläche ein Stadium der beginnenden Reliefentwicklung eines erdähnlichen Planeten dokumentieren, das für die Rekonstruktion ältester Reliefbildungs- und -umformungsstadien der Erde von richtungsweisender Bedeutung ist. Die daran anknüpfenden vergleichenden Untersuchungen lassen auch für die angewandten Geowissenschaften weiterführende wichtige Denkanstöße und Erkenntnisse erwarten.

#### 2.4 Möglichkeiten für vergleichende geowissenschaftliche Untersuchungen

Im folgenden werden – getrennt nach endogener und exogener Dynamik – die wichtigsten der heute schon erkennbaren Vergleichsmöglichkeiten und Forschungsansätze aufgeführt. Dabei wird jedem der aufgelisteten Punkte jeweils ein einführender Halbsatz vorangestellt.

##### Endogene Dynamik

In den überwiegend von der endogenen Dynamik gestalteten Gebieten des Marsreliefs zeigen sich die

- Wechselwirkungen zwischen dem wenig ausgereiften Urflußnetz und der Tektonik an der Oberfläche eines erdähnlichen Planeten (Abbildung 1).

Im Bereich der Tharsis- und der Elysium-Aufwölbung dokumentieren sich die

- Zusammenhänge zwischen Tektonik und Vulkanismus.

Am Beispiel der Valles Marineris läßt sich die

- Anordnung vulkanischer Förderzentren und die Verteilung ihrer Förderprodukte in Abhängigkeit von den tektonischen und topographischen Gegebenheiten innerhalb eines Grabensystems kontinentalen Ausmaßes dokumentieren [6, 7, 10] (Abbildung 2).

Im Gebiet der alten Hochländer geben älteste Bruchstrukturen und die an ihnen aufgereihten (?Strato)-Vulkane

– Hinweise auf eine beginnende Plattentektonik im weitesten Sinne, die sich aber wegen der rasch abnehmenden endogenen Dynamik nicht weiter entwickeln konnte (zum vermutlich frühzeitigen Abnehmen der endogenen Dynamik des Mars siehe Kapitel 2.3).

*Exogene Dynamik*

Im Bereich der Übergangszone und der jungen Tiefländer ist eine große Zahl periglazia-

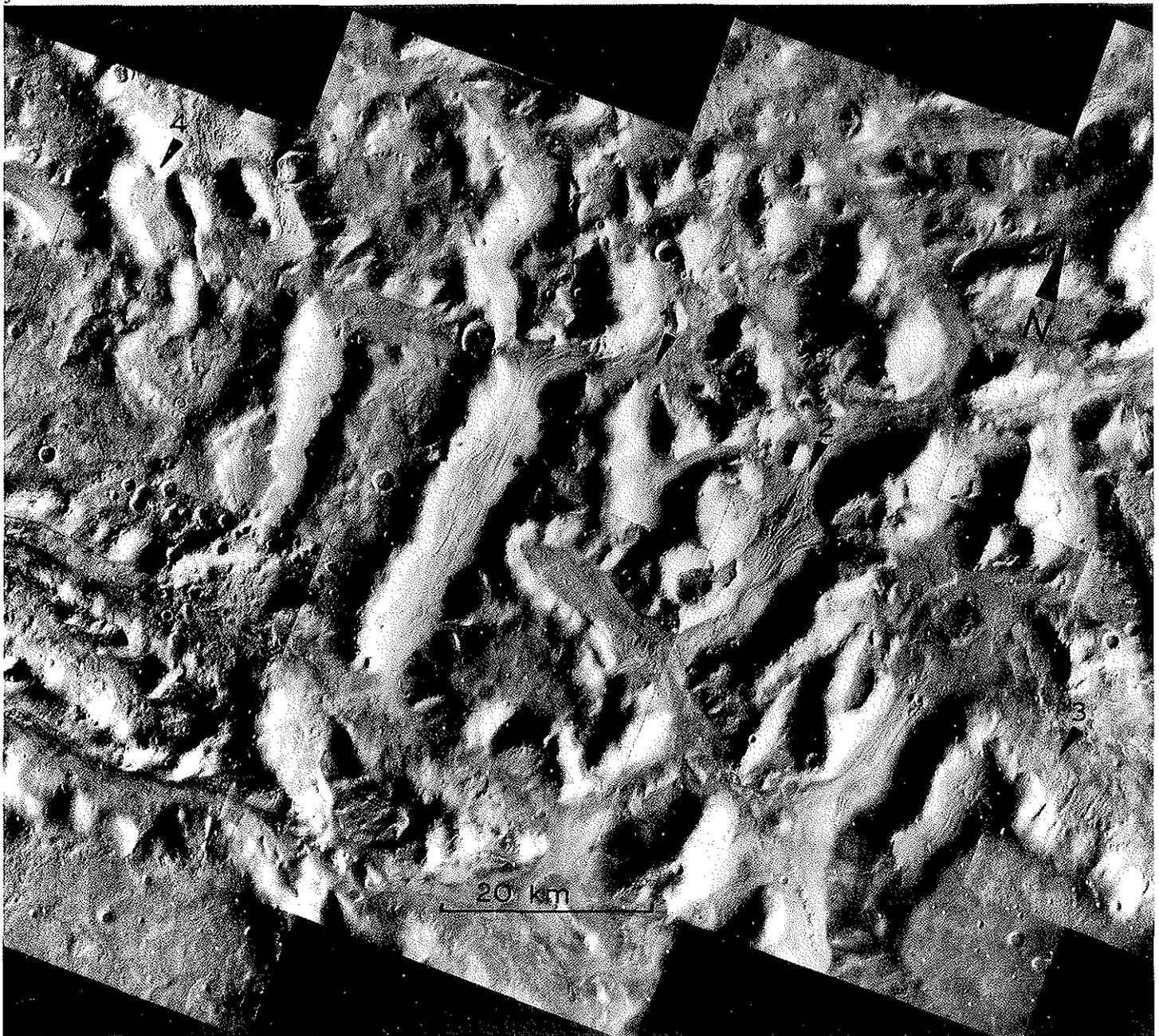
ler Reliefmerkmale vorhanden (meist Riesenstrukturen), die vergleichende Untersuchungen mit ähnlichen Merkmalen auf der Erde sinnvoll erscheinen lassen:

– Block-Pseudogletscher, Girlandenböden, Polygone, Pingos, Soli-, Gelifluktuionsmerkmale (Abbildung 3).

