



SEEING! – A Photon’s Journey Across Space and Mind

SEEING! – Warum wir das Licht der Sterne sehen können

Transcript of the show

Timecode (approx.)	Narrator
0:26	<p><i>Our universe is filled with beauty.</i> Das All ist voller Schönheit.</p>
0:57	<p><i>All of this natural beauty would be unseen by our brains if not for events that happen tens of millions of kilometers away from our world. To understand how we are able to see the world around us, we must first travel off this planet and into the core of a distant star.</i> Und doch wäre all diese natürliche Schönheit für unsere Augen und unser Gehirn unsichtbar – ohne die Ereignisse, die viele Millionen Kilometer von unserer Erde entfernt stattfinden. Um zu verstehen, wie wir die Welt um uns überhaupt sehen können, müssen wir die Erde verlassen und zu einem weit entfernten Stern reisen.</p>
1:19	<p><i>Stars are made up of the most abundant element in the universe: hydrogen! Hydrogen makes up 90 % of the Baryonic Matter in the universe. Baryonic Matter is the stuff made up of atoms. Hydrogen was formed as the result of the “big bang”.</i> Sterne sind aus dem Element gemacht, das im Universum am häufigsten vorkommt: Wasserstoff. Wasserstoff macht 90 Prozent der sogenannten Baryonischen Materie im Universum aus – also der Materie, die aus Atomen besteht. Entstanden ist der Wasserstoff während des Urknalls.</p>
	<p><i>Each hydrogen atom consists of a proton orbited by a single electron. When great amounts of hydrogen gas co-amass in the outer spiral arms of the galaxy, gravitational forces make the gas collapse to form interstellar clouds.</i> Jedes Wasserstoff-Atom besteht aus einem Proton, der von einem einzelnen Elektron umkreist wird. Wenn größere Mengen Wasserstoffgas sich in den äußeren Spiralen der Galaxie ansammeln, führt die Gravitation dazu, dass die Gaswolken in sich zusammenstürzen und interstellare Wolken bilden.</p>
	<p><i>Denser areas in these clouds continue contracting and form proto stars with proto planetary discs – the beginnings of new star systems.</i> Dichter gepackte Teile dieser Wolken ziehen sich weiter zusammen und bilden so Vorstufen der Sterne und der Planeten – die Geburt eines Sternensystems.</p>
2:15	<p><i>As gravity continues to collapse the balls of gases, the density and temperature increase in the proto stars’ cores. These conditions strip the</i></p>

	<p><i>atoms of their electrons, allowing the protons to stick together when they collide – starting a process called fusion.</i></p> <p>Und weil die Gravitation dafür sorgt, dass die Gasbälle weiter in sich zusammenfallen, steigen in den Kernen der Proto-Sterne der Druck und die Temperatur. Unter diesen Bedingungen verlieren die Atome ihre Elektronen, die Protonen kleben zusammen wenn sie zusammenstossen. Diesen Prozess nennen wir Fusion.</p>
	<p><i>All stars have nuclear fusion taking place in their cores. Either in the form of a complex process called carbon-nitrogen-oxygen cycle, that takes place in more massive stars than our sun, or a simpler process called the proton-proton reaction in stars with similar masses.</i></p> <p>Im Inneren aller Sterne läuft diese atomare Fusion ab. Das kann als komplexer Vorgang mit Kohlen-, Stick- und Sauerstoff ablaufen – das passiert in großen Sternen wie unserer Sonne. Oder es fusionieren nur Proton und Proton in kleineren Sternen.</p>
	<p><i>In both cases, interactions between energy and electrons during these processes create the light and colors we see emitting from stars.</i></p> <p>Bei beiden Vorgängen entstehen aus Energie und den Bewegungen der Elektronen das Licht und die Farben, die wir am Sternenhimmel sehen.</p>
3:07	<p><i>A basic model of an atom shows an electron orbiting a nucleus like a planet orbits a star. The difference is that, in principle, the planet can have any orbit, but an electron must jump between allowed orbits, if it absorbs or emits the right amount of energy.</i></p> <p>Das Modell eines Atoms zeigt, wie Elektronen den Atomkern umkreisen – wie ein Mond einen Planeten. Der Unterschied ist, dass die Umlaufbahnen eines Mondes sehr verschieden sein können, je nach Planet. Ein Elektron kann nur auf bestimmten Bahnen kreisen – nimmt es Energie auf, springt es auf eine höhere, gibt es Energie ab, springt es auf eine niedrigere Bahn, also näher am Atomkern.</p>
