

Die Zunahme intraannueller Zuwachsstreifen  
bei Muscheln im Laufe der Erdgeschichte

von  
KONRAD RICHTER \*)

Die auf Muschelschalen zu beobachtenden Wachstumsunterbrechungen höherer Ordnung werden seit langem als "Jahresringe" gedeutet. Schon H.G. BRONN (1853: 477-478) führt sie auf Paarungszeiten der Tiere zurück. Seitdem gab es immer wieder Angaben, welche die "Jahresring"-Natur solcher Anwachsstreifen bestätigten (z.B. W. ISRAEL), bezweifelten (z.B. O. ABEL) oder nur als Umwelteinflüsse deuteten (z.B. TWENHOFEL u. SHROCK, 1935). Auch für Schnecken hat u.a. O.BUCHNER (1900) Jahresrhythmen im Wachstum der Gehäuse bewiesen. Für den Verfasser liegt der überzeugendste Beweis für die "Jahresring"-Natur der stärkeren Wachstumsunterbrechungen auf Muschelschalen in rezenten Beobachtungen der Fischereibiologen an der deutschen Nordseeküste. Die dort im Meer ausgelegten Bojen werden stets nach einigen Jahren wieder eingeholt. Sie sind dann stark von *Mytilus edulis* bewachsen. Die Anzahl der "Jahresringe" bei den ältesten Individuen stimmt stets mit der Anzahl der Jahre überein, welche die betreffende Boje im Meer ausgesetzt war. Deshalb wurden vom Verfasser (1939) die Muscheln in endlitorinazeitlichen Strandwällen am Jasmunder Bodden auf Rügen benutzt, um durch Größen gleichalter Exemplare Schlüsse auf die endlitorine Aussüßung des Jasmunder Boddens zu ziehen. Die weitergehenden Untersuchungen sollten letzten Endes dazu führen, durch Vergleich von Wachstumsdiagrammen und mit

---

\*) Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. K. RICHTER, Institut für Geologie und Paläontologie d. Techn. Universität, 3 Hannover, Welfengarten 1.

Nachhilfe durch abnorme Wachstumsunterbrechungen als "Signaturen" wie mit einer Warvenchronologie die Bildungsdauer bestimmter Sedimentabschnitte zu berechnen. Diese Untersuchungen wurden leider durch den letzten Weltkrieg unterbrochen.

Inzwischen sind weitere Untersuchungen über Wachstumsunterbrechungen bei Korallen (T.Y.H. MA, 1934,1937) und Lamelli-branchiaten sowie Brachiopoden veröffentlicht worden (K.VOGEL, 1960), die auch zur Deutung der stärkeren Wachstumsunterbrechungen als "Jahresringe" kamen. Bei Ostreen sind die Jahresringe bisweilen unsicher abgrenzbar, doch läßt sich die Richtigkeit der Zählung mit den Streifen in der Bandgrube überprüfen.

Weniger hat man sich mit den kleineren intraannuellen Zuwachsstreifen beschäftigt, die auch als "disturbance rings" bezeichnet werden. Sie sollen angeblich auf Wachstumsunterbrechungen durch Sturmperioden, Trockenfallen, zu niedrige oder zu hohe Temperatur bedingt sein. Sicher wird das oft der Fall sein, wie ORTON (1927) bei *Cardium edule* nachwies.

Bei Durcharbeitung des Sammlungsmaterials im Geologisch-paläontologischen Institut der Universität Greifswald gewann ich schon 1939 den Eindruck, daß solche intraannuellen Zuwachsstreifen durchschnittlich im Laufe der Erdgeschichte an Zahl zunehmen. Die Untersuchungen wurden noch 1939 an Sammlungsmaterial des Geologisch-paläontologischen Institutes der Universität Köln und 1946 an Material der Geologisch-paläontologischen Institute Göttingen und Heidelberg fortgeführt. Im geologischen Kolloquium des Göttinger Instituts habe ich die Ergebnisse auch zum ersten Mal (W.S. 1946/47) öffentlich vorgetragen.

Die Auszählungen der intraannuellen Wachstumsunterbrechungen erfolgten an Material aus Flachwasser- wie auch aus Tiefwasserablagerungen und solchem aus limnischem wie marinem Milieu. Bei Material aus Tiefwasserablagerungen waren die Jahresringe oft weniger deutlich und infolgedessen auch die Auszählung der intraannuellen Wachstumsunterbrechungen nicht

immer sicher. Die unsicheren Auszählungen sind auf den nachstehenden Abbildungen mit einem offenen Kreis, die sicheren mit einem vollen Punkt eingetragen.

Dabei zeigt sich auf Taf.10 eine allmähliche Verlagerung der größten Häufigkeit vom Silur mit vier bis zur Gegenwart mit neun Wachstumsunterbrechungen pro Jahr. Im Silur, Devon und Karbon ist vier ziemlich gleichbleibend die größte Häufigkeit. Für Perm und Trias zeigt sich ein Anstieg auf fünf, für den Jura auf etwas mehr als fünf. In der Kreide ist klar ein sprunghafter Anstieg auf acht erkennbar und im Tertiär wie rezent ein kleinerer auf neun.

