

Genial daneben: Das irreparable Design des Linsenauges

Kreationistische Irrtümer über die Qualität der Netzhaut

MARTIN NEUKAMM / ANDREAS BEYER

Zusammenfassung: Seit Bestehen der Evolutionstheorie wird über den Ursprung des menschlichen Auges gestritten wie über die Entstehung keines anderen Organs. Nach Ansicht der Kreationisten sei das Auge optimal und zweckmäßig für seine Funktion gebaut und deute somit auf ein intelligentes Design hin. Dagegen ist nach Auffassung der Evolutionsbiologen das Auge aufgrund seiner konstruktiven Mängel genau so gebaut, wie man es von einem **nicht** zielgerichteten Optimierungsprozess erwartet: Die Existenz der "verkehrt" im Augenebecher liegenden (inversen) Netzhaut ist die Konsequenz von *Entwicklungszwängen*, die sich historisch bis zu den Vorfahren der Wirbeltiere zurückverfolgen lassen. Nur die Evolutionstheorie kann diesen Befund differenziert (ohne unprüfbare Ad-hoc-Annahmen) erklären. Nachdem vor einigen Jahren entdeckt wurde, dass die sog. "MÜLLER-Zellen" der Netzhaut den Sehvorgang optimieren, da sie wie Lichtleiter wirken, kam noch einmal Bewegung in die Diskussion. Die Kreationisten sehen ihre Auffassung bestätigt, dass das Auge keine Mängel aufweise. Dabei wird übersehen, dass die zweckwidrigen Merkmale nach wie vor existieren. Die MÜLLER-Zellen sind nur eine *Behelfslösung*, um die Unzulänglichkeiten der ursprünglichen Strukturen so gut wie möglich *abzumildern*. Die Addition neuer Merkmale zum Beheben konstruktiver Mängel ist ein Kennzeichen evolutionärer Optimierung. Intelligent Design kann diese Strukturen des Auges nicht erklären.

Inhalt

- Einleitung
- Das Problem der teleologischen Argumentation
- Ein Vergleich mit der Technik
- Die Struktur der Netzhaut: Ein Argument für Evolution!
- Kreationistische Missverständnisse und retinale MÜLLER-Zellen: Ein Merkmal, das alles verändert?
- Inwieweit sind Netzhaut und MÜLLER-Zellen optimal für scharfes Sehen?
- Gibt es "gute Gründe" für eine inverse Retina? Ja, und die Evolutionstheorie kann sie sogar erklären!
- Fazit / Literatur

Einleitung

Das Planmäßigkeit- oder Design-Argument der Evolutionsgegner besagt, dass biologische Merkmale so beschaffen seien, als seien sie gezielt erschaffen worden ("intelligentes Design"). Wegen ihrer Zweckmäßigkeit und Zielgerichtetheit sei der Schluss auf einen Schöpfer naheliegend, ja sogar die einfachste Erklärung. Diese Argumentation hat mehrere Haken. Einer davon ist die Erkenntnis, dass die meisten organischen Strukturen, wie z.B. die Netzhaut des Linsenauges, wenn man sie *im Detail* betrachtet, konstruktive Mängel aufweisen, unzuweckmäßig arrangiert sind und so in der Gesamtschau den Schluss auf eine *zielgerichtete*, intelligente Entstehungsursache als höchst fragwürdig erscheinen lassen. Gegen diese Einsicht wehren sich Evolutionsgegner mit Händen und Füßen. Zum Beispiel sollen bestimmte retinale Ganglienzellen (sog. MÜLLER-Zellen) in der Netzhaut belegen, dass das Linsenauge optimal für seine Funktion gestaltet wurde. Die Einwände gegen das Planmäßigkeit-Argument seien daher entkräftet. Wie sieht die Argumentation im Detail aus und wo liegen die Probleme?

Das Problem der teleologischen Argumentation

Seit der englische Theologe William PALEY mit seinem Werk "Natural Theology" 1802 das Design-Argument begründete, versuchen die Anhänger von Schöpfungslehren (Kreationismus, "Intelligent Design"), organische Strukturen wie etwa das Linsenauge der Wirbeltiere als Ausweis eines planerischen oder gar göttlichen Geniestreichs zu verkaufen. Seine Komplexität¹, Zweckmäßigkeit, Zielgerichtetheit und "Genialität" soll den Eindruck vermitteln, es sei intelligent und planmäßig konstruiert worden. Zu diesem Zweck werden Lebewesen gerne mit technischen Errungenschaften verglichen. Der Verweis darauf, "dass Biologie und Technik offenbar starke Parallelen aufweisen" (RAMMERSTORFER 2006, 21), soll den Schluss auf gleiche, intelligente Ursachen verstärken.

Die vermeintliche *Zweckmäßigkeit* biologischer Merkmale (griech. Zweck: *telos*) soll unmittelbar die *zielgerichtete* Handlungsabsicht eines Schöpfers erkennen lassen. Die biologischen Strukturen sollen sinnvolle, rationelle, zweckorientierte, optimale Lösungen für den zu erfüllenden Zweck darstellen.

