

Uebersicht über die fossilen Kalkalgen und die geologischen Ergebnisse ihrer Untersuchung.

Vortrag in der Sitzung am 29. November 1940.

Von **Julius Pia**.

Es dürfte jetzt gerade ein Menschenalter her sein, daß ich im geologischen Konservatorium bei Prof. Uhlig zum ersten Male über fossile Kalkalgen vorgetragen habe. Während dieser ganzen Zeit habe ich — obwohl mich auch viele andere Gegenstände beschäftigten — nie aufgehört, über diese Gruppe von Versteinerungen zu arbeiten. Durch das Zusammenwirken einer verhältnismäßig kleinen Zahl von Forschern in den verschiedensten Ländern ist die Kenntnis der fossilen Algen in diesen 30 Jahren auf eine ganz neue Grundlage gestellt und ungeheuer erweitert worden. Es ist nicht unberechtigt, zu fragen, was dabei denn für die umfassenderen Probleme der Naturwissenschaft gewonnen worden sei. Die wichtigsten allgemeineren Ergebnisse scheinen mir auf dem Gebiet der Abstammungslehre, der Geochemie, der Paläoklimatologie und der Biostratigraphie zu liegen. Von biologischen Fragen will ich heute nicht sprechen (vergl. Pia 1922 und 1931 b). Meine Meinung über die frühere Zusammensetzung des Meerwassers habe ich erst kürzlich in unserer Gesellschaft dargelegt (Pia 1940 c). Es scheint also angebracht, heute vorwiegend die beiden letzten der aufgezählten Fragenkreise zu behandeln.

Geologisch wichtig sind folgende Kalkalgengruppen:

Cyanophyceen: Spongiostromen und Porostromen;

Flagellaten: Coccolithineen;

Florideen: Solenoporaceen, Corallinaceen, Chaetangiaceen;

Chlorophyceen: Codiaceen, Dasycladaceen;

Charophyten.

1. Ueberblick über die erdgeschichtliche Entwicklung der Kalkalgen.

Algonkium. Die Spongiostromen, von verschiedenen einzelligen Blaualgen gebildeten Kalkstöcke, sind die wichtigsten Kalkbildner. Vielzellige Kalkalgen fehlen.

Kambrium. Zu den immer noch sehr verbreiteten Spongioströmen (die in den späteren Perioden nur allmählich abnehmen), kommen die ersten Kalkalgen mit erhaltener Struktur, *Girvanella* (vielzellige Blaualgen) und *Epiphyton* (vermutlich eine ursprüngliche Grünalge aus der Verwandtschaft der Codiaceen). Vologdin scheint noch andere Gattungen beschrieben zu haben, doch sind mir seine Arbeiten nicht zugänglich. Nach einer alten, überprüfungsbedürftigen Angabe treten im Kambrium auch die ersten Coccolithen auf.

Ordovizium. Erste Blüte der Kalkalgen. Die Zusammensetzung der Flora ähnelt in den großen Zügen der des Känozoikums, wenn auch einzelne Gruppen durch Verwandte ersetzt sind, so vor allem die Corallinaceen durch die ursprünglicheren Solenoporaceen. Die Codiaceen sind hoch entwickelt, die Dasycladaceen sehr formenreich und als Gesteinsbildner ziemlich wichtig. Die größten bekannten Wirtelalgen gehören dem Ordovizium an. Die Organisationshöhe — gemessen am Bau der Fortpflanzungsorgane — bleibt allerdings unter der der jüngeren Gattungen.

Silur (Gotlandium). Sehr deutlicher Rückgang der Kalkalgen. Die Cyclocrinen erlöschen im unteren Gotlandium (Troedson 1928, S. 146), so daß die Wirtelalgen nur mehr durch die kleinen Rhabdoporellen vertreten sind. Die ersten Charophyten erscheinen (Hacquart 1932, S. 16).

Devon. Aus dem Unterdevon kennt man bisher überhaupt keine Kalkalgen. Da die altpaläozoischen Familien durchwegs in jüngeren Schichten wieder erscheinen, können sie nicht etwa mit dem Silur ausgestorben sein. Sie müssen aber große geographische Verschiebungen erfahren haben. Im Mittel- und Oberdevon finden sich die Kalkalgen allmählich wieder ein, besonders Cyanophyceen und Solenoporen. Die Algenarmut des Devon tritt in allgemeinen Uebersichten weniger klar hervor, seitdem der 2. Heerlener Karbonkongreß das Strunien aus dem Karbon in das Devon versetzt hat (Jongmans und Gothan 1937, S. 4—6). Vergl. die Tabelle 2. Vom algologischen Standpunkt aus ist deshalb der Vorschlag Pauls (1937; 1940, S. 375) recht ansprechend, der die englische Stufe K für jünger als das Etroeuung hält. Die erste devonische Dasycladacee hat Maslov neuerdings aus Kazakhstan beschrieben (1939, S. 295). Vielleicht gehören auch gewisse Strukturen in den Spaerocodien nicht zu den Blaualgen, sondern zu den Grünalgen (Pia 1937e, S. 806). Vor allem fällt aber in das jüngere Devon die Blüte der Sycidien und Trochilisen und damit wohl der Charophyten überhaupt (Peck 1934, 1936). Es ist äußerst merkwürdig, daß diese

Gruppe sich bezüglich ihrer Häufigkeit entgegengesetzt verhält, wie alle anderen Kalkalgenfamilien.

Unterkarbon. Codiaceen (*Mitcheleania*, *Hedströmia*, *Ortonella*) sowie Solenoporaceen (*Solenopora*, *Pseudochaetetes*, *ParaChaetetes*) spielen im Kohlenkalk als Gesteinsbildner eine ziemliche Rolle. Dasycladaceen sind äußerst selten (Pia 1937 e, S. 795).

Oberkarbon. Die Kalkalgenflora ist auffallend ärmlich, besonders wenn man bedenkt, daß gerade karbonische Schichten wegen der stratigraphischen Wichtigkeit der Fusulinen mikropaläontologisch gut bekannt sind. Von einiger Bedeutung als Gesteinsbildner ist nur die Wirtelalge *Anthracoporella spectabilis*, die in das Perm hinaufreicht.

Perm. Aus dem unteren Perm kennt man nur sehr wenige Kalkalgen. Etwa vom mittleren Perm an nehmen sie dann einen plötzlichen Aufschwung (Pia 1937 e). Die Flora wird von zwei Familien beherrscht: Die Dasycladaceen sind jetzt wieder ungemein artenreich. Sie weisen eine merkwürdige Mischung von Formen auf, die sich teils an altpaläozoische anschließen (*Vermiporella*, *Anthracoporella*, *Mizzio*), teils an triadische (*Macroporella*). Fossile Chaetangiaceen kennt man überhaupt nur aus dem Perm. Als Gesteinsbildner übertreffen sie (*Gymnocodium* u. and.) noch die Wirtelalgen.

Trias. Aus der Untertrias sind keine Kalkalgen bekannt, wohl deshalb, weil ihre Fazies in Europa diesen Pflanzen nicht zusagte. Man müßte sie in Indien suchen. Daß ihr Fehlen in diesem Fall klimatisch bedingt sei, glaube ich nicht. Dagegen sprechen die unmittelbar vorhergehenden und folgenden, so reichen Floren. In der Mitteltrias Europas sind die Dasycladaceen ungemein häufig. Ihre Formenmannigfaltigkeit ist aber nicht groß; die Gattungen stehen einander durchwegs recht nahe. In der Obertrias gehen Artzahl und Massenentfaltung sehr zurück. Einfache Codiaceen aus der Verwandtschaft von *Mitcheleania* (hierher „*Udotea*“ *adnetensis* Kühnel 1932) und Solenoporaceen sind in der Trias gar nicht selten, aber noch wenig untersucht. Es ist also unrichtig, aus dem Auftreten dieser Familien auf paläozoisches Alter zu schließen, wie es manchmal geschieht.

