

Acknowledgments:

This study was supported by U.S. National Science Foundation Grant EAR-8620093. WALLIS HIME was instrumental in surveying the ground control points, and NAYAN BHATT and JOHN OMIRAH MILUWI also participated in the field work. SAMUEL W. KIMANI performed the stereo-compilation. The research was authorized by the Office of the President, Republic of Kenya.

References

- CAUKWELL, R. A., HASTENRATH, S.: A new map of Lewis Glacier, Mount Kenya. In: *Erdkunde* 31, 1977, 85-87.
 - : Variations of Lewis Glacier, Mount Kenya, 1978-82. In: *Erdkunde* 36, 1982, 299-303.
- CHARNLEY, F.: Some observations on the glaciers of Mount Kenya. In: *Journal of Glaciology* 3, 1959, 483-492.
- Forschungsunternehmen Nepal-Himalaya*: Mount Kenya 1:5000. Wien 1967.
- HASTENRATH, S.: The glaciation of the Ecuadorian Andes. Rotterdam 1981.
- : The glaciers of equatorial East Africa. Dordrecht, Boston, Lancaster 1984.
- HASTENRATH, S., CAUKWELL, R. A.: Variations of Lewis Glacier, Mount Kenya, 1974-78. In: *Erdkunde* 33, 1979, 292-297.
- : Variations of Lewis Glacier, Mount Kenya, 1982-86. In: *Erdkunde* 41, 1987, 37-41.
- HOPE, G., PETERSON, J. A., RADOCK, U., ALLISON, I.: The equatorial glaciers of New Guinea: results of the Australian Universities expeditions to Irian Jaya, 1971-73. Rotterdam 1976.
- Survey of Kenya*: Mount Kenya 1:25 000. SK 75 (DOS 302), Ed. 4-SK, Nairobi 1971.
- Temporary Technical Secretariat for World Glacier Inventory of UNESCO-UNEP-IUGG-IASH-ICSI*: Instructions for compilation and assemblage of data for a World Glacier Inventory. Zürich 1977.

MORPHOTEKTONISCHE ENTWICKLUNG VON KONTINENTRÄNDERN - EINE UNTERSUCHUNG AM BEISPIEL OSTAUSTRALIENS

Mit 2 Abbildungen

JOCHEN KUBINOK und ERNST LÖFFLER

Summary: Morphotectonic development of continental margins - a study taking Eastern Australia as an example

Contrary to previous opinion, which considered the geomorphological development and in particular the uplift of the Eastern Australian Highlands as a relatively recent event (Kosciusko Uplift), new research indicates that the geomorphological history of the highlands dates back at least into the Cretaceous period. A review of the modern literature and the authors' own research show that the present landscape developed from a Mesozoic erosion surface of low relief through uplift of the continental margin. The Great Escarpment was formed by uplift of the continental margin and headward erosion. Variations in the morphology of the Great Escarpment and the old land surfaces are the result of differential uplift of the continental margin, which commenced in the upper Cretaceous in connection with the plate tectonic movement of the Australian continent and the final break up of Gondwana. The rate of uplift decreases from south to north and the age of uplift becomes progressively younger in the same direction.

1. Einleitung

Australien besitzt im Gegensatz zu anderen Kontinenten keine alpinotypen Hochgebirge. Die höchste Erhebung, Mount Kosciusko in Südostaustralien, erreicht nur eine Höhe von 2228 m. Die Oberflächenformen des Kontinents setzen sich vielmehr aus weitgespannten Rumpfflächen zusammen, die von markanten Inselbergen und Inselbergssystemen wie etwa Ayers Rock oder den Olgas überragt werden (BREMER 1967). Zu den Kontinenträndern steigt das Relief meist allmählich an, um dann relativ unvermittelt und steil zur Küstenregion abzufallen. Am deutlichsten ist dies entlang der Ostküste ausgeprägt, wo eine oft mehrere 100 m, vereinzelt bis 1000 m hohe Steilstufe - das „Great Escarpment“ - das meist plateauartige Küstengebirge vom schmalen Küstentiefland trennt (Abb. 1). Die Küstenregion und das anschließende Hochland erstrecken sich hier über

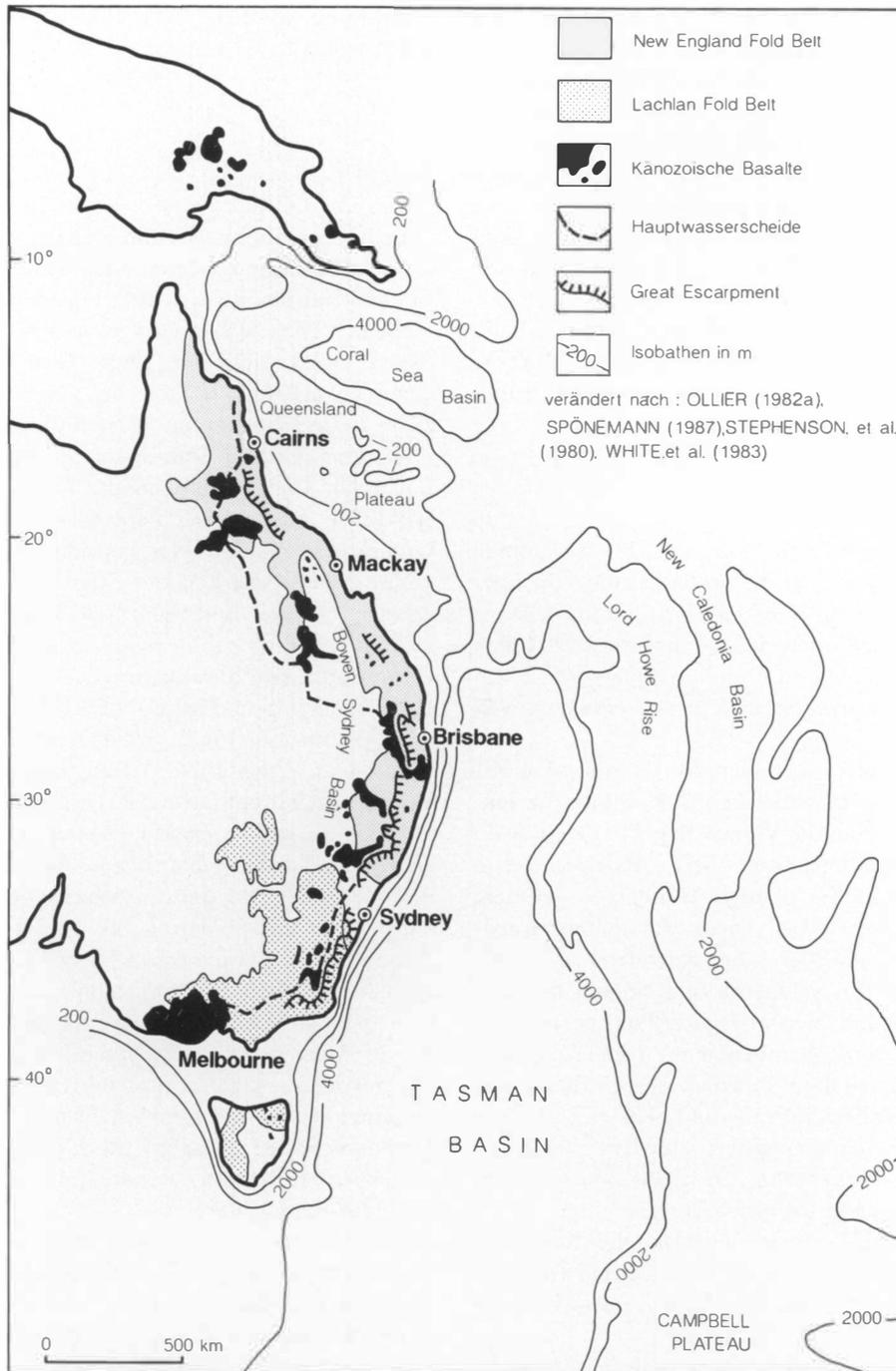


Abb. 1: Übersichtskarte von Ostaustralien mit den wichtigsten morphologischen und geologischen Einheiten
 Generalized map of eastern Australia with the most important geomorphological und geological features

