

## BEOBACHTUNGEN ZUM PHÄNOMEN DER HANGVERSTEILUNGEN IN SÜDWESTAUSTRALIEN

Mit 4 Abbildungen und 5 Bildern

JÜRGEN DAHLKE

*Summary:* Observations in connection with phenomenon of steepening of slopes in south western Australia

Steepening of slopes at the foot of inselbergs with cavities or overhangs has, up till now, been observed above all in south and central Australia. In western Australia, these forms also occur in the area of winter precipitation Mediterranean climate. Following a short review of a catalogue of possible explanations devised by Twidale, it is attempted, on the basis of observations of these forms, to throw more light above all on their group relationship to other micro forms and on the process and time in which they were formed. The following conclusions can be reached

1. the exposition of overhangs from south to east, i. e. to the shaded side, which has been determined for south Australia, does not appear to apply with equal force in south west Australia.

2. peeled rock skins, which destroy the cavities, allow a conclusion to be drawn about the formation of the overhangs through subcutaneous weathering,

3. the presence of tafoni in the shaded area of the cavities implies the existence of a hard crust, but gives no indication of an ultimate influence of such a crust on the formation of the overhang.

Despite some differences with reference to the conditions in south Australia, all the morphological results confirm TWIDALE's hypothesis of the two phase formation of the cavities by subcutaneous weathering and subsequent exposure.

Neben den für die klimatischen Verhältnisse typischen geomorphologischen Kleinformen wie Abschaltungen, Hohlblöcken, napfartigen Vertiefungen usw. tritt in Südwestaustralien eine morphologische Erscheinung auf, die bisher noch wenig beobachtet wurde. Es handelt sich um eine Versteilung der unteren Hangpartien der Inselberge, die bis zur Ausbildung regelrechter Hohlkehlen oder Überhänge (flare, overhanging slope) fortgeschritten sein kann<sup>1)</sup>. Der Volksmund wird diesen Formen gerecht, indem er eines der schönsten Beispiele des Landes mit der treffenden Bezeichnung „Wave Rock“ (Wellenberg) belegt hat. Auf einer Reise durch Südwestaustralien im Sommer 1968<sup>2)</sup> konnten diese Formen mehrfach beobachtet werden. Im folgenden seien einige Überlegungen zur Deutung dieses Phänomens an Hand von Geländebeobachtungen wiedergegeben.

<sup>1)</sup> Die erste Erwähnung in der geographischen Literatur findet sich in einem diesen Formen gewidmeten Aufsatz von TWIDALE (1962). Auf deutscher Seite hat sich Frau Dr. BREMER, der ich auch für die kritische Durchsicht meines Manuskripts danken möchte, mit Hangversteilungen in Zentralaustralien beschäftigt (1965).

<sup>2)</sup> Die Reise wurde mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der hier noch einmal für die Bereitstellung der Mittel gedankt sein soll, durchgeführt.

Das Innere Südwestaustraliens ist ein Gebiet, in dem die geringe Reliefenergie das Bild der Landschaft prägt. Der Raum gehört zum größten Teil dem präkambrischen Schild an, in dem Granite vorherrschen. Die letzte epirogenetische Hebung des Spättertiärs schuf das „Alte Plateau“ (JUTSON, 1934), das im W von der Darling Range, einer randlichen Aufwölbung von über 630 m Höhe, und der ihr vorgelagerten Küstenebene begrenzt wird. Im S schließt sich ein Streifen Tertiär und jüngerer Schichten an.

Da die Zerschneidung wegen der geringen absoluten Höhe des „Alten Plateaus“ (450–220 m) noch nicht weit vorangeschritten ist, blieb der Charakter einer Rumpffläche bewahrt. Die augenfälligsten morphologischen Erscheinungen dieser Rumpffläche sind die Inselberge und das ausgedehnte Netz von Salzpflanzen, die nur episodisch mit Wasser gefüllt sind. Neben diesen Resten eines alten Entwässerungssystems fanden vor allem die Lateritdecken das Interesse der Morphologen (letzte Zusammenfassung MULCAHY, 1967). Unter den morphologischen Kleinformen wurden u. a. die Blockbildung nach klimamorphologischen Gesichtspunkten behandelt (GENTILI, 1949). Das Klima des Gebietes ist wechselfeucht. Durch die Breitenlage und die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge ergeben sich ein kühler feuchter Winter und ein heißer trockener Sommer. Die Niederschläge verringern sich von über 1000 mm in der Darling Range im W auf 250 mm im semiariden Inneren.