Jura. Der Lias ist arm an Kalkalgen (Dubar et Le Maître 1935; Le Maître 1937). Im Dogger und besonders im Malm blühen sie zusehends auf. Die Solenoporaceen erreichen ihre größte Entwicklung als Gesteinsbildner. Codiaceen sind nicht selten (Frolo 1938). Die Dasycladaceen sind kaum irgendwo häufig, aber sehr formenreich und mannigfaltig. Neben verwickelt gebauten Gattungen (*Petrascula*, *Triploporella* u. and.) lebten kleine, sehr einfache Formen, die sich ganz an triadische Typen anschließen (*Macroporella*, *Uragiella*, *Actino-*

porella usw.). Im Purbeck gibt es viele merkwürdige Charophyten (Harris 1939).

Kreide. Die Flora der Unterkreide ist noch schlecht bekannt. Sie scheint in Europa vorwiegend einfache, altertümliche Gattungen zu enthalten. Die Blaualgen verschwinden aus dem Meer. In der Oberkreide erscheinen in großer Zahl Vertreter oder nahe Verwandte der Gattungen, die die Tertiärflora beherrschen und zum Teil bis heute leben. Das gilt sowohl für die Dasycladaceen, als für die Corallinaceen, wahrscheinlich auch für die Characeen. Noch viel auffallender als im Perm zeigt sich hier, daß die Umformung der Algengruppen mit der der Landpflanzen zeitlich zusammenfällt. Uebrigens ist bei Beurteilung der Oberkreideflora zu beachten, daß die vielen Wirtelalgen aus warmen Ländern (Nordafrika, Syrien, Indien, Mexiko) stammen. Aus Europa kennen wir ganz überwiegend Steinalgen (Solenoporaceen und Corallinaceen), nur wenige Dasycladaceen und Codiaceen (Andrusov 1938).

Tertiär. Im Paläozän und Eozän sind die Kalkalgen wieder besonders formenreich. Neben allen modernen Typen kommen viele seither erloschene vor. Darunter sind auch die letzten Ausläufer altertümlicher Gruppen, wie die Solenoporaceen und die Dasycladaceen mit einfachen Wirtelästen (*Clypeina*). Seit dem Oligozän gehen die Wirtelalgen in Europa stark zurück.

2. Klimatologische Schlußfolgerungen.

a) Klimazonen.

Im Altpaläozoikum ist in der Verbreitung der Kalkalgen keinerlei Andeutung von Klimazonen zu erkennen. Die Gattung *Epiphyton* findet sich im Kambrium Sibiriens, Sardiniens und der Antarktis (Gordon 1920, S. 684—85; Vologdin 1937, S. 498—500). *Cyclocrinus* ist im Ordovizium Grönlands und des Himalajas, d. h. unter 80° und unter 32° nördl. Breite gefunden (Troedson 1928, S. 146—47; Cowper Reed 1912, S. 118). Die weitaus meisten ordovizischen Kalkalgen wurden bisher aus Skandinavien, Südkanada und den östlichen Vereinigten Staaten beschrieben. Entweder war das Klima im Altpaläozoikum also sehr einheitlich, oder die Zonen verliefen von Grund aus anders, als heute. Das wird sich erst entscheiden lassen, bis unsere paläophykologische Kenntnis der Erde eine viel gleichmäßigere ist. In Mitteleuropa fehlen altpaläozoische Kalkalgen mit verschwindenden Ausnahmen (Kraicz 1939).

Ganz anders wird das Bild, wenn wir uns dem Ende des Paläozoikums nähern. Am besten unter allen fossilen Algen kennen wir die

Verbreitung der *Mizzia velebitana*. Sie kommt in den Südalpen, den östlichen Mittelmeerländern, Iran, Sumatra, Japan und den südlichen Vereinigten Staaten vor (vgl. Pia 1937 e, Textfig. 2; 1941 b, Fig. 2). Augenscheinlich folgt ihre Verbreitung also dem Verlauf der Tethys (vergl. Kahler 1939, Fig. 7). Sie könnte das aber wohl nicht tun, wenn dieses Meer sich durch klimatisch sehr verschiedene Gebiete erstreckt hätte. Der Schluß scheint mir fast unabweisbar, daß zur jüngeren Permzeit der Aequator ungefähr dieselbe Lage in bezug auf die nördlichen Kontinente hatte, wie heute.

Die Kalkalgen des Zechsteinmeeres, das ja nur gegen N Verbindung mit dem Ozean hatte, sind von denen des Bellerophonkalkmeeres vollständig verschieden. Das mag auf das Vorhandensein von Klimazonen deuten. In der Mitteltrias nimmt die Artenzahl der Wirtelalgen sehr merkbar von S gegen N ab (vergl. Tabelle 5). Die Obertriasalgen der Sundainseln unterscheiden sich von den gleichaltrigen Europas in ganz ähnlicher Weise, wie die der heutigen tropischen und gemäßigten Meere: durch größeren Artenreichtum und durch das Zusammenvorkommen fortschrittlicher und altertümlicher Gattungen (Pia 1924 c). Viel deutlicher scheinen sich klimatische Unterschiede im Lias abzuzeichnen. Aus den Nordalpen und aus Mitteleuropa kennen wir gar keine liassischen Kalkalgen. In den Südalpen kommen sie sehr selten vor (*Sestrosphaera*, *Pseudochaetetes*), reichlicher schon auf der Italienischen Halbinsel und in Griechenland (*Palaeodasycladus*). In Nordafrika treten verschiedene Familien gesteinsbildend auf (Dubar, Le Maître).

b) Klimaschwankungen.

In der einleitenden Uebersicht haben wir schon gesehen, daß die Zusammensetzung und der Reichtum der Kalkalgenflora in den bisher untersuchten Gebieten sehr stark schwankt und daß es sich dabei, weil dieselben Gruppen immer wieder auftreten, der Hauptsache nach um große geographische Verschiebungen handeln muß. Es liegt sehr nahe, diese Wanderungen mit klimatischen Veränderungen in Zusammenhang zu bringen. Es schien mir wertvoll, die Ergebnisse dieser Untersuchungen einmal mit denen der Eiszeitforschung zu vergleichen. Nach den Zusammenstellungen von Beetz (1927), von Salomon (1931, 1933 a) und des Geologenkongresses 1937 (Abstracts of Papers) dürften die unten angeführten Eiszeiten als gesichert anzusehen sein. Es empfiehlt sich, sie zu benennen, um kurz auf sie verweisen zu können. Da ihre zeitliche Stellung oft noch nicht ganz klar ist und sie wahrscheinlich auch jeweils mehrere Eisvorstöße umfassen, die verschiede-

nen Perioden angehören, kann man sie nur schleppend durch Namen von Verbänden bezeichnen. Ich schlage deshalb vor, sie, so weit noch keine Namen eingeführt sind, nach den ungefähr gleichzeitigen Faltungsphasen zu benennen — ohne dadurch etwa schon eine kausale Beziehung zwischen Gebirgsbildung und Eiszeiten behaupten zu wollen.

1. Sturt-Eiszeit (Pia 1940 c) am Beginn des Kambriums.

2. Kaledonische Eiszeit im obersten Silur oder untersten Devon. Ob die angeblichen Tillite im Ordovizium (Holtedahl 1918, S. 309 ff; 1919, S. 103—107; Stille 1924, S. 69; Gevers u. Beetz 1937, S. 220) nicht doch auch in das Obersilur gehören, ist mir noch nicht sicher.

3. Permokarbonische Eiszeit, etwa Mitte des Karbon bis Mitte des Perm, mit mehreren Zwischeneiszeiten (Salomon 1933 b).

4. Kimmerische Eiszeit in Zentralafrika. Wahrscheinlich Rhät. Jurasische Eiszeiten sind wohl noch nicht sicher genug bekannt.

5. Laramische Eiszeit. Die Gletscherabsätze in Nordamerika werden in das Eozän gestellt, sind aber noch nicht sehr sicher eingereiht. In Australien werden Gletscherspuren aus der Mittel- oder Oberkreide angegeben (Mawson 1936, S. LXIV). Ich würde es nicht für unmöglich halten, daß es sich um ein und dieselbe Eiszeit mit mehreren ziemlich weit voneinander abstehenden Schwankungen handelt, die aus der Kreide in das Paläozän reichten.

