

Stammzellen verstehen Die Konferenz

4 Genetik





4 Genetik

In diesem Modul erarbeiten die Schülerinnen und Schüler Grundlagen der Genetik und Epigenetik. Wie Teilnehmer einer wissenschaftlichen Konferenz bereiten sie eine Eröffnung, eine Anmoderation und eine Powerpoint-Folie vor.

Die drei Aufgaben werden von Beginn an in drei Gruppen bearbeitet.


Einführung


„Die Vorstellung, dass Gene uns zu Marionetten machen und alles vorherbestimmen, ist purer Aberglaube.“

Craig Venter, Biochemiker, geboren 1946

Teilen Sie die Aufgaben „Chair“, „Anmoderation“ und „Powerpoint-Folie“ auf drei Kleingruppen auf. Alle Gruppen bereiten sich zunächst gleichzeitig vor.


 90 Minuten

 **Aufgaben:**
Chair, Anmoderation,
Powerpoint-Folie

 **Material:**
Chair
Anmoderation A
Anmoderation B
Powerpoint-Folie A
Powerpoint-Folie B

Chair

Zwei Schüler oder Schülerinnen übernehmen – wie Vorsitzende einer Konferenz (Chair) – die Eröffnung des Konferenztages. Sie führen kurz in den Begriff der Epigenetik ein. Dafür erhalten Sie einen Artikel und Leitfragen zum Thema.

 35 Minuten Vorbereitung
10 Minuten Vortrag

Kleingruppe aus 2 Schülern
Aufgabenblatt Chair
Materialblätter Chair

Anmoderation

Jeweils zwei Schülerinnen und Schüler übernehmen die Anmoderation eines Forschers oder einer Forscherin. Sie erhalten jeweils Material (Anmoderation A und B) und Recherche-Hinweise.

 35 Minuten Vorbereitung
2 x 5 Minuten Vortrag

2 Kleingruppen aus 2 Schülern
Aufgabenblatt Anmoderation
Materialblätter Anmoderation A
Materialblätter Anmoderation B





Powerpoint-Folie

In zwei Gruppen wird an jeweils einer aussagekräftigen Powerpoint-Folie gearbeitet. Die Folie soll die beiden Themen kurz auf den Punkt bringen. Dabei gelten die Grundregeln guter Präsentationen:

- 3 - 6 Punkte auf der Folie oder eine Grafik
- eindeutige Überschrift (44pt)
- Schriftgröße mindestens 28pt

Sie können Powerpoint nutzen oder die Schüler skizzieren ihre Folie auf Papier.

- 🕒 35 Minuten Vorbereitung
- 2 x 10 Minuten Vortrag
- 2 x 5 Minuten Fragen

2 Kleingruppen

Aufgabenblatt Powerpoint-Folie
Materialblatt Powerpoint-Folie A
Materialblatt Powerpoint-Folie B

Eventuell:

Computer mit Powerpoint

Im Anschluss an ihre gemeinsame Vorbereitungszeit tragen die Gruppen hintereinander ihre Ergebnisse vor und spielen somit den Konferenztag nach:

- 1) Eröffnung durch den Chair
- 2) Anmoderation einer Wissenschaftlerin und eines Wissenschaftlers
- 3) Zwei Kurzvorträge mit Powerpoint-Folie

Ausblick

Zum Abschluss der Unterrichtsreihe können Sie die Verabschiedung der Konferenzteilnehmer übernehmen: „Vielen Dank für die vielen interessanten Beiträge zu unserer Konferenz!“

Anschließend können Sie Eindrücke zu der Unterrichtsreihe sammeln.





Begrüßung

Bei Konferenzen übernimmt der Chair die Begrüßung und führt allgemein in das Thema des Konferenztages ein. Der Chair ist so etwas wie der Vorsitzende der Konferenz.

AUFGABE Bereiten Sie als Chair eine kurze Einführung zum Begriff „Epigenetik“ vor:

- Grenzen Sie den Begriff zur Genetik ab.
- Stellen Sie dar, wie sich epigenetische Veränderungen im Genom zeigen.
- Stellen Sie an einem der folgenden Beispiele dar, wie sich epigenetische Unterschiede auswirken können:
 - o Bienen: Arbeiterin und Königin
 - o Eineiige Zwillinge

BONUS Leiten Sie eine Diskussion darüber, wie der Richter über Bobs Antrag entscheiden soll.



Anmoderation

Wichtige Sprecher auf Konferenzen werden anmoderiert. Dabei wird kurz etwas über ihre Person und ihre Forschung gesagt.

AUFGABE Bereiten Sie zwei Anmoderationen vor, für:

- Conrad Hal Waddington
- Emmanuelle Charpentier

ZIEL In Ihrer Anmoderation sollen die bekanntesten Forschungsergebnisse der Wissenschaftler zusammengefasst sein.