Im Verlauf der einzelnen Abschnitte der Kreidezeit ist dagegen keine Zunahme erkennbar (Taf.11). Allenfalls ist das im Verlauf des Tertiärs der Fall, wo die Werte aus dem Paleozän näher bei den Kreidewerten liegen, während sie vom Eozän bis zum Pliozän gleichbleibend auf neun angestiegen sind (Taf.12). Die Frage des Einflusses von Tiefwasserfazies und epikontinentaler Fazies wurde nur andeutungsweise überprüft (Taf.13). Es ergaben sich dabei keine Unterschiede zwischen germanischer und alpiner Trias, sowie zwischen germanischer und alpiner Kreide. Für den Jura war ein entsprechender Vergleich sehr schwierig, da mir aus dem alpinen Raum zu wenig Material vorlag, das außerdem nur unklare Auszählergebnisse brachte, so daß auf die Darstellung dieses Materials in Taf.13 fast verzichtet wurde. Die geographische Breite des Fundortes ist ebenfalls ohne Einfluß. Auch aus intraannuellen Zuwachsstreifen von Schnecken ist eine ähnliche Kurve wie die von Taf.10 konstruierbar, doch reicht das von mir bisher durchgearbeitete Material für eine Publikation noch nicht aus.

Nach diesen Ergebnissen halte ich es für unwahrscheinlich, daß für die Mehrzahl der intraannuellen Zuwachsstreifen nur die vorgenannten Milieueinflüsse verantwortlich sind. An was für Einflüsse wäre da zu denken? Es liegt nahe, an Monatsrhythmen zu glauben, wie sie sich am deutlichsten beim Palolo-Wurm äußern. Daß es sich bei den Muscheln nicht um zwölf Monate handelt, sondern um weniger, könnte vielleicht damit

erklärt werden, daß in Zeiten des Geschlechtstriebes bzw. des Wachstums der Eier ein Zuwachs unterbleibt.

Es wäre also an eine Änderung in der Umlaufzeit des Mondes im Laufe der Erdgeschichte zu denken, wofür wir bisher keine sicheren Anhaltspunkte haben.

Vielleicht wäre auch auf andere kosmische Ursachen hinzuweisen. Um diese Frage näher zu untersuchen, wurden an langlebigen Arten Ausmessungen der "Jahresbreiten" durchgeführt und diese dann nach dem Prinzip der Jahreswarven aufgetragen. Aus der großen Zahl von Kurven seien nur die von Taf. 14-17 gebracht. Die Mehrzahl der Muschelarten hat nur ein Lebensalter von 8 - 10 Jahren (z.B. Taf. 14-16). Bei ihnen sind oft die jüngsten Jahreszuwachsringe des Altersstadiums so stark gedrängt, daß eine Ausmessung nicht sinnvoll erscheint. Solche Formen sind für die beabsichtigten Studien natürlich unbrauchbar. Andererseits erwähnt schon W. ISRAEL: "Am schnellsten von allen jungen Muscheln wachsen die Anodonten, von den Unionen *Unio pictorum*. Langsamer als diese wächst *Unio tumidus* und am langsamsten *Unio batavus*. Also nur in den ersten Monaten ist das Wachstum so ganz außerordentlich schnell, kommt aber zu einer gewissen Verlangsamung. Es erfolgt sodann die Vergrößerung des Gehäuses je nach der Art mehr oder weniger stetig, aber nie wieder so schnell wie in den ersten Monaten. In drei bis fünf Jahren sind die Tiere ziemlich erwachsen (*Unio* und *Anodonta*). Es folgt weiter nur noch ganz geringer Größenzuwachs, obgleich die Tiere noch lange leben können. Sehr viel älter wird die *Margaritana*, die nach meinen Beobachtungen - was ich früher für völlig unmöglich gehalten hatte - tatsächlich ein Alter von 80 bis 100 Jahren erlangt. Ich habe öfter lebende Exemplare gefunden, die durch angebrachte Jahreszahlen deutlich bewiesen, daß sie dies Alter erreichen. Im Jahre 1911 fand ich z.B. im Görnitzbache bei Ölsnitz ein lebendes Exemplar, welches die Jahreszahl 1851 trug. Wenn ich annehme, daß das Exemplar, als es vom Perlfischer gezeichnet wurde, ca. 20 Jahre alt war, wenn ich ferner bedenke, daß das Tier 1911 erst 3/4 der normalen Größe erreicht hatte, so glau-

be ich der Wahrheit sehr nahe zu kommen, wenn ich als mittleres Lebensalter für die Perlmuschel 80 - 100 Jahre angebe. Die Anodonten werden aber bestimmt nicht älter als 5, die Unionen bestimmt nicht viel älter als 8, höchstens 10 Jahre."

Nördlich von Mombassa hatte ich im Frühjahr 1971 Gelegenheit, die Zuwachsverhältnisse verschiedener Muschelarten sowohl in der rezenten Lagune wie im Wall-Riff unter tropischen Verhältnissen zu studieren. Genau wie bei fossilem Material waren bei einigen Arten "Jahresringe" kaum oder gar nicht zu erkennen, bei anderen war meist nur der "Jahresring" des vierten, fünften oder sechsten Jahres deutlich, während bei langlebigen Formen wie z.B. *Tridacna* die "Jahresringe" wie die eventuellen "Monatsringe" sehr deutlich zählbar waren. Es sei noch darauf hingewiesen, daß auch die "Monatsringe" meist noch kleine, nur unter der Lupe erkennbare Wachstumsunterbrechungen zeigen, deren statistische Auswertung sehr schwierig ist. Bei ihnen scheinen sich am ehesten die vorgenannten wechselnden Milieueinflüsse ausgewirkt zu haben.

Bei Jahresring-Diagrammen langlebiger Formen läßt sich oft mehr oder weniger deutlich aus den Maxima oder Minima der Kurve ein 11-jähriger Zyklus erkennen, bei dem man an den 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus zu denken geneigt ist. Dafür sind auf den Taf. 14-17) Beispiele vom Devon bis zum Känozoikum gebracht. Die Ergebnisse sind also in Übereinstimmung mit den sedimentologischen von H.KORN (1938), die sie gewissermaßen noch unterstreichen. Wahrscheinlich lassen sich die sedimentologischen Ergebnisse KORNS bis in die Zeit der svekofennidischen Geosynklinale verfolgen. Aus den Warwendigrammen ihrer von SIMONEN u. KUOVO (1951) untersuchten alten Sedimente läßt sich oft mehr oder weniger deutlich ein sehr ähnlicher Rhythmus herauslesen. Es zeigt sich also, daß wichtige Vorgänge der Sonne seit wahrscheinlich schon archaischen Zeiten sich nicht wesentlich geändert haben.

