

Potenzial der Stammzellen

Stammzellen sind besondere Zellen. Sie haben das Potenzial, in unserem Körper Zellen und Gewebe zu erneuern. Die Hoffnung besteht, dass dank der Stammzellenforschung dereinst Krankheiten wie Parkinson, Alzheimer oder Diabetes heilbar werden.

Wussten Sie, dass Sie aus einer einzelnen Stammzelle entstanden sind? Und dass es in Ihrem Körper noch immer viele verschiedene Sorten von Stammzellen gibt, die zum Beispiel dafür sorgen, dass Ihre Haut nach einem Kratzer wieder nachwächst?

1. Stammzellen

Die Forschung an Stammzellen ist einer der faszinierendsten Bereiche der modernen Biologie. Stammzellen weisen beeindruckende Eigenschaften auf. Die Hoffnung besteht, dass mit ihnen dereinst Krankheiten wie Alzheimer, schwere chronische Herz- oder Leberleiden behandelt werden können. Aber wie viele andere rasch expandierende Forschungsgebiete, wirft auch die Stammzellforschung stets neue Fragen auf – Fragen nicht nur wissenschaftlicher, sondern auch juristischer, politischer, wirtschaftlicher und ethischer Natur.

Stammzellen unterscheiden sich von anderen Zellen in unserem Körper vor allem durch drei Besonderheiten:

- a. Sie können sich über einen längeren Zeitraum teilen. Andere Zellen in unserem Körper haben nur eine begrenzte Lebensdauer. Hautzellen werden im Durchschnitt nur zwei Wochen alt, sterben dann ab und werden durch neue ersetzt.
- b. Stammzellen sind nicht spezialisiert, d.h. sie sind nicht bereits für eine bestimmte Aufgabe im Körper vorgesehen, wie dies etwa bei Herzmuskelzellen der Fall ist.
- c. Stammzellen können durch Teilung spezialisierte Zellen herstellen.

2. Embryonale Stammzellen: unser aller Ursprung

Wissenschaftler unterscheiden zwei Sorten von Stammzellen: embryonale und adulte Stammzellen. Embryonale Stammzellen (ES-Zellen) entstammen, wie der Name sagt, aus Embryonen. Wir alle sind aus einer solchen Stammzelle entstanden – aus der befruchteten Eizelle. Durch Teilung entsteht aus dieser Zelle ein erwachsener Mensch. Bis zu einem Stadium von acht Zellen besitzt jede dieser Zellen die Fähigkeit, zu einem ganzen Menschen auszuwachsen. Zellen in einem späteren Stadium verlieren diese Fähigkeit. Diese frühen Zellen werden daher totipotent genannt, vom lateinischen «zu allem fähig».

Am fünften und sechsten Tag nach der Befruchtung befindet sich der Embryo im Blastozystenstadium. Die Blastozyste hat dann die Form einer Hohlkugel und besteht aus etwa 200 Zellen. Im Inneren der Kugel befinden sich ungefähr dreissig Zellen aus denen später alle der über 200 Zelltypen des menschlichen Körpers entstehen können, aber nicht mehr ein kompletter Organismus. Dieser kleine Zellhaufen im Innern ist die Quelle der ES-Zellen. Man bezeichnet diese Zellen als pluripotent – «zu vielem fähig».

Möchte man solche ES-Zellen gewinnen, so wird der Embryo zerstört und die Zellen entnommen. Die Zellen können dann im Labor gezüchtet werden. Allerdings ist das eine schwierige Aufgabe: Es dauerte 20 Jahre, bis die Forschenden den Trick raus hatten, wie menschliche ES-Zellen im Labor wachsen können, denn die Stammzellen benötigen dazu

die richtige Umgebung und die richtigen Nährstoffe. Ist in der Kulturschale nicht alles perfekt, beginnen sich die Stammzellen unkontrolliert zu differenzieren, d.h. sie verlieren ihre Pluripotenz und werden zu spezialisierten Zellen, z.B. zu Leberzellen. James Thompson von der University of Wisconsin war der erste, der menschliche ES-Zellen isolieren und kultivieren konnte.

