



[www.openscience.or.at](http://www.openscience.or.at)

# „Splice- Das Genexperiment“

**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](http://www.gen-au.at)



[www.cisvnbio.com](http://www.cisvnbio.com)



[www.idialog.eu](http://www.idialog.eu)

## Inhaltsangabe

<b>Filmdetails</b> .....	3
<b>Filminhalt</b> .....	3
<b>Filmsequenz 1</b>	
<b>- Detaillierte Beschreibung und mögliche Diskussionspunkte</b> .....	5
Szene 1 (0:04:02 • 0:05:36).....	5
Szene 2 (0:05:36 • 0:07:22).....	5
Szene 3 (0:07:22 • 0:08:03).....	6
Szene 4 (0:08:03 • 0:10:19).....	7
Szene 5 (0:10:19 • 0:10:50).....	8
<b>Filmsequenz 2</b>	
<b>- Detaillierte Beschreibung und mögliche Diskussionspunkte</b> .....	9
Szene 1 (0:33:56 • 0:38:55).....	9
Szene 2 (0:36:23 • 0:38:55).....	9
Szene 3 (0:38:55 • 0:39:31).....	10
Szene 4 (0:39:31 • 0:42:28).....	10

## Filmdetails

Genre:	Science-Fiction / Thriller / Horror
FSK:	ab 16 freigegeben
Laufzeit:	108 Minuten
Produktionsjahr:	2009
Produktionsland:	Kanada / Frankreich / USA
Produzent:	Steve Hoban
Regisseur:	Vincenzo Natali
Darsteller:	Sarah Polley Adrien Brody Delphine Chanéac



Technische Voraussetzungen: DVD-Player, Fernseher

## Filminhalt

Das Forscher-Paar Clive und Elsa leistet Pionierarbeit bei der Züchtung von Tier-Hybriden. Mithilfe einer neuartigen Kombinationstechnologie vereinen sie das genetische Material verschiedenster Lebewesen und entwickeln daraus künstliche Lebewesen. Damit soll es möglich werden, neuartige therapeutische Proteine für die Nutztierhaltung zu produzieren. Auftraggeber dieser Forschungsarbeiten ist das Pharmaunternehmen Newstead Pharma. Als dem Wissenschaftlerpaar der Geldhahn für weitergehende Forschungsarbeiten abgedreht wird, forschen sie trotzdem heimlich weiter, bis ihnen das bisher noch nicht Dagewesene gelingt – die Erschaffung einer Kreatur, in der sich die DNA einer Frau mit tierischer DNA kombiniert. Clive sieht das Wesen als Fehlschlag und will es töten, aber in Elsa erwachen Mutterinstinkte. Doch auch Clive ändert bald seine Meinung, als sich das Wesen rasch entwickelt und weibliche Züge annimmt. Welche Charaktereigenschaften noch in dem Wesen schlummern, können die zwei Forscher zu diesem Zeitpunkt noch nicht ahnen. Und welche Gefahren es birgt, schon gar nicht...

## Übersicht der Filmsequenzen

### Filmsequenz 1

Das neuartige Tier-Hybridwesen wird geboren und bekommt einen Namen. Das Wissenschaftlerpaar entscheidet sich geheim an der Kreuzung von Mensch und Tier weiter zu forschen.

Beginn: 00:04:00  
 Ende: 00:10:50  
 Dauer: 6,5 Minuten

Szene	Beginn	Ende	Inhalt
1	0:04:02	0:05:36	Geburt eines neuartigen Tier-Hybridwesens
2	0:05:36	0:07:22	Namensgebung des Lebewesens, Aufeinandertreffen zweier derartiger Hybridwesen
3	0:07:22	0:08:03	Vor der Präsentation der Forschungsergebnisse - Umgang mit Informationen/Verantwortung
4	0:08:03	0:10:19	Sitzung mit der Geschäftsführung
5	0:10:19	0:10:50	Wissenschaftlerpaar trifft eine Entscheidung

### Filmsequenz 2

Das neu entwickelte Mensch -Tier Hybridwesen wächst und entwickelt menschliche Züge. Soll es weiter beforscht oder getötet werden? Stellt es ein Sicherheitsrisiko dar? Wer trägt die Verantwortung dafür?