Die schönsten Beispiele überhängender Felswände finden sich am Hyden Rock (Abb. 1), der trotz

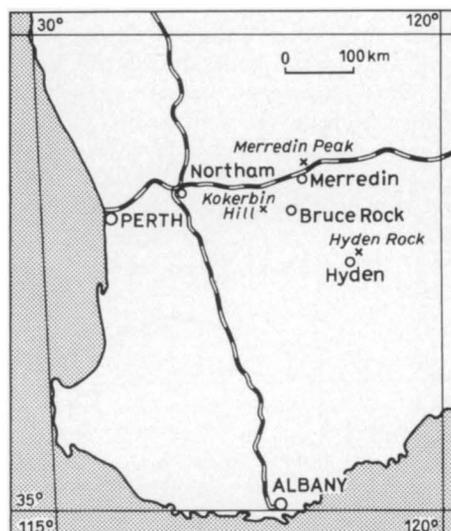


Abb. 1: Lageskizze der erwähnten Inselberge in Südwestaustralien

seiner Entfernung von Perth (ca. 300 km) im Begriff ist, sich zu einer Touristenattraktion zu entwickeln. Es handelt sich um einen Granitinselberg, der aus der Rumpffläche steil aufragt. Der Nordhang dacht sich mit starkem Gefälle bis zur Ebene hin ab und ist sehr viel geschlossener als der zerlappte und durch Buchten gegliederte Südhang. Die stellenweise geradlinige Begrenzung der Nordseite des Berges läßt tektonische Beeinflussung vermuten. Die umgebende Ebene fällt zu einer durch eine Kette von Salzseen gekennzeichneten Tiefenzone im N leicht ein, was zu einer stärkeren Herauspräparierung des nordexponierten Hanges führte.

An diesem mehr oder weniger geschlossenen Nordhang, der den Namen Wave Rock trägt, treten die regelmäßigsten und ausgedehntesten der bisher bekannten Überhänge in Westaustralien auf, der relativ flache Hang des Berges geht mit einem deutlichen Knick in ein konkaves Profil über, dessen Versteilung so stark sein kann, daß eine Hohlkehle ausgebildet ist (Bild 1 u. 2). Unterhalb des konkaven Hanges schließt sich eine mehr oder weniger waagerechte Platte an, die zur Rumpffläche überleitet. Stellenweise ist diese Fußfläche in sich durch eine kleine Stufe gegliedert, oder sie fällt in einer solchen zum umgebenden Lockermaterial hin ab. Die rezente, durch Winterregen bestimmte Erosion hat zwar ihre Spuren hinterlassen, ist aber wegen der Härte des Granits noch nicht weit vorangeschritten. Das herabbrinnende Regenwasser führte vor allem zu einer selektiven Ansiedlung von Algen, die dem Felsen eine auffällige braungelbe Streifenfärbung verleiht. Die vom Wasser benutzten Fließbahnen sind noch wenig ausgeprägt, unterliegen aber wegen der stärkeren Befeuchtung einer gewissen Tieferlegung durch Abschuppung von kleinen Gesteinsschalen, was besonders auf der Fußfläche zur Ausbildung von leichten Wannern geführt hat (Bild 2)<sup>3)</sup>.

Betrachtet man den gesamten Hang des Inselberges, so läßt sich folgendes Idealprofil beobachten (Abb. 2). Das umgebende Lockermaterial geht mit einer kleinen Stufe in die waagerechte, z. T. in zwei Niveaus gegliederte Fußfläche über, an die sich der konkave Hangteil anschließt. Oberhalb der Hohlkehle mit dem Überhang setzt mit einem Knick der

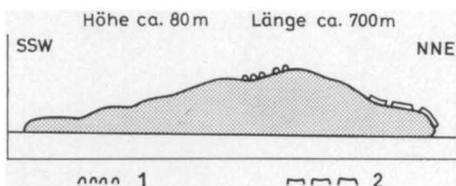


Abb. 2: Idealprofil durch einen Inselberg  
1 Wollsackblöcke; 2 abgesprengte Gesteinsschalen

<sup>3)</sup> Weitere Abbildungen und Zeichnungen von versteilten Hängen in Südastralien bringt Twidale (1962).

normal ausgebildete Hang ein, auf dem es zur Absprengung von mächtigen Gesteinsschalen kommen kann, die je nach Hangneigung entweder in situ liegen oder aber abgerutscht sind. Die eckige Ausbildung der Schalen und ihrer Bruchstücke zeugt von ihrer Jugendlichkeit. Auf der Kuppe des Berges finden sich dann Anhäufungen von Wollsackblöcken mit starker Tafonierung.