	<p><i>To better understand this principle imagine an electron riding on an elevator. The elevator is engaged upward when a photon strikes the electron, lifting it to a higher orbit.</i></p> <p>Um dieses Prinzip besser zu verstehen, hilft die Vorstellung, ein Elektron würde Fahrstuhl fahren. Der Fahrstuhl fährt nach oben, wenn ein Photon ein Elektron trifft und es so auf eine höhere Umlaufbahn versetzt.</p>
	<p><i>Once the electron reaches the higher orbit it can fall back to the lowest ground state, releasing a photon of light on the way down.</i></p> <p>Einmal in einer höheren Umlaufbahn angekommen, kann das Elektron in unserem Fahrstuhl auch wieder nach unten fahren – dabei stößt es ein Photon ab.</p>
3:57	<p><i>The electron can also make stops at lower orbits on its return releasing photons of energy at each stop. We see the release photons as colored light. High energy is seen as violets and blues, low energy as oranges and reds.</i></p> <p>Ein Elektron kann auch von Umlaufbahn zu Umlaufbahn springen und bei jedem Sprung näher zum Atomkern je ein Photon abgeben. Wir sehen die Photonen als farbiges Licht. Energiereiche Photonen nehmen wir violett oder blau wahr, energieärmere in orange oder rot.</p>

	<p><i>We can see this process on earth when we look at a neon light. Neon lights and other glowing tubes are filled with specific gases to generate the desired color when excited with electricity.</i></p> <p>Diesen Prozess kann man sich auch auf der Erde anschauen: Neonlicht zum Beispiel. Die Leuchtstoffröhren sind mit einem speziellen Gas gefüllt, mit dem Licht der gewünschten Farbe erzeugt wird, wenn es mit Energie angeregt wird.</p>
4:36	<p><i>Back in the star the interactions of photons and electrons continue from the core outwards to the surface over hundreds of thousands of years, until the energy contained in the photons reaches the stars' surface. Once at the surface, photons race away at the speed of light: 300.000 kilometers a second.</i></p> <p>Aber reisen wir zurück zu den Sternen. Die Interaktionen von Photonen und Elektronen reichen vom Inneren bis zur Oberfläche eines Sterns – es dauert hunderttausende Jahre, bevor das Licht aus dem Kern die äußere Hülle des Sterns erreicht. Einmal an die Oberfläche gelangt, reisen Photonen mit Lichtgeschwindigkeit weiter: mit 300.000 Kilometern pro Sekunde.</p>
5:02	<p><i>The photons will travel through the near emptiness of space until they collide with another particle. Let's follow a photon on its journey across the galaxy.</i></p> <p>Sie reisen durch die fast vollkommene Leere des Alls bis sie mit einem anderen Teilchen kollidieren.</p> <p>Folgen wir einem Photon auf seiner Reise durch unsere Galaxie!</p>
5:16	<p><i>Moving away from this star, our photon starts a journey that will take more than 13 hundred years to reach earth and its final destination.</i></p> <p>Unser Photon hat eine Reise von 1.300 Jahren vor sich, wenn er seinen Stern verlässt, bis er die Erde und damit sein Ziel erreicht.</p>
5:25	<p><i>The star that generated the photon we are following belongs to a star cluster called the Trapezium located at the front of the great nebula of Orion.</i></p> <p>Der Stern, der unser Photon geboren hat, gehört zu einem Sternenhaufen genannt Trapez, aus unserer Sicht direkt vor dem Orionnebel gelegen.</p>
	<p><i>As we move away from the star, we see the large nebula stretched 24 light years across – roughly 225 trillion kilometers. You see that the nebula displays many different colors.</i></p> <p>Wenn wir den Stern hinter uns lassen, sehen wir den großen Nebel – er erstreckt sich über 24 Lichtjahre, das sind etwa 225 Billionen Kilometer. Und wir sehen, dass der Nebel in vielen verschiedenen Farben strahlt.</p>
