

Klonen

Einleitung

Klonen ist eine neue Methode der Fortpflanzungstechnik bei Säugetieren. Dabei werden genetisch identische Kopien eines Lebewesens hergestellt. Das Wort „Klon“ kommt aus dem Griechischen und bedeutet Spross. Sprösslinge entstehen durch ungeschlechtliche Vermehrung von Tieren oder Pflanzen. In der Natur sind Klone keine Seltenheit. Beispiele sind die Ableger einer Pflanze (z.B. Kartoffeln). Bakterien vermehren sich durch Teilung und sind daher Klone. Auch manche Schnecken und Garnelen vermehren sich durch ungeschlechtliche Teilung. Bei Säugetieren entstehen Klone eher zufällig und damit selten. Beim Menschen treten eineiige Zwillinge oder Mehrlinge bei etwa jeder 500. Geburt auf.

Definitionen

- Ein Klon ist die genetisch identische Kopie eines Lebewesens.
- Der Begriff Klonen bezeichnet die künstliche Herstellung eines Klons durch Fortpflanzungstechnik.
- Klonieren ist ein Begriff aus der Gentechnik und Biotechnologie und bedeutet die Vermehrung ausgewählter Stücke des Erbguts (DNA), so dass davon viele Kopien entstehen.
- Das englische Wort „to clone“ bezeichnet sowohl das „Klonieren“ von DNA-Stücken als auch das „Klonen“ von Zellen oder Lebewesen.

Techniken des Klonens

Klonen aus Embryozellen

Embryoteilung

Eine befruchtete Eizelle entwickelt sich durch Zellteilung zu einem Embryo. Bereits 1901 wurde bei Fröschen beobachtet, dass die Zellen eines Embryos künstlich voneinander getrennt werden können und sich danach zu vollständigen Fröschen entwickeln. Die Embryoteilung wird unter dem Mikroskop mit einer feinen Glasnadel ausgeführt. Dies muss allerdings sehr früh nach der Befruchtung der Eizelle erfolgen. Denn die Embryozellen spezialisieren sich bald und verlieren damit die Fähigkeit, zu einem vollständigen Lebewesen heranzuwachsen. Inzwischen konnte man durch Embryoteilung Mäuse, Rinder und vor kurzem sogar Rhesusaffen klonen.

Aus Embryozellen lassen sich nicht nur vollständige Lebewesen klonen. Sie enthalten im frühen Stadium Stammzellen, aus denen sich alle Zelltypen entwickeln. Wissenschaftler hoffen, Stammzellen eines Tages in der Medizin einsetzen zu können.

Kerntransfer

In den siebziger Jahren wurde die Technik des Kerntransfers entwickelt. Dabei entfernt man mit einer dünnen, hohlen Glasnadel den Zellkern aus einer Eizelle und ersetzt ihn durch einen anderen Zellkern. Durch einen Stromstoß verschmelzen die Eizellhülle und der neue Kern und bilden einen künstlich geschaffenen Embryo. Dieser wird einem Ammentier eingesetzt und entwickelt sich zu einem normalen Tier. Die ersten Kerntransfer-Versuche wurden mit Zellkernen aus Embryozellen durchgeführt.

Klonen aus Körperzellen

Die Merkmale von Vater und Mutter vererben sich zufällig. Daher kann man nicht vorhersagen, welche Eigenschaften die entstehenden Lebewesen haben werden. Dies gilt auch für Lebewesen, die durch Embryoteilung oder Kerntransfer geklont wurden. Seit einigen Jahren gelingt es jedoch, Klone mit vorhersagbaren Eigenschaften herzustellen. Denn Kerntransfer kann auch mit Zellkernen aus Körperzellen bereits erwachsener Tiere durchgeführt werden. Ihre Eigenschaften kennt man. 1997 wurde das erste so geklonte Säugetier geboren, das Schaf „Dolly“.

