

(Aus dem Pathologischen Institut der Universität Basel
[Vorsteher: Prof. Dr. W. Gerlach].)

Qualitative und quantitative spektrographische Untersuchungen über den Bariumgehalt tierischer und menschlicher Augen sowie melanotischer Tumoren.

Von
W. Gerlach und R. Müller.

Mit 14 Tabellen.

(Eingegangen am 2. Dezember 1935.)

In einer früheren Mitteilung hatten wir über das Fehlen von Barium — im Gegensatz zum Strontium — im menschlichen Körper berichtet. Lediglich im Kot und gelegentlich in Konkrementen (Gallensteinen) hatte sich der Bariumnachweis erbringen lassen. Die Organe und vor allem das Knochensystem waren *stets* frei von Barium gefunden worden.

Unsere Angabe, daß Barium im menschlichen Körper nicht vorkommt, müssen wir heute richtig stellen:

Barium findet sich mit einer gewissen Regelmäßigkeit in der Chorioidea des Menschen sowie in melanotischen Geschwülsten.

Ausgangspunkt unserer Betrachtung war die Untersuchung von Tieraugen aus Schlachthaus und Zoologischem Garten, da wir früher einmal — der eine von uns (*Gerlach*) hat darüber berichtet — große Mengen von Barium im Auge des Rindes fanden. Dieser Befund deckt sich mit einer Angabe von *Sheldon* und *Ramage* (1931), die ebenfalls im Auge des Rindes Barium feststellten, daneben eine Spur Strontium. *Sheldon* und *Ramage* schlossen eine Anzahl spektrographischer Untersuchungen von Tieraugen an und fanden die Chorioidea von Menschen, Schafen, Schweinen, Pferden, Hunden und gebräuchlichen Seefischen bariumfrei, ebenso die Chorioidea von Kälbern. Spuren von Strontium waren beinahe immer vorhanden, bei Fischen mehr als bei Landtieren.

Bei 13 Rindern (Ochsen, Kühen, Bullen) von 3 Jahren aufwärts an fand sich eine mit dem Alter steigende Menge von Barium im Auge. Das Barium fand sich am reichlichsten in der Chorioidea, fand sich aber auch in der Iris und in dem aus der Chorioidea befreiten Pigment. Die Retina ist frei von Barium. *Sheldon* und *Ramage* glaubten annehmen zu können, daß mit zunehmendem Alter der Bariumgehalt steigt, der des Kupfers und Eisens im Auge dagegen abnimmt.

Zu dieser Frage können wir nur insoferne Stellung nehmen, als die Annahme der Abnahme des Kupfergehaltes im höheren Alter nach früheren Untersuchungen in unserem Institut (*Trachsler*) für den Menschen nicht zutrifft.

Tabelle 1.

Alter Geschlecht	Vorderer Bulbus- abschnitt γ Cu in 1 g Feucht- substanz	Hinterer Bulbus- abschnitt γ Cu in 1 g Feucht- substanz	Alter Geschlecht	Vorderer Bulbus- abschnitt γ Cu in 1 g Feucht- substanz	Hinterer Bulbus- abschnitt γ Cu in 1 g Feucht- substanz
23 j. ♀	0,4	0,5	46 j. ♂	1,16	1,4
25 j. ♀	1,27	1,0	46 j. ♂	0,95	1,5
28 j. ♂ ¹	0,88	1,0	48 j. ♂	0,6	5,21
28 j. ♀	1,66	2,5	50 j. ♂ ³	1,2	0,9
29 j. ♂ ¹	1,27	6,0	52 j. ♂ ³	9,09!	16,66!
29 j. ♂	0,36	0,6	52 j. ♂	1,16	1,73
29 j. ♂	0,66	0,8	52 j. ♂	2,0	1,87
30 j. ♀	0,73	0,82	52 j. ♂	1,27	0,81
31 j. ♂	2,5	1,87	53 j. ♂	2,0	1,5
33 j. ♂ ²	0,73	0,6	55 j. ♂	1,0	1,38
35 j. ♂ ²	2,25	4,5	58 j. ♂	0,91	0,5
36 j. ♂	0,86	1,09	58 j. ♂	0,73	2,0
36 j. ♂	0,5	0,38	58 j. ♂	0,33	0,4
45 j. ♂	2,0	3,2	59 j. ♂	1,4	1,09

¹ Lungenphthise. ² Partus. ³ Metallgießer.