	<p><i>These colors are generated in several ways. The reds and blues that we see are hydrogen and oxygen electrons dropping down to their ground states after having been excited by the stars residing in the cloud.</i></p> <p>Diese Farben werden auf verschiedenen Wegen erzeugt. Das Rot und das Blau kommt von Wasserstoff- und Sauerstoff-Elektronen. Sie springen auf eine energieärmere Umlaufbahn, nachdem sie von den Sternen in der Wolke zuerst angeregt wurden und ihre Energie als Photon jetzt wieder abgeben.</p>
6:11	<p><i>The white areas are starlight, reflected by the dust in the nebula. The photons that hit the dust particles are scattered in different directions depending on the angle of incidence of each photon.</i></p> <p>Das Weiß ist Sternenlicht, das von Staub im Nebel reflektiert wird. Die Photonen treffen auf Staubpartikel – und werden in verschiedene Richtungen gestreut, je nachdem in welchem Winkel sie aufeinander treffen.</p>

6:28	<p><i>Our photon is now moving across space along with billions upon billions of other photons from the stars and nebula. Their destination will be the beginning of another journey across a young star gazer's eye and mind.</i></p> <p>Unser Photon bewegt sich weiter durch das All – gemeinsam mit vielen, vielen Billionen anderer Teilchen von den Sternen. Ihr Ziel wird eine junge Sternbeobachterin sein – genauer gesagt, ihre Augen und ihr Kopf.</p>
8:08	<p><i>Our photon and its companions have survived the journey to our solar system without being absorbed or deflected by other particles. Their travel is about to end, but there is one more hurdle for the photons to overcome – our atmosphere.</i></p> <p>Die Photonen haben ihre Reise durch unser Sonnensystem überstanden – sie wurden weder von anderen Teilchen verschluckt noch in eine andere Richtung abgelenkt.</p>
8:25	<p><i>Up to this point, the photon has been travelling through the near emptiness of space. Now it's about to pass through our dense atmosphere of air and moisture.</i></p> <p>Bis jetzt hat sich das Photon durch die fast vollkommene Leere des Alls bewegt. Jetzt tritt es in die dichte Atmosphäre aus Luft und Feuchtigkeit ein, die unsere Erde umgibt.</p>
8:25	<p><i>Here, the photon and its companions will be jostled through a condition called refraction caused by differing pockets of density in our atmosphere. Not all will make it without being scattered or absorbed. This is where stars get their twinkle.</i></p> <p>Hier wird das Licht gebrochen, das unser Photon und seine Begleiter bilden. Grund dafür ist, dass sie in unserer Atmosphäre auf verschieden dichte Schichten treffen. Und nicht alle von ihnen werden es schaffen, ohne zertrennt oder absorbiert zu werden. Weil das passiert, sehen wir die Sterne nicht gestochen scharf, sondern sie funkeln.</p>
8:56	<p><i>Up to this point, the photons have travelled a straight course. It is only when the photons hit the atmosphere that their paths get bend back and forth and we see it as twinkling stars.</i></p> <p>Bisher ging es für die Photonen immer nur geradeaus. Jetzt werden sie abgelenkt, es geht vor und zurück, sie werden gestreut. Alle diese Phänomene erzeugen das Funkeln der Sterne.</p>
9:12	<p><i>Our photon has survived its journey and is now entering into a telescope, being used by a young lady, who is observing the nebulae in Orion.</i></p> <p>Doch unser Photon hat es geschafft und wird von einem Teleskop eingefangen. Durch das Teleskop beobachtet ein Mädchen nämlich den Orion-Nebel.</p>
9:26	<p><i>The photon hits the glass of the lens and its course is bent several times by the telescope lenses and those in the eye-piece until the photon and its companions are focused to a single point.</i></p> <p>Das Photon trifft auf die Glaslinse und wird mehrfach gebeugt durch die Optik des Teleskops – bis der Photonenstrahl, der Lichtstrahl, auf einen einzelnen Punkt fokussiert ist.</p>
9:42	<p><i>The photon's journey that has taken more than 13 hundred years to this point is about to end. Call it a "special delivery" from the galaxy when you consider all that the photon and its energy had to go through to get to this point in space and time.</i></p> <p>Die Reise des Photons hat mehr als 1.300 Jahre bis zu diesem Moment gedauert. Wenn man bedenkt, was es während dessen in Raum und Zeit alles erlebt hat, ist es schon ein Wunder, dass das Photon es bis hierher geschafft hat.</p>
