Über den Nachweis von Aminosäuren in Kalksteinen des Weißen Jura der Schwäbischen Alb

Von **Karl Hiller**, Hannover, und **Ulrich Kull**, Stuttgart

Mit 2 Tabellen im Text

Zusammenfassung: Es wird über einen erstmaligen, papierchromatographischen Nachweis von Aminosäuren in Kalksteinen des Weißen Jura der Schwäbischen Alb berichtet; in den Kalksteinen der Algen-Schwamm-Riffe treten unterschiedliche Gehalte an Aminosäuren in der vorwiegend anorganisch entstandenen Grundmasse einerseits und in den eng benachbarten, organischen Komponenten (Schwammumien, Kalkkrusten, Stromatolithen) andererseits auf.

Abstract: It is reported about a first prove of amino-acids in upper-jurassic limestones of the "Schwäbische Alb" (SW-Germany); in limestones of the algal-sponges-reefs different contents of amino-acids exist on the one hand in the mostly inorganically precipitated cement and on the other in the nearby organic components (sponges, algal-crusts, stromatolites).

Résumé: On donne un report sur la premiere preuve des acides aminés dans des calcaires jurassique superieures de la «Schwäbische Alb» (Allemagne SW) qui a été faite au moyen de la chromatographie sur papier. Dans les roches calcaires se trouvent des quantitées differentes des acides aminés d'une part dans le ciment d'origine essentialment anorganique d'autre part dans les composantes voisines organiques (ésponges, croûtes d'alges, stromatolites).

1. Einleitung

1.1 Im Weißen Jura der Schwäbischen Alb sind Algen-Schwamm-Riffe (Hiller 1964) weit verbreitet, Korallenriffe (Paulsen 1964) dagegen selten und auf das höhere Kimeridgium beschränkt. Die wesentlichen gesteinsbildenden Komponenten der Algen-Schwamm-Riffe sind:

1. fein- und gleichkörnige, kalkige und i. a. tonarme Grundmasse (häufigster Durchmesser der Kalzitkristalle 2–8 μ);
2. meist kalkig erhaltene Mumien („Schwammumien", G. K. Fritz 1958) von Kieselschwämmen;
3. foraminiferenreiche Kalkkrusten, die entweder die Oberseiten von Organismen (vor allem Schwammumien) überwuchern oder frei, d. h. ohne organische Unterlage, auftreten; sie sind häufig polster- und fladenartig oder kuppel- und säulenförmig, stets aber heliopetal gewachsen, besitzen eine kleinhöckrig-krause, blumenkohlartige Oberfläche und lassen gelegentlich noch faden- bis schlauchförmige Gebilde (häufigster Durchmesser 15–25 μ, Länge 150–300 μ) erkennen;
4. kalkige Stromatolithen mit der typischen feinlamellaren Struktur; sie sind frei von Foraminiferen und den unter 3. erwähnten schlauch- und

fadenförmigen Gebilden, besitzen aber hinsichtlich der äußeren Form große Ähnlichkeit mit den Kalkkrusten. Stromatolithen treten teils frei auf, teils wuchsen sie auf der Oberseite von Organismen oder gehen vertikal aus Kalkkrusten hervor. Kalkkrusten und Stromatolithen scheinen das unterschiedliche Erscheinungsbild ein und derselben Ursache zu sein (vgl. HUMMEL 1960). Nach den Untersuchungen von HILLER (1964) darf als gesichert gelten, daß es sich bei den Kalkkrusten und Stromatolithen des Schwäbischen Oberjura um Kalkabscheidungen primitiver Meeresalgen (wohl Blau- und Grünalgen) handelt;

5. eigenartige, psephitisch-psammitische Knöllchen und Flasern, die G. K. FRITZ (1958) als Tuberoide bezeichnete und die zum größten Teil wohl als eine Art „algal-pellets" anzusehen sind (HILLER 1964) und
6. Partien mit pseudooidischer, seltener auch pseudobrecciöser Struktur (HUMMEL 1960, HILLER 1964).

