

# Das Gesetz vom Eisen in Zähnen und andern Knochengebilden der Fische und Amphibien.

Von  
**Professor Dr. Robert Schneider**  
 in Berlin.

Daß das Eisen in oxydischer Form in bestimmten Gewebeschichten mancher Zähne eine ständige Rolle spielt, hat schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts von Bibra in seinem klassischen Analysenwerke<sup>1)</sup> einwandfrei festgestellt, indem er den gelben oder roten Schmelzüberzug an den Vorderzähnen gewisser Nagetierfamilien als von Eisenoxyd herrührend nachwies. Dies gilt nach eigenen Vergleichsuntersuchungen auch für die braunen Zahnschmelzen einzelner Soricidengruppen, wie ich seinerzeit mitgeteilt habe.<sup>2)</sup>

Aber die Natur macht einen viel ausgiebigeren und großzügigeren Gebrauch von der physiochemischen Verwertbarkeit des Elementes Eisen in den Zahngeweben, indem sie dieselbe in zwei ganzen Vertebratenklassen zum Gesetze erhebt. Dieses, gleich vorangestellt, lautet: die Zähne der Fische und Amphibien führen allgemein in ihrer Außenregione eine histogen fixierte und begrenzte Eisenschicht.<sup>3)</sup> Dieselbe kann direkt durch die Ferrocyankalium- oder Schwefelammonium-Reaktion deutlich gemacht werden.

Der Erscheinung dieses Zahneisens schlechthin bei Fischen, und Amphibien tat ich schon mehrfach in früheren Schriften Erwähnung.<sup>4)</sup>

1) Ernst Bibra, Chemische Untersuchungen über die Knochen und Zähne. Schweinfurt 1844. S. 80 f.

2) Zeitschr. Humboldt, Verbreitung und Bedeutung des Eisens im animal. Organismus. Bd. VIII Heft 9, Septbr. 1889 separ. S. 6.

3) In den v. Bibra'schen Analysen von Fischzähnen (a. a. O. S. 277 f.) findet sich keine spezielle Angabe für Eisen; der betr. Aschenbestandteil ist einfach unter „Salze“ gerechnet.

4) Ueber Eisenresorption in tier. Organen u. Geweben. Abhandl. der Preuß. Akademie d. Wissensch. Berlin 1888. S. 37, 41, 45, 52. — Humboldt,

O. Fig. IVa. — Naturwissenschaftl. Rundschau Dr. W. Sklarek: Das Eisen im Körper meerbewohnender Tiere. IV Jahrg. Nr. 43, Oktbr. 1889.

Die Sache scheint mir aber einer nochmaligen zusammenfassenden und teilweise ausführlicheren Besprechung wert zu sein, da sie einerseits, wie ich feststellte, selbst Fachleuten noch unbekannt war, andererseits von gewisser Seite Zweifel in die Stichhaltigkeit dieser und anderer Eisennachweise gesetzt wurden. Solche Zweifel zu zerstreuen, ist gerade Vorliegendes das geeignete Objekt. — Hatten mich also schon früher Einzelfälle auf die Spuren dieses Zahneisens geführt, so verdichtete sich alsbald die Erkenntnis von etwas Gesetzmäßigem an dem reichen Fischmateriale des Golfes von Neapel bei meinen dortigen Forschungen und weiterhin durch jahrelange, bei jeder Gelegenheit wiederholte Nachprüfungen und Kontrollversuche an den verschiedensten Fischgebissen. Schließlich konnte ich solche im Laufe dieses Jahres in breit systematischem Zusammenhange, auch unter Berücksichtigung exotischen Materiales, am hiesigen Zoologischen Museum vornehmen mit Ergebnissen, welche das Gesetz im Großenganzen durchaus sicherstellen. Bei diesen ziemlich langwierigen Arbeiten bin ich besonders von Herrn Professor Dr. Pappenheim in liebenswürdigster Weise mit Rat und Tat unterstützt und gefördert worden, wofür ich ihm zu außerordentlichem Danke verpflichtet bin, dem ich auch an dieser Stelle herzlichen Ausdruck gebe. Ferner habe ich Herrn Professor Dr. Tornier für freundliches Entgegenkommen zu danken und, da ich jene Kontrollprüfungen nebenbei auch auf die Evertibratenkreise ausdehnte, noch einigen anderen der Kustoden, den Herren Professoren Dr. Thiele und Dr. Collin, den Herren Dr. Schellenberg, Dr. Arndt, Dr. Moser und Dr. Ahl sowie dem Oberpräparator Herrn Richter.

