# *Afrika-Seminaar . . .*

## Die Geologie van Afrika in Oorsig

Dit is vanselfsprekend dat in 'n artikel soos hierdie die geologie van Afrika slegs in hooftrekke aangedui kan word en dat daar geen sprake van besonderhede kan wees nie. Wat hierop volg kan dus eintlik maar net as 'n selektiewe uittreksel uit die publikasies van sekere skrywers oor Afrika beskou word, en met die oog hierop is dit miskien goed om eers kortliks die vernaamste bronne van inligting aan te dui.

Die enigste resente samevattende werk oor die geologie van Afrika as geheel is die tweede, verkorte uitgawe van Erick Krenkel se „Geologie und Bodenschätze Afrikas" wat in 1957 verskyn het. Ander literatuur oor die geologie van Afrika is versprei deur 'n groot verskeidenheid publikasies, waarvan maar net 'n klein aantal by die samestelling van hierdie oorsig geraadpleeg kon word.

Vanweë die werk van skrywers soos L. Cahen (1954), H. B. S. Cooke (1957), F. Dixey (1955a, 1955b. 1956), A. L. du Toit (1954), A. Holmes (1944), A. Holmes en L. Cahen (1955), L. C. King (1951) en A. M. Macgregor (1951a, 1951b) is daar heelwat maklik bekombare resente literatuur oor die geologie en geomorfologie van Afrika Suid van

die Sahara. In hierdie opsig dien daar ook melding gemaak te word van die „Transactions and Proceedings of the Geological Society of South Africa", wat jaarliks verskyn en die periodieke publikasies van die verskillende staatsondersteunde geologiese opnames in Afrika, asook van die „Commission de Cooperation Technique en Afrique au Sud du Sahara" (C.C.T.A.), wat in Januarie 1950 ingestel is.

Laasgenoemde organisasie doen vandag baie belangrike werk in Afrika Suid van die Sahara, veral ook uit die standpunt van ons Afrika-Seminaar beskou. Die noodsaaklikheid van samewerking onder Suid-Afrikaanse geoloë is vroeër vanjaar baie sterk deur die President van die Geologiese Vereniging van Suid-Afrika beklemtoon. Onder andere verwys hy na die rol wat die C.C.T.A. in hierdie opsig speel (Brock, 1957b, 180). In 'n bespreking van Brock se referaat dui Haughton (1957a, 191) kortliks aan op watter wyse die C.C.T.A. poog om samewerking onder geologiese navorsers in Afrika Suid van die Sahara te bewerkstellig.

## DIE MORFOLOGIE EN EROSIE-OPPERVLAKKE VAN AFRIKA

Struktureel beskou, is Arabië deel van Afrika en vorm hierdie twee landstreke saam 'n groot kontinentale skild (Dixey, 1955a, 50; 1956, 38; Holmes, 1944, 428). Volgens Krenkel (1957, 1) beslaan Afrika (waarby Arabië ingesluit is) met sy paar eilande 'n oppervlakte van 33 miljoen vierkante km (24 miljoen vierkante km in die Noordelike Halfrond en 9 miljoen vierkante km in die Suidelike Halfrond). Krenkel beskou die kontinent as bestaande uit 'n „Querblock" in die noorde (wat byna 8000 km breed is tussen 17°30'. Westerlengte en 60° Oosterlengte) en 'n „Längsblock" wat uit die middel van die dwarsblok suidwaarts strek tot in 30°51' Suiderbreedte. Tussen Kaap Agulhas en Kaap Blanco in die noorde (breedtegraad 37°20') is Afrika ongeveer 8000 km lank (vgl. Duvenage, 1958, 257-259).

Die suidelike langsblok het kenmerke ontwikkel wat dit duidelik van die noordelike dwarsblok afskei. Waar die noordelike provinsie van Afrika ooreenkoms met Eurasië in die Noord-Atlantiese en Mediterreense gebied vertoon, veral sover dit die Paleosoïkum betref, het die suidelike provinsie sedert die Kambrium heeltemal 'n ander geologiese geskiedenis gehad. In die suide van die Sahara is daar 'n oorgangsone tussen die twee dele van Afrika wat langs 'n betekenisvolle, maar nog nie verklaarde, buitengewoon lang struktuurnaat van geologies resente ouderdom lê — die „Gondwania-lineament" van Krenkel (1957, 1, 410). Volgens Krenkel strek hierdie diepgaande struktuurnaat van Suid-Amerika oor die Atlantiese Oseaan deur Afrika tot in Indië (kyk sy fig. 1, bl. 1).

Krenkel (1957, 2) verdeel Afrika orografies-morfologies in drie hoofstreke, nl. Hoog-, Laag- en Klein-Afrika. Die suidooste van Afrika is oorwegend meer as 1000 m hoog. Sy middel met Laag-Afrika haal skaars 1000 m en is oor groot oppervlaktes minder as 500 m hoog. Klein-Afrika in die noordweste is meer as 4000 m hoog in dele van die Atlasgebergte (kyk Tafel II, bl. 18 in Krenkel, 1925).

Hoog-Afrika kan volgens hierdie

skema in Suid-, Oos-, en Noordoos-Afrika ingedeel word. Laasgenoemde sluit ook Arabië in. Hoog-Afrika word beslaan deur talle eentonige hoë vlaktes met enkele uitstekende berge en jonger vulkane. Dit word deur merkwaardige depressies, soos die Rudolf-, Sambesi-, en Limpopo-trôe, asook deur bekkens soos die Kalahari, en diep slenkdale soos die van Njassa en Tanganjika in kleiner dele verdeel.

Laag-Afrika bestaan uit 'n reeks vlak breë komme wat deur lae deinings van mekaar geskei is. Voorbeelde is die Kongobekken met sy randdeinings, die Schari-Tschad-, Bahr-el-Ghasal- en Nigerbekkens. Die reusevlaktes van die Sahara is ook deel van Laag-Afrika.

Klein-Afrika word gevorm deur die plooiberge van die Atlas. In die weste, in Marokko, is daar die Hoog-, Middel- en Anti-Atlas en die Rif-Atlas-gebergtes en verder oos, in Algiers en Tunisië, is daar die Tell-Atlas en die Sahara-Atlas, Die teenbeeld van die Atlas in die noorde is die ouer Kaapse Plooiberge in die suidpunt van Afrika.

Holmes (1944, 428-432) gebruik 'n ander skema van indeling wat waarskynlik morfologies en struktureel beter aangepas is by die kenmerke van die kontinent. Hierin word hy gevolg deur Dixey (1955a, 53; 1956, 50-51), Brock (1956, 150), Cooke (1957, 14) en skynbaar ook deur King (1957a, 446 en 467-470). Volgens Holmes en Dixey was Afrika bo seespieël sedert voor-Kambriese tye, behalwe vir beperkte marine oorstromings van die kusvlaktes en meer uitgebreide instromings van die see oor Abessinië, dele van die Sahara, Noordoos-Kenia, die Belgiese Kongo en Wes-Afrika gedurende die Mesosoïkum en Senosoïkum, veral gedurende die latere dele van die Jura- en Kryt-Periodes. Gedurende hierdie lang tyd — ongeveer 500 miljoen jaar — was die bewegings van die Afrikaanse skild standhoudend epeirogeen, d.w.s. op en af, met die gevolg dat 'n strukturele patroon van breë komme, geskei deur onreëlmatige deinings, ontstaan het (kyk Holmes, 1944, fig. 223, bl. 429 en Dixey, 1956, fig. 15, bl. 51). Die deinings tussen die hoofkomme van Afrika styg geleidelik na die ooste, waar hulle saamloop in 'n reeks plato's (Krenkel se Hoog-Afrika) wat met 'n merkwaardige sisteem van diep slenkdale deurkruis is.

Die groot Afrikaanse skild, wat sy huidige grense in die vroeg- tot middel-Jurassiese Periode aangeneem het, is dus geredelik verdeelbaar in 'n aantal komme wat van mekaar geskei is deur deinings, kleiner skildgebiede en plato's. Die afverbuigde rande van die kontinent verteenwoordig die rande van ander komme wat vandag onder die see bedek is (Dixey, 1955a, 53; 1956, 50). Die bodem van die Atlantiese Oseaan en die westelike deel van die Indiese Oseaan word gekenmerk deur talryke komme met betreklike plat bodems, van mekaar geskei deur relatiewe smal en steil rûe. Die hele struktuur is in baie opsigte soortgelyk aan en aanvullend by dié van die tussenliggende Afrikaanse kontinent (Krenkel, 1925, fig. 4, bl. 26; Umbgrove, 1947, 219-220 en fig. 136, bl. 220).

Dit en die feit dat strukture, soos die Kaapse plooiberge in die suide en die Anti-Atlas in die noorde, stomp deur die see afgesny word, dui aan dat Afrika, in teenstelling met meeste kon-

tinente, vandag kleiner is as wat dit vroeër (voor die Jurassiese Periode) was (Dixey, 1955a, 50; Brock, 1957b, 183). Dit is waar ten spyte van latere aanvullings van die landgebied van Afrika as gevolg van bewegings geassosieer met die Slenkdal-sisteem, veral langs die ooskus (Dixey, 1955a, 50-51).

Die plato's en deinings, wat die drumpels tussen die komme van Afrika vorm, is by tye opgehef en gedenudeer met die gevolg dat hulle vandag meesal uit ou voor-Kambriese gesteentes van die ou skild, wat grotendeels onder die jonger afsettings van die tussenliggende komme bedek is, bestaan. Hierdie kontinentale komme is inderdaad bekkens op die ou skild van Afrika wat mettertyd diep gevul geraak het met sedimente, wat deur erosie van die opgehewe dele verwyder is (Holmes 1944; 428; Umbgrove, 1947, 222).

Die groter komme van Afrika is dié van die Kalahari, die Kongo, Chad, die Nyl of Anglo-Egiptiese Soedan, en El-Juf. Dan is daar ook kleineres soos dié van die Victoria-meer, die Bangweula-meer en die Bosveld. Die Kalahari is in twee gedeel deur die oos-noordoostelike Ghanzi-rug. Die gebied tussen Madagaskar en Mosambiek is 'n geosinklinale kom. Die Karoobekken was vroeër ook 'n topografiese kom. Die Arabiese plato is vandag byna van die res van Afrika afgesny deur die slenkdale van die Rooi See en Aden. Party van die Afrikaanse komme is vandag streke met interne dreinering (Holmes, 1944 , 429-430; Dixey, 1955a, 50; 1956, 50).

