

Modul 3

Aufgaben zu Modul 3

Das Experiment des japanischen Stammzellforschers Shinya Yamanaka, das zeigte, dass man differenzierte Zellen (zum Beispiel Hautzellen) zu Stammzellen rückprogrammieren kann, war wohl das bisher bedeutendste Ergebnis der medizinischen Forschung im 21. Jahrhundert. Die daraus entstandene iPS-Technologie könnte viele bis anhin verschlossene Türen in der Erforschung und in der Heilung von Krankheiten öffnen. Diese Aufgaben sollen einen Einblick in die derzeitige Forschung mit iPS-Zellen geben und Möglichkeiten der medizinischen Forschung aufzeigen.

Beispiel 1: Erstellen eines Glossars

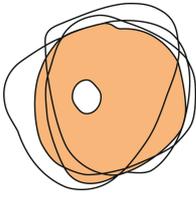
Beispiel 2: Interview mit Shinya Yamanaka über iPS-Zellen

Beispiel 3: Wohin führt die Forschung mit iPS-Zellen?

Beispiel 4: Krankheiten, die mit der iPS-Technologie untersucht oder behandelt werden könnten.

Beispiel 5: Vergleiche die Grösse unterschiedlicher Zelltypen

Beispiel 6: Erstmals menschliche ES-Zellen geklont



Beispiel 1: Erstellen eines Glossars

Auftrag 1:

Definieren Sie die folgenden Fachwörter basierend auf dem Skript in max. zwei Sätzen:

Totipotente Stammzelle:

Pluripotente Stammzelle:

Zelldifferenzierung:

Expressionmuster der DNA:

Klon:

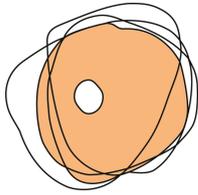
Reprogrammierung:

Master-Gen:

Onkogen:

Auftrag 2:

Erklären Sie in je einem Absatz die Zellkern-Transfer-Methode und die iPSC-Methode in eigenen Worten.



Beispiel 2: Interview mit Shinya Yamanaka über iPS-Zellen

Der japanische Forscher Shinya Yamanaka (Abb. 1) wurde im Jahr 2012 mit dem Nobelpreis für Medizin ausgezeichnet (zusammen mit John B. Gurdon). Er konnte auf eindruckliche Weise zeigen, dass differenzierte Zellen zu pluripotenten Stammzellen reprogrammiert werden können.

Dieses Interview wurde im Jahr 2010 in der renommierten Wissenschaftszeitschrift «Nature» veröffentlicht. Das Interview führte Mary Muers (Übersetzung Rico Kunzmann).

Interviewer: *Warum haben Sie sich entschieden, Ihre Arbeit als Mediziner aufzugeben und in die medizinische Forschung zu gehen?*

Shinya Yamanaka: Vor vielen Jahren war ich ein orthopädischer Chirurg, doch ich fand, dass ich nicht talentiert war. Also dachte ich, dass ich so nicht vielen Patienten helfen kann. Doch auch ein sehr guter Chirurg kann nicht sehr vielen Patienten helfen. Aus diesen zwei Gründen habe ich mich entschieden, medizinische Forschung zu betreiben und nicht Medizin zu praktizieren.

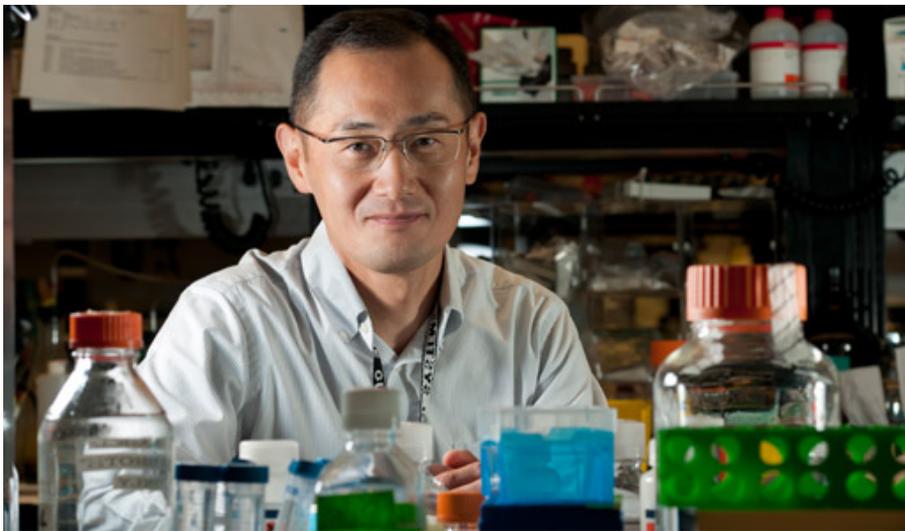
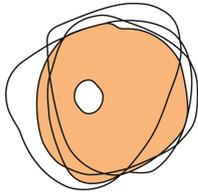