Die fragliche Eisenoxydschicht der Fischzähne ist keine einfach von außen herrührende mechanische Anlagerung, sondern entstammt endogen den Zahnkeimen bzw. Papillen, als schließliche Hülle oder Scheide vornehmlich an Kronen und Spitzen. Es handelt sich also nicht um geringere Mengen den Phosphaten intermediär beigemengten Eisenoxyds, durch Aschenanalyse nachweisbar, sondern um Konzentration und Verwendung des Stoffes an bestimmter Stelle und offenbar zu bestimmtem Zwecke. Dementsprechend haftet diese Schicht außerordentlich fest, da sie auch noch an alten Spirituspräparaten und abgekochten Fischköpfen nachgewiesen werden kann. Sowohl Süßwasser- wie Seefische sind dem Gesetze unterworfen, welches dadurch noch an Universellem gewinnt, daß alle jene hierhergehörigen, so verschiedenartigen Gebilde — von den eigentlichen Kiefer- bis zu

---

S. 546 f. Neue histologische Untersuchungen üb. die Eisenaufnahme in den Körper des Proteus. Sitzungsber. der Preuß. Akad. d. Wissensch. 1890 XXXVI. S. 3, 4. — Verbreitung u. Bedeutung des Eisens im animalischen Organismus (Inhaltsbericht). Sitzungsber. der Preuß. Akad. d. Wissensch. 1922 XXIII. Die ausführliche Arbeit geht jetzt im Archiv für Naturgeschichte (Neulaischer Verlag) der Veröffentlichung entgegen. Taf. Fig. 96 (im Archiv der Preuß. Akad. d. W.).

Schlund- und Kiemenzähnen — daran teilnehmen, ein weiterer Hinweis auf die morphologisch-genetische Gleichwertigkeit aller dieser Produkte. Ja, noch mehr: gewisse Hautkörper (Cutis-Ossifikationen), den Zähnen wie auch den Schuppen äquivalent, sind ebenfalls hier miteinbegriffen. Als eine wenigstens scheinbare Ausnahme andererseits stellen sich stark ausgewachsene, besonders groß- und hakenzähne Gebisse dar; vollwüchsige Hecht-, Dorsch-, Seezungen- und Haifischzähne<sup>5)</sup> zeigten mehrfach kaum noch Spuren der Eisenreaktion. Die Eisenschicht war hier offenbar schon abgestoßen oder abgenutzt. So erwiesen sich bei *Anarrhichas lupus* die sogenannten Wolfszähne als eisenfrei, während die molarenartigen Gaumen- und Unterkieferzähne noch dünnen Eisenbelag besaßen. Indessen lehrte die Erfahrung, daß bei der oft obwaltenden Schwerzugänglichkeit des Kalk- und besonders Schmelzphosphates für die Reagenzien zuweilen eine wiederholte und nachhaltige Einwirkung der letzteren dennoch Eisengehalt in etwas tieferer Lage verraten kann. Von solcher Möglichkeit wird noch fernerhin die Rede sein.

Es erübrigt sich hier, Hunderte von Spezies und Objekten, die diesen Untersuchungen dienen, aufzuzählen; als wichtigste Familien und Gruppen, die eingehend und häufiger geprüft wurden, seien folgende genannt: Von Teleostiern: Perciden, Spariden, Cataktrachten, Scombriden, Blenniden, Labyrinthler, Mugiliden, Gasterosteen, Scombresociden, Pleuronecriden, Gadiden, Cypriniden, Cyprinodontiden, Esociden, Siluriden, Salmoniden, Clupeiden, Mureniden; ferner Vertreter der Chondrostier, Selachier und Cyclostomen.

In erster Linie kommen die Teleostier in Betracht. Ueberzeugende Beweis- und Demonstrationsobjekte liefern besonders zahnvollständige Fischgebisse wie solche ausgesprochener Raubfische. Bei *Esox*<sup>6)</sup> (halbwüchsig, frisch und altkonserviert) erschienen alle sieben Zahnspezies im lebhaften Blau der Ferrocyankalium-Reaktion, vornehmlich an den Spitzen konzentriert, bei Anwendung der Schwefelammonprobe natürlich schwarz in genau derselben Verteilung. Entsprechende Präparate von *Salmo fario*<sup>7)</sup> (vollwüchsig, konserviert) lehren mancherlei: 1. den Eisengehalt sämtlicher Zahnsysteme, auf

5) Es handelt sich hier hauptsächlich um ein ziemlich ausgewachsenes Stück von *Lamna cornubica*, dessen ganzer Kopf mir frisch aus der Fischhalle geliefert wurde; an Zähnen und Visceralzapfen nur dürftige Eisenreste nachweisbar. Auch der *Anarrhichas* kam mir von dorthier zu als zufällig zwischen Dorsche-geratene Rarität.