NACHTIGALL/BLÜCHEL (2001, 15) glauben gar zu wissen: "... dass die Technik sich

¹ Das Argument der "irreduziblen Komplexität" wird in diesem Artikel nicht verfolgt; die Kritik daran ist Gegenstand anderer Abhandlungen, etwa NEUKAMM (2009); NEUKAMM (2011, in Vorbereitung). Hier geht es um das Argument der Zielgerichtetheit, Planmäßigkeit bzw. Zweckmäßigkeit an sich. Zweckmäßigkeit, so lesen wir etwa bei RAMMERSTORFER (2003), sei in der Natur "überall zu finden", der Schluss auf einen Zwecksetzer sei daher der "naheliegendste Schluss".

vermutlich manche Umwege hätte ersparen können, wenn sie zunächst bei der Natur nachgeschaut hätte". Damit steht also nicht nur für Evolutionsbiologen, sondern auch für viele ID-Vertreter außer Frage: Das Planmäßigkeit-Argument würde unplausibel, würde sich zeigen, dass "Strukturen, die als Indizien für Planung gewertet werden, ... suboptimal sind" (RAMMERSTORFER 2006, 90). Es dürfen also keine funktionslosen, redundanten oder unzweckmäßigen Strukturen existieren; es dürfen keine Umwegentwicklungen stattfinden, die Reminiszenzen an archaische Entwürfe zeigen, die noch einen anderen Zweck verraten als den gegenwärtigen oder womöglich sogar potenziell lebensgefährliche Konsequenzen nach sich ziehen. All diese Eigenschaften würden auf einen **nicht zielgerichteten** (evolutionären) Entstehungsprozess hindeuten und dem Planmäßigkeit-Argument den Boden entziehen. Aber zum Glück, so RAMMERSTORFER, gibt es in der Natur überwiegend "gutes Design" (p. 88).

Streng genommen war die Planmäßigkeit-Analogie noch nie folgerichtig, weil sie zwei kategorial verschiedene Objektklassen miteinander vergleicht, die in allen für den Vergleich relevanten Eigenschaften nicht miteinander vergleichbar sind: passive *Objekte*, die **gemacht** werden (=Technik) und *Subjekte*, die **wachsen**, sich aktiv vermehren und der Mutation und natürlichen Selektion unterliegen (=Natur). Bereits D. HUME (1777) konnte so das Planmäßigkeit-Argument philosophisch aus dem Weg räumen (eine Arbeit, die W. PALEY offenbar nicht beachtet hatte oder nicht kannte). Echte Zwecke und Ziele lassen sich in Organismen nicht entdecken, man kann sie nur *willkürlich* in Organismen *hineindeuten*. So kann man empirisch zwar zeigen, dass ein Organ eine "Funktion" hat, **weil** dieses Organ für das Lebewesen einen Überlebensvorteil bringt (oder ihm das Leben ermöglicht). Aber es lässt sich daraus nicht ableiten, dass dieses Organ erschaffen oder konstruiert (designt) wurde, **damit** der Organismus etwas damit anfangen kann. Dieses für die Teleologie so typische Problem wird bereits seit der Antike als Stolperstein teleologischer Erklärungen gesehen (TOEPFER 2005, 38). Sowohl die individuelle als auch die genealogische Entwicklung der Lebewesen gehen auf natürliche Weise und ohne erkennbaren planerischen Eingriff vonstatten. Schließlich konnte rund 80 Jahre nach HUMES Kritik C. DARWIN im Rahmen seiner Arbeit "Über die Entstehung der Arten" (1859) zeigen, dass die augenscheinliche Zweckmäßigkeit biologischer Strukturen auf das Wechselspiel von Variation und Auslese zurückzuführen ist.

Endgültig zerrüttet wurde das Argument, als man immer mehr Merkmale fand, welche die oben erwähnten Ausschlusskriterien erfüllen, also konstruktive Mängel aufweisen, Umwege einschlagen, suboptimal angelegt sind usw. Ein schönes Beispiel für eine solche Struktur ist ausgerechnet eines von PALYES Paradebeispielen für ein intelligentes Design: das Auge. Heute wissen wir, dass die Netzhaut des Linsen Auges der Wirbeltiere unzweckmäßig (nämlich **invers**) strukturiert ist. "Invers" bedeutet, dass die Sehzellen nicht dem Licht zugewandt sind,

wie es analog dazu in optischen Geräten zweckmäßigerweise der Fall ist, sondern zum Augenhintergrund schauen, während die Nervenzellen, die zum Gehirn führen, nach außen gerichtet sind (Abb. 1). Die Folge ist erstens ein "blinder Fleck" auf der Netzhaut, der erhebliche Kompensationsleistungen von Auge und Gehirn verlangt. Zweitens wird das Licht teilweise an den vor den Sehzellen liegenden Zellschichten, Nervenzellen und Blutgefäßen gestreut, Lichtempfindlichkeit und Sehschärfe dadurch reduziert.