Heute kennen die Forscherinnen und Forscher den Mix an Substanzen, der für das Überleben von menschlichen ES-Zellen nötig ist. Wissenschaftler können die Stammzellen in ihrem undifferenzierten Stadium kultivieren, sie aber auch zur Differenzierung in die embryonalen Grundgewebe Entoderm (Innenschicht), Mesoderm (Mittelschicht) und Ektoderm (Aussenschicht) anregen. Das Ziel der Forschenden ist es, den Prozess der Differenzierung kontrolliert durchzuführen. Sie möchten die ES-Zellen in der Kulturschale dazu bewegen, dass aus ihnen ein neues Organ entsteht, zum Beispiel ein neues Herz (bis dorthin ist es allerdings noch ein weiter Weg). Wenn ES-Zellen mit bestimmten Wachstumsfaktoren stimuliert werden, können sie sich in die verschiedenen Zelltypen differenzieren: Hautzellen, Hirnzellen (Neuronen und Gliazellen), Knorpelgewebe (Chondrozyten), Osteoblasten (Knochen bildende Zellen), Hepatozyten (Leberzellen), Muskelzellen, Zellen der Skelettmuskulatur und Herzmuskelzellen (Myozyten).

Umstrittene Forschung

Die Forschung mit embryonalen Stammzellen ist ethisch sehr umstritten, denn für die Gewinnung von ES-Zellen müssen Embryonen zerstört werden. Woher stammen diese Embryonen? Forschende in der Schweiz arbeiten mit so genannten überzähligen Embryonen: Ein Embryo wird dann überzählig, wenn er durch künstliche Befruchtung (In vitro-Fertilisation) erzeugt, dann aber der Frau nicht eingepflanzt wird. Er besteht zu diesem Zeitpunkt aus wenigen Zellen und ist fast so klein wie das Pünktchen auf diesem i. Seit der Annahme des Stammzellenforschungsgesetzes 2004 können solche Embryonen für die Forschung verwendet werden, falls das Paar dies möchte. Die Forschenden haben aber nicht freie Hand im Umgang mit den Embryonen, es gibt klare Regeln einzuhalten. Ein entsprechendes Forschungsprojekt muss vom Bundesamt für Gesundheit (BAG) bewilligt werden und die zuständige Ethikkommission muss ebenfalls ihr Einverständnis geben. Per Gesetz darf mit menschlichem Keimgut und mit Erzeugnissen aus Embryonen nicht gehandelt werden.

- Darf man Embryonen töten, um damit zu forschen, wenn das Paar damit einverstanden ist?
- Welche Rechte hat ein überzähliger Embryo? Hat er die gleichen Rechte wie ein geborenes Kind?
- Wann beginnt das Leben? Mit der Befruchtung? Mit der Einnistung in die Gebärmutter? Mit dem Entstehen des Schmerzempfindens? Mit dem Beginn der Hirnentwicklung? Mit der Geburt?

Über diese und ähnliche Fragen wurde 2004 im Rahmen des Stammzellenforschungsgesetzes (StFG) abgestimmt. 66 Prozent der Schweizer Bevölkerung stimmten für eine streng geregelte Stammzellenforschung. Das Gesetz ist seit 2005 in Kraft. 2010 zeigte eine Evaluation, dass die Umsetzung des Gesetzes grundsätzlich gut funktioniert und eine Revision derzeit nicht angezeigt ist.

3. Adulte Stammzellen: zuständig für Erneuerung und Reparatur

Die zweite Art von Stammzellen, die adulten Stammzellen (AS-Zellen), unterscheiden sich massgeblich von den embryonalen Stammzellen: Man findet sie in vielen verschiedenen Geweben des erwachsenen Körpers, allerdings nur jeweils in geringer Zahl. Sie sind zuständig für Erneuerung und Heilung. Zum Beispiel in der Haut: Die oberste Hautschicht erneuert sich alle zwei Wochen. Alte Zellen sterben ab und werden durch neue aus unteren Schichten ersetzt. Dafür verantwortlich sind Hautstammzellen, die etwas tiefer in der Haut sitzen. Die Zellen teilen sich und sorgen für Nachschub. Bei der Teilung entsteht wiederum eine adulte Stammzelle, sowie eine neue, spezialisierte Körperzelle.