6. Quartäre Eiszeit.

(Das Wort Eiszeit wird offenbar in einem allzu schwankenden Sinn verwendet. Man spricht einesteils von der diluvialen Eiszeit, andernteils von der Mindeleiszeit, Rißeiszeit usw., die doch nur Teile von jener sind. Vielleicht wäre es am besten, die Eiszeiten als jene Abschnitte der Erdgeschichte zu definieren, während derer irgendwelche Gletscher bis an das Meer reichen. Für die Hauptgletschervorstöße, die größer als bloße Schwankungen sind, müßte man dann einen neuen Namen wählen. Aus meinem Vorschlag würde sich allerdings ergeben, daß wir uns gegenwärtig noch in der Quartären Eiszeit befinden. Diese Ausdrucksweise dürfte sachlich gerechtfertigt sein. Das gegenwärtige Klima steht höchstwahrscheinlich dem der Höhepunkte der Eiszeiten viel näher, als dem der großen Wärmeperioden der Erde. Es als eine Art Normalklima aufzufassen und die Eiszeiten von ihm aus zu definieren, liegt kein Grund vor.)

Wir wollen uns nun zunächst vergegenwärtigen, wie sich das Herannahen der quartären Eiszeit in der Verteilung der Kalkalgen bemerkbar machte. Vergl. Tabelle 1.

Tabelle 1.

Zeitliche Verbreitung der Wirtelalgen im Jungtertiär und Quartär Europas.

	Miozän	Pliozän	Plistozän	Holozän
<i>Dasycladus</i>				+
<i>Neomeris</i>	++			
<i>Cymopolia</i>	?			
<i>Karrerria</i>	+			
<i>Acetabularia</i>				++
<i>Acicularia</i>	+++	+		

So sehr eine solche kleine Tabelle auch von Zufällen abhängen mag, ist der Zusammenhang zwischen dem Rückgang der *Dasycladaceen* und der fortschreitenden Abkühlung kaum zu verkennen. Daß aus der Gegenwart mehr Arten angeführt sind, als aus dem Pliozän, kommt wohl nur von der besseren Kenntnis der rezenten Algen. *Dasycladus* ist ja fossil gar nicht erhaltungsfähig, *Acetabularia* nur ausnahmsweise. Ich lege überhaupt nicht so viel Wert auf die Artzahlen, weil diese am meisten durch den Grad der Kenntnisse beeinflußt werden und weil außerdem das Miozän sicher mehr als eine Algenflora enthält. Viel wichtiger ist das Auftreten ausgesprochen wärmeliebender Gattungen, wie *Neomeris* und *Cymopolia*, im Miozän.

Nun können wir uns der Frage zuwenden, ob die Veränderungen in den Algenfloren der älteren Erdzeitalter, wie ich sie in der einleitenden Uebersicht schon erwähnt habe, klimatisch bedingt sind. Es kommt dabei meiner Meinung nach auf zwei Punkte an: Fallen die größten Veränderungen mit Eiszeiten zusammen? Aehneln die vorgefundenen Verschiebungen derjenigen beim Herannahen der quartären Eiszeit? Um einen möglichst objektiven Ausgangspunkt zu gewinnen, habe ich zunächst eine Tafel der Verbreitung aller mir bekannten paläozoischen Grün- und Rotalgen — mit Ausnahme des Kambriums, für das mir aus schon erwähnten Gründen die genauen Angaben fehlen — entworfen. Vergl. Tabelle 2. Die geringe Entwicklung von höheren Algen im Kambrium ist wohl kaum klimatisch bedingt, obzwar die entsprechende Eiszeit ja vorhanden ist. Sie hängt wohl damit zusammen, daß die Kalkalgen damals erst am Anfang ihrer Ausbildung standen. Die Tabelle führt das übersichtlich vor Augen, was ich einleitend mit Worten gesagt habe. Ich hebe aus ihr folgende Punkte hervor:

Der größte Tiefstand in den Kalkalgenfloren der bisher hinlänglich untersuchten Gebiete, also im wesentlichen Europas und bis zu einem gewissen Grad Nordamerikas, tritt zweifellos im Devon, nach dem früher Gesagten genauer im Unterdevon, ein. Im Obersilur bereitet sich der Rückgang schon deutlich vor. Im Unterkarbon erholen sich die Algen merklich, im Oberkarbon (und unteren Perm) erfolgt ein neuer Rückschlag, im oberen Perm dann eine Blüte, die etwa der im Ordovizium zu vergleichen ist und sich wahrscheinlich — so weit das heute schon beurteilt werden kann — ohne große Störung in die Trias fortsetzte.

Die Solenoporaceen, also Rotalgen, sind von den Veränderungen viel weniger betroffen, als die Grünalgen. (In noch höherem Grad gilt dies von den Blaualgen, die in die Tabelle nicht aufgenommen wurden, weil sie noch zu wenig durchgearbeitet sind.)

Ganz abweichend verhalten sich die Charophyten. Sie blühen zu der Zeit am meisten, in der die anderen Algen am meisten gelitten haben.

Nun ist allgemein bekannt, daß die nächsten Verwandten der Solenoporaceen, die Corallinaceen, in höhere geographische Breiten und in größere Meerestiefen reichen, als die Grünalgen. Offenbar sind sie gegen Verminderung der Wärme und auch des Lichtes weniger empfindlich. Am artenreichsten sind sie in den gemäßigten Gürteln. Ihre größte Massenentfaltung haben allerdings auch sie in der warmen Zone (Pia 1933 b, S. 282; 1936 c, S. 15).

Was die heutigen Charophyten betrifft, die mit den Sycidien und Trochiliken ja freilich viel weniger eng verwandt sein dürften, als die bisher betrachteten fossilen Gruppen mit ihren rezenten Vertretern, so sagt Printz (1927, S. 425): „Sie kommen in allen Weltteilen vor, werden jedoch allmählich artenärmer und seltener gegen die arktischen und antarktischen Gegenden. In Norwegen sind sie bis 69° nördl. Breite nachgewiesen und südwärts auf Kerguelen bis 49° südl. Breite. Am häufigsten sind sie in den warm temperierten Gegenden, in den Tropen kommen sie dagegen spärlicher vor.“ Sie weichen von den grünen Kalkalgen also noch etwas mehr ab, als die Steinalgen.

Es fällt in die Augen, daß zwischen der heutigen Verbreitung der besprochenen Gruppen und dem Verhalten ihrer nächsten Verwandten im Devon eine weitgehende Uebereinstimmung besteht. Je ausgesprochener wärmeliebend eine Gruppe gegenwärtig ist, desto stärker wurde sie im Devon aus Europa verdrängt.

Auffallend und bisher unerklärt ist der Umstand, daß die Kaledonische Eiszeit sich in der Verbreitung der Algen eher deutlicher be-

Tabelle 2.

Beiläufige Uebersicht über die verkalkten Rotalgen, Grünalgen und Charophyten des Paläozoikums (ohne Kambrium).

Die kurzen Striche vertreten die Arten des Strunien einschließlich des Avonian K.