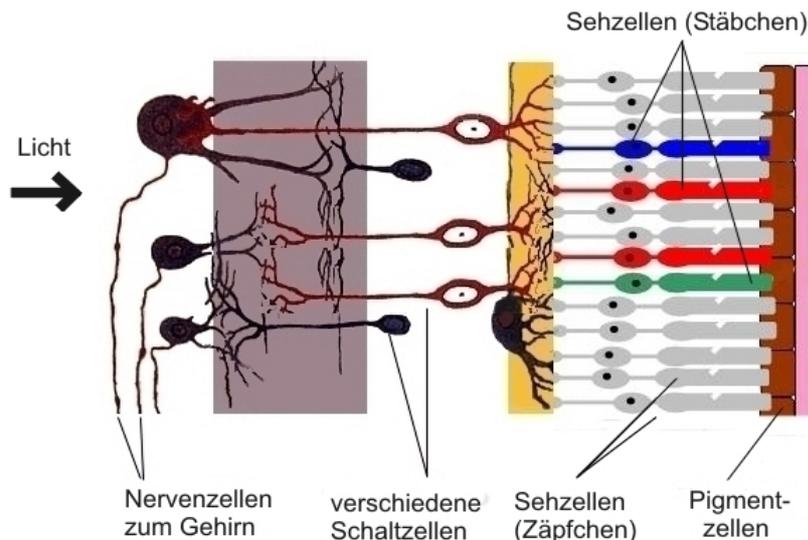


Abb. 1: Schematisch vereinfachter Aufbau der Netzhaut (Retina). Man beachte den inversen Bau beim Wirbeltierauge: Die Sehzellen befinden sich auf der dem Licht *abgewandten* Seite, während die Ganglienzellen dem Licht zugewandt sind. So muss das Licht mehrere Zellschichten durchdringen, bevor es auf die Sensorzellen trifft.

Ein Vergleich mit der Technik

Um die Problematik in ihrer vollen Dimension zu begreifen, hilft ein Vergleich mit der Technik²: Stellen wir uns vor, ein Ingenieur wollte die Strukturen des Auges und der Netzhaut auf ein Teleskop oder einen Fotoapparat übertragen. Dieser Ingenieur müsste den Lichtsensor verkehrt herum in das Gerät einbauen, zudem ein Gewirr aus Drähten und Kabeln in den Strahlengang setzen und zur Krönung seiner ingenieurstechnischen Meisterleistung ein großes Loch durch den Sensor bohren, um die Kabel hinter die optische Anordnung zu verfrachten. Erst später, als er die ersten Fotos macht, erkennt der Ingenieur (der mit dieser Qualifikation vermutlich nicht das Grundstudium bestanden hätte), die Problematik, sieht sich

² Wie gezeigt werden solche Analogien von ID-Anhängern gerne benutzt, wenn sie ihrem Planmäßigkeit-Argument nützen, also erscheint es legitim, solche Vergleiche auch dann zu verwenden, wenn es das Planmäßigkeit-Argument infrage stellt.

aber außerstande, den Lichtsensor in Hinblick auf optische Optimalität korrekt einzubauen und die Kabel hinter den Strahlengang zu verfrachten, wo sie hingehören.³ Stattdessen kommt er auf die Idee, die qualitativen Einbußen, die das optische Gerät durch die konstruktiven Mängel erleidet, mithilfe einiger technischer Kniffe abzumildern und den "blinden Fleck" auf seinen Bildern mit Corel PhotoPaint zu kaschieren.

Was soll man unter diesem Gesichtspunkt noch zu der eingangs von NACHTIGALL/BLÜCHEL (2001, 15) getroffenen Behauptung sagen, "... dass die Technik sich vermutlich manche Umwege hätte ersparen können, wenn sie zunächst bei der Natur nachgeschaut hätte"? Das mag in etlichen Fällen zutreffen. Aber kein noch so inkompetenter Ingenieur würde ein derart missratenes Gerät abliefern wie den besagten Fotoapparat mit inversen Lichtsensoren – dies wäre ausgemachter Unsinn. Es steht somit außer Frage, dass die analogen Strukturen beim Auge nicht den Eindruck von Planmäßigkeit erwecken können. Mit vollem Recht stellt MAHNER (1986, 79) fest: **"Die Planmäßigkeitsanaloge streicht den Sinn in der Natur heraus und übersieht den Unsinn. Auf gleiche oder ähnliche [= intelligente] Ursachen darf nicht geschlossen werden"**.

Die Struktur der Netzhaut: Ein Argument für Evolution!

Die Netzhaut des Linsenauges schwächt nicht nur die Planmäßigkeitsanalogie, sondern stärkt **unabhängig davon** die evolutionäre Interpretation – denn die Netzhaut sieht genau so aus, wie man es von einer Struktur erwartet, die einen unbeabsichtigten, einen *evolutionären* Optimierungsprozess durchlief: Unser stammesgeschichtliches Erbe erzwingt die Konservierung archaischer Kernstrukturen (KIRSCHNER/GERHART 2007), und zwar auch dann, wenn die Selektion zu einem späteren Zeitpunkt deren Beseitigung belohnen würde. Der Grund ist, dass Organismen wie schon gesagt nicht einfach "wegen Umbaus vorübergehend geschlossen werden" können: Wenn funktionale Veränderungen von Kernstrukturen durch Mutationen zu kompliziert und zu unwahrscheinlich sind, müssen sie wohl oder übel beibehalten werden, obwohl dadurch nur noch irreparabel verbaute Anpassungen und (mehr oder weniger erfolgreiche) Kompromisslösungen wie das Linsenauge der Wirbeltiere zustande kommen. *Nachträgliche* Optimierungen im Rahmen der gegebenenfalls zweckwidrig angelegten Kernstrukturen sind natürlich möglich und werden von der Selektion positiv belohnt.