Körperzellen können nicht alles, was Embryozellen können, weil sie bereits spezialisiert sind. Mit bestimmten Methoden kann diese Spezialisierung aber aufgehoben werden. Die Zellen entsprechen dann wieder dem embryonalen Urzustand, in dem ihr Zellkern wieder die komplette Information für die Embryoentwicklung verfügbar hat. Möglicherweise gelingt das Zurückprogrammieren der Körperzellen aber nicht vollständig. Dies könnte die geringe Erfolgsrate dieser Technik erklären. Viele geklonte Tiere sterben frühzeitig, oft bereits während der Schwangerschaft. Häufig findet man fehlerhafte Chromosomen und Mißbildungen. Die Ursachen hierfür kennt man derzeit nicht. Je nach Tierart liegt die Erfolgsrate bei maximal 3%. Für das Schaf Dolly waren 277 Versuche notwendig.

Klone wie Dolly gelten als identisch, obwohl sie strenggenommen nicht vollständig gleich sind. Denn nicht nur der Zellkern, auch die entkernte Zelle enthält noch Erbmaterial in den Mitochondrien, den „Kraftwerken“ der Zelle. Jeder Klon hat also zwei genetische „Mütter“: 99% des Erbmaterials kommen vom Kernspender, etwa 1% des Erbmaterials vom Kernempfänger. Ob und wie sich dies bemerkbar macht, weiß man nicht.

Wie alt werden geklonte Tiere? Es wurde vermutet, dass Klone aus Körperzellen aufgrund ihrer inneren biologischen Uhr nicht so alt wie normal gezeugte Tiere werden. Bestimmte Merkmale bei Dolly deuten darauf hin. Dagegen wurde die erste geklonte Maus eineinhalb mal so alt wie eine normal gezeugte Maus. Auch bei geklonten Kälbern und Rindern findet man Merkmale, die eine vergleichsweise längere Lebensdauer erwarten lassen. Möglicherweise kann man die innere Uhr von Körperzellen verstellen, indem man sie vor dem Klonen mit bestimmten Nährlösungen behandelt.

Seit dem Schaf Dolly sind auch Ziegen, Kälber, Rinder, Mäuse und Schweine durch Kerntransfer geklont worden. Als Ausgangszellen wurden Euterzellen, Bindegewebszellen aus dem Ohr und Hautzellen verwendet. Auch aus den Zellen eines toten Stieres wurde bereits ein Tier geklont. In Kürze wird der erste geklonte Hund geboren werden. Man versucht auch, vom Aussterben bedrohte Tiere zu klonen. Ein geklonter „Gaur“ (südostasiatische Rinderart) starb allerdings zwei Tage nach der Geburt. Ob sich bereits ausgestorbene Tiere wie z.B. ein im sibirischen Eis erhaltenes Mammut klonen lassen, weiß man noch nicht.

Anwendungen des Klonens

Klonen von Nutztieren

Bei der Zucht von Nutztieren geht es darum, die Qualität eines Tieres oder seiner Produkte zu steigern und sie für zukünftige Generationen zu erhalten. Mit der herkömmlichen Kreuzung versucht man, die besonderen Eigenschaften ausgewählter Elterntiere zu kombinieren. Das ist zeitaufwendig und mühsam, weil durch die zufällige Aufteilung der mütterlichen und väterlichen Gene bei der sexuellen Vermehrung Eigenschaften ebenso verlorengehen wie neue entstehen können. Beim Klonen dagegen bleiben Eigenschaften zuverlässig erhalten. Besonders in der Rinderzucht ist das Klonen von „Preisbullen“ mit ausgezeichneter Fleischqualität (Japan) oder von Kühen mit besonders hohem Milchertrag (Thailand) bereits von Bedeutung. Klonen bedeutet für die Zucht auch eine erhebliche Zeitersparnis. Normalerweise sind Rinder erst mit 14 Monaten geschlechtsreif, zum Klonen von Kälbern dagegen wurden Hautzellen von drei Monate alten Tieren verwendet. Inzwischen haben japanische Wissenschaftler geklonte Rinder wiederum geklont. In Japan ist das Fleisch geklonter Rinder bereits im Supermarkt erhältlich.