Errechnen wir die Durchschnitte zu Tabelle 1, so ergibt sich ein Kupfergehalt von 1,5 γ Cu im Gramm Feuchsubstanz des vorderen, 2,2 γ Cu des hinteren Bulbusabschnitts. Die Tabelle enthält aber 3 Fälle, die Besonderheiten darstellen: eine Lungenphthise, bei der wie ich gezeigt habe, Erhöhungen des Kupfergehaltes im Körper vorkommen, einen Metallgießer mit stärkster Metallspeicherung und einen Tod im Partus — auch in der Gravidität ist der Kupfergehalt der Organe erhöht. Läßt man diese 3 Fälle weg, so ergibt sich für den vorderen Bulbusabschnitt

Tabelle 2.

Alter Ge- schlecht	Vorderer Bulbus- abschnitt γ Cu in 1 g Feucht- substanz	Hinterer Bulbus- abschnitt γ Cu in 1 g Feucht- substanz	Alter Ge- schlecht	Vorderer Bulbus- abschnitt γ Cu in 1 g Feucht- substanz	Hinterer Bulbus- abschnitt γ Cu in 1 g Feucht- substanz
62 j. ♂	4,00	3,33	70 j. ♂	0,82	0,83
62 j. ♂	1,16	1,00	71 j. ♂	0,66	1,09
62 j. ♂	0,80	0,80	71 j. ♂	1,16	0,83
63 j. ♂	0,88	0,90	72 j. ♂	1,63	1,82
64 j. ♂	0,80	1,40	74 j. ♂	1,60	1,00
64 j. ♂	0,54	2,00	74 j. ♂	1,12	1,29
64 j. ♂	0,83	0,83	75 j. ♂	1,33	1,60
64 j. ♂	1,33	0,83	75 j. ♂	0,60	0,40
65 j. ♂	0,82	0,75	76 j. ♂	0,83	0,66
65 j. ♂	2,00	1,60	76 j. ♂	0,88	3,00
66 j. ♂	1,77	1,60	76 j. ♂	1,66	1,12
66 j. ♂	2,73	1,00	77 j. ♂	0,91	0,36
67 j. ♂	0,63	0,75	78 j. ♂	0,40	0,60
68 j. ♂	2,73	2,22	78 j. ♂	1,00	0,72
68 j. ♂	0,83	0,66	80 j. ♂	0,77	1,00
69 j. ♂	1,20	1,40	90 j. ♂	1,40	1,80

590 W. Gerlach und R. Müller: Qualitative und quantitative spektrographische
eine Menge von $1,1\gamma$ Cu im Durchschnitt, für den hinteren Abschnitt
ein Durchschnitt von $1,5\gamma$ Cu.

Der Durchschnitt der 60—90jährigen ist aber wie Tabelle 2 ergibt,
für den vorderen Bulbusabschnitt $1,2\gamma$ Cu im Gramm Feuchtsubstanz,
für den hinteren Abschnitt ebenfalls $1,2\gamma$ Cu. Errechnet man den
Durchschnitt der 16 Höchstältrigen von 70 Jahren an, so beträgt er für
den vorderen Abschnitt $1,0\gamma$ Cu, für den hinteren $1,1\gamma$ Cu.

Wir können also bezüglich des *Kupfergehaltes* im Auge des Menschen
eine Abnahme mit höherem Alter *nicht feststellen*.

Ob mit zunehmendem Alter eine Zunahme des Bariumgehaltes im
Auge stattfindet, können wir auf Grund unseres Materials nicht ent-
scheiden.