Dazu gesellt sich in vielen Algen-Schwamm-Riffen des tieferen Weißen Jura eine artenreiche Mesofauna.

Diese Komponenten sind nun aber keineswegs alle zusammen in gesteinsbildender Menge am Riffaufbau beteiligt, vielmehr sind die Kombinationen 1+2+3+5, 1+2+3+4, 2+4+6 weit, 1+2+5, 1+2+3 und (1)+2+3+4+6 dagegen nur lokal verbreitet. Wesentlich ist, daß in den meisten Algen-Schwamm-Riffen Kalkkrusten und/oder Stromatolithen einen sehr wesentlichen, z. T. sogar den weitaus vorherrschenden Anteil am Riffaufbau einnehmen; bezüglich weiterer Einzelheiten sei auf HILLER (1964) verwiesen.

1.2 Mit den folgenden Ausführungen soll über ein Versuchsprogramm berichtet werden, das zum Ziel hatte

1. in Kalksteinen der Algen-Schwamm-Riffe und in Bank-Kalksteinen Aminosäuren nachzuweisen und, falls dieser Nachweis gelingt,
2. festzustellen, ob in Riff-Kalksteinen ein Unterschied im Gehalt an Aminosäuren in der (weitgehend) anorganisch gefällten Grundmasse einerseits und in den eng benachbarten Schwammumien, Kalkkrusten und Stromatolithen (im folgenden auch häufig als „organische Komponenten" bezeichnet) andererseits besteht, und, sofern dies zutrifft,
3. zu untersuchen, ob diesen gesteinsbildenden Komponenten unterschiedliche Gesamtmengen an Aminosäuren und verschiedene Gehalte an einzelnen Aminosäuren zugeordnet werden können.

1.3 Als Untersuchungsmaterial dienten 14 Gesteinsproben, die zum weitaus überwiegenden Teil Algen-Schwamm-Riffen entnommen wurden; in Dolomit oder zuckerkörnigen Kalkstein (LANG 1964, P. FRITZ 1966) umgewandelte Riffgesteine wurden nicht bearbeitet. Diese Proben wurden ausnahmslos aus dem Kern größerer Blöcke gewonnen und zeigten makroskopisch keine Haarrisse.

Proben-Entnahmestellen:

1: Steige Unterlenningen-Hochwang (Mbl. 7422), Riff-Kalkstein des Weißjura γ 3; a = Grundmasse als Gastralraum-Füllung einer Schwammumie, b = kalkige Schwammumie; a+b aus einem Block, Einwaage je 100 g.

2: Steige Unterlenningen-Hochwang, Riff-Kalkstein des Weißjura γ 3; a = Grundmasse mit einzelnen Tuberoiden, b = Kalkkrusten; a+b aus einem Block, Einwaage je 150 g.

3: Steige Unterlenningen-Hochwang, Riff-Kalkstein des Weißjura γ 3; a = Grundmasse, b = Kalkkruste; a+b aus einem Block, Einwaage je 150 g.

4: Schopfloch, Stbr. der Fa. Lauster (Mbl. 7423), Riff-Kalkstein des Weißjura ε; a = Grundmasse, b = Stromatolithen; a+b aus einem Block, Einwaage je 140 g.

5: Arnegg, aufgelassener Stbr. 1 km SW Arnegg (Mbl. 7525), Riff-Kalkstein des Weißjura ε in der Nähe der Steinbruch-Sohle; a = Grundmasse, b = Kalkkrusten, c = Stromatolithen; a—c aus einem Block, Einwaage je 100 g.

6: Salzwinkel, aufgelassener Stbr. N der Straße Zainingen-Feldstetten (Mbl. 7523), Weißjura ζ 1; a = Bank-Kalkstein mit Fukoiden, b = freie Kalkkrusten; a und b wurden nicht der gleichen Kalkbank und in ungefähr 3 m Entfernung entnommen, Einwaage je 150 g.

7: Wiesensteig, Fahrweg oberhalb der Autobahn Stuttgart—Ulm (Mbl. 7423), Weißjura β; Bank-Kalkstein, Einwaage 100 g.