Womit ist dann aber die vorbehandelte Zunahme in der Anzahl der intraannuellen Wachstumsunterbrechungen im Laufe der Erdgeschichte in Beziehung zu bringen? Vielleicht könnte man

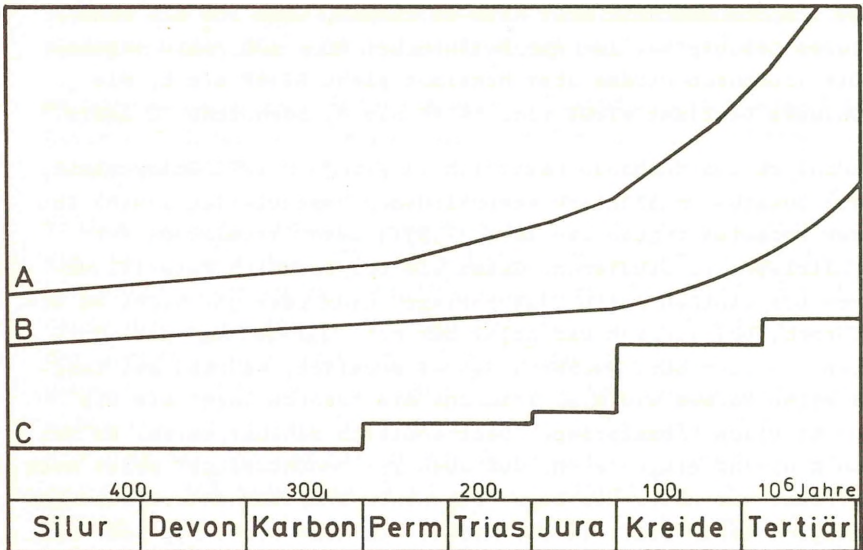


Abb. 1: Kurve der Zunahme intraannueller Zuwachsstreifen von Muscheln (C) verglichen mit der Kurve der Beschleunigung erdgeschichtlicher Abläufe nach S.v.BUBNOFF (A) und einer Kurve der Zunahme der Erdexpansion nach HILGENBERG (B) aus P.JORDAN (1966). Alle 3 Kurven zeigen gleichsinnigen Verlauf.

denken, daß die Beschleunigung des erdgeschichtlichen Zeitablaufes, wie sie u.a. v.BUBNOFF (1947) angeführt hat und wie ich sie auch für das Känozoikum nachwies (K.RICHTER 1958), eine solche Möglichkeit ergibt. Es ist deshalb auf Abb. 1 in der obersten Kurve die Beschleunigung des erdgeschichtlichen Ablaufs nach v.BUBNOFF dargestellt und in der untersten Kurve die Zunahme der intraannuellen Zuwachsstreifen. Ein gleicher Sinn der Kurven ist nicht von der Hand zu weisen.

Sucht man nach weiteren gleichsinnigen Kurven, so bietet sich noch die Kurve der Erdexpansion nach HILGENBERG an, wie sie P.JORDAN (1966: 77) im Vergleich mit den Kurven anderer Autoren bringt. Die Kurve nach HILGENBERG zeigt davon die beste Übereinstimmung mit jener der Zunahme von intraannuellen

Wachstumsunterbrechungen bei Muscheln, zumal in beiden Fällen der erdgeschichtlich auch sonst bedeutsame Knick an der Jura-Kreidewende erscheint. Leider sind die Ergebnisse HILGENBERGS nicht so gesichert, daß sie allgemein angenommen werden könnten. Die Beziehungen der mittleren und unteren Kurve von Abb. 1 sind indessen so erstaunlich gut, daß ich glaubte darauf hinweisen zu sollen, ohne die Konsequenzen jetzt schon näher zu diskutieren.

### Zusammenfassung

Die Deutung der stärkeren Wachstumsunterbrechungen auf den Schalen von Muscheln als "Jahresringe" wird weiter unterbaut. Bei langlebigen Arten wird daraus ein Rhythmus nachgewiesen, der an den 11-jährigen Sonnenfleckenrhythmus erinnert.

Die kleineren intraannuellen Wachstumsstörungen ("Monatsringe?") werden in ihrer durchschnittlichen jährlichen Häufigkeit vom Silur bis zur Gegenwart verfolgt. Es wird eine allmähliche Zunahme im Verlauf der Erdgeschichte festgestellt. Dabei ergeben sich kleinere Sprünge zwischen Karbon und Perm sowie zwischen Trias und Jura. Ein größerer Sprung ist zwischen Jura und Kreide erkennbar. Im Palaeozän gleichen die Zahlen noch sehr denen der Kreide, während vom Eozän ab wieder eine dann gleichbleibende Zunahme sichtbar ist.

Die intraannuellen Zuwachsunterbrechungen ("Monatsringe") dürften in der Mehrzahl nicht durch Milieueinflüsse entstanden sein. Zu ihren Ursachen könnten vielleicht Beziehungen zur Kurve der Beschleunigung des erdgeschichtlichen Ablaufes oder jener der Erdexpansion hinführen. Auch die "Monatsringe" lassen unter der Lupe noch kleinere Wachstumsunterbrechungen erkennen, bei denen am ehesten noch örtliche Milieubedingungen mitgewirkt haben könnten.

