

Künstliches Leben: Frankensteins Nachkommen

Von Maria Teresa Santoro & Rejane Cantoni

Nr. 26 – 10.11.2002

Abstract

Meine Damen und Herren, bitte seien Sie gewarnt vor dem, was hier und jetzt geschehen wird. Was sie lesen werden, sind schreckliche Berichte von Monstern und anderen übernatürlichen Wesen. Es sind Berichte von aus Leichen zusammengesetzten Kreaturen und künstlich konstruierten Organismen, von Insekten, Androiden und Humaniden.

Die einfachste Art, ein neues Leben zu erzeugen, benötigt nicht mehr als den körperlichen Kontakt zwischen zwei normalen Menschen. Doch wenn die Menschen, aus welchen Gründen auch immer, auf diese altbekannte Methode nicht zurückgreifen, dann gibt es verschiedene künstliche Möglichkeiten, angefangen bei mechanischen bis hin zu genetischen, um "lebendige Kreaturen" zu erschaffen.

Die Idee, Leben auf nicht natürliche Art und Weise zu erzeugen, ist sehr alt. Schon in der griechischen Mythologie ist die Rede von der Idee des künstlichen Lebens, das heißt, vom Mythos, Menschen künstlich zu erzeugen, die fähig sind, sich zu entwickeln, sich zu vermehren, sich anzupassen und mit einander und mit anderen Lebewesen zusammenzuarbeiten. Man denke nur an Talos, den Giganten aus Bronze, den Hephaistos schuf, um die Insel Kreta zu beschützen. Oder an die in Homers Ilias erwähnten goldenen mechanischen Jungfrauen; oder an die übermenschliche Schönheit der in Marmor gehauenen Galatéea, die durch Zärtlichkeiten ihres Schöpfers zum Leben erwachte; oder an den Golem, den Mann aus Lehm, dem ein Rabbi mit seinen Worten das Leben einhauchte oder an den alten Spielzeugmacher Gepetto, der sich Pinocchio schnitzte, um den eigenen Sohn, den er nicht bekommen konnte, zu ersetzen.

Während diese Wesen aber durch göttliches Handeln oder durch Magie zum Leben erweckt wurden, taucht in Mary Shelleys Frankenstein (oder der moderne Prometheus) (1818) zum ersten Mal eine Kreatur auf, die durch wissenschaftliches

Handeln entstand. Shelley benutzte zum Beispiel den Galvanismus, über den zu dieser Zeit diskutiert wurde, um ihrem Monster Leben einzuhauchen¹.

Diese Strategie erwies sich als äußerst erfolgreich. Shelleys Roman wurde nicht nur weltweit berühmt, sondern wurde auch zur Vorlage für andere Frankensteins in verschiedenen Kontexten. Dies bedeutet, dass Frankenstein neben der prophezeiten Selbsterstörung auch viele "Nachfahren" hatte².

Geht man von der Hypothese aus, dass es möglich ist, Leben in irgendeiner Form durch unnatürliche Maßnahmen hervorzurufen, so werden heute in verschiedenen wissenschaftlichen Experimenten künstliche Wesen erzeugt, die Eigenschaften von "echtem Leben" aufweisen. Laut eines gültigen wissenschaftlichen Konsens³ kommt dies in Wesen zum Ausdruck, die über Eigenschaften wie Selbstorganisation, Entwicklung, Vermehrung und Anpassung an verschiedene Situationen verfügen.

A-Life: Willkommen im Universum der virtuellen Kreaturen und der intelligenten Viren

Von all den bereits existierenden künstlichen Kreaturen sind die neuen Klassen von Organismen, die mit Hilfe des Computers entstehen, mit uns am wenigsten vergleichbar, d.h. am wenigsten vergleichbar mit dem natürlichen Modell.

Auf den Computerbildschirmen kann man heute virtuelle Wesen entstehen sehen, die kooperieren und sogar Ökosysteme bilden. Ein Beispiel hierfür sind die schrecklichen Computerviren, die in der Lage sind, sich zu reproduzieren, sich zu verändern und sich gegen jeglichen Versuch der Vernichtung zu schützen. Ein anderes Beispiel sind die seltsamen, jedoch auch sympathischen Kreaturen aus den Computerspielen, wie etwa die Norms aus dem Spiel Creature, die tropischen Fische aus Aquazone und die "Menschen" aus The Sims, die leicht für echt gehalten werden könnten, wenn man sie in der Realität treffen würde⁴.

Der Ursprung des künstlichen Lebens am Computer wird häufig mit Forschungen von Pionieren auf dem Gebiet der Computerwissenschaften in Verbindung gebracht. 1954 spekuliert John von Neumann, inspiriert von Alan Turings⁵ Ideen, über die künstliche Nachahmung des Lebens in zwei hypothetischen Experimenten, in denen mathematische Maschinen andere Maschinen unbegrenzt herstellen könnten.