	Ordovizium	Silur	Devon	Unter- karbon	Ober- karbon	Perm. %
Rhodophyceae						
<i>Solenopora</i>	//			/		//
<i>Pseudochaetetes</i>	///	/	///	//		
<i>Parachaetetes</i>	///	//	/	/		
<i>Gymnocodium</i>						
<i>Pilodea</i>						/
<i>Hapalophloea</i>						/
Chlorophyceae						
<i>Mitcheleania</i>			/	///	/	
<i>Hedstroemia</i>	//	//		/		
<i>Penicilloides</i>				/		
<i>Ortonella</i>		/	/	////		
<i>Bevoastria</i>				/		
<i>Bevosolen</i>					/	
<i>Polymorphocodium</i>				//		
<i>Palaeoporella</i>	//					
<i>Dimorphosiphon</i>	/					
<i>Rhabdoporella</i>	/	///				
<i>Macroporella</i>						///
<i>Griphoporella</i>						/
<i>Vermiporella</i>	////	/				///
<i>Dasyoporella</i>	///		/			
<i>Anthracoporella</i>				/	/	/
<i>Primicorallina</i>	/					
<i>Coelosphaeridium</i>	////					
<i>Mizzia</i>						///
<i>Cyclocrinus</i>						
<i>Mastopora</i>	////	/				
<i>Apidium</i>	////					
<i>Epimastopora</i>						//
<i>Atractyloipsis</i>				//		////
<i>Piaea</i>						////
Charophyta						
<i>Sycidium</i>			////	//		
<i>Trochiliscus</i>		/		////		
<i>Palaeochara</i>					/	
<i>Gyrogonites</i>					//	//

merkbar macht, als die doch viel mächtigere Permokarbonische. Um das zu verstehen, fehlen uns wohl noch die ins Einzelne gehenden Kenntnisse. Wir werden sehen, daß die Verteilung der Algen nicht notwendig durch die Wärmeabnahme selbst, die für die Gletscherbildung ausschlaggebend ist, bedingt sein muß. Es ist aber auch durchaus wahrscheinlich, daß örtliche geographische Verhältnisse in Europa die Wirkung der Eiszeiten auf die Algen teils steigerten, teils abschwächten. Endlich ist es möglich, daß die Funde einfach noch nicht genau genug zeitlich eingeordnet sind, um die klimatischen Aenderungen deutlich hervortreten zu lassen (vergl. den Abschnitt über die Laramische Eiszeit).

Ganz besonders klar zeigt sich dank unserer verhältnismäßig vollständigen Kenntnis der Rückgang der Wirtelalgen in der Trias und ihr Wiederaufblühen im Jura. Ich verweise auf die Tabelle 3, die kaum einer Erläuterung bedarf. Da wir im Jura keine den triadischen Hauptstufen entsprechenden Einheiten haben, mußten die für diese ermittelten Zahlen zusammengefaßt werden. Die verhältnismäßig geringe Zahl von malmischen Arten im Vergleich zu den Gattungen weist jedenfalls darauf hin, daß unsere Kenntnis hier noch lückenhaft ist.

Andere paläontologische Beobachtungen, die ebenfalls auf eine Abkühlung etwa im Unterlias schließen lassen, dürfen als bekannt gelten: Die Riffkorallen reichen im Lias viel weniger weit nach N, als im Oberjura. Die Insekten des europäischen Lias sind durchschnittlich viel kleiner, als die des Oberjura (Pia 1920, S. 185; 1936 c, S. 17). Daß die verschiedenen Stämme der Zephalopoden gerade an der Grenze zwischen Trias und Lias so stark zurückgehen und von Grund aus umgebildet werden, wird wohl auch kein Zufall sein. Die Solenoporaceen schließen sich, wie schon erwähnt, dem allgemeinen Bild gut an. Im Lias scheinen sie nur südlich des heutigen Mittelmeeres gesteinsbildend aufzutreten. Im Dogger finden wir sie schon sehr reichlich in England, während des Malm bauten sie in Süddeutschland und besonders in Nordfrankreich kleine Riffe auf (vergl. die Uebersicht bei Pia 1939).

Eine Schwierigkeit, die der Vorstellung von einer starken Abkühlung im Rhät entgegensteht und bisher nicht aufgeklärt werden konnte, soll nicht verschwiegen werden. Sie liegt in dem sehr reichlichen Auftreten von Stockkorallen im Rhät der Nordalpen, in dem Kalkalgen mit Ausnahme der schon erwähnten Codiacee ganz fehlen. Auf Grund der heutigen Verhältnisse wäre man geneigt, anzunehmen, daß Riffkorallen eher noch empfindlicher gegen niedere Temperaturen sind, als Kalkalgen.

Tabelle 3.

Entwicklung der europäischen Wirtelalgenflora von der Mitteltrias bis zum Malm.

	Anis	Ladin	Karinth	Nor	Rhät	Lias	Dogger	Malm
Nordgrenze	51°	51°	48°	48°	—	46°	52°	54°
bek. Gattungen	8	8	1	2	—			
bekannte Arten	33	12	1	2	—			
bek. Gattungen		8	3		—	3	3	12
bekannte Arten		42	3		—	3	3	20

In der Oberkreide Europas sind die Dasycladaceen, wie schon erwähnt, scheinbar nur schwach vertreten und bisher sehr wenig bekannt (vergl. Pia 1922, S. 69). Das würde also nicht im Widerspruch mit der Annahme stehen, daß die Laramische Eiszeit schon in der Kreide begann.

Bei Besprechung der alttertiären Gletscherspuren weist Salomon (1931, S. 25) darauf hin, daß zwischen ihnen und den ungefähr gleich alten Landfloraen, die auf warmes Klima schließen lassen, ein Widerspruch besteht. Er deutet schon an, daß das vielleicht mit sehr raschen Klimaänderungen zusammenhängen mag. Untersucht man die Verteilung der Wirtelalgen auf die einzelnen Stufen des nordfranzösisch-belgisch-englischen Alttertiärs, so erkennt man in der Tat, daß sie im Sparnacien bisher vollständig fehlen, während sie vorher und besonders nachher reich vertreten sind. Vergl. Tabelle 4. Es wird allgemein angenommen, daß es sich hier um den Ausdruck einer rasch vorübergehenden Klimaverschlechterung handelt. Eine solche ist ja bekanntlich auch auf Grund der meerischen Tierwelt behauptet worden, allerdings besonders für das Thanétien, in dem die Dasycladaceen noch vorkommen (Morellet 1913, S. 42; Einschränkung der früheren Angaben siehe Farchad 1936, S. 85). Die gebräuchliche Erklärung sucht man in dem Auftreten kalter und warmer Meeresströmungen (Lapparent 1906, S. 1489, 1505, 1513; Haug 1911, S. 1425, 1431, 1565; Farchad a. ang. O.). So lange sich die Beobachtungen auf ein so kleines Gebiet beziehen, wie das nordfranzösisch-englische Tertiärbecken, reicht diese Erklärung auch aus. Zwingend ist sie nicht, denn die Strömungen werden nur aus der Organismenwelt erschlossen, nicht etwa aus nachweisbaren Veränderungen der Umriss der Meeresbecken. Es könnte also ganz gut sein, daß die Abkühlung im Paläozän

Tabelle 4.

Uebersicht über die zeitliche Verteilung der Wirtelalgen im französisch-belgisch-englischen Alttertiär. Nach L. und J. Morellet (1913, 1917, 1922, 1939).

(Die Funde von Hauteville sind beim Auversien angeführt, im Anschluß an Morellet 1917, obwohl sie auch zum Lutétien gehören könnten.)

	Paläozän				Eozän				Oligozän		
	Montien	Thanétien	Spannacen	Cuisien	Lutétien	Auversien	Bartonien	Ludien	Sannoisien	Stampien	Chattien
<i>Clypeina</i>											
<i>infundibuliformis</i>					+	+					
<i>marginoporella</i>					+	+				+	
<i>pezanti</i>					+	+	+				
<i>stelliformis</i>					+						
<i>Broeckella</i>											
<i>belgica</i>	+										
<i>Uteria</i>											
<i>brocchii</i>	+										
<i>encrinella</i>				+	+	+					
<i>Thyrsoporella</i>											
<i>cancellata</i>					+						
<i>Belzungia</i>											
<i>bornei</i>		+									
<i>terquemi</i>						+					
<i>Dactylopora</i>											
<i>cylindracea</i>					+	+	+				
<i>Digitella</i>											
<i>dactyloporoides</i>						+					
<i>Zittelina</i>											
<i>dumasi</i>						+	+				
<i>elegans</i>					+	+					
<i>parisiensis</i>					+						
<i>simplex</i>						+					
<i>Montiella</i>											
<i>macropora</i>		+									
<i>munieri</i>	+										
<i>Meminella</i>											
<i>larvarioides</i>					+	+					
<i>Lemoinella</i>											
<i>bureaui</i>						+					
<i>geometrica</i>					+						