Beginn: 00:33:56  
 Ende: 00:42:28  
 Dauer: 8, 5 Minuten

Szene	Beginn	Ende	Inhalt
1	0:33:56	0:36:23	Kognitive Tests mit dem neuen Wesen, Namensgebung „Dren“, Maßnahmen zur Geheimhaltung
2	0:36:23	0:38:55	Dren wird entdeckt
3	0:38:55	0:39:31	Gespräch mit Gavin (Clives Bruder) über Verantwortung für das Experiment
4	0:39:31	0:42:28	Dren erkrankt - Entscheidung über Leben und Tod

## Filmsequenz 1

### - Detaillierte Beschreibung und mögliche Diskussionspunkte

Szene	Beginn	Ende	Inhalt
1	0:04:02	0:05:36	Geburt eines neuartigen Tier-Hybridwesens
2	0:05:36	0:07:22	Namensgebung des Lebewesens, Aufeinandertreffen zweier derartiger Hybridwesen
3	0:07:22	0:08:03	Vor der Präsentation der Forschungsergebnisse - Umgang mit Informationen/Verantwortung
4	0:08:03	0:10:19	Sitzung mit der Geschäftsführung
5	0:10:19	0:10:50	Wissenschaftlerpaar trifft eine Entscheidung

#### **Szene 1 (0:04:02 • 0:05:36)**

##### *Geburt des neuartigen Tier-Hybridwesens*

Die Szene beginnt mit einem pulsierenden hellen Punkt, der immer größer wird. In der ersten Kameraeinstellung sieht man einen Operationssaal, in der die Geburt des neugeschaffenen Lebewesens aus dessen Sicht gezeigt wird. Eine Sonde wird verlangt und die Vitalzeichen werden überprüft, sie sind stabil. Die Nabelschnur wird durchtrennt, als plötzlich die Geräte anfangen, schneller zu piepsen. Der Blutdruck fällt, wird immer schneller, fällt rapide, die Spontanatmung ist zu langsam, flach und unregelmäßig. Dopamin wird gespritzt und mittels Defibrillator wird der Herzschlag des Wesens wieder stabilisiert. Die Brutkastentür wird geschlossen und die zwei Protagonisten Elsa und Clive entfernen ihren Mundschutz. Keine körperlichen Abberationen sind festzustellen, wodurch der Zuseher das erste Mal auf die Ungewöhnlichkeit der Situation aufmerksam gemacht wird. Der männlich Protagonist Clive meint dazu. „Er ist perfekt.“ Und beide Protagonisten lächeln.

#### **Szene 2 (0:05:36 • 0:07:22)**

##### *Namensgebung des Lebewesens, Aufeinandertreffen zweier derartiger Hybridwesen*

Neue Szeneneinstellung. Es wird ein steriler, abgedunkelter Raum gezeigt, dessen Mittelpunkt ein Glaskasten bildet. Die Protagonisten betreten den Raum und sprechen über mögliche Namen für das neue Lebewesen. Sie einigen sich auf „Fred“, da dieser Name besser zu „Ginger“ (einem weiteren derartigen Lebewesen) passen würde. Die Protagonistin filmt mittels einer Videokamera das Geschehen, während der Protagonist das neue Lebewesen aus dem Brutkasten holt. Mit der Bemerkung: „Er ist so süß!“ wird die Kamera auf das neue Lebewesen geschwenkt. Unter leisen piepsigen Gewimmer wird das Lebewesen in das zuvor eingeblendete

Glaskonstrukt gesetzt. Mit einem Schwenk in einen Überwachungsraum wird dargestellt, das es sich hier um eine Versuchsanordnung handelt. Das Bild gleitet zurück zu der Protagonistin, die „Fred“ und „Ginger“ einander vorstellt. Neugierig und langsam, wie ein Wurm, bewegt sich das Lebewesen aus seiner Ecke heraus. Es kommt ein zweites derartiges Lebewesen – „Ginger“ - von gleicher Form, jedoch größerer Ausführung, ins Bild. Beiden kriechen auf einander zu und richten sich auf. Plötzlich öffnet ein Lebewesen seine Mundöffnung und etwas langes, rosafärbiges tritt heraus. Die beiden Lebewesen beschnuppern sich gegenseitig. So sieht man auch schon in der nächsten Szene, dass beide Lebewesen ihre Zungen ausstrecken, die sich gekünstelt umspielen, der Raum wird erfüllt von einem gutturalen Gezwitscher. Erleichterung bei den Protagonisten, die dieses Verhalten als „Liebe auf den ersten Blick“ einstufen.

