Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure

Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure

Band: 24 (1957-1958)

Heft: 66

Artikel: Palaeozoische und mesozoische Geschichte der westlichen und zentralen Sahara

Autor: Trümpy, Rudolf

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-189005

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 26.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing., Vol. 24, Nr. 66, S. 55–69, 1 Fig., 25. Sept. 1957

Palaeozoische und mesozoische Geschichte der westlichen und zentralen Sahara

RUDOLF TRÜMPY, Zürich

Einleitung

Die nachfolgenden Ausführungen, die sich nur auf die publizierte Literatur stützen, sollen lediglich dazu dienen, den allgemeinen geologischen Rahmen der in jüngster Zeit entdeckten Ölfelder etwas zu umreißen. Seither ist namentlich eine sehr klare Zusammenfassung von N. MENCHIKOFF (1957) erschienen. Meinem Vater, Dr. DANIEL TRÜMPY, danke ich dafür, dass er mir ermöglicht hat, ihn 1951 und 1956 auf Missionen in die Sahara zu begleiten.

Als weitaus größte Wüste der Erde erstreckt sich die Sahara über 54 Längengrade und 20 Breitengrade. Ihr Klima, gekennzeichnet durch minimale Niederschlagsmengen und maximale Temperaturschwankungen, bringt alle Uebergänge zwischen Akaziensteppe und absolut lebensleerer Vollwüste (Tanezrouft) hervor. Die äußerst spärliche Bevölkerung gliedert sich in Nomaden und Oasengärtner. Morphologisch ist die Sahara heterogen: neben weiten Ebenen finden sich Gebirge, die sich bis über 3000 m erheben. Einige Wüstentypen kehren immer wieder: Bergländer (Djebel, Adrar) im Bereich der präkambrischen und palaeozoischen Gesteine, steinige Plateaux (Hamada) aus flachliegenden Formationen von mesozoischem bis quartärem Alter, Schotterebenen (Reg, Serir), welche teils durch Alluvion, teils durch Deflation entstanden sind, Sanddünenwüsten (Erg, Edeien), deren Ausbildung offenbar erst im jüngeren Tertiär begonnen hat, und schließlich die Trockenflußtäler (Oued) mit ihren Endbecken (Sebkha).

Die Sahara grenzt an den Atlantischen Ozean, das Mittelmeer und das Rote Meer. Die Grenze gegen die alpinen Faltengebirge des Maghreb ist scharf; die Faltenzüge des Hohen Atlas im W, des Sahara-Atlas im E stoßen unmittelbar an die postherzynisch kaum verstellte Wüstentafel, längs einer Linie, die zugleich ungefähr dem Südrand der jurassischen und unterkretazischen Meere entspricht. Dagegen existiert keine geologische Abgrenzung der Sahara im S, gegen den Sudan; auch die klimatisch-pflanzengeographisch-soziologische Schranke ist ganz unbestimmt.

Wir beschränken uns im wesentlichen auf den marokkanischen, algerischen und tunesischen Anteil der Sahara, mit Ausblicken nach Französisch Westafrika und nach Libyen.

Struktur und Vorgeschichte

Die Struktur der westlichen und zentralen Sahara wird vor allem durch die großen Massive von präkambrischem Kristallin bestimmt. Es sind dies: 1. das mauretanische Massiv der Westsahara, welches einen gegen NW gerichteten Bogen beschreibt, 2. das Massiv des Ahaggar mit seinen Nebenmassiven, dem Adrar der Ifora im SW und dem Aïr im SSE, 3. das Tibesti-Massiv. Präkambrium tritt ferner im Kern der herzynischen, WSW-ENE gerichteten Grundfalte des Anti-Atlas, im NW-Zipfel der Sahara, zu Tage.

Die praekambrischen Grundgebirgsformationen und ihre Strukturen sind im Westteil des mauretanischen Massivs, im Anti-Atlas und im Ahaggar recht gut bekannt. In diesen Massiven können zwei Sedimentations-, Faltungs- und Granitisierungszyklen unterschieden werden, welche im Terrain durch einen Metamorphosensprung und eine klare Diskordanz deutlich getrennt sind.

Die palaeozoischen Formationen umhüllen diese Massive, von welchen sie durch eine scharfe Diskordanz («discordance tassilienne») abgesetzt sind. Zwischen dem Anti-Atlas und dem mauretanischen Massiv liegt die Großmulde von Tindouf, südlich und östlich des mauretanischen Massivs diejenige von Taodeni, eine der weiträumigsten und einfachsten Strukturen der Erdoberfläche. Die Großmulde des Fezzan nimmt den Winkel zwischen Ahaggar und Tibesti ein. Als Tassili werden die Cuestas von palaeozoischen Sedimenten rings um das Ahaggar-Massiv bezeichnet. Die herzynischen Falten der nordwestlichen Sahara beschreiben einen Bogen um das mauretanische Massiv herum: sie streichen NE im Zemmour, ENE im Anti-Atlas, SE in den Ketten von Ougarta; im Becken von Colomb-Béchar überkreuzen sich N—S-gerichtete mit jüngeren E—W-Strukturen. Auch die nördlichen Tassili weisen meridionale Faltungen auf, welche gegen N auseinanderstreben.

Die mesozoischen und jüngeren Formationen liegen diskordant auf dem Palaeozoikum und sind im allgemeinen kaum gefaltet, wenn man von geringfügigen lokalen Verbiegungen absieht. Während die palaeozoischen Transgressionen vor allem die westliche Sahara betroffen haben, bedeckten die kretazischen und alttertiären Meere große Teile der zentralen und östlichen Sahara.

Infrakambrium und Kambrium

Diese Formationen sind namentlich im nordwestlichsten Teil der Sahara, im marokkanischen Anti-Atlas, vertreten und sind dort in hervorragender Weise erforscht worden.

Über dem älteren Praekambrium liegt mit scharfer Diskordanz das «Praekambrium III» oder Infrakambrium der marokkanischen Geologen, bestehend aus gegen 2000 m bunten Fanglomeraten, Sandsteinen und Schiefern, mit einigen Linsen von dolomitischen Kalken mit *Collenia*. Saure, seltener intermediäre Vulkanite, die heute zum Großteil als Ignimbrite (Schmelztuffe) angesehen werden, sind reichlicher als die Sedimente. Diese nichtmetamorphen Bildungen stellen die Abtragsprodukte und postorogenen Vulkanite des letzten praekambrischen Gebirges dar; es finden sich in ihnen noch einige interne Diskordanzen, die nach oben schwächer werden.