Angeführte Schriften

- BRONN, H.G. (1853): Einleitung in die Konchyologie. - Stuttgart.
- BUBNOFF, S.v. (1948): Rhythmen, Zyklen und Zeitrechnung in der Geologie. - Geol. Rundschau, 35; Stuttgart.
- BUCHNER, O. (1900): Nachträge zur Revision der Varietäten von *Helix pomatia* L. - Jh. Ver. vaterländ. Naturkunde Württemberg, 56; Stuttgart.
- GEYER, D. (1927): Unsere Land- und Süßwassermollusken. - 3. Aufl.; Stuttgart.
- HILGENBERG, O. (1963): Paläopollagen der Erde. - N.Jb. Geol. Paläont., Abh., 116; Stuttgart.
- ISRAEL, W. (o.J.): Biologie der europäischen Süßwassermuscheln. - Stuttgart.
- JORDAN, P. (1966): Die Expansion der Erde. - :1-180; Braunsch.
- KORN, H. (1938): Schichtung und absolute Zeit. - N.Jb. Min. etc., A., Beil.-Bd. 74: 50-186; Stuttgart.
- LAMPERT, K. (1925): Das Leben der Binnengewässer. - 3. Aufl. Leipzig.
- MA, T.Y.H. (1934): On the seasonal change of growth in a reef coral, *Favia speciosa*. - Proc. Imp. Acad. Jap.. 10.
- - - (1937): On the seasonal growth in paleozoic tetracorals and the climate during the Devonian period. - Paleont. Sinica, B, II, 3.
- RICHTER, K. (1939): Litorinazeitliche Strandwälle am Westufer des großen Jasmunder Boddens auf Rügen. - Dohrniana, Pommersche Naturforsch.Ges. Stettin, 18: 109-116; Stettin.
- - - (1958): Fluorteste quartärer Knochen in ihrer Bedeutung für die absolute Chronologie des Pleistozäns. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 9: 18-27; Öhringen.
- SIMONEN, A. and KUOVO, O. (1951): Archaean varved schists north of Tampere in Finland. - Bull. Comm. Geol. Finlande, 154; Helsinki.
- TWENHOFEL, W.H. and SHROCK, R.R. (1935): Invertebrate Paleontology. - New York and London.
- VOGEL, K. (1960): Wachstumsunterbrechungen bei Lamellibranchiaten und Brachiopoden. - N.Jb. Geol. Paläontol., Abh., 109: 109-129; Stuttg. (Darin weitere Literaturangaben)



## Erläuterungen zu den Tafeln

Taf. 10: Zunahme der intraannuellen Wachstumsunterbrechungen auf der Außenfläche von Muschelschalen im Laufe der Erdgeschichte. Punkte: sichere Auszählungen, Kreise: unsichere Auszählungen.

Taf. 11: Intraannuelle Wachstumsunterbrechungen auf der Außenfläche von Muschelschalen zeigen im Laufe der Kreidezeit gleichbleibende Zahlen.

Taf. 12: Intraannuelle Wachstumsunterbrechungen auf d. Außenfläche von Muschelschalen zeigen im Palaeozän noch die gleiche Häufigkeit wie zur Kreidezeit, steigen im Eozän etwas und bleiben dann bis zum Pliozän gleich.

Taf. 13: Die intraannuellen Wachstumsunterbrechungen auf der Außenfläche v. Muschelschalen zeigen je Formation keine Unterschiede in germanischer und alpiner Fazies.

Taf. 14: a = Jahreszuwachskurve einer Brackwasser-Muschel (*Congeria subglobosa*) mit Normalalter (10 Jahre). - b = Jahreszuwachskurve einer Muschel (*Isocardia* sp.) mit höherem Lebensalter (29 Jahre). Die Zahlen geben die intraannuellen Wachstumsunterbrechungen des betreffenden Jahres an. Die häufigste Zahl ist 9, wie das für tertiärzeitliche Muscheln charakteristisch ist. - c = Jahreszuwachskurven einer Süßwasser-Muschel aus Illinois (*Unio* sp.) mit höherem Lebensalter (27 Jahre). Mehr oder weniger deutlich ist zweimal ein 11-jähriger Sonnenfleckenzyklus erkennbar.

Taf. 15: Jahreszuwachskurven von Muscheln mit höherem Lebensalter, die mehr oder weniger deutliche Sonnenfleckenrhythmen zeigen. - a = *Cytherea transversa* (Mittl. Eozän), b = *Cyprina scutellaria*, c = *Codakia tigerina* (aus Maryland).

Taf. 16: Jahreszuwachskurven von Muscheln mit höherem Lebensalter, die mehr oder weniger deutliche Sonnenfleckenrhythmen zeigen. - a = *Pholadomya paucicostata* (Coral Rag), b = *Gresslya abducta* (mittl. Dogger), c = *Gresslya ovata* (mittl. Lias), d = *Cyrrina lediformes* (Malm), e = *Myophoria kefersteini* (Raibler-Schichten).

Taf. 17: Jahreszuwachskurven von Muscheln mit höherem Lebensalter, die mehr oder weniger deutliche Sonnenfleckenrhythmen zeigen. - a - e = Myalinen aus dem Unter-Devon.

1950-1951

Annual Report of the Board of Directors

The Board of Directors has the honor to acknowledge the cooperation and assistance of the various departments and divisions of the Corporation in the preparation of this report.

The financial results of the Corporation for the year ended December 31, 1950, are summarized in the following table:

Income Statement for the Year Ended December 31, 1950

The following table shows the financial results of the Corporation for the year ended December 31, 1950, compared with the corresponding period of 1949:

Comparison of Financial Results for 1950 and 1949

The increase in net income for 1950 is primarily due to the increase in sales and the decrease in operating expenses.

The increase in sales is due to the expansion of the Corporation's operations and the increase in demand for its products.