Die großflächige Verteilung der vorher genannten Strukturen (besonders der Polygone) gibt Hinweise auf eine

– klima-morphologische Reliefzonierung zumindest des Reliefs der jungen Tiefländer,

Abb. 3. Gletscherähnliche Materialansammlungen in der Übergangszone zwischen alten Hochländern und jungen Tiefländern. Die lobenförmige Ausbuchtung weist auf junge (rezente?) Bewegung des „Gletschers“ hin (Pfeil 1). Dagegen sieht man eine deutlich erodierte „Gletscher“-Stirn bei Pfeil 2. Es sind alle Übergänge zwischen einzelnen Materialfächern (Pfeil 3) und breiten, zusammenhängenden Schuttgürteln (Pfeil 4) mit randparalleler „Strömung“ erkennbar.



aber vermutlich auch in der Umgebung des Mars-Südpols (spezifische Verteilung großflächiger Dünenfelder und anderer Reliefmerkmale in beiden Hemisphären) [2].

Die wie in einem Labor konservierten Reliefmerkmale und Landschaften der alten Mars-hochländer gestatten modellartige Rekonstruktionen der

– Wechselwirkungen zwischen Urflußnetz und Impaktstrukturen an der Oberfläche eines erdähnlichen Planeten (Abbildung 4).

Der unterschiedliche Grad der Verebnung und Verfüllung von Impaktdepressionen gibt Aufschluß über

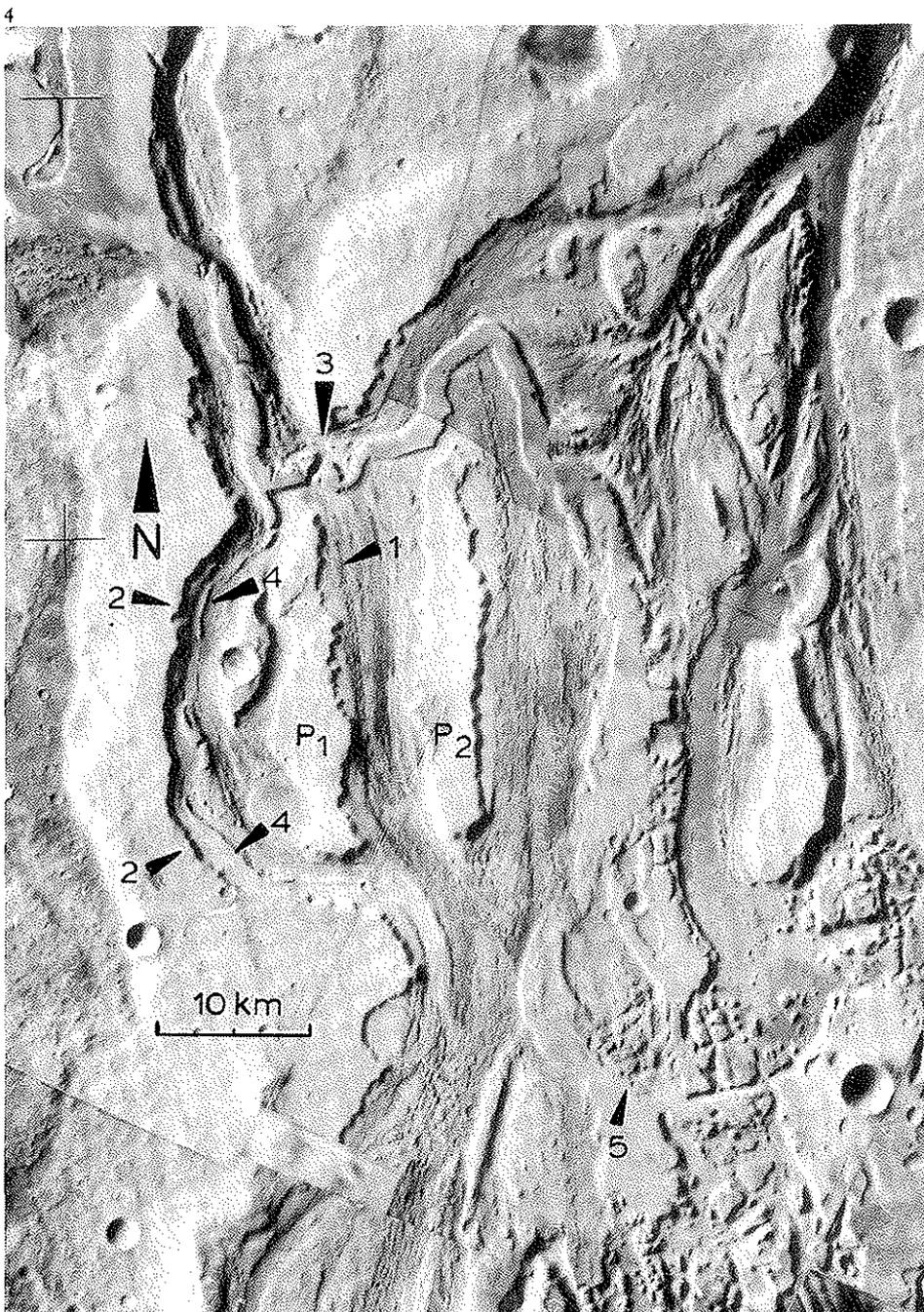
– Sedimenttransport und Sedimentverteilung in den Sedimentationsräumen und über kleinräumige Deltatypen in Impaktdepressionen (Abbildung 5 und 6).