	Paläozän				Eozän				Oligozän		
	Montien	Thanétien	Sparnacien	Cuisien	Lutétien	Auversien	Bartoniën	Ludien	Sannoisien	Stampien	Chaffien
<i>Neomeris (Dacaisnella)</i>											
<i>alternans</i>									+		
<i>annulata</i>					+	+					
<i>oligospora</i>						+					
<i>pseudoeruca</i>					+						
<i>Neomeris (Vaginopora)</i>											
<i>arenularia</i>					+	+	+				
<i>courtii</i>										+	
<i>fragilis</i>					+						
<i>herouvalensis</i>				+	+						
<i>pustulosa</i>						+					
<i>radiata</i>					+	+					
<i>scrobiculata</i>	+			+							
<i>Neomeris (Larvaria)</i>											
<i>auversiensis</i>						+	+				
<i>davisi</i>						+					
<i>defrancei</i>		+									
<i>encrinula</i>						+					
<i>filiformis</i>					+	+					
<i>fragilis</i>		+									
<i>limbata</i>				+	+	+	+				
<i>montensis</i>	+										
<i>reticulata</i>					+						
<i>Cymopolia</i>											
<i>dollfusi</i>							+				
<i>edwardsi</i>							+				
<i>elongata</i>	+			+	+	+	+	+	+	+	
<i>Karrerella</i>											
<i>zitteli</i>				+	+	+	+				
<i>Jodotella</i>											
<i>vestlensis</i>		+									
<i>Parkerella</i>											
<i>binodosa</i>		+									
<i>montensis</i>	+										
<i>Acicularia (Acicularia)</i>											
<i>clavata</i>	+										
<i>cornigera</i>					+						
<i>eocaenica</i>		+									
<i>marginata</i>									+		

	Paläozän				Eozän				Oligozän		
	Montien	Thanétien	Sparnacien	Cuisten	Lutétien	Auversien	Bartonien	Ludien	Sannoisien	Stampien	Chattien
<i>micelini</i>						+					
<i>parvula</i>								+			
<i>pavantina</i>					+	+	+				
<i>Acicularia (Briardina)</i>											
<i>gracilis</i>						+					
<i>heberti</i>					+	+					
<i>munieri</i>					+	+					
<i>Orioporella</i>											
<i>bonieri</i>	+										
<i>briardi</i>	+										
<i>Terquemella</i>											
<i>bellovacensis</i>		+									
<i>dissimilis</i>						+					
<i>macrocarpus</i>				+							
<i>parisiensis</i>					+						
<i>parvula</i>						+					
<i>Carpenterella</i>											
<i>jonesi</i>					+						
Zusammen	10	8	—	7	27	31	8	2	3	3	—

eine allgemeine war und mit der laramischen Eiszeit zusammenhing. Behaupten können wir das vorläufig nicht.

Daß das Aussterben so vieler Tierstämme an der Grenze von Kreide und Tertiär doch auch irgend eine allgemeine Ursache haben muß, sei nur in Erinnerung gebracht.

Nach dem Gesagten wird man die Tatsache nicht bestreiten können daß jeder einigermaßen sichergestellten Eiszeit seit dem Kambrium ein auffallender Rückgang der Kalkalgen in Europa ungefähr entspricht und daß wir bisher keine solchen Verschiebungen der Algen kennen, die nicht mit Eiszeit Spuren in Beziehung gebracht werden könnten. Wenn künftige Forschungen also nicht ganz unerwartete, umstürzende Ergebnisse liefern, wird man wohl schließen dürfen, daß beide Erscheinungen irgendwie auf gemeinsame Ursachen zurückgehen. Es bleibt aber durchaus möglich, daß es nicht, oder nicht immer und nicht allein die Abkühlung als solche war, die die Verbreitung der Algen beeinflusste. Dagegen spricht bis zu einem gewissen Grad, was über die geringe Auswirkung der Permokarbonischen Eiszeit im Ver-

gleich zur Kaledonischen und Kimmerischen zu sagen war, ebenso das massenhafte Auftreten von Stockkorallen im nordalpinen Rhät. Ich habe schon früher die Vermutung ausgesprochen, daß die unmittelbare Ursache der Verschiebung der Algenflora vielleicht in einer Veränderung der Lichtstrahlung der Sonne zu suchen ist (Pia 1931 b, S. 13). Ich erinnere in diesem Zusammenhang daran, daß gerade Algen gegen Aenderungen der Lichtfarbe oft recht empfindlich sind (Meier 1936). Eine solche Betrachtungsweise setzt nun allerdings voraus, daß auch die Eiszeiten primär mit Aenderungen in der Sonnenstrahlung zusammenhängen, die sich also sowohl auf den sichtbaren als auf den infraroten Teil des Spektrums bezogen hätten. Diese Annahme scheint mir aber überhaupt kaum zu vermeiden, wenn wir sehen, daß die Flora Europas sich verändert, während in Südafrika oder im westlichen Nordamerika Gletscher entstehen. Mit örtlichen Erklärungen kommt man da kaum mehr aus. Damit ist nicht gesagt, daß solche örtliche Verhältnisse, wie die Absperrung von Meeresteilen gegen die wärmeren Gegenden, beträchtliche Erhebung größerer Landflächen u. dgl., für die Ausbildung von Gletschern bedeutungslos sind. Sie mögen darüber entscheiden, ob es während einer kühlen Periode an bestimmten Stellen zur Vereisung kommt, oder nicht. Die Kälteperioden als solche scheinen mir aber doch kosmische Ursachen zu haben. Becker hat unlängst (1940) die Möglichkeiten, eine vorübergehende Aenderung der Sonnenstrahlung zu erklären, zusammengestellt, ohne allerdings zu einem halbwegs verwendbaren Ergebnis zu kommen. Neue Gesichtspunkte hat Himpel (1940) beigebracht, der wahrscheinlich zu machen sucht, daß unsere Sonne zeitweise ein novaähnlicher Stern war.

Abschließend sei noch auf eine merkwürdige Beziehung hingewiesen, über deren Deutung ich mir nicht klar bin. Die europäischen Kohlenlager scheinen ganz vorwiegend aus den Zeiten zu stammen, während derer die Algenflora verarmt war: Karbon und unteres Perm, obere Trias und Lias, Oberkreide, Oligozän bis Pliozän. Daß das Devon in dieser Liste fehlt, liegt vielleicht nur daran, daß damals die Landflora noch nicht genügend entwickelt war, um größere Kohlenmengen zu bilden. Man könnte denken, daß es sich um den oft hervorgehobenen Zusammenhang mit Orogenesen handelt. Dagegen scheint mir aber das Beispiel der Obertrias und des Lias zu sprechen. Von einem gewissen Einfluß ist sicher der Umstand, daß wir reiche Algenesellschaften vorwiegend aus Transgressionszeiten kennen, Kohlenflötze aber aus Regressionszeiten. Auch das trifft aber nicht allgemein zu, etwa in der Oberkreide. Es wäre also doch zu fragen, ob die besprochene Regelmäßigkeit nicht daher rührt, daß im Sinne der An-

sichten Gothans zu hohe Temperaturen die Kohlenbildung hemmten (vergl. etwa Potonié 1920, S. 153).

3. Kalkalgen als zeitliche Leitversteinerungen.

In einer allgemeineren Form habe ich diese Frage erst vor kurzem behandelt (Pia 1935 a, und 1936 c). Zu den dort angeführten Beispielen, in denen Kalkalgen sich als Leitfossilien bewährt haben, möchte ich nur eines nachtragen. Kürzlich habe ich nach Untersuchung einer neuen Solenoporaceenart darauf hingewiesen, daß im Carnarvon-District in Westaustralien, in einem Gebiet, wo bisher nur Perm bekannt war, vielleicht Jungmesozoikum zu erwarten sei. Bald danach wurde dort Unterkreide und ein bedeutender Bruch, an dem sie gegen das Perm stößt, entdeckt. Die betreffende Veröffentlichung ist vielleicht inzwischen in Australien erschienen.

