

Über den Ossifikationsprozess des Skelettes bei *Siredon mexicanus* Shaw

Autor(en): **Kälin, J. / Keller, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles =
Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg**

Band (Jahr): **37 (1942-1944)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-308172>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Über den Ossifikationsprozess des Skelettes bei *Siredon mexicanus* Shaw

von J. KÄLIN und R. KELLER.

Von verschiedener Seite wurde auf den Mangel an Arbeiten hingewiesen, welche die Gesetzmässigkeiten des Ossifikationsmodus bei Wirbeltieren im Zusammenhang des Gesamtskelettes erkennen lassen. Aus diesem Grunde haben schon SCHINZ und ZANGERL (1937) erstmals der Osteogenese dreier Vogelarten (*Gallus domesticus* L., *Columba domestica* L. und *Podiceps cristatus* L.) eine vergleichende Untersuchung gewidmet. Ihr Ergebnis bestärkt die Erwartung, dass der Vergleich der Verknöcherungsweise bei verschiedenen Gruppen zu morphologisch bedeutsamen Resultaten führen wird. Dass an solchen Arbeiten auch die Paläontologie in hohem Masse interessiert ist, liegt auf der Hand. Besonders spürbar ist die Lücke unserer diesbezüglichen Kenntnisse vor allem bei den Amphibien. Denn soweit die einschlägigen Untersuchungen über die Amphibien unser Thema berühren, handelt es sich stets um eine deskriptive Behandlung einzelner Skelettabschnitte; eine Übersicht, welche irgendwelche Gesetzmässigkeit im Gesamtverlauf des Ossifikationsprozesses der Lurche erkennen liesse, fehlt vollständig. Vor allem erscheint es wünschbar, zunächst die entsprechenden Verhältnisse bei den primitiven Urodelen aufzuklären. Die vorliegenden Mitteilungen zum Ossifikationsprozess sind einer Arbeit entnommen, welche R. KELLER dem mexikanischen Axolotl, *Siredon mexicanus* SHAW, gewidmet hat und die noch im Laufe dieses Jahres zum Abschluss gelangen wird.

Material und Technik.

Zur Untersuchung gelangten 269 Tiere fast durchwegs verschiedener Grösse. Sie entstammten dem Vivarium des Zoologischen Instituts der Universität Freiburg. Die Temperatur des Kulturwassers betrug für alle Objekte vom Beginn der Entwicklung bis zum Zeitpunkt der Fixierung 15° C ($\pm 0,5^\circ$). Davon entfallen 234 Individuen auf Durchsichtigkeitspräparate, 28 auf Schnittserien, und 7 wurden zu Röntgenuntersuchungen benützt.

Die Methode zur Herstellung der Aufhellungspräparate deckt sich weitgehend mit jener, welche SCHINZ und ZANGERL im Anschluss an SPALTEHOLZ (1911) und PETRI (1935) mitgeteilt haben. Da aber nach unsern Erfahrungen gewisse Modifikationen der Technik sich aufdrängten (die Behandlung mit Kalilauge ist ausgeschaltet worden), sei hier der Arbeitsgang kurz zusammengefasst.

1. Narkotisieren in mit Aether durchgeschütteltem Wasser (ROMEIS § 103).
2. Fixation in 4%iger schwach ammoniakalischer Formollösung, 1-7 Tage.
3. Auswaschen in fliessendem Leitungswasser, $\frac{1}{2}$ -4 Tage.
4. Bleichen in einem Gemisch von 4%igem Wasserstoffsuperoxyd und 2% Ammoniak bis zum Hellrotwerden der Augen.
5. Auswaschen in Aqua dest. im Vakuum der Wasserstrahlpumpe, $\frac{1}{2}$ -3 Std.
6. Entfetten in einem Gemisch von absolutem Alkohol und Aether (1:1), 2-14 Tage, dem je dreitägige Stufen von schwach ammoniakalischem 70-, 80- und 96%igem Alkohol vorgeschaltet wurden.
7. Absteigende Alkoholreihe über die nämlichen Konzentrationen, je 24-48 Std.
8. Auswaschen in Aqua dest. (mehrmals gewechselt), 1-3 Tage.
9. Durchtränken des Materials in 0,3%iger Natronlauge bei Zimmertemperatur, 1-10 Tage. Eine sich bräunende Lösung ist so oft zu ersetzen, bis sie farblos bleibt.
10. Färbung in 1%iger Natronlauge, der so viel einer in 96%igem Alkohol gesättigten Lösung von alizarinsulfosaurem Natrium zugefügt wurde, bis ein rotvioletter Farbton entstand (Zimmertemperatur, 4-7 Tage).
11. Differenzieren in Aqua dest. bis nur noch die verkalkten Skeletteile rot erscheinen. Bei grösseren Objekten empfiehlt es sich, nach 24 Std. das dest. Wasser durch 70%igen Alkohol zu ersetzen, diesen nach 12 Std. wieder durch Aqua dest. usw., bis alle überschüssige Farbe geschwunden ist.
12. Für je drei Tage übertragen in 70-, 80- und 96%igen Alkohol, reinen Aether, Benzol und Wintergrünöl.
13. Entlüftung in Wintergrünöl durch Wasserstrahlpumpe, 1-2 Std.
14. Aufbewahren in einem Gemisch von 5,4 Gewichtsteilen Wintergrünöl und 1 Gwt. Isosafrol.