Abbildung 1: Shinya Yamanaka in seinem Labor.
(Quelle: www.nobelprize.org)

Wie kam Ihr Interesse auf die Stammzellen?

Nun, das ist eine lange Geschichte. Ich habe meine Doktorarbeit in Pharmakologie gemacht, und während meines Trainings als Doktorand habe ich mich sehr für die Technologie der knockout (KO)-Mäuse interessiert. Also



habe ich mich nach der Doktorarbeit entschlossen, meine Forschung weiterzutreiben und nicht zurück in die Klinik zu gehen. Um mehr über die Technologie der KO-Mäuse zu lernen, habe ich mich entschieden in die USA zu gehen und ein Postdoktorat am Gladstone Institute in San Francisco zu machen. Da bin ich dann den embryonalen Stammzellen begegnet, denn wir brauchten embryonale Stammzellen von Mäusen, um die KO-Mäuse herzustellen. Das war vor etwa 15 Jahren, und damals waren embryonale Stammzellen nur ein Werkzeug um KO-Mäuse herzustellen, und nicht um Forschung an ihnen zu betreiben. Doch während meines Postdoktorats habe ich ein neues Gen identifiziert, von dem ich dachte, dass es wichtig in Krebserkrankungen sei. Um die Funktion dieses Gens zu studieren, habe ich eine KO-Maus gemacht, und es zeigte sich, dass das Gen, das ich studierte, sehr wichtig für die Pluripotenz in embryonalen Stammzellen ist. So also kam mein Interesse auf die Stammzellen.

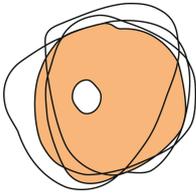
Was hat Sie davon überzeugt, dass es möglich ist, differenzierte Zellen in Stammzellen umzuwandeln?

Im Jahre 1996 wurde Dolly, das Schaf, geboren, und viele Jahre davor, im Jahre 1962, konnte John Gurdon zeigen, dass adulte Froschzellen reprogrammiert werden können. Von diesen Experimenten wussten wir, dass es möglich ist, adulte Zellen zu reprogrammieren. Da waren aber auch andere wichtige Studien, unter anderem die grossartige Arbeit in Fliegen, die das Gen namens *Antennapedia* identifizierte. Das ist eine Art Master-Regulator-Gen: Wenn man es in Antennen exprimiert, dann entwickeln sich Beine anstelle von Antennen. *MyoD* ist ähnlich wichtig in Muskeln. Von diesen Experimenten wussten wir, dass Transkriptionsfaktoren ein Zellschicksal ändern können. Aber wir waren nicht sicher, ob wir Zellen mit Transkriptionsfaktoren reprogrammieren können – ich dachte einfach, wir sollten es versuchen.

Wie haben Sie die Faktoren, die Sie probieren wollten, ausgewählt?

Wir haben eine Methode aufgebaut, mit der wir die Reprogrammierung in Wirkstoff-Resistenz verwandeln konnten. Mit dieser Methode haben wir viele mögliche Faktoren getestet, um zu sehen, ob sie Pluripotenz induzieren können. Wir hatten 24 Kandidaten und natürlich testeten wir am Anfang jeden Kandidaten einzeln. Doch keiner funktionierte – wir sahen keine Reprogrammierung. Doch wenn wir einfach alle 24 Faktoren kombinierten, erhielten wir Wirkstoff-resistente Kolonien.