The decrease in operating expenses is due to the Corporation's efforts to reduce costs and improve efficiency.

The Corporation's financial position at the end of 1950 is strong and stable.

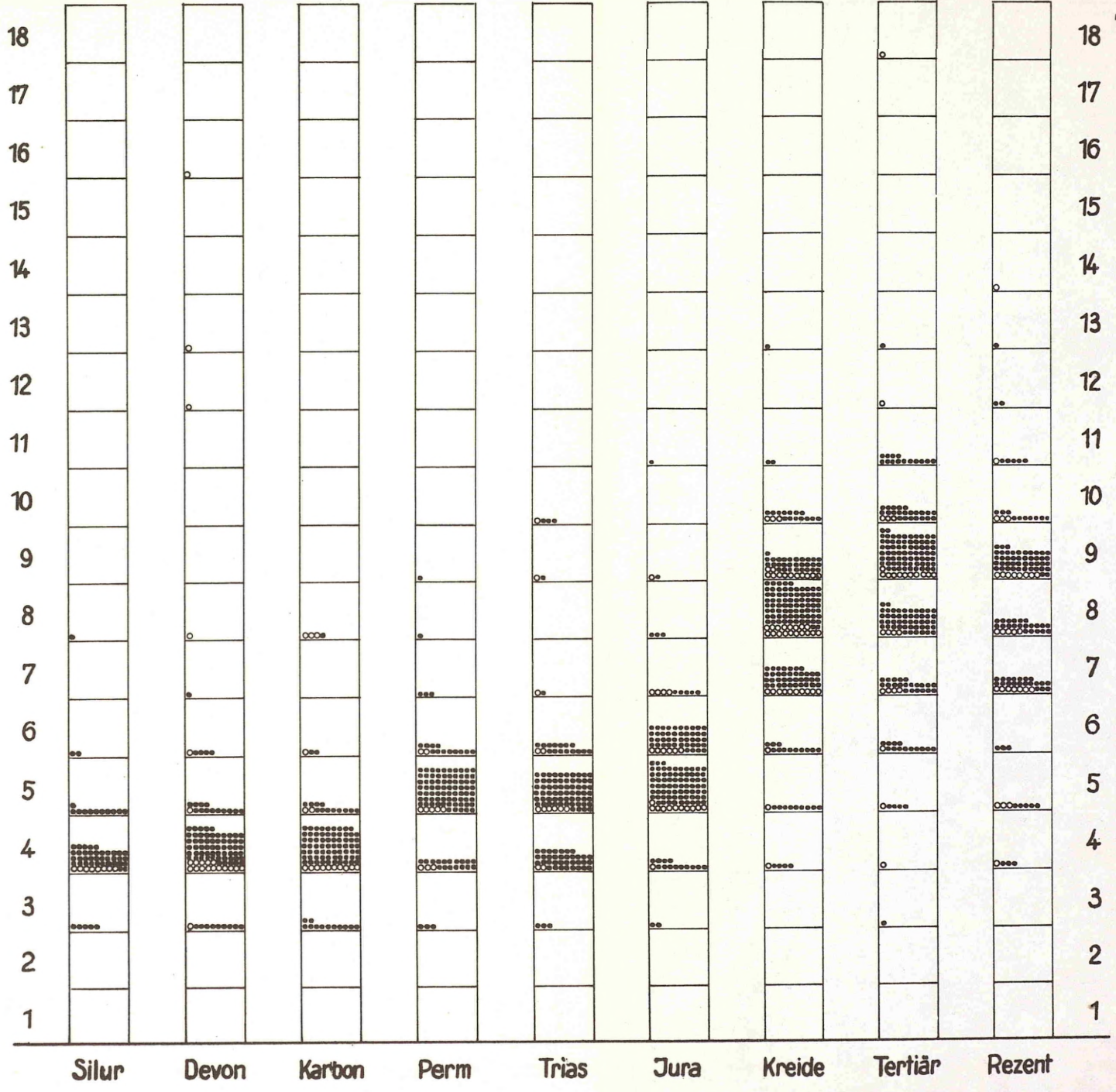
The Corporation's assets are well diversified and its liabilities are well managed.

The Corporation's earnings are sufficient to meet its obligations and to provide for the future.

The Corporation's management is confident that the Corporation will continue to grow and prosper in the future.

Very truly yours,  
[Signature]