Um wenn möglich den Einfluss der Metamorphose auf den Ossifikationsmodus festzustellen, gelangten 20 Tiere zur Untersuchung, welche mit Thyroxin vorbehandelt worden waren. Nach dem Verfahren von STÄUBLE (1942) betrug die Dosis des Thyroxins (Roche) ¹ pro Liter Aquariumwasser vom 1.-10. Tag 10 γ , vom 11.-15. Tag 15 γ , vom 16.-20. Tag 20 γ und vom 21. Tag bis zur Fixierung nach weitem 140 Tagen 30 γ .

¹ Der Firma HOFFMANN-LA ROCHE & Co sei für die freundliche Überlassung von Thyroxin bestens gedankt.

A. Allgemeines über den Verlauf des Ossifikationsprozesses.

a. Beziehungen zu Alter und Totallänge.

Der Vergleich von Körperlänge und Alter mit den im folgenden unterschiedenen Ossifikationsstufen hat ergeben, dass die Beziehung der letzteren zur Körpergrösse viel enger ist als jene zum individuellen Alter, eine Sachlage, die offenbar mit der Variabilität der Wachstumsgeschwindigkeit zusammenhängt. Dieser Sachverhalt konnte besonders deutlich an einem Material von 100 Wirbelsäulen festgestellt werden. Das Ergebnis findet sich in Fig. 1 graphisch dargestellt. Auf der Horizontalen sind in gleichmässigen Abständen die 100 erwähnten Individuen abgetragen worden. Senkrecht dazu finden sich die jeweiligen Werte der 81 Längsstufen, 41 Ossifikationsgrade (siehe Skala links), und 40 Altersstufen (siehe Skala rechts) eingetragen. Die Kurve L veranschaulicht die Längsstufen, die Kurve O die Ossifikationsgrade und die Kurve A die Altersstufen. Wie sich aus dem Vergleich unmittelbar ergibt, stellt der Verlauf der « Längsenkurve » ungefähr den Mittelwert der « Ossifikationskurve » dar, während diese in Bezug auf die « Alterskurve » trotz sehr geringer Temperaturschwankungen ($\pm 0,5^{\circ}$ C) viel stärkere Abweichungen aufweist.

b. Der allgemeine Verlauf des Ossifikationsmodus.

Tabelle 1 zeigt die Reihenfolge, in welcher zum ersten Mal beginnende Verknöcherung verschiedener Elemente an 38 Individuen beobachtet werden konnte. Diese letzteren sind derart aus dem Material von 262 Axolotln ausgewählt worden, dass kein einziges jener Skelettelemente innerhalb des gesamten Materials auf einer niedrigeren Längsstufe zu initialer Ossifikation gelangt ist; die Längsstufen sind in der gleichen Tabelle in mm angegeben worden. Damit ist eine gewisse individuelle Variabilität der Reihenfolge initialer Ossifikationen keineswegs ausgeschlossen. So kann z. B. das Sphenethmoid bereits verknöchert erscheinen, während der Trochanter tibialis noch keine Spur von Kalkeinlagerung erkennen lässt.