Von Neumann stellte sich in seinem ersten Experiment einen Roboter vor, der in einem See wohnt und über eine Vielzahl von mechanischen Geräten verfügt. Dieser Roboter ist in der Lage, alles nur denkbare zu konstruieren. Mit Hilfe einer Anleitung

kann er die passenden Teile zusammenfügen und so irgendeine Maschine bauen, auch Kopien von sich selbst. Diese neuen hypothetischen Maschinen können nun wiederum andere Maschinen oder Replikat von sich selbst konstruieren. Neben den Replikaten sind auch kleine, willkürliche Veränderungen im modus operandi dieser imaginären "Fabrik" vorgesehen. Mit Hilfe dieser Modifizierungen sollen veränderte Replikat entstehen, welche die Idee eines Entwicklungsprozesses widerspiegeln, in dem die Originalmaschinen andere, komplexere Maschinen entstehen lassen.

Das zweite Experiment, das von von Neumann "zellulärer Automat" genannt wurde, ist ein mathematisches Modell dieser imaginären "Fabrik", d.h. ein formal-logisches Äquivalent des konstruierenden Roboters⁶.

Das Game of life ist ein klassisches Beispiel für die Umsetzung der Ideen von Neumanns. Entwickelt wurde es Ende der Sechziger Jahre vom Mathematiker John Horton Conway und William Gosper mit seinem Team vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) setzte es auf dem Computer um. In diesem Spiel lässt die rekursive Anwendung der Regeln sich wiederholende Muster entstehen, die wie animierte Objekte aussehen, die sich auf einem Spielbrett bewegen⁷.

Erst auf der internationalen Konferenz über künstliches Leben (A-Life) im September 1987 in Los Alamos, USA, begann man, diese Art von Leben als Forschungsgebiet anzusehen. Auf dieser von Christopher Langton organisierten Konferenz einigte man sich darauf, wie künstliches Leben zu definieren ist. Künstliche Organismen werden als "lebendig" beschrieben, wenn sie folgende Eigenschaften aufweisen: (1) Sie müssen eine Evolution durch natürliche Auslese durchlaufen; (2) Sie müssen ein Programm besitzen, in dem die Anweisungen für die Funktionsweise und ihre Reproduktion niedergelegt sind; (3) Sie müssen Komplexität aufweisen⁸; (4) Sie müssen über Selbstorganisation verfügen.

Die interaktive Installation Galápagos⁹ des Biologen und Künstlers Karl Sims ist ein Beispiel für die genannten vier Kriterien. Zwischen 1977 und 2000 konnten die Besucher des ICC Inter Communication Center in Tokio die Evolution von virtuellen Organismen kontrollieren, indem sie mit Hilfe von Sensoren, die vor den Computermonitoren angebracht waren, die Organismen auswählten, die ihnen unter ästhetischen Gesichtspunkten am interessantesten erschienen. Während die nicht ausgewählten Organismen verschwanden, blieben die ausgewählten Organismen erhalten, sie paarten, veränderten und reproduzierten sich.

Gegenstand der Debatte ist die Frage, ob die virtuellen Organismen im Game of life oder im Galápagos Projekt als "lebendig" angesehen werden können oder nicht. Als Christopher Langton, Star-Forscher auf dem Gebiet des künstlichen Lebens, gefragt wurde, ob er etwas Lebendiges auf seinem Computermonitor gesehen hätte, antwortete er:

Ja, aber Sie müssen wissen, dass ich hier das Gebiet der Wissenschaft verlasse. Dies war lediglich eine intuitive neurobiologische Reaktion meinerseits. Als Student arbeitete ich spät nachts' in einem Informatiklaboratorium eines Krankenhauses. Auf einem der Computer lief das Game of life. Plötzlich hatte ich den Eindruck, dass etwas präsent sei. Ich war mir sicher, dass einer meiner Freunde mich gerade überraschen wollte. Aber das war nichts. Ebenso ging mir durch den Kopf, dass ein Tier aus dem Labor aus seinem Käfig entwischt war. Auch das war nicht der Fall. In diesem Moment drehte ich mich zum Computerbildschirm um und sah ein seltsames Muster, das im Game of life entstanden war. Und mir wurde klar, dass dieses Muster die von mir wahrgenommene Präsenz war. Ich sage es noch einmal, diese Situation war nicht rational, doch war dieses Ereignis ohne Zweifel der ausschlaggebende Punkt für mein Interesse am künstlichen Leben.¹⁰

Roboter: Sie und wir

Man muss sich nur einmal umschaun, um festzustellen, dass künstliches Leben nicht nur auf den Computerbildschirmen existiert. Ein anderes wachsendes Forschungsgebiet, das sich mit Fragen des künstlichen Lebens auseinandersetzt, ist die Robotik. Sie stellt uns in Aussicht, unseren Lebensraum mit verschiedenen eigenständigen Robotern wie z.B. mit Humanoiden, Tierrobotern oder Insekten und Mikrostaube zu bereichern.

Der Terminus Roboter, der als programmierte Maschine oder Mechanismus definiert wird, der komplexe Aufgaben wie Gehen oder Sprechen, dem Menschen ähnlich, durchzuführen hat, wird auf die tschechischen Worte robota und robotnik zurückgeführt, die Fronarbeit und Knecht bedeuten.

Der Ausdruck Roboter wurde 1920 von dem tschechischen Schriftsteller Karel Capek¹¹ in dem Theaterstück R.U.R. (Rossum's Universal Robots) ins Leben gerufen. In Capeks Drama geht es um ein Unternehmen (R.U.R.), das sich auf die Konstruktion von "künstlichen Sklaven" spezialisiert hat, die in der Lage sind, die langweilige Arbeit an Stelle des Menschen zu verrichten. Die in Massenproduktion hergestellten und mit Intelligenz versehenen Roboter sind ihren Erbauern bald überlegen, was dazu führt, dass sie in unangenehmen Situationen zum Einsatz kommen, z.B. als Soldaten im Krieg. Im Theaterstück wiegelt diese Mission die Automaten auf und sie lehnen sich gegen ihre Meister, die menschliche Rasse, auf.