Hierdie komme en deinings is sedert oertye, dikwels van voor die Kambrium, gekenmerk deur herhaalde epeirogene bewegings langs soortgelyke lyne (Dixey, 1955a, 53-54; King, 1957a, 449). Afgesien van die depressie van hierdie komme en die opheffng van die deinings tussen hulle, is Afrika ook van tyd tot tyd onderwerp aan wydverspreide opheffing wat tot algemene opheffing van die binneland en afverbuiging van die rande gelei het. Hierdie opheffings is gewoonlik as van kontinentale afmetings beskou. Elke opheffing het 'n periode van erosie afgesluit, nadat 'n groot deel van die kontinent egalig met betrekking tot seespieël gegradeer geraak het, om 'n uitgebreide erosie-oppervlak te vorm. Die vier hooferosie-oppervlakke in Afrika, wat op verskillende hoogtes staan omdat hulle van verskillende ouderdomme is, se ontwikkeling is respektiewelik deur opheffing in die Laat-Kryt, die Middel-Tersiêr of Mioseen, die Laat-Tersiêr en die Kwaternêr beëindig. Hulle word gewoonlik deur hierdie datums van beëindiging gedefiniëer (Dixey, 1955a, 54), maar King (1957a, 457, 460-461, 463-464, 466) verkies om van hulle respektiewelik te praat as die na-Gondwana-, Afrikaanse, Kusvlakte- (voorheen Victoriavalle) en Kongo-siklusse of -landskappe. B. C. King (1958, 97) vergelyk L. C. King en Dixey se interpretasies en benamings van hierdie erosie-oppervlakke.

Resente werk het getoon dat hierdie opheffings geneig is om langs die deinings tussen die komme gekonsentreer te wees, met die gevolg dat die komme maar effens geaffekteer is of selfs 'n komplementêre depressie ondergaan het. Hoe noukeuriger die deinings ondersoek word, hoe duideliker word dit dat daar herhaalde opheffings langs dieselfde of byna dieselfde asse was, en

verder dat hierdie asse geneig is om voor-Kambriese rigtings te volg tot selfs sover dit opheffings in na-Karoo-tye betref. Die aard van die bewegings van hierdie deinings in die landskap het duidelik geword deur die studie van die erosie-oppervlakke en afskuinsings wat deur erosie op hulle ontwikkel het (Dixey, 1956, 51-52).

King (1957a, 446-470) gee 'n duidelike oorsig van die wyse waarop die landskap van Afrika sedert die Paleosoïkum ontwikkel het. Hy is van mening dat die breë ontwikkeling en datering van sikliese landoppervlakke in suidelike Afrika nou taamlik seker uitgemaak is. Suid- en Sentraal-Afrika het geen orogene plooiing sedert die Triassiese plooiing van die Kaapse geplooide berge ondergaan nie, met die gevolg dat die landskap hoofsaaklik aan denudasie met plaaslike afsetting in laer liggende dele, soos die Kalahari, die Kongo-bekken en die Slenkdale, toegeskryf moet word. Sedert die Jurassiese Periode het erosie ongehinderd tot vandag toe voortgegaan, afgesien van die beëindiging van individuele erosiesiklusse in die Laat-Kryt, die Middel-Tersiêr, die Laat-Tersiêr en die Kwaternêr deur intermitterende epeirogene opheffing op 'n sub-kontinentale skaal en ondergeskikte sedimentasie in gunstig geleë tektoniese komme soos dié hierbo genoem. As gevolg van hierdie intermitterende opheffing, elke slag gevolg deur hernieude denudasie, staan geplaneerde landskappe van verskillende ouderdomme vandag op verskeie verskillende hoogte-bereike wat verwant is aan die opeenvolgende kontinentale erosiebasisse.

King (1957a) is van mening dat die Afrikaanse landskap deur pediplanasie, insluitende die tweeling-prosesse van eskarpterugtrekking en pedimentasie, ontwikkel het, met die gevolg dat opeenvolgende sikliese landskappe, wat die stadium van planasie bereik het, van mekaar geskei is deur 'n duidelike hang of selfs 'n eskarp, die ligging waarvan, op die kontinentale skaal beskou, heeltemal onafhanklik van gesteente-tipe en struktuur is. As die ouer sikliese landskap plat is, word dit nie veel deur verdere langdurige denudasie verlaag nie. Die gevolg is dat die oorblyfsels van landskappe, wat deur planasie teen die einde van die Mesosoïkum ontstaan het, so te sê onveranderd tot vandag toe gebly het. So 'n ouer sikliese landskap kan egter geleidelik en ook heeltemal uitgewis word as die terugtrekkende eskarp aan die bokant van 'n jonger siklus, wat teen 'n laerliggende erosiebasis gegradeer is, die ouer landskap se rande wegvreet. Elke sikliese landskap vergroot homself so deur die wegvreting van die voorafgaande landskap se rande. Die gevolg is dat die oorblyfsels van die ouer landskappe dus dikwels op die grootste hoogtes in die binneland voorkom, terwyl die jongeres nader aan seespieël naby die kus of langs die hoofriviere geleë is. Op hierdie wyse ontstaan die trapvorm („piedmont treppen") wat kenmerkend van so baie Afrikaanse landskappe is (King, 1957a, 447). Dit is veral die geval met die Afrikaanse siklus van King (die middel-Tersiêre skiervlak van Dixey), wat grotendeels verantwoordelik is vir die huidige landskap van die Sentraal-Afrikaanse binnelandse plato en groot dele van die Suid-Afrikaanse hoëveld (King, 1957a, 460; kyk ook die erosie-siklus-

kaart in King, 1951). Hierdie is terselfdertyd die mees uitgebreide erosie-oppervlak in Suidelike Afrika, en die studie van sy deformasie verskaf volgens Cooke (1957, 14-15) belangrike inligting met betrekking tot die vertolking van Kwaternêre gebeurtenisse in hierdie deel van die kontinent.

Maar King (1957a, 449-450) wys verder daarop dat, alhoewel hierdie opheffings die hele subkontinent beïnvloed het, was hulle nie eenvormig nie, maar deel van 'n differensiële patroon wat met elke epeirogene episode herhaal is. As 'n mens plaaslike hoë opheffings langs die asse van deinings en die uitsakking (nayling) van komme oor die hoof sien, vertoon die deformasie van Suid- en Sentraal-Afrika herhaalde uitwaartse kanteling van beide die oostelike en westelike kusrande waardeur die landkant opgehef is en die kontinentale platform intermitterend met elke episode van deformasie gesak het (King, 1957a, fig. 1, bl. 450). Die binneland van die subkontinent het nageyl met hierdie algemene opheffing, wat 'n maksimum in die randstreke om of buite die Groot Eskarp bereik het, en het dus as 'n interne kom (bv. die Kalahari-gebied) gedien waarin sedimente vanaf die intermitterend opgehefde hooglande rondom ingespoel is. Hierdie wyse van deformasie is verskeie kere sedert die Middel-Mesosoïkum herhaal.

Uit sy beskrywing van die Afrikaanse kuslyn blyk dit dat Dixey (1955a, 51) met King saamstem. Hy skrywe die algemene kompakte vorm van die kuslyn van Afrika hoofsaklik toe aan 'n opeenvolging van afkantelinge en afskuiwings langs 'n skarnierlyn of -lyne wat naasteby soortgelyke of ewewydige rigtings sedert die Vroeg-Jura gevolg het. Die landvorm wat so ontstaan het kan vergelyk word met 'n omgekeerde piering waarvan die bodem se rand herhaalde kere opgehef is met gevolglike afkanteling langs die buitenste rand. Hierdie analogie is egter onvolledig, want die intermitterend stygende rande is slegs die teenstukke van intermitterend dalende randkomme of geosinkliene. So is die periodieke opheffing van die hooglande van Oos-Afrika en Madagaskar sedert die Vroeg-Jura gebalanseer deur die ontwikkeling van die Mosambiekgeosinklien. Die herhaalde bewegings langs of naby die Lebombo-monoklien dui soortgelyke toestande verder suid aan. Langs die as van die Kaapse plooiberge teen die suidkus was daar ook beweging sedert vroeë tye met bewyse van uitgebreide verskuiwing net buite die kus in na-Tersiêre tye. In Suidwes-Afrika word die periodieke styging van die hooglande noord en suid van Windhoek sedert die vroeë Jura gebalanseer deur die groot na-Karoo verskuiwings wat langs of ewewydig met die kus in die Kaokoveld loop, asook deur latere afkanteling wat daartoe gelei het dat die Oranjerivier, ten spyte van sy lang geskiedenis en groot afwateringsgebied, nie in staat was om enige tekens van 'n delta te bou nie (kyk Du Toit, 1954, fig. 3, bl. 23). King (1958, fig. 1, bl. 101) het 'n kaart van Suidelike Afrika wat hierdie idees van Dixey mooi illustreer.

Suidwaarts in die Golf van Guinea strek die Kryt- en Tersiêre geosinklien van suidelike Nigerië. Geofisiese opsporing van olie het getoon dat die sedimente hier soveel as 30,000 voet dik is.

Die afskuinsings van die hooglande van die Kameroene en noordelike Nigerië, asook dié van Angola, staan waarskynlik in verband met die ontwikkeling van hierdie geosinklien.

Die kus van Noordwes-Afrika word bepaal deur die ewewydige plooiasse van die Atlas, terwyl die noordoostelike kus, van die Golf van Suez tot by die Horing van Afrika, die gevolg van Tersiêre en na-Tersiêre slenkbewegings is.

Volgens Brock (1957b, 183), is die groter deel van die Afrikaanse kuslyn deur verskuiwings bepaal, en Krenkel (1957, 2) vestig die aandag daarop dat die geslotenheid van die Afrikaanse kus die gevolg is van kuslyne wat of deur steilgeplooide voor-Paleosoïese kristallyne gesteentes of deur tafels van platliggende sedimentêre lae sny.

Sover dit die dreinering van Afrika betref, wys Cooke (1957, 23) daarop dat die huidige verspreiding van die hoofriviere van Afrika grotendeels bepaal is deur die „kom-en-deining"-struktuur wat op die middel-Tersiêre en laat-Tersiêre skiervlakke afgedruk is. In figuur 2 op dieselfde bladsy het hy 'n vereenvoudigde dreineringspatroon van Afrika wat die hoofkomme geskei deur strukturele deinings aantoon (kyk ook King, 1958, fig. 3, bl. 106). Brock (1957b, 186) wys ook daarop dat daar geen groot waterskeidings as gevolg van geplooide bergreekse in Afrika is nie. Kontinentale waterskeidings lê op onverwagte plekke en is deur epeirogene bewegings bepaal (kyk bv. Wellington, 1955, figure 1 en 2, bl. 5 en 6). Hy meen dat die verklaring van die afwesigheid van sekere formasies, soos bv. die Karoo-lawas, oor die groter deel van Suidelike Afrika deur geweldige hoeveelhede erosie 'n probleem skep, as dit onthou word dat Afrika sedert voor-Kambriese tye 'n kontinent met interne dreineringskomme was.