Abb. 4. Durch wiederholte Abflußereignisse stark umgeformte und zergliederte Landschaft. Die Aufgabelung des Haupttales in drei Einzeltäler im Bereich einer ehe-

maligen Impaktdepression hat die ursprünglich vermutlich halbkreisförmigen Sediment-Plateaus in langgestreckte Restplateaus zerlegt ( $P_1$  und  $P_2$ ). Die tiefer liegenden Sedimentschichten weisen bei Pfeil 1 noch die typische Halbkreisform auf. Weiterhin: nahezu vollständige Abtragung des Kraterwalls bzw. seiner Reste durch ein bogenförmiges Gerinnebett (Pfeile 2). Bemerkenswert, und für den ganzen Planeten vielleicht einzigartig, ist die nachträgliche Freilegung einer älteren Talfüllung, die jetzt als Dam (Härtling, Reliefumkehr) quer zur Fließrichtung des letzten Abflußereignisses liegt und bei Pfeil 3 durchbrochen wurde. Die den Dam bildenden Sedimente ragen von Norden und Süden her als schmaler Sporn in das vorher genannte Gerinnebett hinein (Pfeil 4). Auch bei Pfeil 5 paust sich vermutlich eine Impaktstruktur durch.

Abb. 5. Unterschiedliche Verfüllungsstadien in Impaktdepressionen der alten Hochländer. Das Verfüllen der Impaktdepression (A) (Schiaparelli, ca. 600 km Durchmesser) beginnt im Süden mit zungen- bis girlandenförmigen Sedimentkörpern. Man beachte, daß bereits in diesem frühen Stadium eine Materialsortierung stattfindet (helles und dunkles Material). Es ist aber noch keine Fortsetzung der von außen in die Impaktdepression mündenden Trockentäler an der Oberfläche der von ihnen geschütteten Sedimentkörper erkennbar. Die von Schiaparelli überlagerte (also ältere) unbenannte Impaktdepression (B) wird vom Relief nur noch mangelhaft ausgewiesen (nicht nummerierte Pfeile). Das Innere dieser Impaktdepression ist bereits weitgehend von einem breiten Sedimentgürtel verfüllt (Pfeile 2), auf dessen Oberfläche sich die von außen heranführenden Trockentäler innerhalb der Impaktdepression fortsetzen (Pfeil 3).

Abb. 6. Von Sedimentations- und Erosionsereignissen bereits deutlich umgestaltete Urlandschaft. Charakteristisch sind bogen- bis kreisförmig umgrenzte plateauähnliche Sedimentreste als Füllung stark verebneter Impaktdepressionen (Pfeil 1), deren Kraterwände kaum noch erkennbar sind (Pfeil 2). Tafelbergähnliche Zeugenberge weisen auf die Erosion erster großflächiger Sedimente hin (Pfeil 3). So (ähnlich) dürfte auch das Relief der Erde in der frühesten Anfangsphase der exogenen Dynamik ausgesehen haben.



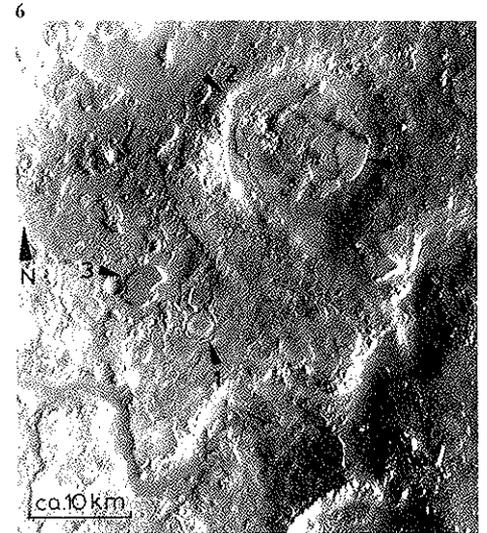
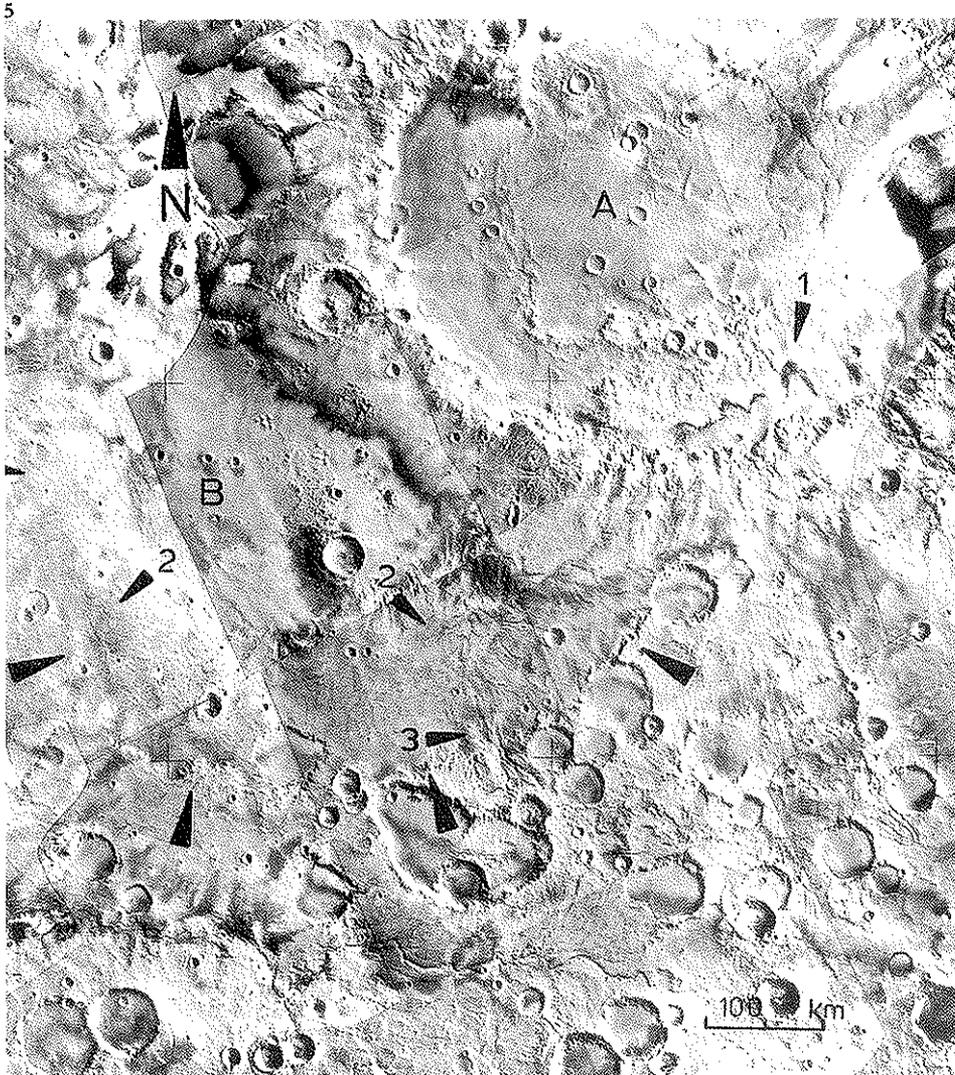