Dachten Sie damals, dass Ihre Arbeit ein derart neues Forschungsgebiet eröffnen wird?



Wir dachten, dass unsere Arbeit sehr wichtig werden könnte, doch in dieser Zeit dachte ich vor allem an Anwendungen in der regenerativen Medizin. Bald danach realisierte ich, durch Gespräche mit vielen anderen Wissenschaftlern, dass iPS-Zellen auch nützlich auf der Suche nach neuen Medikamenten und in der Toxikologie sein können. Als wir diesen ersten Artikel in *Cell* veröffentlichten, erwarteten wir nicht diese Begeisterung – es ist mehr als wir erwartet haben!

Wo wird die iPS-Zellforschung in einem Jahr stehen? Wo in zehn Jahren?
In einem Jahr erwarte ich einige Anwendungen in der Toxikologie und der Medikamentenforschung – das ist sehr naheliegend. In zehn Jahren? Da ist es schwierig, Vorhersagen zu machen. Wir hoffen, dass wir diese Zellen in der regenerativen Medizin benutzen können, aber es ist noch unklar, ob das möglich ist. Es gibt viele, viele Hürden bevor man das klinisch testen kann. Diese Zellen sind noch wie Babys: sie haben grosses Potential, aber wir können noch nicht vorhersagen, was genau passieren wird – wie Tiger Woods, als er ein Kind war! Im Moment sind iPS-Zellen unsicherer als menschliche Stammzellen, doch viele dieser Schwierigkeiten sind nur technisch. Ich hoffe wirklich, dass man diese Probleme bezüglich Sicherheit und Effizienz im Differenzierungsprozess in ein paar Jahren überwinden kann. Ich hoffe, dass man diese Zellen in zehn Jahren in der Stammzellentherapie benutzen kann, doch ist es schwierig, eine Vorhersage zu machen.

iPS-Zellen erhielten eine grosse mediale Aufmerksamkeit. Wird dadurch der Druck auf die Wissenschaftler grösser?

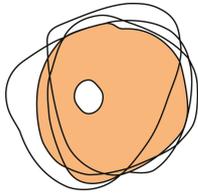
Ich fühle manchmal den Druck, nicht nur von den Medien, sondern auch von den Patienten. Doch auf eine Art ist das auch gut – obwohl die Konkurrenz sehr hart ist, denke ich, dass der Druck gut ist für die Patienten, denn dadurch geschieht vieles schneller.

Welchen Ratschlag würden sie einer jungen Person, die an einer wissenschaftlichen Karriere interessiert ist, geben?

Ich denke, man muss offen sein. Wir stellen eine Hypothese auf, und wir machen dann Experimente, um diese Hypothese zu testen. Stimmen die Resultate nicht mit unserer Hypothese überein, sind wir sehr enttäuscht. Doch diese Resultate könnten eine neue Chance für eine neue Entdeckung sein – das passierte mir einige Male. Deshalb ist Wissenschaft derart interessant und macht soviel Spass – sie ist unvorhersagbar.

Fragen:

a.) Was sind knockout (KO)-Mäuse?



Eine KO-Maus (englisch to knock out – ausser Gefecht setzen) ist eine Maus, bei der durch genetische Manipulation gezielt ein Gen deaktiviert wurde. Dadurch wird kein Protein dieses Gens mehr hergestellt. Die Manipulation wird zum Beispiel in Stammzellen durchgeführt. Anschliessend werden die manipulierten Zellen in die Keimbahnzellen einer Maus eingebracht. Die genetische Manipulation wird weitervererbt. Mit dieser Methode wird untersucht, wie sich das Fehlen dieses Proteins auf das Leben der Maus auswirkt.