- Kann ein synthetischer Organismus im Labor („in vitro“) gezüchtet werden?
- Gibt es Hybridwesen?
- Gibt es eine „künstliche Gebärmutter“?
- Wie ist das Gefahrenpotential von synthetischen Lebewesen? Sind die Interaktionen mit der Umwelt voraussagbar?

### **Szene 3 (0:07:22 • 0:08:03)**

*Vor der Präsentation der Forschungsergebnisse*

*Umgang mit Informationen / Verantwortung*

Man sieht eine Skyline und das in Marmor gemeißelte Firmenemblem des Forschungsunternehmens „Newstead Pharma“, Schauplatz des im Film dargestellten Forschungsprojektes „Nucleic Exchange Research and Development“ (N.E.R.D). Mr. Barlow, zuständig für PR und Organisatorisches, beschwert sich bei den beiden Clive und Elsa über die Geheimnistuerei mit ihren Forschungsergebnissen. Clive beschwichtigt ihn mit den Worten: „Es ist doch nur eine Verkaufsshow.“. Elsa meint darauf, dass sie „einen Hund mit einem Pony kreuzen könnte“. Barlow überrascht die beiden mit einem Hochglanzforschungsmagazin und meint, dass er für die Publicity sorgen würde. Die Protagonisten erkennen sich am Cover und reagieren sehr erfreut und neugierig. Barlows meint: „Wenn Gott etwas gegen unsere Forschung hat, wieso liefert er uns dann die Instrumente?“, was die Protagonistin mit den Worten: „Der Spruch des Tages?“ kommentiert und sich wieder dem Magazin zuwendet. Barlow gibt noch zu bedenken, dass Joanne Sharrow (Geschäftsführerin des Pharmaunternehmens) mit einem Schlag ihr Projekt fördern oder vernichten kann und sie ruhig etwas nervös sein könnten, da dies zum Überlebensinstinkt dazu

gehöre. Er versucht erneut in das Projekt eingeweiht zu werden, jedoch wollen die Wissenschaftler ihm die Überraschung nicht verderben.

- Wer ist verantwortlich für die durchgeführte Forschung? „Gott“, weil er die Instrumente dafür liefert, die WissenschaftlerInnen selbst oder der Finanzgeber (das Pharmaunternehmen)?
- Umgang mit brisanten Forschungsergebnissen – was wird veröffentlicht und was bleibt geheim?

#### **Szene 4 (0:08:03 • 0:10:19)**

##### *Sitzung mit der Geschäftsführerin*

In der nächsten Szene präsentieren Clive und Elsa ihre Forschungsergebnisse vor der Firmenleitung: Drei Jahre lang wurde DNA aus verschiedenen Spezies (Vogel, Pferd, Fisch, Känguruh, Echse, Wahl, Pflanze) miteinander kombiniert, um völlig neue Lebensformen zu schaffen. Alle Erwartungen, was die Produktion von therapeutischen Proteinen (=Medikamente) für die Nutztierhaltung betrifft, wurden übertroffen. Außerdem wurde auch jene „Formel“ (=das technische Procedere) weiterentwickelt, wodurch die „Kombinationstechnik“ (gemeint ist die DNA-Rekombinationstechnik) auch für die höchste entwickelte Spezies anwendbar ist, den Menschen. Barlow reagiert nervös. Clive und Elsa betonen, dass durch die Rekombination des bereits geschaffenen Hybridwesens mit menschlicher DNA so ziemlich jede Erbkrankheit behandelt werden könnte - Parkinson, Alzheimer, Diabetes, wahrscheinlich sogar Krebs. Ein Seufzer der Vorgesetzten zeigt jedoch an, dass diese Forschungen nicht in die von der Geschäftsführung beabsichtigte Richtung gehen. Sie fordert ein, dass sich Clive und Elsa jetzt eindeutig der Phase zwei dieses Projekt zuwenden müssen. Das Forscherpaar reagiert überrascht, da sie nicht wissen, was Phase 2 beinhaltet. Mrs. Sharrow erklärt, dass Phase zwei den Produktionsbeginn des therapeutischen Proteins beinhaltet. Sie müssten nun jenes Gen isolieren, das für das „magische Protein“ kodiert. Die Kombinationsabteilung werde geschlossen und Labors werden für chemische Analysen umgerüstet. Die Wissenschaftler sind geschockt, dass sie nicht weiter an der Rekombination forschen sollen und versuchen die Geschäftsführerin vom Potential der neuen Entwicklungen zu überzeugen. Barlow schaltet sich ein und macht auf die moralische Empörung der Öffentlichkeit aufmerksam und dass diese Forschung niemals genehmigt werden würde. Clive und Elsa sind enttäuscht und meinen „Wenn wir nicht damit anfangen die menschliche DNA zu nutzen, würden das andere tun“. Die Geschäftsführerin

reagiert mit „Leidenschaft und jugendlicher Forscherdrang“ und lässt sich nicht umstimmen.