TIPP Nutzen Sie die Suchbegriffe auf den Materialblättern zur Internetrecherche, um mehr über die Forschung von Waddington und Charpentier zu erfahren.





Powerpoint-Folie

Auf Konferenzen präsentieren Wissenschaftler ihre Ergebnisse oft mit Powerpoint-Folien. Diese stellen die wichtigsten Zahlen und Fakten dar, zum Beispiel mit Diagrammen.

AUFGABE Bereiten Sie eine aussagekräftige Powerpoint-Folie mit Stichpunkten vor. Sie erhalten dafür einen Zeitungsartikel oder eine Grafik.

Powerpoint- Themen:

Powerpoint-Folie A: Der aktuelle Stand des Klonens

Powerpoint-Folie B: Das Verfahren CRISPR/Cas9

TIPP Lesen Sie mehr zu den Themen auf zellux.net.

Therapeutisches Klonen: <https://zellux.net/m.php?sid=56>

Zielgerichtete genetische Veränderung von iPS-Zellen: <https://zellux.net/m.php?sid=260>





Die zweite Vererbung

Von Sascha Karberg

Es ist ein Sorgerechtsverfahren, wie es schon viele gegeben hat und geben wird. Und doch könnte dieses Justizgeschichte schreiben: Die alleinerziehende Mutter des Teenagers Tom ist gestorben, das Sorgerecht soll der leibliche Vater Toni bekommen, obwohl er Tom gar nicht kennt. Bob, der sich als Lebensgefährte von Toms Mutter von Geburt an wie ein Vater um den Jungen gekümmert hat, widerspricht – und zwar mit einer ungewöhnlichen Argumentation: Er sei mindestens genauso Toms biologischer Vater wie Toms Erzeuger. Denn was er dem Jungen in all den Jahren zu essen gegeben hat, was er ihn gelehrt und mit ihm erlebt hat, habe Tom mindestens genauso geprägt wie die Gene, die ihm Erzeuger Toni bei der Befruchtung mitgegeben hat. Der Richter ist verwirrt, doch Bob hat schon begonnen zu erklären, was er meint.

Zuerst hält Bob ein Bild hoch, auf dem drei Fruchtfliegen zu sehen sind, *Drosophila melanogaster*, eines der klassischen Modellorganismen, mit deren Hilfe Biologen seit über hundert Jahren die Gesetzmäßigkeiten der Vererbung erforschen. Eine der drei Fliegen hat die normalen leuchtend-roten Augen. Die Komplexaugen der zweiten sind hingegen farblos weiß – Folge einer Mutation in einem Gen für die Augenfarbe. Die dritte Fliege hingegen hat rot-weiß-gescheckte Augen, manche Facetten der Komplexaugen sind weiß, andere rot. Jahrzehntlang konnten sich Forscher dieses Phänomen nicht erklären. Denn das Gen für die Augenfarbe der Fliegen mit gescheckten Augen ist so intakt wie das der rotäugigen Fliege. Der einzige Unterschied ist, dass es an einer anderen Position im Erbgut sitzt, weshalb Genforscher das Phänomen „Position-Effekt-Variation“ (PEV) nannten. Inzwischen ist bekannt, dass das Gen in eine Region des Erbguts versetzt wurde, in der Gene „verpackt“ werden. Das heißt, der Erbgutfaden DNA wird wie in einem Wollknäuel verschnürt. Dadurch kommen die Proteine, die die Erbinformation eines Gens ablesen sollen, nicht mehr an die DNA heran – das Gen bleibt „stumm“ und infolgedessen

bleibt die Facette im Komplexauge der Fliege weiß. In anderen Facettenzellen wird das Augenfarbgen – zufällig – etwas weniger fest verschnürt, sodass es doch noch abgelesen und die Facette rot wird. So kommen die rot-weiß-gescheckten Komplexaugen zustande.

Gene funktionieren nicht wie ein Computer

„Ja, aber was hat das denn nun mit unserem Fall zu tun“, wirft der Richter ein. „Je nachdem, was die Forscher den Larven der PEV-Fliegen zu fressen geben, schwankt der Anteil der roten und weißen Facetten in den Augen der geschlüpften Fliegen“, erklärt Bob. Das bedeutet, dass Geninformationen nicht einfach nur stoisch wie bei einem Computerprogramm abgelesen werden, wenn sich ein Organismus entwickelt, sondern die Zellen reagieren auf Umwelteinflüsse – zum Beispiel die Zusammensetzung des Futters. Die Gene werden mehr oder weniger verpackt und daher mehr oder weniger abgelesen. Das gilt im Grunde für alle Gene. Aber bei dem Augenfarbgen der PEV-Fliegen kann man es eben gut erkennen – an den Augen ablesen. „Für diesen Fall bedeutet es, dass es nicht





allein die direkten, genetischen Vorfahren sind, die das Aussehen der Fliegen bestimmen, sondern auch Umwelteinflüsse, die Nichtverwandte, in diesem Fall die Forscher, zu verantworten haben“, sagt Bob und hält nun ein Bild von zwei Bienen hoch, einer Königin und einer Arbeiterin. „Dieses Beispiel hier beweist: Es ist nicht allein das Erbgut, was uns zu dem macht, was wir sind.“