eine Länge von etwa 3500 km (das entspricht etwa der vierfachen Ost-West-Erstreckung der Alpen) von 40°-10° südl. Breite. Im Südosten erreicht dieses

Gebiet in den Snowy Mountains Höhen von über 2000 m. Nach Norden nehmen die Höhen jedoch rasch ab und nur prominente Einzelerhebungen wie

etwa Round Mountain im New England District erreichten Höhen von knapp 1600 m.

Viele der ersten Arbeiten über dieses Gebiet (z. B. ANDREWS 1910) bezeichnen die Wasserscheidenregion zwischen dem Pazifik und dem „Great Artesian Basin“ als die „Great Dividing Range“ und auch auf aktuellen topographischen Karten ist diese Bezeichnung noch häufig zu finden. In Wirklichkeit stellt diese „Dividing Range“ jedoch meist nur den schwach reliefierten Teil eines Hochplateaus dar, welches zwischen 400 m ü. NN. und 1300 m ü. NN. entlang der gesamten Ostküste ausgebildet ist. Diese bereits von JESSEN (1943) erwähnte Kontinentrandstufenregion ist unterschiedlich entwickelt.

Die südostaustralischen Hochlandgebiete von Victoria und New South Wales, die durchweg Höhen zwischen 1000 und 1500 m aufweisen, brechen zum Küstentiefland hin mit einer oft stark zerlappten Stufe jäh ab, wobei Höhenunterschiede von über 1000 m auf wenigen Kilometern Horizontaldistanz erreicht werden können. In den meist nur bis 400 m hohen Hochlandsabschnitten von Queensland hingegen ist das Escarpment oft nur undeutlich entwickelt.

Die ersten Untersuchungen postulierten, daß dieses Hochplateau im Miozän als Rumpffläche entstanden war und an der Wende Plio/Pleistozän während einer Hebungsphase – der „Kosciusko Uplift“ – auf etwa die heutige Höhenlage gebracht wurde (ANDREWS 1910). Diese Vorstellung wurde bis etwa Mitte der 70er Jahre vertreten, wie Zitate aus der World Encyclopedia of Regional Geology zeigen: “in the late Tertiary- early Pleistocene there were strong vertical movements (the Kosciusko Uplift) which resulted in considerable dissection, carving deep valleys into the fold belts and plateau-forming basins in the eastern third of the state” (PACKHAM in FAIRBRIDGE 1975, 36) oder “in the upper Pliocene and lower Pleistocene, there was a series of epirogenetic movements, the Kosciusko uplift, which led to the uplift of the Great Dividing Range and the southern Highlands” (GILL in FAIRBRIDGE 1975, 98).

OLLIER (1982a) unternahm erstmals den Versuch, dieses „Great Escarpment“ mit Hilfe topographischer Karten im Maßstab 1:100 000 genauer zu kartieren. Eine Vielzahl neuerer Untersuchungen zeigen, daß die Entwicklung dieses ostaustralischen Küstengebirges wesentlich komplexer ist als bisher angenommen und bis in prätertiäre Zeiträume zurückverfolgt werden kann. Im folgenden Beitrag werden die neueren Arbeiten diskutiert und zusammen mit eigenen Untersuchungen wird eine Synthese der

geomorphologischen Entwicklung des ostaustralischen Kontinentrandes versucht.

2. Geologie

Im Gegensatz zu Westaustralien, wo im Pilbara Block archaische Gesteine anstehen (PLUMB 1979), ist die ostaustralische Küstenregion in der Hauptsache in paläozoischen Gesteinen der Tasmanischen Geosynklinale angelegt. Diese Gesteine stehen in einem etwa 400 km breiten Streifen entlang der Ostküste an und tauchen im Westen unter die mesozoischen und tertiären Sedimente des „Great Artesian Basin“ ab. In die Sedimente der Tasmanischen Geosynklinale intrudierten vom Obersilur bis in die Unterkreide Plutone (WHITE und CHAPPEL 1983).

Für die zeitliche Erfassung der Reliefentwicklung ist der tertiäre und quartäre Vulkanismus von größter Bedeutung. Eine relativ große Zahl von K/Ar Datierungen von Basaltströmen (Abb. 1) (WELLMAN 1971, WELLMAN und MCDUGALL 1974, MCDUGALL und WILKINSON 1967, SUTHERLAND et al. 1977, Wyatt und WEBB 1970, YOUNG und BISHOP 1980, YOUNG und MCDUGALL 1985) ermöglichte in vielen Fällen eine relativ exakte Darstellung der Reliefentwicklung. Die vulkanischen Aktivitäten begannen vor ca. 70 Mio. Jahren (WELLMAN und MCDUGALL 1974) und dauerten bis in das Quartär an. Anhand der geographischen Verteilung der über 50 verschiedenen alten Vulkanprovinzen können WELLMAN und MCDUGALL (1974) zeigen, daß sich die Eruptionszentren mit abnehmendem Alter mit einer Geschwindigkeit von 5 mm/Jahr nach Westen und mit einer Geschwindigkeit von 66 mm +/- 5 mm pro Jahr nach Süden verlagern. Als Ursache hierfür vermuten sie ein Wandern der australischen Platte relativ zur Asthenosphäre.

Eine weitere wichtige Datierungsmöglichkeit stellen paläomagnetische Untersuchungen dar. Durch Messung der magnetischen Feldlinien an radiometrisch datierten Gesteinen konnte die relative Lageverschiebung zwischen dem Südpol und Teilen Australiens seit dem Paläozoikum nachvollzogen werden. Für die letzten 140 Millionen Jahre konnte gezeigt werden, daß Australien und der Südpol sich auf einer mehr oder weniger Nord/Süd verlaufenden Achse von einander entfernten (MCELHINNY und EMBLETON 1974). Hierdurch ist es möglich, Ablagerungen und Verwitterungsprodukte, die mit Hilfe der Isotopenmethode nicht datiert werden können, hinsichtlich ihres Alters relativ genau einzuordnen.