Der spektrographische Nachweis des Barium geschah nach der
gleichen Methode und mit den gleichen Linien, die wir bei unserer ersten
Untersuchung anwandten. Nur mußten wir für die quantitative Analyse
eine neue Methode ausarbeiten, da sich die von *Ruthardt* für eine ganze
Anzahl von Metallen verwandte Vergleichssubstanz Kobaltnitrat nicht
eignete, da in der Gegend der Bariumlinie $4554,0\text{ \AA}$ keine brauchbaren
Vergleichslinien des Kobalt sich finden. Als Vergleichssubstanz wählte
Dr. *Scheiner*, der die Methode ausarbeitete, das Chrom und zwar wird
dem Untersuchungsmaterial eine 2,5% Kaliumchromatlösung zugesetzt.
Zum Vergleich mit der Bariumlinie $4554,0\text{ \AA}$ dienen die folgenden
Chromlinien:

4651,30	4536,71	4351,77
4646,17	4530,74	4344,51
4545,96	4526,48	4339,72
4540,71	4496,86	4339,45

Die Linienintensitäten werden zur quantitativen Bestimmung mit
dem Photometer gemessen. Bei der quantitativen Bestimmung ergab
sich ein eigenartiger Befund: während sich qualitativ noch $0,05\gamma$ Barium
sicher nachweisen lassen, wird die Empfindlichkeit durch den Chrom-
zusatz geringer. Es gelingt nach Zusatz der Chromlösung, nur $0,6\gamma$
Barium sicher zu erfassen, bei Vorhandensein von Bariummengen unter
 $0,6\gamma$ bis zur Empfindlichkeitsgrenze von $0,01$ — $0,05\gamma$ ist eine quantitative
Bestimmung nicht mehr möglich.

Im folgenden seien nach zoologischen Gruppen geordnet, zunächst
unsere qualitativen, dann unsere quantitativen Ergebnisse mitgeteilt.
In die Tabellen qualitativer Untersuchung ist gleichzeitig der Strontium-
und Aluminiumbefund eingetragen, die Linienintensität durch Kreuze
bezeichnet. Dabei gestattet die Zahl der Kreuze nicht ohne weiteres
eine quantitative Deutung, es läßt sich aus ihr nur das relative Ver-
hältnis der Mengen von Barium, Strontium und Aluminium erkennen.
Eingeklammerte Kreuze bezeichnen die Grenze der Nachweisbarkeit.

Tabelle 3. Cursores, Laufvögel.

	Cornea			Sklera			Linse			Chorioidea			Retina		
	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al
Strauß 1	0	+	0	+++	++	0	0	0	0	++++	++	0	++++	0	0
Strauß 2	+	+	(+)	++	+++	0	+	+	0	+++	++++	++	+++	+	+
Strauß 3	- ¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	0	0	-	-	-

¹⁾ Striche bedeuten nicht ausgeführte Analysen.

Tabelle 4. Carnivoren, Raubtiere.

	Cornea			Sklera			Linse			Chorioidea			Retina		
	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al
Bär . . .	0	(+)	0	0	(+)	(+)	0	+	(+)	++	+	+++	0	0	0
Malaien- bär . .	0	0	(+)	0	+	++	0	++	+	+	+	+++	0	0	0
Hund . .	0	0	0	0	+	++	0	0	0	++	+++	+++	0	0	0
Schakal . .	0	+	(+)	0	0	+	0	+	(+)	0	+++	+++	0	(+)	+
Katze . .	+	(+)	0	++	0	0	+	(+)	0	+	++	(+)	+	0	0
Serval . .	0	+	+	0	+	++	0	?	0	+	++	++	0	0	(+)

Bei den Straußenvielen sehen wir, daß Barium sich in allen Häuten des Auges finden kann, daß nicht nur die Sklera, sondern vor allem auch die Chorioidea beträchtliche Mengen von Barium enthalten muß, ebenso die Retina. Das Strontium ist ein fast regelmäßiger Bestandteil des Bulbus und geht in der Menge bis zu einem gewissen Grad dem Barium parallel. Aluminium ist nur in der Retina und Chorioidea, und zwar verglichen mit Barium und Strontium in geringer Menge vorhanden.

Ganz einheitlich drängt sich hier der Eindruck auf, daß die Chorioidea nicht nur der wesentliche Sitz des Bariums, sondern überhaupt reich an anorganischen Substanzen ist. Als einzige Ausnahme wäre die Katze zu nennen, bei der das Barium ziemlich gleichmäßig verteilt ist. Aber auch bei diesem Tier ist Strontium vor allem in der Chorioidea vorhanden. Ganz aus der Reihe fällt der Schakal, dessen Bulbus bariumfrei ist.