Weitere Beobachtungen zum Problem der Hohlkehlenbildung konnten am Kokerbin Hill, einem Inselberg nordwestlich von Wave Rock, gemacht werden. Zusätzlich zu den Versteilungen treten an diesem Berg Kleinformen auf, die bei der Frage der Entstehung der Überhänge nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Der Kokerbin Hill liegt nur wenige Kilometer nördlich der Ortschaft Kwolyin und insgesamt ca. 214 Straßenkilometer östlich Perth im westaustralischen Weizenbaugürtel (Abb. 1). Dieser Granitberg weist eine geschlosseneren Form auf als der Wave Rock bei Hyden. Während die Begrenzung im S und W halbkreisförmig ausgebildet ist, wird die Nordseite streckenweise durch tektonische Beeinflussung fast geradlinig begrenzt. Im NW ist ein großer Vorsprung ausgebildet, der durch parallele, annähernd westöstlich laufende Bruchlinien zerstückelt wird (Abb. 3). Die nach SW und W exponierten Hänge dachen sich mit mäßigem Gefälle ab. Der Nordhang dagegen verläuft entlang einer Bruchlinie und ist steiler ausgebildet. Der ebenfalls steile Südosthang läßt wegen seines geradlinigen Verlaufs eine tektonische Beeinflussung vermuten. Auch am Kokerbin Hill senkt sich das umgebende Gelände allmählich nach N ab, so daß die nordexponierten Hänge des

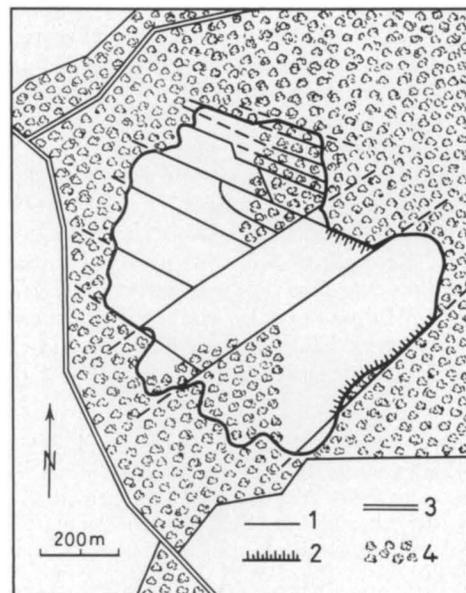
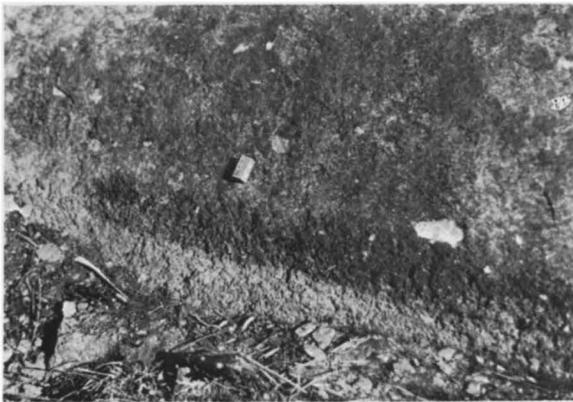


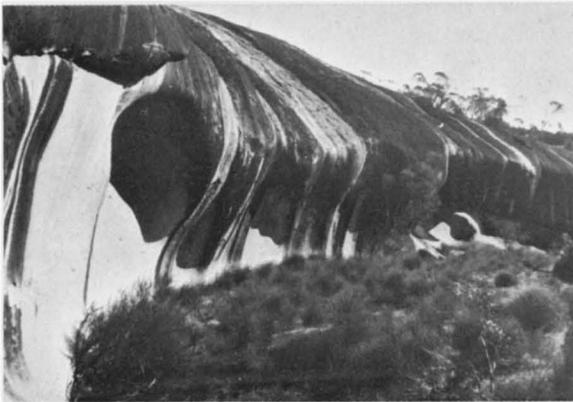
Abb. 3: Kokerbin Hill  
1 Bruchlinie; 2 Unterhöhlung; 3 Straße; 4 Busch