Königin dank Enzym

Der Unterschied zwischen Bienenköniginnen, die besonders groß sind und Eier legen können, und Arbeiterinnen, die unfruchtbar sind, ist ein Paradebeispiel dafür, welch großen Einfluss die Ernährung auf die Gene nehmen kann. Denn so unterschiedlich Königin und Arbeiterinnen sind, ihr Erbgut ist identisch! Nur wenn eine Bienenlarve mit „Gelée royal“ gefüttert wird, einem Sekret aus speziellen Kopfdrüsen der Arbeiterinnen, schlüpft eine Königin. Gelée Royal enthält neben Wasser, Zucker und Aminosäuren einen Stoff, der ein bestimmtes Enzym in den Zellen der Bienenlarven hemmt. Als der Biologe Ryszard Maleszka von der Australian National University in Canberra bei Bienenlarven die Herstellung dieses Enzyms, genannt Dnmt3, blockierte, entwickelten sie sich zu Königinnen – ganz ohne Gelée Royal.

Gene im Dornröschenschlaf

„Mag ja sein, dass das bei Fliegen und Bienen so ist, aber beim Menschen?“, wirft der Richter ein. „Auch Säugetiere wie Menschen haben dieses Enzym Dnmt3“, widerspricht Bob. Es regelt das Ein- oder Ausschalten von Genen, indem es chemische Anhängsel wie Dornen an die DNA klebt, sogenannte Methylgruppen. Es verteilt gewissermaßen Dornen im Erbgut, sodass Gene, die mit diesen „Methyldornen“ besetzt sind, in eine Art Dornröschenschlaf fallen und abgeschaltet werden. Die Menge und Muster

dieser Methyldornen ändert sich dabei abhängig von der Lebensweise. Inzwischen sind Dutzende von Enzymen und Proteinen bekannt, die letztlich alle die Verpackung und damit den Aktivitätsgrad von Genen beeinflussen. Die Epigenetik (griechisch epi = auf, an, bei) ist der Forschungszweig der Genetik, der zu erklären versucht, was „auf“ oder „mit“ den Genen passiert, ohne dass die DNA-Bausteine selbst verändert werden.

Ernährung und Epimutationen

Welche Auswirkungen solch epigenetische Unterschiede beim Menschen haben, ist schwer zu erforschen. In Versuchen mit Mäusen kann der Zusammenhang von Ernährung und Genmarkierung an der Fellfarbe nachgewiesen werden. Die Forscher entdeckten allerdings noch andere Folgen: Die Tiere bekamen bei veränderter Ernährung auch deutlich häufiger bestimmte Krebsarten, Diabetes und Fettleibigkeit, als normalerweise. Denn wenn Methyldornen fälschlich auf Gene gesetzt werden, die Krebs oder Diabetes entgegenwirken, dann werden sie abgeschaltet – die Wahrscheinlichkeit für diese Krankheiten erhöht sich. Manche Forscher reden daher nicht mehr nur von Unterschieden in Methylierungsmustern, sondern sogar von „Epimutationen“.

Und die lassen sich auch bei Menschen erforschen: Simone Wahl von der Abteilung Molekulare Epidemiologie am Helmholtz Zentrum München fand in den Blutproben von 10.000 untersuchten Männern und Frauen dann epigenetische Veränderungen, wenn die Testpersonen einen besonders hohen Body Mass Index (BMI) hatten, also eher fettleibig waren. Vor allem Gene, die den Fettstoffwechsel und Entzündungen regulieren, hatten durch die Fehlernährung Epimutationen davongetragen – wodurch sich die Wahrscheinlichkeit für Krankheiten wie Diabetes erhöht.





„Anders gesagt: Hätte ich Tom ständig Pommes und Currywurst essen lassen, hätte er womöglich krankmachende Epimutationen davongetragen“, sagt Bob.