Auch in vielen anderen Geweben des Menschen haben Forschende AS-Zellen gefunden: im Hirn, im Knochenmark, im Blut, in den Muskeln und in der Leber. Adulte Stammzellen sind multipotent, sie können nur noch alle Zelltypen innerhalb des jeweiligen Gewebes ausbilden. Eine Blutstammzelle im Knochenmark kann daher rote Blutkörperchen, weisse Blutkörperchen, Blutplättchen etc. bilden, aber keine Nervenzellen. Gewisse AS-Zellen können über eine lange Zeit im Ruhezustand verharren und sich erst dann teilen, wenn sie gebraucht werden, etwa bei einer Verletzung. Im Gegensatz zu den ES-Zellen ist es ethisch viel weniger heikel, adulte Stammzellen für die Forschung zu gewinnen. Man benötigt dazu lediglich die Einwilligung einer Person, die ihre Stammzellen der Forschung zur Verfügung stellen will. Zudem sind AS-Zellen einfacher zu gewinnen.

Die Forschung mit AS-Zellen hat in den letzten Jahren grosse Fortschritte erzielt. Forscherinnen und Forscher suchen nach Wegen, wie man diese Zellen in Kultur so steuern kann, dass sie spezialisierte Zellen produzieren, welche gegen Krankheiten eingesetzt werden könnten. So könnten Dopamin-produzierende Zellen im Hirn von Parkinsonpatienten helfen, den fehlenden Stoff herzustellen; dasselbe gilt für Insulin-produzierende Zellen für Diabetiker, oder Herzmuskelzellen, welche Patienten nach einem Herzinfarkt verabreicht werden können. Letztere Technik wird zwar in ersten Versuchen bereits angewendet, allerdings wird es noch viele Jahre dauern, bis solche Therapien zum medizinischen Alltag gehören.

Die wichtigsten Fragen zu den adulten Stammzellen lauten heute: Wie viele Arten von AS-Zellen gibt es überhaupt und in welchen Geweben existieren sie? Wie entstehen AS-Zellen? Wieso bleiben sie in einem undifferenzierten Zustand, obwohl sich alle anderen Zellen in der Umgebung spezialisieren? Welches sind die Signale, die AS-Zellen dazu bringen, sich zu teilen?

4. Stammzellen zur Behandlung von Leukämie

Wissenschaftler schaffen es immer besser, die AS-Zellen im Körper zu identifizieren und aus verschiedenen Geweben zu isolieren. In manchen Fällen gelingt es sogar, sie in Kultur zu züchten, obwohl dies ein schwierigeres Unterfangen ist als bei ES-Zellen. Seit über 40 Jahren werden blutbildende Stammzellen medizinisch eingesetzt, vor allem zur Behandlung von Leukämien (Blutkrebs). Sie nisten sich nach der Bestrahlung im Knochenmark ein und bauen wieder eine normale Blutbildung auf (siehe Grafik 8.1). In Europa finden jährlich rund 40'000 blutbildende Stammzelltransplantationen statt – man kann also durchaus von einer Routineoperation sprechen. Die AS-Zellen wurden früher aus gespendetem Knochenmark gewonnen und in die Blutbahn des Patienten gespritzt. Heute werden sie zum grossen Teil direkt dem Blut entnommen.

5. Stammzellen zur Behandlung von verbrannter Haut

Künftig soll der Kreis der Anwendungsmöglichkeiten stark erweitert werden. So ist es heute bereits möglich, Menschen mit grossflächigen Verbrennungen körpereigene Haut zu verpflanzen, die man nach dem Unfall im Labor gezüchtet hat. Was so einfach scheint, ist in Wirklichkeit aber ein schwieriges Unterfangen. Eine Reihe von Hürden gilt es zu überwinden, um körpereigene Haut zu produzieren.