Der Begriff der humanoiden Roboter existierte schon bevor der tschechische Autor das Wort erfand. Leonardo da Vinci plante während seinen Studien über die menschliche Anatomie ein mechanisches Äquivalent des Menschen. Im 17.

Jahrhundert entwickelten japanische Arbeiter einen Roboter (karakuri), der Tee servieren konnte. Ein berühmtes Beispiel für eine mechanische Kreatur ist ohne Zweifel Jacques de Vaucansons mechanische Ente aus dem 18. Jahrhundert. Sie wurde aufgrund der realistischen Gliederung ihrer Körperteile, aufgrund der Fähigkeit zu essen, zu verdauen und automatisch den Darm wieder zu entleeren bekannt. Vaucanson konstruierte noch drei weitere humanoide Kreaturen: Einen Mandolinespieler, der den Fuß bewegte, einen Pianisten, der vortäuschte zu atmen und den Kopf bewegte und einen Flötenspieler. Durch diese Arbeiten wurden auch andere Menschen inspiriert. Pierre Jaquet-Droz und Henri-Louis, zum Beispiel, konstruierten eine Kreatur, die vortäuschte zu atmen und in das Publikum, auf ihre Hände und auf das Notenblatt zu schauen, während sie Orgel spielte. Henri Maillardet konstruierte einen Automaten, der Englisch und Französisch schreiben und eine Vielzahl von Landschaften malen konnte. Diese ersten Automaten jedoch waren nicht in der Lage, im Gegensatz zu den Robotern der R.U.R., zu denken, etwas zu entwickeln oder zu reagieren; sie erledigten einfach ihre Aufgaben mit der Präzision eines Schweizer Uhrwerks.

Den heutigen Stand erreichten die Roboter erst durch die Einführung der Computer und der künstlichen Intelligenz, wodurch es möglich wurde, die Roboter mit einem "Gehirn" zu versehen. Der erste Schritt in diese Richtung wurde von Alan Turing in seinem 1950 erschienenen Artikel "Computing machinery and intelligence" getan, wo er eine neue Definition des Denkens vorschlägt. In seinem Experiment Imitation Game, das als sog. Turing-Test bekannt wurde, schlägt Turing vor, nicht die Frage zu erörtern, ob eine Maschine fähig ist zu denken, sondern zu überprüfen, ob sie einen Intelligenztest bestehen könne. Wenn in diesem Test ein Mensch in einem Dialog nicht unterscheiden könne, ob er mit einem Menschen oder einer Maschine kommuniziert, dann sei die Maschine als intelligent zu werten¹².

Noch im gleichen Jahrzehnt gingen John McCarthy und Marvin Minsky die Herausforderung an, Maschinen zu konstruieren, die in der Lage waren, das menschliche kognitive Verhalten nachzuahmen. Ende der 50er Jahre gründeten diese beiden Wissenschaftler das Artificial Intelligence Laboratory am MIT, das erste Laboratorium, das sich der Roboterkonstruktion und der Erforschung der menschlichen Intelligenz widmete - schließlich kommt der Frage, wie der menschliche Verstand funktioniert, eine Schlüsselrolle beim Problem der Simulierung des menschlichen Verstandes zu. Es gab Erfolge und Misserfolge.

Das Vorhaben, Maschinen mit künstlicher Intelligenz zu konstruieren, gliedert sich heute in zwei grundlegende Thesen: AI weak und AI strong. Während die zweite These davon ausgeht, dass intelligente Maschinen ein Bewusstsein haben, so stützt die erste These dieses Argument nicht. Dies ist der gegenwärtige Stand der Forschungen. Doch wie kommt dies in Robotern zum Ausdruck? Viele Maschinen wurden so programmiert, dass sie zwar in gewisser Weise klug sind, jedoch kein "Bewusstsein" haben. Ein aktuelles Beispiel für den

Forschungsstand bei humanoiden Robotern ist der Honda P3. Der P3 hat das äußere Erscheinungsbild eines Astronauten, er wiegt 130 kg, ist 1,60m groß und in der Lage, aufrecht auf zwei Beinen zu gehen, Treppen zu steigen, Türen zu öffnen und wieder zu verschließen, und dies alles auf fast menschliche Art und Weise. Obwohl der P3 noch nicht komplett eigenständig war (sein Verhalten wurde Schritt für Schritt programmiert), ermöglichten ihm seine Fähigkeiten den Posten des Rezeptionisten bei IBM auszufüllen, was ihm das beneidenswerte Jahresgehalt von 180000 US-Dollar einbrachte.