- Kann das gesamte Erbgut von verschiedenen Lebewesen miteinander kombiniert werden? Ist das technisch möglich?
- Wie weit darf die Forschung gehen? Darf in die menschliche Keimbahn eingegriffen werden, wenn man damit bisher unheilbare Krankheiten therapieren könnte und Millionen von Menschen retten könnte? Wie sind die derzeitigen gesetzlichen Regelungen?
- „Wenn wir es nicht tun, tun es andere“ – Wie soll man mit den weltweit unterschiedlichen Gesetzen umgehen? Worin gibt es weltweit Einigungen?

### **Szene 5 (0:10:19 • 0:10:50)**

*Grenzen werden überschritten*

Elsa und Clive verlassen empört den Sitzungssaal und überlegen die Möglichkeit, zu kündigen und zu einer anderen Firma zu wechseln. Jedoch sind ihre Forschungsergebnisse patentiert und gehören Newstead Pharma. Elsa betont nochmals, dass sie nicht Lust hat, fünf Jahre lang ein Protein aufzureinigen. Clive stimmt ein.

- Umgang mit Patenten, Patente auf Lebewesen?
- Dürfen sich WissenschaftlerInnen über ethische Grenzen hinwegbewegen? Steht Wissenszuwachs über allem?



## Filmsequenz 2

### - Detaillierte Beschreibung und mögliche Diskussionspunkte

Szene	Beginn	Ende	Inhalt
1	0:33:56	0:36:23	Kognitive Tests mit dem neuen Wesen, Namensgebung „Dren“, Maßnahmen zur Geheimhaltung
2	0:36:23	0:38:55	Dren wird entdeckt
3	0:38:55	0:39:31	Gespräch mit Gavin (Clives Bruder) über Verantwortung für das Experiment
4	0:39:31	0:42:28	Dren erkrankt - Entscheidung über Leben und Tod

#### Szene 1 (0:33:56 • 0:38:55)

*Kognitive Tests mit dem neuen Wesen, Namensgebung „Dren“, Maßnahmen zur Geheimhaltung*

Elsa beschreibt die Entwicklung von „H50“ als außerordentlich schnell. Sie führt mit großem Eifer verschiedene kognitive Erkennungstests mit dem Wesen durch, um das größte Geheimnis – den „Geist“ von „H50“ – zu erforschen. Mittels Scrabble-Buchstaben legt „H50“ jene Buchstaben nach, die auf Elsas T-Shirt stehen (N.E.R.D., Name der Forschungsabteilung), Elsa ist begeistert. In diesem Moment betritt Clive den Raum. Er lässt sich jedoch nicht von Elsas Begeisterung anstecken, sondern ist äußerst besorgt, dass der Schwanz von H50 nicht bedeckt sei und sie frei herumläuft. Als Clive von einem „Exemplar“ spricht, gibt Elsa dem Forschungsobjekt „H50“ den Namen DREN (Anmerkung: N.E.R.D. rückwärts). Clive ringt nach Worten, als er meint, Elsa behandle „H50“ wie ein Haustier – gemeint ist eher wie ein Kind. Elsa verlangt, dass Dren mehr Stimulation, mehr als diesen Raum, bräuchte. Clive betont, dass ab morgen renoviert wird und Dren hier raus muss. Elsa schlägt vor, Dren in den Lagerraum zu verlegen.

#### Szene 2 (0:36:23 • 0:38:55)

*Dren wird entdeckt*

In einer neuen Kameraeinstellung kommt Clive's Bruder Gavin ins Spiel. Er hört den Streit der beiden und knackt den Code der Sicherheitstüre. Er betritt den Raum, horcht. Währenddessen positioniert Dren ihren Schwanz hinter seinen Rücken und fährt einen Stachel aus. Die Kamera schwenkt wieder auf das Forscher-Paar. Elsa beschuldigt Clive, ein Angsthase zu sein - Clive hingegen wirft Elsa vor, dass sie aufgehört habe, eine Wissenschaftlerin zu sein. Plötzlich hört man einen Schrei und Gavin stürzt mit Dren um den Hals die Tür herein zu Boden. Elsa gibt Dren die