1950-1951



Silur

Devon

Karbon

Perm

Trias

Jura

Kreide

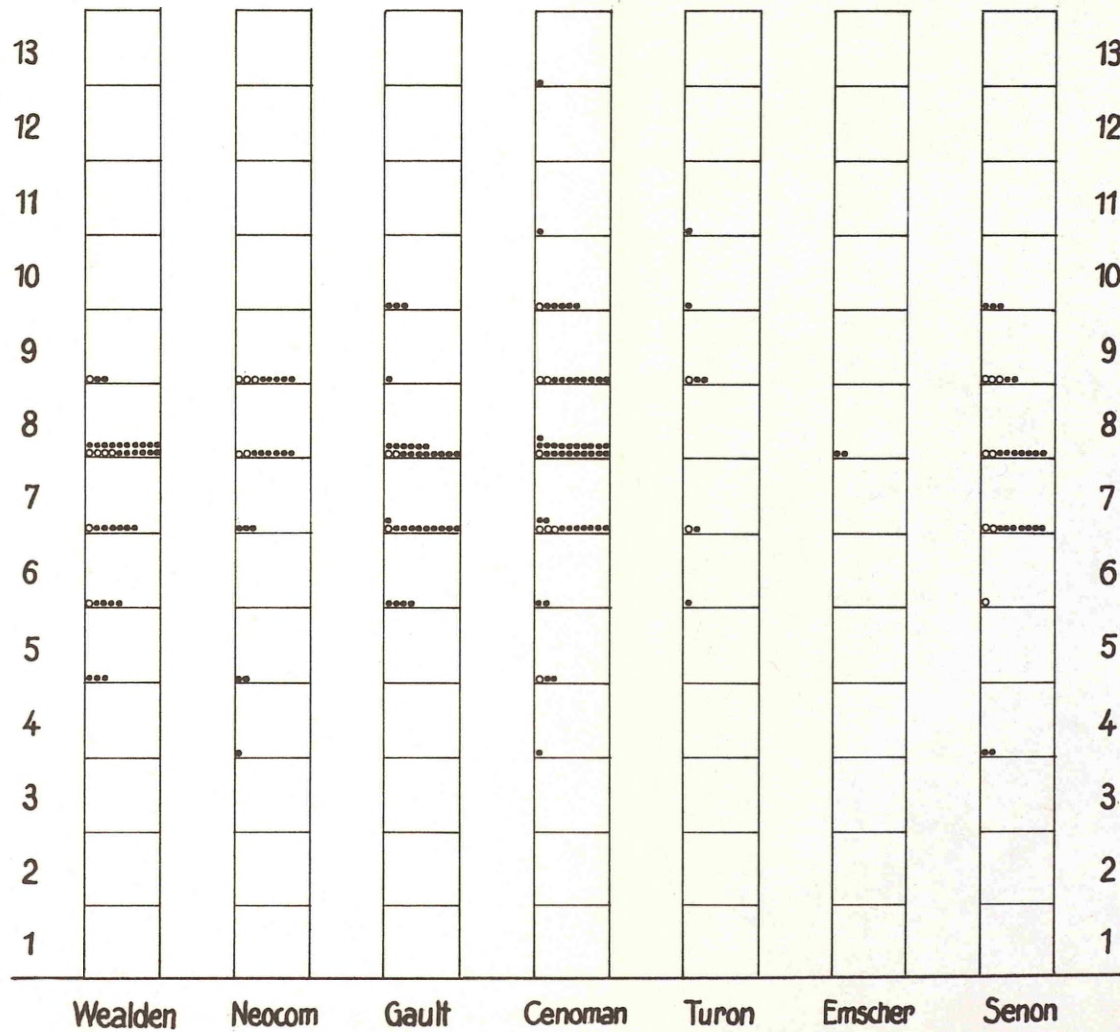
Tertiär

Rezent

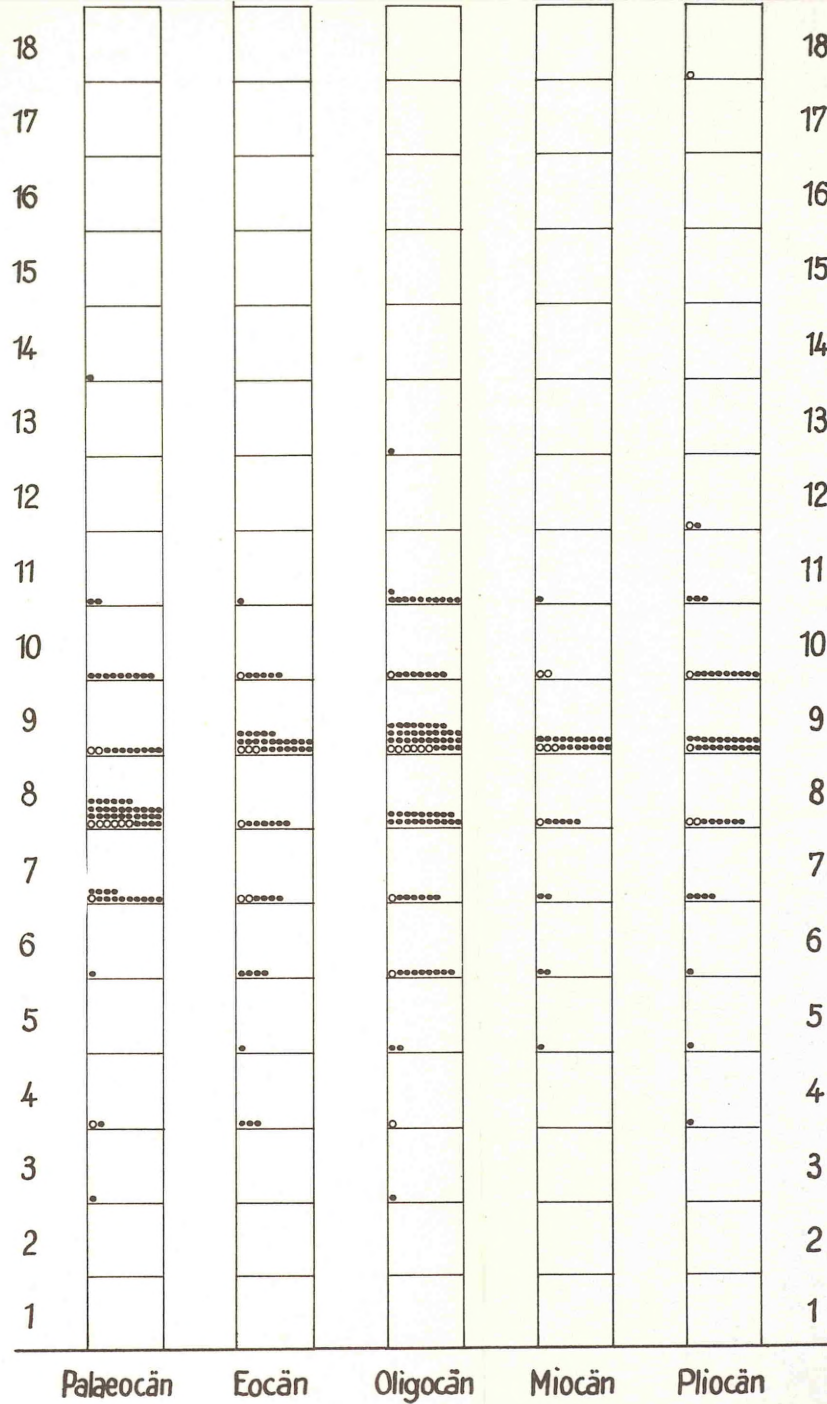
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1