Abb. 7. Delta eines wildflußähnlichen Urflusses nach Eintritt in die jungen Marstiefländer (mit flachem Urozean, hier nicht erfaßt). Das eigentliche Trockental (Maja Vallis) mündet mit einer noch auf den alten Hochländern (SH) befindlichen durchbruchstälähnlichen, langgestreckten Eintiefung (Pfeil 1) in die jungen Tiefländer (NT); hier Chryse Planitia. Der sehr großflächige Deltabereich ist deutlich in Erosions- und Sedimentationsgebiete (von flachen Steilstufen oder Böschungen umgrenzte geringmächtige Sedimentlagen) gegliedert. Bemerkenswert ist die Auswirkung von Hindernissen (Gratrücken, Hinweis auf unterlagernde großflächige Laven, Pfeile 2) auf die Verteilung der Sedimente.

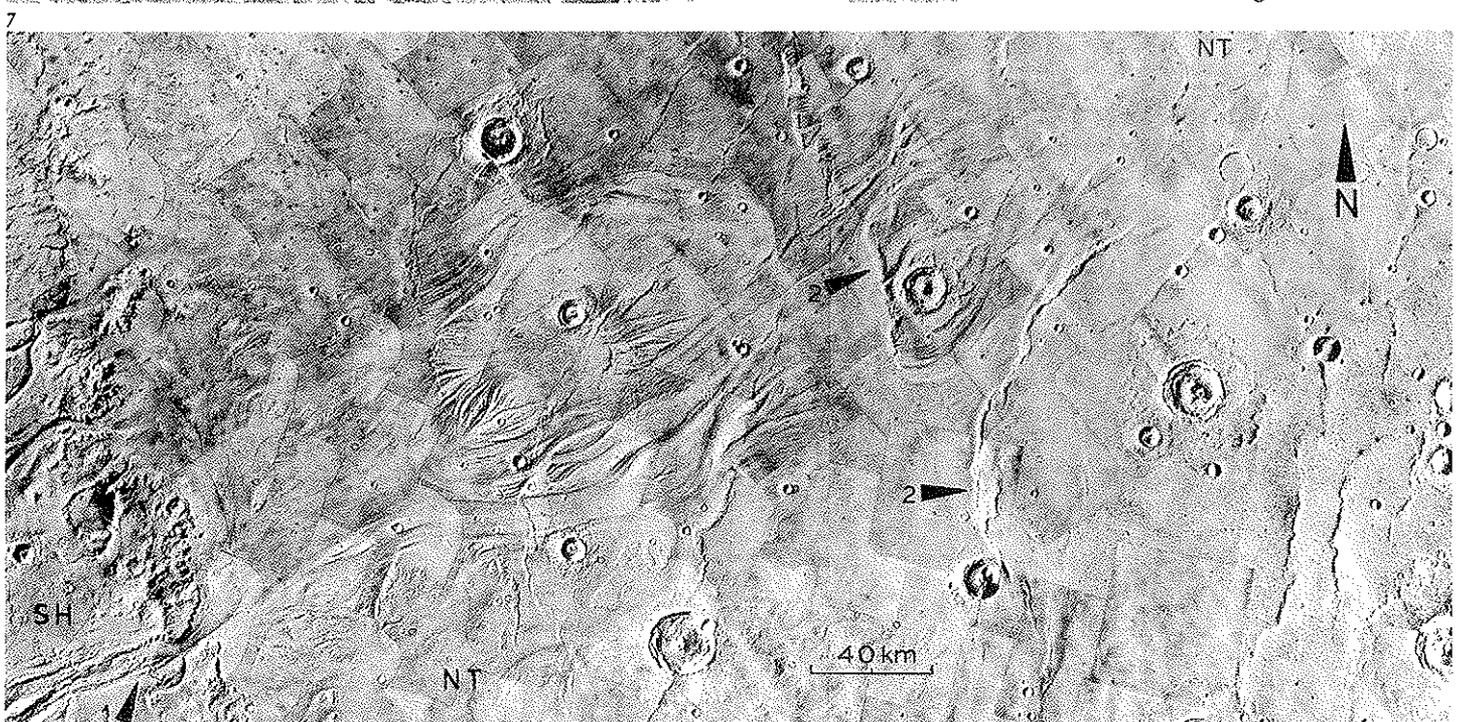


Abb. 8. Ausschnitt aus den Valles Marineris. Typisch sind extrem voluminöse und großflächige Materialstürze, die erheblich zur Erweiterung des Grabensystems beigetragen haben. Das verstürzte Material war vermutlich stark wasserhaltig (getauter Permafrost?), deshalb die schlammartigen lappenförmigen „Zungen“ bei den Pfeilen 1 und 2. Großflächige Sekundärabbrüche und -rutschungen sind im Bereich der Pfeile 3 und 4 erkennbar. Von Süden her münden canonartig erweiterte Nebentäler in das Hauptsystem. Auf deren Talböden sind (fossile?) Schutt- und/oder Schlammströme erkennbar. Die Eintiefung im Bildausschnitt beträgt circa 3 000–4 000 m.