Tabelle 5. Rodentien, Nagetiere.

	Cornea			Sklera			Linse			Chorioidea			Retina		
	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al
Kanin 1	0	(+)	0	0	(+)	0	0	0	0	(+)	++	+	0	(+)	0
Kanin 2	+++	(+)	0	+++	+	0	++	(+)	0	+++	+++	(+)	+++	+	0
Kanin 3	0	(+)	0	0	(+)	0	0	0	0	(+)	(+)	0	0	0	0
Kanin 4	0	(+)	0	0	(+)	0	0	0	0	+	(+)	(+)	0	0	0
Kanin 5															
Albino	0	+++	0	0	(+)	0	+	+++	0	0	+++	++	0	+++	(+)
Stachel- schwein	0	+	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0

Tabelle 6.

	Cornea			Sklera		
	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al
Rind 1	++	(+)	0	+++	+	0
Rind 2	+++	0	0	+++	0	0
Rind 3	+++	+	0	-	+	0
Rind 4	++++	+	0	+++	+	(+)
Rind 5	++++	0	0	++	(+)	0
Rind 6	+++	(+)	0	0	(+)	0
Kamel	0	(+)	0	0	0	0
Reh	0	0	0	0	(+)	(+)
Antilope	+	(+)	0	0	?	0
Sikahirsch	0	(+)	0	0	0	0
Elch 1	0	(+)	0	0	0	0
Elch 2	0	0	0	0	0	0
Renntier 1	0	0	0	0	(+)	0
Renntier 2				0	(+)	++

Auch die untersuchten Nagetiere zeigen im ganzen die Bevorzugung der Chorioidea für Barium, Strontium und Aluminium, allerdings mit zwei Ausnahmen. Bei Kaninchen 2 enthält der Bulbus in allen Teilen sehr viel Barium, bei Kaninchen 5, einem *Albino*, ist die Chorioidea frei von Barium, das sich nur in der Linse findet. Dagegen zeigt dieses Tier sehr reichlichen Strontiumgehalt.

Auch bei den Huftieren ist die Bevorzugung der Chorioidea offensichtlich. Allerdings ist hervorzuheben, daß das Barium bei einigen Rindern gleichmäßig über alle Teile des Bulbus verteilt ist.

Bei den Wildtieren (Reh, Antilope, Sikahirsch, Kamel, Ren) ist die Chorioidea bevorzugt, auch ergibt sich hier wiederum eine Parallelität vor allem zu Strontium. Eine Ausnahme machen beide Elche, deren Bulbi aluminiumfrei sind und fast kein Strontium enthalten.

Tabelle 7. Primaten, Herrentiere, Affen.

	Cornea			Sklera			Linse			Chorioidea			Retina		
	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al
Javaner															
Affe 1 . . .	0	0	0	0	0	0	(+)	0	+	++	++	0	(+)	(+)	
Affe 2 . . .	0	0	0	0	(+)	(+)	0	0	0	(+)	(+)	+	0	(+)	(+)
Schimpanse 1	(+)	+	0	0	(+)	(+)	0	0	0	+++	+++	0	0	(+)	0
Schimpanse 2	0	0	0	—	—	—	—	—	—	+	+	+++	—	—	—
Orang-Utan	0	+	0	0	+++	(+)	0	+	++	+	+++	+++	0	++	++

Die Tabelle ist eindeutig, stets findet sich Barium in der Chorioidea und nur in dieser (angedeutet in der Cornea bei Schimpanse 1) von

Ungulaten, Huftiere.

