

## Von Stielaugen und Hörbeinen

Urs Wüthrich

***Wir glauben oft nur was wir mit den eigenen Augen sehen und mit unseren Ohren hören. Viele Lebewesen nehmen ihre Umwelt jedoch völlig anders wahr. Ihnen machen die zunehmende Licht- und Lärmverschmutzung zu schaffen.***

Um herauszufinden wie Tiere die Welt sehen muss man ihr Sehsystem verstehen und die Tiere in Verhaltensversuchen testen. Bienen sehen Licht im ultravioletten Bereich, was ihnen eine völlig andere Farbenwelt eröffnet. So wird die für uns rote Farbe von den Bienen schwarz wahrgenommen und die gelbe Farbe erscheint in Purpur. Wie die Libellen und andere Insekten sind deren Augen aus vielen Facetten zusammengesetzt. Dadurch entsteht mosaikartig aus kleinen Ausschnitten ein Bild, welches meist auch einen sehr grossen Gesichtswinkel ermöglicht. Jedes Einzelauge (Ommatidium) der Biene verfügt über eine Linse und einen Kristallkegel, der von Pigmentzellen abgeschirmt wird. Daran schliessen sich die Sehzellen an, die ebenfalls durch Pigmentzellen geschützt sind. Drei zusätzliche Punktaugen oder Ocellen liegen auf der Stirn der Biene. Diese liefern kein scharfes Bild der Umgebung. Sie sind jedoch extrem lichtempfindlich und dienen der Biene vermutlich als Lichtkompass. Die räumliche Auflösung des Facettenauges ist durch die Anzahl der Bildpunkte begrenzt und weit geringer als diejenige des menschlichen Linsenauges. Doch die zeitliche Auflösung kann bei Facettenaugen weit höher sein. Sie liegt etwa bei schnell fliegenden Insekten bei über 300 Bildern pro Sekunde, was dem Fünffachen des menschlichen Auges von etwa 60 bis 65 Bildern pro Sekunde entspricht.

Licht kann durch viele physikalische Eigenschaften beschrieben werden. Farbe ist eine Interpretation der spektralen Zusammensetzung des Lichtes. Um Farben wahrnehmen zu können, muss die Netzhaut des Betrachters mit unterschiedlichen Zapfentypen ausgestattet sein. Der Mensch besitzt in der Regel ein trichromatisches Farbsehen und drei verschiedene Zapfentypen, die allgemein als Blau-, Grün- und Rotzapfen bezeichnet werden. Die Mehrzahl der Säugetiere hat nicht drei, sondern nur zwei Zapfenarten und besitzt daher ein dichromatisches Farbsehen. Ihre Augen haben keine Zapfen für rotes Licht und sind dementsprechend „rot-farbenblind“. Ein Stier in der Arena reagiert also nicht auf das Rot eines Tuches sondern auf Bewegungen. Marine Säuger und einige nachtaktive Säugetiere haben sogar nur einen Zapfentyp und sind völlig farbenblind. Vögel sowie viele Fische und Reptilien dagegen sehen die Welt mit vier Zapfentypen in mehr Farbtönen. Viele Wirbeltiere, Insekten und Krebstiere sehen nicht nur das für uns wahrnehmbare Wellenspektrum, sondern auch ultraviolette Strahlung als Licht.

### Von einfachen Lichtsinneszellen zum komplexen Sehsystem

Einfachste Lichtempfindungsorgane kommen bereits bei einzelligen Lebewesen vor, so beispielsweise bei Augentierchen der Gattung Euglena. Dies ermöglicht ihnen zu Lichtquellen zu schwimmen, um dort mittels Fotosynthese Energie zu tanken. Bei Regenwürmern sind Lichtsinneszellen in der Haut zu finden. Dadurch vermag der Wurm hell und dunkel zu unterscheiden. Schnecken besitzen förmlich Stielaugen, denn deren punktförmigen Sehorgane sitzen auf ihren Fühlern. So kann das Auge zusätzlich nach allen Seiten ausgerichtet oder auch eingezogen werden. Die meisten Spinnen besitzen bis zu acht Augen, die ihnen nahezu einen Rundumblick ermöglichen. Springspinnen können mithilfe ihrer Augen waghalsige Sprünge koordinieren, andere Spinnenarten können sehr gut im Dunkeln jagen oder nutzen wie die Bienen auch polarisiertes und ultraviolettes Licht zur Navigation.

## **Hören ermöglicht Orientierung, Nahrungs- und Partnersuche**

Dass Fledermäuse und Hunde viel höhere Frequenzen hören als der Mensch, ist allgemein bekannt. Auch Vögel haben ein sehr gutes Gehör mit Frequenzbereichen zwischen 10'000 und 12'000 Hertz. Im Gegensatz zu vielen Säugetieren besitzen sie jedoch keine Ohrmuscheln. Die Ohröffnungen von Vögeln sind unter Ohrdeckfedern versteckt. Sie können Schall zusätzlich auch über den Schädel präzise orten. Eulen hören und sehen in der Dämmerung Mäuse aus weiter Entfernung im tiefen Gras oder unter dem Schnee zielgenau. Wie Forscher um Christopher Sturdy an der kanadischen Universität Alberta herausgefunden haben, können Singvögel eine exakte Tonhöhe genau wiedererkennen. Sie haben also ein absolutes Musikgehör.