Vir meer besonderhede oor die regionale morfologie van Afrika en Arabië is die uitgebreide oorsig van Machatschek (1955, 74-208) van groot waarde.

## DIE STRUKTURELE RAAMWERK VAN AFRIKA

Met die oog op die eerste kongres van die Geologiese Vereniging van Suid-Afrika, wat vroeër vanjaar in Johannesburg gehou is, het Brock (1957b) dit weer eens baie sterk beklemtoon dat Afrika geologies in baie opsigte van die ander kontinente verskil. Afrika was sedert voor-Kambriese tye 'n positiewe landmassa met geen latere groot instromings van die see nie, behalwe langs sy buitenste rande en in die noorde. Met uitsondering van die Atlasgebergtes in die noorde en die Kaapse plooiberge in die suide, is die hele kontinent dus eintlik 'n groot voor-Kambriese skild — die grootste van al die kontinentale skilde. Dit is egter oor uitgestrekte oppervlaktes deur tafels van jonger, na-Kambriese, en hoofsaaklik kontinentale afsettings in tektoniese komme soos dié van die Karoo, die Kalahari en die Kongo bedek, sodat die fundamentele geologie verberg is (kyk ook Krenkel, 1957, 410 en verder; Dixey en Willbourn, 1951, 88).

Afrika en sy verwante oseaanelemente vorm die antipodale teenstuk van die Stille Oseaan. Die ander kontinentale skilde vorm 'n gordel rondom albei (Brock, 1957a, 159; kyk ook Holmes, 1944, fig. 209 en 210, bl. 400 en 401). Umbgrove (1947) se plaat 5 toon Afrika in sy tektoniese verband met betrekking tot die ander kontinente

baie mooi. Brock (1957b, 183) wys verder daarop dat Afrika, as sentrale skild van die wêreld, verste verwyder is van die na-Kambriese mobiele orogene sones van die aardkors en hulle tektoniese komplikasies, en dus die beste geleentheid bied vir die oplossing van die fundamentele probleme van die voor-Kambriese tyd. Afrika is verder die enigste kontinent met 'n voor-Kambriese skild wat so te sê orals tot teen die kus strek — 'n aanduiding dat die kontinent nou kleiner is as wat dit vroeër was.

Volgens Brock (1956, 150-151) is al die tektoniese kenmerke van Afrika, van slenkdale en strukturele komme tot hulle teenstukke, die blokberge en strukturele deinings, deel van 'n verenigde sisteem wat hoofsaaklik deur vertikale tektoniek of tafrogenese bepaal is. In hierdie opvatting word hy sterk deur Dixey (1956) en King (1957a) gesteun. King (1957a, 470) is bowendien van mening dat die periodes van opheffing en verbuiging, as gevolg van herhaalde vertikale bewegings van groot blokke van die kontinentale kors, sinkroniek is met goed vasgestelde periodes van bergbouing in ander dele van die wêreld.

Brock (1956, plate XXI en XXII) het 'n tektoniese kaart van Afrika saamgestel wat, volgens hom, 'n uitdrukking van die vertikale tektoniek van die kontinent is. In hierdie kaart word die nadruk op die strukturele komme en deinings gelê, soos dit ook vroeër deur Krenkel (1925, fig. 4, bl. 26), Holmes (1944, fig. 223, bl. 429, Umbgrove (1947, fig. 136, bl. 220) en Hills (1953, fig. 27, bl. 51) gedoen is. Brock aanvaar ook verder Cloos se opvatting van 'n aardkors bestaande uit 'n aantal veelhoekige plate wat langs mobiele aardnate teen mekaar skarnier (aangehaal uit W. F. Hume. Terrestrial Theories. Government Press, 1948. Kairo) (kyk ook Hills, 1953, 50). Dit beskou hy as die duidelikste voorstelling van Afrika se struktuur wat tot dusver aangebied is. Umbgrove (1947, 310-311) wys egter daarop dat daar nog baie meer van die aarde se geskiedenis en veral sy voor-Kambriese geskiedenis geleer sal moet word, voordat dit moontlik sal wees om 'n verklaring te gee van hoekom die aardkors in een gebied opbuig terwyl dit in 'n ander gebied as 'n komvormige depressie wegsak.

Brock (1956) ontwikkel hierdie idee verder en toon aan dat die voor-Kambriese skild van Afrika ontbind kan word in 'n homogene mosaïek van vervormingsvaste blokke (tesserae), wat van mekaar geskei is deur skarniersones wat grotendeels met die hoofriviere van die huidige dreineringspatroon saamval (kyk sy plaat XXI). Hy reken dat hierdie mosaïek gedurende die Laat-Voor-Kambrium ontstaan het. In die Suid-Rhodesiese blok, wat as tipiese eenheid van hierdie mosaïek beskou kan word, is 'n oer-Archeïese mosaïek met 'n baie fyner patroon te sien, soos vroeër reeds deur Macgregor (1951a, xli-xlii) aangedui is. 'n Meer resente mosaïek met 'n baie growwer patroon het eenhede met die grootte van strukturele komme soos die Kalahari en die Kongo (Brock, 1956, plaat XXII). Hierdie toename in die grofheid van mosaïekpatrone met die loop van geologiese tyd kan waarskynlik daaraan toegeskryf word dat die kors van Afrika in voor-Kambriese tye

baie dunner was as wat dit vandag is (Macgregor, 1951a, xli; Du Toit, 1954, 27; Dixey, 1956, 52-55). Volgens Press e.a. (1955, 1660) dui die oppervlakgolwe van die Algierse aardbewings van 9 en 10 September 1954 aan dat die huidige dikte van die kontinentale kors van Afrika gemiddeld 35 km is.

'n Hedendaagse kaart van Afrika vertoon 'n heterogeniteit van mosaïeke van oudste na jongste. Die eenvormigheid van die jonger patroon word geskend deur die diskordante eienskappe van die ouer patrone, soos bv. die laat-voor-Kambriese dolomietkomme van Suidelike Afrika (Brock, 1956, fig. 3, bl. 160). Aan die ander kant is die ouer patrone diskordant en fragmentaries omdat hulle grotendeels deur die jongeres bedek is.

Brock (1956, 155 en 162) kom dan tot die slotsom dat vroeë voor-Kambriese verskuiwings en vlakke van swakheid periodiek en herhaaldelik aktief was en die geologiese geskiedenis van Afrika steeds sedertdien bepaal het. Hy wys daarop dat soortgelyke gevolgtrekkings ook uit onafhanklike benaderings deur ander werkers verkry is. Ons het bv. reeds gesien dat beide Dixey (1955a) en King (1957a) so 'n meganisme as die grondliggende proses by die ontwikkeling van die Afrikaanse landskap beskou. Hills (1953, 50) noem dit herlewende tektoniek („resurgent tectonics"). Cooke (1956, 195) wys egter daarop dat Brock se analise direk teen die idee van kontinentale drywing (Du Toit, 1937; 1954; 14; Holmes, 1944; Dixey en Willbourn, 1951, 88; King, 1951, 246; 1953; 1957b) is, aangesien enige na-Kambriese beweging van die kontinente die patroon van grootsirkelkenmerke, waarop 'n groot deel van Brock se teorie berus, sou vernietig. Kent (1957, 166-168) bespreek die kwessie verder en kom tot die gevolgtrekking dat hierdie teenstrydige menings gedeeltelik versoek kan word, as dit aangeneem word dat die primêre breking en ruwe omlyning van die kontinente op verskillende tye gedurende die Voor-Kambrium bewerkstellig is en dat daar toe later drywing tot vroeg in die Tersiêr plaasgevind het. Hy verwys onder andere na King (1953) en Caster en Mendes (1947) se menings dat, in die lig van die verbasende analogieë tussen Afrika en Suid-Amerika, die teorie van kontinentale drywing nie sonder meer verwerp kan word nie (kyk ook Hawkes, 1957, 311-312). In dieselfde verband dien daar ook gelet te word op Haughton (1953, 30) se gevolgtrekking dat die geskiedenis van vroeë reptiele gedurende die Bo-Karboon, Perm en Trias nie die bestaan van 'n Gondwanaland, soos voorgestel deur die vroeë vertolkers van die idee of deur die latere ondersteuners van kontinentale drywing, vereis nie. Dit is eerder ten gunste van 'n rangskikking van die landmassas gedurende daardie periodes wat baie na aan dié van vandag is.

Sover dit die Afrikaanse slenkdale betref, het McConnell (1951, 199) ook vroeër reeds tot die gevolgtrekking gekom dat die hele patroon in die Voor-Kambrium ontstaan het en dat die verskuiwings eenvoudig gedurende die talle daaropvolgende orogene verstorings herleef het en veral gedurende die Alpse diastrofisme en sy postumeuse fases in die Tersiêr en Kwaternêr. Volgens hom is dit gedurende hierdie laaste orogenese dat die slenkdale, soos ons hulle vandag

ken, deur herlewing van die ou verskuiwings gevorm is. McConnell se interpretasie van die soort verskuiwing wat aanleiding tot die ontstaan van die slenkdale gegee het, verskil egter van die meer ortodokse verklarings (kyk bv. Dixey, 1956; Holmes, 1944, 432-442; King, 1951, 207-213; Krenkel, 1957, 422-427). Die grensverskuiwings van die Afrikaanse slenkdale is tot onlangs altyd geïnterpreteer as normale verskuiwings, veroorsaak deur trekspanning in die aardkors, of opskuiwings as gevolg van drukspanning (kyk King, 1951, fig. 47 en 48, bl. 211 en 212). McConnell (1951, 203) ontwikkel die idee dat die ou kontinentale skild van Afrika gedurende 'n voor-Kambriese orogenese deur 'n regse wringverskuiwing geskeur is in 'n aantal skildblokke wat deur skeurverskuiwings of skeursones van mekaar geskei is (fig. 1, bl. 202). Hierdie sisteem het volgens hom die basale patroon gevorm waarop die slenkdale gedurende latere diastrofisme ontwikkel het. Hy meen dat die skeursones deur „ramp faults" in 'n sone van maksimum-drukspanning afgeforseer is en dat „keels" van ligter materiaal op dié wyse by die basis van die sialiese kors gevorm is (fig. 2, bl. 205). Bo die sone van maksimum-drukspanning word die opskuiwings steiler en later vertikaal, sodat hulle naby die oppervlak van die aardkors uiteindelik in normale afskuiwings oorgaan. Volgens die diepte waartoe erosie gevorder het, is dit dan moontlik om op die landoppervlak verskuiwings te vind wat van die opskuiwings van die dieper sones, deur die vertikale verskuiwings van die middelsone, oorgaan in die normale verskuiwings van die oppervlakkige sone van trekspanning. (Kyk ook De Sitter, 1956, 467-469).

