

Vorwort	VII	Weberknechte und Oktopusse	74	8 Alternative Sinne	152
1 Evolutionsgedanken	2	Doppelte Bildverarbeitung	76	Besser riechen als sehen	156
Wirbeltiere und Wirbellose	2	4 Schärfen geht es kaum	80	Tast- und Vibrationssinn	158
Evolutionstheorie aus der		Stielaugen	82	Fledermaus-Nahaufnahmen	160
Sicht eines Mathematikers	6	Hohe Auflösung	84	Geruchssinn optimiert	162
Evolution aus der		Von Krähen und Geiern	86	Tagaktive Nattern und	
Sicht eines Biologen	10	Runde oder geschlitzte Pupillen?	88	nachaktive Baumboas	164
Der Embryo macht		Restlichtverstärker	90	Zwei Zehnerpotenzen auseinander ...	166
alle Stadien durch	14	Wie gut sehen Haie?	92	9 Bunte Welt	170
2 Linsenaugen oder Facettenaugen ...	18	Zwei gelbe Flecken		Augenbinden	172
Wie gut sehen Gliedertiere?	22	auf der Netzhaut	94	Skurreil und giftig	174
Bildhebung durch Brechung	24	Kaum zu überbieten	98	Was passiert, wenn	
Zwei Lösungen,		Sehen acht Augen besser als zwei? ..	100	die Augen getarnt sind?	176
die Welt scharf zu sehen	26	5 Einfach oder vereinfacht	102	Wozu diese Muster?	178
Vor- und Nachteile		Ein sehr ursprüngliches Auge	108	Pseudopupillen	180
des Facettenauges	28	Augen nur „pro forma“	110	10 Augensprache	184
Räumliches Sehen bei Insekten	30	Vielfältige Miniaturaugen	112	Falsche Augen können	
Krebs oder Insekt?	32	Wo sind die Augen?	114	lebensrettend sein	186
Rollende Augäpfel	34	Acht Augen und trotzdem		Scheinaugen unter Wasser	188
Spinne oder Krebs?	36	kein Augentier	116	Augensprache	190
Skurrile Augen	38	Die Punktaugen der Insekten	118	Kometeneinschlag	
Facettenaugen unter Wasser	40	Quadratische Facetten		vor 65 Mio. Jahren	192
Molche und Salamander	42	höherer Krebse	120	Genetisch und emotional nahe	194
Reptil und Amphibium		Selbst fossile Augen		Die Augensprache	
in einem Biotop	44	kann man analysieren	121	unser Verwandten	196
Froschaugen	46	Flughunde oder fliegende Füchse ...	122	Kindchenschema	198
Muränen und Schlangenaale	48	6 Über und unter Wasser sehen	126	Lauerjäger	200
Die größten Augen		Ein simples Augenmodell		Angeblich hypnotisierende Augen	202
unter Landtieren	50	über und unter Wasser	128	Kindchenschema unter Wasser	204
Farbenblind?	52	Anpassung an das		Teddybär oder	
Knorpelfische	54	Sehen unter Wasser	130	gefährliches Raubtier?	206
Vögel und Reptilien	56	Von Natur aus kurzsichtig	132	Wieviele Tierarten gibt es?	208
An der empfindlichsten Stelle	58	Fische an der Wasseroberfläche	134	Glossar	210
3 Die Welt ist 3D	62	Was haben Flusspferde		Ausgewählte Literatur	211
Fangschrecke und		und Wale gemeinsam?	136	Index	212
Fangschreckenkrebs	64	Augen von Unterwassersäugetern	138		
Millimetergenaues Abschätzen	66	Wie groß können			
Die Augen der Groß-		oder sollen Augen sein?	140		
und Kleinlibellen	68	Hot Spots – Gezielte Mutationen	142		
Leben im Sand	70	7 Pax und Homologie	146		
Acht Beine und ein Superhirn	72				

2 Linsenaugen oder Facettenaugen

Zwei grundsätzliche
Lösungen, die Welt zu sehen

1 Evolutions- gedanken

Biologische und mathe-
matische Sichtweisen



Biologische Evolution ist Veränderung in der Zeit durch Selektion, dem Unterschied im Vermehrungserfolg von Individuen einer Population aufgrund unterschiedlicher Fitness. Dadurch kann sich die Häufigkeit von Merkmalen bereits in den nächsten Generationen ändern.



Die Lichtsinneszellen aller noch so unterschiedlichen Augen sind entweder aus dem Nervensystem oder der Oberhaut entstanden. Aus beiden Zelltypen sind sowohl Linsen- als auch Facettenaugen hervorgegangen.

3 Die Welt ist 3D

Räumliches
Sehen

62



Größe und Stellung der Augen vieler Tiere verraten bereits einiges über ihre Lebensweise: Bei Räubern sind die Augen eher nach vorne gerichtet, um ihre Beute dreidimensional zu erfassen. Viele Beutetiere brauchen ihrerseits dagegen einen großen Sehbereich.