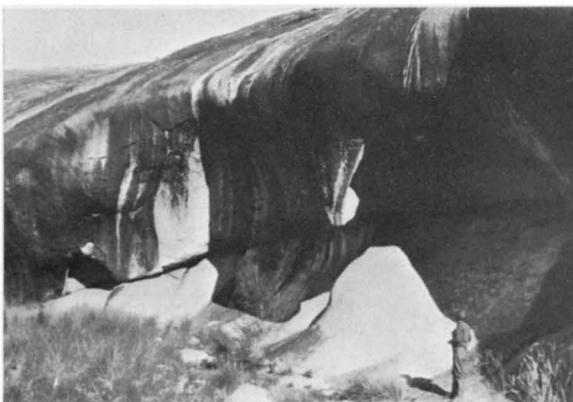
1



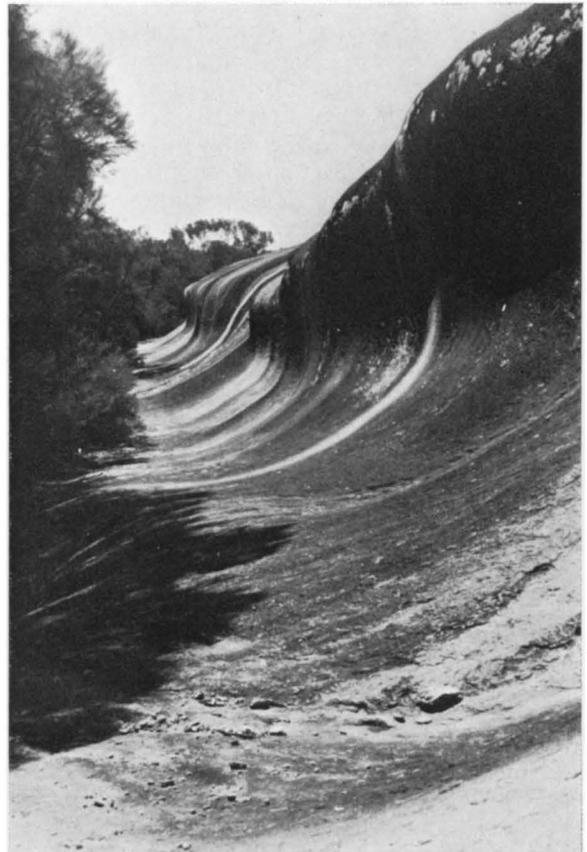
3



4



5



2

Bild 1 und 2: Überhang des Wave Rock bei Hyden

Bild 3: Gesteinsverwitterung oberhalb und unterhalb der Bodendecke am Kokerbin Hill

Bild 4: Unterhöhlter und tafonierter Nordhang des Kokerbin Hill

Bild 5: Tafoni am Nordhang des Kokerbin Hill

Inselberges besser herauspräpariert sind. Die Versteilungen der unteren Hangpartien treten fast ausschließlich an den geschlossen ansteigenden Nord- und Südosthängen auf, während die durch Kerbtälchen und Einbuchtungen gegliederten Süd- und Westhänge höchstens schwache lokale Versteilungen aufweisen.

Wenn auch die Hohlkehlen am Kokerbin Hill in ihrer Anlage den am Hyden Rock beschriebenen sehr ähnlich sind, so lassen sich doch einige Unterschiede feststellen. Zwar handelt es sich auch um Versteilungen der unteren Hangpartie bis zu einer Höhe von über 10 m, aber die Unterhöhlung ist im allgemeinen etwas schwächer ausgebildet. Es scheint, als habe hier der Vorgang der Unterhöhlung erst tiefer, nämlich unmittelbar oberhalb der Fußfläche in voller Stärke eingesetzt. Auch fehlt bei den Formen des Nordhangs die Fußfläche, die aber eventuell nur noch nicht aufgedeckt ist. Auf Einzelheiten soll später noch näher eingegangen werden.

Ein dritter Inselberg, der auf Versteilungen hin untersucht wurde, ist der Merredin Peak bei Merredin (Abb. 1). An diesem Berg treten die Formen nur schwach und an isolierten Stellen auf. Wieder ist jedoch die Ost- bzw. Nordexposition bevorzugt.