Ein Designer (z.B. Architekt oder Ingenieur) braucht dagegen nicht aus "historischer Nostalgie" archaische Strukturen "mitzuschleppen", er kann am Zei-

³ Aber warum eigentlich nicht? Im Gegensatz zu einem Lebewesen, das seinen Betrieb nicht wegen Umbaus einstellen kann, könnte ein Ingenieur den schlechten Entwurf kurzerhand einstampfen und alles neu entwerfen!

chenbrett grundlegend neue Konstruktionspläne zusammenstellen, ohne auf die "Kontingenz gemeinsamer Abstammung" Rücksicht nehmen zu müssen. Daher sind aus Sicht des Intelligent Designs Konstruktionsmerkwürdigkeiten wie die des Auges nicht erklärbar, sondern nur aus evolutionärer Perspektive. Die evolutionäre Argumentation erhält sogar (unfreiwillige) Schützenhilfe von einem ID-Vertreter. Wieder ist es RAMMERSTORFER (2006, 88), der feststellt:

Ist das [gute Design] wirklich zu erwarten, wenn man als Ursprungserklärung einen un gelenkten Prozess postuliert – etwa ... mit Betonung auf "Natürlicher Selektion"? Oder wäre in diesem Fall nicht genau das Gegenteil zu erwarten: Überwiegend "schlechte Designs" (maximal optimiert vielleicht, aber trotzdem zweitklassig) und hin und wieder gute Designs?

Genau so ist es! *Quod erat demonstrandum.*

Kreationistische Missverständnisse und retinale MÜLLER-Zellen: Ein Merkmal das alles verändert?

Vor einiger Zeit entdeckten Wissenschaftler, dass ein bestimmter Typ von Glia-Zellen⁴, die so genannten **MÜLLER-Zellen** der Netzhaut (Abb. 2), nicht nur physiologische Aufgaben beim Zusammenspiel mit neuronalen Zellen wahrnimmt, sondern auch wie ein optischer Lichtleiter wirkt und somit die Lichtintensität und Sehschärfe optimiert (FRANZE et al. 2007; LABIN/RIBAK 2010).

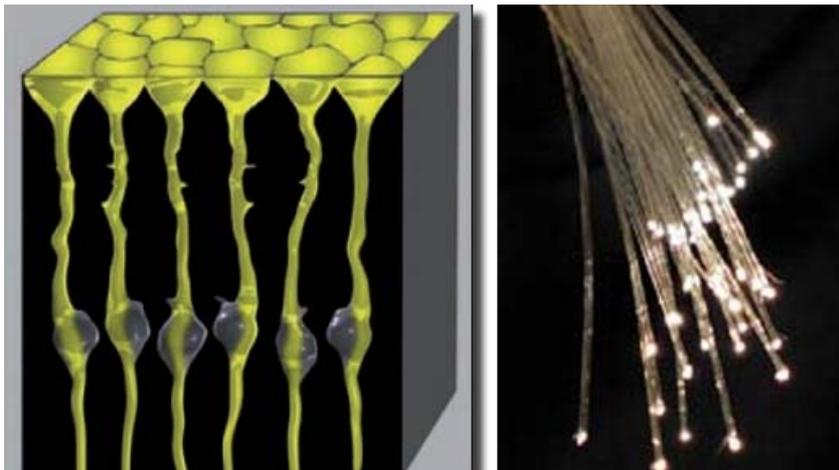


Abb. 2: Schematische Darstellung von Müller-Zellen (links), die mit ihren Endfüßchen das Licht sammeln und es mit ihren Fortsätzen an die Fotorezeptoren leiten. Ein Bündel von Lichtleitern (rechts) im Vergleich.

Linke Grafik aus: FRANZE/GROSCHKE (2008) © BioSpektrum. Rechte Grafik: <http://blogs.discovermagazine.com/notrocketscience/tag/muller-cells>

Diese Zellen durchqueren die Retina, sammeln das Licht an der vorderen Netzhautoberfläche und leiten es zwischen den (optisch) streuenden Schichten hin-

⁴ Glia-Zellen sind Begleit-Zellen, die andere Zellen in ihrer Funktion unterstützen.

durch. Ohne die MÜLLER-Zellen würde aus den genannten Gründen noch sehr viel mehr Licht an den Neuronen der Netzhaut gestreut, Lichtempfindlichkeit und Sehschärfe wären reduziert. Diese Zellen beheben damit **einen Teil** der oben genannten, konstruktiven Mängel.

Die Beobachtung, dass retinale MÜLLER-Zellen die Auflösung des Linsen Auges verbessern, hat unter Kreationisten weltweit wahre Begeisterungstürme ausgelöst. Mit dem US-amerikanischen *Institute of Creation Research* (ICR) angefangen über das *Discovery Institute* bis hin zu den ZEUGEN JEHOVAS und den deutschen Evangelikalen im Umfeld der Studiengemeinschaft WORT-UND-WISSEN überschlugen sich die Meldungen. "Sogenannte Konstruktionsfehler", so meint z.B. ULLRICH (2011), Vorsitzender von WORT-UND-WISSEN, seien "aktuell nicht (mehr) zu finden". Vielmehr sei das Auge perfekt für seine Funktion ausgelegt. Netzhaut und MÜLLER-Zellen sorgen für einen **optimalen** Zustand, was auf einen intelligenten Gestalter hindeute. Evolutionsbiologen, die das Auge für imperfekt halten, seien in einem fundamentalen Irrtum gefangen, ja sie würden das Argument von der Fehlerhaftigkeit des Linsen Auges mittlerweile sogar "gegen besseres Wissen" "munter weiter" kolportieren (ULLRICH 2010).