b.) *Wie kann man Reprogrammierung in Wirkstoff-Resistenz umwandeln? Man kann die manipulierten Zellen in einem Nährmedium wachsen lassen, das gefährliche Bakterien enthält. Wenn die Zellen nicht reprogrammiert werden, töten die Bakterien diese Zellen ab. Werden sie jedoch zu pluripotenten Stammzellen reprogrammiert, werden sie dank gentechnischen Methoden ein Antibiotikum gegen diese Bakterien produzieren – und so überleben. Sie sind resistent geworden.*

c.) *Wozu wurden Stammzellen vor 15 Jahren hauptsächlich gebraucht? Wozu heute?*

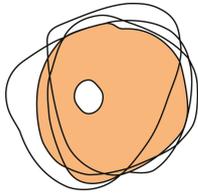
Vor 15 Jahren wurden Stammzellen vor allem gebraucht, um KO-Mäuse herzustellen. Stammzellen waren damals ein Werkzeug für die Biotechnologie. Seither hat sich das verändert. Man benutzt Stammzellen zwar nach wie vor, um KO-Mäuse herzustellen, doch ist dies nur noch ein Teilgebiet. Seither hat sich die Stammzellenforschung zu einem neuen Forschungsgebiet entwickelt. Dabei steht die Ergründung der Identität und der Eigenschaften von Stammzellen im Vordergrund.

d.) *Die iPS-Technologie hat viele Patienten auf eine Heilung hoffen lassen. Wie wirkt sich dieser Druck auf die Forschung an iPS-Zellen aus?*

Es wird viel Hoffnung auf diese Technologie gesetzt. Doch es dauert Jahre und Jahrzehnte, bis eine Entdeckung, die ursprünglich in Mäusen gemacht wurde, erfolgreich auf Menschen übertragen werden kann. Der Vorteil dieser Technologie ist jedoch, dass sie in ihrem Grundprinzip sehr einfach ist und daher von vielen Labors weltweit angewendet werden kann. Die Wissenschaftler spornen sich gegenseitig an mit ihren Ergebnissen, sodass sich die Forschung schneller entwickelt.

e.) *Wie kam Yamanaka auf die Idee, differenzierte Zellen in Stammzellen umzuwandeln?*

Die Zellkern-Transfer-Experimente haben Yamanaka überzeugt, dass Reprogrammierung prinzipiell möglich ist. Die Identifikation von Master-Regulator-Genen hat ihn dann spekulieren lassen, dass nur eine kleine Anzahl an Proteinen dazu notwendig sein könnte.



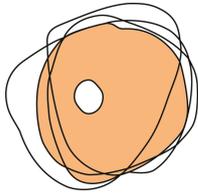
f.) Wo sieht Yamanaka die Zukunft der iPS-Zellforschung?

Yamanaka ist vorsichtig in seiner Antwort über die Zukunft der iPS-Forschung. Er vergleicht sie mit einem kleinen Kind, aus dem noch sehr vieles werden kann. Denn bis zur Behandlung von Patienten werden Hürden auftreten, die im Moment nicht vorhersehbar sind. Von der Forschung im Labor bis zu einem Medikament, das man in der Apotheke kaufen kann, ist es ein sehr langer, ungewisser Weg.

g.) Welche Entscheidungen haben Yamanakas Weg geprägt? Wie hat Yamanaka diese Entscheidungen getroffen?

Die wohl grundlegendste Entscheidung war jene für die Arbeit als Forscher und gegen die praktizierende Medizin. Eine weitere wichtige Entscheidung war, dass er weiterhin auf den Menschen bezogen forschte. Wenn man Yamanakas Interview liest, fällt es auf, dass ihm sein persönliches Interesse an einer Arbeit am Wichtigsten ist. Er verfolgt dabei nicht einen vorgegebenen Karriereplan oder macht, was andere von ihm erwarten, sondern hört auf sein Gefühl.

h.) Welche Eigenschaften würde Yamanaka wohl von Ihnen als junger Wissenschaftler erwarten, wenn Sie für ihn arbeiten würden?
Individuelle Antwort der SuS gefordert.



Beispiel 3: Wohin führt die Forschung mit iPS-Zellen?