Der Materialtransport (Wasser, Schlamm) durch die von den alten Hochländern herabführenden Abflußtäler gibt Hinweise auf das Verhalten des Urflußnetzes beim Einmünden in einen (flachen?) Ozean und den dabei entstehenden Deltatyp (Abbildung 7).

An den Grabenflanken der Valles Marineris dokumentieren sich

– das Relief extrem großflächiger und voluminöser Materialstürze und die Fortbewegungsdynamik/Platznahme ihrer Schuttfächer (Abbildung 8).

Hier bleiben die Fragen nach dem ersten Entstehen von kontinentaler und ozeanischer Kruste auf der Erde sowie deren zeitliche Relation zum Entstehen des Ozeans der Erde und dessen räumliche Ausdehnung unberücksichtigt. Entsprechende Untersuchungen sind bisher zu keinen übereinstimmenden Ergebnissen gekommen [11, 12, 13, 14, 15].

## 2.5 Schlußfolgerungen für angewandte Geowissenschaften

Von besonderem Interesse für die angewandten Geowissenschaften dürften aus dieser Liste die Punkte sein, die Hinweise auf die Erosions- und Sedimentationsdynamik und deren Ergebnisse im ältesten Präkambrium auch der Erde liefern. Solche Daten sind vermutlich für die Rekonstruktion der Genese ältester sedimentärer Lagerstätten der Erde (älteste Deltaschüttungen, extrem alte Konglomerate u. ä.) von Bedeutung. Die Verteilung der Vulkanite in den Valles Marineris ist unter Aspekten vulkanischer Aktivität in Riftzonen der Erde von Interesse (zum Beispiel bei den Erzschlammern im Roten Meer).

## 3 Die Venus

### 3.1 Vorhandenes Material und bisherige Aktivitäten

Die besten Informationen über das Relief der Venus – und damit indirekt auch über die Geologie des Planeten – stammen bisher von den Planetensonden Pioneer Venus 1, USA, und Venera 15 und 16 der UdSSR. Von den zuletzt genannten Sonden aus wurde die Nordhemisphäre des Planeten nördlich 30° mit Radarbildern erfasst. Da die Venus ständig von einer geschlossenen Wolkendecke umgeben ist, können zur Erkundung ihrer Oberfläche keine photographischen oder Scanner-Verfahren angewendet werden; nur Radaraufnahmen sind möglich. Insgesamt überdeckt das Bildmaterial der Venera-Sonden etwa 25 % der Venusoberfläche. Aus dem bisher vorhandenen Bildmaterial werden gegenwärtig in der UdSSR topographische, aber auch schon morphologische und geologische Karten erstellt.

### 3.2 Kurzbeschreibung des Venusreliefs und Reliefgliederung

Als vorläufiges Resultat erster Untersuchungen ist eine Untergliederung der Venusoberfläche in Hoch- und Tiefländer möglich. Die Hochländer sind zum Teil großflächig und kontinentartig (zum Beispiel Ishtar Terra), zum Teil aber auch als Aufreihungen großflächiger Schildvulkane ausgebildet (zum Beispiel Beta Regio). Der bisher am besten untersuchte „Kontinent“ Ishtar Terra weist in seinem Innern zwei großflächige Schildvulkane auf (Sacajawea und Colette) und wird von langgestreckten gebirgsähnlichen Reliefzonen umrahmt. In der weiteren Umgebung



dieses Hochlandes tritt ein großflächiges Reliefmerkmal auf, das von der heutigen Erde nicht bekannt ist. Es handelt sich wahrscheinlich um Festgesteins-Ströme, die von Plateaus mittlerer Höhe ausgehen und sich mit gletscherähnlichen Materialzungen in die umgebenden Tiefländer erstrecken. Das Relief solcher Materialeinheiten wird als *Parkett* bezeichnet, die ganze Einheit (eine Materialzunge) als *Tessera* (Abbildung 9).