2. Aufbereitung der Proben und Gang der Analyse

Entfernung der vorhandenen Oberfläche durch Behandlung mit HCl p. a. und vollständige Auflösung des Karbonatanteils der Proben in 37 %iger HCl p. a. Quantitative Fällung der Kalziumionen mit H_2SO_4 p. a., Abziehen des unlöslichen Probenanteils sowie des gefällten $CaSO_4$ mit einer Glasfilter-Nutsche unter mehrmaligem Auswaschen. Einengung des Filtrats und quantitative Fällung der überschüssigen Sulfationen mit $Ba(OH)_2$ p. a. Abziehen des gefällten $BaSO_4$ mit einer Glasfilter-Nutsche unter mehrmaligem Auswaschen des Rückstandes. Einengung des Filtrats auf ungefähr 5 cm^3. Weitere Aufarbeitung zur Entfernung der störenden anorganischen Ionen nach dem von Degens & Bajor (1960) angegebenen Verfahren. Aufnahme des Rückstandes mit 0,5 ml Äthanol (60 %). Anschließend zweidimensionale papierchromatographische Auftrennnung (1. Dimension: Phenol-Wasser, 2. Dimension: Butanol-Eisessig-Wasser) der Aminosäuren, ihr Nachweis mit Ninhydrin und anschließend ihre quantitative Bestimmung nach der Methode von Porter, Margolis & Sharp (1957), die sich schon früher zum Nachweis geringer Aminosäurenmengen in pflanzlichem Material als geeignet erwiesen hatte (Kull & Hentschel 1966). Jede Probe wurde zweimal chromatographiert und die Meßwerte gemittelt.

Bei der Durchführung zeigte sich, daß die zweimalige Behandlung mit Ionenaustauscher nach Degens & Bajor nicht stets ausreichte, um die Salze vollständig zu entfernen. Infolgedessen waren auf einem Teil der Chromatogramme nicht alle Aminosäuren eindeutig voneinander zu trennen, so

daß ihre Mengen nur gemeinsam angegeben werden können. Außerdem führten selbst geringste Salzmengen dazu, daß Aminosäuren in der Nähe des Startpunktes zurückgehalten wurden; diese Aminosäuren konnten nur gemeinsam mit der Asparaginsäure gemessen werden, so daß deren Werte stets höher erscheinen, als ihr selbst zukommen dürfte.

3. Analysenergebnisse

(siehe hierzu Tab. 1 u. 2)

1. In Kalksteinen der Algen-Schwamm-Riffe und in Bankkalksteinen konnten folgende Aminosäuren nachgewiesen werden: Asparaginsäure, Glutaminsäure, Serin, Glycin, Alanin, Lysin, Arginin, Valin, Leucin und Isoleucin; möglicherweise sind ferner noch Threonin und vielleicht auch γ-Aminobuttersäure vorhanden.
2. Der Gesamtgehalt an Aminosäuren in den einzelnen Proben liegt zwischen 0,93 (Probe 7) und $2{,}05 \times 10^{-4}$ % (Probe 3 b). Der geringste Aminosäuregehalt ist demnach in einer Probe zu finden, an deren Entnahmestelle weit und breit weder Riffe noch Kalkkrusten auftreten, der höchste Aminosäurengehalt ist dagegen in einem Riffkalkstein zu beobachten.
3. In Riff-Kalksteinen schwanken bei der Grundmasse die Gehalte an Aminosäuren zwischen 1,22 und $1{,}74 \times 10^{-4}$ %, bei den organischen Komponenten zwischen 1,46 und $2{,}05 \times 10^{-4}$ %; im Mittel ergeben sich Gehalte an Aminosäuren von $1{,}46 \times 10^{-4}$ % für die Grundmasse und $1{,}90 \times 10^{-4}$ % für die organischen Komponenten. Demnach sind in der Grundmasse durchschnittlich weniger Aminosäuren vertreten als in den organischen Komponenten.
4. Bei Proben, die aus einem Gesteinsblock stammen, enthalten die organischen Komponenten stets eindeutig mehr Aminosäuren als die Grundmasse. Bei dem Probenpaar 6 a + b treten in der Kalkkruste weniger Aminosäuren auf als in der Grundmasse.
5. Der Grundmasse einerseits und den organischen Komponenten andererseits können grundsätzlich keine bestimmten, numerisch festzulegenden Gehalte an Aminosäuren zugeordnet werden.
6. Vor allem Asparaginsäure (z. T. aber methodisch bedingt, siehe 2., letzter Abschnitt) und die Gruppe Glutaminsäure-Serin-Glycin, in geringerem Maße auch die Gruppe Lysin-Arginin machen den Hauptanteil des Gehaltes an Aminosäuren sowohl in der Grundmasse als auch in den organischen Komponenten aus.
7. Den höchsten Gehalt einer bestimmten Aminosäure besitzt Probe 6 a mit $0{,}67 \times 10^{-4}$ % Asparaginsäure (vgl. aber hierzu 2., letzter Abschnitt).