18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1



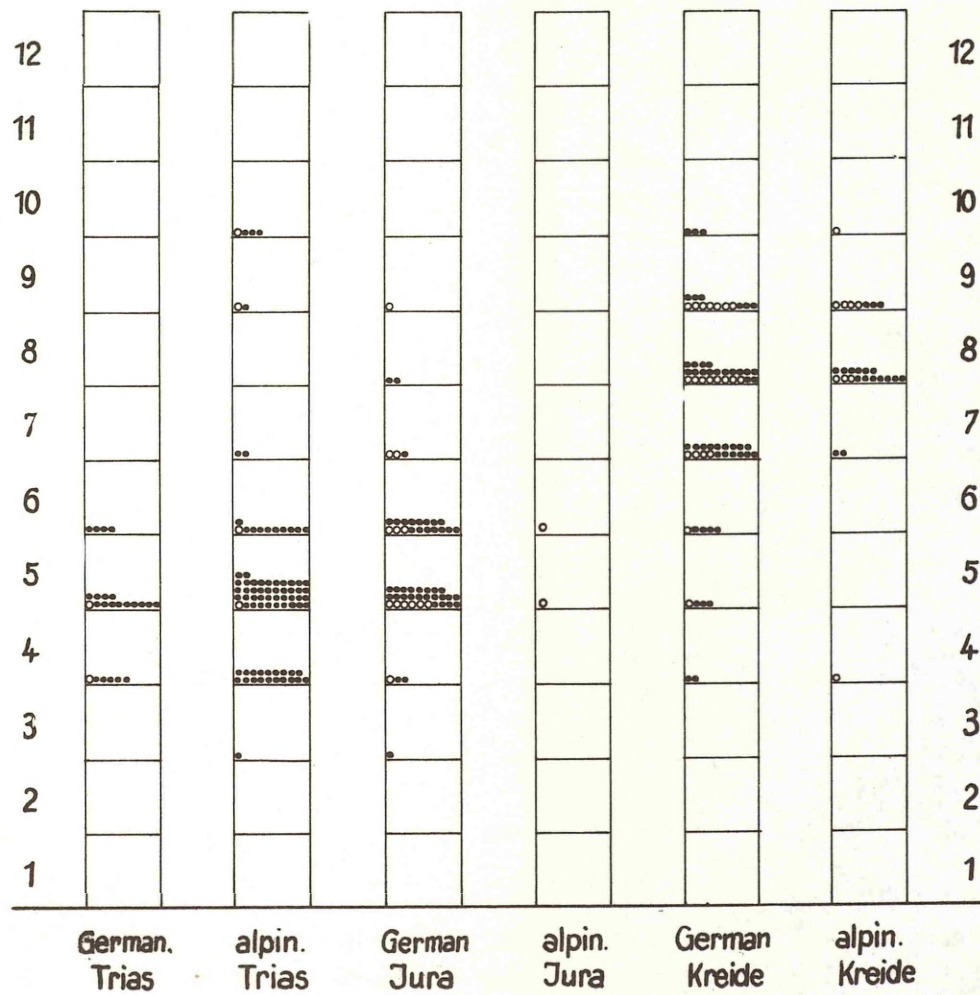