Wegen ihrer auffälligen Erscheinung und der überraschenden Regelmäßigkeit haben die Unterhöhlungen bisher Anlaß zu den verschiedensten Deutungsversuchen gegeben. In jüngster Zeit wurde von TWIDALE (1968, S. 348–350) ein Katalog von Erklärungsmöglichkeiten aufgestellt und an Hand der Erfahrungen aus dem Nordwestteil der Eyrehalbinsel kritisch beleuchtet. Da sich die aufgeführten Hypothesen und deren Kritik mit nur geringfügigen Änderungen auch für Südwestaustralien anwenden lassen, seien sie hier kurz referiert:

1. *Marine Erosion*: Die Möglichkeit, daß es sich um fossile Meeresskiffs handelt, würde voraussetzen, daß das Gebiet, in dem Überhänge auftreten, einmal vom Meer überdeckt war. Das Fehlen von Zeugen einer derartigen spätkänozoischen Transgression, wie Strandlinien und marine Ablagerungen, sprechen jedoch gegen diese Erklärung.

2. *Winderosion*: Der Möglichkeit der Winderosion steht die Tatsache gegenüber, daß die vorherrschende Windrichtung in Südwestaustralien zumindest während der letzten trockenen Klimaperiode<sup>4)</sup> W gewesen ist, was sich an den auf den Ostseiten der Salzseen aufgewehten Dünen beweisen läßt (MULCAHY, 1967, S. 219), die Steilformen jedoch nach N und E exponiert sind.

3. *Fließendes Wasser*: Dieser wie auch den beiden vorherigen Theorien steht die Tatsache entgegen, daß TWIDALE in Südaustralien auch unterirdische Hohlkehlen nachgewiesen hat, die von in situ verwittertem Granit umgeben sind (TWIDALE, 1962, S. 59). Es bleibt also nur noch die Möglichkeit der

4. *Kryptogenen Verwitterung*, bei der in einem zweiphasigen Vorgang sich zunächst die Hangversteilung durch unterirdische Verwitterung ausbildet, die dann durch Tieferlegung der umgebenden Oberfläche aufgedeckt wird. Eine Reihe von Fragen, wie z. B. die Mechanik der Tiefschaltung, bleiben dabei zwar ungeklärt, berühren aber das Problem der Hohlkehlen nicht direkt<sup>5)</sup>.

Eine letzte von TWIDALE nicht aufgeführte Möglichkeit der Erklärung soll noch erwähnt werden. Es wäre denkbar, daß durch eine besondere Textur des Granits die Entstehung konkaver Hänge begünstigt

<sup>4)</sup> Deren Höhepunkt überschritten zu sein scheint (vgl. MULCAHY, 1967, S. 228).

<sup>5)</sup> H. BREMER deutete die von ihr am Ayers Rock in Zentralaustralien beobachteten Formen der Versteilung ebenfalls als Ergebnis subkutaner Verwitterung. Hier wird auch auf den Vorgang der Tiefschaltung im Verhältnis zur unterirdischen Verwitterung näher eingegangen (H. BREMER, 1965, S. 276).

wird. Ein einziges Beispiel am Merredin Peak deutet auf diese Möglichkeit hin. Am Ostabhang des Berges ist ein isohypsenparalleler Sprung auf der Gesteinsoberfläche ausgebildet, der jedoch nicht zur Loslösung der Schale geführt hat. Durch menschliche Einwirkungen wurde ein Teil dieser Schale vom Gesteinskörper abgesprengt, und zwar so, daß die restliche Schale im Querschnitt zu sehen ist. Es zeigt sich nun an dieser Stelle, daß die Spalte nicht senkrecht oder hangparallel verläuft, sondern daß sie einen leichten Bogen beschreibt, der bei der Loslösung der Schale zu einem unterhöhlten Hangprofil führt. Es könnte also eine Anordnung der Kristalle vorliegen, die der Spalte den geschwungenen Verlauf aufzwingt. Allerdings ist dies das einzige beobachtete Beispiel für eine derartige Entstehung versteilter Hänge, so daß es sich hier wahrscheinlich um eine zufällige Erscheinung handelt. Diese Annahme wird noch durch die beschriebene Schalenverwitterung am Kokerbin Hill (s. u.), die die Hangunterhöhlungen eher zerstört als verursacht, unterstützt<sup>6)</sup>.