Anweisung aufzuhören und auf ihren Platz zu gehen. Der Bruder stürmt hinaus. Danach sieht man, wie die Elsa und Clive Dren in einer Schachtel verpackt im Lift transportieren und sie ins Lager bringen. Sie streiten weiter. Clive meint, er fühle sich wie ein Krimineller. Elsa meint, dass Wissenschaftler an die Grenzen gehen, zumindest die wirklich wichtigen. Clive betont erneut die Sinnhaftigkeit von Regeln, Elsa meint, niemand wird sich um die Regeln kümmern, wenn die Öffentlichkeit erkennt, was wir erschaffen haben. Clive pocht erneut auf Geheimhaltung – niemand solle jemals sehen, was sie geschaffen haben. Elsa hält Dren fürsorglich am Arm, plötzlich erbricht Dren - es scheint, als werde sie krank. Clive verlässt den Raum, um mit seinem Bruder zu reden.

- Sicherheitsrisiko synthetisches Lebewesen
- Welchen Status hat dieses Lebewesen und welche Rechte sind damit verbunden (Forschungsobjekt, Kind, Haustier, gefährliches Wesen)?
- Darf der Mensch neue Lebensformen erschaffen?

### **Szene 3 (0:38:55 • 0:39:31)**

*Gespräch mit Gavin über Verantwortung für das Experiment*

Clive spricht mit seinem Bruder Gavin und versucht, dessen Unterstützung und vor allem sein Verständnis für das durchgeführte Experiment zu bekommen. Gavin ist aufgebracht und weist seinen Bruder hingegen auf die strafrechtlichen Konsequenzen der Forschungsarbeiten hin. Er macht ihn darauf aufmerksam, dass er Verantwortung für seine MitarbeiterInnen trägt und diese von ihm abhängig sind. Auch will er wissen, ob es Clives Intention war, das Experiment bis zu diesem Zeitpunkt durchzuführen oder ob er nur Elsas Wünschen gefolgt sei. Er hätte dazwischen gehen und nein sagen können.

- Sicherheitsrisiko synthetisches Lebewesen
- Aus welchen Motiven werden wissenschaftliche Entscheidungen gefällt und wer ist dafür verantwortlich?

### **Szene 4 (0:39:31 • 0:42:28)**

*Dren erkrankt - Entscheidung über Leben und Tod*

Dren liegt auf einer Bahre und wimmert. Elsa misst ihre Temperatur, sie hat 40,5°C. Die Wissenschaftler sind ratlos und überlegen, wie sie dem Wesen helfen könnten. Schnell lassen sie ein kaltes Bad ein, um das Fieber zu senken. Dren ist davon nicht begeistert, sie kreischt im Wasser und macht wimmernd leidende Geräusche.

Plötzlich bekommt das Wesen keine Luft mehr und das nötige Equipment für einen Luftröhrenschnitt ist nicht vorhanden. In dieser Situation entscheidet Clive für sich, dass es das Beste wäre, das Wesen würde sterben. Er greift nach Dren`s Schwanz, um sich vor Stichwunden zu schützen, und taucht es mit der anderen Hand unter Wasser. Elsa begreift, was Clive vorhat und versucht ihn davon abzubringen. Dren hört währenddessen völlig auf zu atmen und man sieht eine Sequenz, in der sie ruhig mit dem gesamten Körper unter Wasser in der Wanne liegt. Beide glauben, dass sie nun tot sei – plötzlich steigen Luftblasen auf und Dren fängt im Wasser zu atmen an. Elsa ist erleichtert und Clive beginnt zu verstehen, dass die dunkle Masse, die er auf einen Röntgenbild keinem Organ zuordnen konnte und deshalb als Tumore eingestuft hatte, amphibische Lungen waren. Elsa ist erleichtert über die Rettung des Wesens und der Wendung, die diese Situation genommen hatte. Sie fragt Clive, woher er die Information der amphibischen Lungen gehabt hätte. Sein zögerliches Verhalten irritiert sie – Clive meint jedoch, er habe es gewußt. Somit lebt Dren weiter.