Die erste marine Transgression kommt von NW her; sie erreichte den Ostteil des Anti-Atlas nicht. Das Eokambrium oder «Adoudounien» besteht aus bis 3000 m mächtigen Kalken und Dolomiten mit *Collenia*. Darüber liegt eine «regressive Serie»,

rotviolette Tonschiefer im zentralen, Konglomerate im östlichen Abschnitt; im W setzt sich die karbonatische Sedimentation fort. Die Kalk-Dolomitfazies hält auch während des Unterkambrium an; die georgische Transgression ist etwas ausgedehnter als die eokambrische. Die Mächtigkeit des Georgian nimmt von 1450 m im W auf 180 m im E (Dj. Sarhro) ab; gleichzeitig werden die Kalke durch rote Sandsteine ersetzt. Die Fossilführung der eokambrisch-unterkambrischen Kalke Südmarokkos ist von großer theoretischer Bedeutung: bei gleichbleibender Fazies finden sich im Eokambrium nur Collenien, im unteren Teil des Unterkambrium (der palaeontologisch vielleicht noch zum Infrakambrium gerechnet werden müßte) Archaeocyathiden. Darauf erscheinen primitive Trilobiten und erst zuallerobersT *Olenellus*. Dies weist darauf hin, daß die Fossilarmut der praekambrischen Sedimente primär ist und nicht etwa den Metamorphosen allein zur Last gelegt werden kann.

Im Mittelkambrium ist die Transgression wesentlich ausgedehnter; der gesamte Anti-Atlas wie auch der Hohe Atlas werden überflutet. Im W kommen 2000 m Schiefer zur Ablagerung, im E eine 800 m mächtige Serie, welche unten aus Schiefern, oben aus Sandsteinen aufgebaut ist. Die Küste des akadischen Meeres lag in der Großmulde von Tindouf. Mit dem mittleren Acadian endet die kambrische Schichtreihe; das obere Kambrium fehlt vollständig, wie dies im Mittelmeergebiet oft der Fall ist.

Außerhalb des Anti-Atlas ist das Kambrium palaeontologisch nicht nachgewiesen. Die basale Abteilung der Sandsteine von Ougarta wird, ohne zwingenden Beweis, als kambrisch betrachtet, ebenso eine Serie von bunten Schiefern, Sandsteinen, Konglomeraten und Dolomiten, welche das mauretanische Massiv im S und NW bedeckt. Da diese jedoch nur Collenien enthält, dürfte sie eher dem Eokambrium zuzuordnen sein. Bunte, detritische, nichtmetamorphe aber fossilleere Serien, welche im Ahaggar stellenweise das Kristallin diskordant überlagern und ihrerseits mit meist leichter Diskordanz von den ordovizischen Sandsteinen bedeckt werden, können prinzipiell kambrischen oder (wahrscheinlicher) infrakambrischen Alters sein.

Ordovizium

Wo das Kambrium existiert, ist es durch eine bedeutende Schichtlücke, welche das obere Acadian, das Potsdamian, das Tremadoc und das untere Arenig umfaßt, vom Ordovizium getrennt. Dennoch läßt sich nirgends eine sichere Diskordanz zwischen den beiden Formationen feststellen. Die ordovizische Transgression erfolgte über ein außerordentlich flaches Relief, wie dies überhaupt für die Überflutungen der afrikanischen Tafel bezeichnend ist. Im Ordovizium wird erstmals fast die gesamte westliche und zentrale Sahara von einem allerdings meist sehr seichten Meer bedeckt.

Im südlichen Vorland des Anti-Atlas ist das Ordovizium marin, bis 4000 m mächtig und gliedert sich in eine untere Schieferserie, gefolgt von der doppelten Quarzit- und Sandsteincuesta des Dj. Bani. Gegenüber dem Kambrium, wo die Isopen SW—NE streichen, sind die palaeogeographischen Verhältnisse völlig umgestellt: es bildet sich eine WNW—ESE orientierte Miogeosynklinale aus, deren Achse derjenigen der Ketten von Ougarta entspricht. Die ordovizischen Sandsteine (grès d'Ougarta) bilden in einer Mächtigkeit von gegen 5000 m das Gerüst dieser Ketten. Über infrakambrischen Rhyolithen liegen vier Zyklotheme mit der Abfolge Schiefer-Sandstein-Quarzit; das unterste führt keine Leitfossilien und wird als kambrisch angesprochen. Auch im sicher ordovizischen Anteil sind die Fossilien eher spärlich vertreten. Die

Sandsteine weisen meist Kreuzschichtung auf und können recht porös sein; in den Quarziten finden sich bankweise die Wohnröhren *Tigillites* (pipe rock). Gegenüber dem Anti-Atlas ist die ordovizische Serie, bei ungefähr gleichbleibender Mächtigkeit, viel sandiger und offensichtlich litoraler.

Im Touat, halbwegs zwischen den Ketten von Ougarta und den Tassili, enthalten die ordovizischen Sandsteine nur noch Linguliden, und im Sedimentmantel des Ahaggar, wo sie die Cuesta der «inneren Tassili» bilden, sind alle Fossilien außer den Tigilliten verschwunden. Im Ahnet (nordwestliche Tassili) finden sich praekambrische Zeugenberge (buried hills), welche erst ganz spät von der ordovizischen Transgression eingedeckt worden sind. Weiter im E, im Mouydir, wird die Serie wieder mächtiger und vollständiger; sie enthält hier an der Basis außer kreuzgeschichteten Sandsteinen, mit viel Quarzkörnern aeolischen Ursprungs, und Quarziten auch Konglomerate. Die ordovizischen Sandsteine reichen noch bis in den Sedimentmantel des Tibesti-Massivs und sollen auch dort, auf Grund lithologischer Kriterien, marin-litoralen Ursprunges sein.

Andererseits finden sich Sandsteinserien ordovizischen Alters, die bei wesentlich geringeren Mächtigkeiten durchaus den Sandsteinen von Ougarta entsprechen, fast lückenlos rings um das mauretanische Massiv. Die riesige Verbreitung dieser litoralen Sande ist symptomatisch für die außerordentlich homogenen Sedimentationsverhältnisse (und entsprechende Fazieskonstanz) im Palaeozoikum der Sahara.