Embryonale Stammzellen (ES-Zellen) vs. iPS-Zellen

Bereits kurz nach der Entdeckung der iPS-Zellen stellte sich die Frage, ob die iPS-Zellen den pluripotenten ES-Zellen ähnlich sind. Beide Zelltypen werden bis zu einem gewissen Grad künstlich erzeugt und am Leben erhalten. Zwar werden ES-Zellen direkt aus Blastozysten gewonnen, doch werden sie danach über Jahre hinweg in Petrischalen, in einem Wärmeschrank bei 37 Grad und mit Hilfe bestimmter Nährstofflösungen am Leben erhalten. Eine solche Umgebung ist auf jeden Fall anders als im menschlichen Körper. Man kann diese ES-Zellen nicht mit Stammzellen gleichsetzen, die im Körper vorkommen. Die Situation ist vergleichbar mit einer Fussballmannschaft, die über Jahre hinweg in einem leeren Stadion spielen muss. Das verändert das Verhalten einer Mannschaft, denn es gibt eine Verbindung zwischen Mannschaft (Zelle) und Fans (Umgebung).

Inwiefern sich ES-Zellen in einer Petrischale von den ES-Zellen im menschlichen Körper unterscheiden, wird derzeit untersucht. ES-Zellen in einer Petrischale gibt es bereits seit den 1980er-Jahren, das heisst, man weiss schon sehr viel über diese Zellen.

Ganz im Gegensatz zu den neuen iPS-Zellen. Sie sind künstlich erzeugte Zellen (ausserhalb eines Organismus); zwar pluripotent, aber es ist unklar, wie ähnlich sie den pluripotenten ES-Zellen sind. Falls es signifikante Unterschiede gibt, wäre es von grösster Wichtigkeit zu wissen, welche Auswirkungen diese Unterschiede haben. In den letzten Jahren haben Forscher aus aller Welt die Identität von iPS-Zellen untersucht und diese mit der von ES-Zellen verglichen. Dabei fällt auf, dass es bereits zwischen den einzelnen iPS-Zellklonen recht grosse Variationen gibt (Abb. 2).

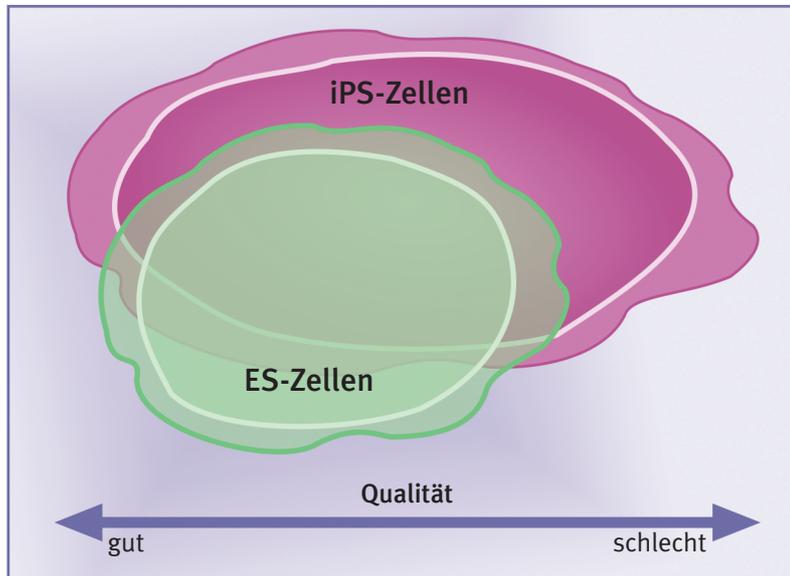
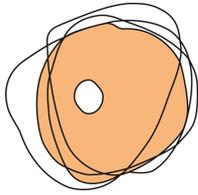


Abbildung 2: Überlappende Variationen in Klonen von ES-Zellen und iPS-Zellen. (Quelle: Yamanaka, 2012, Cell StemCell)

Sichere iPS-Zellen herstellen

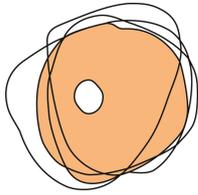
Um iPS-Zellen herzustellen werden vier Gene in die differenzierten Zellen eingeführt. Diese vier Gene werden ins Erbgut (in die DNA) der Zelle integriert und lösen dann die Reprogrammierung aus. Das Problem ist: Diese vier Gene bleiben der Zelle erhalten und da es sich bei zwei der vier Gene um Onkogene handelt (also Gene, die Krebs auslösen könnten) ist unklar, ob diese iPS-Zellen zur Behandlung von Patienten genutzt werden können. Denn es besteht die Gefahr, dass der Patient an Krebs erkranken könnte.