Linse			Chorioidea			Retina		
Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al
++++	(+)	0	+++	+	0	+++	0	0
++++	0	0	+++	+	0	+++	0	0
+++	+	0	+++	+	0	+++	+	0
0	?	+	+++++	+++	0	+++	0	0
+++	0	0	++++	+	(+)	++	(+)	0
++			+++					
0	(+)	0	++	(+)	0	0	(+)	0
0	0	0	+	(+)	(+)	0	0	0
0	0	0	+++	++	+	0	(+)	(+)
+	(+)	0	+++	++	+	+	+	(+)
0	(+)	0	+	+	+	0	(+)	0
0	0	0	+	+	0	0	(+)	0
0	0	0	+++	0	0	0	0	0
0	0	0	+	+	0	0	0	0
			+	+++	+++			
			+	++	++			

geringen Abweichungen abgesehen auch Strontium und Aluminium gehäuft.

Tabelle 8. Menschliche Foeten.

			Ba	Sr	Al
Foet 1	15 cm	Bulbus I	+	++	+
		Bulbus II	(+)	+	+
Foet 2	21 cm	Bulbus I	(+)	++++	+
		Bulbus II	+	++++	++
Foet 3	26 cm	Bulbus I	+	++++	+
		Bulbus II	+	++++	+
Foet 4	28 cm	Bulbus I	+	++++	+
		Bulbus II	(+)	++	+
Foet 5	28 cm Gemelli	Bulbus I	+	++++	++
		Bulbus II	+	++++	++
Foet 6	30 cm	Bulbus I	(+)	+++	++
		Bulbus II	(+)	++	+

Wir machten zuerst den Versuch, auch bei den Fetenaugen die Hämpe des Bulbus zu trennen, sahen aber bald, daß die Ausgangsmengen dann zu klein waren. Die Ergebnisse waren ganz negativ. Das ist uns ohne weiteres verständlich, wenn wir sehen, daß beim Verfunken eines ganzen Bulbus der Bariumbefund an der Grenze der Nachweisbarkeit, also zwischen 0,05 γ und 0,01 γ liegt. So entschlossen wir uns, jeweils den ganzen Bulbus zu verfunken und zwar von jedem einzelnen Fall beide Bulbi. Das Ergebnis ist einheitlich: stets Barium und zwar in kleineren bis kleinsten Mengen, erhebliche Mengen von Strontium und regelmäßig

Aluminium. Der Schluß, daß die Ablagerung von Barium, Strontium, Aluminium ebenfalls in der Chorioidea erfolgt, ist mit Sicherheit nicht zu ziehen, als Analogieschluß unter Berücksichtigung der nächsten Tabelle vielleicht erlaubt.

Die Fälle wurden wahllos dem Obduktionsmaterial entnommen. Unter 21 Beobachtungen waren 8 Barium-negativ, die andern enthielten Barium und zwar fast ausschließlich in der Chorioidea. Auch der Strontium- und Aluminiumbefund ist wieder in der Chorioidea am ausgesprochensten und weist eine gewisse Parallelität auf. Vor allem ist zu betonen, daß die Barium-negativen Bulbi auch auffallend arm an Strontium und Aluminium sind.

Von 12 Bulbi haben wir die Glaskörper auf Barium untersucht, sie waren stets völlig negativ.

Betrachten wir das Ergebnis der qualitativen Untersuchung: Das Barium ist ein mit verschwindenden Ausnahmen *konstanter Bestandteil des Auges* und zwar überwiegend der *Chorioidea*. Unterschiede zwischen den verschiedenen untersuchten Tierarten bestehen in diesem Punkt nicht. Das Strontium ist im Auge ein fast regelmäßiger Begleiter des Barium, es besteht sogar eine gewisse mengenmäßige Parallelität. Das ist um so auffallender, als wir früher zeigen konnten, daß Strontium im übrigen menschlichen Organismus mit absoluter Regelmäßigkeit zu finden ist, während das Barium in den Organen und Geweben vollständig fehlt.