Am wichtigsten für den Stratigraphen und Feldgeologen sind aber immer noch die Wirtelalgen („Diploporen“) der Trias. Ich will mich deshalb diesmal darauf beschränken, in der Tabelle 5 eine Uebersicht über die zeitliche Verteilung dieser Formen zu geben. Auf folgende Punkte sei besonders aufmerksam gemacht:

In der Mitteltrias gibt es keine Fossilgruppe, die eine ebenso feine und sichere Gliederung ermöglicht, wie die Algen. Dabei sind wir durchaus noch nicht am Ende der Verfeinerung angekommen, wie wohl am besten daraus hervorgeht, daß es erst in allerjüngster Zeit gelungen ist, in der ladinischen Hauptstufe altersverschiedene Floren zu unterscheiden. Durch fortgesetzte Feldarbeit wird sich die senkrechte Verbreitung vieler Arten noch enger umgrenzen lassen.

In nicht wenigen Fällen, besonders in der anisischen Hauptstufe, sind Florenzonen deutlich zu erkennen, d. h. eine Reihe von Arten (aus verschiedenen Gattungen) erscheinen und verschwinden fast gleichzeitig (1936 c, S. 26).

Ich habe versucht, die Arten in der Tabelle 5 systematisch zu ordnen, d. h. die Genera und innerhalb jeder Gattung die Spezies folgen so gut es geht nach ihrer Entwicklungshöhe aufeinander. Ein Blick auf die Tabelle lehrt, daß das zeitliche Auftreten mit der Spezialisationshöhe kaum etwas zu tun hat. Man beachte besonders die Arten von *Teutloporella* und *Diploporella*. Nur selten zeigt sich eine Spur von Uebereinstimmung, etwa bei *Macroporella*.

Das Vorhandensein von Florenzonen und die regellose Aufeinanderfolge der Arten scheinen mir zu beweisen, daß das Auftreten neuer Algen in der europäischen Trias nur in untergeordnetem Maß auf phylogenetischer Weiterentwicklung beruht, daß es vielmehr ganz

	Unteres Anis	Mittleres Anis	Oberes Anis	Oberstes Anis	Tieferes Ladin	Oberstes Ladin	Karinth	Nor	German. Gebiet	Spanien	Westalpen	Nördl. Schweiz. A.	Nordalpen	Außenz. d. Karpaten	Zentralalpen	Ungarn u. Siebenb.	Südalpen	Apenn. Halbinsel	Dinariden
<i>Physoporella</i>																			
<i>lotharingica</i>	♂	♂							+										
<i>pauciforata simplex</i>	♂	♀	+																
<i>pauciforata undulata</i>		+		♂															
nov. spec.	+									+									
<i>dissita</i>		♂																	
<i>praealpina</i>	♀	♂										+	+						
<i>minutula</i>					+														
<i>varicans</i>																		♂	+
<i>Diplopora</i>																			
<i>proba</i>		+	+																
<i>praecursor</i>		+	+																
<i>phanerospora</i>			+																
<i>serialis</i>		+											♀						
<i>annulatissima</i>				+					+		♀								
<i>clavaeformis</i>				+															
<i>uniserialis</i>				♀															
<i>annulata septemtrionalis</i>						+			+										
<i>annulata debilis</i>						+													
<i>annulata dolomitica</i>						+					♂								
<i>philosophi</i>					+						♀								
<i>philosophi exuberans</i>						+													
<i>cadorica</i>																			
<i>subtilis typica</i>		+																	
<i>subtilis dissoctadelloidea</i>		+																	
<i>subtilis calcinea</i>		+																	
<i>hexaster</i>	?	+																	
<i>helvetica</i>					+														
<i>Griphoporella</i>																			
<i>curvata</i>									+										
nov. spec.																			
<i>gümbeli</i>																			
Zusammen	6	23	6	9	12	5	1	2	4	2	1	8	18	4	3	9	30	3	27

vorwiegend durch Wanderungen bedingt ist, die ihrerseits mit irgendwelchen geographischen Veränderungen zusammenhängen müssen. Ganz besonders wird das noch durch ein auffallendes Beispiel von Rekurrenz bestätigt (Pia 1936 c, S. 23). Im oberen Ladin der Lombardei tritt eine *Diplopora* auf, die sich höchstens als Varietät von der oberstaniischen *Diplopora philsophi* trennen läßt. In allerletzter Zeit fand ich zudem, daß in genau demselben Horizont, aber in den Nordalpen, eine kaum unterscheidbare Verwandte der ebenfalls oberstaniischen *Gyroporella ampleforata* zuhause ist (1940 d, S. 258). In dem sehr algenreichen und gut untersuchten tieferen Ladin ist bisher keine Spur dieser Arten gefunden worden. Der Schluß scheint mir also unvermeidlich, daß die oberstaniische Algengesellschaft in einem bisher nicht entdeckten Gebiet während des Ladins weiterlebte und am Ende der Mitteltrias zum Teil noch einmal in die Ostalpen eindringen konnte.

Wenn man solche Verhältnisse bei den während des größten Teiles ihres Lebens festsitzenden Algen vorfindet, wird man unwillkürlich mißtrauisch gegen alle Versuche, die Stammesentwicklung von frei beweglichen Tieren an Material zu verfolgen, das in einem beschränkten Teil von Europa gesammelt worden ist. Jedenfalls wird man auf Grund der angeführten Tatsachen auch nicht annehmen dürfen, daß die Algenarten in außereuropäischen Gebieten ebenso aufeinanderfolgen müssen, wie in Europa. Es wird notwendig sein, die Zonenfolge für jede Florenprovinz besonders festzustellen. Erst wenn sich zeigen sollte, daß die Reihenfolge in mehreren Provinzen dieselbe ist, wird man schließen dürfen, daß die übereinstimmenden Zonen auch gleichzeitig gebildet wurden.

Schriftenverzeichnis.

Abstracts of Papers,

1937: Internat. geolog. Congreß, XVII Session, USSR. 1937. Moscow-Leningrad.

Andrusov D.,

1937: Sur quelques fossiles triassiques des Carpathes occidentales. Études de paléontologie carpathique I. — Věstn. Česke Spol. Nauk, Cl. math.-nat., 1937, num. X, Prag.

1938: Rôle des Thallophytes dans la constitution des roches sédimentaires des Carpathes tchécoslovaques. (Études de paléontologie carpathique III). — Ebenda, 1938, num. XI.

Bányai J. et Morellet L.,

1936: Deux Acétabulariées nouvelles du Sarmatien des Transylvanie. — Bull. Sect. scientif. Acad. Roumaine, vol. 17, p. 168, Bucaresti.

Becker F.,

1940: Astronomisches zur Erdgeschichte. — Geol. Rundsch., vol. 31, p. 121, Stuttgart.