6) Präparate im Besitze des Zoolog. Museums. Das eine derselben zeigte bei stärker auffallendem Lichte die orangefarbene Fluorescenz des Berlinerblau. Andere, z. B. Ersatzzahngruppen, nahmen sich wie stahlblaue Perlen- oder Brillantketten aus.

7) Präpar. im Zoolog. Institute und Museum.

eins zu überblicken, nämlich der verschiedenen Kiefer-, der Vomer-, Palatinar- (Parasphenoid-, Pterygoid-), Lingual-, Pharyngeal- und Visceralzähne; 2. die gehäuft eisenhaltigen, einer geschlossenen Blaukappe ähnelnden Ersatzzähne, auf die interne Herkunft des Eisens hinweisend; 3. die ausnahmsweise eisenhaltigen Kopfschuppen (vergl. das weiterhin darüber Gesagte); 4. das Haematineisen des zersetzten Kiemenblutes ohne Reaktion, also nicht blau, auch bei konservierten Objekten. — Die Visceralprocessus (Hautknochen) z. B. bei *Gadus aeglefinus* gaben nach der Reaktion das zierliche Bild einzelner abgezirkelt tiefblauen Punkte, die sich mikroskopisch als Gruppen von Miniaturzähnen echter Struktur erwiesen.<sup>8)</sup> Auch die oft büstenhaarfeinen Schlund- und Gaumenzähne von *Scomber scomber*<sup>9)</sup> bieten ein besonders reizvolles mikroskopisches Bild. *Mugil cephalus* (Exemplar aus Triest) bestätigte besonders kräftig in Schlund- und Visceralzähnen, aber auch noch deutlich in den Kieferzähnen die Blaureaktion. Die nur wenig hervortretenden Zähnchen der kleinen amerikanischen Cyprinodonten (z. B. *Poecilia mexicana*) verleugnen ebenfalls nicht ihren Eisengehalt, wengleich die Reaktionserscheinung hier natürlich eine nur zarte.

Auch die bei dieser Gelegenheit auf das respiratorische Labyrinth geprüften Fischformen (Labyrinthler, Wanderwelse) führen ihr Zahneisen; bei den meisten sind die Zähne sehr unscheinbar und wurden erst durch das Blau der Reaktion recht deutlich, bei *Anabas scandens* die Kiefer-, bei *Clarias spez.* (Kamerun) Vomer- und Lingualzähne. Wie eingreifend das Walten des Gesetzes, d. h. die Neigung zur Eisenaufnahme in den Fischzähnen ist, bewiesen sogar die winzigen Miniaturgebisse einiger *Leptocephaliden* (Murenidenlarven); recht kräftig bei *Tilurus curvirostris* (Deutsche Südpolar-Exped., Azorengbiet), etwas schwächer bei einem *Conger balearicus* (Dänische Dana-Exped., Mittel-Atlantik), was bei der Durchsichtigkeit des ganzen Objektes um so schärfer hervortritt. Da der Gesamtkörper dieser weißblütigen Fischlarvenform Eisen in Haut- und Bindegewebe führte, so war der Ursprung auch des Zahneisens verständlich. — Die viel bemerkten tiefbraunen konzentrischen Furchen auf der Kaufläche der *Cypriiden-Schlundzähne* erscheinen gleichfalls auf Grund dieser Untersuchungen in eigenartigem Lichte: sie bestehen zum Teil aus dort eingelagertem, sehr fest haftendem Eisenoxyd.<sup>10)</sup> Bei der Schwerlöslichkeit desselben und besonderen Dichtigkeit der schmelzartigen Zahnsubstanz (nach Heincke nur Vitrodentin) trat der Nachweis allerdings erst nach zweimaliger Anwendung der Reagenzien (Ferrocyan-

<sup>8)</sup> F Heincke verweist besonders auf diese Gebilde. Unters. über die Zähne niederer Wirbelt. Zeitschr. für wiss. Zoologie von v. Siebold u. Kölliker. Bd. XXIII 1873 S. 570, 572 f.

<sup>9)</sup> Präpar. im Zoolog. Museum.