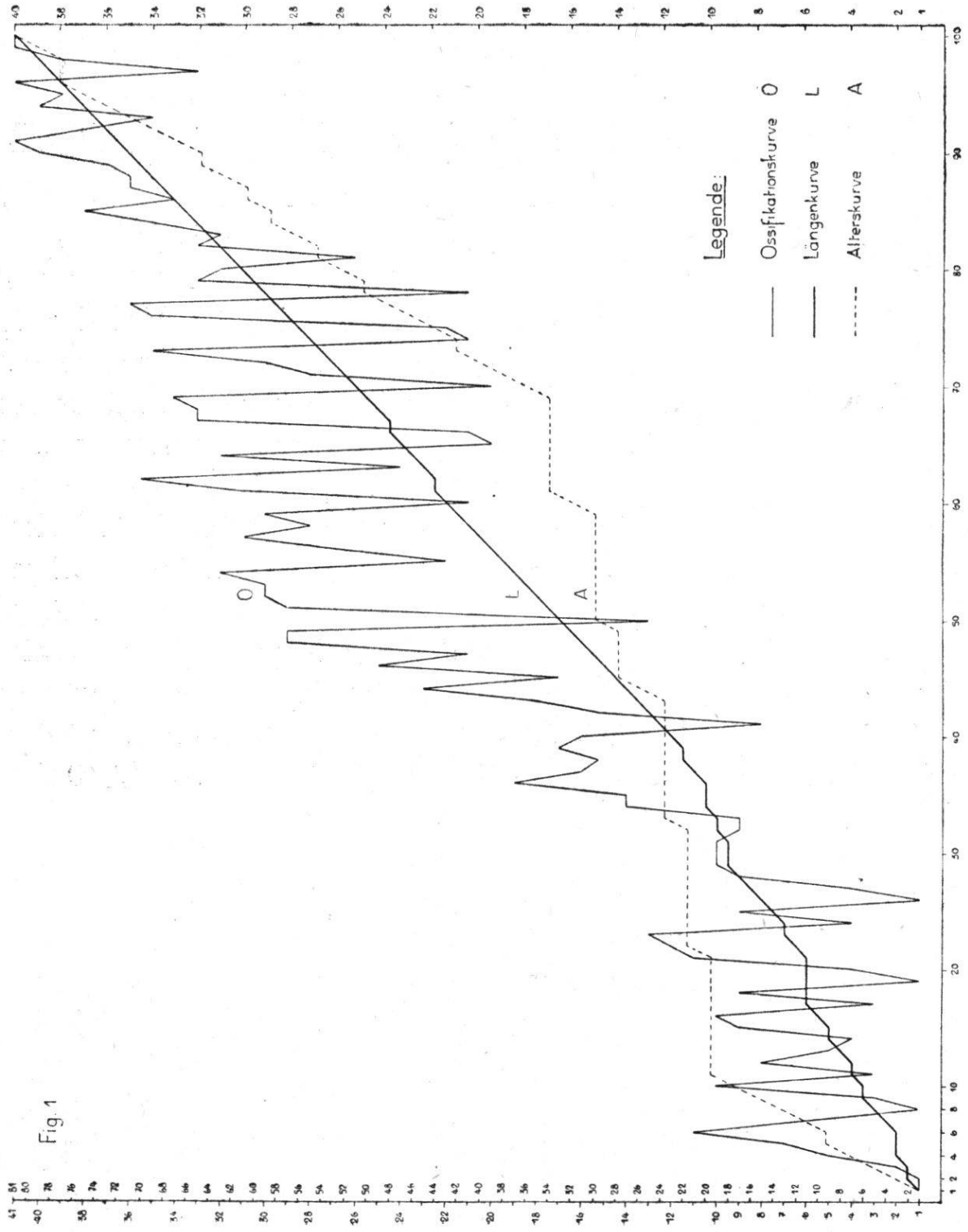


TABELLE I

*Reihenfolge der initialen Ossifikation einzelner Skeletteile
an 38 Individuen.*

	Ossifikations- stufe	Skeletteil	Totallänge
I. Etappe	1	Dentale	10,5 mm
		Spleniale	
		Goniale	
		Vomer	
		Palatinum	
		Pterygoid	
		Parasphenoid	
		Praemaxillare	
		Squamosum	
	3	Basalplatte	11,0
		Frontale	
	4	Neurapophyse	14,5
II. Etappe	5	Parietale	19,2
		Humerus	
	6	Metacarpale II	21,3
	7	Ulna	22,3
		Metacarpale I	
		1. und 2. Finger	
	8	Quadratum	23,0
	9	Maxillare	23,6
	10	Metacarpale III	24,5
	11	Pleurooccipitale	26,0
12	Radius	26,3	
13	Metacarpale IV	28,2	
14	Occipitalplatte	32,3	
15	3. und 4. Finger	33,0	
III. Etappe	16	Femur	34,1
	17	Centrapophyse ¹	36,3

¹ = Querfortsatz, der aus einer autocentralen Wirbelkörperanlage hervorgegangen ist.

	Ossifikations- stufe	Skeletteil	Totallänge	
III. Etappe	18	Metatarsale I-III 2. Zehe Fibula	38,3	
	19	Tibia	42,0	
	20	1. Zehe	47,5	
	21	Haemapophyse	48,5	
	22	3. Zehe	49,0	
		Metatarsale IV		
	23	Metatarsale V	51,0	
	24	4. und 5. Zehe	55,0	
	25	Praefrontale	55,1	
	26	Anarcapophyse ¹ Praesacralrippen	57,1	
	27	Sacralrippe	64,0	
	28	Praezygapophyse	71,1	
	IV. Etappe	29	Capsula auditiva Nasale Pars scapularis	91,0
		30	Postzygapophyse Pars iliaca	96,0
31		Pars ischiadica Tuberculum ulnare Tuberculum radiale Crista tibiae	160,0	
32		Trochanter tibialis	175,0	
33		Sphenethmoid Pars procoracoidea Pars coracoidea	188,0	
34		Operculum Processus ischiadicus	200,0	
V. Etappe		35	Intermedium tarsi	ca 250 mm
		36	Cristae interosseae Pars pubica	ca 255

¹ = Querforsatz der aus den Neurapophysen hervorgegangen ist.

Ossifikations- stufe	Skeletteil	Totallänge
37	Syncentrale tarsi ¹ Syntarsale ² Fibulare Intermedium carpi ¹ Syncentrale carpi	293
38	Syncarpale ²	ca 300

Aus Tabelle 1 ergibt sich, dass man in der Reihenfolge der initialen Ossifikation zweckmässig folgende 5 Etappen unterscheiden kann:

1. Etappe: Initiale Verknöcherung an Schädel (Dentale, Spleniale, Goniale, Vomer, Palatinum, Pterygoid, Parasphenoid, Praemaxillare, Squamosum) und Wirbelsäule (craniocaudal fortschreitend bis maximal zum 19. Wirbel (meist 1. Caudalwirbel)).

2. Etappe: Initiale Ossifikation an den Elementen der vordern freien Extremität mit Ausnahme des Basipodium (Carpus). Die Ossifikation der Phalangen verläuft im allgemeinen in einem und demselben Strahl mehr oder weniger gleichzeitig (zuerst im 1. und 2. Strahl, dann im 3. und 4. Strahl). Initiale Ossifikation an weitem Schädelknochen (Parietale, Quadratum, Maxillare und Pleurooccipitale).

3. Etappe: Initiale Ossifikation an den Elementen der hintern freien Extremität mit Ausnahme des Basipodium (Tarsus), an Parietale und an den Rippen (Praesacralrippen und Sacralrippe).

4. Etappe: Initiale Ossifikation von Schulter- und Beckengürtel.

5. Etappe: Ossifikationsvorgänge, die ausschliesslich erst bei Adulttieren³ ihren Anfang nehmen. Es handelt sich dabei um die Osteogenese in den Basipodien der vorderen und hintern Extremität

¹ Siehe Anmerkung pag. 44.