10:05	<p><i>The photon crosses the distance from the eye-piece to the front of the girl's eye, avoiding the blink of her eyelid. The photon hits the outer surface of the</i></p>

	<p><i>eye called the cornea. The cornea is made up of special cells that create a transparent membrane.</i></p> <p>Vom Okular geht es für das Photon weiter zum Auge des Mädchens, es muss nur das Blinzeln vermeiden, um ins Auge zu gelangen. Die Oberfläche des Auges, die Cornea, ist eine durchsichtige Membran.</p>
	<p><i>The photon crosses through the cornea to the lens sack which holds the crystalline lens. This lens focusses the photon to the back of the eye, but before it reaches that point, it passes through a slimey, transparent goo called the vitreous humor, which keeps the eyeball from collapsing under its own weight.</i></p> <p>Durch diese Membran, die Cornea, geht es durch die Augenkammer, in der die Augenlinse liegt. Mit dieser Linse wird das Photon auf die Netzhaut fokussiert. Doch bevor es auf die Netzhaut trifft, muss es durch den Augapfel. Ohne den Augapfel würde das Auge unter seinem eigenen Gewicht zusammenfallen.</p>
10:57	<p><i>Let's stop on this point of the journey to look back at some structures of the eye we passed by: Looking back along the path, we see a large, colored, circular diaphragm called the iris that opens at closes based on the amount of light that strikes the back of the eye. The iris forms our pupil, the portal of our eye.</i></p> <p>Nutzen wir diesen Moment unserer Reise, um uns die Strukturen anzusehen, die unser Auge bilden: Sehen wir zurück, erblicken wir die Iris - die große, farbige Regenbogenhaut. Ihre Öffnung heißt Pupille, die sich schließt oder öffnet, je nachdem wie hell oder dunkel es ist. Die Pupille ist das Tor zu unserem Sehen.</p>
11:25	<p><i>We've all gone from a dark room to the bright outdoors and experienced temporary blindness, as the iris closes to limit the amount of light that is allowed to the back of the eye. That was our iris at work, making sure the pupil is open to the correct size, allowing enough light in to see, but not blind us with its brightness.</i></p> <p>Wir alle sind schon einmal aus einem dunklen Raum ins Helle gegangen und haben erlebt, dass wir kurzzeitig nichts sehen konnten. Die Verengung der Pupille in einer solchen Situation begrenzt den Lichteinfall ins Auge auf das absolute Minimum. Doch für einen kurzen Moment ist sie noch weit offen bevor sie sich an die Helligkeit gewöhnt, in diesem Moment sind wir wie blind.</p>
11:47	<p><i>In fact, the white of the eye, the sclera, is opaque, so that the only light entering the eye is that through the pupil. Passing through a few layers of tissue, we can see some special micro-muscles, called ciliary zonules attached on one end to the ciliary muscles and on the other to a girdle around the crystalline lens.</i></p> <p>Das Weiße in unserem Auge, die sogenannte Lederhaut oder Sklera, ist nicht durchlässig für Licht. Wir sehen wirklich nur durch die Pupille. Aber wenn wir durch die verschiedenen Gewebeschichten im Auge schauen, sehen wir kleine Muskeln, Ziliarmuskeln. Diese Muskeln bilden einen Gürtel rund um die Augenlinse.</p>
12:16	<p><i>The zonules and the girdle work together to shape the lens to focus the light on a given point on the back wall of the eye. As we age, the crystalline lens begins to harden and the girdle and zonules have difficulties warping it. This creates a condition called presbyopia, where we have trouble focusing on things up close.</i></p> <p>Mit diesen Muskeln können wir die Linse scharf stellen – so dass das, was wir sehen wollen, präzise auf der Netzhaut abgebildet wird. Wenn wir älter werden, wird die Augenlinse weniger flexibel und die Muskeln haben es schwerer, die Linse kann nicht mehr auf Dinge fokussiert werden, die wir nah am Auge haben. Das ist die sogenannte Altersweitsicht.</p>