Tab. 1: Gehalte an Aminosäuren $\times 10^{-4}$ %; Spuren = weniger als 0,05 $\times 10^{-4}$ %.

Probe Nr.	Asparaginsäure	Glutaminsäure	Serin	Glycin (+ ? Threonin)	Alanin	Lysin + Arginin	Valin	Leucin + Isoleucin	γ-Aminobuttersäure	Aminosäuren gesamt
1 a	0,55	0,29		Spur	0,15	0,23	Spur	Spur	?	1,22
1 b	0,50	0,37		Spur	0,19	0,31	0,20	Spur	0,19	1,76
2 a	0,43	0,20	0,13	Spur	0,12	0,30	Spur	Spur	?	1,18
2 b	0,52	0,19	0,13	0,20	0,11	0,45	0,10	0,15	0,12	1,97
3 a	0,48	0,30		0,17	0,14	0,14	0,14	0,17	0,11	1,65
3 b	0,49	0,25		0,29	0,12	0,29	0,15	0,23	0,23	2,05
4 a	0,54	0,33		0,20	0,16	0,28	0,10	0,13	—	1,74
4 b	0,61	0,66			0,22	0,24	0,12	0,19	—	2,04
5 a	0,48	0,28			0,12	0,35	0,08	0,18	—	1,49
5 b	0,51	0,42			0,11	0,25	0,12	0,26	—	1,67
5 c	0,59	0,45			0,20	0,26	0,14	0,25	—	1,89
6 a	0,67	0,23	0,15	0,15	0,12	0,16	0,11	0,11	—	1,70
6 b	0,45	0,13	0,10	0,39	0,14	0,17	0,08	Spur	—	1,46
7	0,20	0,25			0,08	0,25	0,10	?0,05	—	0,93

8. In den organischen Komponenten ist die Gruppe Glutaminsäure-Serin-Glycin stets in größerer Menge vertreten als in der Grundmasse.
9. Bei Proben, die aus einem Gesteinsblock stammen, enthalten die organischen Komponenten mehr Leucin, Isoleucin und Valin; bei Lysin und Arginin ist dagegen kein einheitliches Bild zu erkennen.
10. Betrachtet man die Anteile in Prozenten der einzelnen Aminosäuren an der Gesamtanalyse der Proben, dann fällt auf, daß bei Proben aus einem Gesteinsblock
    - a : in der Grundmasse die Asparaginsäure stets, wenn z. T. auch nur unwesentlich überwiegt,
    - b : in den organischen Komponenten sich etwas reichlicher Leucin/Isoleucin finden und
    - c : bei den übrigen Aminosäuren keine einheitliche Tendenz zu erkennen ist.

Tab. 2: Gehalte an Aminosäuren $\times 10^{-4}$ %, / Anteil einzelner Aminosäuren an Gesamtanalyse in %.