3. Reliefentwicklung

Die Reliefentwicklung Ostaustraliens läßt sich bis in den Jura, unter Umständen bis in das Paläozoikum zurückverfolgen. Aus Nordqueensland beschreibt TWIDALE (1966) exhumierte Reste einer „Premiddle Cambrian Surface“ in den Isa Uplands und aus dem Begadistrikt in Südostaustralien berichtet STEINER (1975) von oberdevonischen Konglomeraten, die Teile des 380 Mio. Jahre alten Bega Batholithen überlagern, so daß angenommen werden kann, daß dieser Batholith bereits im Devon von seinem Deckgebirge befreit worden war. Exhumierte Reste dieser alten Landoberfläche wurden aber bisher nicht dargestellt. Reste einer mesozoischen Landoberfläche werden aus einer Vielzahl von Regionen Ostaustraliens beschrieben z.B. TWIDALE (1956) und LEIGH (1970). KING (1950) sieht in diesen Altreliefs Reste einer weitverbreiteten Gondwanalandoberfläche.

3.1 Südostaustralisches Hochland

Die Küstenregion Südostaustraliens zwischen Tasmanien und Brisbane stellt sich als ein Hochplateau mit Höhen zwischen 500 und 1300 m dar, das von Einzelerhebungen und kleineren Gebirgszügen wie etwa den Snowy Mountains um bis zu 1000 m überragt wird und mit steilem Gefälle zur Küstenebene abbricht. Das Alter des Hochplateaus und die jüngere Reliefentwicklung kann mit Hilfe radiometrisch datierter Basaltströme und paläomagnetisch datierter Verwitterungsprofile gut rekonstruiert werden.

3.1.1 Victoria und südliches New South Wales

In den höher gelegenen Teilen Tasmaniens, in denen DAVIES (1959) ein tertiäres Rumpftreppensystem beschreibt, weisen SUTHERLAND et al. (1973) ein tertiäres Entwässerungssystem nach, welches von 21,8–23,6 Mio. Jahren alten Basaltströmen verfüllt wurde.

In Victoria und dem südlichen New South Wales kann das Mindestalter des Hochplateaus in 800 m – 1300 m an die Wende Tertiär/Kreide gestellt werden. Im Bega District ist ein ineinandergeschachtelttes Flachrelief zwischen 800 m und 1200 m zu beobachten, welches teilweise von Basalten überlagert ist (siehe Abb. 2). Diese Basalte wurden von WELLMAN

(1971) in das Eozän datiert. Da die bis zu 54 Mio. Jahre alten Basalte das tiefstgelegene Niveau in 800 m überlagern und Muldentäler, die im 1200 m-Niveau angelegt sind, verfüllen, wird diesem Flachrelief ein mindestens präeozänes, in Teilen kretazisches Alter zugesprochen. In den nördlich anschließenden Gebieten um Cooma weisen TAYLOR et al. (1985) ein präbasaltisches Relief mit ca. 200 m Reliefenergie nach. Das von den Basaltdecken fossilisierte Entwässerungssystem soll weit vor das Eozän, möglicherweise bis in die frühe Kreide zurückreichen (TAYLOR et al. 1985). Für das in Victoria gelegene 1200 m hohe Nuniong Plateau kann OLLIER (1979) aufgrund von 42 Mio. Jahre alten Basaltströmen ein mindestens eozänes Alter wahrscheinlich machen.

Die Existenz eines präbasaltischen Reliefs mit mindestens 400 m Reliefenergie zeigt, daß bereits zu Beginn des Tertiärs, möglicherweise schon in der Kreide, dieses Gebiet Australiens gehoben und Teile der mesozoischen Gondwanalandoberfläche abgetragen worden waren. Im weiteren Verlauf des Tertiärs beschleunigte sich die Hebungsrate. Dies belegen verschiedene Basaltströme, die die Täler des Altreliefs verfüllten. So können im Bega District eozäne Basaltströme beobachtet werden, die bis 100 m tief eingeschnittene Talläufe verfüllen und am Rand des Escarpments in 700 m ausstreichen (KUBINIOK 1988). Aus der Nähe von Gelantipy, Victoria, beschreibt OLLIER (1978) einen um 600 m in das Hochplateau eingeschnittenen Talabschnitt des Snowy Rivers, in dem eozäne Basalte ausgeflossen sind. Auf dem Hochplateau sind am Rande des Taleinschnittes ebenfalls eozäne Basalte abgelagert, so daß für die 600 m tiefe Einschneidung ein relativ kurzer Zeitraum von wenigen Millionen Jahren zur Verfügung stand. Diese zwei rund 150 km entfernten Vorkommen zeigen, daß für die Südostspitze des Kontinents bereits präeozän eine intensive Hebung angenommen werden kann. Posteozän muß das vermutlich paläozäne oder noch ältere Flachrelief um ca. 600 m gegenüber dem heutigen Meeresspiegel gehoben worden sein.

Aufgrund korrelater Sedimente aus den Murray-, Otway-, Bass- und Gippsland-Basins kommen JONES und VEEVERS (1982) zu der Überzeugung, daß bereits an der Wende Kreide/Tertiär in Südostaustralien hohe Erhebungen dort lagen, wo auch heute die höchstgelegenen Gebiete sind. Für das Tertiär weisen sie mindestens drei Hebungsphasen nach, die auch mit den vulkanischen Aktivitätsphasen korrelieren: 1. Paläozän, 2. Spätoligozän und Miozän, 3. Pliozän/Quartär.