Gleiches Erbgut, verschiedene epigenetische Muster

Allerdings können solche Studien nicht völlig ausschließen, dass die epigenetischen Unterschiede eine Folge der unterschiedlichen Genvarianten der nichtverwandten Probanden sind. Manel Esteller vom nationalen spanischen Krebsforschungszentrum in Madrid untersucht deshalb eineiige Zwillingspaare. Deren Erbgut ist naturgemäß praktisch identisch. Je jünger die Zwillinge sind und je länger sie gemeinsam leben, umso mehr ähnelt sich ihre Epigenetik, also die epigenetischen Markierungsmuster und damit der Aktivitätsgrad ihrer Gene. Waren sie aber früh getrennt worden oder hatten sie verschiedene Essgewohnheiten entwickelt, fand Esteller deutliche Unterschiede in den epigenetischen Mustern.

Vererbbar: Veränderte Methylierungssignale

„Das ist ja alles schön und gut, aber deshalb wird Tom doch nicht zu Ihrem biologischen Sohn“, wirft der Richter ein, „schließlich hat er seine Gene ja von seiner Mutter und seinem leiblichen Vater bekommen und nur die wird er an seine Kinder weitergeben, nicht die von Ihrer Erziehung und Ernährung induzierten sogenannten Epimutationen“. „Nein, außer den Genen seiner leiblichen Eltern wird Tom wahrscheinlich auch Epimutationen vererben, die er im Laufe seines Lebens erwirbt“, widerspricht Bob und überreicht dem Richter die Forschungsergebnisse von Michael Skinner. Der Biologe von der Washington State University hat Ratten mit Insektiziden und Fungiziden traktiert, sodass ihre Fruchtbarkeit deutlich

nachließ. Und dieser „umweltbedingte“ Schaden war vererbbar, denn auch die unbehandelten Enkel der Ratten waren weniger fruchtbar – mindestens bis in die vierte Nachkommengeneration. Als Skinner nach der Ursache suchte, fand er: veränderte Methylierungssignale in zwei fruchtbarkeitsrelevanten Genen.

Einflüsse über Generationen hinweg

Mit Menschen werden solche Experimente selbstverständlich nicht gemacht. Dennoch gibt es auch beim Menschen Hinweise auf die Vererbbarkeit von Umwelteinflüssen: Eine niederländische Studie hat schwangere Frauen und ihre Nachkommen untersucht, die im Amsterdam des Weltkriegswinters 1944 aufgrund deutscher Besatzung lange Zeit hungern mussten. Sie brachten nicht nur Kinder mit deutlich geringerem Geburtsgewicht zur Welt. Die Kinder und die Enkel erkrankten auch im späteren Leben anscheinend besonders häufig an Diabetes, Fettsucht, Krebs und Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

Biologische und epigenetische Vaterschaft

„Lassen Sie mich zusammenfassen“, sagt Bob zum Richter. „Ich habe fünfzehn Jahre lang mit Tom gegessen, ihm das Sprechen und Laufen, Regeln, Ideen und Verhaltensweisen beigebracht, habe versucht, sein Selbstbewusstsein zu fördern und ihm seine Ängste zu nehmen. All das hat, wenn Sie so wollen, Epimutationen in seinem Erbgut hinterlassen, die ihn in seiner Persönlichkeit prägen und vielleicht sogar an seine Kinder und Enkel weitergegeben werden. Genauso wie die Gen-Varianten – die besondere Zusammensetzung der DNA-Bausteine der Gene, die Tom von seinem leiblichen Vater Toni geerbt hat – an Toms Kinder und Enkel weitergegeben wird. Ich bin also ebenso Toms biologischer Vater wie Toni und möchte das auch in Zukunft bleiben.“





Schwere Entscheidung

Wie der Richter entscheiden würde, ist offen. Noch hat ein solches Sorgerechtsverfahren nicht stattgefunden und noch konnten nicht alle Experten gehört werden, weil die Epigenetik-Forschung noch am Anfang steht und viele Fragen klären muss. Zum Beispiel, wie umweltbedingte Epimutationen in Nervenzellen oder im Fettgewebe in den Samen- und

Eizellen repräsentiert werden, damit die Gene in den Nerven- und Fettzellen der nächsten Generation wieder ähnlich aktiv oder inaktiv sind. Dennoch stehen die Chancen nicht schlecht, dass ein Richter bzw. die Gesellschaft künftig nicht mehr nur die Genetik sondern auch die Epigenetik berücksichtigt, wenn es um Fragen der Vererbung geht.





Conrad Hal Waddington

Das schreibt Wikipedia über ihn:

„...britischer Entwicklungsbiologe, Paläontologe, Genetiker, Embryologe und Philosoph. Er lieferte grundlegende Arbeiten zur Entwicklungsbiologie und Epigenetik. Waddington gilt als wichtiger Vorläufer der heutigen evolutionären Entwicklungsbiologie (EvoDevo)“ (für englisch Evolution and Development).