So müssen die Hautstammzellen zunächst isoliert werden. Hat man die Stammzellen gefunden, müssen diese im Labor vermehrt werden, sodass sie zur Behandlung der verbrannten Körperstellen genutzt werden können. Man züchtet sie auf einem Brückengewebe, das geeignete Bedingungen für Zellwachstum sicherstellt. Das neue Gewebe muss so auf den Patienten übertragbar sein, dass die Regeneration maximal angeregt wird und sich eine schöne, glatte Haut bildet. Bei dieser gezüchteten Haut handelt es sich allerdings nicht um echte Haut. Es fehlen Schweißdrüsen und Haare. Vor allem bei grossflächigen Transplantationen wird das zu einem Problem. Über die Jahrzehnte konnten Forschende die transplantierte Haut jedoch stetig verbessern.

6. Stammzellen zur Behandlung von Augenkrankheiten

Ermutigend ist auch die Entdeckung menschlicher Netzhautstammzellen: Die Stammzellen vermehren sich im Reagenzglas laufend und differenzieren in die verschiedenen Zellen der Netzhaut. Im Fokus ist zum Beispiel die Behandlung der Makuladegeneration, einer Augenkrankheit, bei der bestimmte Zellen in der Netzhaut absterben. Mithilfe der Stammzellentechnologie können nun neue Zellen gezüchtet werden, die die abgestorbenen Zellen ersetzen. Es wurden bereits verschiedene klinische Versuche durchgeführt, mit ermutigendem Resultat. Erkrankte Patienten konnten nach der Behandlung wieder Zeitschriften und Bücher lesen.

7. Stammzellen in der Arzneimittelforschung

Stammzellen werden heute bereits erfolgreich in der pharmazeutischen Arzneimittelforschung eingesetzt. Einerseits sind Stammzellen sehr hilfreich, wenn es darum geht, die Wirksamkeit bestimmter Wirkstoffe zu testen. So kann ein Wirkstoff, der gegen die Parkinson-Krankheit wirken soll, an Stammzellen getestet werden, die von einem Parkinson-Patienten stammen. Damit erhält man aussagekräftigere Resultate, da es sich um menschliche Zellen handelt.

Immer öfter werden Stammzellen auch eingesetzt, um die Sicherheit von Wirkstoffen zu testen. Welche unerwünschte Wirkung hat ein Wirkstoff? Auch dies kann an menschlichen Stammzellen getestet werden. Fällt der Test negativ aus, wird der Wirkstoff eventuell gar nicht weiterverfolgt und die anschliessend geplanten Tierversuche werden nicht durchgeführt. Stammzellen haben zudem einen weiteren Vorteil: Sie können theoretisch in unendlicher Menge produziert werden.

iPS-Zellen oder wie aus AS-Zellen wieder ES-Zellen werden

2006 ist dem japanischen Forscher Shinya Yamanaka und seinem Team ein stammzellentechnisches Kunststück gelungen, das bis zu diesem Zeitpunkt viele für unmöglich gehalten hatten: Er brachte AS-Zellen dazu, sich in einen Zustand zurückzusetzen, der mit dem der ES-Zellen in vielerlei Hinsichten identisch ist. Er nannte diese Zellen induzierte pluripotente Stammzellen (iPS-Zellen). Diese Zellen haben den Vorteil, dass für ihre Gewinnung keine Embryonen zerstört werden müssen. Und: Sollte man sie in Zukunft für medizinische Therapien nutzen können, so würden zudem die Probleme mit der Abstossungsreaktion des Körpers wegfallen, da man körpereigene AS-Zellen in iPS-Zellen zurückverwandeln könnte.

Heute können iPS-Zellen hergestellt werden ohne die Ausgangszellen gentechnisch verändern zu müssen. Ob die iPS-Zellen auch tatsächlich medizinisch eingesetzt werden können, muss sich erst noch weisen. Die erste iPS-Studie an Patienten mit Makuladegeneration startete 2014. Der Ausgang ist offen. Eine zweite klinische Studie im Bereich Parkinson-Krankheit läuft seit September 2018.

8. Ethische Aspekte: Wann beginnt das Leben?

Ab wann ist der Mensch ein Mensch? Ab wann beginnt das Leben? Ist der Embryo bereits ein Mensch mit allen zugehörigen Rechten? Welche Rechte hat ein überzähliger Embryo – hat er die gleichen Rechte wie ein geborenes Kind?