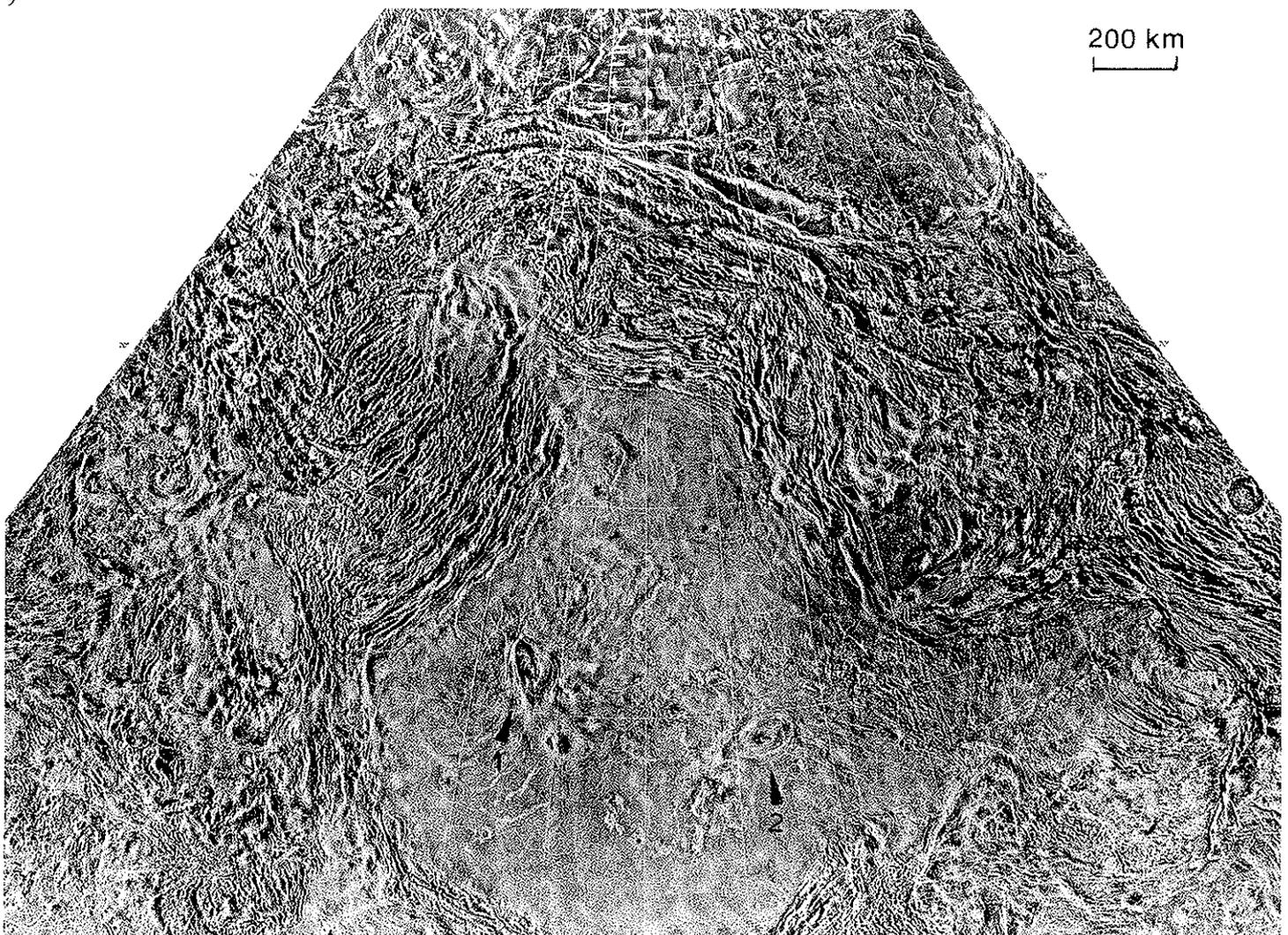
Das Relief der Venustiefländer wird von ungliederten (lavabedeckten?) großflächigen Ebenen eingenommen, die von zahlreichen extrem lang aushaltenden und sich wiederholt kreuzenden schmalen Bruchzonen (sogenannten ridge belts) durchzogen werden.

Solche Bruchzonen zeichnen in der Regel die Scheitelregion langgestreckter flacher Höhenzüge nach. Weiterhin treten in den Venustiefländern – zum Teil unregelmäßig verstreut, zum Teil an den vorher genannten

Bruchzonen aufgereiht – mehr oder weniger kreisförmig umgrenzte Depressionen auf (sogenannte *Coronae*), die maximal 800 km Durchmesser aufweisen können. Vervollständigt wird das Repertoire des Tieflandreliefs durch unregelmäßig angeordnete Gruppen tektonisch stark überformter kleinräumiger Depressionen (ehemalige *Calderen*?), die zusammen mit den sie umgebenden Lineationen oft ein spinnennetzähnliches Muster bilden. Solche Strukturen werden deshalb als *Arachnoide* bezeichnet (Abbildung 10).

Im Rahmen der bisherigen Analysen und Untersuchungen der Venusoberfläche geht die Tendenz dahin, zumindest den Teil der langgestreckten Bruchzonen, der die Scheitelregion von Höhenzügen nachzeichnet, als mittelozeanische Rücken im weitesten Sinne zu interpretieren. Die *Coronae* sind nach dem jetzigen Stand der Forschung am ehesten als Dächer erkalteter (oder erkaltender) Magmendiapire aufzufassen. Auch wurde darauf

Abb. 9. Teil der Venusoberfläche (Hochländer) nach Venera -15- und -16- Bildern. Im Zentrum befindet sich ein kontinentähnliches Hochland (Ishtar Terra) mit zwei im Innern des Hochlandes befindlichen großflächigen Schildvulkanen (Colette 1, Sacajawea 2). Der „Kontinent“ wird von faltengebirgsähnlichen Höhenzügen umrahmt. Auffällig ist die extreme tektonische Zergliederung des Reliefs.



hingewiesen, daß die Venusoberfläche – angesichts einer Oberflächentemperatur von circa 470 °C – die Manteldynamik des Planeten sehr viel unmittelbarer und deutlicher abbilden sollte, als das auf Mars und Erde der Fall ist [16, 17].

Auch das Relief der Venus, von dem bisher – neben Impaktstrukturen – nur endogen bedingte Merkmale bekannt sind, gibt vermutlich Hinweise auf modellartige Rekonstruktionsmöglichkeiten früher Entwicklungsstadien der Erdoberfläche im ältesten Präkambrium:

– Die Verteilung der Schildvulkane in Beta Regio erinnert an Island (Schildvulkane über Riftzone); andererseits weicht das Auftreten des gleichen Vulkantyps im Zentrum eines „Kontinents“ deutlich von den Gegebenheiten der heutigen Erde ab.

Das Verhalten der lang aushaltenden Schwächezonen, die möglicherweise mit den mittelozeanischen Rücken der Erde vergleichbar sind, ihre Überschneidungen und die räumliche Beziehung der Coronae (Hot Spots?) zu ihnen geben vermutlich eine Vorstellung von

– dem Aussehen der ersten Ozeanböden im ältesten Präkambrium der Erde.