<sup>10)</sup> Präpar. im Zoolog. Museum.

kalium und Salzsäure) klar zutage. Auch in den Ersatzzähnen ist das Eisen schon vorhanden, aber noch nicht so scharf lokalisiert wie in jenen durch molare Reibung abgeschliffenen und freigelegten Einschlüssen der funktionierenden. Die Ansicht v. Siebold's<sup>11)</sup>, dieselben rührten von bloßen Futterresten her, wird damit wohl hinfällig. Auch in anderen Sonderwerken<sup>12)</sup> finde ich keine ausgiebige Erklärung dafür. Uebrigens tut Heincke<sup>13)</sup>, der gerade diesen Schlundkapparat mit zum Hauptgegenstande seiner trefflichen Beobachtungen gemacht hat, jener Furchen als solcher kaum Erwähnung. — Welch äußerlich morphologische Gegensätze: diese richtigen platten Kau molaren der Cypriniden, — jene oft pygmaeenhaften Gebilde an den Visceralanhängen — und wieder die borstenartigen Schlundzähne der Scombriden, nebeneinander gehalten! — und doch alle dem gemeinsamen „eisernen“ Gesetze unterworfen.

Die an Absonderlichkeiten so reiche Ordnung der Selachier verleugnete solche auch hier nicht; recht widersprechende Ergebnisse, positive und negative, stehen sich da gegenüber. An früher, auch in Neapel, untersuchten Jungen von *Scyllium catulus*<sup>14)</sup> traf ich Zähne und zahnartige Hautkörper, sogar deren embryonale Papillaranlagen äußerst eisenreich an, bei *Sc. stellare* dagegen nichts davon. Zwei junge Individuen von *Pristiurus melanostomus* (sehr alt konserviert) bestätigten dies kürzlich für letztere Organe partiell in der Bauchregion, für die Zähne aber nicht, ebenso zwei neugeborene *Galeus galeus*, bei denen sich die sehr feinen eisenhaltigen Knochenkörner sogar auf Zunge und Gaumen erstreckten; ferner erwiesen sich hier Visceralanhänge und Knorpelbelage der Chorda eisenhaltig. Embryonen von *Etnopterus spinax* (Bergen, Norwegen) sowie solche von *Pristis pectinatus* Lath. (Kamerun) ermangelten des Eisens gänzlich. Ein merkwürdiges Präparat lieferte mir die „Säge“ eines jungen *Pristis spec.*: während die Zahnkronen selbst eisenfrei waren, erschien (nach zweimaliger Reaktion)

11) C. Th. E. Siebold, Die Süßwasserfische von Mitteleuropa. Leipzig 1863 S. 89.

12) Hockel u. Kner, Die Süßwasserfische der österr. Monarchie. — Die Süßwasserfische von Mitteleuropa, herausgeb. von C. Vogt u. B. Hofer.

13) Nach Heincke entbehren gerade diese Cyprinidenzähne, so sehr sie auch danach aussehen, einer wirklichen Schmelzschicht, die nur in der Anlage Keimen und Ersatzzähnen zukäme. Da im übrigen, wie noch zu erörtern, unverkennbare topische Uebereinstimmung zwischen Eisenzone und Schmelzbildung in Heincke's Sinne allgemein vorliegt, so dürften vielleicht diese fraglichen Skulpturen als eine Art Restbestand des primitiven Schmelzorganes anzusprechen sein. Die Analogie mit den Schmelzfalten der Huf tiermolaren liegt außerdem recht nahe.

14) Naturw. Rundschau a. a. O. S. 546. — Sitzgsber. d. Preuß. Akad. d. W. 1922. a. a. O. Taf. Fig. 97 (i. Archiv d. Akad.).

auf der Unterseite der Hornplatte eine blaue Randzone, die ziemlich genau mit der beiderseitigen Wurzel (Alveolar)-region zusammenfällt. Auch Pflasterzähne und Hautkörper von *Torpedo electricus* und *Raja clavata* ergaben bei verschiedenen Individuen schwankende Resultate. Nachprüfungen an vollwüchsigem Materiale müssen über das Verhalten der Selachier noch weitere Klärung bringen.