- Beetz W.,**
1927: Ueber Glazialschichten an der Basis der Nama- und Konkupformation in der Namib SW-Afrikas. — Neues Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 56 B, p. 437, Stuttgart.
- Cornelius H. P.,**
1939: Zur Schichtfolge und Tektonik der Mürztaler Kalkalpen. — Jahrb. Reichsst. f. Bodenforsch. Wien, vol. 89, p. 27.
- Cowper Reed F. R.,**
1912: Ordovician and Silurian fossils from the Central Himalayas. — Palaeont. Ind., ser. 15, vol. 7, mem. 2, Calcutta.
- Dubar G. et Le Maître D.,**
1935: Études paléontologiques sur le Lias du Maroc. Spongiomorphides et algues. — Notes et Mém. Serv. carte géol. Maroc, num. 34, Rabat.
- Farchad H.,**
1936: Étude du Thanétien (Landénien marin) du Bassin de Paris. — Mém. Soc. géol. de France, n. s., vol. 13, fasc. 4, mem. 30, Paris.
- Frollo M. M.,**
1938: Sur un nouveau genre de Codiaccée du Jurassique supérieur des Carpates Orientales. — Bull. Soc. géol. de France, ser. 5, vol. 8, p. 269, Paris.
- Gevers T. W. und Beetz W.,**
1937: Pre-Dwyka glacial periods in Southern Africa. — Abstr. of Papers XVII Internat. geol. Congr. USSR. 1937, p. 219, Moscow-Leningrad.
- Gordon W. T.,**
1920: Scottish National Antarctic Expedition, 1902—1904: Cambrian organic remains from a dredging in the Weddell Sea. — Transact. Roy. Soc. Edinburgh, vol. 52, p. 681.
- Hacquaert A. L.,**
1932: Notes sur les genres *Sycidium* et *Trochiliscus*. — Bull. Mus. Roy. d'Hist. nat. de Belgique, vol. 8, num. 30, Bruxelles.
- Harris Th. M.,**
1939: British Purbeck Charophyta. London, British Museum (Natural History).
- Haug E.,**
1911: Traité de Géologie. II. Les périodes géologiques. Paris 1908—1911.
- Himpel K.,**
1940: Erdgeschichte und Kosmogonie. — Oberrhein. geol. Abhandl., vol. 11, p. 93, Karlsruhe.
- Hirmer M.,**
1927: Handbuch der Paläobotanik. Mit Beiträgen von J. Pia und W. Troll. Band I: Thalophyta — Bryophyta — Pteridophyta. München und Berlin.
- Høeg O. A.,**
1932: Ordovician algae from the Trondheim area. — Skrifter Norske Vidensk.-Ak. i Oslo, mat.-naturv. Kl., 1932, num 4, p. 63, Oslo.
- Holte dahl O.,**
1918: Bidrag til Finnmarkens geologi. — Norges geol. Undersök., num. 84, Kristiania.
1919: On the Paleozoic formations of Finnmarken in Northern Norway. — Amer. Journ. of Sc., ser. 4, vol. 47, p. 85, New Haven.
- Jekelius E.,**
1935: Der weiße Triaskalk von Braşov und seine Fauna. — Anuarul Institut. geol. al României, vol. 17, 1932, p. 1, Bucureşti.
- Jongmans W. J. und Gothan W.,**
1937: Betrachtungen über die Ergebnisse des zweiten Kongresses für Karbonstratigraphie. — Compte Rendu 2me Congr. Stratigr. Carbonif. Heerlen 1935, vol. 1, p. 1, Maestricht.

Kahler F.,

1939: Verbreitung und Lebensdauer der Fusuliniden-Gattungen *Pseudoschwagerina* und *Paraschwagerina* und deren Bedeutung für die Grenze Karbon/Perm. — Senckenberg., vol. 21, p. 169, Frankfurt a. M.

Kraicz I.,

1939: *Plectenchymella bohémica*, ein Sporen erzeugender Thallophyt aus dem Goffandium Böhmens. — Palaeont. Zeitschr., vol. 21, p. 247, Berlin.

Kühnel J.,

1932: *Udoea adnetensis* nov. spec., eine Alge des Rhät aus der Familie der Codiaceen. — Neues Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. 69 B, p. 347, Stuttgart.

Lapparent A. de,

1906: *Traité de Géologie*. 5me edition, vol. 3, Paris.

Le Maître D.,

1937: Études paléontologiques sur le Lias du Maroc. Nouvelles recherches sur les Spongiomorphites et les algues du Lias et de l'Oolithe inférieure. — Notes et Mém. Serv. Carte géol. Maroc, num. 43, Rabat.

Lewis H. P.,

1937: Calcareous algae (*Ortonella* and *Rhabdoporella*) in the Llandoveryan rocks of Wales. — Ann. and Mag. nat. Hist., ser. 10, vol. 20, p. 617, London.

Maslov V.,

1935: Calcareous algae as a geological agent. — Problems of Soviet Geology, 1935, num. 5, p. 475, Moscow-Leningrad.

1939: Contributions to the knowledge of the fossil algae of the USSR. Study IX. A discovery of green algae in the Paleozoic of Kazakhstan. — Probl. of Paleont., vol. 5, p. 294, Moscow.

Mawson D.,

1936: Centenary Address No. 7. Progress in knowledge of the geology of South Australia. — Transact. Roy. Soc. South Australia, vol. 60, p. LVI, Adelaide.

Meier F. E.,

1936: Green light and primitive green plants. — Science, vol. 83, num. 2150, Suppl., p. 10, New York.

Morellet, L. et J.,

1913: Les Dasycladacées du Tertiaire parisien. — Mém. Soc. géol. de France, Paléont., vol. 21, fasc. 1, mem. 47, Paris.

1917: Les Dasycladacées tertiaires de Bretagne et du Cotentin. — Bull. Soc. géol. de France, ser. 4, vol. 17, p. 362, Paris.

1922: Nouvelle contribution à l'étude des Dasycladacées tertiaires. — Mém. Soc. géol. de France, Paléont., vol. 25, fasc. 2, mem. 58, Paris.

1939: Tertiary Siphonous Algae in the W. K. Parker collection, with descriptions of some Eocene Siphonae from England. London, British Museum (Natural History).

Paul H.,

1937: The relationship of the Pilton Beds of North Devon to their equivalents on the continent. — Geol. Mag., vol. 74, p. 433, London.

1938: Algen und Spongiostromen aus dem rheinischen und englischen Kohlenkalk. — Dechenia, vol. 97 A, p. 5, Bonn.

1940: Das Unterkarbon in Deutschland. — Geol. Rundsch., vol. 31, p. 374, Stuttgart.

Peck R. E.,

1934: The North American Trochiliscids, Paleozoic Charophyta. — Journ. of Paleont., vol. 8, p. 83, Menasha.

1936: Structural trends of the Trochiliscaceae. — Ebenda, vol. 10, p. 764.

P f e n d e r J.,

- 1938: Étude micrographique des calcaires crétacés et éocènes de l'Imini, de Tamdakht et de Skoura. (L. Moret: Contribution à la paléontologie des couches crétacées et éocènes du versant sud de l'Atlas de Marrakech, cap. IV). — Notes et Mém. Carte géol. du Maroc, num. 49 (Mém. paléont. num. 11), p. 57, Rabat.

P i a J. v.,

- 1912: Neue Studien über die triadischen Siphoneae verticillatae. — Beitr. z. Pal. u. Geol. Oest.-Ung., vol. 25, p. 25, Wien.
- 1919 a: Zur Altersbestimmung des Chocsdolomites. — Jahresber. Ungar. geol. Reichsanst. f. 1916, p. 256, Budapest.
- 1919 b: Katalog der Diploporensammlung des naturhistorischen Museums in Wien. — Ann. Naturhist. Mus. Wien, vol. 33, Notizen, p. 1.
- 1920: Die Siphoneae verticillatae vom Karbon bis zur Kreide. — Abhandl. zool.-botan. Ges. Wien, vol. 11, fasc. 2.
- 1922: Einige Ergebnisse neuerer Untersuchungen über die Geschichte der Siphoneae verticillatae. — Zeitschr. f. indukt. Abstammungsl., vol. 30, p. 63, Berlin.
- 1923: Geologische Skizze der Südwestecke des Steinernen Meeres bei Saalfelden mit besonderer Rücksicht auf die Diploporengesteine. — Sitzungsber. Ak. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, vol. 132, p. 35.
- 1924 a: Geologisches Alter und geographische Verbreitung der wichtigsten Alpengruppen. — Oesterreich. botan. Zeitschr., vol. 73, p. 174, Wien.
- 1924 b: Einige neue oder ungenügend bekannte Siphoneae verticillatae aus dem mitteleuropäischen Malm. — Ann. Naturhist. Mus. Wien, vol. 38, p. 82.
- 1924 c: Einige Dasycladaceen aus der Ober-Trias der Molukken. (Geologische Onderzoekingen in den oostelijken Oost-Indischen Archipel door H. A. Brouwer). — Jaarboek van het Mijnwezen, vol. 52, 1923, Verhandl., p. 137, s'Gravenhage.
- 1925 a: Die Diploporen der Trias von Süddalmatien. — Sitzungsber. Ak. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, vol. 133, 1924, p. 329.
- 1925 b: Die Gliederung der alpinen Mitteltrias auf Grund der Diploporen. — Anzeig. Ak. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., vol. 62, p. 214.
- 1927 a: Neue Beobachtungen über die geologische Verbreitung fossiler Kalkalgen. — Ebenda, vol. 64, p. 92.
- 1927 b: 1. Abteilung: Thallophyta. — M. Hirmer, Handbuch d. Paläobotan., Band I, p. 31, München u. Berlin.
- 1928 a: Die Anpassungsformen der Kalkalgen. — Palaeobiol., vol. 1, p. 211, Wien u. Leipzig.
- 1928 b: Neue Arbeiten über fossile Kalkalgen aus den Familien der Dasycladaceae und Codiaceae. (Sammelreferat.) — Neues Jahrb. f. Min. usw., 1928 III, p. 227, Stuttgart.
- 1930 a: Neue Arbeiten über fossile Solenoporaceae und Corallinaceae. Sammelreferat. — Ebenda, 1930 III, p. 122.
- 1930 b: Grundbegriffe der Stratigraphie mit ausführlicher Anwendung auf die europäische Mitteltrias. Leipzig u. Wien.
- 1931 a: Algenkalkknollen aus dem russischen Perm. — Jahrb. Russ. paläont. Ges., vol. 9, p. 147, Leningrad.
- 1931 b: Einige allgemeine an die Algen des Paläozoikums anknüpfende Fragen. — Palaeont. Zeitschr., vol. 13, p. 1, Berlin.
- 1931 c: Die Dasycladaceen der germanischen Trias. — Ann. Naturhist. Mus. Wien, vol. 45 (Rebel-Festschrift), p. 265.
- 1932: Die Girvanellen des englischen Kohlenkalkes. — Anzeig. Ak. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., vol. 69, p. 94.
- 1933 a: Algenkalkknollen aus dem russischen Devon. — Bull. Ac. Sc. de PURSS., Cl. Sc. math. et nat., 1932, p. 1345, Leningrad.
- 1933 b: Die rezenten Kalksteine. — Zeitschr. f. Kristallogr., Mineral. u. Petrogr., Abt. B, mineralog. u. petrogr. Mitt., Ergänzungsband, Leipzig.