Gotlandium

Auch zwischen Ordovizium und Gotland findet sich eine Schichtlücke, welche dem Ashgill und dem unteren Llandovery entspricht; doch ist die takonische Diskordanz wohl in Marokko und in Kabylien, nicht aber in der Sahara nachgewiesen. Die Gotland-Transgression scheint synchron zu sein und setzt fast überall mit der Graptolithenzone 19 des mittleren Llandovery ein. Im übrigen halten die Graptolithen nicht genau die selbe Reihenfolge inne wie in Nordeuropa. Oberes Llandovery, Tarannon und unteres Wenlock sind geringmächtig; die Subsidenz setzt erst mit dem oberen Wenlock und dann besonders mit dem Ludlow stärker ein.

Die Transgression des Gotlandium ist noch ausgedehnter als die ordovizische. Am Südrand des Anti-Atlas, in der Saoura und in den westlichen Tassili, wo das Gotland den «Sillon intratassilien» zwischen den Sandsteincuestas des Ordovizium und des Unterdevon bildet, besteht es zur Hauptsache aus schwarzen, an der Oberfläche infolge Oxydation der bituminösen Substanzen hellbunten Graptolithenschiefern mit dünnen Lagen von fossilreichen Kalken mit *Scyphocrinites, «Orthoceras», Cardiola* usw. Die Mächtigkeit nimmt von 1500 m am Dra auf 700 m im Ahnet ab. Von da gegen E wird die Mächtigkeit noch geringer; es schalten sich in vermehrtem Maße Haematitlagen und kreuzgeschichtete Sandsteine in die Graptolithenschiefer ein. Diese dürften hier somit in seichtem Wasser gebildet worden sein. Weichere Sandsteine mit problematischen Fährten und Wohnbauten *(Harlania, Spirophyton, Cruziana)*, welche im Fezzan und im Tibesti die ordovizischen Quarzite überlagern, werden von den meisten französischen Geologen als litorale Aequivalente der silurischen Graptolithenschiefer aufgefaßt, während sie Desio u. a. mit mindestens ebenso guten Argumenten als unterdevonisch betrachten. Im Umkreis des Kristallinmassivs der Westsahara fehlen die Graptolithenschiefer stellenweise ganz und sind jedenfals sehr wenig mächtig (50 m im mauretanischen Adrar).

Devon

In der Literatur wird sehr oft die Existenz einer kaledonischen Faltungsphase in der Sahara, namentlich in den Tassili, geltend gemacht; doch sind diese angeblich praedevonischen Strukturen nicht völlig gesichert. Fast überall, mit Ausnahme einiger Zonen im Fezzan, im Grenzgebiet der palaeozoischen Transgressionen, folgt das Unterdevon konkordant auf dem Gotlandium. Die Faziesräume sind im Devon etwas deutlicher geschieden als während der vorhergehenden und nachfolgenden Perioden, verglichen mit europäischen Verhältnissen freilich immer noch außerordentlich weitläufig.

In Südmarokko, am Oued Dra, ist das Devon bis 5000 m mächtig und in vorwiegend schiefriger Fazies ausgebildet. Sandsteine finden sich an der Basis des Siegenian, ferner besonders in der Grenzzone Emsian/Eifelian. Das Mitteldevon besteht aus Schiefern mit dünnen Kalkbänken (u. a. Tentaculitenkalke des Givetian, welche eine außerordentlich große Verbreitung besitzen und sich in fast allen Gebieten der Sahara wiederfinden), das Oberdevon aus bunt anwitternden Ton- und Mergelschiefern mit Brachiopodenlumachellen. Goniatiten sind selten. Die Mächtigkeit nimmt gegen S ab und beträgt am Südrand der Mulde von Tindouf noch 800 m, in Mauretanien 100 m.

Auch gegen W verringert sich die Mächtigkeit des Devons und erreicht ein Minimum im Tafilalet, zwischen dem Anti-Atlas und dem Becken von Colomb-Béchar. Das Devon der Saoura ist seit langem durch seinen Fossilreichtum berühmt; seine Mächtigkeit wird mit 500—900 m angegeben, dürfte jedoch etwas größer sein. Das Unterdevon ist schiefrig-sandig entwickelt; doch sind die Sandsteine plattig und ziemlich fein. Mit dem Eifelian beginnt eine Schieferserie mit dünnen Kalkbänken, welche zahlreiche Goniatiten enthalten; die chronologische Reihenfolge dieser ausgezeichneten Leitfossilien entspricht der in Deutschland aufgestellten. Im Oberdevon zeigen die Kalke z. T. die mediterrane Fazies der «Marbres griottes» (bunte Knollenkalke). Haug sah im Devon der Saoura eine «bathyale», in einer marinen Depression zum Absatz gekommene Serie; und in der Tat scheint es, daß es sich hier um Bildungen etwas tieferen Wassers mit geringerer Materialzufuhr handle.

In den Tassili des Ahaggar sind die unterdevonischen Sandsteine wieder einige Hundert Meter mächtig; die Schieferlagen treten ganz zurück. Diese z. T. groben und porösen, offenbar aber noch ganz marinen Sandsteine bilden die Cuesta der äußeren Tassili. Das Unterdevon des Touat nimmt eine Zwischenstellung zwischen dem vorwiegend schiefrigen der Saoura und dem vorwiegend sandigen der Tassili ein. Dagegen mehren sich in den östlichen Tassili Zeichen der Landnähe: der größere Teil besteht aus roten, kreuzgeschichteten Sandsteinen, und marine Fossilien treten erst im Emsian auf. Im Mitteldevon existieren dagegen keine litoralen Ablagerungen. Es ist durch Schiefermergel und Kalkbänke vertreten; diese werden gegen S etwas mächtiger. Es sind meist fossilreiche Kalke mit Brachiopoden, Korallen, Crinoiden, Tentaculiten usw. Lokal sind sogar kleine Bioherme (patch reefs) aus Orthoceren, Brachiopoden, Crinoiden, Trilobiten und Einzelkorallen, die sich mit 30 Grad steiler Böschung etwa 50 m über ihre Umgebung erheben, entwickelt. Das Oberdevon ist wieder schiefrig ausgebildet und zeigt bedeutende Mächtigkeiten; im NW (Touat) treten im Frasnian noch Goniatiten auf, während im S Panzerfische und Linguliden litorale Einflüsse dokumentieren. Zu Ende der Devonzeit künden Sandsteine mit Landpflanzen eine Regression an.