Dixey (1956, 2-4, 6, 35-36, 38, 58-60) stem in baie opsigte met McConnell oreen. Hy wys byvoorbeeld daarop dat, alhoewel die slenkdal-sisteem 'n min of meer deurlopende geografiese kenmerk oor sy hele lengte is, dit in sy geologiese en geomorfologiese aspekte baie van plek tot plek varieer en veral in die mate van blootstelling van die fundamentele ou strukture deur erosie. In sommige dele van die slenkdal-sisteem is laat-Tersiêre en na-Tersiêre bewegings verantwoordelik vir al, of byna al, die sigbare effekte, terwyl hierdie bewegings in ander dele maar net vir 'n baie ondergeskikte deel van die huidige reliëf verantwoordelik is. Waar daar bewyse in 'n enkele slenkdal, soos bv. in die suidelike slenkdalsone, is van voor-Kambriese stoot- en kompressie-strukture, gevolg deur diep-afgeskuifde Karoo-blokke en dié weer deur diep na-Tersiêre slenkverskuiwing van die vloere van die ou trôe, mag dit wees dat ons eintlik verskillende diepte-aspekte van dieselfde soort struktuur, soos blootgestel deur erosie, sien. Die voor-Kambriese strukture mag 'n baie diep-liggende fase verteenwoordig, die Jurassiese Karoo-strukture 'n relatiewe vlak fase en die Tersiêre strukture die oppervlakfase. Dit mag wees dat die Tersiêre slenke maar die oppervlakkige uitdrukking van diepliggende drukspanning is of miskien ook 'n fase van trekspanning dat op drukspanning gevolg het. Dixey dui verder aan dat E. J. Wayland en ander werkers al lank reeds die belangrikheid van drukspanning in ten minste die voor-Kambriese ontwikkelingsfase van die slenkstrukture

beklemtoon het, en hy is van mening dat latere werk bevestiging van hierdie idee aandui, alhoewel daar nog baie verskil van mening oor die verhouding van hierdie strukture tot die klaarblyklik normale verskuiwings van die slenke bestaan. Hy self kom tot die gevolgtrekking dat, alhoewel die meganisme van slenkdalvorming nog 'n spekulatiewe kwessie is, dit tog wil voorkom asof die slenke uit 'n ou diepliggende of fundamentele swakheid in die aardkors ontstaan het, wat in voor-Kambriese tye op groot diepte uitdrukking gevind het in geweldige stoot- en skeursones en in die Jura, Tersiêr en Na-Tersêr op vlakker dieptes aanleiding gegee het tot periodieke boog- of koepelvorming in die aardkors, geassosieer met min of meer kontemporêre slenkvorming langs ewewydige normale verskuiwings (kyk Umbgrove, 1947, fig. 189, bl. 308).

Dixey wys ten slotte daarop dat die slenke nie apart van die strukturele deinings tussen die komme van Afrika beskou behoort te word nie, aangesien hulle 'n samevallende en miskien ook sekondêre kenmerk van die deinings verteenwoordig. Hierdie deinings kan die gevolg van 'n verskeidenheid strukture en bewegings in die diepte wees. 'n Deining mag byvoorbeeld slegs 'n komplementêre styging tussen twee komme verteenwoordig of selfs net die residuele effek (nayling) van depressie tussen aangrensende komme. Aan die ander kant mag dit die opverbuigde rande van twee aangrensende sinkende blokke, wat elkeen meer in die middel as langs die rande sink, verteenwoordig. In so 'n geval mag die wisselwerking tussen die kante van die blokke 'n verskeidenheid van effekte laat ontstaan en mag dit ook verklaar hoekom sommige deinings in slenke ontwikkel het en ander nie.

„The problem of the Rift is accordingly seen as but a part of the much larger problem of the great intermittently-rising East African swell, which itself is merely complementary to the intermittently-sinking Mozambique geosyncline. These in turn are but a part of the great basin-and-swell structure of Africa as a whole. It is reasonable to suppose that this basin-and-swell structure is related to the patern of a cooling and shrinking earth, a pattern that was established in early, even primordial, times, and has been maintained by repeated movement ever since. The basins, with their intermittently upturning rims, are matters of geological observation, and they have behaved over long periods as remarkably rigid blocks. It may be inferred that they represent the upper surfaces of great crustal blocks sinking more near their centres than along their margins, forming a global contraction pattern represented by orogenies elsewhere" (Dixey, 1956, 60).

Dit bring ons by 'n laaste aspek van die struktuur van Afrika, wat in baie opsigte nou met die voorafgaande samhang, nl. die lineamente en boustyle van die kontinent. Dit blyk dat al die kontinente 'n netwerk van hooflineamente vertoon, waarin twee skynbaar toegevoegde strekkings (noordoos en noordwes) oorwegend is, alhoewel daar ook ander aanwesig mag wees. Meeste skrywers oor die verskynsel is van mening dat 'n komplekse sisteem van breuke, kort na die vorming van 'n vaste

aardkors en op 'n vroeë stadium van die aarde se geskiedenis, die ou voor-Kambriese fondament langs mobiele aardnate in verskillende blokke opgebreek het (kyk ook De Sitter, 1956, 470). 'n Groot deel van die orogene en epeirogene deformasie van latere tye is langs hierdie aardnate gelokaliseer, soos bv. die slenkdale van Afrika wat ons reeds behandel het. Die strekkings van hierdie lineamente beïnvloed dus die jonger strukture, en hulle studie is gevolglik van fundamentele belang (Hills, 1953, 48-50). Hulle besonder tektoniese funksie op 'n gegewe moment in die geologiese geskiedenis hang slegs af van die spanningsveld wat op daardie moment heers (De Sitter, 1956, 179).

Volgens Umbgrove (1947, 296) is die Afrikaanse kontinent 'n goeie voorbeeld van die oorweging van lineamente in die strukturele patroon van die aardoppervlak. Hierdie lineamente is nie net morfologiese kenmerke nie, maar werklike struktuurlyne of -sones. Hulle is lineêre rûe wat komvormige depressies van mekaar skei. Soms val hulle saam met ware verskuiwings, of soms ook met 'n ry vulkane, soos dié van die Kameroenspleet wat van die kontinent af die see ingevolg kan word (kyk Umbgrove, fig. 182, bl. 297). Hills (1953, 50-51) wys ook daarop dat Ruedemann lank gelede reeds, op grond van 'n studie van voor-Kambriese strekkingslyne, getoon het dat die fundamentele raamwerk van 'n kontinent se struktuur deur die strekkings van foliasie, plooie en skeursones aangedui word en dat dit 'n invloed op die jonger struktuurlyne uitgeoefen het. In figuur 27 op bladsy 51 het Hills 'n sketskaart van die hoofstrekkings van voor-Kambriese plooiing en foliasie in Afrika, waarop ook sommige van die belangrikste jonger plooistrekkings aangedui is.

In 'n resente referaat voor die Geologiese Vereniging van Suid-Afrika bespreek Brock (1957a) die patrone en betekenis van sulke lineamente uit 'n globale standpunt. Hy definieer 'n lineament as 'n geologiese of topografiese lyn wat so presies reglynig is dat dit toevalligheid uitskakel (bl. 128). In 'n lineamentkaart van Noord-Afrika (fig. 3, bl. 136) probeer hy 'n verband aantoon tussen die plaaslike kontinentale lineamente en sekere globale lineamente. In sy bespreking van Brock se referaat wys Kent (1957, fig. 1, bl. 164) op sekere belangrike Suid-Afrikaanse lineamente en hulle geassosieerde kenmerke.

Krenkel (1957, 412-434), wat eerste die lineamente van Afrika in besonderhede behandel het, beskou die saak kortliks soos volg. Net soos Macgregor (1955 — kyk tabel, bl. 20) gebruik hy 'n drieledige indeling van die Voor-Kambrium. Hy reken dat die fondament van Afrika as kontinent gedurende die vroeë en middelste Voor-Kambrium gestabiliseer geraak het, en hy beskou die Afrikaanse skild as opgebou deur opeenvolgende orogeneses, en die groot hoeveelhede granitiese magma waartoe hulle aanleiding gegee het (kyk ook Du Toit, 1954, 27; Macgregor, 1951a, xxix; Holmes, 1951, 254; Holmes en Cahen, 1955, 36). Die orogeneses van die vroegste en die middelste Voor-Kambrium noem hy die „Protoafriziden" en „Mesoafriziden", maar omdat hulle plooie nie altyd duidelik van mekaar geskei kan word nie, kan hulle geriefIikheidshalwe onder die term „Archa-

friziden" saamgevat word. Die orogeneses van die latere Voor-Kambrium noem hy die „Neoafriziden". Volgens Krenkel het geen deel van Afrika hierdie voor-Kambriese plooiing vrygespring nie. Hy wys verder daarop dat daar verskillende boustyle in die plooisones en magmatiese sones van die „Afriziden" opgesluit lê en hy noem verskeie voorbeelde (bl. 413). Vir die twee hooflineamente of strekkings in die tektoniese en magmatiese bou van die Afrikaanse skild, nl. noordoos en noordwes, gebruik hy die benamings Somaliese rigting en Eritreïese rigting, respektiewelik. Volgens Umbgrove (1947, 222) is dieselfde strekkings ook in die smal submarine rûe tussen die diepsee-komme van die Atlantiese Oseaan te sien. Beide hierdie rigtings het blykbaar 'n groot invloed op die strukturele ontwikkeling van Afrika gehad. Albei rigtings vertoon dikwels ondergeskikte verstrooiing van hulle hoofkomponente, maar dit regverdig nie eintlik spesiale benaming nie (kyk Krenkel, 1957, fig. 131, bl. 419). Afgesien van hierdie twee hoofrigtings is daar ook nog 'n belangrike noord-suid-strekking, wat die Angola- of submeridionale lineament genoem kan word, en 'n vierde minder belangrike oos-wes-strekking, waarvan die Kaapse plooie in Suid-Afrika 'n voorbeeld is. Geeneen van hierdie struktuurrigtings is tot 'n bepaalde periode beperk nie, maar die kragte waardeur hulle ontstaan het, het herhaaldelik van die oertyd tot vandag toe in werking getree.

In breë oorsig blyk dit dan uit die lineamente dat die struktuur van Afrika uiters gekompliseer is deur aardbewegings wat van die voor-Kambriese orogeneses tot vandag toe in werking was (Krenkel, 1957, 414). Tot dusver is dit nog onmoontlik om hierdie struktuurbeeld in 'n bevredigende skema uit te beeld, alhoewel Holmes (1951) en Brock (1956; 1957a) onlangs pogings in dié rigting aangewend het. In hierdie struktuurbeeld is nog later die breukpatroon van die slenkdale bygevoeg, en 'n kenmerk wat Krenkel (1957, fig. 135, bl. 430) die „Fiederung" van die kontinent noem. Volgens hom pas die „Fiedern" by die Eritreïese en Somaliese lineamente aan en sny die „Fiedergrenzen" deur strukture van verskillende aard en ouderdom, insluitende vaste skildblokke, breuksones en komme en deinings. Hy meen verder dat die vorming van hierdie „Fiederung" nog steeds aan die gang is en dat dit 'n sydelingse drywing van die kontinent weerspreeek.