² Das aus der Vereinigung von Carpale distale 1 und 2 entstandene Stück trägt den Namen Syncarpale; das Verschmelzungsprodukt von Tarsale distale 1 und 2 wird als Syntarsale bezeichnet.

³ Individuen, welche eine Totallänge von 250 mm erreicht oder überschritten haben, bezeichnen wir als « Adulttiere ».

sowie in der Pars ischiopubica, ferner um die Ossifikation der Cristae interossea¹ an Ulna und Radius.

Die Etappen und Stufen des Ossifikationsmodus sind mit den Totallängen der zugrunde gelegten Individuen und der initialen Ossifikation bestimmter Regionen in Fig. 2 graphisch dargestellt.

Die beginnende Osteogenese der Schädelknochen vollzieht sich zur Hauptsache in den ersten vier Etappen. In der V. Etappe kommt es nur noch zur Weiterentwicklung und Vereinigung schon bestehender Ossifikationsbereiche.

In Tafel I und II ist der Ossifikationsmodus des Schädels dargestellt. Die Zuordnung der Elemente zu den einzelnen Etappen von Fig. 2 ist durch verschiedene Tönung angegeben (hellgrau die zuerst, schwarz die zuletzt von der Verknöcherung ergriffenen Teile).

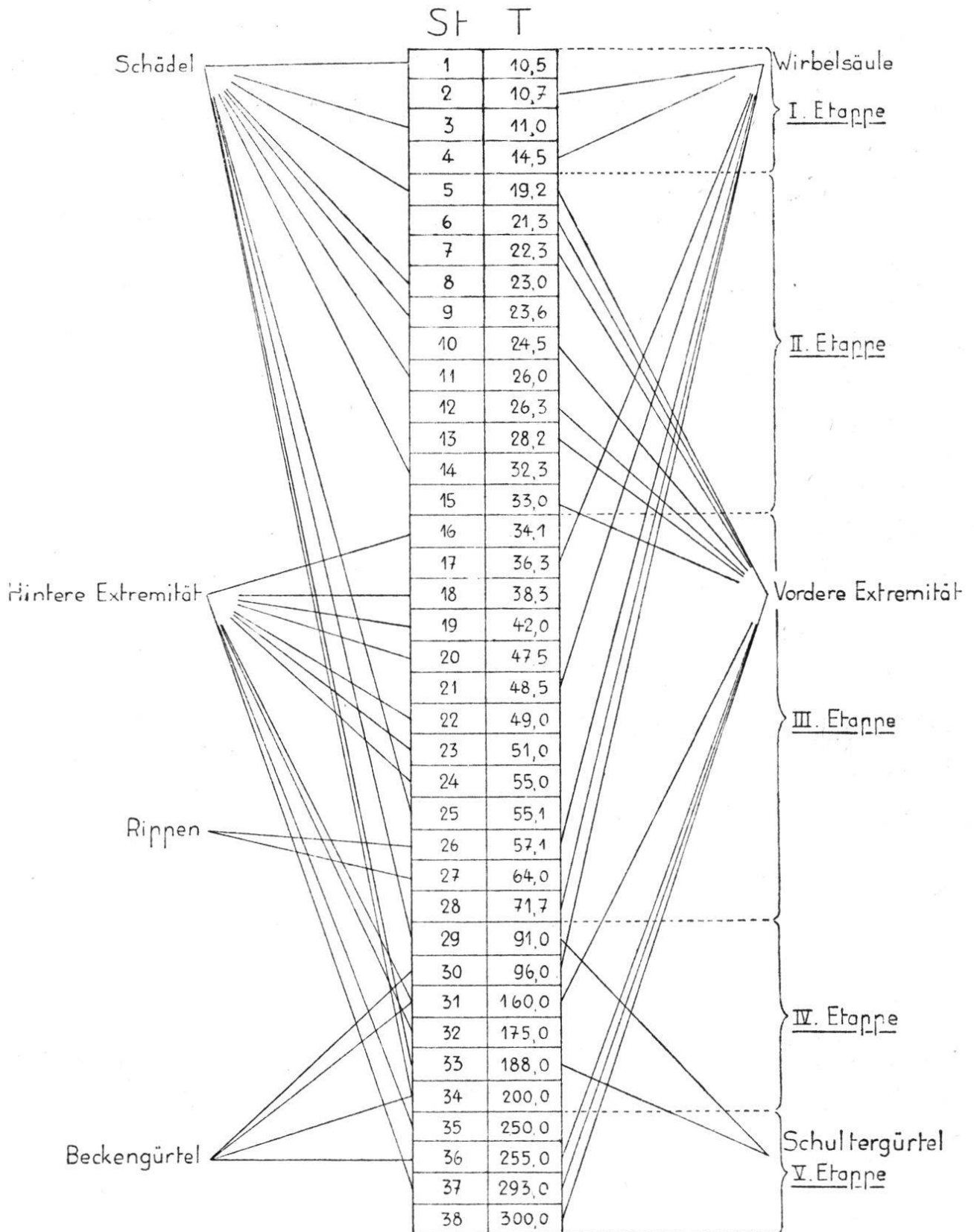
Die zuerst von der Verknöcherung ergriffenen Teile sind vornehmlich jene, welche mit der Verfestigung der Mundhöhle in engerer Beziehung stehen. Im Gegensatz zu den Angaben von O. HERTWIG (1874) gehört das Parasphenoid von Siredon zu den zuerst ossifizierenden Elementen.