Neben den humanoiden Robotern (die uns schon Arbeitsplätze wegnehmen und, wie man annimmt, uns zerstören werden) gibt es ein weiteres Vorhaben, das viele Menschen um den Schlaf bringt: das Projekt Smart Dust. Entwickelt wurde es vom Ingenieur Kris Pister und dessen Team an der Berkeley Universität von Kalifornien. Dieses Projekt peilt die Konstruktion von sehr einfachen, aber winzig kleinen Robotern an (ca. 1mm³). Würde man tausende dieser Roboter zu einem einzigen Netzwerk zusammenschließen, so könnten sie außergewöhnliche Dinge vollbringen. In einer optimistischen Vision enthält die Liste der Vorteile, die der Gebrauch dieser winzig kleinen Roboter bringen würde, sogar die Vorstellung, dass all die kleinen Roboter zu einem einzigen unsichtbaren Roboter zusammengeschlossen werden, der dann, eingeführt in den menschlichen Körper, unsere Sinne erweitern und unser Immunsystem verbessern könnte.

Die Vorhersagen über die superkleinen Roboter sind trotzdem nicht immer optimistisch. In Neal Stephenson's Fiktion *The Diamond Age* brechen wegen dieser Technologie schreckliche Zeiten über die menschliche Rasse herein¹³. In dem Roman beginnen ganze Schwaden von kleinen Maschinen, die sogenannten toners, einen Luftkrieg und verbreiten sich wie schwarzer Staub. Sie beobachten die Aktivitäten der Menschen und stellen sich in den Dienst von mächtigen Verbänden und bösen Menschen. Eingesetzt in den menschlichen Blutkreislauf können die kleinen Maschinen den Menschen zerstören, sobald sie ein Funksignal von jemandem erhalten haben.

Wie dem auch sei, so ist der Großteil der gegenwärtigen Technologie nicht in unserem Körper verankert (z.B. Handys, Laptops, Palms). Dieser Zustand beginnt sich jedoch zu ändern. In der Medizin z.B. werden Vorrichtungen in den menschlichen Körper implantiert (künstliche Mittelohren, bionische Augen etc.). Wenn man davon ausgeht, dass der Umgang mit solchen implantierten Technologien zukünftig zur Routine wird, so ergibt sich die Frage, ob wir sie auch einsetzen werden um die Grenzen unseres menschlichen Körpers zu erweitern.

Für den Engländer Kevin Warwick gibt es keine Alternative. Im Moment ist der Mensch den Robotern noch überlegen, dieses beginnt sich jedoch zu ändern. Wenn man sich die Geschwindigkeit des technischen Fortschritts vor Augen hält, so werden die Roboter in den nächsten Jahren intelligenter und mächtiger als die

Menschen sein, was dazu führen könnte, dass wir in einer von Robotern dominierten Welt à la R.U.R. leben würden.

In den Augen von Kevin Warwick wäre eine Lösung, die Möglichkeiten unseres Körpers zu erweitern und uns in Cyborgs zu transformieren¹⁴. Warwick experimentiert bereits auf diesem Gebiet. Am 14. Mai 2002 unterzog er sich einer Operation, um sich ein elektronisches Interface direkt in sein Nervensystem einsetzen zu lassen, das ihm einen engeren und unmittelbaren Kontakt zu Computern und Menschen ermöglicht¹⁵.

Warwick ist mit seinen Vorhersagungen und seinen Methoden nicht alleine. In dem Buch *Flesh and Machines* analysiert der Direktor des Artificial Intelligence Laboratory der MIT, Rodney Brooks, die Tendenzen der technologischen Entwicklung und kommt zu dem Schluss, dass in der Mitte des 21. Jahrhunderts sowohl die Roboter als auch die Menschen unausweichlich andere Eigenschaften haben werden:

In der Mitte des 21. Jhd. werden die Roboter Komponenten aus Silikon, aus Stahl, aus Titan und vielleicht sogar aus Gallium-Arsenid haben. Sicherlich wird es noch andere Materialien, Supraleiter, Polymere und Strukturen geben, die wir uns vorher kaum vorstellen konnten. [...] Sowohl unsere Körper als auch die Roboter werden voll von all diesen neuen hochentwickelten Biotechnologien sein.

Wir sind auf dem Weg, unser Genom tiefgreifend zu verändern. Es geht hier nicht um simple Verbesserungen auf dem Weg zum idealen Menschen, so wie es oft befürchtet wird. In Wirklichkeit werden wir in der Lage sein, unsere eigenen Körper in der gleichen Art und Weise zu verändern, wie wir es auch mit dem Design von Maschinen tun können. [...] Es gibt keinen Grund zur Besorgnis, dass die Roboter die Macht über uns ergreifen. Mit veränderbaren Körpern und Eigenschaften, die es leicht mit jedem Roboter aufnehmen können, werden wir die Macht über uns selbst übernehmen. Es wird in Zukunft keinen Unterschied mehr zwischen Menschen und Robotern geben¹⁶.

Hallo Dolly!

Eine Möglichkeit künstliches Leben zu erzeugen, die viel Polemik hervorgerufen hat, ist das Klonen. Das Wort Klonen entstand aus dem griechischen Wort klon, das Spross bedeutet. Ursprünglich wird als Klonen der Vorgang der Reproduktion von Leben, das aus einem anderen Leben hervorgeht, bezeichnet. Dieses Phänomen der Zellteilung tritt in der Natur bei wirbellosen Tieren, bei Pflanzen und bei der Entstehung von eineiigen Zwillingen auf. Die Bezeichnung Klon trifft also auf

Organismen oder auf andere lebende Materie zu, deren Zellen identisch sind und von der gleichen Mutterzelle abstammen.