In 'n resente referaat het Holmes (1951, bl. 254-255 en fig. 1, bl. 258) 'n provisionele kaart van die voor-Kambriese orogene sones in Suid- en Sentraal-Afrika, wat in die eerste plek saamgestel is deur die toepassing van die tektoniese beginsel dat waar een orogene sone oor 'n ander sny, eersgenoemde die jongste van die twee is, en tweedens deur gebruik te maak van die ouderdomme van geanaliseerde radioaktiewe minerale, meesal afkomstig uit pegmatiete wat verteenwoordigend is van die endstadia van die respektiewe siklusse waaraan hulle behoort (kyk ook De Sitter, 1956, fig. 289, bl. 442). Baker (1956, 163) betwyfel dit egter of hierdie beginsels van algemene toepassing is.

Die geologiese geskiedenis van die voor-Kambriese tye is volgens Holmes (1951, 254) hoofsaaklik dié van 'n lang

reeks orogene siklusse, elkeen met sy onderskeidende kenmerke, maar nogtans essensieël van dieselfde soort as die beter bekende na-Kambriese siklusse. De Sitter (1956, 443) kom tot 'n soortgelyke gevolgtrekking. In sy eenvoudigste vorm sluit so 'n siklus, volgens Holmes, in die ontwikkeling en opvulling van 'n lang geosinklinale depressie, by tye miskien onderbreek deur vulkaniese en plutoniese magmatiese aktiviteit en plooiing, maar uiteindelik altyd gevolg deur 'n klimaks van bergbouing, gepaard gaande met regionale metamorfose en granitisasie, die inplasing van graniet- en pegmatietliggame en in baie gevalle ook die vorming van ertsafsettings. 'n Min of meer aaneenlopende sisteem van bergreekse, wat geleidelik, soos hulle styg, deur denudasie afgeplat word, kan deur differensiële opheffing van die gevolglike orogene sone ontstaan (vgl. Visser, 1957, xvi-xx). Volgens Holmes het elkeen van die ou kontinentale skilde 'n ingewortelde patroon van sulke opeenvolgende orogene sones en is elke kontinent skynbaar 'n integrasie van baie sulke sones (vgl. De Sitter, 1956, 429). Holmes en Cahen (1955, 36) reken dat daar nou drie voor-Kambriese siklusse is wat redelik bevredigend gedefinieer en gedateer is, afgesien van die vier of vyf ander siklusse wat, vanweë onsekere verhoudings, nog bevestig moet word (kyk ook Macgregor, 1955, tabel op bl. 20). Visser (1957) onderskei agt voor-Kambriese diastrofe of orogene siklusse in die Unie, en volgens De Villiers (1955) het ses van hulle met mineralisasie gepaard gegaan. Volgens Holmes en Cahen (1955, 32) is die oudste van hierdie siklusse, nl. die Swasielandsiklus, oor die 3000 miljoen jaar oud en verteenwoordigend van die oudste voor-Kambriese gesteentes in Afrika. Quennell (1956, tabel II, 145) onderskei ook ses metallogenetiese tydvakke in Oos- en Sentraal-Afrika. In sy bespreking van Quennell se referaat gee Macgregor (1956, 29) 'n aantal meer resente ouderdomsyfers as dié van Holmes en Cahen (1955) vir die vier oudste periodes van mineralisasie in Suid-Rhodesië.

Volgens Holmes (1951, 255) dui die resultate van radio-aktiewe ouderdomsbepaling aan dat die endstadia van die hooforogene siklusse taamlik egalig oor die geologiese verlede gesprei is, met 'n gemiddelde tydinterval van ongeveer 200 miljoen jaar. Dit is in ooreenstemming met Holmes (1944, 108-109), Umbgrove (1947) en Stille (1955, 189) se idee van wêreldwye sinkronieke en in die tyd eweredig gespasiëerde orogene fases. Holmes en Cahen (1955) deel dan ook die voor-Kambriese radioaktiewe minerale van Afrika volgens hulle ouderdomme in die volgende groepe in: 630 miljoen jaar, 1025 miljoen jaar, 1200-1400 miljoen jaar, 1650-1850 miljoen jaar, 1900 miljoen jaar, 2000-2300 miljoen jaar, 2650 miljoen jaar, 2900 miljoen jaar, en ouer as 2900 miljoen jaar. In sy bespreking van Hunter (1957) se indeling van Swasieland se voor-Kambries graniete in vyf ouderdomsgroepe, spreek Van Eeden (1957, 124) egter die mening uit dat daar op die oomblik nog nie te veel vertroue in hierdie absolute ouderdomsbepalings gestel behoort te word nie. Haughton (1957b, 64) vestig die aandag op die noodsaaklikheid van versigtigheid by die gebruik van absolute ouderdoms-

bepalings vir die korrelasie van voor-Kambriese gesteentes in verskillende streke. Brock (1957b, 187) meen egter dat sulke bepalings van besondere belang is, nie net om die verskillende metallogenetiese provinsies in verband met mekaar te bring nie, maar ook om meer sin uit die strukturele patroon te kry (kyk ook Krenkel, 1957, 410).

Gilluly (1949) het ook vroeër reeds die aandag daarop gevestig dat die orogene verstorings van die aardkors waarskynlik baie meer voortdurend plaasgevind het as wat die voorstanders van orogene periodisiteit bereid sal wees om toe te gee. Visser (1957, xix) wys kortliks hierop in sy behandeling van die orogene siklusse van die Unie, maar Hawkes (1957, 314-315) stel dit baie duidelik dat die idee van 'n reeks kort orogene episodes geskei deur lang periodes van tektoniese rus in die aardkors se diastrofe geskiedenis nou sterk in twyfel getrek moet word in die lig van die ontdekking dat kontemporêre aardbewings teen 'n tempo plaasvind wat voldoende is vir die verklaring van die diastrofisme van die verlede, asook met die besef dat die geskiedenisse van die orogeneses lank en ingewikkeld was. Haughton (1957b, 61) wys ook daarop dat gelyktydigheid van orogene bewegings en die ooreenkoms in rigting van plooiasse, wat as gevolg daarvan mag ontstaan, nie noodwendig gelyktydigheid van afsetting van al die gesteentes, wat by sulke bewegings betrokke is, impliseer nie.

## PROBLEME VAN DIE STRATIGRAFIE IN AFRIKA

Om die stratigrafiese probleme van Afrika in die regte perspektief te kan sien, is dit nodig om 'n duidelike begrip van die moderne stratigrafiese sisteem te hê. Dunbar en Rodgers (1957, 289-307) het onlangs 'n baie duidelike uiteensetting van hierdie sisteem gegee. Die volgende is 'n kort samevatting van hulle verduideliking.

Die basiese eenheid vir die lokale geologiese kartering en uitvoerige beskrywing van gestratifiseerde gesteentes is die formasie, wat essensieel 'n karteerbare gesteente-eenheid is. . Om die geologiese geskiedenis van 'n groot gebied, soos 'n hele kontinent, deur sintese van lokale besonderhede te kan uitwerk, het ons egter ook 'n eenheid van 'n ander soort nodig, wat onafhanklik van die plaaslike litologie is. In die eerste plek het ons 'n algemene geologiese tydskaal nodig waarin die geologiese gebeurtenisse in chronologiese volgorde gepas kan word. Maar in die tweede plek het ons ook 'n samegestelde stratigrafiese kolom vir die aarde as geheel nodig om as konkrete basis vir die onderverdeling van die tydskaal te dien, aangesien die tydintervalle fundamenteel op opeenvolgings van gestratifiseerde gesteentes gebaseer is. In beide hierdie skale moet ons verder gebruik maak van 'n sisteem van groter en kleiner tydeenhede en gesteente-eenhede.

Die rede vir die gebruik van so 'n tweeledige klassifikasie van tydeenhede en gesteente-eenhede is dat 'n opeenvolging van gesteentelae 'n tydinterval verteenwoordig. Maar die grense van 'n gesteente-eenheid is nie noodwendig tydewewydig, d.w.s. orals van dieselfde ouderdom nie. Dit maak 'n ander soort tweeledige klassifikasie moontlik, nl. een wat op twee heeltemal onafhanklike

soorte eenhede gebaseer is: (a) talryke lokale gesteente-eenhede wat op plaaslike profiele gebaseer is en niks met tyd te doen het nie en (b) betreklik min, maar wêreldwye, tydeenhede wat op fossiele gebaseer en onafhanklik van die litologie van die gesteentes is.

'n Mens kan dus 'n stratigrafiese sisteem met drie soorte eenhede opstel, soos dit in 1941 deur Schenck en Muller (aangehaal deur Dunbar en Rodgers, 1957, 292) voorgestel is. In die eerste plek is daar gesteente-stratigrafiese eenhede, soos groepe, formasies, lede en lae, wat genetiese litologiese eenhede is en wat onafhanklik van tyd gedefinieer word. Tweedens is daar twee ander soorte eenhede wat deurgaans presies parallel is en wat wel betrekking op tyd het: (a) tyd-stratigrafiese eenhede, soos sisteme, series, étages en sones en (b) geologiese tydeenhede, soos hooftydperke, periodes, tydvakke en tye.

Om sirkelredenasie te voorkom, moet ons 'n geologiese tydeenheid, soos bv. die Krytperiode, definieer as die tydspan waarin die ooreenkomstige tyd-stratigrafiese eenheid, nl. die Krytsisteem, afgesit is. 'n Tyd-stratigrafiese eenheid, soos die Krytsisteem, word in sy tipegebied gedefinieer. In die geval van die Krytsisteem is dit Wes-Europa, hoofsaaklik Frankryk. Maar buite die grense van sy tipe-gebied kan die Krytsisteem tot dusver alleen op grond van sy fossiel-inhoud herken word. Bv. in Suid-Afrika word sekere gesteentes as Kryt beskou slegs op grond van die fossiele wat hulle bevat (kyk Du Toit, 1954, 371). As sulke gesteentes nie fossiele bevat nie, kan hulle alleen as Kryt uitgeken word deur litologiese korrelasie met gesteentes wat wel fossielhoudend is en in kontak met eersgenoemde gesteentes lê.