Proben		Asparaginsäure	Glutaminsäure, Serin, Glycin (+ Threonin)	Alanin	Lysin + Arginin	Valin	Leucin + Isoleucin	γ-Aminobuttersäure	Aminosäuren gesamt $\times 10^{-4}$ %
Grundmasse	1 a	0,55 / 45	0,29 / 24	0,15 / 12	0,23 / 19	Spur	Spur	?	1,22
	2 a	0,43 / 36	0,33 / 28	0,12 / 10	0,30 / 25	Spur	Spur	?	1,18
	3 a	0,48 / 29	0,47 / 28	0,14 / 9	0,14 / 9	0,14 / 9	0,17 / 10	0,11 / 7	1,65
	4 a	0,54 / 31	0,53 / 31	0,16 / 9	0,28 / 16	0,10 / 6	0,13 / 7	—	1,74
	5 a	0,48 / 32	0,28 / 19	0,12 / 8	0,35 / 24	0,08 / 5	0,18 / 12	—	1,49
	6 a	0,67 / 40	0,53 / 32	0,12 / 7	0,16 / 9	0,11 / 6	0,11 / 6	—	1,70
	7	0,20 / 21	0,25 / 27	0,08 / 9	0,25 / 27	0,10 / 11	0,05? / 5?	—	0,93
Schwamm-mumie	1 b	0,50 / 29	0,37 / 21	0,19 / 11	0,31 / 18	0,20 / 11	Spur	0,19 / 11	1,76
Kalkkrusten	2 b	0,52 / 26	0,52 / 27	0,11 / 6	0,45 / 23	0,10 / 5	0,15 / 7	0,12 / 6	1,97
	3 b	0,49 / 24	0,54 / 26	0,12 / 6	0,29 / 14	0,15 / 7	0,23 / 11	0,23 / 11	2,05
	5 b	0,51 / 30	0,42 / 25	0,11 / 7	0,25 / 15	0,12 / 7	0,26 / 16	—	1,67
	6 b	0,45 / 31	0,62 / 43	0,14 / 10	0,17 / 12	0,08 / 5	Spur	—	1,46
Stromato-lithen	4 b	0,61 / 30	0,66 / 32	0,22 / 11	0,24 / 12	0,12 / 6	0,19 / 9	—	2,04
	5 c	0,59 / 31	0,45 / 24	0,20 / 11	0,26 / 14	0,14 / 7	0,25 / 13	—	1,89
Mittelwerte 1 a—5 a		0,50 / 35	0,38 / 26	0,14 / 10	0,26 / 18	0,06 / 4	0,10 / 6	0,02 / 1	1,46
Mittelwerte 1 a—6 a		0,52 / 35	0,41 / 27	0,13 / 9	0,24 / 17	0,07 / 4	0,10 / 6	0,02 / 1	1,48
Mittelwerte 1 b—5 b+5 c		0,52 / 30	0,50 / 28	0,16 / 9	0,25 / 13	0,13 / 7	0,15 / 8	0,08 / 4	1,90

11. Mittelt man die Gehalte jeweils einzelner, bestimmter Aminosäuren einmal bei den Grundmassen-Proben und zum anderen bei den Proben mit organischen Komponenten, dann zeigt sich, daß in den organischen Komponenten die Glutaminsäure-Serin-Glycin-Gruppe, sowie Valin und Leucin/Isoleucin in wesentlich größerer Menge vorhanden sind als in der Grundmasse.
12. Schließlich können auch die prozentualen Anteile der einzelnen Aminosäuren an den jeweiligen Gesamtanalysen gemittelt werden, und zwar für die Grundmassen-Proben einer- und die organischen Komponenten andererseits. Dabei sieht man, daß in den organischen Komponenten die Glutaminsäure-Serin-Glycin-Gruppe, Valin und Leucin/Isoleucin unwesentlich, in der Grundmasse Asparaginsäure, Lysin, Arginin und Alanin z. T. aber nur knapp überwiegen.

Unsicher ist natürlich, inwieweit diese Ergebnisse und Aussagen allgemeine Gültigkeit für den Weißen Jura der Schwäbischen Alb besitzen; dieser Nachweis ist nur über ein umfangreiches Versuchsprogramm zu erbringen.

