



OPEN
SCIENCE

www.openscience.or.at

„Avatar- Aufbruch nach Pandora“

**Empfohlene Szenenauswahl mit Beschreibung
für den Einsatz im Unterricht**

Diese Unterrichtsmaterialien wurden von dialog<>gentechnik im Rahmen des Projektes CI-SYN·BIO erstellt und vom Österreichischen Genomforschungsprogramm GEN-AU gefördert.



www.gen-au.at



www.cisvnbio.com



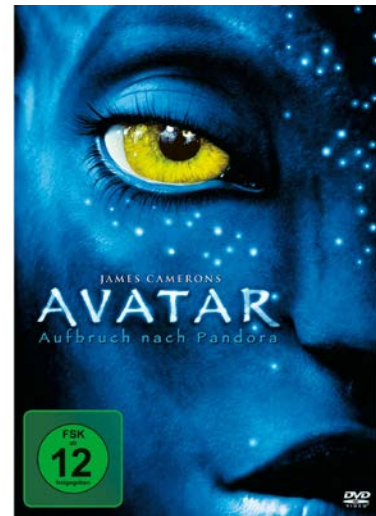
www.idialog.eu

Inhaltsangabe

Filmdetails	3
Filminhalt	3
Detaillierte Beschreibung der einzelnen Szenen	4
Szene 1 (0:00:29 • 0:06:36)	4
Szene 2 (0:06:36 • 0:07:58)	5
Szene 4 (0:09:38 • 0:10:40)	6
Szene 5 (0:10:40 – 0:12:15)	7
Szene 6 (0:12:15 – 0:14:15)	7
Szene 7 (0:14:15 – 0:17:55)	8
Szene 8 (0:17:55 – 0:20:20)	9
Mögliche Diskussionsansätze	9

Filmdetails

Genre: Action / Adventure / Fantasy
 FSK: ab 12 freigegeben
 Laufzeit: 155 Minuten
 Produktionsjahr: 2009
 Produktionsland: USA
 Produzent: Colin Wilson / Laeta Kalogridis
 Regisseur: James Cameron
 Darsteller: Sam Worthington
 Zoe Saldana
 Stephen Lang
 Sigourney Weaver u.v.m.



Technische Voraussetzungen: DVD-Player, Fernseher

Filminhalt

Ex-Marine Jake Sully (Sam Worthington) nimmt auf dem Planeten Pandora an einem Experiment unter Leitung der Wissenschaftlerin Dr. Grace Augustine (Sigourney Weaver) teil. Als er sich im genetisch manipulierten Körper der Ureinwohner in die schöne Neytiri (Zoe Saldana) verliebt, gerät er zwischen die Fronten eines skrupellosen Konzerns und dem naturverbundenen Volk der Na'vi. Jake muss sich entscheiden, auf welcher Seite er steht – in einem ungleichen Kampf, in dem es um das Schicksal einer einzigen Welt geht...

Beschreibung der ausgewählten Filmsequenz

Auf dem entfernten Mond Pandora leben humanoide Ureinwohner (Na'vi) in einer gefährlichen, unerforschten Umwelt. Menschen erobern den Planeten, um neuartige Rohstoffe zu fördern. Um sich mit den Na'vi besser verständigen zu können, haben WissenschaftlerInnen künstliche Körper (sogenannte Avatare) durch eine Kombination des menschlichen- und Na'vi Genoms entwickelt. Über ein Gerät kann dieser Körper mit den Gehirnaktivitäten eines Menschen (Operator genannt) verbunden und somit gesteuert werden. Erzählt wird die Geschichte von Jake, einem ehemaligen Marinesoldaten, der auf Mission nach Pandora geht.

Beginn: 00:00:29
 Ende: 00:20:20
 Dauer: rund 20 Minuten

Szene	Beginn	Ende	Inhalt
1	0:00:29	0:06:36	Beginn der Mission - Flug nach Pandora - Angebot an Jake, den Avatar seines Bruders zu übernehmen
2	0:06:36	0:07:58	Sicherheitseinweisung für Neuankömmlinge
3	0:07:58	0:09:38	Norm stellt sich vor und zeigt Jake das Biolabor - erster Blick auf den Avatar
4	0:09:38	0:10:40	Jake erklärt Avatar Programm
5	0:10:40	0:12:15	Jake lernt Grace, die Botikerin und Leiterin des Avatarprogrammes, kennen
6	0:12:15	0:14:15	Streit zwischen Grace und Severige Parker, dem Vorgesetzten
7	0:14:15	0:17:55	Jake verlinkt sich erstmals mit seinem Avatar
8	0:17:55	0:20:20	Jake macht seinen ersten unerlaubten Ausflug mit dem Avatar

Detaillierte Beschreibung der einzelnen Szenen

Szene 1 (0:00:29 • 0:06:36)