Klonen von Haustieren

Das Klonen von Hunden und Katzen könnte ein Massengeschäft werden. In den USA wird in dem privat finanzierten „Missiplicity-Projekt“ derzeit der erste Hund geklont. Tierbesitzer können mit einem „Do-it-yourself-kit“ demnächst selbst Zellproben aus dem Maul ihres Lieblingstieres entnehmen und gegen eine geringe Gebühr aufbewahren lassen, bis die Technologie reif für den Massenmarkt ist.

Klonen von Menschen

Das Klonen von Menschen zu Fortpflanzungszwecken ist aus ethischen Gründen grundsätzlich abzulehnen. Die Ankündigung einer Gruppe um einen italienischen Arzt, demnächst mit dem Klonen von Menschen zu beginnen, stieß international auf breite Ablehnung. Experten warnen neben prinzipiellen ethischen Bedenken vor der zu erwartenden hohen Sterbe- und Missbildungsrate. Der rasche Fortschritt beim Klonen von Tieren zeigt jedoch, wie wichtig die Auseinandersetzung mit diesem Thema ist.

Klonen für den Notfall?

Mit dem sogenannten Therapeutischen Klonen hoffen Wissenschaftler, Patienten mit verletzten oder erkrankten Organen, also beispielsweise Alzheimer- oder Schlaganfallpatienten helfen zu können. Dafür eignen sich embryonale Stammzellen. Beim Therapeutischen Klonen würde man folgendermaßen vorgehen: Der Kern einer Körperzelle des Patienten wird in eine entkernte Eizelle gebracht und damit ein Embryo geklont. Ihm werden nach wenigen Tagen embryonale Stammzellen entnommen. Aus diesen entwickelt sich dann der benötigte Zelltyp, der anschließend dem Patienten eingepflanzt werden kann. Beim Therapeutischen Klonen muss der Spenderzellkern vom Patienten selbst stammen, da die daraus gewonnenen embryonalen Stammzellen ansonsten vom Körper abgestoßen würden.

Erste Erfolge auf diesem Gebiet hat man bereits mit Mäusen: spritzt man Mäusen embryonale Stammzellen in bestimmte Organe, so tragen diese dort zum Aufbau dieser Organe bei. Vor kurzem ist es auch gelungen, geklonte embryonale Stammzellen im Labor zu Nerven- und Muskelzellen zu entwickeln. Die Forschung mit menschlichen embryonalen Stammzellen wirft allerdings äußerst heikle, ethische Probleme auf.

Vorstellbar wäre auch, bei einer künstlichen Befruchtung durch Embryoteilung Embryozellen „abzuzweigen“ und aufzubewahren. Bei Bedarf könnten später die benötigten Zellen entwickelt werden.

In Ländern, in denen mit Stammzellen geforscht wird, stammen diese aus abgetriebenen oder „überschüssigen“ Embryonen nach künstlichen Befruchtungen. In den meisten dieser Länder dürfen Embryonen aus ethischen Gründen nicht gezielt dafür geklont werden, denn die Embryonen werden durch die Entnahme dieser Zellen zerstört. In Österreich ist es durch das Fortpflanzungsmedizingesetz von 1992 verboten.

Erprobung neuer Arzneistoffe

Für die medizinische Forschung bedeutet die Möglichkeit des Klonens von Tieren einen großen Fortschritt. Wenn man untersucht, wie Medikamente wirken und welche Nebenwirkungen sie haben, braucht man genetisch möglichst übereinstimmende Tiere. Genetisch identische Klone würden hier sehr schnell Ergebnisse mit einer hohen Aussagekraft bringen. Damit ließe sich die Zahl der Versuchstiere drastisch verringern.

Klonen und Gentechnik

Klonen ist auch mit Gentechnik kombinierbar. Dabei entstehen Kopien eines gentechnisch veränderten Lebewesens. Mit veränderten Embryo- oder neuerdings auch Körperzellen können Tiere verschiedener Arten für die Gewinnung von Medikamenten und zur Xenotransplantation geklont werden.