Tabelle 9. Menschliche Fälle

S. N.	Alter Geschlecht	Diagnose	Cornea			Sklera		
			Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al
S. 104/34	76 j. ♀	Rectumcarcinom	0	(+)	0	0	+	0
S. 105/34	70 j. ♂	Peritonitis	0	0	0	0	0	0
S. 127/34	72 j. ♂	Endokarditis	0	0	0	0	(+)	0
S. 342/34	54 j. ♂	Lungentuberkulose	0	(+)	0	0	(+)	0
S. 341/34	60 j. ♂	Leberabsceß	0	0	0	0	(+)	(+)
S. 344/34	60 j. ♂	Lungencarcinom	0	+	0	0	+	0
S. 370/34	69 j. ♂	Cystopyelonephritis	0	—	—	0	+	(+)
S. 938/33	31 j. ♂	Sepsis	0	(+)	0	0	+	(+)
F. 75/33	—	Frgl. Argyrose	0	0	(+)	0	+	+++
S. 512/34	21 j. ♀	Miliartuberkulose	0	(+)	+	(+)	+	+
S. 24/34	25 j. ♂	Schädelabschuß	0	(+)	0	(+)	+	+
S. 321/34	27 j. ♂	Urämie	0	+	(+)	(+)	+++	+
S. 350/34	35 j. ♂	Lungentuberkulose	0	(+)	0	0	+	(+)
S. 315/34	28 j. ♂	Lungentuberkulose	0	(+)	0	(+)	+	(+)
S. 352/34	21 j. ♂	Sepsis	0	+	0	0	+	(+)
S. 327/34	59 j. ♂	Magencarcinom	0	(+)	0	0	+	(+)
S. 369/34	56 j. ♂	Lungentuberkulose	0	0	0	0	+	++
S. 404/34	46 j. ♂	Sarkom	0	0	0	0	+	(+)
S. 325/34	5 $\frac{1}{2}$ j. ♂	Masern	0	+	0	0	+	(+)
S. 334/34	79 j. ♂	Pneumonie	0	(+)	0	0	+	0
S. 42/35	5 Tg. ♂	Aspirationspneumonie	0	(+)	0	0	++	(+)

So lag es selbstverständlich nahe, zu fragen, ob das Barium in irgend einer Beziehung zum Pigmentgehalt des Auges stehen könnte. Die Untersuchung eines Albinokaninchens ergab in dem Bulbus nur in der Linse Barium, die Chorioidea, die bei den anderen Tieren stets und zum Teil beträchtliche Menge von Barium enthielt, war bariumfrei. Leider war es uns nicht möglich, weitere albinotische Bulbi zu untersuchen, so daß der auffallende Befund noch vereinzelt dasteht.

Die Untersuchung von 8 Bulbi albinotischer Mäuse, die zusammenverfunkt wurden, ergab das Vorhandensein einer Spur Barium, doch ist natürlich nicht zu unterscheiden, in welchem Fall des Bulbus das Barium vorhanden war.

Auf der anderen Seite untersuchten wir eine ganze Anzahl melanotischer Tumoren und fanden unter 22 malignen Melanomen in 7 Fällen Barium, in 2 weiteren war der Befund fraglich. Immerhin war also Barium in einem Drittel der Fälle positiv.

Die Untersuchung an pigmentierter Haut, an Pigmentnaevi, an Nebennieren war stets negativ.

Selbstverständlich läßt sich aus den Untersuchungen noch kein abschließendes Urteil über das Bariumvorkommen in Chorioidea und Melanomen gewinnen; auch kommen verschiedene Möglichkeiten für das Vorkommen des Barium in Frage. Vielleicht handelt es sich um einen Adsorptionsvorgang in dem Sinne, daß bei Aufnahme von Barium in den Körper das nicht ausgeschiedene Barium an pigmentreichen

jenseits der Fetalperiode.

Linse			Chorioidea			Retina		
Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al	Ba	Sr	Al
0	++++	0	0	+++	(+)	0	0	0
0	+	0	+	(+)	+	0	0	0
0	(+)	0	0	+	++	0	0	0
0	++	0	0	(+)	(+)	0	0	0
0	+	0	0	(+)	+	0	0	0
0	++	0	0	+++	+	0	0	0
0	+	(+)	0	(+)	+	0	0	0
0	(+)	0	0	(+)	+	0	0	0
0	0	(+)	0	+	+++	0	0	0
0	(+)	(+)	+	+++	++++	0	+	++
0	(+)	(+)	+	+++	+++	0	(+)	(+)
0	++	(+)	+	++++	++++	0	+	+
0	(+)	0	+	++	+	0	(+)	(+)
0	+	(+)	+	++	+++	0	(+)	(+)
0	++	0	+	++++	+++	(+)	++	++
0	++	0	+	+++	+++	0	(+)	(+)
0	+	(+)	+	++	+++	0	+	++
0	0	0	(+)	++	+	0	(+)	(+)
0	++	0	(+)	++	+	0	+	(+)
0	++	0	+	+++	+++	0	+	(+)
0	(+)	0	(+)	+++	(+)	0	++	0