Das Spleniale erreicht auf der 2. Etappe seine maximale Ausdehnung und trägt hier 3-4 Reihen gut entwickelter Zähne. In der 5. Etappe ist sein Zahnbestand beinahe einreihig geworden (Wasserform von ca 255 mm). Auch die vorübergehend 2-reihigen Zähne des Praemaxillare sind zu der ursprünglichen uniserialen Ordnung reduziert worden.

Die Ossifikation der Wirbel ergreift zuerst das Gebiet des Wirbelkörpers und der Neuralbogen. Sie ist anfänglich auf den mittleren Bereich des späteren Wirbelkörpers beschränkt, zeigt aber verschiedene Varianten. Die Anlage des Wirbelkörpers ist autocentral. Später dehnt sich die Ossifikation des Corpus vertebrae cranial und caudad aus. Erst verhältnismässig spät ergreift sie die Querfortsätze, die Haemalbogen und die Praezygapophysen, zuletzt die Postzygapophysen. Die Neurapophysen des 1. und 2. Wirbels bilden eine Synostose.

Die in der Regel als « Parapophysen » benannten Querfortsätze erweisen sich auf Grund von Schnittserien als Centrapophysen

¹ = die einander zugewandten Längskanten von Ulna und Radius.



Figur 2: Graphische Darstellung des Ossifikationsmodus.

Die meist schrägen Linien zeigen die Beziehung der initialen Ossifikation in bestimmten Regionen des Skelettes zu den 38 unterschiedenen Ossifikationsstufen (St) an. (So erkennt man z. B., dass auf den Stufen 1, 3, 5, 8, 9, 11, 14, 25, 29, 33 und 34 die Verknöcherung von Schädelelementen einsetzt.) Ausserdem sind die Totallängen (T) der zugrunde gelegten Individuen in mm angegeben.

(Fortsätze der autocentralen Wirbelkomponente), die « Diapophysen » der meisten Autoren dagegen als Anarcapophysen (Fortsätze der obern Bogenteile). Der Göppert'sche Rippenträger von *Siredon mexicanus* und wahrscheinlich überhaupt der primitiven Urodelen ist also ein Verschmelzungsprodukt von Anarcapophyse und Centrapophyse.

Im Vergleich zu den von SCHINZ und ZANGERL (1937) an Vögeln erhobenen Befunden fällt auf, dass bei *Siredon mexicanus* SHAW 1. die Ossifikation von Schädelknochen in weitem Umfang derjenigen der Extremitäten vorseilt und 2., im Unterschied zu den Vögeln (und nach den Feststellungen von KNÜSEL (1944) zu den Crocodyliden) die Ossifikation der vordern Extremität deutlich vor derjenigen der hintern einsetzt.

Der Ossifikationsmodus der freien Extremitäten ist in Tafel III dargestellt.

B. Unterschiede der Ossifikation zwischen Land- und Wasserform.

a. Der Schädel.

Bei der Gegenüberstellung der Schädel von Land- und Wasserform erscheinen die entsprechenden Partien des metamorphosierten Axolotls zum Grossteil auffallend kurz und breit. Die Länge des Schädels bleibt bei der Landform im Verhältnis zur Breite um ca. 20% hinter jener der Wasserform zurück. Besonders wichtig erscheinen bei der Metamorphose, also beim Übergang zur Landform, die Veränderungen an Vomer, Pterygoid, Parietale und Sphenethmoid, die Reduktion des Gebisses an Vomer und Spleniale, sowie die Rückbildung der Ossifikation des Spleniale. Dabei handelt es sich vor allem um folgendes:

Der Vomer stellt bei der vollentwickelten Wasserform einen relativ schmalen Knochen mit 3-5 Zahnreihen dar. Der Vomer der Landform dagegen ist zu einer umfangreichen Platte ausgewachsen, auf der die einzige noch verbliebene Zahnreihe ganz an deren Hinterrand « verschoben » erscheint. Eigentümlich ist auch, dass der Vomer sich mit dem vom Pterygoid losgelösten Palatinum zur Vomeropalatinplatte zusammenschliesst, was bei der Wasserform niemals der Fall ist.

Das ossifizierte Spleniale ist schon bei einer Landform von 107,7 mm stark reduziert. Bei einem Exemplar von 132 mm fehlt vom Spleniale selbst die geringste Spur einer Verknöcherung.

Das Pterygoid bildet seine vordere Partie während der Metamorphose zurück und wird bei der Landform mit seinem Vorderende mehr und mehr nach aussen abgedrängt. Der Winkel zwischen der medialen Längskante des Pterygoid und der Sagittalebene nimmt dadurch beträchtlich zu (bis ca. 20°).

Das Parietale erstreckt sich bei der Landform einer Totallänge von ca. 125 mm bis zum Praefrontale und erreicht somit eine Ausdehnung, die erst bei einer Wasserform von ca. 255 mm konstatiert werden kann.

Das Sphenethmoid weist dort einen Verknöcherungsumfang auf, der relativ zur Grösse des Schädels sogar grösser ist als bei einem larvalen Individuum von 200 mm.

Die Bezahnung von Praemaxillare und Maxillare ist bei der Landform homogener und kräftiger als bei der Wasserform.

b. Wirbelsäule und Rippen.