Aber der aufmerksame Leser wird vielleicht schon bemerkt haben, dass diese Art der Argumentation vollkommen an der Sache vorbeigeht. Um es vorweg zu nehmen: Die evolutionsbiologische Argumentation ist nach wie vor folgerichtig, an keiner Stelle ihrer vermeintlichen Widerlegung konnte WORT-UND-WISSEN oder sonst eine Kreationistenvereinigung zeigen, dass sie falsch ist. Die Evolutionskritiker richten sich überwiegend gegen das Argument, dass das Auge **schlecht funktioniere**. Niemand aber hat behauptet, dass das Auge seinen Job schlecht erledige. Es wird nicht einmal in Abrede gestellt, dass die Sehleistung **unter den gegebenen Bedingungen** (!) optimal ist. Das Argument besagt vielmehr, dass es weder unter ingenieurstechnischen (teleologischen) Aspekten noch unter dem Gesichtspunkt optischer Optimalität sinnvoll, zweckmäßig, geschweige denn zielgerichtet ist, die Nerven über die ganze Oberfläche der Netzhaut zu spannen, so dass ein "blinder Fleck" auf der Netzhaut entsteht und das Licht einen Teppich inhomogener Zellschichten und Nervenzellen passieren muss.

Anders gesagt: Das optimale Design besteht nicht in einer möglichst guten, *nachträglichen Fehlerkorrektur*, sondern in *intelligenter und vorausschauender Fehlervermeidung*. Das Auge gleicht noch immer einem Flickenteppich unzweckmäßig miteinander verwobener Konstruktionselemente, die nicht im Hinblick auf optische Optimalität sinnvoll miteinander kombiniert wurden, sondern die Handschrift einer langen Serie von Kompromissen und Verfeinerungen trägt. So gesehen *unterstützt* ULLRICH (2010) die evolutionäre Argumentation, indem er die Fakten selbst nennt, die unter den gegebenen Bedingungen zu einer Optimierung der Sehleistung geführt haben:

Seit einigen Jahren ist ... bekannt, warum die der Netzhaut vorgelagerten Schichten keine Beeinträchtigung des optischen Apparats bewirken. Im Jahr 2007 war es einem Leipziger Forscherteam um K. Franze gelungen zu zeigen, dass sogenannte MÜLLER-Zellen über Zellfortsätze verfügen, die senkrecht die Netzhaut von der Oberfläche bis zu den Sinneszellen durchlaufen und als Lichtleitkabel verlustfrei das ankommende Licht zu den Stäbchen und Zapfen führen ... **Das Rätsel der scheinbar falsch herum liegenden Netzhaut (inverse Retina) und ihrer unerwarteten perfekten Funktionalität erhielt eine unerwartete Antwort, die weltweit Begeisterung hervorrief.**

Diese Befunde wurden Anfang dieses Jahres durch Studien von A. M. Labin und E. N. Ribak, Physiker vom Israel Institute of Technology in Haifa unterstützt ... **Im Ergebnis tragen alle diese Konstruktionsdetails dazu bei, die Bildinformationen verlustfrei, die resultierenden Bilder klarer und die Farben schärfer zu präsentieren.**

ULLRICH kann offensichtlich nicht begreifen, warum diese Entdeckung weder am "Rätsel" der inversen Netzhaut noch am konstruktiven Mangel des Wirbeltierauges das Geringste ändert. Man kann es nur wiederholen: Die MÜLLER-Zellen sind eine Innovation mit funktionalem Anpassungswert, und es stimmt, dass sie die Empfindlichkeit der Fotorezeptoren verbessern helfen. Das bedeutet jedoch nur, dass um den konstruktiven Mangel der inversen Netzhaut ein "workaround" gefunden wurde, eine Behelfslösung – nicht weniger, aber auch nicht mehr. Um es in RAMMERSTORFERS Worten zu sagen: "maximal optimiert" zwar, "aber trotzdem zweitklassig". Zweitklassig, weil der konstruktive Nachteil des blinden Flecks nicht beseitigt, ja noch nicht einmal abgemildert wird. Vielmehr kaschiert das Gehirn diesen Mangel, indem es die "blinde Stelle" mit fiktiver Information ausfüllt und uns ein vollständiges Bild *vorgaukelt*. Dieser "Trick" erfordert erhebliche Kompensationsleistungen des Gehirns. Die Reduktion von Sehschärfe und Lichtempfindlichkeit erfordert wiederum Kompensationsleistungen des Auges.

Zum besseren Verständnis wieder ein Vergleich: Das HUBBLE-Weltraumteleskop funktionierte anfänglich nicht richtig und lieferte nur verschwommene Bilder, weil der Hauptspiegel falsch geschliffen worden war. Hätte man das HUBBLE-Space-Teleskop zu einem Instrument mit "unerwartet perfekter Funktionalität" umbauen und den konstruktiven Mangel beseitigen wollen, hätte man es aus dem Orbit zurückholen und den Hauptspiegel korrekt schleifen müssen. Das war aber nicht mehr möglich. Also wurde dem Weltraumteleskop eine Art "Brille", sozusagen eine "Patch-Struktur", verpasst, so dass das Weltraumteleskop heute zwar (fast) optimale Bilder liefert. Der konstruktive Mangel wurde aber nicht behoben, die Bilder sind nur so optimal, wie es der konstruktive Mangel zulässt. Niemand, der Ahnung von der Materie hat und wissenschaftlich seriös bleiben möchte, könnte vom Space-Teleskop ernsthaft behaupten: "Sogenannte Konstruktionsfehler sind aktuell nicht (mehr) zu finden. Die Brillenstruk-

tur macht aus dem Teleskop ein wunderbar empfindliches und optimales Instrument, welches auf geniale Weise genau so geplant wurde." Auch der eingangs erwähnte Fotoapparat, in dessen Strahlengang sich ein Gewirr von Drähten und Kabeln befindet und dessen Lichtsensor einen "blinden Fleck" besitzt, wird nicht frei von konstruktiven Mängeln, indem man nachträglich Lichtleiter in den Strahlengang bringt, um die Auflösung und Lichtempfindlichkeit zu optimieren, soweit das dann noch möglich ist.

