

# Über die Verteilung des Fluors in den einzelnen Organen des Menschen.

Von

Dr. Emil Zdarek.

---

(Aus dem Laboratorium für angewandte medizinische Chemie in Wien.)

(Der Redaktion zugegangen am 11. September 1910.)

---

Die Fluorverbindungen des Mineralreiches haben vorzüglich von Seite der Mineralogen und der Mineralchemiker seit Scheeles Zeiten ihre wissenschaftliche Bearbeitung gefunden; das Studium der Minerale und der aus ihnen zusammengesetzten Gesteine hat bald ein viel häufigeres Vorkommen aufgedeckt, als man ursprünglich erwartet hatte. Als fluorhaltige Minerale wurden nebst Flußspate und dem Kryolith erkannt: Fluocerit, Hamortit, Topas, Lepidolith, die Fluorapatite, die Phosphorite, manche Feldspate, Glimmer, Amphibol, Kalksteine, Steinkohlen und Gesteine, welche die genannten Minerale enthalten.

Fluorverbindungen hat man auch in der Ackererde, in verschiedenen Mineralwässern, wie im Karlsbader und Gasteiner Thermalwasser, in Soolwässern, im Meerwasser, in den Wässern von Flüssen wie der Loire, Rhone, Saône gefunden und nach den bestehenden Erfahrungen dürfte noch ein viel häufigeres Vorkommen des Fluors in den natürlichen Wässern zu konstatieren sein, wenn man zur Untersuchung viel größere Wassermengen verwenden würde, als dies bisher geschehen ist, also z. B. mehrere Hektoliter; wenn auch das Fluorcalcium in reinem Wasser nur äußerst schwer löslich ist, so wirkt doch die gleichzeitige Anwesenheit der Kohlensäure auf den Lösungsvorgang begünstigend ein. Es sind daher die Bedingungen für die Aufnahme von Fluorverbindungen durch Pflanzen, insbesondere

von Fluorcalcium und komplizierteren Verbindungen desselben mit anderen Salzen und wohl auch von Kieselfluorverbindungen gegeben: die Überwanderung aus dem Pflanzenreich in das Tierreich ist dann selbstverständlich.

Zahlreiche Untersuchungen von Pflanzenaschen haben in denselben einen Fluorgehalt nachgewiesen, so in der Asche von *Armeria maritima*, Equisetaceen, von *Saccharum officinale*, im Teakholze, im Gerstenstroh von Ryegrass, *Bambus*, Holzkohle, Steinkohle, Heu, *Dactylis caespitosa*, *Elymus arenarius*, *Lycopodium complanatum*.

Untersuchungen über die Verbreitung des Fluors im Tierreiche gehen bis auf Berzelius' Zeit zurück, zuerst waren es namentlich die Knochen, welche das Material dazu abgaben (Heintz):\*) dann kamen Untersuchungen über Blut und Milch von Tieren: Wilson\*) konnte in der Asche von 24 Pinten Ochsenblut und 9 Pinten Milch deutlich Fluor nachweisen. Im Jahre 1856 berichtet Nicklès\*) über den Nachweis von Fluor im Blute von Menschen, Säugetieren und Vögeln, in den nächsten Jahren folgt dann von demselben Autor eine Ergänzung dieser Arbeit, die im wesentlichen folgendes enthält: er findet, daß im Blute nur in sehr geringer Menge Fluor enthalten ist, ebenso im Harn: aus 1 kg Knochensubstanz erhielt er 0,05 g  $\text{Fl}_2\text{Ca}$ .

Im Jahre 1869 bringt E. N. Horsford eine Arbeit über den Nachweis von Fluor im Gehirn. Erst 19 Jahre später 1888 folgt dann eine wichtige Arbeit von G. Tamman.\*) Die Methode, die dieser Forscher anwendet, ist kurz folgende: er mengt die Asche mit Quarzpulver, läßt darauf konzentrierte Schwefelsäure einwirken und treibt das sich bildende Fluorsilicium im trockenen Luftstrom durch eine enge Glasröhre in eine Vorlage mit Wasser: bereits 0,0001 g Fl genügt, um einen sichtbaren Kieselring zu erzeugen. Die quantitative Bestimmung wird in der Weise durchgeführt, daß man die Vorlage mit Kalilauge ausspült, die Lösung zur Trockene bringt, den Rückstand in Salzsäure löst, das Kieselfluorkalium mit Alkohol ausfällt und schließlich das Kieselfluorkalium mit Kalilauge titriert. Eischalen enthielten nur

\*) Literaturverzeichnis.

sehr wenig, etwas mehr das Eiweiß, 100 g Eidotter gaben in 2 Doppelbestimmungen rund 1 mg Fl. 189 g Kalbshirn gaben 0,0014 g Fl, 1 l Kuhmilch gab 0,0004 g Fl und auch in 300 g Kuhblut wurde Fluor nachgewiesen.