Mit diesen Argumenten hat TWIDALE den Spekulationen von nichtgeographischer Seite über die Ursachen dieser merkwürdigen Felsgestaltung die Grundlage entzogen. Obwohl also die Erklärung der Ausgestaltung der unteren Hangpartie als Prozeß der subkutanen Verwitterung nach unseren heutigen Kenntnissen die größte Wahrscheinlichkeit für sich in Anspruch nehmen darf, setzt jedoch die außerordentliche Regelmäßigkeit dieser Formen, die Glätte und Frische der Gesteinsflächen und das Fehlen eines Kluftsystems, in dem die Tiefenverwitterung einen Ansatzpunkt gefunden hätte, den Beobachter immer wieder in Erstaunen und läßt die Frage nach modifizierenden Bedingungen, wie z. B. dem Vorhandensein einer Hartkruste oder einer Besonderheit der Gesteinsstruktur, aufkommen. Einige dieser Fragen sollen im folgenden näher beleuchtet werden.

Nimmt man die ursprüngliche Lage der Landoberfläche am deutlich ausgebildeten Hangknick oberhalb des Überhanges an, und läßt man eventuelle Härteunterschiede des Gesteins außer Betracht, so setzt die subkutane Ausbildung der Unterhöhlung voraus, daß die Tiefenverwitterung erst in einem bestimmten Niveau unter der Oberfläche (ca. 1–2 m) in voller Stärke einsetzt und dabei auch zur Seite wirkt, um dann in ca. 10 m Tiefe plötzlich an Wirksamkeit zu verlieren, damit es zur Formung der Unterhöhlung und der Flußfläche kommen kann. Die unterschiedliche Angriffsweise der Verwitterung selbst im heutigen Klima wird schon durch geringfügiges Entfernen der oberen Bodenschicht deutlich. Oberhalb der heu-

<sup>6)</sup> Auch schließt die Tatsache, daß sich Hohlkehlen um den Berg herumziehen können, eine Entstehung durch textur bestimmte Sprünge aus (freundliche schriftliche Mitteilung von Frau Dr. H. BREMER).

tigen Oberfläche verwittert der Granit unter Ablösung kleiner Schuppen (Bild 3)<sup>7)</sup>, dort, wo er von Erde bedeckt ist, kommt es dagegen zu einer löchrigen Zersetzung des Gesteins (vgl. auch TWIDALE, 1962, S. 63).

Während die Überhänge im östlichen Australien eine deutliche Ausrichtung nach S und E haben (TWIDALE, 1962, S. 57), scheint dies in Südwestaustralien nicht der Fall zu sein. Nach den wenigen Beobachtungen, die vielleicht noch nicht repräsentativ sind, haben zwar auch die Ost-, jedoch in stärkerem Maße die Nordseiten der Inselberge diese besondere Ausformung erhalten. So ist z. B. in einem kleinen Kerbtälchen, das sich auf dem Merredin Peak ungefähr in West-Ostrichtung hinzieht, gerade der nordexponierte Hang stark versteilt, während der südexponierte konvex ausgebildet ist. Inwieweit es sich hierbei allerdings um eine Regelmäßigkeit handelt, läßt sich auf Grund des geringen Beobachtungsmaterials nicht sagen: eine genaue Registrierung aller Vorkommen und ihrer Expositionen wäre dazu nötig. Eine Erklärung für die Abweichung könnte darin liegen, daß sowohl beim Wave Rock als auch beim Kokerbin Hill die Rumpffläche nach N hin leicht abfällt. Auf diese Weise wären die Versteilungen an der Nordseite entblößt worden, während sie am Südhang noch verdeckt blieben. Jedenfalls bedarf nach den bisherigen Beobachtungen die Annahme, daß die Versteilungen sich besonders an den süd- und ostexponierten Schatten- und damit den feuchteren Hängen gebildet haben, wie TWIDALE (1962, S. 64) sie nach den Funden im östlichen Australien entwickelt hat, für Südwestaustralien einer noch genaueren Überprüfung.

Der Kokerbin Hill weist zusätzlich noch einige aufschlußreiche Erscheinungen auf. An seiner Ostseite ist z. B. eine meterdicke Schale abgesprungen, auf der eine Versteilung mit leichtem Überhang ausgebildet ist. Die mächtige Schale ist nur wenig abgerutscht. Sie liegt 2–3 Meter vom Fußende des Berges der Fläche auf und lehnt schräg gestellt gegen den Hang. Durch das Abspringen der Schale wurde die obere Partie der Unterhöhlung aus dem Hang herausgesprengt (Abb. 4). Die Schale ist auf der heutigen Oberfläche zur Ruhe gekommen und dürfte sich daher erst gelöst haben, als das jetzige Niveau der Fußfläche erreicht war. Für diese Annahme spricht auch die Tatsache, daß weitere Schalenstücke auf der Fußfläche liegen, und vor allem, daß diese Gesteinsstücke recht wenig gerundet sind. Da die Position der Versteilung auf der Schale darauf hindeutet, daß die Ablösung erst nach der Umformung des Hanges eingetreten ist, erscheint die Einordnung der Bildung von Überhängen in die Zeit vor der Desquamation wahrscheinlich. Führt

man die Desquamation wiederum auf Druckentlastung zurück (WILHELMY, 1958, S. 75 ff.), nämlich nach der Tiefschaltung der Landoberfläche, so wird die Versteilung vor dieser Tiefschaltung, also subkutan, entstanden sein<sup>8)</sup>.