In den östlichen Tassili sind die unterdevonischen Sandsteine noch typisch; sie enthalten hier neben Brachiopoden auch Harlanien, was dafür spricht, daß die Harlaniensandsteine des Tibesti mindestens teilweise devonischen Alters sind. Mittel- und Oberdevon sind im westlichen Fezzan noch ähnlich ausgebildet wie in den französischen Tassili, wogegen weiter im N sandiges Mitteldevon bis fast auf die Graptolithenschiefer hinunter greift und im östlichen Fezzan das Karbon auf den Harlaniensandsteinen liegt. In diesem Randgebiet der palaeozoischen Meere häufen sich die anorogenen Diskordanzen innerhalb der Serie.

Unterkarbon

In Südmarokko ist das marine Unterkarbon etwa 2000 m dick. Es liegt konkordant über dem Devon, mit welchem es durch ein Niveau mit Mischfauna *(Spirifer verneuili* neben *Sp. tornacensis)* verbunden ist. Das Tournaisian besteht aus ziemlich feinkörnigen, plattigen Sandsteinen, gefolgt von Schiefern. Auch das untere Visean ist schiefrig ausgebildet; es enthält dünne Lumachellenplatten. Darüber folgen Sandsteine und schließlich dicke Bänke von blau anwitternden Kalken mit Korallen und großen Productiden. Im obern Teil sind Dolomite und ein Gipsniveau eingeschaltet. Die Sandsteine des Tournaisian und die Kalke des oberen Visean bilden zwei charakteristische, über 400 km weit verfolgbare Cuestas (Dj. Tazout und Dj. Ouarkziz). Die Korallen- und Brachiopodenkalkfazies des oberen Visean ist fast für die gesamte Sahara charakteristisch.

Weiter gegen E fehlt das Tournaisian. Im Gebiet von Colomb-Béchar sind die Kalke des Visean sehr mächtig und bauen ganze Gebirgszüge auf. Sie sind z. T. dolomitisch, wobei diskordante Sekundärdolomite mit hydrothermalen Pb-Zn-Gängen im Zusammenhang zu stehen scheinen.

Im Touat ist das Tournaisian dagegen wieder vorhanden und die Gliederung entspricht derjenigen am Dra; doch ist das Obervisean hier weniger ausschließlich kalkig entwickelt. Auch in der Mulde von Taodeni ist das marine Unterkarbon nachgewiesen. In den nordwestlichen Tassili begegnet man wieder den beiden charakteristischen Cuestas, getrennt durch 1000 m Schiefer mit Kalkbänkchen des unteren Visean. Im oberen Visean treten die Kalke wieder vermehrt hervor. Zuoberst findet sich Dolomit und Gips, gefolgt von *Bellerophon*-Lumachellen und schließlich blauen Algenkalken, welche ohne sicheren palaeontologischen Beweis dem Namurian zugeordnet werden. Gegen SE nimmt die Mächtigkeit des Visean ab, und die Kalke und Schiefer werden durch Sandsteine ersetzt.

Die Unterkarbon-Transgression ist in der zentralen Sahara ausgedehnter als alle früheren Überflutungen; ihr Maximum fällt in das untere Visean. Im östlichen Fezzan ist die Fazies noch derjenigen der westlichen Sahara analog. N Ghat transgrediert das sandige Tournaisian stellenweise auf tieferes Devon und Silur, und im östlichen Fezzan überlagert das marine Unterkarbon Harlaniensandsteine. Der Tibesti ist nicht mehr von den unterkarbonischen Meeren erreicht worden; dagegen existieren hier kontinentale Sandsteine mit *Lepidodendron veltheimianum* und *Archaeosigillaria*. Diese Sandsteine setzen sich weit in die östliche Sahara fort, wo sie als «unterer Nubischer Sandstein» bezeichnet werden. Die erste nachkambrische kontinentale Sedimentationsphase der Ostsahara ist also gleichaltrig mit der größten marinen Transgression der West- und Zentralsahara.

Oberkarbon

Oberes Karbon ist vor allem im Becken von Colomb-Béchar vertreten und ist dort eingehend untersucht worden. Ein Antiklinorium trennt zwei Teilbecken, dasjenige von Colomb-Béchar und Kenadsa im N und dasjenige von Abadla im S. Das untere Namurian ist hier noch kalkig-dolomitisch entwickelt, das obere Namurian (350—630 m im N, 150—180 m im S) besteht aus einem zyklischen Wechsel von marinen Sandsteinen, Schiefermergeln und Kalkbänken. Auch das untere Westfalian (bzw. Moscovian) ist noch völlig marin; die Ausbildung ist ähnlich wie im Namurian, doch verschwinden die Kalkbänke. Die Mächtigkeit beträgt 1050 m im N, 600 m im S. Ausbeutbare Kohlenflöze enthält nur das obere Westfalian C und das Westfalian D (1500 m im N, 700 m im S), mit den letzten marin-brackischen Einschaltungen im oberen C. Die Flöze sind dünn (maximal 50 cm), und das Kohlenbecken scheint keine besonderen Zukunftshoffnungen zu rechtfertigen. Flora und Süßwasserfauna lassen sich gut mit den europäischen Standardserien korrelieren, nicht aber die marine Fauna: so kommt *Anthracoceras aegiranum,* in Europa Leitfossil des Grenzhorizontes B/C, im gesamten Unterwestfalian vor. Im Becken von Abadla folgen über dem Westfalian noch 1000 m rote Mergeltone und Sandsteine mit Gips, welche das Stephanian vertreten könnten.

In Südmarokko scheint die Regression schon wesentlich früher, im Verlauf des Namurian, erfolgt zu sein. Ueber dem marinen Unterkarbon liegen in der Mulde von Tindouf ungefähr 3000 m schiefrig-sandige Ablagerungen, ohne Fossilien und ohne abbauwürdige Kohlen.

Großenteils oberkarbonischen Alters dürften auch die Rotschichten des «Continental post-tassilien» sein, welche im N des Ahaggar mit leichter Diskordanz das marine Unterkarbon überlagern und ihrerseits deutlich diskordant vom mesozoischen «Continental intercalaire» bedeckt werden. Die Unterscheidung der beiden Serien ist im Terrain oft problematisch.

Herzynische Bewegungen

Der Zeitpunkt der spätpalaeozoischen Faltungen der nordwestlichen Sahara kann nicht genauer bestimmt werden, mangels gut datierter postorogener Sedimente. Er ist jedenfalls postwestfalisch.