Die Ossifikation bei der mit Thyroxin zur Metamorphose gebrachten Landform ist in der Wirbelsäule viel stärker als bei den zugeordneten Kontrolltieren. Bei einem solchen von 140 mm ist die Verknöcherung bis in das Corpus des 18. Caudalwirbels vorge drungen, an der entsprechenden Landform von 110,3 mm dagegen bis zum 26. Caudalwirbel. Auch die Rippen sind merklich intensiver verknöchert als bei den Kontrolltieren.

c. Schulter- und Beckengürtel.

Eine Landform von 134 mm verfügt über einen ausgedehnten ossifizierten Schultergürtel als eine Larve von 255 mm.

Die Verknöcherungsunterschiede des Beckengürtels zeigen sich besonders in der Pars ischiopubica. Nachstehende Tabelle vermittelt eine kurze Übersicht:

	<i>Landform</i>		<i>Wasserform</i>		
	Totallänge	Pro- zentuale Verknöche- rung der Pars ischio- pubica	Totallänge	Pro- zentuale Verknöche- rung der Pars ischio- pubica	
Thyroxin- tiere	{ 107,7 mm 130,3 » 213,8 »	{ ca. 50% ca. 50% ca. 75%	zugeordnete Kontrolltiere	{ 148 mm 162,1 » ca 255 »	{ 0% ca. 25% ca. 60%

d. Freie Extremität.

Die Ossifikation der langen Extremitätenknochen (Stylo-, Zeugo-, Meta- und Acropodium) ist bei der Landform ausgedehnter als bei den Kontrolltieren. Ein Landtier von 219 mm zeigt im Tarsus deutliche Knochenherde im Intermedium, Syncentrale¹ und Fibulare. Von den Carpalia ist das Intermedium schwach, Ulnare, Syncentrale und Carpale distale IV sind nur spurenweise ossifiziert. Die zugehörige Kontrolllarve (247 mm) hat in keinem ihrer Basipodien irgendwelche Kalkeinlagerung aufzuweisen. Bei einer noch kleinern Landform (213,8 mm) ist sowohl im Tarsus als auch im Carpus der Ossifikationsprozess weiter gediehen als beim Objekt von 219 mm. Beim erwähnten Exemplar von 219 mm ist 10 Monate später trotz ungefähr gleich gebliebener Körpergrösse die Ossifikation der Basipodien viel stärker geworden. Im Tarsus sind erstmals sämtliche Stücke mehr oder weniger verknöchert. Dasselbe gilt für die vordere Extremität auf der linken Seite, während rechts am Radiale noch keine Ossifikation nachweisbar ist.

¹ In Anlehnung an die von KNÜSEL (1944) vorgeschlagene Terminologie wird mit Syncentrale jenes Carpus- oder Tarsuselement bezeichnet, das STEINER (1921) an 2 Siredonarten (*Siredon opacus* GRAVH. und *Siredon tigrinus* GREEN) als Verschmelzungsprodukt aus Centrale radiale und Centrale ulnare, resp. Centrale tibiale und Centrale fibulare nachgewiesen hat.

Wichtigste Literatur:

- HERTWIG, O.: *Über das Zahnsystem der Amphibien und seine Bedeutung für die Genese des Skelets der Mundhöhle.* Arch. mikr. Anat. 11. Bd., 1874.
- KNÜSEL, P. L.: *Beiträge zur Morphologie und Funktion der Crocodiliden-Extremitäten.* Sarnen, Ehrli, 1944.
- PETRI, CH.: *Die Skelettentwicklung beim Meerschwein.* Vierteljahrschrift der Nat.forsch. Ges. Zürich, Bd. 80, 1935.
- ROMEIS, B.: *Taschenbuch der mikroskopischen Technik.* München-Berlin, 14. Aufl., 1943.
- SCHINZ, H., und ZANGERL, R.: *Beiträge zur Osteogenese des Knochensystems beim Haushuhn, bei der Haustaube und beim Haubensteissfuss.* Denkschriften der Schweiz. Naturf. Ges. Bd. 77, 1937.
- SPALTEHOLZ, W.: *Über das Durchsichtigmachen von menschlichen und tierischen Präparaten und seine theoretischen Bedingungen.* Leipzig, 1911.
- STÄUBLE A.: *Über den Brustschulterapparat und die hypaxonische Rumpfmuskulatur der Urodelen, insbesondere bei Hynobius peropus Boul. und Siredon mexicanum Shaw.* Rev. suisse Zool., Bd. 49, 1942.
- STEINER, H.: *Hand und Fuss der Amphibien, ein Beitrag zur Extremitätenfrage.* Anat. Anzeiger, 1921.

Legende zu Tafel I-III.

Tafel I.

Schema des Ossifikationsmodus am Schädel. Dorsalansicht.

Bezeichnungen: Fr Frontale, Ma Maxillare, Na Nasale, Par Parietale, Pm Praemaxillare, Pra Processus anterior o. maxillaris, Prf Praefrontale, Prn Processus nasalis o. maxillaris, Pro Processus orbitalis o. parietalis, Prp Processus posterior o. maxillaris, Prpm Processus ascendens o. praemaxillaris.

Hellgrau	=	I. Etappe	Dunkelgrau	=	III. Etappe
Mittelgrau	=	II. Etappe	Schwarz	=	IV. Etappe

Tafel II.

Schema des Ossifikationsmodus am Schädel. Ventralansicht.