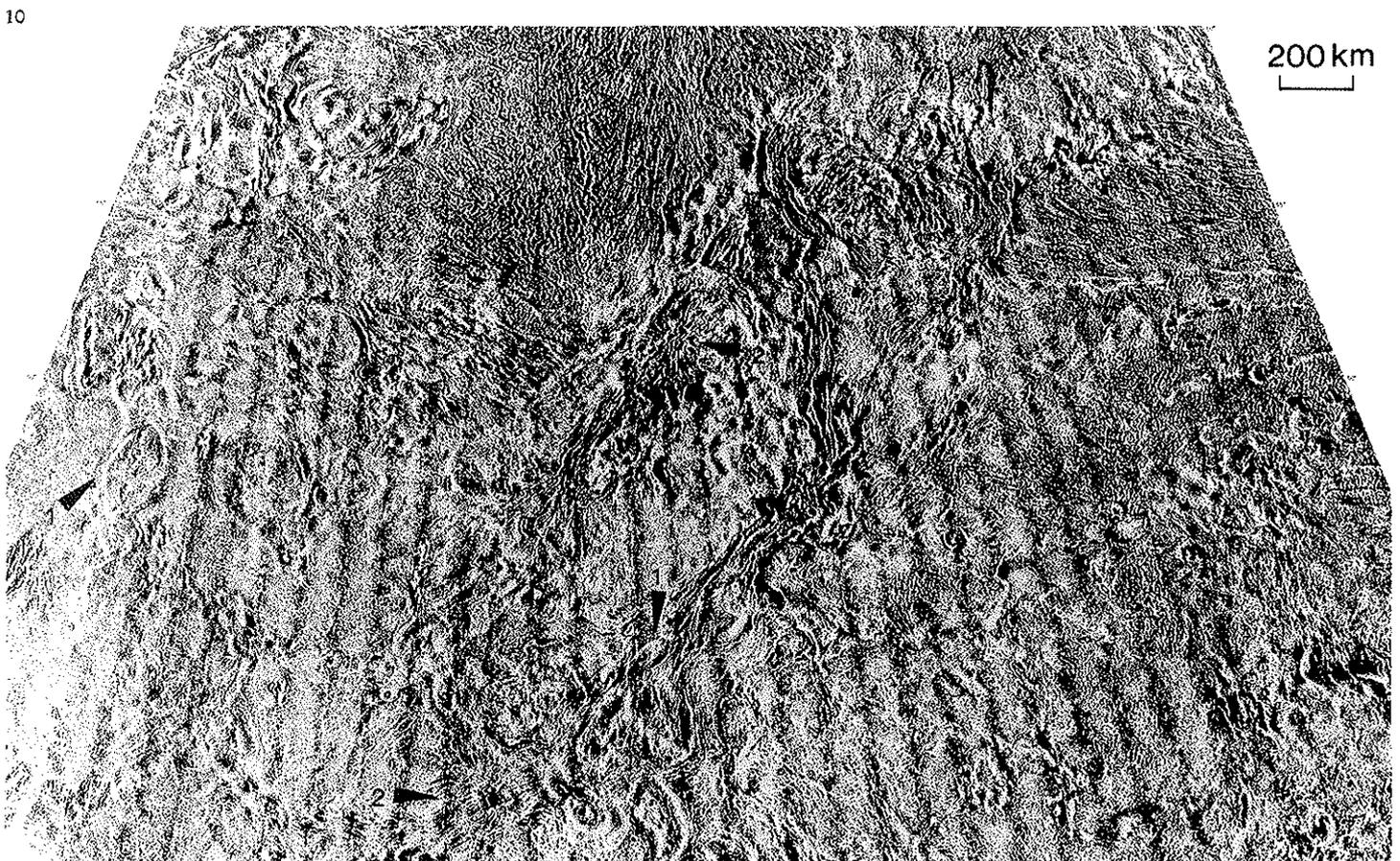
Die hohe Temperatur der Kruste und ihre deshalb zu erwartende größere Verformbarkeit lassen vermuten, daß das Relief der Venusoberfläche

– eindeutigere und direktere Rückschlüsse auf die Manteldynamik des Planeten zuläßt, als das bei Mars und Erde der Fall ist.

Schließlich regen die großräumige Verteilung der Gebiete mit gebirgsähnlichen Deformationen, die Existenz der Coronae, die wegen ihrer Größe möglicherweise zum Teil als Geotumore interpretierbar sind, und die aus großflächigem Abgleiten festen Gesteins resultierenden Tesserae (siehe hierzu auch Abbildung 10) zu Überlegungen dahingehend an,

– welches Relief (und welche Reliefgliederung) in Gebirgsbildungszonen auf der Erde zu erwarten gewesen wären, wenn die von O. Ampferer vorgetragene Unterströmungstheorie oder die von H. Haarmann aufgestellte Oszillationstheorie zutreffend gewesen wären [18, 19, 20].

Abb. 10. Venustiefländer mit langgestreckten Bruchzonen, die vermutlich den mittelozeanischen Rücken der Erde ähnlich sind; in deren Nähe befinden sich Ovoide (Pfeile 1) und Arachnoide (Pfeile 2). Im Norden und Osten erstrecken sich großflächige Festgesteins-„Ströme“ (sogenannte Tesserae) in den Bildausschnitt, die von Hochländern mittlerer Höhe (keine „Kontinente“) herkommen.



## 4 Ausblick und Kritik

Die dargelegten Fakten und Überlegungen sollen eine erste Vorstellung von den Möglichkeiten vergleichender geowissenschaftlicher Untersuchungen der Oberfläche erdähnlicher Planeten geben und auf die zukünftige Bedeutung dieser neuen, gerade im Entstehen befindlichen geowissenschaftlichen Disziplin auch für die angewandten Geowissenschaften auf der Erde hinweisen. Angesichts der

- 1) für die Zukunft zu erwartenden Denk- und Forschungsanstöße aus der vergleichenden geowissenschaftlichen Planetenkunde und
- 2) der Tatsache, daß der Mars der **einzige** weitere auf absehbare Zeit vermutlich großflächig besiedelbare Planet unseres Sonnensystems ist,

bedürfen die geringe Aufmerksamkeit und Förderung, die die vergleichende geowissenschaftliche Planetenkunde bisher erfahren hat (und die gegenwärtigen Prioritäten innerhalb der extraterrestrischen Wissenschaften in Europa und der Bundesrepublik Deutschland), nach Meinung des Autors einer Überprüfung.