Beginn der Mission - Flug nach Pandora - Angebot an Jake, den Avatar seines Bruders zu übernehmen

Der Film beginnt mit einer ersten Sicht auf die Pflanzenwelt von Pandora, einem fernen Planeten. Marinesoldat Jake Sully, bei einem US Kampfeinsatz schwer verwundet und seither an den Rollstuhl gefesselt, erzählt hier seine Geschichte. Ins Bild kommen erst seine Augen, dann sein Gesicht. Er befindet sich in einer Cryo-Schlafkammer in einem Raumschiff auf dem Weg nach Pandora und erwacht gerade nach sechs Jahren Cryo-Schlaf. Immer wieder gibt es Rückblenden zu seinem Leben vor Pandora. Er erzählt von seinem Zwillingsbruder Tom, der Wissenschaftler war und sich auf diese Mission nach Pandora lange vorbereitete, „um Antworten zu finden“. Tom wurde jedoch kurz vor dem Abflug ausgeraubt und ermordet. Im Raumschiff öffnen sich die Cryo-Kammern, die Menschen erwachen – sie nähern sich Pandora. Jake meint, dass Tommy der Wissenschaftler war – er sei hingegen „nur ein Frontschwein, das bereut, wieder in einem Drecksloch gelandet zu sein“. Die Außenseite des Raumschiffs wird gezeigt und Jake erzählt von Pandora, eine für ihn unvorstellbare Welt. Die nächste Kameraeinstellung zeigt im Hintergrund den

Verbrennungsakt des Leichnams seines Bruders. Mehrere „Geschäftsmänner“ in Trenchcoats möchten mit Jake über die Weiterführung des Vertrages seines Bruders reden, er sei „eine bedeutende Investition“ gewesen. Sie machen Jake das Angebot, in die Fußstapfen seines Bruders zu treten, da ihr Erbgut völlig identisch sei. Im Bild ist wieder das Raumschiff zu sehen. Die Stimme des Geschäftsmannes sagt „Ein Neuanfang in einer neuen Welt, und die Bezahlung ist gut, sogar sehr gut.“ Der Leichnam von Tommy wird nun verbrannt.

Im Shuttle, das sich gerade im Anflug auf Pandora befindet, sind – außer Jake – Soldaten. Mit dem Befehl „Exopacks aufsetzen!“ wird darauf hingewiesen, dass die Atmosphäre auf Pandora eine andere Zusammensetzung hat und für Menschen innerhalb von vier Minuten tödlich ist. Beim Landeanflug wird eine Rohstoff-Abbaumine gigantischen Ausmaßes gezeigt. Der Shuttle landet und die Soldaten verlassen im Laufschrift das Schiff. Jake ist aufgrund seiner körperlichen Einschränkungen der Letzte, innerlich jedoch nach wie vor ein „Marine“. Mit seiner Versehrtenrente und aufgrund der Wirtschaftslage kann er es sich nicht leisten, seine Wirbelsäule richten zu lassen. Während er das Gelände überquert, kreuzt ein großer Roboter seinen Weg, der von einem Menschen bedient wird. Ein Räumungsfahrzeug fährt vorbei, in dessen großen Reifen bunte lange Pfeile stecken. Es wird erzählt, dass die Soldaten auf Pandora sich eher wie Söldner verhalten, die das Geld brauchen und für die Firma arbeiten.

Szene 2 (0:06:36 • 0:07:58)

Sicherheitseinweisung für Neuankömmlinge

Der Sicherheitsbeauftragte macht den Neuankömmlingen klar, dass die Umwelt auf Pandora sehr menschenfeindlich – ärger als die Hölle – sei. Alles was jenseits des Zaunes kreucht und fleucht habe das Ziel, sie umzubringen. Es gibt humanoide Ureinwohner, Na'vi genannt, deren Skelett mit Kohlefasern verstärkt ist, sodass es fast unmöglich ist, sie zu töten. Na'vi verwenden Pfeile mit Nervengift zum Jagen, so dass das Herz innerhalb einer Minute stillsteht. Der Sicherheitsbeauftragte stellt klar, dass, wenn man hier überleben wolle, einen äußerst starken Willen entwickeln und sich unbedingt an die Pandoraregeln halten müsse. Danach erzählt er ihnen von den Pandoraregeln.

Szene 3 (0:07:58 • 0:09:38)

Norm stellt sich vor und zeigt Jake das Biolabor - erster Blick auf den Avatar

Dr. Norm Spelman, ein weiterer Operator (Bediener eines Avatars), der mit Jakes's Bruder Tom das Avatartraining absolvierte, begrüßt Jake. Er bemerkt die Ähnlichkeiten zwischen Tom und Jake und freut sich schon auf die gemeinsame Zusammenarbeit. Er führt Jake auch gleich weiter ins Biolabor und zeigt ihm die Verbindungskammer, wo sie sich mit den Avataren verlinken.