Suchbegriffe

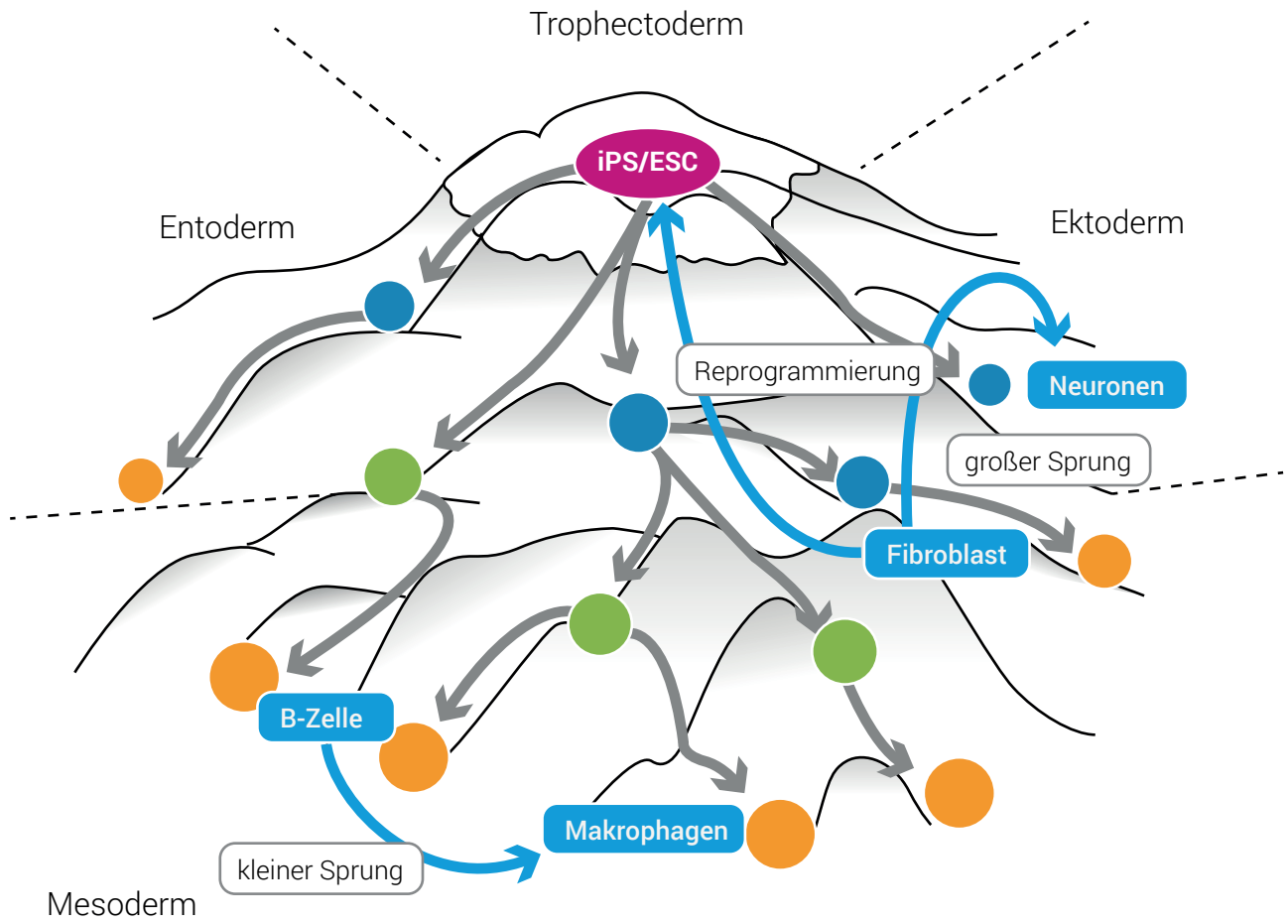
Epigenetische Landschaft, Kanalisierung, Pufferung und genetische Assimilation, EvoDevo-Forschung

* 08.11.1905	Eversham, England
1926	Abschluss in Geologie am Sidney Sussex College Cambridge
ab 1926	Studium der Philosophie, modernen Kunst und des Moriskentanzes; Studien zu Hans Spemanns Forschungen an amphibischen Embryonen
1930	Spezialisierung in Embryologie
1935	Cambridge ScD (Doctor of Science)
1936	Fellow des Christ's College Cambridge
1936	Albert Brachet Preis für Embryologie
1947	Professor und Leiter des Instituts für Tiergenetik an der Universität Edinburgh
1957	Veröffentlichung des Aufsatzes „The Strategy of the Genes“
† 26.09.1975	Edinburgh, Schottland