Bezeichnungen: Bp Basalplatte, Ca Capsula auditiva, De Dentale, Fcp Fenestra basicranialis posterior, Fv Fenestra vestibuli, Go Goniale, Op Operculum, Opl Occipitalplatte, Pal Palatinum, Plo Pleurooccipitale, Ps Parasphenoid, Pt Pterygoid, Qu Quadratum, Se Sphenethmoid, Spl Spleniale, Vo Vomer.

Darstellung der Etappen wie in Tafel I.

Tafel III.

Abb. 1: Schema des Ossifikationsmodus an der vorderen freien Extremität.

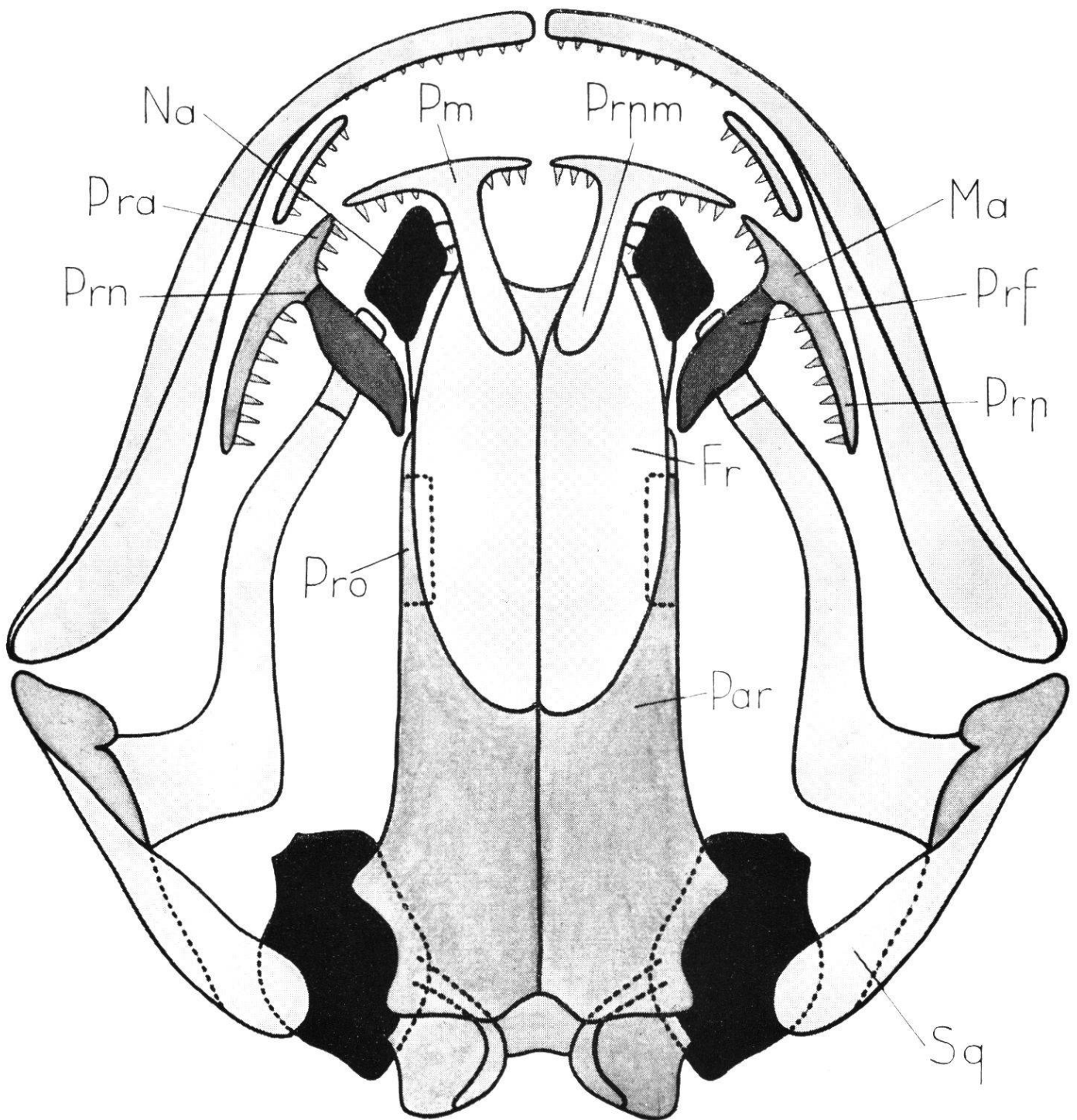
Bezeichnungen: Cd Carpale distale, Ci Cristae interossae, Cpp Carpale praepollicis, Int Intermedium, H Humerus, Mc Metacarpale, Phm Phalangen, R Radius, Ra Radiale, Sca Syncarpale, Sce Syncentrale, Tr Tuberculum radiale, Tu Tuberculum ulnare, U Ulna, Ul Ulnare.

Mittelgrau	=	II. Etappe	Schwarz punktiert	=	V. Etappe.
Schwarz	=	IV. Etappe			

Abb. 2: Schema des Ossifikationsmodus an der hinteren freien Extremität.

Bezeichnungen: Cr Crista tibiae, F Fibula, Fe Femur, Fi Fibulare, Int Intermedium, Mt Metatarsale, Php Phalangen, Sce Syncentrale, Sta Syntarsale, T Tibia, Td Tarsale distale, Ti Tibiale, Tph Tarsale praehallucis, Tt Trochanter tibialis.