Das Trommelfell im Aussenohr von Säugetieren nimmt Schwingungen auf. Diese werden durch die Gehörknöchelchen im Mittelohr verstärkt und im Innenohr schliesslich in elektrische Nervenimpulse umgewandelt und zum Gehirn weitergeleitet. Insekten jedoch hören ganz anders. Heuschrecken haben zusammen mit den Singzikaden die auffälligsten Lautäusserungen unter den Wirbellosen entwickelt. Diese müssen von Artgenossen wahrgenommen werden. Bei Langfühlerschrecken sitzen beidseitige Trommelfelle in zwei schlitzartigen Öffnungen an den Vorderbeinen. Das Gehörorgan von Feldheuschrecken und Zikaden befindet sich hingegen seitlich im ersten beziehungsweise im zweiten Hinterleibssegment. Dass deren Gesänge kaum lauter werden, sondern eher verstummen, hat mit den Nutzungsänderungen in der intensiven Landwirtschaft, mit kurz geschorenen Rasenflächen und aufgeräumten Gärten zu tun.

## **Licht- und Lärmverschmutzung machen das Leben schwer**

Man weiss, dass nachtaktive Tiere wie Fledermäuse bei künstlichem Licht Probleme haben. Seit Beginn der Industrialisierung nimmt auch die Beschallung der Umwelt ständig zu. Lärm kann beim Menschen Schlafstörungen und krank machenden Stress auslösen. Für viele Tierarten ist ein anhaltender Geräuschpegel ebenfalls problematisch. Da der Lärm ihre Kommunikation beeinträchtigt, werden Warnrufe oder akustische Markierungen eines Territoriums weniger gut erkannt. Wenn Menschen in einem lärmigen Umfeld kommunizieren, sprechen sie lauter und etwas höher. Genauso machen es die Vögel. Man hat herausgefunden, dass Amseln und Kohlmeisen in der Stadt lauter und um etwa 200 Hertz höher singen als in ruhigen Zonen. Lärm beeinflusst auch die Grösse ihres Territoriums, da dieses nur so weit geht, wie der Vogel gehört wird. Bei einem schrumpfenden Jagdgebiet wird auch die Nahrungsbeschaffung und Jungenaufzucht schwieriger.

Schallwellen werden durch die Luft gut übertragen. Im Vakuum kann Schall folglich nicht transportiert werden. Auch Wasser ist ein ausgezeichnetes Übertragungsmedium für Schall. Fische besitzen zwar kein Trommelfell. Viele Arten haben aber andere Strukturen zur Schallaufnahme entwickelt. So können sie mit der Schwimmblase Schalldruckwellen aufnehmen und die Vibrationen auf verschiedenen Wegen an die Sinnesfelder im Innenohr weiterleiten. Hector-Delfine sind ausschliesslich in Gewässern um Neuseeland verbreitet. Die geselligen Säugetiere leben in Gruppen von zwei bis acht Artgenossen zusammen. Sie sind sehr aktiv und verspielt, wobei sie Wellen reiten und auch mit Algen spielen. Bei Walen und Delfinen sieht man äusserlich keine Ohrmuscheln, sondern nur zwei kleine Löcher. Trotzdem können sie ausgezeichnet hören. Sie hören die Gesänge von Artgenossen über eine Entfernung von vielen hundert Kilometern. Das brauchen sie auch, denn die Ozeane sind gross. Doch der Lärm von Schiffsmotoren macht ihnen sehr zu schaffen. Allerdings stellt die Lärmbelastung nur eine der vielen Gefahren dar, denen Wale und Delfine mittlerweile ausgesetzt sind: Chemieunfälle und Ölkatastrophen, Treibnetze, Plastikverschmutzung und die steigenden Meerestemperaturen sind für sie weitere schwerwiegende Probleme. Für kein anderes Lebewesen ist dieses Bibelzitat deshalb zutreffender als für den Menschen: „Sie haben Augen und sehen nicht, sie haben Ohren und hören nicht“.

Fotos (alle von Urs Wüthrich)



Facettenaugen der Deutschen Wespe (*Vespula germanica*)



Die Veränderliche Krabbenspinne (*Misumena vatia*) sieht mit acht Augen



Die Weinbergschnecke (*Helix pomatia*) hat auf ihren Fühlern Stielaugen, welche sie schwenken und einziehen kann.



Die Hörorgane des Grünen Heupferds (*Tettigonia viridissima*) befinden sich an dessen Vorderbeinen



Die runden Trommelfelle des Wasserfroschs (*Pelophylax esculentus*) liegen offen hinter seinen Auge



Wie die Wale haben Delfine keine Ohrmuscheln, sondern lediglich Hörlöcher. Diese geselligen Hector-Delfine (*Cephalorhynchus hectori*) leben in Neuseeland.

**Erschienen im Urner Wochenblatt Nr. 32 vom 23.04.2022**