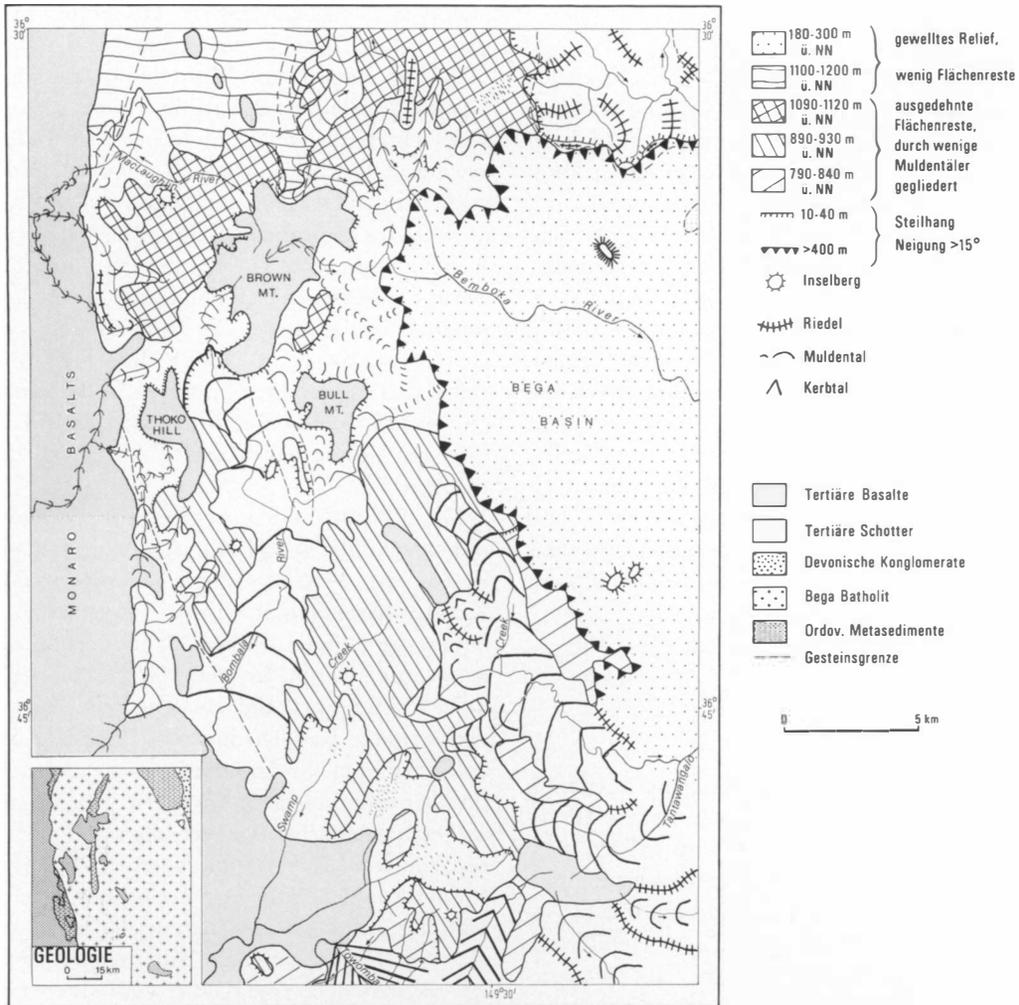


Abb. 2: Geomorphologie und Geologie der Monaro Highlands, N.S.W. (nach KUBINIÖK 1988)

Geomorphology and geology of the Monaro Highlands, N.S.W. (after KUBINIÖK 1988)

Die jüngeren Hebungen führten zur Ausbildung des „Great Escarpment“ durch rückschreitende Erosion der in der Hauptsache nach Osten entwässernden Flüsse. Die posteozeäne Veränderung des Hochplateaus war relativ gering. Auch heute noch dominiert in rund 700–1200 m Höhe ein ausgedehntes Flachrelief, aus dem Härtingszüge wenige 100 m herausragen. Lokal kam es durch tektonische Bewegungen im Zusammenhang mit der Heraushebung des Kontinents zum Aufstau von Flüssen und damit verbundener Seenbildung. Beispiele hierfür sind Lake George nördlich Canberra (OLLIER 1978) und Lake Bunyan zwischen Cooma und Bredbo. Diese Bewegungen sind hauptsächlich im Miozän erfolgt, denn TAYLOR und WALKER (1986) beschrei-

ben für den Lake Bunyan 210 m mächtige miozäne Sedimente.

3.1.2 Zentrales New South Wales

Das Gebiet zwischen dem Shoalhaven River im Süden und dem Hunter Valley im Norden baut sich aus einer Küstenlandschaft auf, die 400 m Höhe erreicht. Westlich schließt sich ein Hochplateau an, das auf ca. 800 m bis 1000 m ansteigt und von einzelnen Rücken um bis zu 300 m überragt wird. Der Übergang zwischen Küstenregion und Hochplateau ist durch eine deutlich ausgeprägte Steilstufe mit steilen Kerbtälern gekennzeichnet.

Auch hier kann das Alter des in sich schwach reliefierten Hochplateaus mit Hilfe radiometrisch datierter Basaltströme eingegrenzt werden. Von der Wasserscheide zwischen dem nach Westen fließenden Lachlan River und dem zur Küste entwässernden Wollondilly River nordwestlich Goulburn, beschreiben YOUNG und BISHOP (1980) 50 Mio. Jahre alte Basaltströme in ca. 900 m, die ein Altrieflief mit etwa 200 m Höhenunterschied nachzeichnen. YOUNG (1981) schließt für dieses Gebiet postbasaltische Verstärkungen aus und nimmt daher für dieses Altrieflief ein präeozyänes Alter an.

Für das etwa 50 km südöstlich gelegene Gebiet der „middle Shoalhaven Plain“ berichten RUXTON und TAYLOR (1982) über ähnliche Verhältnisse. Aus der Nähe des Shoalhaven Rivers beschreiben sie bis 91 m mächtige Flußablagerungen in Höhen zwischen 513 m und 665 m ü. NN., die teilweise von Basaltströmen überlagert werden. Die Sedimentstruktur, kreuzgeschichtete Schotter in Wechsellagerung mit schluff- und sandreichen Partien, deutet auf ein verwildertes Flußsystem hin, dessen Ablagerungen heute auf einer Breite von etwa 12 km beobachtet werden können. Paläobotanische Untersuchungen (HILL 1978) weisen für die Flußablagerungen eine früh- bis mittel-eozäne Flora nach. Das K/Ar Alter der Basalte wird von WELLMAN und MCDUGALL (1974) mit 44–46 Mio. Jahre angegeben. Diese Befunde deuten auf relativ stabile Verhältnisse in präeozyäner Zeit hin.

In dieses weitgespannte Flachrelief präeozyänen Alters schnitten sich die Hauptvorfluter über 100 m tief ein, während die Abtragung des Altriefliefs selbst nur gering war.

Untersuchungen von YOUNG (1981) zeigen, daß sich die Nebenflüsse des nach Westen entwässernden Lachlan River teilweise nur 20 m in ihre mit Basalt verfüllten Täler eingeschnitten haben. Auch die Täler der Hauptvorfluter sind an einigen Stellen mit Basaltströmen verfüllt worden, was eine Datierung der Einschnidungsgeschwindigkeit ermöglicht. Im Oberlauf des Lachlan, der ca. 100 m tief in das präeozyäne Altrieflief eingeschnitten ist, konnten YOUNG und BISHOP (1980) 21 Mio. Jahre alte Basalte nachweisen. Ähnliches gilt auch für den östlich der Hauptwasserscheide gelegenen Wollondilly Creek, der ca. 100 m in das von eozänen Basalten bedeckte Relief eingeschnitten ist und dessen Tal vor 23 Mio. Jahren von einem Basaltstrom ausgefüllt wurde (YOUNG 1981). Diese Angaben erlauben nur annähernde Aussagen über die Hebungsrates für den Zeitabschnitt von 50 Mio. Jahren bis ca. 20 Mio. Jahren, da die Einschnidung der verschiedenen Flüsse rückschreitend erfolgte.

Weitere Hinweise auf die Hebungsrates geben die geomorphologischen Verhältnisse der aus flachlagernden Sandsteinen aufgebauten Küstenregion bei Ulladulla und Sassafras nordöstlich von Canberra. Aus diesem Gebiet beschreiben YOUNG und MCDUGALL (1985) junge (26–30 Mio. Jahre) Basaltströme, die in 20–150 m Höhe auf der Küstenebene lagern und ältere Basalte (46–50 Mio. Jahre), die 10–20 km westlich des „Great Escarpments“ ein präeozyänes Altrieflief in 580–750 m nachzeichnen. YOUNG und MCDUGALL (1985) weisen anhand geologischer Profile nach, daß zwischen den ca. 50 Mio. Jahre und den 26–30 Mio. Jahre alten Basaltvorkommen keine Störungen verlaufen und das Escarpment keine Bruchstufe darstellt. Die Küstenebene kann in diesem Gebiet daher nicht als abgesenkter Teil der präeozyänen Altlandschaft gedeutet werden. Die vorliegenden Befunde machen eine Hebung des Hochplateaus auf die heutige Höhe im Zeitraum zwischen 50 und 30 Millionen Jahren wahrscheinlich. Die Datierung des präeozyänen Altriefliefs und der damit verbundenen Hebung ist ungewiß. Wahrscheinlich kann sie in die obere Kreide/Paläozän, dem Beginn der Tasman See-Bildung, eingeordnet werden.