Jakes Stimme erklärt, dass er und Norm hier sind, weil sie die fernsteuerbaren Körper – Avatare genannt – lenken sollen. In ihnen wurde die menschliche DNA mit der DNA der Ureinwohner kombiniert. Im Hintergrund sieht man Brutkästen, worin die Avatare in einer Flüssigkeit heranwachsen und gezüchtet werden. Ein Wissenschaftler, Dr. Max Patel, begrüßt sie. Jake und Norm bestaunen die Größe der Avatare. Norm erzählt, dass sie auch erst während des Fluges (nach Pandora) ganz auswachsen. Dr. Patell erklärt ihnen, dass der Muskeltonus der Avatare sehr gut sei und nach einigen Vorbereitungen einem Ausflug am nächsten Tag nichts im Wege stünde. Jake nimmt seinen eigenen Avatar zum ersten Mal in Augenschein und meint, dass er wie sein Bruder aussehe. Norm widerspricht ihm und betont, dass er wie Jake aussehe und es jetzt seiner sei.

Szene 4 (0:09:38 • 0:10:40)

Jake erklärt das Avatar Programm

Jake spricht zu Dokumentationszwecken in eine Kamera. Er erklärt, dass jeder Operator auf seinen eigenen Avatar abgestimmt wird, damit ihre Nervensysteme im Einklang sind. Dadurch konnte Jake auch der Posten von Tom angeboten werden, weil er sich aufgrund der gleichen genetischen Ausstattung mit Toms Avatar verlinken kann. Jake fragt Norm und Max, ob seine Protokollierung passe. Norm erklärt ihm, dass gute Beobachtung und dessen Dokumentation einen guten Wissenschaftler ausmachen und sie auch weiters davon abhalten würde, bei der sechs Jahre andauernden Mission verrückt zu werden.

Szene 5 (0:10:40 – 0:12:15)

Jake lernt Grace, die Botikerin und Leiterin des Avatarprogrammes, kennen

Eine Verlinkungskammer wird herausgefahren. Grace Augustin, die Leiterin des Avatarprogrammes, steigt heraus und verlangt nach Zigaretten, die ihr sofort gebracht werden. Norm erklärt, dass sie ein wandelndes Lexion der Botanik auf Pandora sei. Bei der ersten Begegnung mit den zwei Operatoren Norm und Jake fragt sie Norm nach dessen Na'vi Sprachkenntnissen. Auch Jake wird vorgestellt. Grace reagiert jedoch äußerst ablehnend, da sie seine Bruder wolle, der drei Jahre lang für dieses Projekt ausgebildet worden sei. Grace ist sehr ärgerlich auf ihren Vorgesetzten, der ihr Jake zuteilte, weil Jake völlig unerfahren im wissenschaftlichen Arbeiten ist. Sie stürmt aus der Abteilung zu ihrem Vorgesetzten Severige. Max fordert Jake auf, am nächsten Tag um acht Uhr wiederzukommen und dabei geistreich zu sein.

Szene 6 (0:12:15 – 0:14:15)

Streit zwischen Grace und Parker Severige, dem Vorgesetzten

In der geschäftigen Kommandozentrale spielt der Verantwortliche Parker Severige zwischen den MitarbeiterInnen Golf. Grace beschwert sich bei ihm, jedoch erst als sie seinen Becher zum Einlochen wegschubst, bekommt sie seine volle Aufmerksamkeit. Sie brauche einen weiteren Wissenschaftler und keinen ausrangierten Marine. Parker macht sie auf den Glücksfall aufmerksam, dass Tom überhaupt einen Zwillingbruder hatte und dieser immerhin kein Zahnhygieniker, sondern Marine, sei. Jake solle als Begleitschutz in Grace Abteilung dienen. Grace ist nicht begeistert über einen weiteren schießwütigen Marine in ihrer Umgebung. Parker betont, dass Sinn und Zweck ihrer Mission es sei, die Herzen und Zustimmung der Eingeborenen zu gewinnen. „Sie sehen aus wie sie, sie reden wie sie, irgendwann vertrauen sie uns, wir bauen ihnen eine Schule, wir bringen ihnen unsere Sprache bei – aber nach weiß ich wie vielen Jahren verschlechtern sich die Beziehungen. Grace konternt und führt das auf Übergriffe der Soldaten auf Eingeborene zurück. Parker verliert die Geduld und erinnert Grace daran, dass die Mission auf Pandora darin bestünde, kostbares Unoptanium abzubauen. Mit diesen Mitteln werde auch ihre Forschung finanziert. Die Wildgewordenen gefährden die Mission - ein Krieg stehe kurz bevor. Ihre Aufgabe sei es, eine diplomatische Lösung zu finden.