Daher arbeiten Forschungsgruppen intensiv daran, ein iPS-System zu entwickeln, das ohne Onkogene auskommt oder bei dem die eingeführten Gene nach dem Reprogrammierungsprozess wieder entfernt werden können.

Direktes Reprogrammieren

Die grosse Herausforderung der Zukunft wird sein, Zellen direkt zu reprogrammieren.

Ein Beispiel: Ein Herzinfarktpatient braucht neue Herzmuskelzellen. Die bisherige Idee zur Herstellung von patienteneigenen Herzmuskelzellen würde so aussehen:



Hautzelle entnehmen → iPS-Zellen herstellen → aus iPS-Zellen
Herzmuskelzellen entstehen lassen

Einfacher wäre jedoch der direkte Weg:

Hautzelle entnehmen → direkte Verwandlung in eine Herzmuskelzelle

Aber ist diese Abkürzung überhaupt möglich? Das ist noch unklar. Forscher versuchen, Masterregulatoren im menschlichen Erbgut zu identifizieren, die aus einer differenzierten Zelle eine andere differenzierte Zelle machen können, so wie Antennapedia in der Fruchtfliege. Doch leider hat man beim Menschen erst sehr wenige solcher Masterregulatoren gefunden. Also suchen die Forscher nun, ähnlich wie Yamanaka in seinem Experiment, nicht einen einzigen Faktor, sondern eine Kombination von Faktoren. Tatsächlich gibt es bereits eine Kombination solcher Faktoren, die eine Bindegewebezelle direkt in eine Hirnzelle umwandeln können (ohne Umweg via iPS-Zelle).

Fragen:

a.) Warum sind die Qualitätsunterschiede von ES- und iPS-Zellen derart gross? Was hat das für Auswirkungen auf künftige Anwendungen?

Ein Zellklon besteht aus vielen Zellen, die alle aus derselben Zelle entstanden sind. Die ursprüngliche iPS-Zelle ist also ausschlaggebend. Offensichtlich sind aber nicht alle Ausgangszellen gleich gut. Vermutlich funktioniert die Reprogrammierung von Hautzellen zu iPS-Zellen nicht immer gleich gut. Will man diese iPS-Zellklone nun medizinisch verwenden, muss man die besten auswählen.

b.) Mit welchen Zellen könnte man das Gen-Expressionsmuster von iPS-Zellen noch vergleichen?

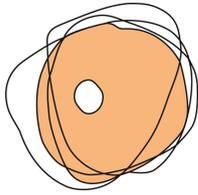
Zum Beispiel mit Stammzellen aus einer Blastozyste.

c.) Warum müssen die vier Faktoren ins Erbgut integriert werden?

Wenn sie nicht integriert würden, würden sie bei der Verdopplung der DNA nicht verdoppelt werden. Bei der Zellteilung würden sie durch Zufall nur an eine der Tochterzellen weitergegeben.

d.) Wie könnte man die vier ins Erbgut integrierte Faktoren wieder loswerden?

Man kann durch gentechnische Mittel vor und nach den vier Faktoren eine bestimmte DNA-Sequenz einfügen. Diese DNA-Sequenz wird später von einem Enzym erkannt, das dann die DNA dort trennt und die losen Enden anschliessend wieder verbindet. So könnte man die vier Faktoren aus dem Erbgut ausschneiden.



Beispiel 4: Krankheiten, die mit der iPS-Technologie untersucht oder behandelt werden könnten.

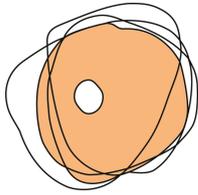
Die Forschung mit iPS-Zellen hat in den vergangenen Jahren grosse Fortschritte erzielt. In den nächsten Jahren wird sich zeigen, ob sich die iPS-Zellen für die Behandlung von Krankheiten eignen. Es läuft bereits eine erste klinische Studie mit iPS-Zellen in Japan. Das Ziel des Projektes besteht darin, aus iPS-Zellen Netzhautzellen zu gewinnen und diese in die erkrankten Augen von Patienten zu transplantieren.