Medikamente aus gentechnisch veränderten Tieren

Der erste gentechnisch veränderte Tierklon ist das Schaf „Polly“. Es produziert einen menschlichen Blutgerinnungsfaktor in seiner Milch. Polly wurde aus Embryozellen geklont, denen zuvor das Gen für diesen Blutfaktor eingebaut worden war. Neben Blutfaktoren werden mittlerweile auch andere Substanzen in geklonten Tieren erzeugt.

Organtransplantation

Es gibt viel zu wenig Spenderorgane. Deshalb versucht man seit längerem, Tiere als Organspender für den Menschen einzusetzen. Organe aus Schweinen sind ähnlich groß wie menschliche Organe und könnten deshalb für die sogenannte Xenotransplantation besonders geeignet sein. Das größte Problem dabei ist die Abstoßung des tierischen Gewebes. Man versucht daher, das Erbgut der Tiere gentechnisch so zu verändern, dass ihre Organe besser vertragen werden. Würde man diese veränderten Tiere klonen, hätte man genug Organe für Transplantationspatienten. Wissenschaftler hoffen, die Xenotransplantation zunächst einmal zur Überbrückung von Wartezeiten auf menschliche Spenderorgane einsetzen zu können. Allerdings können Tierorgane grundsätzlich nicht bedenkenlos transplantiert werden. In ihrem Erbgut sind Viren vorhanden, von denen man nicht weiß, ob sie für den Menschen gefährlich werden könnten. Darum wurde die Weiterentwicklung der ersten geklonten Schweine in Großbritannien aus Sicherheitsgründen zunächst eingestellt.

Ethische und rechtliche Überlegungen

Die Möglichkeit des Klonens eröffnet neue Aussichten in der Ernährung, Forschung und Medizin. Allerdings müssen wir uns dringend mit den ethischen und rechtlichen Problemen auseinandersetzen, die damit verknüpft sind.

Tiere

Das Klonen von Tieren ist wirtschaftlich bereits bedeutend. Durch Klonen können Nutztiere mit der besten Fleisch- und Milchleistungsqualität gezielt vermehrt werden. Auch Haustiere wie Katzen und Hunde werden bald geklont werden. Im weiteren könnten durch Klonen vom Aussterben bedrohte Tierarten erhalten werden.

Für die Forschung und unser Gesundheitswesen bedeutet die Möglichkeit, Tiere zu klonen, einen großen Fortschritt. Die Sicherheit und Wirksamkeit neuer Medikamente können schneller und genauer als bisher untersucht werden. Damit wird man viel weniger Versuchstiere als jetzt brauchen.

Tierschützer lehnen das Klonen von Tieren ab, weil ihrer Meinung nach die Würde der Tiere dadurch verletzt wird. Sie fordern, dass andere Methoden entwickelt werden.

Mensch

Die Grundeinstellung unserer Gesellschaft zum Leben erlaubt das Klonen von Menschen zu Fortpflanzungszwecken nicht. Die Würde des Menschen muss geachtet werden. Ein Mensch darf nicht für einen Zweck missbraucht werden. Das wäre bei einem geklonten Menschen aber der Fall, wenn er einen bestimmten Menschen ersetzen oder z.B. als Organspender dienen soll. Ausserdem wäre derzeit noch eine hohe Mißbildungsrate in Kauf zu nehmen. Darüber hinaus könnte ein geklonter Mensch unter der hohen Erwartungshaltung leiden, die an ihn gestellt würde. Schließlich wäre das Erbgut eines geklonten Menschen nicht sicher vor Missbrauch.

Darf man Embryos für die Forschung klonen? Damit könnte man vielleicht eines Tages Erbkrankheiten verhindern oder heilen. In diesen Fällen würde ein geklonter Embryo eine begrenzte Zeit heranwachsen und dann zerstört. Auch beim Therapeutischen Klonen würde ein geklonter Embryo zerstört. An Alternativen wird jedoch geforscht: so könnten für Ersatzgewebe möglicherweise auch Stammzellen aus Erwachsenen verwendet werden, die man in den verschiedenen Organen findet. Sie entwickeln sich in diejenigen Zelltypen, die diese Organe jeweils brauchen. Daneben wird an einer weiteren Methode für Ersatzgewebe gearbeitet. Dabei würden anstelle von Stammzellen andere körpereigene Zellen umprogrammiert und vermehrt.