Szene 7 (0:14:15 – 0:17:55)

Jake verlinkt sich erstmals mit seinem Avatar

Die Brutkästen der Avatare werden gereinigt. Man sieht die „schlafenden“ Avatare auf eine Liege in Krankenhaushängewänden gehüllt. Grace fragt Norm, wie viele Stunden er bereits verlinkt war und Norm antwortet mit „520 Stunden“. Grace fragt Jake auch und er antwortet mit „Null, aber ich habe das Handbuch gelesen“ – Grace ist schockiert. Sie fragt Jake, wie er auf die Idee kam, mal eben so in die menschenfeindlichste Umgebung ohne Ausbildung zu fahren, um zu sehen, was passiert? Er sei es Leid von Ärzten zu hören, was er alles nicht kann. Er bekommt noch die letzten Anweisungen – Entspannen und an gar nichts denken - bevor die Röhre geschlossen und die Verbindung aufgebaut wird.

Auf einem Bildschirm kann eine Wissenschaftlerin erste Kongruenz bei Jake und seinem Avatar feststellen. Max stellt eine hohe Hirnaktivität bei Jake fest, was bedeutet, dass es „ein großartiges Gehirn“ ist. Grace geht über die Station 4 ebenfalls in ihren Avatar rein. Eine Wissenschaftlerin stellt fest: „Facelog bei 99%“, „Link ist stabil“, die Verlinkung von Jake und seinem Avatar hat funktioniert.

Man sieht viele bunte energetische Kreise, dann sind starke Atemgeräusche zu hören und eine Betreuerin sagt „Er ist drin.“

Aus der Perspektive von Avatar-Jake ist das Bild verschwommen. Zwei Betreuer beugen sich über ihn, überprüfen verschiedene Reflexe und fragen ihn nach seinem Befinden. Avatar-Jake richtet sich auf und das Betreuungspersonal nimmt seine vitalen Werte auf und möchte auch noch seine motorischen Reflexe prüfen. Jake ist jedoch ungeduldig und möchte gleich aufstehen. Er wird aufgefordert, sich zu setzen, da er ja noch nicht an seinen Avatar gewohnt ist. Bevor er jedoch sediert werden kann, entfernt Jake unsanft seine Kontrollkabel und beeilt sich, raus zu kommen. Norm versucht ihn davon abzuhalten, scheitert aber.

Szene 8 (0:17:55 – 0:20:20)

Jake macht seinen ersten unerlaubten Ausflug mit dem Avatar

Jake geht noch unbeholfen seine ersten Schritte, fängt jedoch bald an zu laufen und wird dabei immer schneller und geschickter. Sichtlich genießt er seinen funktionsfähigen Körper, der ihm ein Leben ohne Rollstuhl ermöglicht. Als er ein kleines Stückchen gelaufen ist, bremst er in der lockeren Erde eines Gemüsebeetes ab und vergräbt seine Zehen darin. Er atmet tief durch und nimmt Pandora als Umgebung das erste Mal wirklich wahr. Als Grace auftaucht und ihn anspricht, erkennt er sie kaum. Sie wirft ihm eine Frucht Pandoras zu, die er fängt und isst. Alle Avatare gehen anschließend bei Dunkelheit in einen geschützten Bungalow Schlafen, Grace schließt ab. Als Jake die Augen schließt, wacht er wieder in der Verlinkungskabine auf. Max begrüßt ihn und erkundigt sich nach seinem Befinden, während er seine Beine zurück in seinen Rollstuhl hievt.

Mögliche Diskussionsansätze

- Könnte das gesamte Erbgut verschiedener Lebensformen wie Mensch und Na'vi miteinander kombiniert werden? Ist das technisch möglich?
- Ein Gedankenspiel - falls es möglich wäre: Wie könnten derartige Avatare aus menschlichem und Na'vi Genom mithilfe der synthetischen Biologie hergestellt werden?
- Welchen ethischen Status hätten andere menschenartige Lebensformen wie Na'vi bzw. künstlich geschaffene Avatare?
- Kann ein Gehirn von außen gesteuert werden?
- Können künstliche Körper bereits gezüchtet werden?
- Dürfen Menschen unter bestimmten Umständen als Versuchsobjekte verwendet werden?

Stand: April 2012



OPEN
SCIENCE

www.openscience.or.at

„Avatar – Aufbruch nach Pandora“

Diskussionsgrundlage

Diese Unterrichtsmaterialien wurden von dialog<>gentechnik im Rahmen des Projektes CI·SYN·BIO erstellt und vom Österreichischen Genomforschungsprogramm GEN-AU gefördert.



www.gen-au.at



www.cisvnbio.com



www.idialog.eu

Inhaltsangabe

Könnte das gesamte Erbgut verschiedener Lebensformen wie Mensch und Na'vi miteinander kombiniert werden? Ist das technisch möglich?	3
Ein Gedankenspiel - falls es möglich wäre: Wie könnten derartige Avatare aus menschlichem und Na'vi Genom mithilfe der synthetischen Biologie hergestellt werden?	4
Gibt es künstliche Körperteile?	5
Kann ein Gehirn von außen gesteuert werden?	5
Welchen ethischen Status hätten andere menschenartige Lebensformen wie Na'vi bzw. künstlich geschaffene Avatare?	7
Dürfen Menschen unter bestimmten Umständen als Versuchsobjekte verwendet werden?	9
Folgende weitere Fragen tauchen im Film auf und bieten sich für Diskussionen an:	9

Könnte das gesamte Erbgut verschiedener Lebensformen wie Mensch und Na'vi miteinander kombiniert werden? Ist das technisch möglich?