3.1.3 New England

Das Gebiet des New England Districts um Armidale an der Grenze New South Wales/Queensland besteht aus einem schwach reliefierten Plateau zwischen 950 und 1300 m ü. NN., welches von Einzelerhebungen um bis 450 m überragt wird. Am Übergang zum Küstentiefland sind tief eingeschnittene Kerbtäler ausgebildet (maximale Einschnidungstiefe 600 m), an deren Talköpfen 200 m hohe Wasserfälle auftreten.

Auf dem Hochplateau sind Basalte weitverbreitet. VOISEY (1942) erkannte als erster die Möglichkeit, den verschiedenen Reliefseinheiten mit Hilfe der auflagernden Basalte ein Mindestalter zuzuordnen. Aufgrund fehlender Datierungsmöglichkeiten konnte er dem Umstand, daß die Basalte zu verschiedenen Zeiten eruptierten, nicht Rechnung tragen. Auch die zur Abgrenzung verschieden alter Landoberflächen herangezogene Lateritverwitterung stellt nach neueren Untersuchungen kein eindeutiges Kriterium für eine postbasaltische Landoberfläche dar, wie es von VOISEY (1957) vermutet wird.

FRANCIS und WALKER (1978) beschreiben aus der Nähe von Armidale Lateritprofile zwischen 960 m und 1050 m ü. NN., die z. T. in paläozoischem Ge-

stein, z. T. in Basalten angelegt sind und wiederum von Basalten überlagert werden. Die auflagernden Basalte weisen ein K/Ar Alter von 21,2 +/- 1,2 Mio. Jahren auf (MCDUGALL und WILKINSON 1967). Mit Hilfe paläomagnetischer Messungen stellten SCHMIDT und OLLIER (1983) für eines der Lateritprofile ein jurazeitliches Alter fest. Die datierten Vorkommen liegen ca. 30-50 m über den benachbarten Tiefenlinien. Das gesamte Gebiet wird weiträumig von Resten des Altreliefs umrahmt und stellt einen der tiefst gelegenen Teile des gesamten New England Plateaus dar. In der Umgebung der erwähnten Lateritprofile stehen eoziäne Seesedimente an (VOISEY 1957), die zeigen, daß dieses Gebiet mindestens seit dem Eozän nur in geringem Maße großräumig tektonisch verstellt wurde.

WARNER (1970) datiert die zwischen 1200 m und 1400 m gelegenen Reliefelemente als Reste einer miozänen Landoberfläche und deutet den ca. 70 km östlich Armidale gelegenen 1583 m hohen Round Mountain als Rest einer kretazischen Landoberfläche. Nach eigenen Untersuchungen belegt ein 50 Mio. Jahre alter Basaltstrom auf der Spitze des Round Mountain jedoch, daß es sich um den post-eozän gehobenen Rest eines weitverbreiteten jurassischen oder kretazischen Flachreliefs handelt. In diesen Flachreliefs sind in der Nähe des Escarpment jüngere Flachreliefs angelegt, deren Alter durch absolut datierte Basalte in das Oligozän gestellt werden können. Insgesamt weist das Hochplateau in diesem Gebiet bei einer Abtragungsrate von maximal etwa 6 m/1 Mio. Jahre jedoch einen hohen Grad an morphologischer Stabilität auf (KUBINIOK 1987).

Das Escarpment ist hier in miozänen Basalten des Eborvulkans angelegt (OLLIER 1982b). Durch rückschreitende Erosion ist dieser Vulkan von Osten her über den eigentlichen Schlot hinaus bis auf einen ca. 10 km breiten Rest abgetragen. Die Hebung dieses Plateaus setzte vermutlich in oligozäner Zeit ein, und die Formung der das Escarpment bildenden steil eingetieften Kerbtäler dauert bis in postmiozäne Zeit an. Die Abtragungsrate beträgt hier rund 50 m/1 Mio. Jahre, also ungefähr das zehnfache der auf dem Hochplateau gefundenen Werte (KUBINIOK 1987).

3.2 Nordostaustralisches Hochland

Im Gegensatz zur Küstenregion von New South Wales und Victoria ist im südlichen Queensland der Übergang zwischen Küstenregion und Hochland

wenig deutlich ausgebildet (zuletzt SPÖNEMANN 1987). Gleichzeitig nimmt in dieser Region der Schelfbereich bedeutend größere Areale ein als in Südostaustralien (siehe auch Abb. 1). Nördlich von Mackay ist dann wieder ein deutliches Escarpment vorhanden, und im Vorland des Kontinents ist nur ein schmaler Schelfbereich entwickelt, der mit scharfem Übergang in das Queenslandbecken abfällt.

Die ältesten Reliefelemente in diesem Gebiet stellen altmesozoische exhumierte Landoberflächen am Übergang zum „Great Artesian Basin“ dar (TWIDALE 1966). Mit Annäherung an die Küstenebene nimmt das Alter der ineinander geschachtelten Reliefreste von Jura/Kreide bis in das Jungtertiär ab (GRIMES 1979). Den einzelnen Erosionsphasen waren Akkumulationsphasen zwischengeschaltet, und die jüngeren Abtragungsreliefs sind teilweise in diesen Sedimenten angelegt. Für das Eozän weist GRIMES (1983) ein weitverbreitetes Flachrelief nach, die Aurukun und Featherby Surfaces, die er mit der weit entfernten Tennant Creek Surface in Nordaustralien und der Cordillo Surface in Südwestqueensland korreliert. Für das Jungtertiär nimmt GRIMES (1983) lokale tektonische Bewegungen und die Ausbildung ineinander geschachtelter Flachreliefs an.

Ein Beispiel für die jungtertiäre Morphogenese beschreiben COVENTRY et al. (1985) aus dem Bereich der Hauptwasserscheide in 20° südlicher Breite. Hier ermöglichen die von WYATT und WEBB (1970) und STEPHENSON et al. (1980) in das Jungtertiär und Altquartär datierten Vulkanprovinzen eine relativ exakte Datierung der geomorphologischen Entwicklung. COVENTRY et al. (1985) zeigen, daß ein tief verwittertes Altrelief - dokumentiert durch mehrere Meter mächtige Lateritprofile, denen 5,7 Mio. Jahre alte Basalte auflagern - von zwei jüngeren Landoberflächen aufgezehrt werden. Paläomagnetische Datierungen von IDNURM et al. (1980) weisen für Südostqueensland 3 Verwitterungsphasen für folgende Zeiten nach: ca. 60 Mio. Jahre, ca. 30 Mio. Jahre und ca. 15 Mio. Jahre vor heute. Das von COVENTRY et al. (1985) beschriebene Lateritprofil ist mindestens miozänen Alters. Für das benachbarte Torrens Creek-Gebiet kann COVENTRY (1978) für den Zeitraum vom mittleren Pliozän bis in das Jungquartär 3 Erosionsphasen nachweisen. Die auf die jüngeren Landoberflächen eingestellten Flüsse haben sich postbasaltisch in das tief verwitterte Altrelief eingeschnitten. STEPHENSON et al. (1980) führen dies auf tektonische Hebungen während des Miozäns zurück.