Ons kan dus sê dat alle tyd-stratigrafiese eenhede, soos sisteme, series en étages, buite hulle individuele tipegebiede slegs op grond van hulle fossiele afgebaken of geïdentifiseer kan word. Die enigste moontlike alternatief is dat hulle deur radioaktiewe ouderdomsbepaling uitgeken kan word, maar sulke metodes is vandag nog nie presies genoeg vir hierdie doel nie. Hawkes (1957, 313-314) behandel hierdie moeilikheid en wys daarop dat Huxley reeds in 1862 die stelling gemaak het dat dit onmoontlik is om die chronologiese gelyktydigheid van strata wat geografies vêr van mekaar geskei is te bewys. Huxley het toe die term homotakse voorgestel vir ooreenkoms van posisie in 'n opeenvolging, wat egter nie noodwendig chronotakse, d.w.s. soortgelykheid van ouderdom, impliseer nie. Hawkes wys egter ook daarop dat daar in die afgelope drie jaar belangrike vooruitgang gemaak is met die direkte datering van sedimente, deur bv. die bepaling van die verhoudings $Sr^{87}$/$Rb^{87}$ en $A^{40}$/$K^{40}$ van gloukoniet wat gedurende afsetting in die sediment gevorm is. Hy voorsien dan ook die moontlikheid dat toekomstige direkte bepalings van die absolute ouderdomme van sedimente die groot onsekerhede waarmee hulle vandag gekorreleer word sal verminder en dat fisies-chemiese datering uiteindelik ook paleontologiese datering sal vervang.

Dunbar en Rodgers (1957, 294) wys verder daarop dat geologiese tyd vir praktiese doeleindes in twee groot afdelings verdeel word: (a) 'n ouer, voor-Kambriese afdeling, verteenwoor-

dig deur gesteentes wat gewoonlik nie fossiele bevat nie, waarin langafstandkorrelasie tot dusver slegs op grond van onnoukeurige fisiese kriteria uitgevoer kan word — die Kriptosoïkum en (b) 'n jonger, na-Kambriese afdeling, verteenwoordig deur gesteentes wat dikwels fossiele bevat, sodat langafstandkorrelasie ook met fossiele uitgevoer kan word — die Fanerosoïkum. Ongetwyfelde Kambriese gesteentes is tot dusver nog nie in Suidelike Afrika uitgewys nie (Du Toit, 1954, 19), alhoewel die paar fossiele wat in die Namasisteem in Suidwes-Afrika gevind is, aandui dat hierdie sisteem ten minste naby die skeiding tussen die Voor-Kambrium en die Na-Kambrium lê (Du Toit, 1954, 234-235). In Suid-Afrika kan ons dus nie spesifiek sê waar die grens tussen die Voor-Kambrium en die Na-Kambrium lê nie (Haughton, 1955, 24).

Soos Dunbar en Rodgers (1957, 295-297) aandui, word die na-Kambriese tyd algemeen, op grond van verskille in die gesteentes se fossielinhoud, in drie hooftydperke ingedeel. Hierdie hooftydperke word weer verder onderverdeel in periodes, en hierdie periodes is die fundamentele tydeenhede van die geologiese tydskaal wat wêreldwyd in gebruik is. (Kyk American Geological Institute Data Sheet 5, opgestel deur C. R. Longwell en gepubliseer in Geotimes, vol. II, nr. 9, 1958, bl. 13). In Suid- en Sentraal-Afrika is daar groot opeenvolgings van hoofsaaklik nie-marine afsettings wat besonder moeilik is om volgens die geologiese standaardtydskaal te klassifiseer, veral die baie wydverspreide Karoo-afsettings, wat ook in ander kontinente van die Suidelike Halfrond voorkom en wat van Bo-Karboon tot Onder-Jura in geologiese ouderdom strek, asook die Kalahari-lae wat van Tersiêr tot Resent strek en, net soos die Karoo-lae, 'n baie groot deel van die fundamentele geologie in Suidelike Afrika bedek (kyk Du Toit, 1954 se geologiese kaart; Cooke, 1957, fig. 10, bl. 66; Carte Géologique Internationale de L'Afrique; en Wellington, 1955, deel 1, kaart 1). In Suidelike Afrika word hierdie gesteentes in sisteme en series saamgevat, ten spyte daarvan dat hulle in werklikheid geen tyd-stratigrafiese eenhede is nie, maar eerder groot gesteente-stratigrafiese eenhede (kyk bv. die geologiese legende van die Geologiese Kaart van die Unie van Suid-Afrika, 1955). Volgens Dunbar en Rodgers (1957, 297) is die doel van tyd-stratigrafiese klassifikasie dus nog nie in Suidelike Afrika verwesenlik nie.

Du Toit (1954, 12) wys verder daarop dat elke belangrike paleontologiese en stratigrafiese onderbreking in Suid-Afrika binne-in een van die Europese sisteme val, terwyl elke min of meer duidelike diskordansie tussen die sisteme van die Noordelike Halfrond gewoonlik in ons land deur onafgebroke afsetting verteenwoordig word. Dit is grotendeels die rede vir die moeilikhede wat ondervind word wanneer 'n mens die strata van Suidelike Afrika met dié van Noordelike Afrika en die Noordelike Halfrond volgens die standaard geologiese kolom probeer korreleer. Die afwesigheid van alles behalwe onduidelike spore van lewe in lae wat ouer as Devoon in Suidelike Afrika is, maak hulle korrelasie met die voor-Devoniese strata van Noord-Afrika en Europa so

te sê onmoontlik en het ons verplig om 'n menigte formasiename van suiwer lokale omvang in gebruik te bring. Ons is deur die gebrek aan fossielhoudende lae verplig om grotendeels staat te maak op onderskeidende litologiese kenmerke vir beide die hoof- en kleiner afdelings van die geologiese kolom. Beard (1955, 1) meen dan ook dat een van die vernaamste struikelblokke in die pad van 'n bevredigende oplossing van stratigrafiese probleme in Afrika die gebrek aan fossiel-bewyse aangaande die geologiese ouderdomme van die betrokke gesteentes is. So ook meen Du Toit (1954, 12) dat die baie onsekerhede wat daar vandag nog aangaande die korrelasie van gesteentes in Suidelike Afrika bestaan, sonder twyfel 'n groot struikelblok in die pad van 'n behoorlike begrip van die geologie van die land is. Dit het veral betrekking op die voor-Kambriese gesteentes wat so fundamenteel in die geologie van Afrika is.

As ons Holmes (1956) se jongste syfer van ongeveer 4,500 miljoen jaar vir die ouderdom van die aarde aanvaar, beteken dit dat die na-Kambriese tyd, wat ongeveer 500 miljoen jaar gelede begin het, maar omtrent een negende van die aarde se geskiedenis verteenwoordig. Haughton (1957b, 59-60) meen dat die afwesigheid van spesifiek herkenbare fossiele in die voor-Kambriese gesteentes en die baie veranderinge wat hulle na hulle vorming ondergaan het, die verklaring van hulle onderlinge verhoudings in die stratigrafiese opeenvolging baie moeiliker maak as dié van die na-Kambriese sisteme en series. Volgens hom is die korrelasie van voor-Kambriese gesteentes nie net van akademiese belang nie, want baie van die vernaamste mineralafsettings in Afrika kom in hierdie gesteentes voor, en daar is toenemende bewyse vir die idee dat 'n spesifieke mineraal of groep verwante minerale gedurende 'n enkele periode van die voor-Kambriese tyd gekonsentreer mag gewees het. Pogings om sulke metallogenetiese tydvakke te onderskei is onlangs deur De Villiers (1955) vir die Unie en Suidwes-Afrika en deur Quennell (1956) vir Oos- en Sentraal-Afrika gemaak.

Soos in ander dele van die wêreld, is die voor-Kambriese gesteentes van Afrika fragmentaries versprei, uiters ingewikkeld in hulle verhoudings en bowendien ook nog dikwels van twyfelagtige oorsprong (Du Toit, 1954, 27). Alhoewel die beginsel van superposisie dikwels in gebiede met deurlopende dagsome toegepas kan word, is dit egter van geen waarde by die korrelasie van voor-Kambriese gesteentes in vêr-afgesonderde streke soos bv. Swasieland en die Richtersveld nie (Haughton, 1957b, 60). Volgens McNaughton (1951, 208) moet sulke korrelasie afhang van die gebruik van kriteria soos periodes van vergletsering, periodes van intense diastrofisme, of periodes van uitgebreide eruptiewe aktiwiteit. Haughton (1957b, 60-61) meen egter dat die gebruik van vermeende voor-Kambriese tilliete vir korrelasie-doeleindes aan baie twyfel en besware onderhewig is en so ook die korrelasie van voor-Kambriese gesteentes op grond van die tektoniek van geplooide sones (kyk Holmes, 1951). Aangesien sekere soorte sedimente, soos bv. die gestreepte ysterstene, tipes is wat herhaaldelik gedurende die voor-Kambriese tyd afgesit is en dus geensins kenmerkend van 'n besondere

periode is nie, meen Du Toit (1954, 552) dat korrelasie met die voor-Kambriese formasies van ander streke, wat grotendeels op litologiese kenmerke gebaseer is, besonder moeilik is. Betreffende die voor-Kambriese gestreepte ysterstene, meen Handley (1956, 40) egter dat hulle en die sisteme waarin hul voorkom 'n relatief konstante posisie in die voor-Kambriese opeenvolging in verskillende dele van Afrika beslaan en dat hulle moontlik 'n intermediêre periode in die ontwikkeling van die aardkors verteenwoordig.

Tot dusver is daar nog geen algemeen geldige basis vir die onderverdeling van die voor-Kambriese tyd en gesteentes nie. Soos kennis aangaande hierdie gesteentes toeneem is daar egter in elke gebied 'n neiging om die boonste voor-Kambriese gesteentes in 'n groep apart van die onderste te plaas, sodat dit vandag taamlik algemene gebruik geword het om 'n ouer, Argeosoïese en 'n jonger Proterosoïse afdeling van die Voor-Kambrium te onderskei, ook in Suid-Afrika, waar die skeiding tussen hierdie twee hoofgroepe geneem word as die groot magmatiese en metamorfe fase wat algemeen beken staan as die Argeïese graniet (Dunbar en Rodgers, 1957, 294; McNaughton, 1951, 208; De Villiers, 1955, 94; Truter, 1955, 26; Visser, 1957; en die Geologiese Kaart van die Unie van Suid-Afrika, 1955). Dit is wel algemene gebruik om opeenvolgings van gesteentes, wat hoofeenhede in die stratigrafiese profiele van voor-Kambriese geologiese provinsies in Afrika is, in sisteme en series, wat een of meer groepe formasies insluit, in te deel; maar Dunbar en Rodgers (1957, 298) wys daarop dat hierdie sisteme en series eintlik net provinsiale gesteente-stratigrafiese eenhede verteenwoordig en geen tyd-stratigrafiese eenhede is nie. Dat dit seker die geval is, blyk baie duidelik te wees wanneer 'n mens resente interregionale korrelasies, soos dié wat onlangs deur Dixey en Willbourn (1951), Macgregor (1951b; 1955), McNaughton (1951), Holmes (1951), Du Toit (1954, 25) Quennell (1956) en Krenkel (1957, 458-459) gemaak is, probeer integreer.