In der marokkanischen Sahara ist das dominierende Element die WSW—ENE streichende Grundfalte des Anti-Atlas. Ihre praekambrisch-unterkambrische Kernzone zeigt eine eher verworrene Tektonik, mit E—W bzw. NE—SW orientierten Bruchsystemen, vielleicht z. T. Horizontalverschiebungen. Die mittelkambrischen bis karbonischen Sedimente am Südfuß des Anti-Atlas sind dagegen in ziemlich regelmäßige Falten gelegt, welche auch noch die nordwestliche Umhüllung des mauretanischen Massivs (Zemmour) erfassen. Im E biegen die Achsen nach W—E und schließlich NW—SE um und verbinden sich so mit den Falten von Ougarta. Schon S des Dra zweigen einzelne flache Antiklinalen (Oued Zemoul, Oum el Assel) gegen ESE ab.

Auf die Faltenvergitterung im Gebiet von Colomb-Béchar wurde bereits hingewiesen.

Die Ketten von Ougarta und des Saoura-Tales können als normales, NW—SE ziehendes Faltengebirge bezeichnet werden. In den altpalaeozoischen Sandsteinen

herrschen langgezogene Falten mit ziemlich steilen, stellenweise sogar überkippten Schenkeln vor, während Gotlandium und Devon im NE in flachere, kürzere Falten gelegt sind (Brachyantiklinalen und besonders Brachysynklinalen). Die selbe Faltentektonik findet sich in der Gourara und im Touat und verbindet derart die Ketten von Ougarta mit den gefalteten Tassili. Zwischen dieser Faltenzone und dem Ostende des mauretanischen Massivs liegt die Großmulde des Erg Chech, deren Struktur wegen der Sandbedeckung und der schwierigen Zugänglichkeit noch wenig bekannt ist.

Die Tektonik der Großmulde von Taodeni ist außerordentlich ruhig; nur an ihrem Westende, im mauretanischen Adrar, treten merkwürdige, eng lokalisierte Störungen auf.

Herzynische, im allgemeinen N—S streichende und nach N auseinanderstrebende Strukturen spielen eine große Rolle in der nördlichen Sedimentbedeckung des Ahaggar-Massivs. In den eigentlichen Tassili (Silur und Unterdevon) folgen diese Antiklinalen nicht selten alten, praekambrischen Störungslinien. Ihr Westflügel ist in der Regel steiler und kann fast senkrecht stehen. Bruchtektonik ist nicht selten. Im Flachland des Prétassilien (Mitteldevon bis Karbon) sind die Strukturen regelmäßiger und zeigen weite Dome und Brachysynklinalen.

Der herzynische Faltungsmechanismus der Sahara ist in mehr als einer Hinsicht schwer verständlich. Offenbar existierte eine beschränkt plastische Zone der Erdkruste rings um den starren Sporn der Eglab herum (Menchikoff). Auffällig ist besonders, daß trotz der weiträumigen und im allgemeinen eher flachen Faltung disharmonische Bewegungen zwischen einem starreren Unterbau (Kambrium im Anti-Atlas, Ordovizium in den Ketten von Ougarta, Ordovizium bis Unterdevon in den Tassili) und einem plastischeren Oberbau vorkommen, wobei das kompetentere Unterkarbon erst noch eine Tektonik aufweisen kann, die von derjenigen der devonischen Schiefermassen abweicht.

Im Zusammenhang mit der herzynischen Faltung kam es in der westlichen Sahara zur massenweisen Intrusion von Doleritgängen; die ölgeologisch wichtige Frage, ob diese vor oder während der Faltung eingedrungen seien, kann an Hand der publizierten Literatur nicht entschieden werden. Die meisten finden sich im Devon, doch reichen einige bis ins Westfalian. In der Mulde von Taodeni sind es steile Gänge, welche ein orthogonales Netzwerk bilden. Am Südrand der Mulde von Tindouf finden sich schiefe Gänge, und an deren Nordrand sind es penekonkordante Lagergänge (sills). Einzelne Doleritsills kommen auch noch im Touat und im NW des Ahaggar vor; weiter gegen E sind sie nicht bekannt.

Perm, Trias und Jura

Fast in der ganzen Sahara entspricht diesen Perioden eine Schichtlücke. Sie stehen einzig in der südtunesischen und westtripolitanischen Djefara, zwischen dem Mittelmeer und dem Steilabbruch der oberkretazischen Tafel (Hamada el Hamra) an.

Das marine Perm, 1932 entdeckt, besteht aus einer vielleicht 3000 m mächtigen Serie von Sandsteinen, Schiefern, Sandsteinen, Kalken und Dolomiten mit einer sehr reichen Fauna. Es handelt sich um eine Transgression der östlichen Thetys, welche vielleicht schon im Uralian eingesetzt hat.

800 m braunrote, fossilleere Sandsteine, die mit leichter Diskordanz das Perm über-

lagern, dürften dem Buntsandstein entsprechen. Es folgt in 130 m Mächtigkeit die marine Mitteltrias, bestehend aus Sandsteinen und mergeligen, z. T. dolomitischen Kalken mit einer reichen Fauna, in der neben Muscheln von «germanischem» Typ auch Cephalopoden (z. B. *Ptychites flexuosus)* vertreten sind. Die Trias schließt mit 600 m Gips ab; nahe der Obergrenze liegen Dolomitbänke mit einer artenarmen Muschelfauna, welche von MATHIEU ins Bajocian gestellt wurden. Wir konnten diese Faunula revidieren und kamen zur Überzeugung, daß es sich um obertriadische, eventuell rhaetische Arten handle *(Avicula* aff. *falcata* STOPP.; *Bakevellia* cf. *ornata* (MOORE); *Schafhaeutlia* sp.). Die Gipse der Djefara wären somit ganz dem Keuper zuzuordnen. Die Fazies der südtunesisch-tripolitanischen Trias entspricht dem «pseudogermanischen» Typ, wie er für die südlichen Randmeere der Thetys (Sinai, Israel, Jordanien) charakteristisch ist.

Der Lias fehlt. Diskordant über der Trias liegt Bajocian, gefolgt von Bathonian mit *Trigonia pullus;* die Bathonian-Transgression ist bekanntlich auch am Ostrand des afrikanischen Kontinents nachgewiesen (Golf von Suez, Abessinien, Ostafrika). Eine Flachwasserserie von Mergeln, Sandsteinen und Kalken reicht bis ins Kimmeridgian (eventuell Portlandian). Gegen SE schalten sich mehr und mehr kontinentale Sandsteine darin ein, und die Mächtigkeit verringert sich rasch.