Die Knorpelganoiden, denen ja Zähne als solche in der Regel fehlen, erwecken desto mehr Interesse durch die eisenhaltigen Elemente ihrer Hautverknöcherungen, die histochemisch und -genetisch den Zähnen ebenfalls so nahestehen. Leider war das mir bisher erreichbare Material auch nur gering; aber hier ein immerhin bezeichnender Fall. Aus dem Bestande des Museums wurde ein verfügbares — nebenbei zur Zeit seltenes — Stück herausgegriffen, nämlich *Scaphirhynchus Kaufmanni* Bogd. (Fadenstör aus dem innern Syrdarjagebiet): es ergab an den lateralen und ventralen Körperpartien einen scharf gezeichneten Eisengehalt der kleinen Knochenkörner, zuweilen gehäuft um den Rand der großen Schmelzschilder, außerdem in den Lippenknorpeln und an den Visceralbögen; ein selbst den Fachichthyologen auch ästhetisch überraschender Anblick im Gewande der Blaureaktion. Immerhin interessant war es festzustellen, wie sich die ausnahmsweise zahnführenden Polyodonten verhalten würden. Der Versuch an einem Stücke des seltenen Materials, an *P. folium* Lacépède, *P. spathula* Walbaum (Mississippi-Gebiet, sehr altkonserviert), ergab teilweisen Eisengehalt der sehr kleinen Mandibularzähne; ferner eine eigenartige Hauteinlagerung des Rostrums, die zweifellos zu der netzartigen Bekleidung desselben mit dünnen Cutisplättchen in Beziehung steht. Auch die rhombischen Hautkörper in der Caudalregion reagierten strichweise auf Eisen. Aber auch hier wären umfassendere Prüfungen noch recht wünschenswert.

Die sogenannten Zähne der Cyclostomen sind als ausschließliche Verhornungen des Epithels zwar lokal und funktionell, nicht aber histologisch und substanziell dasselbe. Mit Bindegewebsprodukten und Schleimhautpapillen, woraus auch das eisenhaltige Phosphat zugeführt wird, haben sie bekanntlich nichts zu tun. Meine Vermutung, daß hier das typische Eisen fehle, bestätigte sich denn auch vollkommen. Geprüft wurden: *Petromyzon marinus*<sup>15)</sup>, *P. fluviatilis*, *P. japonicus*, *Lamperta* (Larve von *P. Planeri*), *Myxine glutinosa*. Keines der hier in Frage kommenden Hornzahngebilde ergab Eisenreaktion. Ceratin- und Eisenhäufung scheinen sich überhaupt prinzipiell auszuweichen.

Was Amphibien anbelangt, so habe ich die stets eisenhaltigen Zahnspitzen der Urodelen *Salamandra* und Larven<sup>16)</sup>, *Triton*, *Siredon* und *Proteus*<sup>17)</sup> schon früher erwähnt und teilweise abgebildet, auch u. a. darauf hingewiesen, daß nach der Metamorphose

• 15) Ein sorgfältig herauspräparierter und besonders eindringlicher Reaktion unterzogener Unterkieferknorpel von *P. marinus* befindet sich im Besitze des Museums.

bei Salamandra das Zahneisen persistiert, während sich andere typische Eisenbestände des Larvenkörpers nachher reduzieren.<sup>16)</sup> Daß auch bei den Lurchen die so verschieden angeordneten Vomerzähne in das Gesetz miteinbegriffen sind, versteht sich von selbst. Bei der Kleinheit und Verstecktheit der meisten Lurchzähne, und da obenein häufig nur die alleräußerste Spitze die Eisenkappe trägt, ist auch das Reaktionsbild ein sehr feinspuriges. Entgegen den Urodelen ist das schwache, aber dennoch deutliche Eisengebiß der Raniden eine Neuerwerbung des entwickelten Tieres, da deren Larven ebenfalls nur verhornte Mundepithelien besitzen, — eventuell ein interessanter Rückschlag zur fischartigen Stammform. Um die Gesamtreaktion für den Beschauer deutlicher zu machen, zog ich einige der Riesenformen heran: *Rana mugiens* ergab (nach zweimaliger Reagenzwirkung!) kräftige Blaureaktion der Kiefer- und Vomerzähne, *Ceratophrys ornata*<sup>17)</sup> eine entschieden schwächere; ein Verhältnis, wie ich es auch zwischen *R. esculenta* und *R. temporaria* beobachtete. Der überwiegende Wassereinfluß scheint auch hier der Eisenhäufung förderlich zu sein. — Das problematische Uebergangsgeschlecht der erdbewohnenden *Gymnophionen* konnte hinsichtlich des Vorhandenseins von Zahneisen Zweifel erwecken. Indessen ergab die Untersuchung zweier Objekte, — *Chthonerpeton indistinctum* Peters (Brasilien) und *Hypogeophis rostratus* Cuv. (Seychellen). — zarte, aber deutliche Eiseneinlagerung in den Spitzen der kleinen Zähne, zumal der mandibularen. Der Lurchcharakter verrieth sich also auch in dieser Richtung.