Die enigste moontlike oplossing lê waarskynlik in die verfyning van radioaktiewe metodes van ouderdomsbepaling en die meer uitgebreide toepassing daarvan op korrelasieprobleme (Dunbar en Rodgers, 1957, 294 en 298; Haughton, 1957b, 61; Brock, 1957b, 187; Hawkes, 1957, 313). Op die Negentiende Internasionale Geologiese Kongres in Algiers in 1952 is 'n „Geochronologie-Komitee" van die Assosiasie van Afrikaanse Geologiese Opnames saamgestel (Holmes en Cahen, 1955, 3). Een van die oogmerke van hierdie komitee is om alle geochronologiese gegewens wat op Afrika betrekking het, te versamel en bekend te stel. Holmes en Cahen se referaat van 1955 oor Afrikaanse geochronologie is dan ook die eerste stap in die rigting van hierdie doelwit. In 1955 het Macgregor ook 'n poging aangewend om die geologie van Suid-Rhodesië in die lig van geochronologiese resultate te interpreteer en met dié van ander Afrikaanse gebiede te korreleer. Krenkel (1957, 410) spreek ook die mening uit dat die tentatiewe vergelyking wat hy tussen Noordelike en Suidelike Afrika maak eers deur fisies-chemiese ouderdomsbepaling getoets moet word.

Dat fisies-chemiese ouderdomsbepaling egter nie sonder meer 'n oplossing vir voor-Kambriese stratigrafiese probleme bied nie, blyk bv. uit die probleem wat dit onlangs vir ons stratigrawe geskep het toe 'n span van vier Suid-Afrikaanse werkers (Nicolaysen e.a., 1958; Schreiner, 1958) aangekondig het dat die Bosveld-stollingskompleks 1950 ± 150 miljoen jaar gelede ingedring is, terwyl Holmes en Cahen (1955, 12) kort vantevore ook L.O. Nicolaysen se hersiene waarde vir die ouderdom van die Kaap-graniet as 510 ± 40 miljoen jaar bekend gemaak het. Vergelyk dit met die indeling soos aangegee in die legende van die Geologiese Kaart van die Unie van Suid-Afrika, 1955.

Hierdie probleme van die voor-Kambriese gesteentes is nie net eie aan Afrika nie, soos dit blyk uit Wilson (1958) se onlangse deurdringende bespreking van die onderverdeling en korrelasie van die formasies van die Kanadese skild. Die volgende aanhalings uit Wilson se referaat is so te sê woord vir woord van toepassing hier in Afrika en is dus vir ons van groot belang:

bl. 758 — „Age determinations of minerals by physicochemical methods may eventually be of considerable assistance in the classification of rocks in the Canadian Shield, but at present they confront the geologist with the following problems:

„(1) Some of the methods of age determination proposed have scarcely passed beyond the speculative stage. Geologists, therefore, except where the determination conflicts with the geology, are compelled to distinguish between those methods that are hypothetical and those that seem to be scientifically established.

„(2) With the possible exception of sediments containing glauconite, a mineral uncommon in the Precambrian, the methods of age determination so far proposed are assumed to indicate not the time of deposition of surficial rocks but the dates of formation of minerals, most of which are believed to be related in origin to mountain building. For this reason, physicochemical datings may supplement but not replace stratigraphy in determining the major geological divisions of the Canadian Shield.

„(3) In Paleozoic and later rocks, presumably because of the effect of uplift on the extent of the continental shelf, a relationship exists between orogeny and major changes in fossil life. In the Precambrian the absence of fossils makes structural unconformities and related mountain building of even greater importance in classification. Reliable age determinations of mountain building in the Canadian Shield could, therefore, be of great assistance in correlation.

„(4) In many parts of the shield conglomerate containing granitic boulders is intruded by granite and in a few places rests unconformably on granite; these relations prove the existence of two ages of mountain building separated by prolonged erosion. In such places the last mountain building may destroy the physicochemical evidence of the older uplift, so that only the age of the later orogeny can be determined. For this reason some of the Early Precambrian rocks of the shield are possibly much older than the oldest age determinations . . . .

„Another item related to problem (4) is the time interval indicated by intertectonic erosion. In folded belts of post-Precambrian age . . . mountain building may recur at relatively short intervals. In contrast with this, however, regions that intervene between folded belts . . . are underlain in most places by unfolded Paleozoic and later formations or by Proterozoic rocks that have not been mountain built. Where granitic intrusions associated with belts of folding occur in separate regions as those related to the Taconic, Acadian, and Appalachian revolutions, their difference in age is determined by the fossils of the rocks they intrude; in the Precambrian, where fossils are absent, the different age of the intrusions would not be evident, and they would all be classed together as parts of a single orogeny."

en bl. 769-770 — „(1) Only a small part of the folded surficial rocks of the Canadian Shield has been mapped in structural detail. Their positive classification, therefore, must await a more detailed investigation of their structural history. However, because such a large part of its formations belongs to either the very early or very late Precambrian, an approximately dual classification is possible.

„(2) Attempts to divide the rocks of the shield into more than two divisions must introduce considerable error. The replacement of the dual classification so long in use both in the United States and Canada is therefore scarcely warranted at present.

„(3) The Canadian Shield is divided geologically and geographically into regions separated by extensive barriers of sea, lakes, or overlying Paleozoic or later strata, across which correlation by continuity or approximate continuity of outcrop is not possible. When the detailed succession of formations in various parts of the shield is more fully known, the similarities may be sufficient for corelation across intersubprovincial or even interprovincial barriers, but until that time, it is more scientific to use local nomenclatures within these areas.

„(4) Numerous physichochemical age determinations of minerals occurring in the Canadian Shield have been published . . . These, within certain limitations, may eventually be of considerable assistance in the age classification of its rocks, but at their present stage, their reliability is uncertain, and a careful, objective evaluation of the various methods proposed is necessary before they can be accepted with assurance. Furthermore, when their reliability is established, thousands of age determinations covering all parts of the shield will be required before they can be fully utilized in shield rock classification. The limitations to the determinations are: (a) the possibility of chemical change or recrystallization is much greater for Precambrian minerals than for those of later age; (b) most of the minerals used for age determination are related genetically to igneous intrusion or mountain building, and these may occur hundreds of millions of years after the deposition of the intruded or mountain-built surficial rocks; (c) because mountain building is usually local or linear the area of each age determination is restricted."

As 'n mens die term „Canadian

Shield" in bostaande sitaat deur „African Shield" vervang en die paar ander terme wat op Noord-Amerika betrekking het oor die hoof sien, kan hierdie stellings van Wilson ook baie direk op die onderverdeling en korrelasie van die voor-Kambriese gesteentes in Afrika toegepas word.

Die voor-Kambriese gesteentes van Afrika Suid van die Sahara bestaan uit kleierige, sanderige en kalkerige sedimente, lawas en intrusiewe stollingsgesteentes. Hulle oorspronklike hoedanigheid is in meeste gevalle deur metamorfose tot 'n groter of kleiner mate gewysig, maar die graad van intensiteit van metamorfose is nie op sigself 'n funksie van ouderdom nie (Haughton, 1957b, 60). Die oudste bekende formasies in Afrika is steil geplooide, gefolieerde en uiters veranderde skisagtige verteenwoordigers van bogenoemde tipes wat op 'n uitgebreide skaal deur liggame van granitiese materiaal ingedring is en onderlê word (Du Toit, 1954, 19). Volgens Du Toit (bl. 27) is basiese stollingsgesteentes die heel vroegste tipes waarvan ons enige rekord het. Hulle is gewoonlik ingelaag met, en gevolg deur, fynkorrelige sedimente, soos leie, kalkstene, chertagtige kwartsiete en jaspiliete en daarna deur verskillende versamelings waarin grinte en konglomerate 'n belangrike rol speel. Dit wil ook voorkom asof die aardkors gedurende hierdie oertye betreklik dun en taamlik onstabiel was, met die gevolg dat sedimentasie herhaaldelik onderbreek is deur inpersings en uitvloeiings van eruptiewe materiaal, wat in samestelling van silisies tot subsilisies strek. Die silisiese indringings het oor die algemeen op 'n geweldige skaal, gepaard gaande met intense diastrofisme en metamorfose, plaasgevind en as groot graniet- of granodiorietliggame en geassosieerde gesteentetipes gestol. Du Toit (1954, 552-553) wys verder daarop dat hierdie oerkomplekse van die Suid-Afrikaanse skild die produkte van verskeie geologiese revolusies (bergbouings) was, soos duidelik aangedui word deur die voorkoms van konglomerate vol rolstene afkomstig van nog ouer gesteentes en van granitiese indringings in hulle, asook deur die voorkoms van groot diskordansies tussen hierdie eerste gesteentegroepe van die voor-Kambriese tyd.

In 'n resente oorsig van vooruitgang in die geologie wys Hawkes (1957, 315) daarop dat daar gedurende die afgelope vyftig jaar baie geleer is aangaande die gesteentes wat in die Voor-Kambriese tye aan die aarde se oppervlak gevorm is. Oor die algemeen was hierdie gesteentes soortgelyk aan dié wat vandag nog gevorm word, met uitsondering van die gestreepte ysterstene en die dolomiete en cherte. Die belangrike feit is dat sedimente onder die oudste bekende gesteentes voorkom. Hierdie ou sedimente vertoon onmiskenbare bewyse dat hulle in water afgesit is. Die kussinglawas wat dikwels met hierdie sedimente geassosieer is, is verdere bewyse dat daar staande water moes gewees het. Hawkes (1957, 311) is dan ook van mening dat die aarde dwarsdeur die geologiese verlede oseane moes gehad het en dat die seewater dus gedeeltelik ouer as die oudste bekende gesteentes, d.w.s. oor die 3000 miljoen jaar oud moet wees. Die gestreepte ysterstene en die dolomiete en cherte

wat so algemeen in die Voor-Kambrium voorkom lewer 'n probleem in terme van aktualiteit, aangesien daar geen plek bekend is waar hulle vandag gevorm word nie (Hawkes, 1957, 315; Dunbar en Rodgers, 1957, 237 en 245; Handley, 1956, 39).