Schließlich gibt J. Stoklasa\*) an, daß im frischen Knochen sehr wenig Fluor enthalten ist, während in den fossilen Knochen und zwar in der Trockensubstanz der Knochen von *Elephas primigenius* 2,08 und 2,98% Fl enthalten sind; in Urnenknochen von Bukáčov fand er 1,06% Fl, in Knochen aus dem älteren Alluvium der Insel Festigas 1,58% Fl. Auch A. Carnot\*) untersuchte zur Feststellung des Alters vorhistorischer menschlicher Gebeine die Knochen auf Fluor.

Schließlich wies P. Carles\*) Fluor in Molluskenschalen nach und zwar in Schalen von frischen Austern aus Arachon 0,012% Fl, in Schalen von Miesmuscheln aus demselben Becken 0,012, in fossilen Schalen von Austern von Sainte Croix du Mont 0,015% Fl, ferner auch noch in Schalen von nicht marinen Mollusken, so in denen der Teichschnecken (in 10 g 3—4 mg Fluoride) der Tellerschnecken (*Planorbis*) und Landschnecken (je in 100 g 2—3 mg Fluoride).

Auch in Korallen wurde Fluor nachgewiesen.

Es ist somit über das Vorkommen des Fluors im tierischen Organismus recht viel gearbeitet worden, aber eine systematische Untersuchung über die Verteilung dieses Elementes in den Organen des menschlichen Organismus fehlt noch. Um diese Lücke auszufüllen, habe ich an einem geeigneten Materiale, das mir Herr Professor Dr. Alexander Kolisko, Vorstand des gerichtlich-medizinischen Institutes der Universität Wien gütigst zur Verfügung stellte, eine solche systematische Untersuchung unternommen. Dieses Material, bestehend aus Herz, Niere, Gehirn, Lunge, Milz, Leber, Blut und Knochen, entstammte den Leichen von zwei gesunden verunglückten Männern.

Die frischen Organe wurden möglichst fein zerschnitten und in Porzellanschalen auf dem Wasserbade zur Trockene gebracht, um sie für die weitere Verarbeitung aufbewahren zu können.

Diese getrockneten zerkleinerten Organe wurden auf dem Wasserbade mit Wasser unter Zusatz von so viel Ätznatron (e natrio), daß in der berechneten Asche sicher alle Phosphorsäure als tertiäres Phosphat und immer auch ein bedeutender Überschuß von Ätznatron vorhanden sein mußte, erwärmt, wobei die zerkleinerten Organe aufquollen und fast vollständig in Lösung gingen. Diese Masse wurde zur Trockene gebracht und in Schalen aus Elbogner Porzellan auf Wiesnegg-Öfen vorsichtig, ja nicht übermäßig erhitzt, bis vollständige Verkohlung eingetreten war, die kohlige Masse wurde sodann mit Wasser ausgezogen, die rückständige Kohle bei mäßiger Hitze verbrannt, was sich glatt vollzieht. Die nun zurückbleibende Asche wurde dann mit Wasser ausgezogen und mit dem ersten wässerigen Auszuge vereinigt. Der unlösliche Anteil der Asche wurde mit ganz verdünnter Salzsäure längere Zeit behandelt, dann filtriert, das Ungelöste auf dem Filter gut gewaschen und das Filter verascht, der Glührückstand mit kohlensaurem Natronkali innig gemengt und bei eben ausreichender Hitze aufgeschlossen. Die erkaltete Schmelze wurde in Wasser gelöst, die Lösung filtriert, im Filtrat die Fluorbestimmung gewichtsanalytisch durchgeführt. Im wasserlöslichen Anteil der Organasche war es notwendig, die Phosphorsäure zu entfernen; einschlägige Versuche haben mir ergeben, daß bei der Fällung der Phosphorsäure mit Eisen kein Verlust an Fluor in der Lösung eintritt, und so wurde denn bei diesen Bestimmungen überall die Fällung der Phosphorsäure mittels Eisenchlorid durchgeführt: es wurde zunächst das überschüssige Natriumcarbonat mit Salzsäure bis zur schwach alkalischen Reaktion abgestumpft, hierauf mit Eisenchlorid in der Wärme gefällt, der sehr voluminöse Niederschlag gut absetzen gelassen und auf einem Saugfilter gut abgesaugt und gewaschen, eventuell wurde der Niederschlag noch einmal gelöst und neuerdings gefällt. Beim Eindampfen der großen Flüssigkeitsmengen schied sich manchmal noch eine kleine Menge von Eisenphosphat aus, die durch Filtrieren entfernt wurde: dann wurde die Analyse in der üblichen Weise weitergeführt.