Die in der Natur vorkommende Zellteilung machte die Wissenschaftler schon immer neugierig auf die Möglichkeiten, komplexere Organismen zu klonen. 1952 entwickelten die amerikanischen Biologen Robert Briggs und Thomas King, ein Jahr bevor die Wissenschaftler James Watson und Francis Crick die Struktur der DNA entdeckten, eine künstliche Methode der Zellteilung, die sog. Zellkerntransplantation. Basierend auf den Forschungen über die künstliche Zellteilung von Embryonen des deutschen Biologen Hans Speemann¹⁷, entfernten Briggs und King den embryonalen Zellkern¹⁸ eines Organismus und transplantierten ihn in eine unbefruchtete Eizelle eines anderen Organismus der gleichen Art. Im Brutkasten teilte sich die Eizelle und wuchs, was dazu führte, dass der erste Klon aus einem Froschembryo, eine Kaulquappe, entstand. In ihren Experimenten benutzten Briggs und King nur Embryozellen, da sie noch nicht ausdifferenziert sind und sich noch zu einem kompletten Organismus entwickeln können.

In den Sechziger und Siebziger Jahren experimentierte der englische Molekularbiologe John Gurdon mit voll ausdifferenzierten Zellen und deren Möglichkeiten der Totipotenz, d.h. sich zu einem eigenständigen Organismus weiter zu entwickeln. Er benutzte Darmzellen von Kaulquappen und produzierte damit geklonte Frösche. Die nachfolgenden Experimente mit Wirbeltieren waren jedoch nicht erfolgreich und die wenigen Tiere, die geboren wurden, starben noch bevor sie das Erwachsenenalter erreichten.

Das aus einer erwachsenen bzw. einer ausdifferenzierten Zelle entstandene Schaf Dolly stellte 1996 den ersten Erfolg bei der Zellkerntransplantation bei Säugetieren dar. Bei diesem Experiment isolierte der schottische Wissenschaftler Ian Wilmut vom Roslin Institut in Edinburgh den Drüsenzellkern eines erwachsenen Schafes. Mit Hilfe der künstlichen Befruchtung im Reagenzglas wies diese Zelle wieder die gleichen Merkmale wie eine Embryonalzelle auf. Sie wurde in eine unbefruchtete Eizelle eines anderen Schafes eingesetzt und begann sich wie eine durch Sperma frisch befruchtete Eizelle zu verhalten. Nachdem sie in die Gebärmutter eines Schafes der Scottish Blackface Rasse eingesetzt wurde, entstand Dolly, ein weißes Schaf, das mit dem "Spender" identisch war, d.h. mit der vererbten DNA des weißen Schafes der Finn Dorset Rasse.

Wilmut erklärt den Namen des Schafs im Zusammenhang mit der amerikanischen Country-Sängerin: In unseren Augen gab es niemanden mit eindrucksvolleren Brustdrüsen als Dolly Parton¹⁹.

Mit diesen neu gewonnenen Erfahrungen schien sich eine konkrete Möglichkeit für das Klonen von Menschen aufzutun und die Wissenschaftler glaubten, dass dies ein auf Menschen, die sich nicht fortpflanzen konnten, leicht anwendbares Verfahren sei.

Dolly fand sich nicht nur auf den Titelseiten der Zeitschriften wieder, sondern ließ die Wissenschaftler auch von perfekten und gesünderen Babies träumen, die im Vergleich zu normalen Babies überlegen und intelligenter sind. Es gab noch aberwitzigere Ideen wie zum Beispiel Jesus Christus mit Hilfe von Blutspuren auf dem Schweißstuch oder guterhaltene Mumien zu klonen. Doch die Probleme ließen nicht lange auf sich warten.

Seit der Geburt von Dolly haben ethische und politische Fragen über die Möglichkeit des Klonens von Menschen hitzige Debatten in der Gesellschaft, in der Kirche und unter den Wissenschaftlern ausgelöst.

Bill Clinton rief im Februar 1997, zwei Tage nachdem die Berichte über Dolly veröffentlicht wurden, eine amerikanische Bioethikkommission ins Leben, die sich mit den Folgen des Klonens auseinandersetzen soll. In den USA wie auch in den meisten anderen westlichen Ländern ist das Klonen von menschlichen Embryonen bis heute offiziell verboten.

Wie im New Scientist im April 2002 zu lesen war, hatte der italienische Arzt Severino Antonioni trotz des Verbotes einen menschlichen Embryo mit dem Ziel der Reproduktion geklont und die entsprechende Frau befand sich schon in der achten Schwangerschaftswoche. Antonioni und die Befürworter des Klonens von Menschen argumentieren, dass ein solches Vorgehen keine Risiken in sich birgt, dass man die Embryos vor und nach der Implantierung untersuchen und vor der Geburt anomale genetische Muster identifizieren kann. Die Gegner jedoch bezweifeln diese Sicherheit und verweisen auf die begrenzten Möglichkeiten der vorgeburtlichen Untersuchung, die nicht den kompletten genetischen Zustand des Genoms abdecken kann.