Für die rund 400 km südöstlich gelegene Nebo Province, etwa 100 km westlich von Mackay an der Pazifikküste, stellen SUTHERLAND et al. (1977) nahezu

stabile tektonische Verhältnisse für die letzten 54 Mio. Jahre fest. Der Reliefunterschied zwischen dem ältesten datierten Basaltvorkommen und dem rezenten Vorfluter beträgt 200 m. Für das Plio- und Pleistozän können sie eine Einschneidung von 16 m nachweisen. Für das Präoligozän nehmen sie jedoch tektonische Hebungsbewegungen an, da unteroligozäne Basaltströme in Mächtigkeiten von 160 m alte Täler verfüllen (SUTHERLAND et al. 1977).

Diese Untersuchungen zeigen, daß die Reliefentwicklung Queenslands, vor allem im zentralen Teil der Ostküste, in weitaus geringerem Maße von tektonischen Hebungen beeinflusst ist als in Südostaustralien. Dies äußert sich in der allgemein geringeren Höhe des Hinterlandes (etwa 400 m) und in dem hohen Alter dieses schwach reliefierten, weitgespannten Abtragungsreliefs.

4. Synthese: Geomorphologische Entwicklung und plattentektonische Bewegungen

Die Reliefgenese verschiedener Teilräume Ostaustraliens und die plattentektonische Entwicklung dieses Raumes stehen nach vorliegenden Erkenntnissen in engem Zusammenhang. Die plattentektonische Entwicklung Australiens begann vor ca. 160 Mio. Jahren, als Groß-Australien, das Neuseeland-Plateau, Groß-Indien und die Antarktis einen zusammenhängenden Teil des Gondwanakontinents darstellten. Zu dieser Zeit begann die Abtrennung der Tarim-Platte im Nordwesten des Kontinents (CRAWFORD 1974). Vor etwa 125 Mio. Jahren trennte sich Groß-Indien vom Westrand des australischen Kontinents und vor ca. 80 Mio. Jahren begann die Trennung der Antarktis vom Südteil des Kontinents (COLEMAN 1980). Östlich des heutigen australischen Kontinents stehen mehrere submarine Plateaus an, die zum Queensland-Plateau im Norden und dem Tasmantis-Block im Süden zusammengefaßt werden können. Letzterer besteht aus dem Lord Howe Rise, dem Neukaledonien/Norfolk Ridge und Groß-Neuseeland (Abb. 1).

Der Beginn der Trennung des Tasmantis-Blocks vom australischen Kontinent und die damit verbundene Öffnung der Tasman See wird durch 94 Mio. Jahre alte Rhyolithe auf dem Lord Howe Rise datiert, die von 350 m mächtigen oberkretazischen, tertiären und quartären biogenen Sedimenten überlagert werden. Die den Rhyolithen direkt auflagernden Sedimente weisen eine Kontinental/Küstenrandfazies auf. Die Abtrennung des Tasmantis-Blocks durch „seafloor spreading“ wird hierdurch in den Zeit-

raum zwischen 94 und 70 Mio. Jahre gestellt (MCDUGALL und v. D. LINGEN 1974). MORLEY et al. (1980) datieren mit Hilfe der Spaltspuren- („fission track“) Methode (GEYH 1980) an Apatiten die Öffnung der Tasman See auf den Zeitraum zwischen 100 und 80 Mio. Jahre.

Im Gegensatz zum Tasmantis-Block ist das Queensland-Plateau nur unwesentlichen Driftbewegungen unterlegen. Die eigentliche Riftzone verläuft in nördlicher Verlängerung des Tasman Basins östlich des Queensland-Plateaus und bildet das südöstlich von Papua New Guinea gelegene Coral Sea Basin. Dieses Becken bildete sich im Paläozän durch „seafloor-spreading“ (WEISSEL und WATTS 1979). In Zusammenhang hiermit steht die Bildung der parallel zur Nordostküste verlaufenden Queensland- und Townsville-Becken, die von MUTTER und KARNER (1980) als „failed arms“ bezeichnet werden. SYMONDS et al. (1983) beschreiben im Schelfbereich des Queensland-Beckens kontinentale und küstennahe kretazische Sedimente, welche an der Basis eines über 3,5 km mächtigen Sedimentpaketes liegen und Depressionen zwischen Horsten ausfüllen. Nach diesen Befunden setzte die die morphologische Entwicklung Ostaustraliens steuernde Tektonik mehr oder weniger gleichzeitig in der Oberkreide ein. In diesen Zeitraum fällt die Reaktivierung eines mesozoischen Altreiefs, dessen Reste im nördlichen und zentralen Teil Ostaustraliens an verschiedenen Stellen nachgewiesen wurden. Für den Süden Ostaustraliens fehlt der Nachweis für Relikte dieses Altreiefs weitgehend.

Das in Victoria und dem südlichen New South Wales nachgewiesene ineinandergeschachtelte präeo-zäne Altreief ist wahrscheinlich im Rahmen der oberkretazischen Riftvalley-Bildung entstanden. Nur gering konsolidierte permische Sedimente in Tälern auf der Westseite des Hochlandes von Victoria (C. OLLIER, frdl. pers. Mitt.), und die von JONES und VEEVERS (1982) beschriebenen korrelierten Sedimente im Murray Basin machen es jedoch wahrscheinlich, daß bereits während der Kreide deutliche Erhebungen im Südosten des Kontinents existierten. In diesem Teil der Ostküste können die größten Hebungsbeträge vermutet werden, nicht nur weil die höchsten Erhebungen hier zu finden sind, sondern weil mit eo-zänen Basalten verfüllte Täler auf dem Hochplateau ein präeo-zänes Altreief mit mindestens 400 m Höhenunterschied belegen. Derartige Beträge werden in keinem anderen Gebiet der Ostküste erreicht und auch die posteozänen Hebungsbeträge liegen nicht unter denen anderer Bereiche der Ostküste. Der Grund hierfür kann in der Tat-

sache gesucht werden, daß sich am Südostrand des Kontinents der Kreuzungspunkt zweier Hauptdriftzonen befindet: Die Tasman See und der Seeboden zwischen Australien und der Antarktis. Zusätzlich stellt das Gippsland Basin einen „failed arm“ dar. Spaltspuren- („fission track“) Untersuchungen an Apatiten von MOORE et al. (1986) und MORLEY et al. (1980) zeigen, daß dieses Becken etwa zur gleichen Zeit entstand wie die Öffnung der Tasman See.

Während für dieses Gebiet der posteoazäne Hebungsverlauf nur anhand korrelater Sedimente erfaßt werden kann, stellen im ca. 300 km entfernten Shoalhavengebiet datierte Beasaltströme die Hebung des Hochplateaus bis annähernd auf die heutige Höhe in den Zeitraum von 50 bis 30 Mio. Jahren. Die Hebung in Victoria und dem südlichsten New South Wales ist wahrscheinlich in vergleichbaren Zeiträumen verlaufen, allerdings scheinen die Hebungsbeträge im Shoalhavengebiet etwas geringer gewesen zu sein.

Westlich von Sydney wird das Hochland von der Küstenebene, der Cumberland Plain, durch die Lapstone Monocline getrennt. Paläomagnetische Messungen weisen auf ein Mindestalter von 15 +/- 7 Mio. Jahren für diese Struktur hin (BISHOP et al. 1982). Für das New England-Plateau hingegen kann gezeigt werden, daß die Hebung des Plateaus wahrscheinlich im Oligozän einsetzte und daß während des Miozäns die Haupthebung erfolgte.