Kombiniertes Erbgut verschiedener Lebewesen gibt es in der Natur in Form von Hybriden. Hybride bedeutet „etwas aus Verschiedenartigem zusammengesetzt, von zweierlei Herkunft“. In der Natur hat die Hybridbildung bei natürlichen Evolutionsprozessen biologischer Arten Bedeutung und ist wichtig für die Etablierung genetischer Vielfalt innerhalb der Arten. Bekannte Beispiele sind Maultier (Kreuzung einer Pferdestute und eines Eselhengstes), Maulesel (Kreuzung Eselstute und Pferdehengst), Pizzly (Polarbärin und Grizzly), verschiedenste Süßwasserschnecken und viele mehr. Hybride können auch in der Pflanzen- und Tierzucht durch Kreuzung und gezielter Paarung von Menschenhand hergestellt werden, aber nur innerhalb von nah verwandten Arten.

Im Labor ist die Rekombination, das Zusammenbringen ganzer Genome verschiedener Organismen, nicht möglich. Nur einzelne Gene können an definierten Stellen des Genoms in einigen wenigen Modellorganismen bzw. dem Menschen (Stichwort Gentherapie) zielgerichtet eingebracht werden. Dafür bedarf es bestimmter „Transportvehikel“ wie z.B. virale Vektoren. Die Steuerung der Genaktivitäten (d.h. wann wird welches Gen wie und in welcher Menge in eine funktionelle RNA übersetzt) ist prinzipiell hochkomplex und wird durch viele molekulare Signale fein reguliert. Nur so kann sich eine befruchtete Eizelle zu einem lebensfähigen Fötus entwickeln. Dieses mannigfaltige Ineinanderspiel von molekularen Signalen und Prozessen würde durch beliebige Integration von DNA ins menschliche Genom völlig durcheinander gebracht und zum Absterben des Fötus bzw. der Eizelle führen.

Im Rahmen der synthetischen Biologie wurden bereits Minimal-Bakteriengenome künstlich hergestellt (d.h. chemisch synthetisiert) und in andere Bakterienzellen transplantiert (siehe Foliensatz „Synthetische Biologie) – jedoch nicht vollständige Genome unterschiedlicher Bakterien-Stämme gemischt. Noch dazu sind Genome von höheren Organismen wesentlich größer und komplexer organisiert als jene von Mikroorganismen. Die Genome vieler höherer Lebewesen sind zwar bereits sequenziert, jedoch nicht in ihrer Funktion erforscht. Sie können auch aufgrund des Umfangs derzeit nicht künstlich durch DNA-Synthese hergestellt werden. Und wie das „Vermischen“ der Genome auf molekularer Ebene der Genomstruktur stattfinden könnte, bleibt Fiktion.

Ein Gedankenspiel - falls es möglich wäre: Wie könnten derartige Avatare aus menschlichem und Na'vi Genom mithilfe der synthetischen Biologie hergestellt werden?

Durch genetische Manipulation einer Eizelle. Ein Funktionsfähiges Genom, das eine Mischung der beiden Lebewesen darstellt, müsste vorab am Computer konstruiert werden. Das ist auch der springende Punkt, der das ganze Vorhaben unmöglich macht. Die Charakteristika der Genomstrukturen und Regulierung der Genexpression in Mensch und Na'vi müsste bis ins letzte Detail bekannt sein und berücksichtigt werden. Nicht zu vergessen sind außerdem auch noch epigenetische Phänomene!