Neben der Verwendung von iPS-Zellen in der regenerativen Medizin können iPS-Zellen auch nützlich sein, um Krankheiten zu erforschen. Dabei werden Zellen direkt einem erkrankten Patienten entnommen und in iPS-Zellen verwandelt. Diese patientenspezifischen Zellen werden verwendet, um Erkrankungen besser zu verstehen und Wirkstoffe zu testen.

Aufgabe:

Bilden Sie drei Gruppen. Wählen Sie pro Gruppe eine der folgenden Erkrankungen aus. Recherchieren und überlegen Sie sich, wie die iPS-Technologie zur Behandlung beitragen könnte (Entwicklung neuer Medikamente, Behandlung). Zeichnen Sie auf ein A3-Blatt in einem Schema mögliche Ansätze durch die iPS-Technologie (ähnlich wie in Abb. 9 des Skripts).

- a.) Psychische Erkrankungen (z. B. Depression oder Schizophrenie)
- b.) Infektionserkrankungen (z. B. Malaria oder Salmonellen)
- c.) angeborene, genetische Krankheiten (z. B. Beta-Thalassämie)



Beispiel 5: Vergleiche die Grösse unterschiedlicher Zelltypen.

Die iPS-Technologie ermöglicht es, eine Zelle in eine andere zu verwandeln. Aus der iPS-Zelle kann eine Vielfalt unterschiedlicher grosser Zellen mit verschiedenen Formen entstehen.

Aufgabe: Stellen Sie die verschiedenen Zellgrössen und -formen mit einer Schnur dar.

Sie haben viermal zwei Meter Schnur zur Verfügung, um die Form einer Hautzelle, einer embryonalen Stammzelle, einer iPS-Zelle sowie die Form einer frei wählbaren, differenzierten Zellart darzustellen.

Benutzen Sie für die jeweils grösste Zelle die ganzen zwei Meter Schnur. Passen Sie dann die Grösse der anderen Zellen entsprechend an. Recherchieren Sie die genaue Zellgrösse und -form im Internet nach.

Fotografieren Sie die verschiedenen Zellarten. Beschreiben Sie in wenigen Sätzen die Unterschiede in der Zellform zwischen den Zellarten.

Ausgangszelle:

Hautzelle (Fibroblasten): 15 μm Radius

Pluripotente Stammzelle:

iPS-Zelle/embryonale Stammzelle: 7 μm Radius

Differenzierte Zelle:

Spermium: Kopf: 2 μm ; Schwanz: 50 μm lang

Eizelle: 60 μm

Thrombozyten: 1,5 μm (ohne Zellkern)

Erythrozyten: 4 μm (ohne Zellkern)

Makrophagen (Fresszellen): 30 μm

Neuron (Hirnzelle): sehr unterschiedliche Grössen; 40 μm ; Axone können von wenigen μm bis über einen Meter lang (vom letzten Wirbel bis zur Zehe) sein.

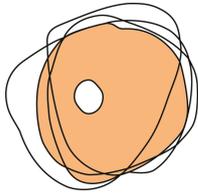
Hämatopoietische Stammzelle: 20 μm

Leberzelle: 10 μm

Adipozyten (Zellen des Fettgewebes): 50 μm (bis fünfmal grösser in übergewichtigen Menschen)

Muskelzellen: 40 μm (können bis zu 50 cm lang werden)

Haarzelle: 5 μm



Beispiel 6: Erstmals menschliche ES-Zellen geklont

Im Frühling 2013 haben amerikanische Wissenschaftler erstmals menschliche ES-Zellen geklont. Es handelt sich um die gleiche Technik, die in den 90er-Jahren angewendet wurde, um das Schaf Dolly zu klonen. Als Ausgangspunkt dienten den Forschern menschliche Hautzellen. Der Zellkern der Hautzellen wurde entnommen und in eine Eizelle verpflanzt. Dieser geklonte, menschliche Embryo wurde bis zum Blastozysten-Stadium entwickelt, um dann die ES-Zellen daraus zu gewinnen.

Diskussionsrunde: Geklonte Menschen? Organe aus dem Labor?