Fragen über die Qualität der Stammzelle (differenziert oder erwachsen) werden unter den Wissenschaftlern erörtert. Bis März diesen Jahres glaubte man, dass diese Zelle in der Lage sei, die Funktionen jeglichen tierischen Gewebes anzunehmen. Diese Pluripotenz wurde vom japanischen Wissenschaftler Naohiro Terada (Universität von Florida) erörtert, der aber bei einem Experiment feststellte, dass sich die Stammzellen mit den Embryozellen einfach verschmolzen hatten.

Über andere Fragen bezüglich des Risikos beim Klonen mit erwachsenen Zellen wird noch diskutiert. Dolly und auch andere mit Stammzellen geklonte Tiere waren bei der Geburt größer als normale Junge, sie haben Probleme mit der frühzeitigen Alterung, Schäden in der Lunge, dem Herzen und der Leber. Die Wissenschaftler erklären, dass man zum heutigen Zeitpunkt noch nicht mit letzter Sicherheit weiß, ob die Neuprogrammierung der differenzierten Zelle perfekt ist oder nicht.

Der Tod von vielen geklonten Embryos zeigt, dass die aktuelle Methode des Klonens keineswegs perfekt ist. Es wird deutlich, dass die Wissenschaft nicht alles über

Funktionsweise der Gene während der Entwicklung des Embryos weiß und sie daher nicht in der Lage ist, sie auf künstliche Art und Weise zu kontrollieren.

Trotz der Debatten über die noch begrenzten wissenschaftlichen und technologischen Möglichkeiten²⁰ scheint die Forscher aus der Pharmaindustrie, der Biologie, der Medizin etc. eine Vorstellung nicht mehr loszulassen. Laut diesen Wissenschaftlern könnte man durch das Klonen von Pflanzen und Tieren neue Medikamente und eine verbesserte Ernährung realisieren. Aufgrund des konkreten Beispiels Dolly und der Summe der neu dazu gewonnenen Informationen durch verschiedene Experimente auf dem Gebiet des Klonens arbeiten Spezialisten auf dem Gebiet der Genmedizin schon an einem neuen Verfahren: anstatt neue Kreaturen zu klonen, wollen die Wissenschaftler die bereits existierenden in perfekte Lebewesen transformieren, und das zum Beispiel mit Hilfe der regenerativen Medizin. Man denkt dabei an Menschen frei von angeborenen Defekten oder Entartungen, sowie an Unfallopfer und an kranke Menschen.

In England wurde 1998 die Forschung an menschlichen Embryonen (durch das Human Embryology and Fertilization Committee und die Human Genetics Council Commission) erlaubt, allerdings mit der Einschränkung, nur zum Zweck der Heilung von Krankheiten, die durch einen Gendefekt entstanden sind, und darüber hinaus auf dem Gebiet der regenerativen Medizin zur Entwicklung von neuen Behandlungsmethoden für geschädigte Organe und Gewebe zu forschen. Es scheint, dass trotz der Risiken, der ethischen Debatten, der Verbote und der beängstigenden Vorhersagen (die Möglichkeit, ein ganzes Heer künstlicher Soldaten herzustellen oder die Vorstellung der Perfektionierung der menschlichen Rasse), dass trotz dieser Dinge die vielversprechendste Einsatzmöglichkeit des Klonens in der Therapeutik liegt. Dabei könnte man mit gesundem genetischen Material von Patienten Zellen klonen, die defekte oder kranke Zellen reparieren könnten und hätte somit eine Alternative bei der Behandlung vieler Krankheiten.

Auch wenn der offizielle wissenschaftliche Stand der Dinge noch nicht ausreicht, um künstliches Leben zu erzeugen, so steuern wir doch unaufhaltsam in eine Zukunft, in der der Mensch mehr über das Leben wissen und die Fähigkeit haben wird, es nach seinen Wünschen zu manipulieren.

Herzlichen Glückwunsch: Es ist ein Hybrid!

Im 21. Jdh. erlebten wir die Einführung des künstlichen Lebens in unseren Lebensraum. Klonen ist nicht länger eine unüberwindbare Barriere. Der Mensch ist schon in der Lage, biologische Wesen auf künstliche Art zu erzeugen. Auch andere Formen des künstlichen Lebens, wie etwa Roboter und virtuelle Organismen, sind schon zur Realität geworden.

Wie wird der nächste Schritt aussehen? Es deutet alles darauf hin, dass wir diese Technologien in unsere Körper integrieren werden, d.h. Frankenstein's Erben werden

hybride Lebewesen, biologisch-technologische Zwitter, synthetische Kreaturen oder auch ganz neuartige, ausgereifte Lebewesen sein.

Dies alles ist keine Fiktion mehr, man sehe sich nur die "Transgene Kunst" von Eduardo Kac an. Kac erschuf im Jahr 2000 Alba, ein grünleuchtendes Kaninchen, in dessen Gene er das Protein GFP K-9 (Green Fluorescent Protein) einsetzte. Das Protein isolierte er aus einer der ältesten und resistentesten Amöbenarten des Pazifiks, *Aequorea Victoria*, die ein leuchtendgrünes Licht abstrahlt, wenn sie UV-Licht oder blauem Licht ausgesetzt wird²¹.