Stellen zurückgehalten wird. Weiter ist zu erörtern, ob das Barium bei der Bildung des Pigmentes aus Vorstufen eine Rolle spielen kann. Und schließlich wäre bezüglich des Vorkommens in der Chorioidea zu erwägen, ob das Barium als Erdalkali irgend etwas mit dem Sehvorgang zu tun haben kann.

Es ist zwecklos, hier das Für und Wider bezüglich dieser Fragen, wie es sich aus unseren Tabellen ergibt, zu erörtern. Nur systematische physiologisch-chemische und biologische Untersuchungen können hier Klärung bringen.

Auch der Aluminiumgehalt bedarf einer kurzen Erwähnung. In früheren Untersuchungen an menschlichen Augen, die in unserm Institut durchgeführt wurden, kam *Trachsler* zu dem Ergebnis, daß Aluminium im Bulbus des Menschen aller Altersstufen in fast 70% vorkommt. Unsere jetzigen Untersuchungen ergänzen diesen Befund dahin, daß das Aluminium sich ganz überwiegend in der Chorioidea des Auges findet.

Wir kommen nunmehr zu den quantitativen Untersuchungen. Es erschien uns bei den beträchtlichen Differenzen der Linienintensitäten im Bariumgehalt bei Mensch und Tier im höchsten Maß wünschenswert absolute Zahlen zu besitzen. Da es aus äußeren Gründen nicht möglich war, bei allen Tieren die qualitativen und quantitativen Untersuchungen durchzuführen, sind die folgenden Analysen nicht so zahlreich, wie die qualitativen, sie geben trotzdem eine gute Übersicht bezüglich der untersuchten Tierklassen. Herrn Dr. Scheiner sind wir für die Auswertung der Platten zu Dank verpflichtet.

Tabelle 10. *Cursores, Laufvögel.*

	Cornea Ba γ	Sklera Ba γ	Linse Ba γ	Chorioidea Ba γ	Retina Ba γ
Strauß 1	—	—	—	etwa 400	—
Strauß 2	4,4	30	4,4	80	8
Strauß 3	—	—	—	50	—

Die Bariummengen, die stets auf 1 g Feuchtbodysubstanz berechnet sind, erweisen sich absolut als sehr hoch, auch bei dem Strauß 2, bei dem alle Hämpe des Bulbus analysiert werden konnten, enthält die Chorioidea bei weitem die größte Bariummenge.

Tabelle 11. *Carnivoren, Raubtiere.*

	Cornea Ba γ	Sklera Ba γ	Linse Ba γ	Chorioidea Ba γ	Retina Ba γ
Bär	0	0	0	18	0
Malaienbär	0	0	0	8	0
Hund	0	0	0	28	0
Katze	3,5	12,5	4	5	5
Serval	0	0	0	5,5	0

Nur die Katze fällt aus dem Rahmen, ihr Bulbus enthält in allen Häuten etwa gleichviel Barium, nur die Sklera etwa das Doppelte bis Dreifache. Bei den andern Raubtieren ist Barium *nur* in der Chorioidea in wechselnder Menge vorhanden.

Tabelle 12. Rodentien, Nagetiere.

	Cornea Ba γ	Sklera Ba γ	Linse Ba γ	Chorioidea Ba γ	Retina Ba γ
Kanin 3	0	0	0	7,5	0
Kanin 4	0	0	0	10,0	0
Kanin 5	0	0	6	0	0

Kaninchen 5 ist Albino, die andern Tiere enthalten mittlere Bariummengen *nur* in der Chorioidea.

Tabelle 13. Ungulaten, Huftiere.