12:47	<p><i>Anyone over the age of 45 has to overcome the effects of presbyopia by using reading glasses. A second condition happens to the crystalline lens as it ages: The lens clouds over due to a lifetime exposure to UV light and becomes a cataract, which – if not removed and replaced with a new, artificial lens – can lead to blindness.</i></p> <p>Jeder, der älter ist als etwa 45 Jahre, ist altersweitsichtig und behilft sich zum Beispiel mit einer Lesebrille. Doch mit der Augenlinse passiert noch etwas anders, wenn wir altern. Oft trübt sie sich ein – etwa durch viel UV-Licht. Wenn die natürliche Linse dann nicht durch eine künstliche ersetzt wird, kann der Mensch sogar erblinden.</p>
13:19	<p><i>Cataracts are one of the leading courses of blindness, yet sight can be restored in a simple procedure that takes only a few minutes.</i></p> <p>Linsentrübung, auch Katarakt genannt, ist die häufigste Ursache für Erblindung. Doch mit einem kleinen Eingriff, der nur wenige Minuten dauert, kann Katarakt geheilt werden.</p>
13:34	<p><i>Turning back around, we see the back of the eyeball. It is called the retina – the final destination of our photon. The photon’s journey will end here at the retina, but not the data it possesses. The data are made up of the color and intensity of the original source – the star, more than a thousand lightyears away.</i></p> <p>Drehen wir uns um, sehen wir den hinteren Augenabschnitt. Dort finden wir die Retina oder Netzhaut, die letzte Station der Reise unseres Photons. Das Lichtteilchen wird hier enden, doch nicht die Information, die es getragen hat. Diese Information ist durch die Farbe und Leuchtintensität der Quelle des Photons bestimmt – eines Sterns, der mehr als 1.000 Lichtjahre entfernt ist.</p>
13:59	<p><i>The job of the retina is to encode the data in a way that the brain can interpret it. Looking across the retina, which makes up about two thirds of the back of the eyeball, we see some features that break up this apparently smooth surface.</i></p> <p>Aufgabe der Netzhaut ist es, diese Information in etwas umzuwandeln, das unser Gehirn wahrnehmen kann. Die Retina nimmt etwa zwei Drittel des hinteren Augenabschnitts ein. Und wir können auf ihrer Oberfläche kleine Dinge erkennen.</p>
14:22	<p><i>First, we see the arteries and veins that carry the blood to and from the retina and the other tissues of the eye. Next, we see a disk that is of a lighter color compared to the surrounding area. This is the optic nerve head. We will see in a moment how the data contained in the photon and the others travelling with it will get transmitted to the brain via this nerve.</i></p> <p>Zuerst fallen uns die Arterien und Venen auf, die das Blut zur und von der Retina und den anderen Geweben im Auge transportieren. Und wir sehen eine Art Scheibe, die heller ist als der Rest. Genau hier trifft der Sehnerv auf das Auge.</p> <p>Ein kleiner Moment noch und wir erleben, wie die Information des Photons durch den Sehnerv ins Gehirn übermittelt wird.</p>
14:55	<p><i>Looking directly ahead, we see a darker area. This is the macula, the eye’s “sweet spot”. This is where the crystalline lens focusses the light it receives. The best way to imagine the retina is to think of it like the sensor in your digital camera. However, instead of using pixels the retina uses cells called photoreceptors.</i></p> <p>Denn direkt vor uns ist eine dunkle Struktur – das ist die Makula, der Bereich der Netzhaut mit den meisten Sehzellen. Hierhin fokussiert die Augenlinse das Bild. Am besten stellen wir uns die Makula wie den Sensor in einer Digitalkamera vor, mit dem das Bild erzeugt wird. Nur dass unser Auge statt Pixel Photorezeptoren benutzt.</p>
15:25	<p><i>The majority of the retina is made up of photoreceptor cells called rods, which are very sensitive to light, but relay only white light at low resolution to the</i></p>

	<p><i>optic nerve. This is due to pigments in the rods, which reacts to photons when they hit the cell, which in turn sends only one type of signal to the brain.</i></p>