Dazu folgende Darlegung: Quelle <http://epigenetics.uni-saarland.de/de/home/>

„Epigenetik ist eines der zentralen Themen der Genetik in der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts. Der Begriff Epigenetik umschreibt Mechanismen und Konsequenzen vererbbarer Chromosomen-Modifikationen, die nicht auf Veränderungen der DNA-Sequenz beruhen. Die wesentlichen epigenetischen Modifikationen sind nachträgliche Modifikationen bestimmter DNA-Basen (DNA-Methylierung), die Veränderungen des Chromatins (Histon-Modifikationen) und RNAi vermittelte Mechanismen. Die Epigenetik bietet konzeptionell neue Ansätze für das Verständnis genetischer Regulation von Entwicklungs- und Erkrankungsprozessen. Epigenetische Modifikationen spielen in Pflanzen, im Tier und im Mensch eine essentielle Rolle für die Steuerung von Entwicklungsprozessen. Genome mehrzelliger Organismen sind mit zellspezifischen, entwicklungsgesteuerten, epigenetischen Kodierungen „überzogen“. Diese epigenetischen Kodierungen strukturieren die Chromosomen, sie steuern die Genaktivität auf zell- und gewebespezifischer Ebene und sorgen in weiten Teilen des Genoms dafür, dass große Genomabschnitte stumm geschaltet bleiben. Epigenetische Kodierungen sind jedoch potentiell reversibel und daher im Verlauf eines Lebens, entwicklungsabhängiger aber auch umweltbedingter Variabilität ausgesetzt. Die Epigenetik bietet daher neue Ansätze den Einfluss umweltbedingter Veränderungen auf das Genom zu erfassen und deren langfristige Konsequenz für das Individuum besser zu verstehen.“

Nach der chemischen Komplettsynthese der DNA müßte diese DNA dann korrekt verpackt (mit Kernproteinen umhüllt und in Chromosomen strukturiert) in eine Eizelle eingebracht werden und in Muttertier transferiert werden (in Filmen sind oft künstliche Brutkästen zu sehen, die es derzeit jedoch nicht gibt).

Gibt es künstliche Körperteile?

Ja, viele. Künstliche Hüftgelenke, Herzschrittmacher, Nieren, Arm- und Beinprothesen etc. kommen bereits routinemäßig zum Einsatz. Künstliche Haut wird sogar schon großtechnisch produziert! „In der sterilen Fabrik läuft alles vollautomatisch: Zunächst wird die Hautprobe klein geschnitten. Dann isoliert die Anlage die unterschiedlichen Zelltypen der Haut und regt sie zum Wachsen an. Anschließend werden die Zellen in einer dreidimensionalen Gelmatrix in zwei Schichten wieder zusammengesetzt – fertig ist die künstliche Haut.“ Weitere Infos siehe z.B. <http://www.fraunhofer.de/de/fraunhofer-forschungsthemen/gesundheit-ernaehrung-umwelt/Regenerative-Medizin/hautfabrik.html>. So sollen auch künstliche Luft- und Speiseröhren erzeugt werden.

Kann ein Gehirn von außen gesteuert werden?

Das ist kaum vorstellbar. Das menschliche Nervensystem ist hoch komplex und gliedert sich nach seiner Lage in das periphere und das zentrale Nervensystem.

Das periphere Nervensystem (*PNS*) umfasst alle Nerven, die den Körper als dreidimensionales Netz durchziehen wie Telefonkabel eine Stadt. Die Nerven übermitteln Informationen, als elektrische Impulse kodiert, zwischen Rückenmark bzw. Gehirn und dem übrigen Körper. Das zentrale Nervensystem (*ZNS*) ist das lebenswichtige Steuerungszentrum. Zusammen mit dem Hormonsystem, mit dem es aufs Engste verknüpft ist, steuert und regelt es alle Körperfunktionen von der Atmung über Bewegung und Fortpflanzung bis hin zur Verdauung. Über die Sinnesorgane ermöglicht das zentrale Nervensystem Wahrnehmungen und verbindet den Menschen mit der Umwelt. Darüber hinaus ist es Grundlage aller „höheren“ Funktionen wie etwa Bewusstsein, Empfinden, Denken und Lernen.

Das menschliche Gehirn besitzt Schätzungen zufolge etwa 100 Milliarden Nervenzellen, auf Erregungsleitung spezialisierte Zellen. Sie werden durch etwa 100 Billionen Synapsen eng miteinander verbunden sind. Synapsen sind Kontaktstellen der Nervenzellen, an denen Neurotransmitter (endogene, biochemische Botenstoffe) die Information von einer Nervenzelle zur anderen weitergeben. In die Synapse einlaufende elektrische Impulse (Aktionspotentiale) veranlassen die Ausschüttung der Botenstoffe aus ihren Speicherorten, den synaptischen Vesikeln.

Durchschnittlich ist ein Neuron mit 1000 anderen Neuronen verbunden. Die vielen Milliarden Nervenzellen sind die Voraussetzung dafür, dass wir denken, handeln, fühlen und miteinander kommunizieren können. Jede Nervenzelle hat viele Seitenarme, die Impulse an andere Zellen weitergeben. Wie ein aktueller

Nachrichtendienst teilen sie dem Gehirn durch Signale alles mit, was im Körper und in dem, was wir „Außenwelt“ nennen, vor sich geht. Eine typische Säugetier-Nervenzelle ist aus Dendriten, dem Zellkörper und einem Axon (faserartiger Fortsatz einer Nervenzelle) aufgebaut. Dieser Zellfortsatz kann bis zu einem Meter lang sein und ermöglicht eine Erregungsleitung über weite Strecken. Dabei läuft ein elektrisches Signal durch das Axon, welches erzeugt wird, indem bestimmte Ionen gezielt durch die Zellmembran durchgeschleust werden.