- Sicherheitsrisiko synthetisches Lebewesen

Stand: Mai 2012



[www.openscience.or.at](http://www.openscience.or.at)

# „Splice- Das Genexperiment“

## 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](http://www.gen-au.at)



[www.cisvnbio.com](http://www.cisvnbio.com)



[www.idialog.eu](http://www.idialog.eu)

## Inhaltsangabe

Kann ein synthetischer Organismus im Labor gezüchtet werden? .....	3
Gibt es Hybridwesen überhaupt? .....	3
Gibt es eine „künstliche Gebärmutter“? .....	4
Wie ist das Gefahrenpotential von synthetischen Lebewesen? Sind die Interaktionen mit der Umwelt voraussagbar? .....	5
Umgang mit brisanten Forschungsergebnissen – was wird veröffentlicht und was bleibt geheim? .....	5
Kann das gesamte Erbgut von verschiedenen Lebewesen miteinander kombiniert werden? Ist das technisch möglich? .....	5
Wie weit darf die Forschung gehen? Darf in die menschliche Keimbahn eingegriffen werden, wenn man damit bisher unheilbare Krankheiten therapieren könnte und Millionen von Menschen retten könnte? Wie sind die derzeitigen gesetzlichen Regelungen?.....	7
Umgang mit Patenten, Patente auf Lebewesen? .....	7
Folgende weitere Fragen tauchen im Film auf und bieten sich für Diskussionen an:.....	8

## **Kann ein synthetischer Organismus im Labor gezüchtet werden?**

Ja – Bis jetzt jedoch nur bedingt. Es wurden bereits Genome von Mikroorganismen künstlich hergestellt und in bestehende bakterielle Zellhüllen eingebracht. Die im Rahmen der synthetischen Biologie beforschten Organismen sind derzeit ausschließlich Mikroorganismen. Nähere Informationen siehe „Synthetische Biologie Folien“.

Es ist äußerst unwahrscheinlich, dass komplexe mehrzellige Organismen – so wie im Film dargestellt – jemals synthetisch hergestellt werden können. Das liegt unter anderem daran, dass Genome höherer Organismen wesentlich umfangreicher und komplexer organisiert sind. Ihre Genomstrukturen und jene molekularen Mechanismen, die elementare zelluläre Prozesse wie Transkription, Translation und Replikation steuern, werden fein reguliert und sind erst ansatzweise entdeckt (Stichworte sind Transkriptionsregulation, Genomic Imprinting, Epigenetik...). Bis jetzt wurden bereits einige höhere Lebewesen sequenziert, es gibt eine Fülle an Genomdaten. Wie diese genomische Information jedoch reibungslos sämtliche zellulären Prozesse in einer Zelle organisiert und kodiert, das ist nur ansatzweise verstanden. Sämtliche molekularen Netzwerke und Prozesse aller Zellen in einem Lebewesen müssen zusammenspielen. Es ist unwahrscheinlich, dass die vielfältigen Prozesse und Strukturen unterschiedlicher Lebewesen miteinander kombiniert werden können und zu lebensfähigen Embryonen führen.

## **Gibt es Hybridwesen überhaupt?**

Ja, sowohl in der Natur als auch von Menschenhand geschaffene Hybride (z.B. durch Pflanzen- und Tierzucht hergestellt). 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 usw. Manche Nachkommen von natürlichen Hybriden sind steril und ohne Bedeutung für den Evolutionsprozess (z.B. Maultier, Maulesel). In der Landwirtschaft kommen immer mehr Hybrid-Sorten zum Einsatz, da dies zu besseren Erträgen führt. Die Nachkommen von Hybriden verlieren jedoch deutlich an „Fitness“ - beim Anbau von aus Hybriden erzeugtem Saatgut kommt es beispielsweise bei Mais zu Ertragsreduktionen von etwa 30%. Quelle: Wikipedia.org.

## Gibt es eine „künstliche Gebärmutter“?

Dazu gibt es Forschungsarbeiten, die jedoch weit entfernt vom Durchbruch sind und ethisch äußerst umstritten sind.

Hier ein Zeitungsartikel aus dem Jahr 2002:

### Embryonen können außerhalb des weiblichen Körpers wachsen

„Ärzte haben eine künstliche Gebärmutter entwickelt, in der Embryonen außerhalb des Körpers der Mutter wachsen. Die Forscher sehen das als einen Durchbruch für die Behandlung von kinderlosen Frauen. Dies berichtet Robin McKie von der britischen Zeitung "The Observer". Der Prototyp für die künstliche Gebärmutter wurde aus Zellen hergestellt, die Frauen aus dem Endometrium (Zellschicht, welche die Gebärmutter auskleidet) entnommen worden waren. Die Zellen wuchsen im Labor unter der Zugabe von Hormonen und Wachstumsfaktoren auf einem Gerüst aus biologisch abbaubarem Material, das die Form einer Gebärmutter hatte. So bildete sich ein Gewebe, dem Östrogen und Nährstoffe zugesetzt wurden. Es gelang Hung-Ching Liu vom Cornell University's Centre for Reproductive Medicine and Infertility Embryonen sechs Tage lang darin wachsen zu lassen. Der Embryo nistete sich in der Gebärmutter ein und wurde größer. Nach sechs Tagen musste das Experiment auf Grund der Bestimmungen für in-vitro Fertilisation (IVF) abgebrochen werden. Nun plant Liu, den maximal zulässigen Zeitraum für IVF von 14 Tagen auszuschöpfen. So soll überprüft werden, ob die Zellen weiter differenzieren, der Embryo Anlagen für Blutgefäße und Organe entwickelt und sich ein Mutterkuchen bildet. Ziel dieser Arbeit ist es, Frauen mit geschädigter Gebärmutter zu ermöglichen, Kinder zu bekommen. Eine Abstoßungsreaktion soll es nicht geben, da die Zellen der Mutter entnommen werden. Als nächsten Schritt sind Experimente mit Mäusen und Hunden geplant. Sind diese erfolgreich, wird das Forschungsteam versuchen, das Limit der 14 Tage zu überschreiten. Eine andere Methode hat der Wissenschaftler Yoshinori Kuwabara von der Juntendo Universität in Tokyo entwickelt: Sein Team hat Ziegen Föten entnommen, in ein mit Fruchtwasser gefülltes Plastikbecken gegeben und auf Körpertemperatur stabilisiert. Eine Maschine pumpt Nährstoffe in das Becken hinein und beseitigt Abfallstoffe. Der Fötus blieb zehn Tage am Leben. Diese Methode soll bei schwierigen Schwangerschaften oder extremen Frühgeburten dem Fötus einen alternativen Lebensraum geben.

Beide Forschungsgruppen glauben, dass in ein paar Jahren künstliche Gebärmuttern fähig sind, Embryonen für neun Monate zu versorgen. Als Vorteil wird angeführt, dass eine künstliche Gebärmutter ein sichereres Umfeld für ein heranwachsendes Lebewesen darstellt, als die natürliche, da dort Schadstoffe von der Mutter wie Alkohol und Medikamente Auswirkungen haben. Der ethische Aspekt wird bei der großen internationalen Konferenz "The End of Natural Motherhood?" in Oklahoma nächste Woche diskutiert werden.“

Quelle: [http://www.innovations-report.de/html/berichte/medizin\\_gesundheit/bericht-7653.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/medizin_gesundheit/bericht-7653.html)

## **Wie ist das Gefahrenpotential von synthetischen Lebewesen? Sind die Interaktionen mit der Umwelt voraussagbar?**

Der Umgang mit Risiken, d.h. nicht beabsichtigte Nebenwirkungen des Einsatzes von synthetischen biologischen Systemen und Missbrauch, also dem beabsichtigten Einsatz zu schädlichen Zwecken, wird mittels zweier englischer Begriffe – Biosafety und Biosecurity – beschrieben. Näheres dazu im Foliensatz Synthetische Biologie – Folien 18 und 19 sowie im entsprechenden Begleittext zu den Folien.

## **Umgang mit brisanten Forschungsergebnissen – was wird veröffentlicht und was bleibt geheim?**

Die Rekonstruktion von pathogenen Viren mithilfe der Synthetischen Biologie (Stichwort Nachbau des Pockenvirus, siehe Folien Synthetische Biologie) und die Veröffentlichung dieser Forschungsergebnisse haben eine Diskussion ausgelöst, ob derartige wissenschaftliche Durchbrüche überhaupt veröffentlicht werden sollen. Neben dem Nachbau von pathogenen Bakterien könnte auch pathogene virale oder bakterielle DNA neu am Reißbrett entworfen werden. Hierfür können Informationen über DNA oder RNA aus verschiedenen Datenbanken und wissenschaftlichen Veröffentlichungen frei bezogen werden. Durch die immer günstiger werdenden DNA-Synthesen lassen sich solche Sequenzen mit überschaubarem Aufwand zu hochwirksamen Krankheitserregern zusammenbauen. Anders als bei anderen potentiell gefährlichen Technologien sind daher im Fall der Synthetischen Biologie der technische und finanzielle Aufwand keine Hürden. Auf internationaler Ebene gibt es bereits eine Reihe von Verordnungen, die den Mißbrauch von Technologien, u.a. auch jene der Synthetischen Biologie, verhindern sollen. Näheres dazu auf Seite 69, „Synthetische Biologie - Eine ethisch-philosophische Analyse“ von Joachim Boldt.