15:52	<p><i>Rods allow us to see in low light and detect motion in our peripheral field of view. The point on the macula on that the crystalline lens focusses light is called the fovea. The fovea is like a 2.5 mm pothole in the otherwise homogeneous surface of the retina.</i></p> <p>Der größte Teil der Netzhaut besteht aus Stäbchen – diese Zellen sind sehr lichtempfindlich, können aber nur schwarz-weiß “sehen” und ihre Auflösung ist gering. Sie dienen vor allem dem Sehen bei Nacht und Dunkelheit. Bestimmte Pigmente in den Stäbchen reagieren auf Photonen und senden ihr Signal an das Gehirn.</p>
16:23	<p><i>If the shape of the eyeball is too elongated the focused light will fall short, creating a condition called near-sightedness or myopia. If the eyeball is instead elongated vertically, the focus point will fall behind the retina, creating far-sightedness or hyperopia.</i></p> <p>Wenn der Augapfel zu lang ist, liegt der Brechungspunkt des Lichts nicht auf der Retina, sondern davor. In diesem Fall ist ein Mensch kurzsichtig. Ist der Augapfel dagegen zu kurz, fällt der Brechungspunkt hinter die Retina und man ist weitsichtig.</p>
16:48	<p><i>Glasses or contact lenses with specific prescriptions can eliminate the effects of both myopia and hyperopia. About 15 degrees of our eyes' field of view is focused on the fovea and on the densely packed area of photoreceptor cells. These photoreceptor cells are called cones, which detect color when photons hit them.</i></p> <p>Brillengläser oder Kontaktlinsen mit einer spezifischen Stärke können Kurz- und Weitsichtigkeit ausgleichen. Etwa 15 Prozent unseres Blickfeldes sind auf die Netzhautgrube mit ihren besonders dicht gepackten Photorezeptoren ausgerichtet. Dort liegen die sogenannten Zapfen, mit denen wir Farben sehen.</p>
17:18	<p><i>The cones transmit a specific color based on the reaction of one of three pigments that the cell may contain. This process allows us to see the many visible wavelengths of light that illuminate our world.</i></p> <p>Die Zapfen enthalten drei Pigmente, die auf die Farben des Lichts reagieren. Damit sind wir in der Lage, das gesamte sichtbare Spektrum des Lichts wahrzunehmen und die Welt zu sehen.</p>
17:36	<p><i>To understand the different roles that rods and cones play in our sight we need to see how they are connected to the optic nerve. If we look at a cross-section of the retina, we will see three distinct layers of cells.</i></p> <p>Um zu verstehen, welche unterschiedlichen Funktionen Stäbchen und Zapfen für unser Sehen spielen, müssen wir uns ihre Verbindung zum Sehnerv anschauen. Wenn wir die Netzhaut im Querschnitt betrachten, entdecken wir drei verschiedene Zellschichten.</p>
	<p><i>The first layer is filled with ganglion cells that are connected directly to the optic nerve through fibers that run back to form the optic disc and optic nerve. This is the farthest extension of the brain and the only part of the brain that is visible without invasive surgery.</i></p> <p>Die erste Schicht besteht aus Ganglienzellen, die über Fasern direkt mit dem Sehnerv verbunden sind. Diese Zellen sind Teil des Gehirns und die einzigen Gehirnzellen, die ohne Öffnung des Schädels sichtbar sind.</p>
18:13	<p><i>The retina has often been called the window to the soul. That's because many of the changes of the body due to disease are first seen as changes to the retina. Ophthalmologists and optometrists, who specialize in the eye, can detect diseases like type 2 diabetes long before other methods just by observing an individual's retina.</i></p> <p>Die Netzhaut wird oft das Fenster zur Seele genannt. In diesem Sprichwort steckt ein Körnchen Wahrheit, denn viele körperliche Veränderungen sind</p>

	<p>zuerst an der Retina sichtbar. Augenärzte und Optiker können zum Beispiel Krankheiten wie Diabetes an Veränderungen der Netzhaut erkennen – lange bevor andere Testmethoden greifen.</p>
18:41	<p><i>So when you get your eyes examined by either an optometrist or an ophthalmologist, they are checking for more than just your vision – they are checking your overall health. Optometrists and ophthalmologists are your eye healthcare team and you should visit one of them at least every two years. Over the age of forty it is best to be seen once a year to catch age-related diseases at their earliest stages.</i></p> <p>Wenn wir unsere Augen untersuchen und testen lassen, kann der Experte mehr erkennen als unsere Sehkraft allein. Für alle aber gilt, dass mindestens alle zwei Jahre ein Besuch beim Augenoptiker wichtig ist, denn unser Sehen verändert sich mit der Zeit. Und für über 40-jährige ist es sinnvoll, einmal jährlich untersuchen zu lassen, ob die Augen noch gesund sind.</p>