Das Kaninchen Alba ist nicht alleine. In seiner Installation *The Eighth Day* (2000-2001) geht der Künstler sogar noch einen Schritt weiter. Er erschuf ein transgenes Ökosystem, in dem sich neben transgenen Lebensformen auch ein Bioroboter, genannt Biobot, befindet (ein Roboter, der aktive biologische Elemente besitzt, d.h. er besitzt eine Vielzahl der grünfluoreszierenden Amöben, die als "Hirn" des Bioroboters dessen Bewegungsläufe durch Zellteilung regulieren). Unter einer Plexiglashaube von 1,20m Durchmesser erstreckt sich eine seltsame neue Welt, gefüllt mit grünleuchtenden Pflanzen, Fischen, Mäusen und Amöben. Genau wie bei dem Kaninchen wurde auch bei diesen Organismen der genetische Code verändert, indem man ihnen das Gen einsetzte, welches für die Produktion des grünleuchtenden Proteins verantwortlich ist²².

Über den mit Kameras versehenen Bioroboter können sich die Besucher der Installation im Internet direkt in das transgene Ökosystem hineinversetzen. Was passiert, wenn diese Plexiglashaube zu Bruch geht, liegt dann in der Phantasie des Betrachters.

Wie sich diese neuen Formen des künstlichen Lebens uns auch darstellen mögen, sie existieren und werden unser Leben und unsere Wahrnehmung von uns selbst und der Welt erneut ändern.

Victor Frankenstein ließ letztendlich die Finger von seinem grandiosen Projekt, von der wissenschaftlichen Maßlosigkeit.

Und wie ist es um uns bestellt? Sind wir bereit für die neuen Kreaturen?

Anmerkungen

1. Shelley erzählt die Geschichte eines Studenten der Naturwissenschaften, Viktor Frankenstein, der eine Formel entdeckt um einem toten Körper zum Leben zu erwecken. Viktor konstruierte aus Leichenteilen ein gigantisches Wesen und brachte es durch einen galvanischen Prozess zum Leben. In der Zeit als Shelley

das Buch schrieb, wurde basierend auf der Entdeckung, dass menschliche und tierische Nerven durch Elektrizität angeregt werden können, von Wissenschaftlern und Medizinern die Elektrotherapie erforscht und eingeführt. Die Forschungen arbeiteten mit der Nervenstimulation um Gebrechen wie Blindheit oder Taubheit zu behandeln und Krankheiten, wie Lähmungen, Sprachstörungen und Krämpfe.

2. Viele Versionen der Frankenstein-Geschichte werden bis heute neu gedruckt, übersetzt, verfilmt und weiter entwickelt. Im Kino entwickeln die Filme seiner Nachkommen die Idee, dass er gar nicht gestorben ist. Es sind gewalttätige Schreckgestalten, unter verschiedenen Namen und Charakteren. Der erste Frankensteinfilm wurde 1931 in den USA gedreht, kurze Zeit nach dem die Welt durch "Dracula" gefesselt wurde, dem kommerziellen Durchbruch des Horror-Genres. Der Film verhalf Boris Karloff als Monsterdarsteller zum erfolgreichen Horrorschauspieler. 1935 präsentierte das Kino "Die Braut von Frankenstein" von James Whale. Der Film beginnt damit, dass Mary Shelley der Genfer Gruppe berichtet, dass das Monster nicht gestorben ist und erzählt die Fortsetzung des ersten Films. Diverse andere erfolgreiche Versionen wurden präsentiert: "Der Sohn des Frankenstein" in den 30iger Jahren, "Frankensteins Tochter" von 1958 und die Komödie "Der junge Frankenstein" von 1974, unter der Regie von Mel Brooks. Zu den jüngeren Versionen der Geschichte zählt "Frankenstein unbound (Frankenstein Livre)" von Roger Corman, basierend auf dem gleichnamigen Roman, der 1973 von Brian Aldiss geschrieben wurde. Ein anderes Beispiel auf der Schiene dieser Filme vom künstlichem Leben in menschlicher Gestalt sind die Replikanten in "Blade Runner" von 1982 (androids of the future created by the Tyrell Corporation to be "more human than human").
3. Diese Bemühung ist interdisziplinär und umfasst diverse Wissensgebiete, wie die Biologie, die Chemie, die Physik, das Ingenieurwesen und die Computerwissenschaft, sowie andere.
4. Creatures, Aquazone und The Sims sind Computerspiele, die selbsttätiges Handeln, Fortpflanzung und Verhalten von Lebewesen simulieren.
5. Neben der Universalmaschine entwickelten die Forschungen von Turing auch einen biologischen Bereich. 1952 veröffentlichte er einen Artikel über Morphogenese (ein mathematisches Modell biologischer Abläufe). Margaret A. Bolden fasst die Idee von Turing zusammen: "He proved that relatively simple chemical processes (described in abstract mathematical terms) could generate new order from homogeneous tissue. Two or more chemicals diffusing at different rates could produce 'waves' or differential concentrations which, in an embryo or growing organisms, might later prompt the repetition of structures such as tentacles, leaf-buds, or segments." [Margaret A. Bolden. The philosophy of artificial life (New York: Oxford University Press, 1996) S. 5].