Die Analyse der Knochen wurde in folgender Weise vor-

genommen: Die Knochen wurden möglichst von den anhaftenden Sehnen befreit, dann in kleine Stücke zersägt und in einem Trockenkasten bei 100° ca. 1 Monat trocknen gelassen; dabei sammelte sich eine größere Menge Fett am Boden der Schale, dieses Fett wurde von der übrigen Knochenmasse getrennt, diese in einem Ätherextraktionsapparate solange mit Äther ausgezogen, bis der Äther nichts mehr aufnahm. Der Äther wurde verdunsten gelassen und das zurückbleibende Fett mit dem durch Ausschmelzen gewonnenen vereinigt. Das Fett wurde so verarbeitet wie die Organe.

Die fettfreien Knochen wurden durch einige Tage mit Wasser auf dem Wasserbade in Quarzschalen behandelt, bis neue Wasserportionen nichts Nennenswertes mehr aufnahmen. Die wässerigen Auszüge wurden eingedampft und ebenfalls wie die Organe verarbeitet. Der nun zurückbleibende Rückstand der Knochen wurde mit 1%iger Salzsäure solange ausgezogen, bis die Knochensalze vollständig herausgelöst waren; diese salzsäurehaltige Lösung wurde mit Lauge fast bis zur neutralen Reaktion neutralisiert und in großen Zylindern einige Wochen stehen gelassen; die Flüssigkeit blieb vollständig klar, es schied sich nicht die leiseste Spur eines Niederschlages aus. Das nach Herauslösung der Knochensalze zurückbleibende Gewebegerüst wurde auf einer Nutsche von der salzsauren Flüssigkeit abfiltriert, abgesaugt und bis zum Verschwinden der sauren Reaktion ausgewaschen, schließlich wurde es in derselben Weise verarbeitet wie die übrigen Organe.

Bevor ich die Ergebnisse der quantitativen Bestimmung anführe, will ich noch folgendes vorausschicken. Das Fluor wurde als Fluorcalcium gewogen, nachdem dasselbe sorgfältigst gewaschen und sicher von etwa anhaftendem Gips befreit war, was durch Prüfung des Waschwassers kontrolliert wurde. Das in kleinem Platintiegel gewogene Fluorcalcium wurde mit einigen Tropfen konzentrierter Schwefelsäure versetzt, der sich nun entwickelnde Fluorwasserstoff durch den Geruch und durch die Ätzwirkung auf Glas geprüft. Auf diese Weise wurde das Fluor qualitativ nachgewiesen in dem gesamten angeführten Untersuchungsmaterial, mit Ausnahme des Blutes, von dem mir

nur eine relativ geringe Menge zur Verfügung stand: immer trat nach dem Zusatz von Schwefelsäure zu dem abgeschiedenen Fluorcalcium der charakteristische Geruch der Flußsäure auf und ebenso zeigte sich deutlich die Ätzwirkung auf einem mit Wachs überzogenen, stellenweise von diesem Überzuge befreiten Uhrglase, mit dem der Platintiegel bedeckt wurde. Nachdem diese qualitativen Proben beendet waren, wurde die Schwefelsäure vorsichtig abgeraucht, der Rückstand gegläht und gewogen. Das Gewicht des so erhaltenen Calciumsulfates diente zugleich als Kontrolle für das gewogene Fluorcalcium.

Die Analysen haben folgende direkte Resultate geliefert:

### I.

Herz. 670 g des frischen Organes ergaben 240 g Trockensubstanz. Daraus wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0, aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0023 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0011 g Fl.

Nieren. 390 g des frischen Organes ergaben 130 g Trockensubstanz. Daraus wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0, aus dem unlöslichen Anteile der Asche 0,0041 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0020 g Fl.

Gehirn. 1445 g des frischen Organes ergaben 395 g Trockensubstanz. Daraus wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0, aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0018 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0009 g Fl.

Lunge. 1500 g des frischen Organes ergaben 600 g Trockensubstanz. Daraus wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0, aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0027 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0013 g Fl.

Milz. 300 g des frischen Organes ergaben 97 g Trockensubstanz. Daraus wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0, aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0016 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0008 g Fl.

Blut. 58 g frisches Blut gaben 11 g Trockensubstanz. Daraus wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0, aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0004 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0002 g Fl.