Falls die erdölführenden Sandsteine der Bohrungen in der Gegend von Ouargla wirklich triadischen Alters sind, hat der südtunesische Thetys-Golf eine erhebliche Ausdehnung gegen SW.

Unterkreide

Im Sahara-Atlas existiert eine mächtige, zur Hauptsache marine Unterkreideserie, in welche sich im Berriasian, im Barremian und im Albian rote, kontinentale Sandsteine einschalten. Am Rande der Sahara (im E etwas weiter südlich) verschwinden die marinen Schichten, und die gesamte Unterkreide besteht aus einer kontinentalen Abfolge von Rotschichten, dem «Continental intercalaire» bzw. dem (oberen) Nubischen Sandstein. Ihre Mächtigkeit wechselt stark und erreicht etwa 500 m; in Südtunesien und Westlibyen liegt sie diskordant auf Perm bis Oberjura, sonst auf herzynisch gefalteten Palaeozoikum, im Ahaggar sogar auf Kristallin, was beweist, daß schon ein kräftiger vorkretazischer Abtrag dieses Massivs stattgefunden haben muß. Das Continental intercalaire weist rote und grüne Tone, Sandsteine, welche oft kreuzgeschichtet sind und große, gut gerundete Quarzkörner enthalten, ferner wenige Lagen von Mergel und Süßwasserkalk auf. Die sehr homogene Fauna umfaßt große Reptilien, Fische (u. a. *Ceratodus),* atypische Lamellibranchier; die Flora verkieselte Koniferenstämme und Farne, besonders *Paradoxopteris stromeri* = *Weichselia reticulata.* Es handelt sich großenteils um fluviatil-terrestrische Bildungen unter einem semiariden Klima; immerhin verdient das nicht seltene Vorkommen von Selachiern, namentlich des Sägehais *Onchopristis numidus,* Beachtung. Das Continental intercalaire besitzt eine große praktische Bedeutung als hauptsächlicher Wasserträger der zentralen Sahara.

Fazies und Fossilinhalt sind von Südmarokko bis nach Arabien hinein außerordentlich konstant. Derartige ausgedehnte Festlands-Ablagerungen sind für die geologische Geschichte Afrikas, des kontinentalsten unter den Kontinenten, charakteristisch (vgl. Karroo- und Kalaharisystem des südäquatorialen Afrika).

Oberkreide

Zur Oberkreidezeit erfolgt die letzte große Transgression über die westliche und zentrale Sahara. Sie wirkt sich an der atlantischen Küste in Senegal und Rio de Oro aus. In Marokko liegt die Küste des Kreidemeeres wenig südlich vom Atlas, mit Ausnahme des Golfes der Kem-Kem, der in der Depression zwischen dem Anti-Atlas und den Ketten von Ougarta 200 km weit nach S vorstößt. Erst im westlichen Großen Erg biegt die Küstenlinie definitiv nach S ab; das Meer erreichte den Ahaggar und drang dort z. T. in schon bestehende Täler ein. Meeresstraßen im E und W des Ahaggar stellen die Verbindung her zur marinen Oberkreide des Sudan, des Benuë-Grabens und des Golfs von Guinea.

Im N, z. B. Südtunesien, beginnt die Transgression bereits im oberen Albian (*Knemiceras*-Zone). Das Cenomanian besteht aus zwei durch grüne Mergel getrennten Serien von dolomitischen Kalken, das Turonian bedingt eine 50 m mächtige Steilstufe von Kalken mit Silex. Das Emscher ist im allgemeinen regressiv und führt Gips. Mit dem Senon setzt eine neue Transgression ein; die Mergel und Kalke von Campanian- bis Danian-Alter greifen z. B. im östlichen Libyen über das Verbreitungsgebiet der älteren Oberkreide hinaus. Am Südrand der großen Kreideplateaux des Tademaït und des Tinrhert beginnt die marine Serie erst mit dem oberen Cenomanian (*Neolobites*-Zone), ebenso südlich des Ahaggar. Die westliche Meeresstraße, über den Tanezrouft, hat wahrscheinlich erst während des Senons gespielt. Trotz der mächtigen Überflutung weiter, seit dem Palaeozoikum trocken liegender Gebiete findet sich nur selten ein basales Konglomerat unter der marinen Oberkreide, und auch die Sandeinstreuungen sind sehr beschränkt. Die Fazies ist diejenige eines sehr seichten, warmen Meeres mit zeitweise übernormalem Salzgehalt.

Die späteren, tertiären Transgressionen haben nur die nördliche Ostsahara betroffen. In der westlichen und zentralen Sahara gehören die geringmächtigen, aber sehr ausgedehnten kontinentalen und limnischen Ablagerungen der Hamadas verschiedenen Tertiärstufen an. Ebenfalls tertiären Alters ist der Vulkanismus des Ahaggar, des Tibesti und Libyens.

Wenn auch die geologische Geschichte der Sahara zwischen Kambrium und Oberkreide vielfältige Wechsel zeigt, so ist sie doch ganz ungleich viel einheitlicher und großzügiger als diejenige der meisten andern Großregionen der Erde. Teile der Ostsahara sind seit dem mittleren Praekambrium festländisch geblieben. Aber auch die palaeozoischen Meere der westlichen Sahara waren durchwegs seicht und transgredierten über ein äußerst flaches Relief. Wohl das erstaunlichste Phänomen ist die Konstanz der Fazies über riesige Strecken hinweg.

Zur Erdölfrage

Das Palaeozoikum der westlichen und zentralen Sahara ist eine mächtige, vorwiegend marine, aus Schiefertonen, Sandsteinen und Kalksteinen zusammengesetzte Serie, welche einer ziemlich ruhigen Faltung unterworfen worden ist.

Das vielleicht wichtigste Problem ist dasjenige der Reservoirgesteine. Die palaeozoischen Formationen sind zur Hauptsache tonig-mergelig (das landschaftliche Bild trügt oft, da auch ganz dünne resistente Schichten durch die Erosion herauspräpa-

riert werden). Die Sandsteinhorizonte sind wohl in den Randgebieten grob und porös, werden aber gegen das Beckeninnere oft plattig und tonreich. Als Ölproduzenten kommen in erster Linie die Sandsteine des Ordovizium und des Unterdevon sowie die Sandsteine, Kalke und Dolomite des oberen Visean, in zweiter Linie die mitteldevonischen Kalke und die Sandsteine des Tournaisian in Betracht. Ferner gibt es poröse Sandsteine im Perm und in der Trias von Südtunesien und Tripolitanien.