Heincke hat bei dem rein morpho-histologischen Ziele seiner Studien begreiflicherweise an Eisen nicht gedacht und doch ist er unbewußt auf Schritt und Tritt seinen Spuren begegnet: er betont häufig die Gelb- oder Braunfärbung besonders der Zahnspitzen bezw. des Schmelzes, die nichts anderes ist als das äußere Indizium des Eisengehaltes; auch manche seiner Figuren weisen darauf.<sup>20)</sup> So kompakt und augenfällig wie am Schmelz von Nagetier- und Soricidenzähnen tritt jedoch im allgemeinen diese natürliche Eisenfärbung hier nicht hervor, es beschränkt sich dies vielmehr auf Einzelfälle wie vielfach die verschiedentlichen Ersatzzähne, jene Ringfurchen der Cypriniden oder die intensive Gelbfärbung des nagetierhaften

16) Abhandl. d. Preuß. Akad. d. W. a. a. O. Taf. III Fig. 10.

17) Sitzgsber. d. Preuß. Akad. d. W. a. a. O. S. 3, 4, Fig. 9.

18) Abhandl. d. Preuß. Akad. d. W. a. a. O. S. 45.

19) Ein montiertes Praeparat beider im Besitze des Museums. Merkwürdigerweise sind auch die Zungenpapillen dieser *Ceratophrys* markiert eisenhaltig!

20) a. a. O. S. 528, 29; S. 544 f. (bei *Esox*, erst durch konzentr. Säure verschwindend); S. 575 (bei *Triton*). Fig. 16, 17, 23, 31. — Solche Braunfärbungen können übrigens in manch anderen Fällen trügerisch sein und von organischen Pigmenten oder Hornsubstanz herrühren. — Gelbbrauner Belag auf dem weißen Dentin soll, wie in Born's Arbeit erwähnt, manchmal Braunsteinoxyd (d. h. Manganooxyd) enthalten, eine interessante Beziehung zu ähnlichen Nachweisen in Pferde- und Wiederkäuierzähnen.

Vordergebisses bei den seltsamen Mormyriden<sup>21)</sup>; der Speziesname *Hippopotamyrus castor* weist auf solche Anklänge auch hinsichtlich der Färbung hin. Gewiß reihen sich hier noch weitere exotische Formen an.

Auch andere Knochenorgane können typisches Eisen führen: im innern Skelette die periostalen Schichten der Columna, aber auch die intervertebralen und Chordagewebe, ferner die Flossenstrahlen, wie zum Teil schon früher erwähnt.<sup>22)</sup> Bei Cypriniden, z. B. *Abramis brama*, beobachtete ich gelegentlich ein Uebergreifen des Zahneisens in die Knochensubstanz der Visceralbögen selbst; bei ausgewachsenen Belonen (vom Kieler Fischmarkt) starken Eisengehalt des bekanntlich grünen Gesamtskelets, was indessen jüngst untersuchte halbwüchsige Exemplare nicht bestätigten. Die gewöhnlichen Fischschuppen (Cycloid-, Ctenoid-Sch.) erwiesen sich als im allgemeinen eisenfrei bis auf kleine Gruppen am Kopfende in der Occipital-, Postopercular-, zuweilen auch Infraorbital-Region. Solche Schuppen geben nach der Reaktion ein geradezu ästhetisch schönes mikroskopisches Bild in ihren fein und regelmäßig konzentrischen Ring-einlagerungen des Eisenblaus. Wie groß übrigens die Neigung zur Eisenaufnahme unter extrem begünstigenden Einflüssen sein kann, zeigt folgender Fall: Zwei exotische Perciden, *Mesogonistes chaetodon* (Nordamerika) und *Haplochromis strigigena* (Ostafrika) sowie ein Cyprinide, *Barbus conchoni* (O.-Indien), aus einem Privataquarium mit offenbar eisenreichem Wasser stammend, ergaben eine glänzende Blaureaktion ihres Schuppenkleides, die Ctenoid-schuppen in den Randstacheln sowohl wie in den Konzentren. Zwei daraufhin kontrollierte *Mesogonistes* von natürlicher Fundstätte aber zeigten nichts davon. Es lag also keine spezielle Siderophilie, sondern ein individueller Anpassungsfall vor. Bedeutsamer als diese weniger gesetzmäßigen Befunde erscheinen jene eisenhaltigen Hautknochenkörper (Cutis-Ossifikationen), welche histogenetisch mit den Zähnen als fast identisch gelten können, wie auch Heincke hinsichtlich der Schmelzbildung hervorhebt. Bei Selachiern und Ganoiden wurde ihrer bereits gedacht. Ebendahin gehören aber auch die Stachelanhänge an Panzerschuppen und Flossenstrahlen der Goniodonten, an *Callichthys* (Südamerika)<sup>23)</sup> beobachtet, was sich wiederum mit Heincke's Schmelznachweisen an *Hypostomus* und *Loricaria* deckt.<sup>24)</sup>