Der Embryo steht nach der Rechtsordnung vieler Länder von Beginn an unter besonderem Schutz. Daher ist das Klonen menschlicher Embryos in vielen Ländern strikt verboten. In Österreich sind Klon-Experimente beim Menschen durch das Fortpflanzungsmedizingesetz von 1992 untersagt: „Entwicklungsfähige Zellen dürfen nicht für andere Zwecke als für medizinisch unterstützte Fortpflanzungen verwendet werden.“

Die Forschung kennt keine Ländergrenzen. Daher bemüht man sich, das Klonen von Menschen international zu verbieten. Die UNESCO beschloss Ende 1997 die „Allgemeine Erklärung über das menschliche Genom und die Menschenrechte“. Klonen mit dem Ziel, menschliche Lebewesen zu vervielfältigen, soll demnach nicht erlaubt sein.

Im „Übereinkommen über Menschenrechte und Biomedizin“ des Europarates sind erstmals verbindliche Bestimmungen vorgesehen. Im ersten Zusatzprotokoll dazu heisst es: „Verboten ist ..., ein menschliches Lebewesen zu erzeugen, das mit einem anderen lebenden oder toten menschlichen Lebewesen genetisch identisch ist.“ Das Übereinkommen trat mit 1.3.2001 in Kraft. Es wurde allerdings bisher von nur wenigen Staaten unterzeichnet, da einige andere Bestimmungen, die das Klonen nicht betreffen, Kritikern nicht weit genug gehen. Da das Übereinkommen aber nur Mindeststandards festlegt, kann jeder Staat auch strengere Bestimmungen erlassen.

In der am 7.12.2000 unterzeichneten Grundrechtscharta der Europäischen Union wird in Artikel 3 das reproduktive Klonen von Menschen verboten.

In Großbritannien wurde kürzlich der Weg zum Therapeutischen Klonen frei gemacht. Damit wurde die Herstellung menschlicher Embryonen mittels Kerntransfer für die Erforschung und Therapie von menschlichen Erkrankungen, aber auch die Erforschung von Alternativen zu Stammzellen aus menschlichen Embryonen ermöglicht. Es wurde jedoch auch deutlich auf die damit einhergehenden ethischen und biologischen Probleme hingewiesen.

Literatur – eine Auswahl:

- UNESCO - Universal Declaration on the Human Genome and Human Rights, 11. November 1997, Art.11
- Übereinkommen über Menschenrechte und Biomedizin des Europarates, Art.13, Art.18; Zusatzprotokoll 1998, Art.1, <http://www.ruhr-uni-bochum.de/zme/Europarat.htm#dt>
- Fortpflanzungsmedizingesetz 1992, § 3, § 9 (BGBl. 275/1992)
- Klonierung beim Menschen - Biologische Grundlagen und ethisch-rechtliche Bewertung; Stellungnahme für den Rat für Forschung, Technologie und Innovation in Deutschland, April 1997, <http://www.technologierat.de/vdi/erg/klon.htm>
- Cloning: Pathways to a Pluripotent Future, Anne McLaren, Science 2000, 288(5472), 1775ff.
- Gene und Klone - Eine Einführung in die Gentechnologie, Ernst-Ludwig Winnacker, Wiley/VCH 1990, ISBN: 3527282351
- Stichwort Klonen, Gabor Stiegler, Heyne-Taschenbuch München, 1997, ISBN: 3453134699
- Geheimakte Leben - wie die Biomedizin unser Leben und unsere Weltsicht verändert, Johannes Huber, Knecht 2000, ISBN:3782008316
- Schöpfungspfuscher? Klonen - ein Vorschlag zur Versachlichung, Andreas Malessa, Brendow, Moers 1998, ISBN: 3870677538
- Blueprint – Blaupause (Roman), Charlotte Kerner, Beltz und Gelberg 1999, ISBN: 3407808372
- Chromosome 6 (Science fiction), Robin Cook, Putnam Publishing Group 1997, ISBN: 039914207X