Epigenetische Landschaft

Waddingtons ursprüngliche Definition der Epigenese bezog sich auf Veränderungen während der Zelldifferenzierung und die Art und Weise, wie die Umwandlungsmöglichkeiten der Zellen sich im Verlauf der Entwicklung einschränken. Ihn interessierte besonders die Stabilisierung von Stadien während des Entwicklungsprozesses. Zur Veranschaulichung solcher Prozesse nutzte er die Metapher der epigenetischen Landschaft und stellte diese in einem Modell dar: Die Zelle – dargestellt als Kugel – rollt darin durch Täler einer hügeligen Landschaft und strebt zum Punkt minimalen Energieaufwands. Waddington beschrieb, dass diese Entwicklungspfade einerseits von Genen, andererseits aber auch von Umwelteinflüssen geprägt werden. Wegen der Talwände zwischen den einzelnen Pfaden kann der Verlauf nicht ohne weiteres geändert werden. Jedoch kann eine Induktion von außen stark genug sein, um eine Talflanke in der epigenetischen Landschaft zu überwinden (großer Sprung). Der Ball gelangt dann in ein benachbartes Tal, die Entwicklung wird anders kanalisiert. Das Konzept behält bis heute seine Berechtigung, auch wenn die Epigenetik ihre Definition verändert hat und sich heute auf verschiedene Regulationsmöglichkeiten bezieht, die die Aktivität von Genen unabhängig von der DNA-Sequenz beeinflussen können.







Emmanuelle Charpentier

Direktorin am Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie Berlin, Honorarprofessorin am Institut für Biologie der Humboldt-Universität zu Berlin, Forschungsgruppenleiterin und Gastprofessorin der Universität Umeå, Schweden, Alexander von Humboldt-Professorin

Suchbegriffe

CRISPR/Cas9, Genome Editing, Jennifer Doudna

* 11.12.1968	Juvisy-sur-Orge, Frankreich
1986-1992	Studium der Biologie, Mikrobiologie, Biochemie und Genetik an der Universität Pierre et Marie Curie, Paris (UPMC)
1992-1997	Doktorandin am Institut Pasteur, Postdoc am Institut Pasteur und an der Rockefeller Universität, New York
1997-1999	Assistant Research Scientist am Medical Center der New York University
1999-2002	Research Associate am St. Jude Children's Research Hospital, Memphis und am Skirball Institute of Biomolecular Medicine, New York
2002-2004	Forschungsgruppenleiterin und Gastprofessur am Institut für Mikrobiologie und Genetik, Universität Wien
2004-2006	Forschungsgruppenleiterin und Assistant Professor, Universität Wien
2006	Privatdozentin für Mikrobiologie und Habilitation am Zentrum für Molekulare Biologie, Universität Wien.
2006-2009	Forschungsgruppenleiterin und Associate Professor an den Max F. Perutz Laboratories, Wien
2009-2014	Forschungsgruppenleiterin und Associate Professor am Laboratory for Molecular Infection Medicine Sweden (MIMS), Universität Umeå, Schweden
2013	Dozentin für medizinische Mikrobiologie, Universität Umeå
2013-2015	Abteilungsleiterin am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, Braunschweig und W3-Professorin an der Medizinischen Hochschule Hannover

2012 erscheint der Artikel „A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity“. Die Autorinnen Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna beschreiben darin auf fünf Seiten das Abwehrsystem des Scharlachbakteriums *Streptococcus pyogenes*: Es nutzt ein molekülkleines Instrument, das aus einem Sucher und einer Art DNA-Schere besteht. Die englische Abkürzung für dieses Abwehrsystem lautet CRISPR/Cas9, meist kurz: CRISPR [gesprochen: kris::per]. Die Gen-Schere des Streptokokkenbakteriums lässt sich nachbauen und sein Sucher auf beliebige Ziele der DNA-Sequenz einstellen.





KLONSCHAF DOLLY

Gut geblökt, Schaf!

Gekürzte Fassung eines Artikels aus: ZEIT ONLINE, dpa: 5. Juli 2016, 15:15 Uhr,

Von Alina Schadwinkel

Als Klonschaf Dolly im Februar 1997 der Öffentlichkeit präsentiert wurde, war die Angst vor Gentechnik groß. Und heute? Klonen wir Zuchttiere in der Landwirtschaft.

Name: 6LL3, genannt „Dolly“

Berühmt, weil: erster Säugetier-Klon aus einer adulten Zelle

Derzeitiger Aufenthaltsort: National Museum of Scotland, ausgestopft

Von Geburt an war dieses Schaf ein Star. Am 5. Juli 1996 kam Dolly zur Welt, wie Lämmer eben geboren werden. Geschaffen aber wurde sie fünf Monate zuvor in einem Reagenzglas als Probe 6LL3. Sie entwickelte sich aus dem Erbgut einer Körperzelle, nicht aus einer befruchteten Eizelle. Damit war Dolly die erste Kopie eines erwachsenen Schafs. Und die Aufregung groß. (...)