- 1934 a: Die Kalkbildung durch Pflanzen. Eine Uebersicht. — Beih. z. botan. Centralbl., vol. 52 A, p. 1, Dresden.
- 1934 b: Vergleich der anisichen Diploporenflora Bosniens mit derjenigen Süddalmatiens. — Anzeig. Ak. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., vol. 71, p. 182.
- 1935 a: Die Kalkalgen als fazielle, klimatische und chronologische Leitfossilien. — Proceed. 6de internat. botan. Congres Amsterdam 1935, vol. 2, p. 252, Leiden.
- 1935 b: Die stratigraphische Verbreitung der Diploporen in der Trias von Bosnien. — Vesnik geol. Instit. Kralj. Jugoslavije, vol. 4, fasc. 1, p. 107, Beograd.
- 1935 c: Die Diploporen der anisichen Stufe Bosniens. — Ann. géol. de la Pénius. Balkanique, vol. 12, fasc. 2, p. 190, Beograd.
- 1935 d: Algen und Pseudoalgen aus der spanischen Trias. (M. Schmidt, Fossilien der spanischen Trias.) — Abhandl. Heidelberger Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., num. 22, p. 9.
- 1936 a: Calcareous green algae from the Upper Cretaceous of Tripoli (North Africa). — Journ. of Paleont., vol. 10, p. 3, Menasha.
- 1936 b: Uebersicht über die Kalkalgen des Kohlenkalkes. — Anzeig. Ak. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., vol. 73, p. 174.
- 1936 c: Algen als Leitfossilien. — Probl. of Paleont., vol. 1, p. 11, Moscow.
- 1937 a: Das Klimazeugnis der paläozoischen Kalkalgen. — Abstr. of Papers, XVII Internat. geol. Congr. USSR, 1937, p. 208, Moscow-Leningrad.
- 1937 b: Stratigraphie und Tektonik der Prager Dolomiten in Südtirol. Wien.
- 1937 c: Sammelbericht über fossile Algen: Dasycladaceae 1928 bis 1936, mit Nachträgen aus früheren Jahren. — Neues Jahrb. f. Min. usw., 1937 III, p. 985, Stuttgart.
- 1937 d (zusammen mit S. R. Narayana Rao und K. Sripada Rao): Dasycladaceen aus Zwischenlagen des Dekkantrapps bei Rajahmundry in Südindien. — Sitzungsber. Ak. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, vol. 146, p. 227.
- 1937 e: Die wichtigsten Kalkalgen des Jungpaläozoikums und ihre geologische Bedeutung. — C. R. 2me Congr. Strat. Carbonif. Heerlen 1935, vol. 2, p. 765, Maestricht.
- 1939: Sammelbericht über fossile Algen: Solenoporaceae 1930 bis 1938, mit Nachträgen aus früheren Jahren. — Neues Jahrb. f. Min. usw., 1939 III, p. 731, Stuttgart.
- 1940 a: Vorläufige Uebersicht der Kalkalgen des Perms von Nordamerika. — Anzeig. Ak. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., vol. 77, p. 55.
- 1940 b: Wirtelalgen (Dasycladaceen) aus den anisichen Kalken des Szilicei fennsik in Nordungarn. — Abhandl. min.-geol. Instit. Tisza-Univers. Debrecen, num. 18 (Sonderdruck aus Tisza vol. 4).
- 1940 c: Die ältesten Urkunden des Lebens auf der Erde. (Vortragsbericht.) — Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., vol. 92, p. 471, Berlin.
- 1940 d: Die gesteinsbildenden Algen des Hölleengebirges. — Jahrb. Ver. f. Landeskd. Oberdonau, vol. 89, p. 239, Linz.
- 1941 a: Kalkalgen der Adria und ihre fossilen Verwandten. — Nat. u. Volk, vol. 71, p. 39, Frankfurt a. M.
- 1941 b: Einige geologische Ergebnisse der Untersuchung fossiler Kalkalgen. — Ebenda, p. 84.
- Potonié H.,
1920: Die Entstehung der Steinkohle und der Kaustobiolithe überhaupt (wie des Torfes, der Braunkohle, des Petroleums usw.). 6. Auflage, durchgesehen von W. Gothan. Berlin.
- Prinz H.,
1927: Chlorophyceae (nebst Conjugatae, Heterocontae und Charophyta). — A. Engler und K. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien, 2. Auflage, herausgeg. v. A. Engler, vol. 3, Leipzig.
- Rama Rao L. and Pia J.,
1936: Fossil algae from the Uppermost Cretaceous beds (the Niniyur Group) of the Trichinopoly District, S. India. — Palaeont. Indica, N. S., vol. 21, mem. 4, Calcutta.

34 Julius Pia: Uebersicht über die fossilen Kalkalgen und die geologischen Ergebnisse ihrer Untersuchung.

Salomon-Calvi W.,

1931: Epeirophorese. Teil III. Die vordiluvialen Eiszeiten. A. Die Eiszeiten des Tertiärs und Mesozoikums. — Sitzungsber. Heidelberger Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., 1931, Abh. 8.

1933 a: Desgl., B. Die Eiszeiten des Karbons und Perms. — Ebend., 1933, Abh. 1.

1933 b: Die permokarbonischen Eiszeiten. Leipzig.

Stille H.,

1924: Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin.

Foth R.,

1938: Die östlichen Vorlagen des Wiener Schneeberges. — Ann. naturhist. Mus. Wien, vol. 49, Anhang, p. 1.

Troedsson G. T.,

1928: On the Middle and Upper Ordovician faunas of Northern Greenland. Part. II. — Meddel. om Grönland, vol. 72 1, p. 1, Köbenhavn.

Vofogdin A. G.,

1937: Archaeocyatha and the results of their study in USSR. — Probl. of Paleont., vol. 2—3, p. 481, Moscow.

Nachtrag.

Zur Frage der Aenderung der Sonnenstrahlung vgl. auch:

Nöike F.,

1941: Zum Problem der Eiszeit. — Zeitschr. Deutsch. geol. Ges., vol. 93, p. 142, Berlin 1941.