Die herzynischen Strukturen zeigen im Bereich der devonischen und karbonischen Sedimente sehr schöne, domartige Strukturen, die sich wohl noch unter der Decke von mesozoischen Sedimenten fortsetzen. Jüngere Bewegungen sind wohl zu schwach, um zu Ölakkumulationen Anlaß zu geben, mit Ausnahme vielleicht der Randgebiete des Atlas, besonders in Südtunesien, wo die Grenze zwischen dem alpin gefalteten Gebirge und der Sahara weniger scharf ist als weiter im W. Stratigraphische Ölfallen dürfen in den Randgebieten der palaeozoischen Becken erwartet werden, so NE des Ahaggar und vielleicht in der Nähe des mauretanischen Massivs. Die zahlreichen Doleritgänge der Westsahara sowie die hydrothermalen Erzgänge des Gebietes von Colomb-Béchar treten vielleicht als störende Einflüsse in Erscheinung, doch ist dies noch nicht abgeklärt.

Die wichtigsten, bis Frühling 1957 erbohrten Funde sind die folgenden:

1. *Gasfelder südlich In Salah* (Berga, Djanet, in Bazzene, Thara, Tibaradine). Bedeutende Mengen von trockenem Gas (95—98 % CH_4) mit Ölspuren, aus Sandsteinen des Ordovizium, Unterdevon und Tournaisian. Reservoirqualität variiert stark.

2. *Edjélé* (an der libyschen Grenze). Leichtes Öl aus dem oberen Visean (3,3 m^3/h im Test), in geringer Tiefe (400—500 m). Ferner ist das Tournaisian und das Ordovizium produktiv. Die Struktur mißt 30 $\times$ 4 km.

3. *Tiguentourine* (W Edjélé). 2—5 m^3/h sehr leichtes Öl aus Sanden des Devon, 500 m tief. Die produktiven Sande sind sehr mächtig (20—40 m) und weisen ausgezeichnete Reservoirqualität auf.

4. *Hassi Messaoud* (SE Ouargla). Leichtes Öl in 3300 m, ca. 400 m^3/Tag. Die Ölsande sind außerordentlich mächtig (130—150 m); sie sollen permisch-triadischen Alters sein. Da aber auch Quarzite angegeben werden, könnte es sich eventuell um viel ältere Schichten (Ordovizium?) handeln. Bohrungen 8 km N und 12 km W der Fundbohrung haben die produzierenden Schichten ebenfalls angetroffen, so daß die sehr flache Struktur eine bedeutende Ausdehnung besitzt. Die Schätzung auf 100 Millionen m^3 Reserven ist natürlich sehr provisorisch. Eine vorläufige Pipeline, welche Hassi Messaoud mit Touggourt, dem Endpunkt der Eisenbahn, verbindet, soll Anfang 1958 in Betrieb genommen werden.

5. *Hassi R'mel* (Tilrhemt, 100 km S Laghouat). Ca. 200 000 m^3/Tag Gas mit 150—200 gr/t Gasolin, in 2200 m, aus Sandsteinen der Trias (?), wahrscheinlich über Ordovizium. Zwei produzierende Bohrungen; die Reserven sind offenbar sehr beträchtlich (25 Mill. m^3 Gasolin?).

Zahlreiche weitere Bohrungen haben z. T. interessante Öl- und Gasanzeichen angetroffen, sowohl im nördlichen wie im südlichen Abschnitt der zentralen algerischen Sahara. In der Westsahara (W der Piste Colomb-Béchar—Gao) sind bis jetzt kaum Bohrungen niedergebracht worden; doch hat ein Core-drill bei Reggane (südlichstes Touat) schöne Imprägnationen im oberen Unterkarbon gezeigt.

Wenn es auch gewiß noch zu früh ist, ein abschließendes Urteil über die Erdölmöglichkeiten der Sahara zu fällen, so stellen doch die bisher erzielten Resultate einen sehr positiven Erfolg dar. Sie sind auch der aufopfernden Tätigkeit derjenigen französischen Geologen zu verdanken, welche die Erforschung der Sahara unter schwersten Bedingungen, lange bevor man einen wirtschaftlichen Zweck ins Auge fassen konnte, durchgeführt haben. Ihre wichtigsten Ergebnisse haben wir hier zusammengefaßt. Durch die Kampagne der Oelgesellschaften werden wir in wenigen Jahren zweifellos viel genauer und umfassender über die geologische Geschichte der Sahara unterrichtet werden.

Literatur-Auswahl

Alimen, H., Le Maître, D., Menchikoff, N., Petter, G. & Poueyto, A. (1952): Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. — Mon. rég., 19ème Congr. géol. int. Alger.

Castany G. & de Lapparent, A. F. (1952): Discordances et phases de plissement dans l'Extrême-Sud tunisien et en Tripolitaine. — Bull. Soc. Géol. France, 6e série, 2.

Choubert, G. (1952): La géologie du domaine de l'Anti-Atlas. — Mon. rég., 19ème Congr. géol. int. Alger.

Deleau, P. (1951): Les bassins houillers du Sud-Oranais dans la région de Colomb-Béchar—Abadla. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 1re série, 13 et 2e série. 20.

Desio, A. (1942): Uebersicht über die Geologie Libyens. — Geol. Rundschau, 33.

— (1951): Cenno riassuntivo sulla costituzione geologica della Libia. — 18th Int. Geol. Congr., part 14.

Domergue, Ch., Dumon, E., de Lapparent, A. F. & Lossel, P. (1952): Sud et Extrême-Sud tunisiens. Mon. rég., 19ème Congr. géol. int. Alger.

Follot, J. (1952): Ahnet et Mouydir. — Mon. rég., 19ème Congr. géol. int. Alger.