**Leber.** 1935 g des frischen Organes ergaben 600 g Trockensubstanz. Daraus wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche  $\sigma$ , aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0084 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0041 g Fl.

**Femur.** 1050 g wogen nach Ausschmelzen bei 100° und Extraktion mit Äther 580 g. Aus dem Fett wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche  $\sigma$ , aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0033 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0016 g Fl.

Aus dem Kollagen wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0,0010 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0005 g Fl, aus dem unlöslichen Anteil der Asche  $\sigma$ .

Aus dem entkalkten Knochengüst wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche  $\sigma$ , aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0018 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0009 g Fl.

Für den ganzen Femur ergibt sich 0,0030 g Fl.

## II.

**Herz.** 310 g Herz des frischen Organes ergaben 111 g Trockensubstanz. Daraus wurden erhalten in dem löslichen Anteil der Asche  $\sigma$ , in dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0010 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0005 g Fl.

**Nieren.** 245 g des frischen Organes ergaben 82 g Trockensubstanz. Daraus wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche  $\sigma$ , aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0023 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0011 g Fl.

**Gehirn.** 1240 g des frischen Organes ergaben 330 g Trockensubstanz. Daraus wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche  $\sigma$ , aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0018 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0009 g Fl.

**Lunge.** 840 g des frischen Organes ergaben 200 g Trockensubstanz. Daraus wurde erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche  $\sigma$ , aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0029 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0014 g Fl.

**Milz.** 65 g des frischen Organes ergaben 17 g Trockensubstanz. Daraus wurde erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche  $\sigma$ , aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0009 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0004 g Fl.

Leber. 1335 g des frischen Organes ergaben 510 g Trockensubstanz. Daraus wurde erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0,0039 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0019 g Fl., aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0045 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0022 g Fl., daher zusammen 0,0041 g Fl.

Humerus. 290 g; nach Ausziehen des Fettes betrug das Gewicht 180 g; aus dem Fett wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0, aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0008 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0004 g Fl.

Aus dem Kollagen wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0,0008 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0004 g Fl., aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0.

Aus dem entkalkten Knochengerüst wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0, aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0010 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0005 g Fl.

Für den ganzen Humerus 0,0013 g Fl.

Femur. 800 g, nach Ausziehen des Fettes betrug das Gewicht 445 g. Aus dem Fett wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0, aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0023 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0011 g Fl.

Aus dem Kollagen wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0,0021 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0010 g Fl., aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0.

Aus dem entkalkten Knochengerüst wurden erhalten: aus dem löslichen Anteil der Asche 0, aus dem unlöslichen Anteil der Asche 0,0014 g Fluorcalcium, entsprechend 0,0007 g Fl., für den ganzen Femur 0,0028 g Fl.

#### Zusammenstellung der Ergebnisse der quantitativen Bestimmungen.

##### I.

Organ	Gewicht des Organs		Fluor g
	frisch g	getrocknet g	
Herz	670	240	0,0011
Nieren	390	130	0,0020
Gehirn	1445	395	0,0009
Lunge	1500	600	0,0013
Milz	300	97	0,0008
Blut	58	11	0,0002
Leber	1335	600	0,0041

Organ	Gewicht des Organs		Fluor g
	frisch	getrocknet	
	g	g ohne Fett	
Femur	1050	580	—
Fett	—	—	0,0016
Kollagen	—	—	0,0005
Knochengерüst	—	—	0,0009
			<hr/> 0,0030

II.

Organ	Gewicht des Organs		Fluor g
	frisch	getrocknet	
	g	g ohne Fett	
Herz	310	111	0,0005
Nieren	245	82	0,0011
Gehirn	1240	330	0,0009
Lunge	840	200	0,0014
Milz	65	17	0,0004
Leber	1335	510	0,0041
Humerus	290	180	—
Fett	—	—	0,0004
Kollagen	—	—	0,0004
Knochengерüst	—	—	0,0005
			<hr/> 0,0013
Femur	800	445	—
Fett	—	—	0,0011
Kollagen	—	—	0,0010
Knochengерüst	—	—	0,0007
			<hr/> 0,0028

Zusammenstellung der gefundenen Fluorwerte für 1 kg des frischen Organs.

I.		II.	
Organ	Fluor in 1 kg g	Organ	Fluor in 1 kg g
Herz	0,0016	Herz	0,0016
Nieren	0,0051	Nieren	0,0045
Gehirn	0,0006	Gehirn	0,0007
Lunge	0,0009	Lunge	0,0017
Milz	0,0027	Milz	0,0062
Blut	0,0035	Leber	0,0031
Leber	0,0021	Humerus	0,0045
Femur	0,0029	Femur	0,0035

Zusammenstellung der gefundenen Fluorwerte für 1 kg  
Trockensubstanz der Organe.