Die Diskussion rund um die Stammzellforschung ist in den letzten Jahren deutlich ruhiger geworden. Die Ursache dafür liegt in den Alternativen zu den umstrittenen humanen ES-Zellen. Die adulten Stammzellen (AS-Zellen), die im Körper jedes Menschen vorkommen sowie die iPS-Zellen sind heute vielversprechende Alternativen zu ES-Zellen.

Die ethische Frage, ob menschliche Embryonen zu Forschungszwecken erzeugt bzw. verwendet werden dürfen oder sogar müssen, weil Ärzte verpflichtet sind, Kranken zu helfen, wird weltweit unterschiedlich beantwortet. In einigen Ländern dürfen Embryonen, die nach künstlichen Befruchtungen überzählig eingefroren vorliegen, in der Forschung eingesetzt werden. Grossbritannien ist sogar noch einen Schritt weitergegangen: seit 2001 ist therapeutisches Klonen menschlicher Embryonen in der Forschung unter gewissen

Bedingungen erlaubt. Beim therapeutischen Klonen handelt es sich um ein Verfahren zur Züchtung von Gewebe mit körpereigenem Erbgut (siehe Kapitel Klonieren). In der Schweiz dagegen verbietet das Gesetz derartige Praktiken.

Weitere Informationen finden Sie unter: biotechlerncenter.interpharma.ch

Dokumente

Die Rechtslage in der Schweiz:

Bundesverfassung

[Artikel 119](#) regelt die Fortpflanzungsmedizin und Gentechnologie im Humanbereich. Alle Arten des Klonens und Eingriffe in das Erbgut menschlicher Keimzellen sind verboten. Die Verfahren der medizinisch unterstützten Fortpflanzung dürfen nur angewendet werden, wenn die Unfruchtbarkeit oder die Gefahr der Übertragung einer schweren Krankheit nicht anders behoben werden kann, nicht aber, um beim Kind bestimmte Eigenschaften herbeizuführen oder um Forschung zu betreiben.

Fortpflanzungsmedizingesetz

Das [Fortpflanzungsmedizingesetz](#) enthält die für die Forschung an menschlichen Embryonen relevanten Vorschriften. Es verbietet das Erzeugen von Embryonen zu Forschungszwecken, das Klonen und den Eingriff ins Erbgut von Embryonen. Die Ei- und die Embryonenspende sowie die Leihmutterschaft sind unzulässig.

Stammzellenforschungsgesetz

Das [StFG](#) legt fest, unter welchen Voraussetzungen menschliche embryonale Stammzellen aus überzähligen Embryonen gewonnen und zu Forschungszwecken verwendet werden dürfen.

Weitere Informationen

[Die Geschichte der Stammzellen](#)

[Stiftung Gen Suisse, Thema Stammzellforschung](#)

[Nationales Forschungsprogramm NFP 63 „Stammzellen und regenerative Medizin“ \(Abschluss: 2016\)](#)

Stem Cell School Tool des NFP 63

Das [Stem Cell School Tool](#) gibt Schülerinnen und Schülern einen aktuellen Einblick ins Thema Stammzellen. Es erklärt einerseits die grundlegenden Phänomene der Stammzellen (Modul 1) und versucht andererseits anhand konkreter Forschungsprojekte zu erklären, wie der Stand der regenerativen Medizin heute ist (Modul 2). Das Modul 3 wiederum behandelt den neuesten Durchbruch in der Stammzellforschung: die Möglichkeit, „erwachsene“ Zellen rückzuprogrammieren (iPS-Zellen). Das Schulmaterial richtet sich an Schülerinnen und Schüler der Gymnasialstufe, insbesondere an solche mit Schwerpunkt Biologie. Die Module bestehen jeweils aus Einführungstext, Aufgaben, vielen Grafiken und Bildern sowie einer Begleitdokumentation für Lehrpersonen.

Links

[Die Zelle](#), begehbare Modell einer ca. 300'000-fach vergrösserten menschlichen Körperzelle