Inwieweit sind Netzhaut und MÜLLER-Zellen optimal für scharfes Sehen?

ULLRICH (2010, a.a.O.) trifft zudem die unsinnige Behauptung, die den Lichtrezeptoren vorgelagerten Zellschichten Blutgefäße und Nervenzellen, die sich direkt im Strahlengang befinden, würde die optische Qualität des Auges nicht beeinträchtigen. Dies ist unzutreffend. Der Beweis, dass ULLRICH irrt, liefert die Netzhaut selbst, genauer gesagt ein Teil davon – der so genannte "gelbe Fleck" (Macula lutea). Dieser Fleck ist bei den Säugetieren der Bereich des schärfsten Sehens. Die Sehschärfe wird unter anderem dadurch erhöht, dass die Gefäßzweige der Netzhaut den Bereich bogenförmig umrunden, der gelbe Fleck ist also relativ gefäßarm (Abb. 3). Sein Zentrum, die so genannte Sehgrube oder Fovea, ist ganz gefäßfrei. Es ergibt also, **trotz** MÜLLER-Zellen, in Bezug auf die Sehschärfe einen Unterschied, ob das Licht Blutgefäße, Nervenzellen etc. passieren muss oder nicht (MYERS 2011).

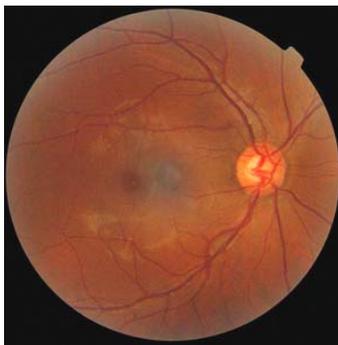


Abb. 3: Ansicht des Augenhintergrundes bei der Augenspiegelung. Zu sehen sind die Papille mit ihren Gefäßbögen (rechts), zentral die Makula (dunkler Bereich) und etwas links davon die Fovea. Der Bereich ist gefäßfrei. Aus WIKIPEDIA (<http://de.wikipedia.org/wiki/Netzhaut>), Rechteinhaber ist der Benutzer "Ske". Es gelten die Lizenzbedingungen der Creative Commons (Version 3.0).

Zudem ist bei den Autoren, die ULLRICH (2010) zitiert, von "perfekter Funktionalität" und von einer "verlustfreien" Übertragung des Lichts durch das vaskuläre und zelluläre Dickicht der konstruktionswidrig in den Augenbecher implementierten Retina nicht die Rede. Sie sprechen nur davon, dass die MÜLLER-Zellen den Mangel *mildern*. Im Original heißt es bei FRANZE et al. (2007): Die MÜLLER-Zellen "... *might* contribute to optimize this apparently unfavorable situation". Auf Deutsch: Die Zellen "... *könnten* dazu beitragen, die offensichtlich nachteilige Situation zu optimieren" (Hervorhebung im Schriftbild M.N.). Relative Optimalität ist nicht zu verwechseln mit Perfektion und schon gar nicht mit Planmäßigkeit.

Ob die israelischen Autoren A. M. LABIN und E. N. RIBAK, die ULLRICH (a.a.O.) zitiert, Kreationisten sind oder ob sie sich nur unglücklich ausdrücken, wenn sie in ihrer Publikation von "Design" sprechen, kann und braucht an dieser Stelle nicht nachgegangen zu werden. Fest steht jedenfalls, dass man aus evolutionärer Sicht keinen anderen Befund erwartet, denn es werden sich (den nicht mehr zu verändernden inversen Bau der Netzhaut vorausgesetzt) *zwangsläufig* optimierte Strukturen bilden, um die nachteilige Merkmalskonstellation zu unterstützen.

Gibt es "gute Gründe" für eine inverse Retina? Ja, und die Evolutionstheorie kann sie sogar erklären!

Beim Linsenauge stellt sich immer die grundsätzliche Frage: Weshalb orientieren sich die Lichtrezeptoren zum Augenhintergrund statt gegen das Licht? Dies ist, wie gesagt, **nicht annähernd** die beste optische Anordnung! Aber ULLRICH (2010) biegt sich die biologischen Tatsachen so zurecht, dass er behaupten kann, die inverse Netzhaut sei das Resultat einer biologisch optimalen Gestaltung. So gäbe es "... gute funktionelle Gründe für die inverse Lage der Retina...", vor allem kann die Netzhaut dadurch sehr effektiv versorgt und Stoffwechselabfälle können entsorgt werden (vgl. ULLRICH et al. 2006)". Z.B. sei die räumliche Nähe bestimmter Zellschichten zum Außensegment der Fotorezeptoren für die Regeneration und Funktion der Netzhaut unerlässlich. Dieser Satz enthält aber weder eine sinnvolle Aussage noch eine Antwort auf die gestellte Frage. Denn es sind in Lebewesen höchst unterschiedliche Entwürfe verwirklicht, auch solche, in denen die Netzhaut "funktional korrekt ausgerichtet" im Augenbecher sitzt, nämlich bei den Kopffüßern (Cephalopoden). Selbstredend sind eine effektive Versorgung mit Nährstoffen und eine rasche Beseitigung der Stoffwechselabfälle auch in allen Alternativentwürfen gewährleistet.