Die Chancen der Klontechnik waren überschätzt

Befürworter der Technik erhofften sich vom Klonen Heilmethoden für Krankheiten wie Krebs oder Alzheimer. Skeptiker hingegen warnten vor einer Horrortechnik, mit der eines Tages geklonte Menschen in die Serienproduktion gehen könnten. Heute steht fest: Die Chancen und Risiken der Technik waren deutlich überschätzt. (...)

Kurz zusammengefasst lässt sich die Methode des Zellkerntransfers so beschreiben: Die Forscher nahmen eine Oozyte, eine unbefruchtete Eizelle, und entfernten die Chromosomen. Dann nahmen sie eine komplette Zelle, die sowohl männliche als auch

weibliche Chromosomen enthielt. Anschließend verschmolzen sie diese Zelle mit der entkernten, regten das Wachstum an – und pflanzten sie in eine Leihmutter. (...)

Insgesamt 277 Zellkerne eines Finn-Dorset-Schafs wollen die Forscher in die Eizellen eines Scottish Blackface transferiert haben. Nur 29 der entstandenen Embryonen pflanzten sie in die Leihmutter. Die Erwartungen seien gering gewesen, berichtet Nature: Es schien nahezu unmöglich, dass sich der Zellkern einer erwachsenen Zelle so reprogrammieren lässt, dass ein lebendiges Tier daraus wächst. Die meisten geklonten Embryonen starben ab, viele noch ehe die Forscher eine Schwangerschaft mit Ultraschall bestätigen konnten. In Dollys Fall aber ging alles gut. Gegen 16:30 Uhr am 5. Juli 1996 setzten bei der Leihmutter die Wehen ein. Eine halbe Stunde nach der Geburt stand das Doppelgänger-Schaf erstmals auf. (...)

Die Technik hat sich seit damals kaum weiterentwickelt. Denn zumeist war sie unnütz. So gelten in der regenerativen Medizin andere Methoden als vielversprechender; als menschliche Fortpflanzungstechnik ist das Klonen weltweit tabu – und bei Tieren ist die Erfolgsrate eher gering. Zudem scheinen Klone anfällig zu sein: Dolly starb mit nur sechs Jahren an einer unheilbaren Lungenkrankheit, die sonst nur bei älteren Tieren auftritt.