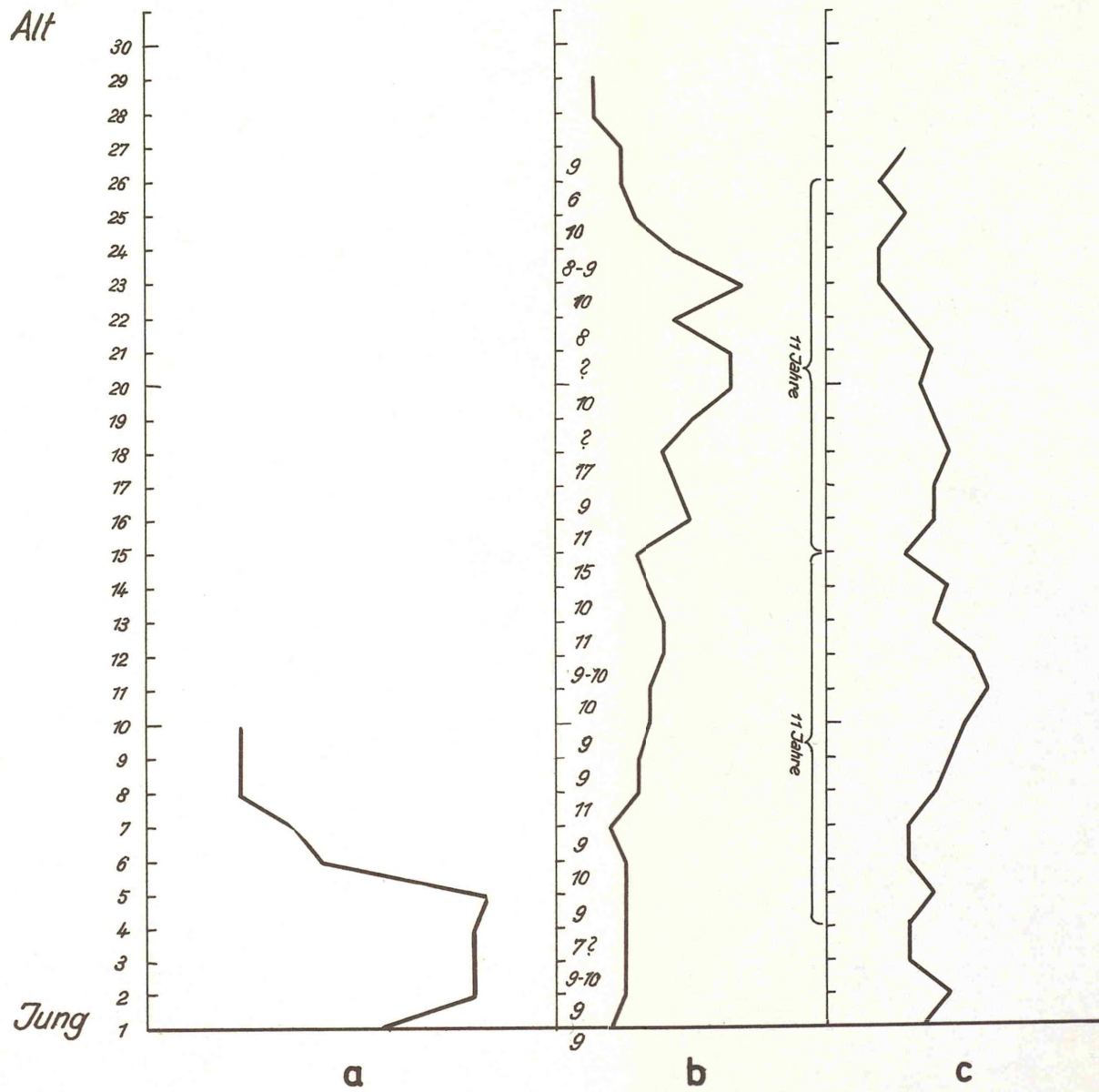




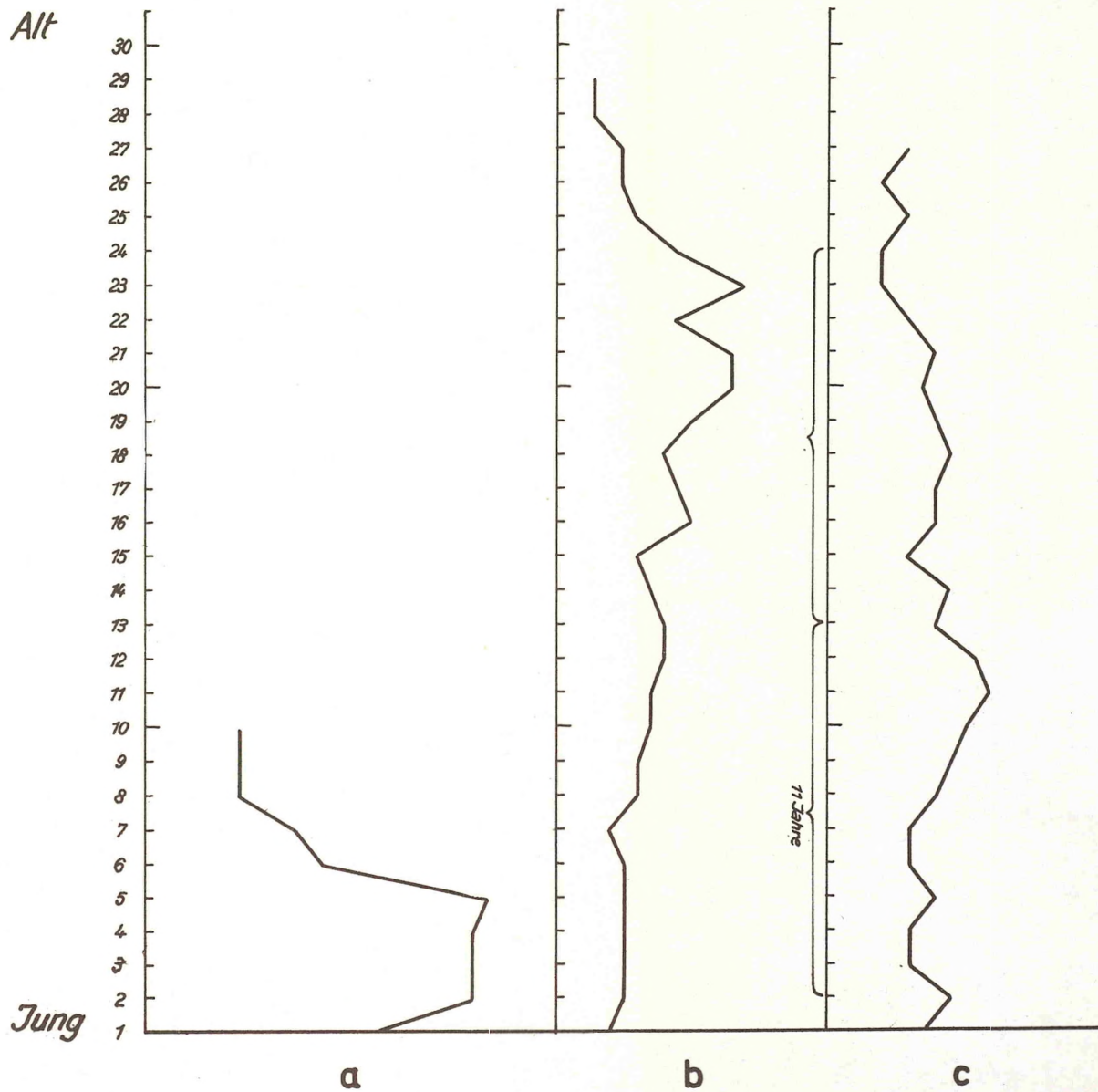














Alt

Jung