Organ	I.	Organ	II.
	Fluor für 1 kg g		Fluor für 1 kg g
Herz	0,0046	Herz	0,0045
Nieren	0,0154	Nieren	0,0134
Gehirn	0,0023	Gehirn	0,0027
Lunge	0,0022	Lunge	0,0070
Milz	0,0082	Milz	0,0235
Leber	0,0068	Leber	0,0080

Aus den Ergebnissen meiner Analysen geht hervor, daß das Fluor im ganzen Organismus verbreitet ist, die Mengen desselben sind allerdings durchwegs kleine: die relativ größte Menge findet sich in der Leber, Niere und im Knochen. Bezüglich des Knochens ist es auffallend, daß sich die Hälfte des Fluor in seinem Fette befindet. Die gefundenen Werte bewegen sich ungefähr in der Größenordnung, wie sie Tamman\* in seiner Arbeit: «Vorkommen von Fluor in Organismen» für Hühnereiweiß, Eidotter, Kalbsgehirn, Milch und Blut einer Kuh gefunden hat.

### Literaturverzeichnis.

- A. Völcker, Über das Vorkommen von Jod und Fluor in der Asche von *Armeria maritima*. Chem. Gaz., 1849, S. 409. J. B. 2, 251.
- Heintz, Zusammensetzung der Knochen. Pogg. Ann., Bd. LXXVII, S. 267. J. B. 2, 535.
- G. Wilson, Fluor im Meerwasser. Chem. Gaz., 1849, S. 404. J. B. 2, 611.
- Forchhammer, Vorkommen von Fluor im Meerwasser. Instit. 1849, S. 317. J. B. 2, 611.
- G. Wilson, Vorkommen von Fluor in Blut und Milch. Chem. Gaz., 1850. S. 366. J. B. 3, 278.
- Forchhammer, Phosphorsäure u. a. im Meerwasser. Proceedings of the royal society of Edinburgh, Bd. II, Nr. 38, 303. J. B. 3, 621.
- G. Wilson, Vorkommen des Fluors in Pflanzen und Felsarten. Edinb. Phil. J., Bd. LIII, S. 356. J. B. 5, S. 351.
- J. Nicklès, Fluorgehalt des Blutes. Compt. rend., Bd. XLIII, S. 885. J. B. 9, 704.
- — Vorkommen des Fluors in natürlichen Wässern und dem Organismus. Compt. rend., Bd. XLIV, S. 783, Bd. XLV, S. 311. J. B. 10, 127.
- — Verbreitung und Nachweisung des Fluors. Ann. Chim. phys., Bd. LIII, S. 433. J. B. 11, 102.

- J. Nicklès, Über den Fluorgehalt natürlicher Wässer. J. pharm. [3], Bd. XXXVIII, S. 182. J. B. 13, S. 97.
- Mène, Ch., Fluorgehalt fließender Wässer. Compt. rend., Bd. L, S. 731. J. B. 13, 97.
- Salm Horstmar, Fluor in der Asche von *Lycopodium complanatum*. Pogg. Ann., Bd. CXI, S. 339. J. B. 13, 540.
- E. N. Horsford, Fluor im Gehirn. Ann. Chem. Pharm., Bd. CXLIX, S. 202. J. B. 1869, 815.
- G. Tamman, Vorkommen von Fluor in Organismen. Diese Zeitschrift, Bd. XII, S. 322. J. B. 1888, 2407.
- J. Stoklasa, Untersuchung von frischen und fossilen Knochen auf Fluor. Chem. Zentr. 1889, S. 57. J. B. 1889, 2360.
- A. Carnot, Fluorgehalt von Knochen. Compt. rend., Bd. CXV, S. 337. J. B. 1892, 2179.
- S. Gabriel, Fluor in den Zähnen des Rindes. Zeitschr. anal. Chemie, 1892, S. 522. J. B. 1892.
- P. Carles, Fluor in Molluskenschalen. C. r. d. l'Acad. des sciences, Bd. CXLIV, S. 437. Chem. Z., 1907, Bd. I, 2, S. 1141.
- — Fluor in den Schalen der nicht marinen Mollusken. C. r. d. l'Acad. des sciences, Bd. CXLIV, S. 1240. Chem. Z., 1907, Bd. II, 1, S. 342.
- — Fluor in den Schalen der nicht marinen Mollusken. Journ. Pharm. et Chim. [6], Bd. XXVI, S. 101. Ch. Z., 1907, Bd. II, 1, S. 1000.