4. Vergleiche mit ähnlichen Untersuchungen in anderen Gebieten

Auf das umfangreiche Schrifttum über das Auftreten und die Bedeutung von Aminosäuren in verschiedenen Gesteinen unterschiedlichen Alters wird hier nicht weiter eingegangen. Lediglich auf einige allgemeine Bemerkungen sowie Vergleichswerte bzw. -analysen soll an dieser Stelle kurz hingewiesen werden.

Gehman (1962) stellt anhand eines außerordentlich umfangreichen Untersuchungsmaterials (vom Kambrium bis in das Jungtertiär reichend) fest, daß in Kalksteinen viel weniger organische Bestandteile (also auch Aminosäuren) vorhanden sind als in Schiefer-Tonsteinen.

Degens & Bajor (1960, 1962) weisen in Sedimenten verschiedensten Alters, so in Kieselschiefern (präkambrisch), Tonsteinen, Tonschiefern, Stein- und Braunkohlen, Torfen und rezenten Schlicken, Aminosäuren nach. In limnischen und marinen Tonsteinen des Ruhrkarbons liegt z. B. der Gehalt an Aminosäuren ungefähr zwischen 1,9 und $5{,}6 \times 10^{-4}$ %; der höchste Gehalt an Aminosäuren ist in Torfen (Größenordnung: 0,1—0,2 %) zu beobachten.

Nach Harington & Toens (1963) sind in Stromatolithen aus dolomitischen Kalksteinen, die im Liegenden der Pretoria-Serie (südafrikanisches Präkambrium) anstehen, bis zu $2{,}24 \times 10^{-6}$ % und in Algen-Kalksteinen der gleichen Serie bis zu $1{,}06 \times 10^{-6}$ % Aminosäuren vorhanden.

Swain (1961) stellt in jurassischen Kalksteinen in der Umgebung des Golfes von Mexiko einen Aminosäure-Gehalt bis zu $0{,}5 \times 10^{-4}$ % fest.

5. Schlußbemerkung

Mit den angeführten Untersuchungen wird erstmals über das Vorhandensein von Aminosäuren in Kalksteinen des Weißen Jura der Schwäbischen Alb berichtet und ihre Menge quantitativ festgestellt.

Nach den Analysenergebnissen treten klare Unterschiede einmal im Gesamtgehalt an Aminosäuren (ungefähr $1-2 \times 10^{-4}$ %) und zum anderen im Gehalt an einzelnen, bestimmten Aminosäuren bei der Grundmasse einer- und den organischen Komponenten (Schwammumien, Kalkkrusten, Stromatolithen) andererseits auf, sofern diese Proben aus unmittelbarer Nachbarschaft stammen.

Der verhältnismäßig hohe Gehalt an Aminosäuren in Riff-Kalksteinen sowie die Anhäufung von Aminosäuren in jenen Komponenten, die riffbildend (Kalkkrusten, Stromatolithen), z. T. vielleicht aber auch nur riffauslösend (Kieselschwämme) waren, weisen klar darauf hin, daß ein Zusammenhang zwischen höherem Gehalt an Aminosäuren und dem Auftreten von Schwammumien, Kalkkrusten und Stromatolithen besteht und daß die Aminosäuren im Laufe der Diagenese nicht gleichmäßig im Sediment verteilt wurden.

Ferner darf der deutlich höhere Gehalt an Aminosäuren in Kalkkrusten und Stromatolithen im Vergleich zur Grundmasse als ein weiterer Beweis für deren organische Entstehung gelten, die in unmittelbarem Zusammenhang mit primitiven Meeresalgen gesehen wird (Hiller 1964).

Ferner soll festgehalten werden, daß auch in den geschichteten, kalkigmergeligen Sedimenten der Bankfazies Aminosäuren in beachtenswerter Menge vorhanden sind. Viele Tatsachen sprechen dafür, daß in diesem Faziesbereich der Kalkschlamm weitgehend bis vollständig anorganisch abgeschieden wurde (siehe z. B. Seibold 1952, vgl. Hiller 1964); man kann deshalb daran denken, daß die Aminosäuren in den geschichteten Kalk-Mergelstein-Serien (und bis zu einem gewissen Maße auch in Riffgesteinen) von planktonischen und/oder sedimentbewohnenden und -verarbeitenden Mikroorganismen herrühren.