6. Von Newmanns zellulärer Automat ist im Grunde eine Basis, die aus vielen Zellen und einigen Regeln besteht. Die Regeln beschreiben, wie jede Zelle ihren Zustand verändert unter Berücksichtigung des Zustandes der Nachbarzellen. Im Verlauf des Prozesses verändert die ursprüngliche Zellordnung die Nachbarzellen durch ihren Zustand, z.B. verdoppelt sich die Originalzelle im Netzverbund. Daneben sieht das System kleine Zufallsänderungen vor (Mutationen), die sich auf die zukünftige Vermehrung auswirken können. Bemerkenswert ist folgendes: 6 Jahre nach von Newmanns Tod entschlüsselten zwei amerikanische Forscher, Francis Crick und James Watson, die Struktur der DNA. Diese Entdeckung, die ihnen den Nobelpreis einbrachte, ermöglichte erstmals das Verständnis der Reproduktionsabläufe in der Molekularbiologie.. Die überraschende Tatsache ist nun, dass die von der Natur genutzte Logik sich mit der von dem Mathematiker von Newmann beschriebenen Logik zum zellulären Automat zu decken scheint.
7. Das Spiel von Conway ist eine Simulation von Lebensprozessen. Zum Spielen benötigt man ein Schachbrett (in der Annahme, dass dies eine unendliche Fläche von zusammengehörigen Zellen sei) und Figuren in zwei unterschiedlichen Farben (die Organismen). Jede Zelle auf dem Brett hat 8 Nachbarzellen (4 in der horizontalen und vertikalen Richtung, 4 in der diagonalen Richtung). Man fängt das Spiel an mit einer einfachen Stellung in der die Figuren je eine Zelle besetzen und in der Folge setzt man sie nach den genetischen Regeln von Conway. Diese Regeln sind: (1) Überleben: Jede Figur mit 2 oder 3 Nachbarzellen erlebt die nächste Generation; (2) Tod: Jede Zelle mit 4 oder mehr Nachbarn stirbt durch Überbevölkerung und jede Figur mit nur einem Nachbarn stirbt durch Isolation; (3) Fortpflanzung: Jedes leere Feld mit genau drei benachbarten Zellen bringt eine neue Zelle hervor, d.h. in der nächsten Runde wird sie besetzt.
8. Komplexe Systeme werden derzeit darüber definiert, dass deren Teile sich in so ausgeklügelter Weise beeinflussen, dass die Ergebnisse sich nicht über lineare Gleichungen vorhersehen lassen, weil die Anzahl der Variablen im System und die möglichen Endausprägungen nur verstanden werden können als Konsequenz aus unendlich vieler möglicher Verhaltensweisen [Margaret A. Boden. The philosophy of artificial life (New York: Oxford University Press, 1996)].
9. Site: <http://www.genarts.com/galapagos/>
10. Pierre-Yves Frei, L'Hebedo, 4.Jan.1996, Seite 36-37.
11. Einige Autoren vermuten, dass der wahre Autor der Terminologie Josef Capek war, der Bruder von Karel. [Stuart J. Russell e Peter Norvig. Artificial intelligence: a modern approach. (New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1995) Seite 810].
12. In der Originalversion ist der Test von Turing (oder "Imitation Game" gemäß dem ursprünglich von Turing festgelegten Namen) ein Spiel, in dem ein Mann und eine

Frau, die sich in verschiedenen Räumen befinden, mit einem Fragensteller kommunizieren mittels Fernschreiber. Der Mann soll den Fragenden überzeugen (durch die Antworten auf dessen Fragen), dass er die Frau ist, während sie versucht ihre wirkliche Identität zu vermitteln. An einer bestimmten Stelle des Testes wird der Mann durch eine Maschine ersetzt und wenn der Fragensteller nicht fähig ist zu unterscheiden, wer Mensch und wer Maschine ist, hat die Maschine den Test bestanden, woraus gefolgert werden könnte, die Maschine habe Intelligenz. Aktuellere Versionen des Testes ersetzen die Frau durch eine andere Person (Frau oder Mann). Statt zweier Räume wird einer verwendet, der entweder eine Maschine oder eine Person enthält und der Fragensteller soll feststellen ob er mit einer Person oder einer Maschine spricht. [Alan Turing. "Computing machinery and intelligence". Mind 59, 1950, Seite 433-460].

13. Neal Stephenson. The Diamond Age.(New York: Bantam Books, 1996).
14. Cyborg ist ein kybernetischer Organismus, halb Mensch, halb Maschine.
15. Site: <http://www.rdg.ac.uk/KevinWarwick/Info/home.html>
16. Rodney A. Brooks. Flesh and machines: how robots will change us. (New York: Pantheon Books, 2002), Seiten 233-236.
17. Anfang des 20ten Jahrhunderts machte der Embryonenforscher Hans Spemann (1869-1941) Experimente mit Zellteilung bei Embryonen und gewann 1935 den Nobelpreis für seine Forschungen über das Organisationsprinzip dieser Zellen. In seinen Forschungen zeigt er, dass die Embryonenzellen Informationen enthalten, um neue Organismen hervorzubringen und schlägt eine mögliche Methode des Klonens vor.
18. Der Kern der Zelle enthält den wesentlichen Teil des genetischen Materials und kontrolliert Wachstum und Entwicklung des Organismus.
19. John Carey, Bussines Week, 10. März 1997, Seiten 37-38.
20. Über die Entwicklung und Programmierung von Genen und die Vorsichtsmaßnahmen beim Klonen von Menschen.
21. Site: <http://www.ekac.org/gfpbunny.html>
22. Site: <http://www.ekac.org/8thday.html>