Wie im Film gezeigt, ist unser Nervensystem durch elektronische Reize kontrollierbar – jedoch nur sehr eingeschränkt. Hierfür wird der Begriff „Neurostimulation“ verwendet. Unter Neurostimulation versteht man die Einwirkung auf das Nervensystem mittels elektrischer Impulse. Dabei erfolgt die Stimulation entweder indirekt über auf der Haut befindliche Elektroden oder per Implantat direkt am Nerv. Es gibt diverse Anwendungen, deren therapeutisches Ziel es ist, motorische Funktionen wiederherzustellen, die durch Schädigungen des Gehirns oder der Wirbelsäule entstanden. Verwendet wird diese Technik zur Muskelstimulation (z.B. zur Rehabilitation nach einem Schlaganfall oder einer Querschnittslähmung) und als Technik zur Schmerzlinderung. Innovative Anwendungen der Medizintechnik, wie z.B. die gedankengesteuerte Armprothese, gibt es bereits: (http://www.ottobock.at/cps/rde/xchg/ob_at_de/hs.xsl/32040.html).

Im Mai 2012 wurde im Fachblatt „Nature“ eine bemerkenswerte Studie veröffentlicht, deren deutsche Kurzfassung in „Der Standard“ am 18. Juni 2012 publiziert wurde. Sie zeigt, dass die Steuerung des Gehirnes von außen ein Forschungsgegenstand ist, bei dem es laufend Neuigkeiten gibt:

„Eine gelähmte Frau kann dank eines von US-Forschern entwickelten Sensors im Gehirn ohne fremde Hilfe Kaffee trinken

London/Wien - Es klingt nach Science-Fiction und ist doch Realität: Eine vom Hals abwärts gelähmte Frau kann dank eines von US-Forschern entwickelten Roboterarms und eines Sensors im Hirn ohne fremde Hilfe eine Flasche zum Mund führen. "Erstmals seit fast 15 Jahren hat sie aus eigenem Willen etwas anheben können", sagt der US-Neurologe Leigh Hochberg begeistert, der an diesem spektakulären Fortschritt in Sachen Schnittstelle Hirn-Maschine beteiligt war. Im Mittelpunkt der im Fachblatt "Nature" vorgestellten Studie steht ein Hirn-Computer-Interface namens BrainGate2 - eigentlich aber die 58-jährige Cathy Hutchinson. Sie erlitt vor 15 Jahren einen Hirnschlag, der ihren Hirnstamm schwer schädigte. Seither ist sie vollständig gelähmt und kann nicht mehr sprechen. Nach ihrem Infarkt konnte sie sich nur mit Augenbewegungen bemerkbar machen und litt unter dem sogenannte

Locked-in-Syndrom. Mittlerweile kann sie wieder ihren Kopf leicht bewegen, gelegentlich kommt es zu Zitterbewegungen in den Armen.

Hutchinson erhielt so wie ein zweiter Leidensgenosse einen Sensor in die Hirnrinde implantiert. Das vier mal vier Millimeter kleine Ding besteht aus 96 feinsten Elektroden, mit denen die elektrische Aktivität der angezapften Nervenzellen aufgezeichnet wird - und es wurde genau an jener Stelle platziert, wo normalerweise die elektrischen Impulse für willentliche Bewegungen im Arm entstehen. Über feinste Golddrähte wird diese Information von dieser Schnittstelle weg an die Schädeldecke geleitet. Und von dort schließlich wird sie über einen Computer und an den Roboterarm weitergeleitet.

Der erfolgreiche Versuch vom April vergangenen Jahres ist Teil einer andauernden klinischen Testreihe zu dem Roboterarm. Die Forscher um John Donoghue (Brown University in Providence) hatten vor sechs Jahren vom Hals abwärts gelähmte Patienten mit ihren Gedanken einen Cursor auf einem Computerschirm bewegen lassen. Die neue Anwendung geht weit darüber hinaus. Denn die Bewegung eines Roboterarms mit seinen Gelenken ist viel komplizierter als das Verschieben eines Computer-Cursors. Auch findet die Armbewegung nicht auf einer Fläche, sondern im dreidimensionalen Raum statt. Die erfolgreichen Experimente mit BrainGate2 - in vier von sechs Versuchen war Hutchinson erfolgreich - zeigen laut den Forschern das Potenzial von Hirn-Computer-Interfaces. Aber sie seien noch stark verbesserungsbedürftig: Bei den beiden Patienten musste stets ein Techniker zugegen sein, der das System vor dem Gebrauch in einer halbstündigen Prozedur entsprechend einstellte. BrainGate soll im Idealfall in zehn Jahren marktreif sein. Dann sollte das System auch komplexere Alltagsaufgaben wie etwa das Zähneputzen für Patienten übernehmen können.“

Einen gesamten Körper elektrisch zu kontrollieren und zu steuern – wie im Film dargestellt - erscheint jedoch aufgrund der Komplexität des zentralen und peripheren Nervensystems unvorstellbar.