19:16	<p><i>The ganglion cells connect to the next layer, known as bipolar cells. Bipolar cells connect the rods and cones to the ganglion cells in a couple of different ways. Cones connect one-to-one to ganglion cells.</i></p> <p>Die Ganglienzellen sind mit der zweiten Schicht verbunden, mit Nervenzellen, die auch Bipolarzellen genannt werden. Diese Zellen verbinden die Stäbchen und Zapfen mit den Ganglienzellen – Zapfen sind sogar eins-zu-eins mit je einer Ganglienzelle verbunden.</p>
	<p><i>This direct connection is critical for the brain to detect detail and color to achieve visual acuity. Rods connect to ganglion cells in bundles via secondary cells called horizontal and amacrine cells. This arrangement creates a visual scanner of sorts that works well in low light and captures motion better than the cones.</i></p> <p>Dank dieser direkten Verbindung kann unser Gehirn auch Details und Farben wahrnehmen und scharfe Bilder produzieren. Bei den Stäbchen sind die Verbindungen über Mittlerzellen gebündelt. Das können wir uns wie einen Scanner vorstellen, der auch bei wenig Licht funktioniert und Bewegungen viel besser erfasst als die Zapfen.</p>
20:01	<p><i>Our photon and its companions, focused by the lenses of the telescope and the crystalline lens strike the cones in the fovea and their physical journey has now ended. The photons are extinguished, but not the data they carried.</i></p> <p>Unser Photon und seine Begleiter, gebündelt durch die Optik des Teleskops und die Augenlinse, treffen also auf die Photorezeptoren der Netzhaut und ihre Reise geht damit zu Ende. Die Photonen verschwinden – doch die Information, die sie durchs All getragen haben, bleibt.</p>
20:18	<p><i>The cones react to the photon's strike and emit a chemical signal that in turn generate a signal across the bipolar cell to the ganglion cell. Here the ganglion cell responds by triggering an electric signal that then travels up the optic nerve to the visual cortex of the brain. But we will see that the path is not a direct one.</i></p> <p>Die Zapfen reagieren auf die eintreffenden Photonen und geben ein chemisches Signal ab, das wiederum eine Signalkette über die Bipolar- zu den Ganglienzellen auslöst. Die Ganglienzelle antwortet mit einem elektrischen Signal, das durch den Sehnerv in den visuellen Cortex des Gehirns gelangt. Doch wir werden sehen, dass dieser Pfad nicht direkt zum Ziel führt.</p>
20:58	<p><i>Our optic nerve system splits our eyes' field of view into two hemispheres – right and left. If we look at this system from the top down, the fibers leave the optic disc as a single bunch. But when the nerves pass through the bony optic canal and reach the optic chiasm, the fibers divide into right and left visual fields. The right field travels to the left side of the brain, while the left travels to the right side of the brain.</i></p>

	<p>Unser optisches Nervensystem teilt das Blickfeld in zwei Hemisphären – in eine rechte und eine linke Hälfte. Wenn wir von oben auf das optische System schauen, verlassen die Nervenfasern als Bündel das Auge. Doch wenn die Nerven durch den knöchernen Kanal an die Sehnervenkreuzung gelangen, werden sie in rechts und links aufgeteilt. Das rechte Bündel verläuft in die linke Gehirnhälfte, während das linke in die rechte Seite des Gehirns führt.</p>
21:35	<p><i>This arrangement provides our brain the ability to see stereoscopically and diminishes the blind spot that the optic nerve creates in each eye by having the other eye fill in the missing data. After the optic chiasm the two nerve strands then run separate but parallel courses through the optic tracts to the lateral geniculate nucleus on each side of the brain.</i></p> <p>Dieses Arrangement erlaubt unserem Gehirn, Stereobilder zu sehen und überlagert den blinden Fleck. Am blinden Fleck verlässt der Sehnerv das Auge – doch die visuellen Eindrücke des anderen Auges füllen die Lücke im Bild, das durch das andere Auge kommt. Nach der Sehnervenkreuzung verlaufen die beiden Nervenstränge getrennt, aber parallel durch den Sehstrang zum seitlichen Kniehöcker in jeder der beiden Gehirnhälften.</p>