Die Untersuchungen wurden von K. Hiller bis zum Spätsommer 1964 am Geol.-Paläont. Institut der TH Stuttgart und vom Herbst 1964 an von U. Kull (Papierchromatographie) am Botan. Institut der TH Stuttgart ausgeführt. Die Verfasser danken den Direktoren dieser Institute, den Herren Prof. Dr. H. Aldinger und Prof. Dr. A. Arnold, für die Möglichkeit zur Durchführung der Analysen.

6. Schrifttum

Degens, E. T. & Bajor, M.: Die Verteilung von Aminosäuren in bituminösen Sedimenten und ihre Bedeutung für die Kohlen- und Erdölgeologie. — Glückauf, 96, 1525—1534, 1960.

— Die Verteilung der Aminosäuren in limnischen und marinen Schiefertonen des Ruhrkarbons. — Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf., 3, 429—440, 1962.

FRITZ, G. K.: Schwammstotzen, Tuberolithe und Schuttbreccien im Weißen Jura der Schwäbischen Alb. Eine vergleichende petrogenetische Untersuchung. — Arb. geol. paläont. Inst. TH Stuttgart n. F., 13, 1958.

FRITZ, P.: Zur Genese von Dolomit und zuckerkörnigem Kalk im Weißen Jura der Schwäbischen Alb (Württemberg). Mikroskopische Untersuchungen und Isotopenanalysen. — Arb. geol. paläont. Inst. TH Stuttgart n. F., 50, 1966.

GEHMAN jr., H. M.: Organic matters in limestones. — Geochim. et Cosmochim. Acta, 26, 885—897, 1962.

HARINGTON, J. S. & TOENS, P. D.: Natural occurrence of Aminoacids in dolomitic Limestones containing algal growths. — Nature, 200, 947—48, 1963.

HILLER, K.: Über die Bank- und Schwammfazies des Weißen Jura der Schwäbischen Alb (Württemberg). — Arb. geol. paläont. Inst. TH Stuttgart n. F., 40, 1964

HUMMEL, P.: Petrographie, Gliederung und Diagenese der Kalke im Oberen Weißen Jura der Schwäbischen Alb. — Arb. geol. paläont. Inst. TH Stuttgart n. F., 26, 1960.

KULL, U. & HENTSCHEL, G.: Der Einfluß der Temperatur auf den Gehalt einiger Kohlenhydrate und Aminosäuren in Spirogyra. — Naturwiss., 53, 83, 1966.

LANG, H. B.: Dolomit und zuckerkörniger Kalk im Weißen Jura der mittleren Schwäbischen Alb (Württemberg). — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 120, 253—299, 1964.

PAULSEN, S.: Aufbau und Petrographie des Riffkomplexes von Arnegg im höheren Weißen Jura der Schwäbischen Alb (Württemberg). — Arb. geol. paläont. Inst. TH Stuttgart n. F., 42, 1964.

PORTER, A. C.: MARGOLIS, D. & SHARP, P.: Quantitative determination of amino acids by paper chromatography. — Contrib. Boyce-Thompson Inst., 18, 465—476, 1957.

SEIBOLD, E.: Chemische Untersuchungen zur Bankung im unteren Malm Schwabens. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 95, 337—370, 1952.

SWAIN, F. M.: Stratigraphic Distribution of Furfurals and Amino compounds in jurassic Rocks of Gulf of Mexico Region. — AAPG-Bull., 45, 1713—1720, 1961.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 24. Juni 1966

Anschrift der Verfasser:

Dr. KARL HILLER, Diplom-Geologe, 3 Hannover, Kolbergstraße 14, Gewerkschaft Brigitta;

Dr. ULRICH KULL, 7 Stuttgart O, Cannstatter Straße 212, Botan. Institut der TH Stuttgart