Dies gilt besonders im Hinblick darauf, daß die UdSSR bis zur Jahrhundertwende noch drei unbemannte (Doppel)-Sonden zum Mars starten wird und die USA eine oder zwei. Es bleibt zu hoffen, daß die zuständigen Planungs- und Entscheidungsinstanzen in der Bundesrepublik Deutschland und in ganz Europa die Bedeutung einer vergleichenden geowissenschaftlichen Planetenkunde für die praktischen Geowissenschaften auf der Erde erkennen und eine angemessene Beteiligung deutscher Geowissenschaftler zumindest an der Datenauswertung ermöglichen werden.

Der Verfasser möchte sich an dieser Stelle für hilfreiche Kommentare, Diskussionen und Kritik aufrichtig bedanken bei den Herren Prof. H. Hagedorn (Universität Würzburg), Dr. P. Janle (Universität Kiel), Prof. P. Kronberg (TU Clausthal) und Dr. W. Kruck (BGR, Hannover).

## Literatur

[1] H.-P. Jöns: Das Relief des Mars' – Versuch einer zusammenfassenden Übersicht –; Geologische Rundschau, Teil 1 74/1 (1985)

109–121; Teil II 75/2 (1986) 461–493; Teil III in Vorbereitung.

[2] R. O. Kuzmin: Mapping of Permafrost Indications on Martian Surface: Latitudinal Zonality; Lun. and Plan. Sci. XVI (Abstracts) 1 (1983) 409–410.

[3] H.-P. Jöns: Sedimentary Basins and Mud Flows in the Northern Lowlands of Mars; Lun. and Plan. Sci. XV (Abstracts) 1 (1984) 417–418.

[4] H.-P. Jöns: Late Sedimentation and Late Sediments in the Northern Lowlands on Mars; Lun. and Plan. Sci. XVI (Abstracts) 1 (1985) 414–415.

[5] H.-P. Jöns: Arcuate Ground Undulations, Gelifluxionlike Features, and "Front Tori" in the Northern Lowlands on Mars – What do they Indicate?; Lun. and Plan. Sci. XVII (Abstracts) 1 (1986) 404–405.

[6] B. K. Lucchitta: Young Volcanic Deposits in the Valles Merineris, Mars; Lun. and Plan. Sci. XVI (Abstracts) 2 (1985) 503–504.

[7] B. K. Lucchitta: More on Recent(?) Dark Volcanic Patches in the Valles Marineris, Mars; Lun. and Plan. Sci. XVII (Abstracts) 1 (1986) 496–497.

[8] H.-P. Jöns: Die Rolle der Chaotischen Terrains bei der Entstehung des Reliefs der Marsoberfläche; Z. dt. geol. Ges. 133 (1982) 339–358.

[9] H.-P. Jöns: Permafrost-related Types of Large-scale Dissection, Degradation, and Deformation of Martian Landscape; in: Proceedings of the Fourth International Conference on Permafrost. Bd. 1. Washington, D. C.: National Academy Press, 1983, S. 566–571.

[10] B. K. Lucchitta: History of Valles Marineris; Lun. and Plan. Sci. XVIII (Abstracts) 2 (1987) 572–573.

[11] J. G. Cogley, A. Henderson-Sellers: The Earth's Early Hydrosphere; Nature 298 (1982) 832–835.

[12] A. M. Goodwin: Precambrian Perspectives; Science 213 (1981) 55–61.

[13] P. Janle, R. Meissner: Structure and Evolution of the Terrestrial Planets; Surv. in Geophys. 8 (1986) 107–186.

[14] R. Meissner: Evolution of Plate Tectonics on Terrestrial Planets; Annales Geophysicae 1/2 (1983) 121–127.

[15] B. F. Windley: Timing on Continental Growth and Emergence; Nature 270 (1977) 426–428.

[16] V. L. Barsukov et al.: The Geology and Geomorphology on the Venus Surface as Revealed by the Radar Images Obtained by Veneras 15 and 16; Journ. Geophys. Res., 91, No. B 4 (1986) D 378–D 398.

[17] J. W. Head, III, and L. S. Crumpler: Evi-

dence for Divergent Plate-Boundary Characteristics and Crustal Spreading on Venus; Science 238 (1987) 1380–1385.

[18] O. Ampferer: Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen; Jb. Geol. Reichsanst. 56 (1906) 539–622.

[19] E. Thenius: Otto Ampferer; Begründer der Theorie der Ozeanbodenspreizung; Die Geowissenschaften 6 (1988) 103–105.

[20] E. Haarmann: Die Oszillationstheorie. 1. Aufl. Stuttgart: Enke, 1930, S. 1–260.

## Abbildungsnachweis:

Abbildungen 1–8 nach Unterlagen der NASA, des USGS und des NSSDC, USA;

Abbildungen 9 und 10 nach Unterlagen des Vernadsky Instituts, Moskau, UdSSR.

---

H.-P. Jöns studierte Geologie in Kiel und Clausthal-Zellerfeld; Promotion 1977 in Hannover. Von 1976–1979 wissenschaftlicher Angestellter in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover. Seit 1980 wissenschaftlicher Angestellter im Geologischen Institut der Technischen Universität Clausthal-Zellerfeld. Dort Tätigkeit als Planetologe (Schwerpunkt Mars) und in der vergleichenden geowissenschaftlichen Planetenkunde: Mars – Erde – Venus.

## Anschrift:

Dr. Heinz-Peter Jöns, Geologisches Institut der TU Clausthal, Leibnizstraße 10, D–3392 Clausthal-Zellerfeld