22:09	<p><i>From here the optic nerve strands separate and spread out to form the optic radiation providing nerve pathways to main sections of the visual cortex. Here the data received from the eye is split into two sections: information from the fovea and from the peripheral portions of the retinas. Some of the optic nerves split off before the lateral geniculate nucleus and travel to the brain stem to process reflex responses to light, motion and adjusting the focus of the crystalline lens.</i></p> <p>Hier teilen sich die optischen Nervenstränge und verzweigen sich. So bilden sie die Nervenverbindungen zu den beiden Hauptbereichen des Sehentrums, des visuellen Cortex.</p> <p>Und hier werden auch die visuellen Informationen aufgespalten: zum einen in die Informationen, die aus der Netzhautgrube stammen – zum anderen die, welche aus den Randbereichen der Netzhaut kommen. Einige optische Nerven zweigen sogar früher ab und reichen bis ins Stammhirn: Reflexe auf Licht, auf Bewegungen werden so gesteuert, aber auch die Fokussierung der Augenlinse.</p>
22:51	<p><i>The processing of information from the eye to the brain is complex requiring half of its resources. Research continues to reveal how the brain sees and deepens our appreciation for sight.</i></p> <p>Die Verarbeitung visueller Informationen durch das Gehirn ist kompliziert und aufwändig – bis zur Hälfte seiner Energie verbraucht das Hirn für das Sehen. Die Wissenschaft forscht weiter daran, zu verstehen, wie unser Gehirn „sieht“. Und mit jeder Erkenntnis bewundern wir den komplexen Vorgang des Sehens noch mehr.</p>
23:10	<p><i>Our sight is the most important sense we possess. Taking care of it should be one of our leading health concerns. Wear sunglasses when outdoors to protect the retinas from ultraviolet light and protect the skull when doing action sports. Avoid coming close to sharp objects that can penetrate the eye. Eat a proper diet and exercise to avoid developing type 2 diabetes that can lead to blindness.</i></p> <p>Sehen ist unser wichtigster Sinn. Jeder Mensch sollte deshalb Sorge für gesunde Augen tragen. Tragen Sie eine Sonnenbrille, um bei Tageslicht Ihre Retina vor UV-Licht zu schützen – tragen Sie einen Helm, um Kopfverletzungen beim Sport zu vermeiden. Mechanische Verletzungen, aber auch Diabetes können zu Erblindung führen – mit Vorsicht und gesunder Ernährung minimieren Sie auch dieses Risiko deutlich.</p>
23:59	<p><i>Stare out into the distance for one out of every 20 minutes or so to rest your eyes and prevent fatigue from reading or doing near work. Wear safety</i></p>

	<p><i>glasses when the possibility of debris entering the eye exists. Follow these simple rules and your eyes and brain will see for a lifetime.</i></p> <p>Alle zwanzig Minuten sollten Sie bewusst in die Ferne blicken – und Ihren Augen so eine Erholungspause gönnen. So vermeiden Sie auch die Ermüdung durch Lesen oder Bildschirmarbeit. Und tragen Sie eine Schutzbrille, wo immer dies nötig ist.</p> <p>Wer diese einfachen Regeln befolgt, tut sein Leben lang etwas Sinnvollens für gesunde Augen und gutes Sehen.</p>
24:36	<p><i>So next time you look up at the night sky think about all that went into the process that allows you to see its stars. Cherish those few lucky photons that journeyed quadrillions of miles just to land on your retina and trigger your brain to see.</i></p> <p>Wenn Sie nächstes Mal in den Sternenhimmeln blicken, denken Sie doch einen Moment darüber nach, was alles passieren muss, damit Sie einfach die Sterne sehen können. Freuen Sie sich über die wenigen Photonen, die mit Glück viele, viele Millionen Kilometer gereist sind, nur um auf Ihrer Netzhaut zu landen und Ihrem Gehirn ein Bild zu liefern: das Bild eines Sterns.</p>