Auf den histogenen Ursprung dieses Eisens habe ich an der Hand von Längs- und Querschnitten durch Fisch- und Lurchkiefer schon früher hingewiesen.<sup>25)</sup> Es stammt mit den Phosphaten zugleich

<sup>21)</sup> P. Pappenheim. Zur Systematik und Variationsstatistik der Mormyriden. Mittlgn. a. d. Zoolog. Museum. III. Bd. 3. Heft. 1907.

<sup>22)</sup> Abhandl. d. Preuß. Akad. d. W. a. a. O. S. 37, Taf. III, Fig. 3, 9.

<sup>23)</sup> Präpar. mit besonders auffälliger Blaureaktion im Bes. des Museums.

<sup>24)</sup> a. a. O. Fig. 31.

<sup>25)</sup> Abhandl. d. Preuß. Akad. d. W. a. a. O. S. 41, Taf. III, Fig. 10 — Sitzsber. d. Preuß. Akad. d. W. üb. d. Proteus a. a. O. Fig. 9. —



und wohl zunächst chemisch an diese gebunden aus den Bindegewebs-  
elementen der Schleimhaut, wird dann aber bald nach außen gewisser-  
maßen abgedrängt, also mit den Epithelialelementen der sogen. Schmelz-  
schicht einverleibt. Papillen und durchbrechende Ersatzzähne enthalten  
es noch in dichterem Ansammlung. Von hier aus wird es als äußere  
Scheide mehr und mehr in die Zahnkrone befördert. Da nun nach  
Heincke<sup>26)</sup> wirklich persistierender Schmelz auf die oberste  
konische Zahnschmelzspitze beschränkt ist und dort auch die end-  
giltige Eisenaufschichtung bzw. Braunfärbung sich findet, so ist ein  
gewisser Konnex zwischen beiden anzunehmen. Jedenfalls handelt es  
sich um die äußere Zahngewebslage, ob nun ausgesprochene Schmelz-  
bildung vorliegt oder nicht. Dasselbe gilt für die Cutisbildungen bei  
Selachiern, Ganoiden und Panzerwelsen. Inwieweit die feine Mem-  
bran (das Häutchen) des Schmelzorgans schon in näherer Beziehung  
zum Eisen steht, ist noch nicht sicher. Die eisenhaltige Deckschicht  
habe ich niemals als Häutchen sich ablösen sehen, auch nicht nach  
längerer Salzsäurebehandlung; alles sprach für feste Bindung an die  
übrige Kalkphosphatmasse. Die Pulpaöhle erscheint meist eisen-  
brei, ein weiterer Hinweis auf die vorwiegende Zuleitung des Eisen-  
gehaltes in den mehr peripherischen Dentin- bzw. Schmelzgeweben.

Nahe liegt es, der Zahneisenschicht eine physiomechanische  
Zweckmäßigkeit zuzuschreiben, sie als eine irgendwie schützende  
Hülle der Corona zu betrachten. Indessen hat man sich hier vor  
übereilten Schlüssen zu hüten. Selbstverständlich ist die laienhafte  
Ansicht von einer derb technischen Festigung im Sinne des metallischen  
Eisens unhaltbar. Man könnte an stärkere Bindung, gleichsam Ver-  
kittung des Kalkphosphats denken. Am plausibelsten scheint mir die  
Annahme einer phylaktischen Abwehr gegen chemische und etwa sep-  
tische Schädigungen, gerade hier unter dem steten Einflusse der Wasser-  
wirkung. Wissen wir doch von uns selbst, wie leicht auch der  
härteste und schönste Schmelz solchen ausgesetzt ist. In ähnlichem  
Sinne habe ich mich schon früher ausgesprochen.<sup>27)</sup>

Auffällige Ausnahmen, wie sie mir bei meinen Feststellungen  
anderer sonst allgemein gültigen Regeln der Eisenassimilation immer  
wieder begegneten, fanden sich hier — vielleicht die Selachier ab-  
gerechnet — äußerst selten vor. So fehlte bei drei halbwüchsigen  
*Belone vulgaris* jede Spur einer Zahnreaktion. Exemplare von  
*Cottus scorpio* besaßen trotz der mächtigen Mundhöhle ein merk-  
würdig eisenarmes Gebiß; freilich waren die kleinen Kieferzähne so  
gut wie ganz abgenutzt.