Für Queensland liegen wesentlich weniger Informationen bezüglich der Reliefgenese während des Tertiärs vor. Es ist jedoch auffallend, daß aus vielen Bereichen des Hochplateaus mio- und pliozäne Zerschneidungen und auch schwach reliefierte Landoberflächen bei einer für das Tertiär insgesamt geringen Abtragungsrates beschrieben werden. Auch in diesem Gebiet setzte in der Oberkreide am Kontinentrand eine Grabenbildung ein, doch scheinen die hiermit verbundenen tektonischen Hebungsbewegungen vor allem im Zentralteil der Küste Queenslands schwächer ausgeprägt gewesen zu sein. Hier erreicht der Schelfbereich eine Breite von über 200 km. Zwar erschwert die für die Größe des Gebietes geringe Anzahl von geomorphologischen Untersu-

chungen eine gesicherte Aussage zu diesem Fragenkomplex, im Zusammenhang mit den detaillierten Untersuchungen aus Südostaustralien ist jedoch zu vermuten, daß eine Abnahme der Hebungsbeträge bei zunehmend jüngerem Alter von Süden nach Norden vorhanden ist.

Der unterschiedliche Verlauf der Hebung spiegelt sich in der Morphologie des Kontinentrandes wider (siehe auch Abb. 1). Bei relativ schwachen Hebungsbeträgen zu Beginn der plattentektonischen Bewegungen bildeten sich getreppte Flachreliefs aus, wie etwa auf den Hochflächen New Englands oder des Bega Districts. Diese Altreliefs zeichnen sich durch annähernde Formungsruhe mit Abtragungsraten von unter 10 mm/1000 Jahre aus.

Die teilweise deutliche Zerschneidung dieser ineinander geschachtelten Flachreliefs geht auf rasche tektonische Hebungen zurück. Hierbei werden die Altreliefs von Osten her durch rückschreitende Erosion aufgezehrt. Obwohl diese Hebungsphasen schon seit geraumer Zeit abgeschlossen sein können (im zentralen Teil des östlichen N.S.W. ca. 30 Mio. Jahre), dauert die Einschneidung im Hinterland des Escarpments nach wie vor an. In Gebieten mit relativ hohen Hebungsbeträgen in relativ kurzen Zeiträumen bei stark eingegrenztem Hebungsbereich und nur wenige 10er Kilometer breitem Schelfbereich (wie im Süden der Ostküste) erfolgt die Einschneidung in Form von steil eingeschnittenen Kerbtälern. Die Flüsse bilden hierbei am Übergang zum Hochplateau oft Wasserfälle aus. Diese stellen lokale Erosionsbasen der das Hochplateau entwässernden Flüsse dar und verstärken die Persistenz der Altreliefs. In Gebieten mit geringer tektonischer Aktivität (Zentralteil von Nordostqueensland) ist auch die Abtragung und Zerschneidung weniger intensiv ausgeprägt.

Wie das Beispiel Ostaustralien zeigt, sind Randschwelle morphologische Großformen, deren Entwicklung von der Erhaltung eines Altreliefs und seiner differenzierten Zerschneidung geprägt wird. Der Grad der Zerschneidung des Kontinentrandes wird im wesentlichen von einer unterschiedlich intensiven Hebung im Rahmen plattentektonischer Bewegungen bestimmt.

Literatur

ANDREWS, E. C.: Geographical unity of eastern Australia in late and post Tertiary time. In: J. Proc. Roy. Soc. N.S.W. 44, 1910, 420-480.

BISHOP, P., HUNT, P. a. SCHMIDT, P. W.: Limits to the age of the Lapstone Monocline, N.S.W. - a palaeomagnetic study. In: J. Geol. Soc. Aust. 29, 1982, 319-325.