	Cornea Ba γ	Sklera Ba γ	Linse Ba γ	Chorioidea Ba γ	Retina Ba γ
Rind 4	—	—	—	etwa 500	—
Rind 5	54	23	109	141	17
Rind 6	50	0	0	28	0
Kamel	0	0	0	4	0
Antilope	4	0	7	40	10
Sikahirsch	0	0	0	3	0
Elch 1	0	0	0	12	0
Renntier 2	—	0	—	2,6	—

In dieser Gruppe finden wir Barium gelegentlich in verschiedenen Bulbusteilchen, die größten Mengen aber (mit einer Ausnahme) in der Chorioidea. Die Werte schwanken ganz außerordentlich, es wird aber doch deutlich, daß bei geringen Bariumquantitäten diese stets in der Chorioidea zu finden sind.

Tabelle 14. Primaten, Herrentiere.

	Cornea Ba γ	Sklera Ba γ	Linse Ba γ	Chorioidea Ba γ	Retina Ba γ
Schimpanse . . .	0	—	—	5,5	—
Orang-Utan . . .	0	0	0	13,0	0

Die Menschenaffen zeigen mittlere Bariummengen nur in der Chorioidea.

Gehen wir nun zu den menschlichen Fällen über, so sehen wir, daß die Bariummengen des Bulbus wesentlich geringer sind, als bei allen untersuchten Tieren, so gering, daß sie sich aus den oben angegebenen technischen Gründen dem quantitativen Nachweis entziehen. Das

bedeutet also, daß wir in 1 g Feuchtsubstanz in den positiven Fällen Mengen zwischen 0,05 und 0,5 γ Barium haben. Da das Barium zweifellos mit Nahrungsmitteln, — wir konnten Barium in Tee und pflanzlichen Gewürzen nachweisen —, in den Körper kommt, ließe sich die Tatsache der minimalsten Bariummengen im menschlichen Auge am ehesten mit der Ernährung in Zusammenhang bringen.

In 5 malignen Melanomen konnten wir das Barium quantitativ erfassen: die Mengen schwankten im Gramm Feuchtsubstanz zwischen 1,5 und 24 γ Barium, liegen also wesentlich höher, als die in der menschlichen Chorioidea nachweisbaren.

Betrachten wir zusammenfassend die Ergebnisse unserer qualitativen und quantitativen spektrographischen Untersuchungen, so ergibt sich die Tatsache, daß sich in Wirbeltieraugen, und zwar bei den verschiedensten Klassen, Barium mit Regelmäßigkeit findet. Bevorzugte Ablagerungsstätte ist die Chorioidea, die häufig die einzige nicht nur im Auge, sondern beim Menschen im Körper überhaupt ist. Das gilt auch für einzelne Tiere, deren Organe wir durchanalysiert haben, wie für das Rentier. Bei Rind 4, dessen sämtliche Organe wir durchanalysierten, das in der Chorioidea etwa 500 γ Barium enthielt, fanden sich Bariumspuren allerdings auch in inneren Organen, und zwar in Haut, Lunge, Milz und Uterus, in diesen Organen aber auch nur in einzelnen Proben, andere waren völlig negativ.

Beim Menschen konnte als einzige Ausnahme neben dem Bulbus Barium in melanotischen Geschwüsten, und zwar in exakt meßbaren Mengen gefunden werden.

Die Frage, ob zwischen Pigment und Bariumgehalt eine Beziehung besteht, muß mit Wahrscheinlichkeit bejaht werden. Welcher Art diese Beziehung ist, muß noch offen bleiben.

Des weiteren ergibt sich aus den Untersuchungen das regelmäßige Vorkommen von Strontium und Aluminium in menschlichen und tierischen Augen. Mengenmäßig besteht eine gewisse Parallelität zwischen Barium, Strontium und Aluminium, die beiden letzteren werden ebenfalls ganz überwiegend in der Chorioidea abgelagert.

Literatur.

Gerlach, W.: Jkurse ärztl. Fortbildg. 1935, Januar-H. — *Gerlach, W. u. R. Müller:* Virchows Arch. 294 (1934). — *Ramage, H. u. J. J. Sheldon:* Nature 29 (1931). — *Ruthardt, K.:* Virchows Arch. 294 (1934). — *Trachsler, W.:* Inaug.-Diss. Basel 1934.