Es kann also niemand ernsthaft behaupten, für die inverse Retina gäbe es "gute funktionelle Gründe" – diese Behauptung ist empirisch nicht begründbar. Auch die Netzhaut der Kopffüßer braucht auch eine eigene Blutversorgung, und sie haben eine viel elegantere Lösung dafür gefunden, weil sie die genannten konstruktiven Mängel von vorn herein vermeiden. Auch die Netzhaut der Vögel braucht eine eigene Blutversorgung – aber im Gegensatz zu den übrigen Wirbeltieren ist die dem Licht zugewandte Seite der Netzhaut nicht mit einem Gewirr aus Blutgefäßen durchzogen, die den Strahlengang behindern. Folglich ist das Bild, das sie liefert, schärfer als das des menschlichen Auges. Es gibt also viele verschiedene Lösungen für ein und dieselbe Funktion. Unser Linsenauge gehört definitiv nicht zu den erstklassigen Sehapparaten.

Die biologisch korrekte Antwort auf unsere Frage kann daher nur lauten: **Ja, es gibt gute Gründe für eine inverse Retina – aber nicht aus teleologi-**

scher Sicht, sondern aufgrund von phylogenetischen und ontogenetischer Entwicklungsmechanismen! Der Grund für die inverse Lage der Netzhaut liegt in seiner embryonalen Differenzierung, also in der Art und Weise, wie sich das Auge aus seinen embryonalen Anlagen, als Ausstülpung der Hirnrinde herausbildet: Das Einrollen des ursprünglich plattenförmigen Nervensystems, bei dem die Sinneszellen zweckmäßigerweise "nach außen" zeigen, also dem Licht *zugewandt* sind (z.B. bei Seesternen), zum geschlossenen Neuralrohr höher entwickelter Tiere (z.B. der Schädellosen) bewirkt ein "Umkrempeln" des Nervengewebes: die Sinneszellen sind jetzt dem Licht *abgewandt*. Bei den noch komplexeren Wirbeltieren bilden sich aus dem Neuralrohr später Gehirn, Rückenmark und Augen. Unter der "organisierten Herrschaft" des PAX-6-Mastergens quellen aus dem hinteren Bereich des Vorderhirns (Prosencephalon) Wülste (die sog. "Augenblasen") hervor, die sich zum doppelwandigen Augenbecher umformen (MÜLLER/HASSEL 2005, 469). Die Ausstülpung, aus der die künftige Netzhaut entsteht, kann nur in "eine Richtung" erfolgen. Aufgrund dieses konstruktiven "Zwangs" (engl.: *developmental constraints*) wird die Netzhaut ebenfalls der Inversion unterzogen (Abb. 4).

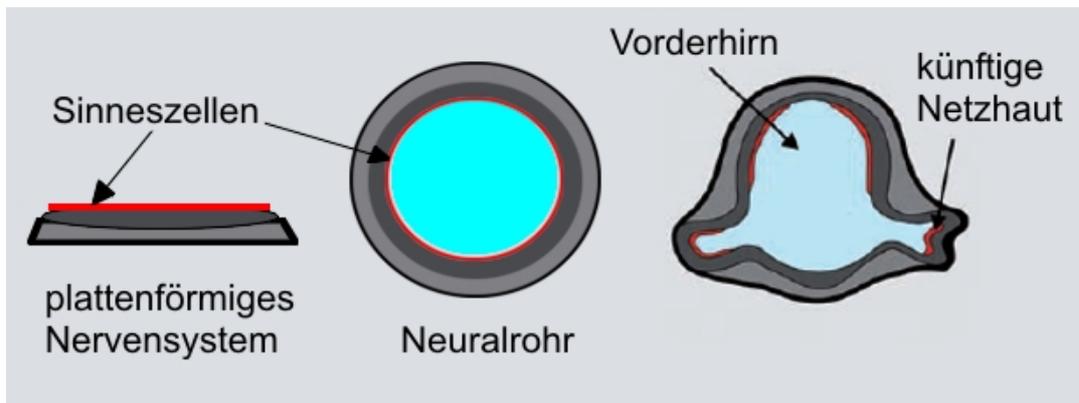


Abb. 4: Ontogenetische Entwicklung der inversen Netzhaut, ausgehend vom platten Nervensystem einfacher Deuterostomier (z.B. Seesterne) zum ins Körperinnere eingesenkten Neuralrohr als Anlage des Gehirns und Rückenmarks. Umgezeichnet nach FRANZE/GROSCHKE (2008).