4 Schärfer geht es kaum

Feinanpassung bei
Retina und / oder Optik

80



Ein gutes Auge verlangt eine gute Optik und / oder eine gute Netzhaut. Greifvögel setzen auf eine Verbesserung der Retina, manche Krebse mit beachtlichem Erfolg auf eine raffinierte Optik in jeder ihrer Facetten.

6 Über und unter Wasser sehen

Für jedes Medium
eine andere Brille

5 Einfach oder vereinfacht

Wenn man nicht unbedingt
scharf sehen muss

102



Das einfachste Auge besteht aus einer Sinnes- und einer Pigmentzelle. Ein Vorläufer eines Linsenauges ist das Lochkameraauge. Einfach muss nicht primitiv heißen. Vorfahren der Tausendfüßler hatten z. B. schon bessere Augen, die aber wieder vereinfacht wurden.

126



Die Augen der Wasser- und Landtiere sind unterschiedlich. Bei Linsenaugen spielt über Wasser die äußere Hornhaut eine weitaus entscheidendere Rolle als die Linse. Unter Wasser übernimmt einen Großteil der Brechung die dann kugelförmige Linse.

7 Pax und Homologie

Der dritte Akt im Verständnis der Evolutionsgeschichte



Die genetische Basis, lichtempfindliche Zellen zu entwickeln, sitzt sehr tief (schon bei Einzellern). Darauf aufbauend konnten im Tierreich unabhängig verschiedene Augentypen entstehen, die in der embryonalen Entwicklung stets auf dieses frühe Erbe zurückgreifen.

8 Alternative Sinne

Es gibt nicht nur Augen



Tiere leben stets in der Sinneswelt, die ihrer Lebensweise entspricht. Neben dem Sehsinn dominiert bei vielen Tieren Riechen, Schmecken, Hören, Tasten, Temperaturwahrnehmung oder Messen elektrischer Felder. Manche Tiere können auch Magnetfelder registrieren.

10 Augensprache

Funktioniert nur
bei nahen Verwandten

9 Bunte Welt

Zur Bedeutung
der Farben

170

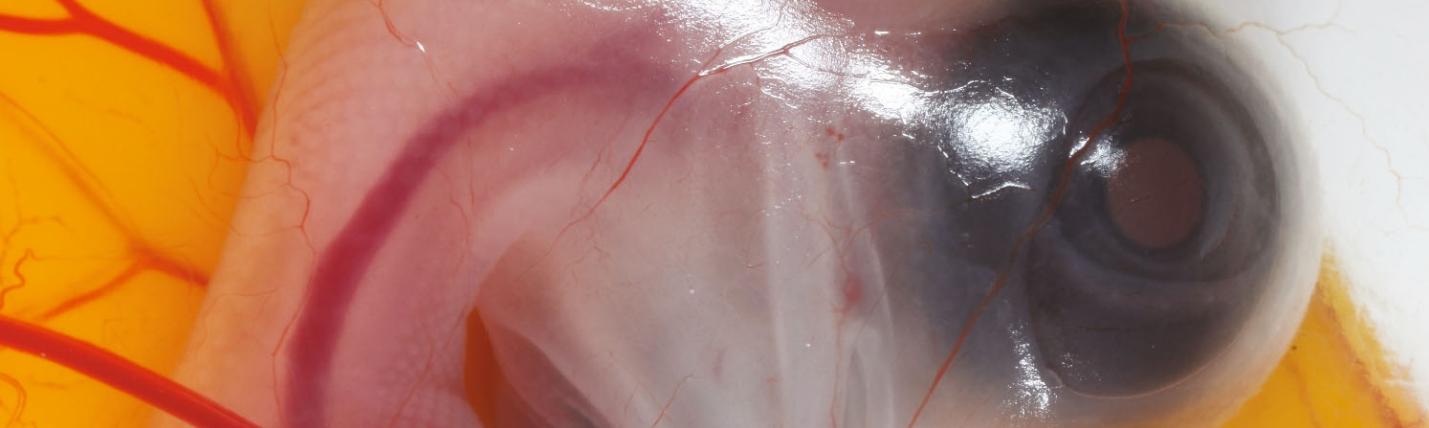


Bei Tieren mit Farbwahrnehmung spielen Farbsignale eine wichtige Rolle. Ihre Augen sind darauf spezialisiert, gewisse Farbtöne bei der Partnerwahl oder Futtersuche zu erkennen. Je nach Zahl der Rezeptortypen sehen diese Tiere die Welt sogar viel bunter als wir.

184



Wir Menschen verstehen bis zu einem gewissen Grad die Augenmimik unserer nächsten Verwandten. Untereinander können wir eine ganze Reihe von Gemütszuständen vermitteln, von denen einige auch Menschenaffen verstehen.



Die Evolution des Auges - Ein Fotoshooting

Glaeser, G.; Paulus, H.F.

2014, XVI, 214 S., Hardcover

ISBN: 978-3-642-37775-4