Eine weitere Möglichkeit der Entstehung von Unterhöhlungen darf nicht unerwähnt bleiben, nämlich die Bildung einer Hartkruste und die dann später einsetzende selektive Verwitterung. So wäre z. B. eine Silikatanreicherung infolge von aufsteigendem Grundwasser denkbar. Einige Formen am Nordhang des Kokerbin Hill z. B. weisen auf eine Verhärtung der Oberfläche des Inselberges hin. Zunächst einmal sind in der Hohlkehle große Kavernen eingelagert, die einige Meter tief in den Berg hineinreichen (Bild 4). Die Ursache für das Ansetzen der Aushöhlungen unterhalb des Überhanges dürfte in einer großen Spalte liegen, die hier das Gestein waagrecht durchzieht und bei der es sich um eine Druckentlastungskluft handeln könnte. Mag auch das Vorhandensein der Spalte für das Ansetzen der Aushöhlungen entscheidend gewesen sein, die weitere Entwicklung lief wie bei der Tafonierung von isolierten Blöcken ab, nämlich in der Form einer Hohlbildung an der Oberseite der Spalte und damit im Schattenbereich. Alle Anzeichen deuten also auf einen ganz normalen Vorgang der Hohlblockbildung, d. h. auf eine Erweichung des Gesteinsinneren hin. Demzufolge kann aber auch eine Verhärtung der äußeren Rinde eingetreten sein. Die Ausbildung der durch die Tafonibildung stark akzentuierten Unterhöhlung unterstützt diese Vermutung. Zunächst einmal ist der obere Ansatz des Steilhanges durch einige Vorsprünge gegliedert. Unterhalb dieser Vorsprünge haben zapfenartige Ausläufer

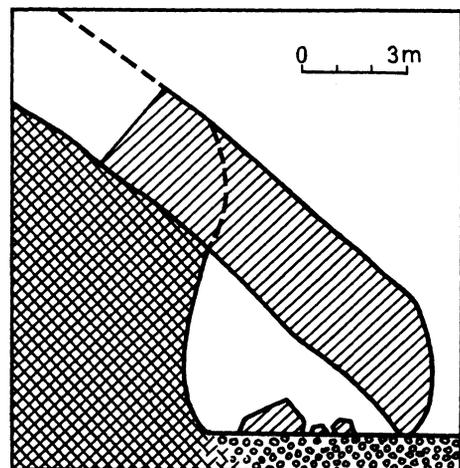


Abb. 4: Abgerutschte Schale am Kokerbin Hill

<sup>7)</sup> Im Gegensatz zum Ayers Rock, wo die Schuppen fossil sind (BREMER, 1965, S. 258), scheint die Abschuppung am Kokerbin Rock rezent zu sein, da sich die Plättchen leicht lösen lassen.

<sup>8)</sup> Da die Druckentlastung als Ursache für die Abplattung jedoch nicht völlig gesichert ist (vgl. H. BREMER, 1965, S. 272), ist diese Schlußfolgerung nur bedingt vertretbar.

der Aushöhlung widerstanden, was auf ihre Härte hinweisen könnte. Eine nähere Betrachtung (Bild 5) ergibt sogar, daß sich diese Zapfen in Form einer Rippe nach innen fortsetzen. Die Ähnlichkeit mit den von WILHELMY (1958, S. 145 u. S. 142, Abb. 102) beschriebenen Scheidewänden zwischen den einzelnen Höhlungen liegt auf der Hand<sup>9)</sup>. Wenn damit auch das Vorhandensein einer Hartkruste im Bereich des versteilten Hangs möglich erscheint, so bleibt doch die Frage offen, inwieweit diese Hartkruste an der Ausbildung der Versteilung ursächlich beteiligt ist. Sowohl die Möglichkeit, die Spalte als Druckentlastungskluft zu deuten, als auch der Mechanismus der Kernverwitterung lassen nur auf eine Entstehung der Tafoni und damit auch der vermuteten Hartkruste nach der Aufdeckung schließen.