Damit waren schon in grauer Vorzeit, als es Wirbeltiere mit Linsenaugen noch nicht gab, entscheidende Weichen für die künftige, evolutionäre Augenentwicklung gestellt. Es war der Evolution lediglich möglich, dem Neurula-Stadium, in dem sich das Neuralrohr aufwölbt, nachträglich etwas "aufzupropfen", aber nicht, das Stadium grundlegend neu zu organisieren oder gar wegzulassen, ohne die Funktion des Organismus zu beeinträchtigen. Aus Sicht der Evolution, die ihr stammesgeschichtliches Erbe nicht abschütteln kann, ist die inverse Netzhaut also zwingend. Ihre Entstehung wurde durch historisch gewachsene

Entwicklungsprozesse, die sich bis zu den urtümlichen Chorda-Tieren zurückverfolgen lassen, **erzwungen**. Wie aber will man aus teleologischer Perspektive, aus der Sicht eines vorausplanenden Ingenieurs, der jederzeit ans Zeichenbrett zurück kehren und die Baupläne und Entwicklungsprozesse grundlegend neu gestalten könnte, erklären, dass er nicht anders handeln konnte, als archaische Signalwege, die schon bei den Schädellosen angelegt sind, bei den Wirbeltieren noch einmal zu rekapitulieren? Wie will man überhaupt auf Grundlage der Vorstellung, dass ein übernatürlicher Schöpfergott die Lebewesen erschaffen hat, begründen, dass sich dieser Gott jenen irdischen Entwicklungszwängen beugen muss, die er selbst erschaffen hat? Bei dem Versuch, bestimmte Organstrukturen wie die des Auges *teleologisch* erklären zu wollen, beißt sich die Katze unweigerlich in den Schwanz. Ein "intelligentes Design", das sich mechanistisch nicht beschreiben und für dessen Wirken sich keine objektive Handlungsgrenze angeben lässt, erklärt alles und somit gar nichts. Wer Intelligent Design anhängt, fällt weit hinter den Stand evolutionärer Erklärungen zurück.

Fazit

Objektiv betrachtet besteht nach wie vor kein Zweifel daran, dass die Struktur des Wirbeltierauges **nicht** den Eindruck einer sauberen, langfristigen Planung erzeugen kann (etwa, indem es von Anfang an auf optische Optimalität angelegt worden wäre), sondern den eines strukturellen, mit konstruktiven Mängeln übersäten Flickenteppichs, der unter den gegebenen, zweckwidrigen Bedingungen historisch gewachsener "constraints" **nachträglich** optimiert wurde. Die MÜLLER-Zellen in der Netzhaut, die Sehschärfe und Lichtempfindlichkeit des Auges optimieren helfen, ändern daran nichts. In der Gesamtschau ist das Linsenauge der Wirbeltiere eine Kompromisslösung, das Resultat irreparabel verbauter Anpassungen, nicht das Ergebnis voraus geplanten Designs. Die von den Kreationisten, insbesondere von WORT-UND-WISSEN, ins Feld geführten Tatsachen stärken, auch wenn sie es nicht wahrhaben wollen, die evolutionäre Argumentation.

Literatur

- FRANZE, K. et al. (2007) MÜLLER cells are living optical fibers in the vertebrate retina. PNAS 104, 8287–8292.
- FRANZE, K./GROSCHKE, J. (2008) MÜLLER-Zellen in einem anderen Licht. Biospektrum 14, 701–703.
- HUME, D. (1981) Dialoge über natürliche Religion. Stuttgart.
- KIRSCHNER, M.W./GERHART, J.C. (2007) Die Lösung von Darwins Dilemma. Reinbek b. Hamburg.

- LABIN, A.M./ RIBAK, E.N. (2010) Retinal glial cells enhance human vision acuity. *Physical Review Letters* 104, 158102.
- MAHNER, M. (1986) *Kreationismus - Inhalt und Struktur antievolutionistischer Argumentation*. Berlin.
- MÜLLER, W.A./HASSEL, M. (2005) *Entwicklungsbiologie und Reproduktionsbiologie von Mensch und Tieren*. 4. Auflage. Berlin.
- MYERS, P.Z. (2010) More creationist misconceptions about the eye. http://scienceblogs.com/pharyngula/2010/06/more_creationist_misconception.php. Zugr. a. 30.08.11.
- NACHTIGALL, W./BLÜCHEL, K.G. (2001) *Das große Buch der Bionik. Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*. München.
- NEUKAMM, M. (2009) *Evolution im Fadenkreuz des Kreationismus. Darwins religiöse Gegner und ihre Argumentation*. Göttingen.
- NEUKAMM, M. (2011) Irreduzibel komplexes Auge: Problemfall oder Paradebeispiel der Evolution. In Vorbereitung.
- PALEY, W. (1837) *Natürliche Theologie*. Stuttgart.
- RAMMERSTORFER, M. (2003) Eine Theorie zur Signalerkennung und ihre (möglichen) Folgen. <http://members.liwest.at/rammerstorfer/IDTKonseq.htm>. Zugr. a. 29.08.11.
- RAMMERSTORFER, M. (2006) *Nur eine Illusion? Biologie und Design*. Marburg.
- TOEPFER, G. (2005) Teleologie. In: KROHS, U./TOEPFER, G. (Hg.) *Philosophie der Biologie. Eine Einführung*. Frankfurt, 36–52.
- ULLRICH, H. (2010) Noch besser als schon bekannt: das Linsenauge. www.genesisnet.info/index.php?News=158. Zugr. a. 02.09.11.
- ULLRICH, H. (2011) Optimal für scharfes Sehen. *Factum online*, www.factum-magazin.ch/wFactum_de/natur/Biologie/2011_02_16_scharfes_Sehen.php. Zugr. a. 02.09.11.

© AG Evolutionsbiologie. Stand: 12.09.11