Welchen ethischen Status hätten andere menschenartige Lebensformen wie Na'vi bzw. künstlich geschaffene Avatare?

Die ethische Reflexion des Umgangs von Menschen mit der belebten Umwelt, im Speziellen des Umgangs von Menschen mit dem Leben (anderer Menschen), der Natur und mit medizinischen wie auch biotechnischen Anwendungen wird als Bioethik bezeichnet. Eines der Ziele ist es, gesellschaftlichen Konsens zu diesen Fragen und Diskussionen zu finden, um eine (moralische) Grundlage zur Aufstellung von normativen Regeln (Gesetze, Konventionen, Entscheidungsgrundlagen für Ethikkommissionen) für einen verantwortungsvollen Umgang mit Leben zu liefern. Die Bioethik ist ein Teilgebiet der Ethik. Quelle: wikipedia

Es erscheint daher wichtig, sich mit der Frage der Definition des Lebens zu beschäftigen. Daraus ergibt sich auch der Wert dieses Lebens und moralische Fragen, wie Menschen mit anderen Lebewesen umgehen. Empirisch und wissenschaftstheoretisch abgesichert gibt es die Definition, dass mindestens drei Eigenschaften eines Lebewesens gegeben sein müssen, um von „Leben“ in einem basalen biologischen Sinne reden zu können: Reproduktion, Metabolismus und Evolutionsfähigkeit.

Methodisch kann mit den obigen Kriterien zwar genau gesagt werden, was Leben ist - wie der Charakter der Lebensform ist, wie sie sich entwickeln wird, weiß man aber nicht. Das würde eine längerfristige Beobachtung brauchen. Dieser obigen Definition entgeht der Aspekt des Unkontrollierbaren, der im „sich-entwickeln-können“ von Organismen liegt. Es ist nicht klar, welchen Wert dieses Leben hat oder haben könnte. Welchen Wert die Lebensform/ das Lebewesen für das Ökosystem als Ganzes hat, könnte auch eine Rolle spielen. Mit einem minimalisierten Lebensbegriff läuft man Gefahr, einen reduktionistisch-technizistischen Blick auf das Leben zu generieren.

Diskutiert werden müsste, ob Avatare oder Na'vis als menschenartige Lebensformen überhaupt als „neuartig“ einzustufen wären. Das ist für ihre ethische Bewertung relevant. Sie besitzen Eigenschaften, die keine natürlich auf der Erde vorkommenden Organismen haben und solche, die sehr denen der Menschen ähneln oder sogar identisch sind.

Sind sie ethisch gesehen dem Menschen gleichwertig und was hätte das für Auswirkungen?

Inwieweit wären Avatare als Produkte einer synthetischen Biologie nicht Ergebnisse eines Herstellungs- sondern auch eines Schöpfungsprozesses? Wird der Mensch Schöpfer? Welche Auswirkungen hätte dieses veränderte Selbstbild auf das Selbstverständnis des Menschen?

Diese ethischen Überlegungen basieren auf dem Text von Joachim Boldt, Oliver Müller und Giovanni Maio (Synthetische Biologie, eine ethisch-philosophische Analyse).

Dürfen Menschen unter bestimmten Umständen als Versuchsobjekte verwendet werden?

Menschenversuche gibt es, aber nur an Freiwilligen. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Zulassung von neuen Medikamenten. Im Rahmen von klinischen Studien stehen Tests an freiwilligen Menschen an letzter Stelle des Zulassungsprozesses eines neuartigen Arzneimittels. Bevor ein Arzneimittel neu zugelassen wird, sind medizinische Menschenversuche sogar vorgeschrieben, da Erkenntnisse aus Tierversuchen nur begrenzt auf den Menschen übertragen werden können. Medikamententests laufen in vier Phasen ab. In der Phase 1 nehmen 20-80 gesunde Menschen gegen Bezahlung das Risiko einer ersten Anwendung eines Medikamentes am Menschen an sich. Die Ethikkommission der zuständigen Ärztekammer prüft zuvor, ob die Studie alle rechtlichen und ethischen Voraussetzungen erfüllt. Internationale medizinethische Leitlinien müssen eingehalten werden. Details zu klinischen Prüfungen siehe: <http://de.wikipedia.org/wiki/Pharmaforschung>

Folgende weitere Fragen tauchen im Film auf und bieten sich für Diskussionen an:

Philosophische Fragen rund um die Trennung von Leib – Seele?

Gibt es einen Körper ohne Geist?

Welche Verantwortung haben wir für einen von uns geschaffenen/modifizierten Organismus?

Stand: Mai 2012