Das vorhandene Beobachtungsmaterial läßt keine endgültige Stellungnahme zu den aufgeworfenen Fragen zu. Es wurde lediglich versucht, die Variationen in der Form der Unterhöhlungen und die sie begleitenden Nebenerscheinungen nicht als völlig beziehungslos zu vernachlässigen, sondern ihre Aussagekraft zu diesem Problem abzuwägen. Keiner der morphologischen Befunde widerspricht der Auffassung der kryptogenen Verwitterung; inwieweit jedoch andere Einflüsse akzentuierend oder modifizierend mitgewirkt haben, ließe sich nur in einer detaillierten Spe-

zialuntersuchung klären. Damit bleibt TWIDALES Hypothese der zweiphasigen Entstehung der Unterhöhlungen, nämlich durch subkutane Verwitterung und nachträgliche Freilegung, in ihrer Wahrscheinlichkeit unangetastet. Es handelt sich nach unserem heutigen Wissen bei den „Wellenbergen“ also um morphologische Altformen, die einer rezenten Umgestaltung unterliegen.

#### Literatur

- BREMER, H.: Ayers Rock, ein Beispiel für klimagenetische Morphologie. – Zeitschr. f. Geomorph. N. F. 9, 1965, S. 249–284  
 –: Zur Morphologie von Zentralaustralien. – Heidelberger Geogr. Arbeiten, H. 17, Heidelberg 1967  
 DRAGOVICH, D.: The origin of cavernous surfaces (tafoni) in granitic rocks of southern South Australia. – Zeitschr. f. Geomorph. N. F. 13, 1969, S. 163–181  
 GENTILI, J.: Rainfall as a factor in the weathering of granite. – Australian And New Zealand Association For The Advancement Of Science. Hobart Meeting, 1949 (5 S.)  
*Geological Map of Western Australia* (1 : 2,5 Mill.) – Perth, 1966  
 MULCAHY, M. J.: Landscapes, Laterites and Soils in Southwestern Australia. – In: Jennings, J. N. and Mabbut, J. A. (Hrsg.): Landform Studies from Australia and New Guinea. – Canberra, 1967, S. 211–230  
 TWIDALE, C. R.: Steepened margins of inselbergs from northwestern Eyre Peninsula, South Australia. – Zeitschr. f. Geomorph. N. F. 6, 1962, S. 51–69  
 –: Geomorphology with special reference to Australia. – Melbourne, 1968  
 WILHELMY, H.: Klimamorphologie der Massengesteine. – Braunschweig, 1958.

<sup>9)</sup> Vergleiche dagegen DRAGOVICH, der in Südaustralien nur in wenigen Fällen eine Kernerweichung und Hartkrustenbildung bei der Tafonierung feststellen konnte (1969, S. 168 f.).

## EXZESSIVE BODENEROSION UM UND NACH 1800

GERHARD HARD

Zusammenfassender Bericht über ein südwestdeutsches Testgebiet

Mit 6 Abbildungen und 10 Bildern

*Summary:* Excessive soil erosion around and since 1800

The following report refers to a test area in south west Germany which, during the time around and since 1800 has been characterised by a unique number of soil erosion occurrences, especially strong gully erosion. This intensification of soil erosion processes in the time period mentioned can, with the help of archival studies, be correlated with contemporaneous situations in agrarian history and the then composition of the cultivated area. Certain climatic fluctuations and long term changes in seasonal rhythms, known to have occurred over approximately the same period, were on the other hand unimportant, being at most a strengthening factor. Without the specific agrarian situation the climatic factor would hardly have had any effect. It is suggested that the results can, in many points, be applied to broad areas of west and south west Germany and eastern France.

A precondition for the intensification of soil erosion was the transition from an extensive alternating arable/pasture economy to permanent arable on the entire field area, in the form of the three-field system (Zelgen) with about one-third 'black fallow'. With the transition to seasonal fallow (or to an alternating crop economy) gully erosion declined again and the beginnings of a major transition to permanent pasture in the second half of the 19th century also helped.

The most important factors can also be reconstructed from archive material. Among others worthy of mention can be included: the giant crop parcels (Schläge) of the three-field system, not least the large areas of fallow; the particular ploughing techniques and their consequences for soil structure and soil water balance; the re-survey and re-distribution on geometrical lines of many fields around 1700, which took little notice of the dangers of erosion; the strong population pressure, above all since the