## **Kann das gesamte Erbgut von verschiedenen Lebewesen miteinander kombiniert werden? Ist das technisch möglich?**

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. 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.“

## **Wie weit darf die Forschung gehen? Darf in die menschliche Keimbahn eingegriffen werden, wenn man damit bisher unheilbare Krankheiten therapieren könnte und Millionen von Menschen retten könnte? Wie sind die derzeitigen gesetzlichen Regelungen?**

Wollte man höhere synthetische Lebewesen erzeugen, so müssten synthetische Genome in Eizellen (bzw. in totipotente Stammzellen) eingebracht werden. Die Erzeugung und Forschung an Stammzellen bzw. befruchteten Eizellen ist gesetzlich geregelt. In Österreich ist die Forschung an importierten pluripotenten embryonalen Stammzellen nach geltendem Recht ohne Einschränkungen erlaubt. Pluripotente Stammzellen können sich nicht mehr zu einem gesamten Organismus entwickeln, jedoch unter bestimmten Kulturbedingungen zu jeglichen Zelltypen eines Organismus. Verboten wäre jedoch gemäß §9 des Fortpflanzungsmedizingesetzes die Gewinnung von embryonalen Stammzellen, sofern diese in Österreich stattfände. Praktisch heißt dies, dass an importierten embryonalen Stammzellen geforscht werden darf – erzeugt werden dürfen sie jedoch nicht. Die Verwendung von totipotenten Stammzellen (können sich aus sich selbst heraus zu einem gesamten Organismus entwickeln) ist nur zu Zwecken der Fortpflanzung erlaubt. Eingriffe in die Keimbahn (d.h. die Abfolge von Zellen, die - beginnend bei der befruchteten Eizelle - sich zu den Keimdrüsen und Keimzellen entwickeln) sind in Österreich verboten. Die gesetzlichen Regelungen sind dazu weltweit unterschiedlich.

## **Umgang mit Patenten, Patente auf Lebewesen?**

Gene und Genfragmente, die für eine bestimmte Funktion kodieren, lassen sich patentieren. In den USA wurde auch bereits ein synthetischer Organismus, Mycoplasma laboratorium des J. Craig Venter Institutes patentiert. Patente gewähren demjenigen, der eine Erfindung gemacht hat, einen Marktvorsprung, indem er andere auf Zeit von der gewerblichen Benutzung der patentierten Erfindung ausschließen oder sie ihnen gegen Lizenzen gestatten kann. Zudem fördern Patente die wissenschaftliche Entwicklung dadurch, dass die Erfindung so deutlich und vollständig zu offenbaren ist, dass ein Fachmann sie ausführen kann. Aufgrund dieser Publikation können Weiterentwicklungen und Verbesserungen stattfinden. Zu breit angelegte Patente können jedoch auch zu einer Monopolstellung einzelner Unternehmen führen. Eine Monopolstellung droht, falls sich bestimmte Technologien als Standard durchsetzen sollten. Dies könnte zu einem mangelnden Zugang zu gesellschaftlich wichtigen Forschungsmaterialien und Anwendungsmöglichkeiten führen. Werden Patente jedoch zu eng angelegt, kann sich ein „Patentschungel“ (wie er aus der Elektronikindustrie bekannt ist) ergeben, was wiederum für Weiterentwicklungen und Forschungsarbeiten nachteilig sein kann. Ein

Beispiel sind die sogenannten „BioBricks“. Würden benötigte DNA-Bausteine patentiert, mit denen z.B. Biosynthesysteme zusammengesetzt werden, könnte dies die weitere Entwicklung bremsen oder blockieren. Daher wurde die „BioBrick“ Foundation gegründet, eine Stiftung, die genetische Module der Öffentlichkeit frei zugänglich macht.

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

Dürfen sich WissenschaftlerInnen über ethische Grenzen hinweg bewegen? Steht Wissenszuwachs über allem?

Welchen Status haben synthetische Lebewesen und welche Rechte sind damit verbundenen?

Darf der Mensch neue Lebensformen erschaffen?

Aus welchen Motiven werden wissenschaftliche Entscheidungen gefällt und wer ist dafür verantwortlich?

Stand: Mai 2012