In dieser Aufgabe werden Sie Ihr erarbeitetes Wissen über die Zellkern-Transfer- und die iPS-Technologie in einer kritischen Diskussionsrunde zum Thema ‚Geklonte Menschen? Organe aus dem Labor?‘ anwenden.

Folgende Gruppen nehmen an der Diskussion teil:

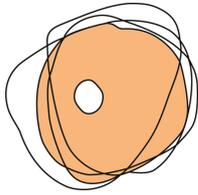
- ein oder zwei Moderatoren
- Wissenschaftler (bestehend aus Ärzten, Forschern und der Pharmaindustrie)
- Staat (bestehend aus Politikern)
- Ethiker (bestehend aus Philosophen und Vertreter der Kirche)
- Bürger (bestehend aus Patienten, Angehörigen und Nicht-Betroffenen)

Moderator:

Die Moderatoren bestimmen die Reihenfolge der Themen. Sie bestimmen auch das Gewicht, das Sie einzelnen Themen in der Diskussion geben. Falls ein Themenbereich besonders umstritten oder interessant scheint, können Sie länger darüber diskutieren lassen, als in anderen Bereichen. Zudem müssen Sie darauf achten, dass alle Parteien ähnlich viel Zeit haben, um Ihre Argumente anzubringen und auszuführen.

Themenbereiche könnten sein:

- Klonieren von Haustieren
- Klonieren von Nutztieren
- Klonieren von bedrohten Tierarten
- Klonieren von Menschen
- Forschung an menschlichen ES-Zellen. Anwendung in der Medizin?
- Forschung an menschlichen iPS-Zellen. Anwendung in der Medizin?
- Gefahren der iPS-Zellen im Vergleich zu ES-Zellen in der Anwendung?
- Herstellung von Organen im Inkubator. Gefahren im Vergleich zu klassischen Transplantationen? Vorteile?



Ablauf:

- 1.) Bilden Sie Gruppen (pro Gruppe maximal 5 SuS). Innerhalb Ihrer Gruppe können Sie einen Beruf oder die Zugehörigkeit zu einer Partei auswählen. Zeigen Sie in der folgenden Diskussion aber Einigkeit bezüglich den Grundsätzen innerhalb Ihrer Gruppe.
- 2.) Bereiten Sie sich auf die Diskussionsrunde vor, indem Sie die Themenbereiche studieren und Zeitungsartikel lesen. Überlegen Sie sich, wie Ihre Gruppe zu den Themenbereichen steht und machen Sie sich Notizen zu den einzelnen Bereichen.
- 3.) Bereiten Sie innerhalb Ihrer Gruppe ein Eingangsstatement vor.
- 4.) Diskutieren Sie die Themenbereiche in einer offenen 45-minütigen Diskussion, die von den Moderatoren geführt wird. Zu Beginn der Diskussion werden Sie Ihr Eingangsstatement präsentieren. Diskutieren Sie die Vorteile, die Probleme, die Grenzen und die Möglichkeiten innerhalb eines Themas aus der Sicht Ihrer Gruppe.

Geklonte Menschen?

<http://www.nzz.ch/meinung/kommentare/klonen-ist-immer-brisant-1.18081980>; 20.06.2013

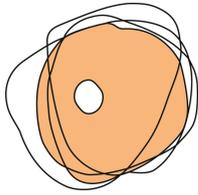
<http://www.nzz.ch/aktuell/panorama/menschliche-embryonen-geklont-1.18081966>; 20.06.2013

<http://www.tagesanzeiger.ch/wissen/Forscher-klonen-erstmal-menschliche-Stammzellen/story/30611105>; 20.06.2013

Geklonte Haustiere?

[http://en.wikipedia.org/wiki/CC_\(cat\)](http://en.wikipedia.org/wiki/CC_(cat)); 22.06.2013

<http://www.guardian.co.uk/science/shortcuts/2013/mar/11/dog-about-to-die-clone-it>; 22.06.2013



Organe aus dem Labor?

<http://www.tagesanzeiger.ch/wissen/natur/Es-wird-moeglich-sein-Organ-im-Labor-nachzubauen/story/23993166>; 22.06.2013

<http://www.news.ch/Erste+Niere+aus+dem+Labor/583501/detail.htm>;
22.06.2013