Hawkes (1957, 317) wys ook daarop dat geoloë vyftig jaar gelede reeds besef het dat lewe op die aarde al lank voor die Kambrium moes bestaan het. Volgens Holmes (1951, 266) is dit hoofsaaklik algstrukture of stromatoliete, soos Collenia, wat aanduidings van vorige lewe in die Voor-Kambrium van Afrika verskaf (kyk ook Dunbar en Rodgers, 1957, 229-230). In die Bulawayo-sisteem van Suid-Rhodesië is daar 'n dun kalksteenlaag tussen dik lawas wat delikate, nie-gedeformeerde algstrukture vertoon en wat klaarblyklik meer as 2700 miljoen jaar oud is (Macgregor, 1955, 18; Hawkes, 1957, 317). Die moontlikheid dat fossiel organiese verbindings, soos die aminosure en porfirine wat onlangs deur Abelson en Barghoorn onderskeidelik in ou gesteentes in Noord-Amerika gevind is, verdere bewyse van lewe in die Voor-Kambrium mag lewer, word ook deur Hawkes (1957, 317) aangedui.

Hierdie noodwendig beknopte en onvolledige oorsig oor sommige van die fundamentele geologiese kwessies in Afrika kan miskien op 'n paslike wyse afgesluit word deur die volgende twee aanhalings te gee.

„Several of these subjects (waaronder ook dié wat in hierdie oorsig behandel is), sufficiently distinct yet inseparably related, demonstrate that Africa, by virtue of its geographical position particularly in relation to the Pre-Cambrian of the world, has something very special to offer research workers in geology.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

„Africa contains the answers to fundamental and vital problems concerning the structure of the pristine earth, which has a bearing on practically every other branch of geology" (Brock, 1957b, 189-190).

„. . . in spite of the devoted efforts of earlier workers, the geology and mineral resources of this vast subcontinent of more than 10 million square miles are but imperfectly known, and there is urgent need for dynamic programmes of research and exploration such as those at present being pursued by able geologists of many nationalities" (Beard, 1955, 1).

P. B. ACKERMANN.

P.U. vir C.H.O.

## VERWYSINGS

Baker, B. H. (1956): The value of regional trend as a criterion in correlating Pre-Karroo systems. East-Central regional Comm. Geol., C.C.T.A., First Meeting. Dar-es-Salaam, 163—165.

Beard, E. H. (1955): Editorial. Colon. Geol. min. Resour., 5, 1—2.

Brock, B. B. (1956): Structural mosaics and related concepts. Trans. geol. Soc.S. Afr., 59, 149-194.

—— (1957a): World patterns and lineaments. Trans. geol. Soc. S.Afr., 60, 127-160.

—— (1957b): On the need for co-ordinated effort. Trans. geol. Soc. S.Afr., 60, 177-190.

Cahen, L. (1954): Géologie du Congo Belge. Liège: Imprimerie H. Vaillant-Carmanne, S.A., 577 pp.

Caster, K. E. and Mendes, J. C. (1947): Du Toit's geological comparison of South America with South Africa af er twenty years. Bull. geol. Soc. Amer., 58, 1173.

Cooke, H. B. S. (1956): Discussion of "Structural mosaics and related concepts" by B. B. Brock (1956). Trans. geol. Soc. S.Afr., 59, 195.

——— (1957): Observations relating to Quaternary environments in East and Southern Africa. Trans. geol. Soc. S.Afr., 60 (Annexure), 73 pp.

De Sitter, L. U. (1956): Structural Geology. McGraw-Hill Publishing Co., Ltd.. London, 552 pp.

De Villiers, J. (1955): Metallogenic provinces and their relationships in the Union and South-West Africa. Southern regional Comm. Geol. C.C.T.A., First Meeting, Salisbury, 93-101.

Dixey, F. and Willbourn, E. S. (1951): The geology of the British African Colonies. Rep. 18th internat. geol. Congr., G.B., 1948, Pt. XIV, 87-109.

Dixey, F. (1955a): Some aspects of the geomorphology of Central and Southern Africa. Trans. geol. Soc. S.Afr., 58 (Annexure), 58 pp.

——— (1955b): Erosion surfaces in Africa; some considerations of age and origin. Trans. geol. Soc. S.Afr., 58, 265-280.

——— (1956): The East African rift system. Colon. Geol. min. Resour. Suppl. Ser., Bull. Suppl. 1, 71 pp.

Dunbar, C. O. and Rodgers, J. (1957): Principles of Stratigraphy. John Wiley & Sons, Inc., New York, 356 pp.

Du Toit, A. L. (1937): Our Wandering Continents. Oliver & Boyd, Edinburgh, 366 pp.

——— (1954): The Geology of South Africa, 3d ed. Oliver & Boyd, Edinburgh, 611 pp.

Duvenage, J. P. (1958): Afrika. Koers, 25, 257-274.

Gilluly, J. (1949): Distribution of mountain building in geologic time. Bull. geol. Soc. Amer., 60, 561-590.

Handley, J. R. F. (1956): Banded ironstones and associated rocks. East-Central regional Comm. Geol., C.C.T.A., First Meeting, Dar-es-Salaam, 39-46.

Haughton, S. H. (1953): Gondwanaland and the distribution of early reptiles. Trans. geol. Soc. S.Afr., 56 (Annexure), 30 pp.

——— (1955): Discussion of "Geology of Southern Rhodesia in the light of geochronology" by A. M. Macgregor. Southern regional Comm. Geol., C.C.T.A., First Meeting, Salisbury, 24-25.

——— (1957a): Discussion of "On the need for co-ordinated effort" by B. B. Brock. Trans. geol. Soc. S.Afr., 60, 191-192.

——— (1957b): The geophysicist and some geological problems. Trans. roy. Soc. S.Afr., 35, 59-69.

Hawkes, L. (1957): Some aspects of the progress in geology in the last fifty years. I. Quart. J. geol. Soc. Lond., 113, 309-321.

Hills, E. S. (1953): Outlines of Structural Geology, 3d ed. Methuen & Co., Ltd., London,, 182 pp.

Homes, A. (1944): Principles of Physical Geology. Thomas Nelson & Sons., Ltd., London, 532 pp.

——— (1951): The sequence of Pre-Cambrian orogenic belts in South and Central Africa. Rep. 18th internat. geol. Congr., G.B., 1948, Pt. XIV, 254-269.

——— and Cahen, L. (1955): African geochronology. Colon. min. Resour., 5, 3-39.

——— (1956): How old is the earth? Trans. Edinburgh geol. Soc., 16, 313-333.

Hunter, D. R. (1957): The geology, petrology and classification of the Swaziland granites and gneisses. Trans. geol. Soc. S.Afr., 60, 85-120.

Kent, L. E. (1957): Discussion of "World patterns and lineaments" by B. B. Brock. Trans. geol. Soc. S.Afr., 60, 163-172.

King, B. C. (1958): The geomorphology of Africa. II. The geomorphic history of the continent. Science Progress, 46, 97-107.

King, L. C. (1951): South African Scenery, 2d ed. Oliver & Boyd, Edinburgh, 379 pp.

——— (1953): Necessity for continental drift. Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., 37, 2136-2175.

——— (1957a): A geomorphological comparison between Eastern Brazil and Africa (Central and Southern). Quart. J. geol. Soc. Lond., 112, 445-470.

——— (1957b): Basic palaeogeography of Gondwanaland during the late Palaeozoic

and Mesozoic eras. Proc. geol. Soc. London, No. 1549, 73-81.

Krenkel, E. (1925): Geologie Afrikas. Erster Teil. Verlag Gebrüder Borntraeger, Berlin, 461 pp.

—— (1957): Geologie und Bodenschätze Afrikas, 2. Auflage. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., Leipzig, 597 pp.

Machatschek, F. (1955): Das Relief der Erde, II. Band, 2. Auflage. Verlag Gebrüder Borntraeger, Berlin, 594 pp.

Macgregor, A. M. (1951a): Some milestones in the Precambrian of Southern Rhodesia. Proc. geol. Soc. S.Afr., 54, xxvii-lxxi.

—— (1951b): A comparison of the geology of Northern and Southern Rhodesia and adjoining territories. Rep. 18th internat. geol. Congr., G.B., 1948, Pt. XIV, 111-117.

—— (1955): Geology of Southern Rhodesia in the light of geochronology. Southern regional Comm. Geol., C.C.T.A.. First Meeting, Salisbury, 17-23.

—— (1956): Discussion of "Metallogenetic epochs in Tanganyika and East and Central Africa" by A. M. Quennell. East-Central regional Comm. Geol., C.C.T.A., First Meeting, Dar-es-Salaam, 29.

McConnell, R. B. (1951): Rift and shield structure in East Africa. Rep. 18th internat. geol. Congr., G.B., 1948, Pt. XIV, 199-207.

McNaughton, J. H. M. (1951): Correlation of the Pre-Karroo formations of Northern Rhodesia with those of Southern Rhodesia and East Africa. Rep. 18th internat. geol. Congr., G.B., 1948, Pt. XIV, 208-212.

Nicolaysen, L.O., de Villiers, J. W. L., Burger, A. J. and Strelow, F. W. E. (1958): New measurements relating to the absolute age of the Transvaal System and of the Bushveld Igneous Complex. Summaries of Papers presented at 1st Annual Congress of the Geological Society of South Africa, p.13.

Press, F., Ewing, M., and Oliver, J. (1955): Dispersion of Rayleigh waves crossing Africa. Bull. geol. Soc. Amer., 66, 1660.

Quennell, A. M. (1956): Metallogenetic epochs in East and Central Africa. East-Central regional Comm. Geol., C.C.T.A., First Meeting, Dar-es-Salaam, 139-150.

Schreiner, G. D. L. (1958): Comparison of the 87Rb—87Sr ages of the red granite of the Bushveld complex from measurements on the total rock and separated mineral fractions. Proc. roy. Soc., A, 245, 112-117.

Stille, H. (1955): Recent deformations of the earth's crust in the light of those of earlier epochs. Geol. Soc. Amer., Special Paper 62, 171-192.

Truter, F. C. (1955): Discussion of "Geology of Southern Rhodesia in the light of geochronology" by A. M. Macgregor. Southern regional Comm. Geol., C.C.T.A., First Meeting, Salisbury, 26-27.

Umbgrove, J. H. F. (1947): The Pulse of the Earth, 2nd ed. Martinus Nijhoff, The Hague, 357 pp.

Van Eeden, O. R. (1957): Discussion of "The geology, petrology and classification of the Swaziland granites and gneisses" by D. R. Hunter. Trans. geol. Soc. S.Afr., 60, 123-124.

Visser, D. J. L. (1957): The structural evolution of the Union. Proc. geol. Soc. S. Afr., 60, xiii—i.

Wellington, J. H. (1955): Southern Africa. Vol. I. Cambridge Univ. Press, 528 pp.

Wilson, M. E. (1958): Precambrian classification and correlation in the Canadian Shield. Bull. geol. Soc. Amer., 69, 757-774.