Hinsichtlich der Methodik dieser Nachweise war schon er-  
sichtlich, daß ich dabei die Ferrocyankalium-Salzsäure-  
Reaktion bevorzugt habe. Es war aber hier eine besonders energische

Humboldt. a. a. O. S. 6, 7 — Sitzgsber. d. Preuß. Akad. d. W 1922.  
a. a. O. Taf. Fig. 97 (im Archiv d. Akad.).

<sup>26)</sup> a. a. O. S. 557, 58.

<sup>27)</sup> Abhandl. d. Preuß. Akad. d. W O. S. 52. — Humboldt  
O. — Naturw. Rundschau a. a. O.

Einwirkung der Reagenzien, zumal der Salzsäure, geboten, da es sich um ossifiziertes Kalkphosphat handelt, das, wenigstens oberflächlich, einigermaßen aufgeschlossen werden muß, um dem Ferrocyankalium Zutritt zu gewähren. Zuweilen war eine zweifache Vornahme der Gesamtreaktion, 12stündige Wirkung des Ferrocyankaliums, 24—48stündige der Salzsäure (stark verdünnt) erforderlich, (wobei aber beide Reaktionen immer getrennt hintereinander, um Zersetzungen des Ferrocyankaliums durch überschüssige Säure zu verhüten!). Zu aller Vorsicht und Sicherheit wurde nun an einigen besonders maßgebenden Objekten, nämlich den Gebissen von *Esox* und *Salmo fario*, auch die Schwefelammonprobe (bei 24stündiger Einwirkung in schwach ammoniakalischem Wasser) vorgenommen: die schwarze Schwefeleisen-Reaktion trat mit derselben Schärfe und Präzision ein wie die Blaureaktion.<sup>28)</sup> Da nun beide von einander unabhängige Reaktionen (Ferrocyankalium und Schwefelammon) an fixierter Organgruppe unweigerlich Eisen indizieren, eine andere Metallreaktion gleicher Erscheinung überdies hier ausgeschlossen ist, so wird damit jener Einwand, diese Bläuungen könnten auf Selbstzersetzung des Ferrocyankaliums und so auf Täuschung beruhen, chemischer- und logischerweise ad absurdum geführt. Diese an sich unverrückbare Tatsache bleibt von den weiteren zum Teil noch strittigen Einzelfragen der Eisenforschung, physiologischen, histologischen, methodischen, — völlig unberührt. Auch in den Zahngebilden kann es sich demnach nur um natürlich vorhandenes Eisen handeln.

Von ichtthyologischer Seite selbst ist darauf hingewiesen worden, daß die prächtige Blaureaktion geradezu als Spezialreagens verwendbar sei, um sehr kleine, schwer erkennbare Zahngebilde (Ersatzzähne, Bürstenzähne der Siluriden und dergl.) sichtbar oder deutlicher zu machen.

Nach den allgemeinen Befunden wäre das hier festgestellte Gesetz im erweitert zoochemischen, wissenschaftlich umfassenderen Sinne etwa folgendermaßen zu formulieren: das Eisen tritt bei den Fischen und Lurchen<sup>29)</sup> als mehr oder minder konstanter selbständiger Begleiter des äußeren skeletbildenden Phosphats, also der freiliegenden Knochenbildungen, der Zähne und Hautkörper, auf.

<sup>28)</sup> Dasselbe gilt für zahlreiche auch an Evertebraten ausgeführte Kontrollproben mit Schwefelammon. Da es nicht gerade zu den sogen. Annehmlichkeiten gehört, viele nachhaltige Schwefelammonproben anzustellen, beschränkte ich mich bei den Fischzähnen auf diese beiden schlagkräftigen Objekte. Nach Analogieschluß ist bei dem so äußerst positiv ausgefallenen Resultate, von dem sich die Herren des Zoolog. Museums und Institutes überzeugt haben, auch für die anderen Fälle die Sache wohl außer Zweifel gestellt.

<sup>29)</sup> Inwieweit das Gesetz auch für wasserlebige Reptilien gilt, steht noch nicht genügend fest. In diesem Falle würde es also drei Vertebratenklassen beherrschen.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Naturgeschichte](#)

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: [90A\\_4](#)

Autor(en)/Author(s): Schneider Robert

Artikel/Article: [Das Gesetz vom Eisen in Zähnen und andern Knochengebilden der Fische und Amphibien 49-58](#)