- BREMER, H.: Zur Morphologie von Zentralaustralien. Heidelberg Geogr. Arb. H. 17, 1967.
- COLEMAN, P. C.: Plate tectonics background to biogeographic development in the southwest Pacific over the last 100 Million Years. In: Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol. 31, 1980, 105-121.
- COVENTRY, R. J.: Late Cainozoic geology, soils, and landscape evolution of the Torrens Creek area. In: J. Geol. Soc. Aust. 25, 1978, 415-427.
- , STEPHENSON, P. J. a. WEBB, A. W.: Chronology of landscape evolution and soil development in the upper Flinders River Area, based on isotopic dating of Cainozoic basalts. In: Aust. J. Earth Sci. 32, 1985, 433-447.
- CRAWFORD, A. R.: A greater Gondwanaland. In: Science 184, 1974, 1179-1181.
- DAVIES, J. L.: High level erosion surfaces and landscape development in Tasmania. In: Austr. Geogr. 7, 1959, 193-204.
- FAIRBRIDGE, R. W. (ed): The Encyclopedia of World Regional Geology, Part 1, Stroudsburg 1975.
- FRANCIS, G. a. WALKER, G. T.: Multiple laterite surfaces near Armidale. In: Search 9, 1978, 191-192.
- GEHY, M. A.: Einführung in die Methoden der physikalischen und chemischen Altersbestimmung. Darmstadt 1980.
- GRIFFIN, T. J. a. McDUGALL, I.: Geochronology of the Cainozoic McBride Volcanic Province. In: J. Geol. Soc. Aust. 22, 1975, 387-396.
- GRIMES, K. G.: The stratigraphic sequence of old land surfaces in northern Queensland. In: Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics (BMR) Journal Aust. Geol. Geophys. 4, 1979, 33-46.
- : Deep weathering events in Queensland. In: Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics (BMR) Record 27, 1983, 67-72.
- HILL, R. S.: Two new species of *Bowenia* Hook. In: Aust. J. Bot. 26, 1978, 837-846.
- IDNURM, M., v. DIJK, D. C. a. SENIOR, B. R.: Chemical weathering in southeast Queensland and the Tertiary climatic decline. In: Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics (BMR) Record 67, 1980, 43.
- JESSEN, O.: Die Randschwellen der Kontinente. *Pet. Geogr. Mitt. Ergänzungsheft* 241, 1943.
- JONES, J. G. a. VEEVERS, J. J.: A Cainozoic history of Australia's Southeastern Highlands. In: J. Geol. Soc. Aust. 29, 1982, 1-12.
- KING, L. C.: The study of the worlds plainlands. In: *Quart. J. Soc. London* CVI, 1950, 101-131.
- KUBINIOK, J.: Zur Reliefentwicklung des Ostaustralischen Hochlandes. Eine Untersuchung am Beispiel des Round Mountain-Gebietes. In: *Berl. Geogr. Stud.* 24, 1987, 15-26.
- : Kristallinvergrusung an Beispielen aus Südostaustralien und deutschen Mittelgebirgen. *Kölner Geographische Arbeiten* H. 48, 1988.
- LEIGH, C. H.: The denudation chronology of the northern part of the New England Tableland. In: *South Afr. Geogr. J.* 52, 1970, 87-92.
- McDOUGALL, I. a. WILKINSON, J. F. G.: Potassium-argon dates on some Cainozoic volcanic rocks from north-eastern N.S.W. In: *J. Geol. Soc. Aust.* 14, 1967, 225-234.
- : a. v. D. LINGEN, G.: Age of the Rhyolites of the Lord Howe Rise. In: *Earth a. Planetary Science letters* 21, 1974, 117-126.
- McELHINNY, M. W. a. EMBLETON, B. J. J.: Australian palaeomagnetism and the Phanerozoic plate tectonics of eastern Gondwanaland. In: *Tectonophysics* 22, 1974, 1-29.
- McROBERTS, H. M.: The general geology of the Bombala District. In: *Proc. Roy. Soc. N.S.W.* 81, 1947, 248-265.
- MOORE, M. E., GLEADOW, J. W. a. LOVERING, J. F.: Thermal evolution of rifted continental margins. In: *Earth a. Planetary Science letters* 78, 1986, 255-270.
- MORLEY, M. E., GLEADOW, A. J. W. a. LOVERING, J. F.: Evolution of the Tasman Rift. In: *Gondwana Five*, 1980, 289-293.
- MUTTER, J. C. a. KARNER, G.: The continental margin of northeast Australia. In: HENDERSON, R. A. a. STEPHENSON, P. J. (eds.): *The geology and geophysics of northeastern Australia*. Canberra 1980, 47-69.
- OLLIER, C. D.: Tectonics and geomorphology of the eastern Highlands. In: DAVIES, J. a. WILLIAMS, M. A. J. (eds): *Landform evolution in Australasia*, Canberra 1978, 5-47.
- : Evolutionary geomorphology of Australia and Papua-New Guinea. In: *Trans. Inst. Brit. Geog.* 4, 1979, 516-539.
- : The great Escarpment of eastern Australia. In: *J. Geol. Soc. Aust.* 29, 1982a, 13-23.
- : Geomorphology and tectonics of the Dorrigo Plateau, N.S.W. In: *J. Geol. Soc. Aust.* 29, 1982b, 431-435.
- PLUMB, K. A.: The tectonic evolution of Australia. In: *Earth Science Reviews* 14, 1979, 205-249.
- RUXTON, B. P. a. TAYLOR, G.: The Cainozoic geology of the Middle Shoalhaven Plain. In: *J. Geol. Soc. Aust.* 29, 1982, 239-246.
- SCHMIDT, P. W. a. OLLIER, C. D.: Palaeomagnetism of old weathered profiles in New England. In: *Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics Record* 27, 1983, 108-109.
- SPÖNEMANN, J.: Rumpfflächenstudien in Queensland. In: *Berl. Geogr. Stud.* 24, 1987, 1-14.
- STEINER, J.: The Merrimula group. In: *J. Proc. Roy. Soc. N.S.W.* 108, 1975, 37-51.
- STEPHENSON, P. J., GRIFFIN, T. J. a. SUTHERLAND, F. L.: Cainozoic volcanism in northeastern Australia. In: HENDERSON, R. A. a. STEPHENSON, P. J. (eds.): *The geology and geophysics of northeastern Australia*. Canberra 1980, 349-374.
- SUTHERLAND, F. L., GREEN, D. C. a. WYATT, B. W.: Age of the Great Lake Basalts, Tasmania. In: *J. Geol. Soc. Aust.* 20, 1973, 85-94.
- , STUBBS, D. a. GREEN, D. C.: K-Ar Ages of Cainozoic suites, Bowen-St Lawrence Hinterland. In: *J. Geol. Soc. Aust.* 24, 1977, 447-460.

- SYMONDS, P. A., DAVIES, P. J. a. PARISI, A.: Structure and stratigraphy of the central Great Barrier Reef. Bureau of Mineral Resources Geology and Geophysics, 8, 1983, 277-291.
- TAYLOR, G. a. SMITH, I. E.: The genesis of sub-basalt silcretes from the Monaro. In: J. Geol. Soc. Aust. 22, 1975, 377-385.
- , TAYLOR, G. R., BINK, M., FOUDOULIS, C., GORDON, I., HEDSTROM, J., MINELLO, J. a. WHIPPY, F.: Pre-basaltic topography of the Northern Monaro and its implications. In: Aust. J. Earth Sci. 32, 1985, 65-71.
- a. WALKER, P. H.: Tertiary Lake Bunyan, Northern Monaro. In: Aust. J. Earth Sci. 33, 1986, 219-251.
- TWIDALE, C. R.: Chronology of denudation in northwest Queensland. In: Geol. Soc. Amer. Bull. 67, 1956, 867-882.
- : Geomorphology of the Leichhardt-Gilbert Area. CSIRO Land Research Series 16. Canberra 1966.
- VOISEY, A. H.: The Tertiary land surface in southern New England. In: J. Proc. Roy. Soc. N.S.W. 76, 1942, 82-85.
- : Erosion surfaces around Armidale. In: J. Proc. Roy. Soc. N.S.W. 90, 1957, 128-133.
- WARNER, R.: The evolution of the landscape in southern New England. In: Aust. Geogr. 11, 1970, 242-258.
- WEISEL, J. K. a. WATTS, A. B.: Tectonic evolution of the Coral Sea Basin. In: J. Geoph. Res. 84, 1979, 4572-4582.
- WELLMANN, P.: The age and palaeomagnetism of the Australian Cainozoic Volcanic Rocks. Thesis, ANU, 1971.
- a. McDOUGALL, I.: Cainozoic igneous activity in eastern Australia. In: Tectonophysics 23, 1974, 49-65.
- WHITE, A. J. R. a. CHAPPEL, B. W.: Granitoid types and their distribution in the Lachlan Fold Belt, south-eastern Australia. In: Geol. Soc. Amer. Mem. 159, 1983, 21-34.
- WYATT, D. H. a. WEBB, A. W.: Potassium-Argon ages of some Northern Queensland basalts and an interpretation of late Cainozoic history. In: J. Geol. Soc. Aust. 17, 1970, 39-50.
- YOUNG, R. W.: Denudational history of the south-central uplands of New South Wales. In: Aust. Geogr. 15, 1981, 77-88.
- a. BISHOP, P.: Potassium-Argon ages on Cainozoic volcanic rocks in the Crookwell-Goulburn Area. In: Search 11, 1980, 340-341.
- a. McDOUGALL, I.: The age, extent and geomorphological significance of the Sassafras basalt, southeastern New South Wales. In: Aust. J. Earth Sciences 32, 1985, 323-331.

BERICHTE UND MITTEILUNGEN

COMPUTERGESTÜTZTE ERMITTLUNG MORPHOMETRISCHER PARAMETER AUS TOPOGRAPHISCHEN KARTEN

Mit 2 Abbildungen und 5 Tabellen

BERND CYFFKA

Summary: Computer-supported investigation of morphometric parameters based on topographic maps

For a long time there have been several parameters frequently applied in hydrogeography as well as in geomorphology when comparing most differing research areas. Many calculations were necessary to work out these parameters. Now the EDP, based on the digital registration of the contents of a topographical map, offers the possibility

to get more detailed results within a shorter period than before. In the following the program RELIEF, calculating the relief and form indices, river descent, length of the river, the river density as well as the drainage area and its volume, will be introduced. Thus this program supports morphometrical analysis of research areas. Moreover it enables longitudinal river profiles and channel networks of the research areas to be plotted by means of the computer.