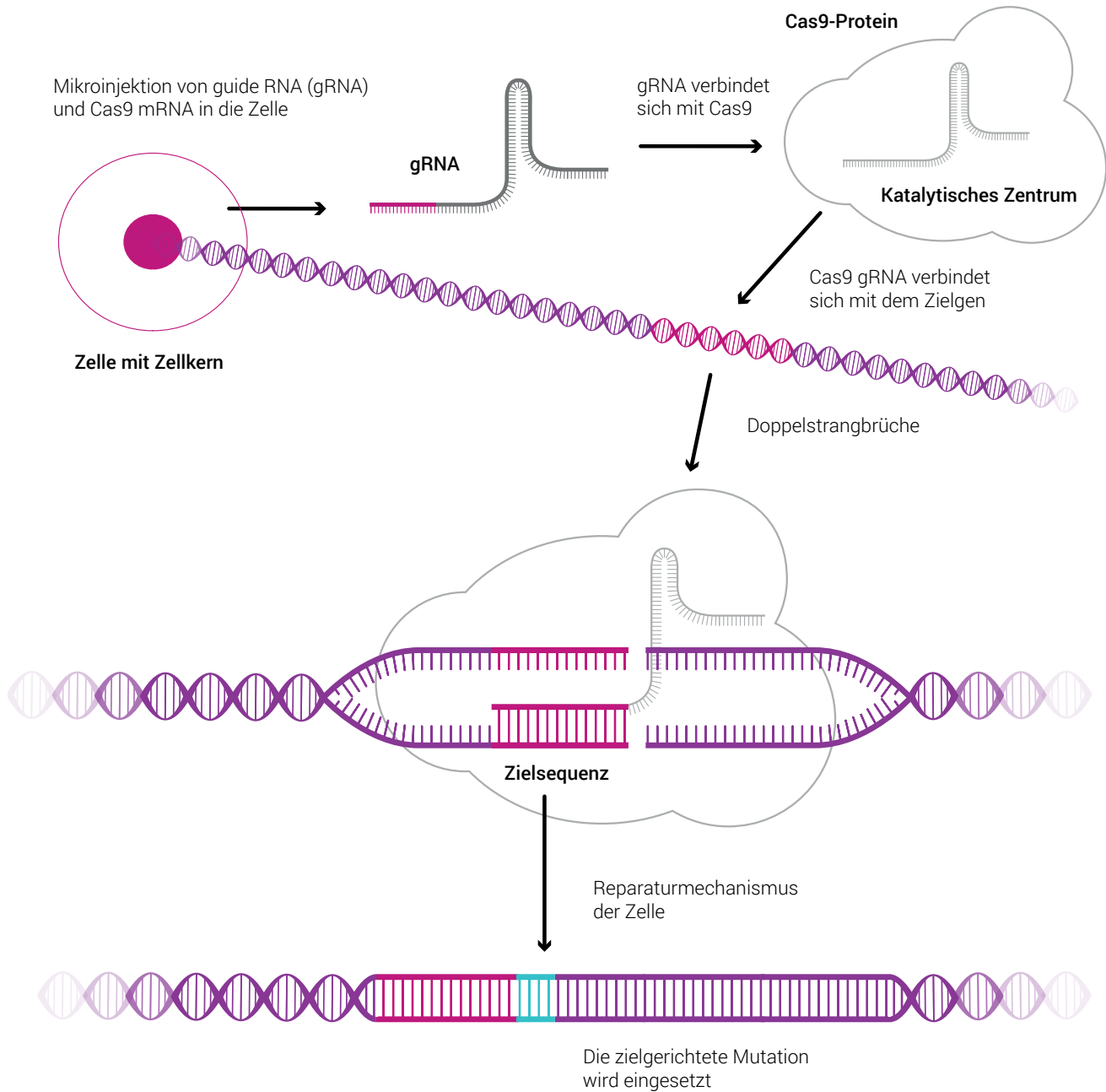




Klonen ist für die Massenproduktion zu kostspielig. Allein zur Vervielfältigung preisgekrönter Zuchttiere hat sich die Klontechnik durchgesetzt. Da die Massenproduktion geklonter Tiere zu teuer und aufwändig wäre, setzt die Industrie eher auf das Klonen von Tieren mit außerordentlichen Genen, die dann für genetisch hochwertigen Nachwuchs sorgen sollen. Während in der EU das Klonen in der Landwirtschaft an strikte Zulassungsregeln gebunden ist und daher nicht praktiziert wird, nutzen Unternehmen es in anderen Ländern. Besonders groß ist das Interesse in den USA, deren Zulassungsbehörde FDA schon 2009 befand, der Genuss geklonter Nutztiere sei absolut sicher. Eine Kennzeichnungspflicht für Fleisch oder Milch, die von geklonten Tieren stammen, gibt es dort nicht. Kritiker fürchten seitdem, manche Produkte könnten unerkannt auch auf dem europäischen Markt landen.

Im vergangenen Jahr schließlich verlangte das Europa-Parlament ein weitreichendes Klonverbot. Es soll nicht nur für geklonte Tiere selbst gelten, sondern auch für deren Nachkommen. Verboten werden soll auch der Import von Produkten von Klonen wie etwa Milch sowie von Sperma und Eizellen geklonter Zuchttiere. Ein Votum des Ministerrats steht noch aus, dieser konnte sich noch nicht zu einer einheitlichen Position durchringen. Entscheiden müssen dann Parlament und Ministerrat gemeinsam. 20 Jahre nach Dollys Geburt. Herzlichen Glückwunsch.





ANWENDUNGEN

1. Forschung und Medizin

- Krankheitsmodelle
- Grundlagenforschung und Erkenntnisgewinn
- Gentherapie bei Erbkrankheiten, Infektionskrankheiten und Krebs

2. Biotechnologie

- Saatgut
- Nutztiere
- Gene Drive gegen Malaria-Mücken (schadhafte Gene werden durch das Gene-Drive-System schnell in der Population ausgebreitet)

3. Designerorganismen

Anpassung menschlicher Embryonen, Spermien und Eier gegen Genkrankheiten – Können in der Zukunft Babys mit den Wunsch-eigenschaften designt werden? Können auch wissenschaftliche Amateure das Verfahren nutzen, um Organismen nach Lust und Laune zu gestalten?





Über die Unterrichtsreihe „Stammzellen verstehen – Die Konferenz für die Schule“

Mit dieser vierteiligen Unterrichtsreihe geben das German Stem Cell Network und die Schering Stiftung Lehrerinnen und Lehrern faktengeprüftes Wissen über Stammzellen an die Hand. Das frei verwendbare Material erlaubt Schülerinnen und Schülern ab Jahrgangsstufe 10, aktiv in die aktuelle Forschung einzutauchen. Das German Stem Cell Network sichert mit seinen wissenschaftlichen Experten die fachliche Qualität des Materials. Die Schering Stiftung nutzt ihre Erfahrung in der wissenschaftlichen Bildung, um junge Erwachsene mit neuen Methoden an aktuelle Forschungsthemen heranzuführen und in ihrem Interesse an Naturwissenschaften zu bestärken. Dieses Material steht online zur Verfügung: <http://www.stammzellen-verstehen.de>