Dunkelgrau	=	III. Etappe	Schwarz punktiert	=	V. Etappe.
Schwarz	=	IV. Etappe			



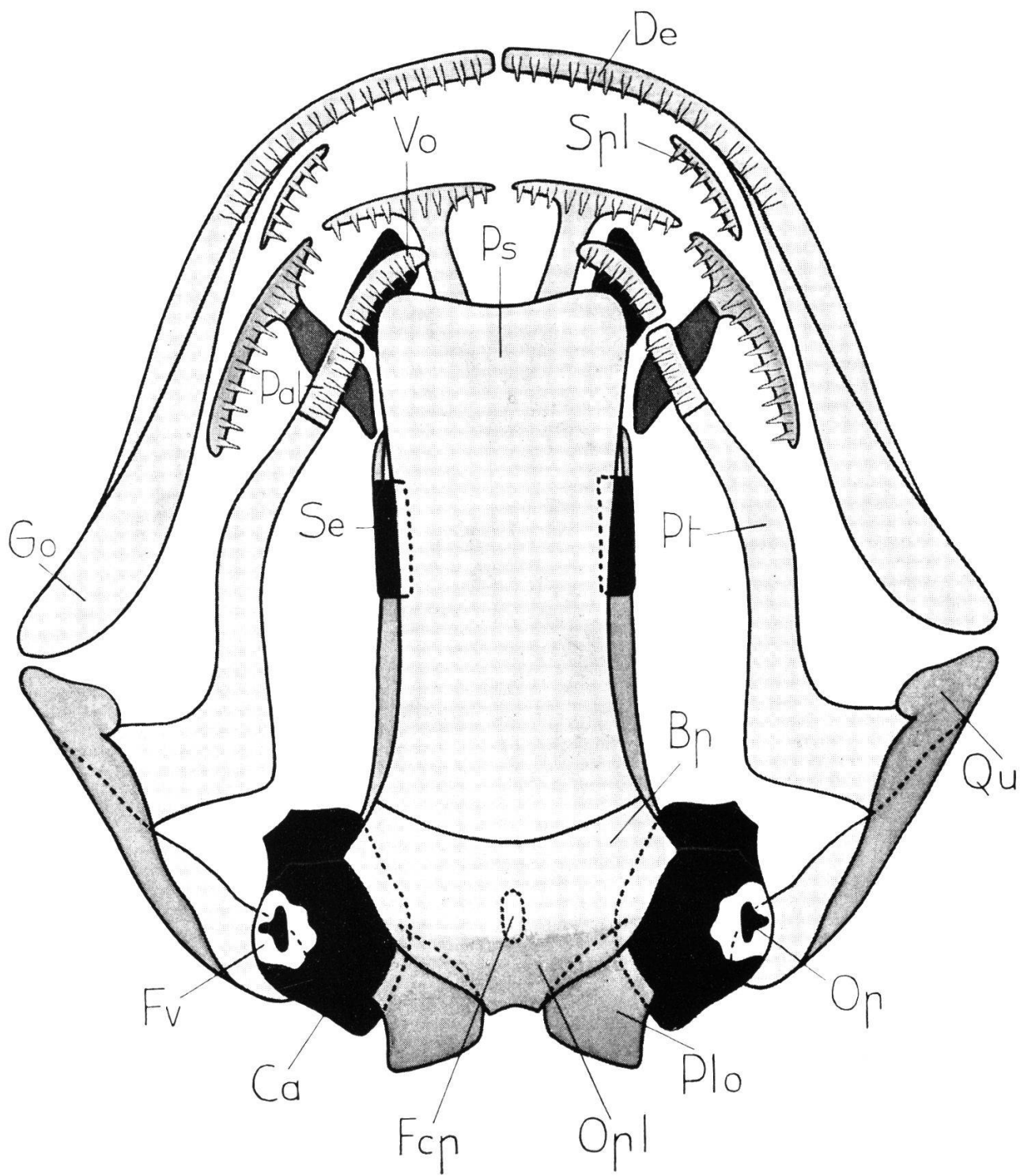


Abb. 1

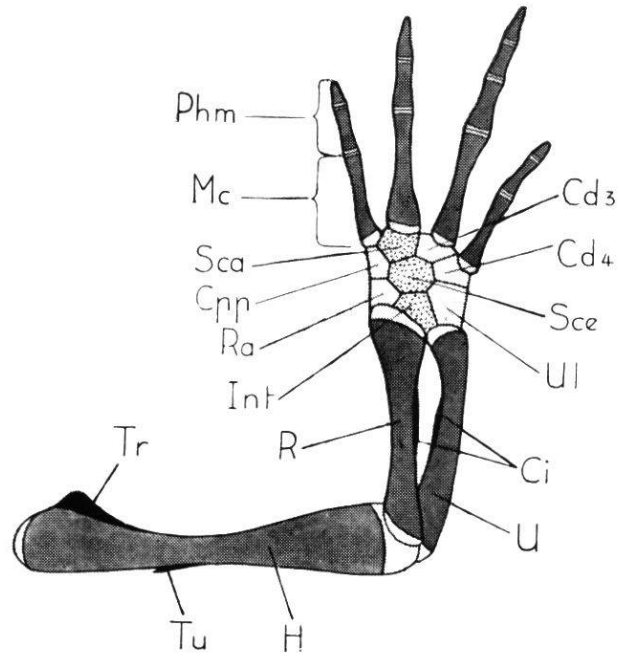


Abb. 2