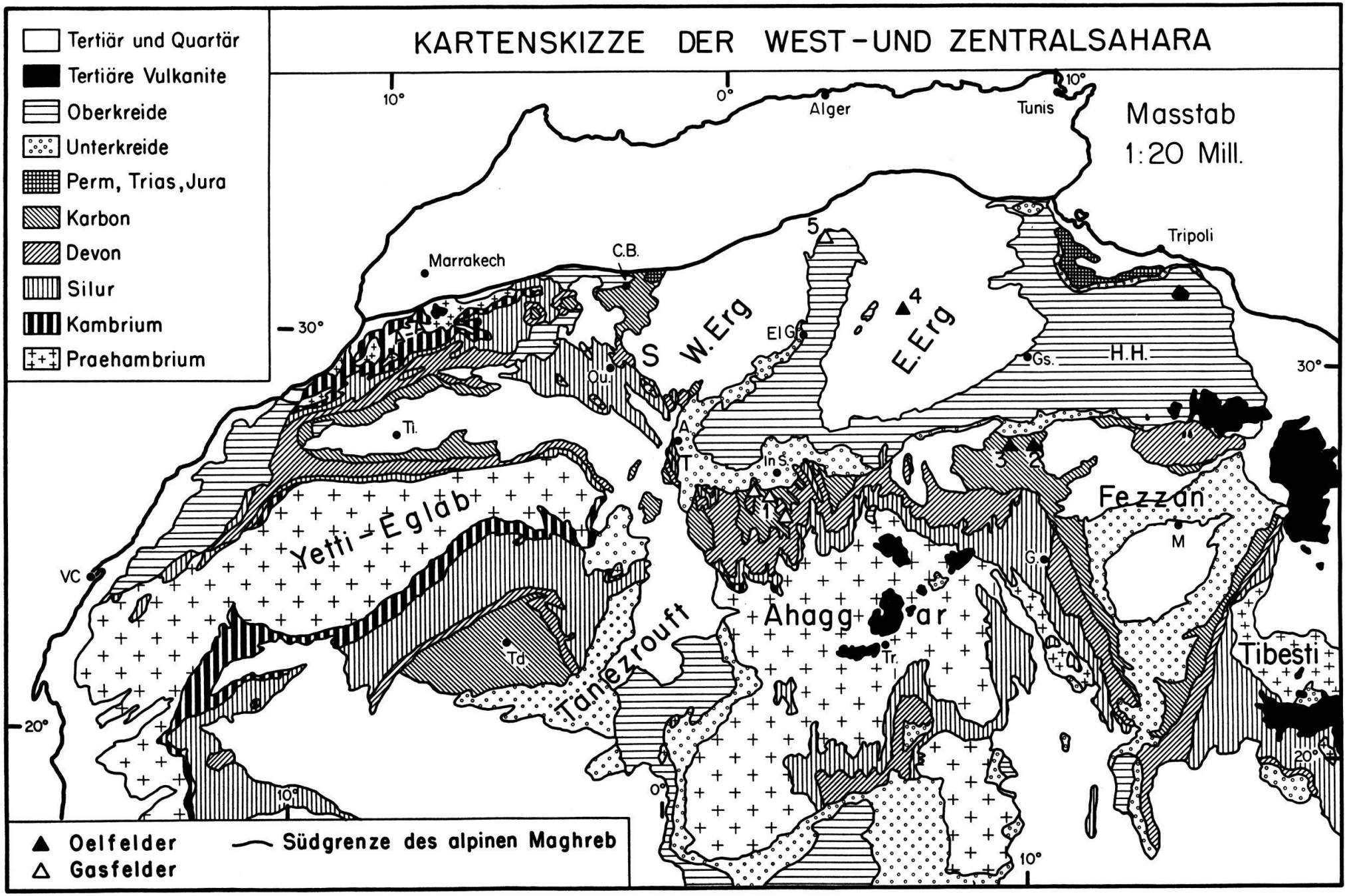
Kilian, C. (1925): Essai de synthèse du Sahara sud-constantinois et du Sahara central. — C.-R. 13ème Congr. géol. int.

de Lapparent, A. F. (1953): Répartition des gisements de Vertébrés et d'Invertébrés actuellement connus dans le «Continental Intercalaire» du Sahara. — Bull. Soc. Géol. France, 6e série, 3.

Lelubre, M. (1949): Géologie du Fezzan oriental. — Bull. Soc. Géol. France, 5e série, 19.

Menchikoff, N. (1957): Les grandes lignes de la géologie saharienne. — Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn., n. s. I, 1.

Monod, Th. (1952): L'Adrar mauritanien (Sahara occidental). — Bull. de la Direction des Mines de l'A.O.F., I, 15.


KARTENSKIZZE DER WEST-UND ZENTRALSAHARA
Tertiär und Quartär
Tertiäre Vulkanite
Oberkreide
Unterkreide
Perm, Trias, Jura
Karbon
Devon
Silur
Kambrium
Praehambrium
Masstab
1:20 Mill.
Alger
Tunis
Tripoli
Marrakech
C.B.
W.Erg
E.Erg
El G.
Gs.
H.H.
Ou.
Ti.
A.
T.
In S.
Fezzan
M
G.
Yetti-Eglab
VC
Ahaggar
Tanezrouft
Td.
Tr.
Tibesti
Oelfelder
Gasfelder
Südgrenze des alpinen Maghreb

Erläuterungen zu nebenstehender Kartenskizze

Diese schematische Skizze basiert auf der «Carte géologique du NW de l'Afrique», 1 : 2 Mill., herausgegeben bei Anlaß des 19. internationalen Kongresses in Algier.

Die Signatur «Kambrium» umfaßt auch die eokambrischen Collenienkalke, ferner Serien problematischen Alters im Ahaggar. Die Sandsteine von Ougarta, hier als Ordovizium bezeichnet, können an der Basis kambrischen Alters sein. Die Unterscheidung der kontinentalen Serien von Oberkarbon- bzw. Unterkreidealter in der südlichen Zentralsahara ist sehr unsicher. In einem Feld 1,3 cm NE Tindouf (Ti) fehlt die Signatur für Karbon.

Lokalitäten:

A	Adrar
C. B.	Colomb-Béchar
El G.	El Goléa
G	Ghat
Gs	Ghadamès
In S.	In Salah
M	Murzugh
Ou	Ougarta
Td	Taodeni
Ti	Tindouf
Tr	Tamanrasset
VC	Villa Cisneros

Regionen:

A-A	Anti-Atlas
H. H.	Hamada el Hamra
S	Saoura
T	Touat

Ölfelder:

2	Edjélé
3	Tiguentourine
4	Hassi Messaoud

Gasfelder:

1	Berga, Djanet, Thara, Tibaradine, in Bazzene
5	Hassi R'mel (Tilrhemt)