

Neue Blutgefäße für kranke Herzen – Organe und Gewebe aus dem Zelllabor

1. Thematischer Hintergrund

Patienten mit schweren Brandverletzungen, Menschen, die einen Bypass benötigen, oder Sportler mit Knorpel- oder Knochenschäden: Sie alle sind auf die Implantation lebender Zellen oder künstlicher Gewebekonstrukte angewiesen, um die Ausfälle zu ersetzen bzw. die natürliche Leistungsfähigkeit des Körpers wieder herzustellen.

Um solche Gewebe oder gar Organe im Labor herzustellen, arbeiten im Rahmen des so genannten Tissue Engineerings Forscher aus den unterschiedlichsten Wissenschaftszweigen zusammen – von der Biomedizin, der Biomaterialforschung, den Ingenieurwissenschaften und der Zellbiologie bis hin zu den einzelnen Disziplinen in der Chirurgie.

Mittlerweile gibt es sogar ein Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) mit dem Titel "Tissue Engineering". Darin fördert das BMBF Projekte, die biologische Materialien zur Rekonstruktion und zum Ersatz von Gewebe entwickeln auf den drei Ebenen Moleküle, Zellen und Zellverband bzw. Organe.

Bei der Herstellung von Hauttransplantaten oder bei der Züchtung von künstlichem Knorpel sind dabei schon große Erfolge erzielt worden. Wissenschaftliche Fortschritte gibt es auch bei der Entwicklung von Herzklappen oder Blutgefäßen; allerdings bei dem Versuch, ganze Organe wie Herz oder Leber *in vitro* wachsen zu lassen, warten die Wissenschaftler noch auf den großen Durchbruch.

Dabei ist der Bedarf groß: In Deutschland müssen beispielsweise Patienten mit einer Wartezeit von sechs bis zwölf Monaten rechnen, bis ein geeignetes Organ für eine Herztransplantation zur Verfügung steht. Kunstherzen werden heute in der Regel nur eingepflanzt, um die Zeit der Suche nach einem passenden Spender zu überbrücken. Um auch den Herz-Patienten echte Alternativen aus dem Zelllabor anbieten zu können, müssen noch große Forschungsanstrengungen im Bereich des Tissue Engineering unternommen werden.

Da die Biotechnologie zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts gehört, wird es immer wichtiger, auch im Schulunterricht auf Schwerpunkte wie Tissue Engineering, Gen- oder Stammzelltherapie aufmerksam zu machen. Aufgrund der Vielzahl an medizinischen, ethischen, geschichtlichen oder politischen Aspekten ist das Thema zudem besonders für einen fächerübergreifenden Unterricht geeignet.

2. Thema der Stunde

Neue Blutgefäße für kranke Herzen – Organe und Gewebe aus dem Zelllabor

3. Lernziele

Die Schüler sollen...

- den Herzinfarkt als eine der häufigsten Todesursachen in Deutschland erkennen,
- erarbeiten, wie es zur natürlichen Blutgefäßneubildung kommt und die Effektivität dieses System einschätzen können,
- Gen- und Stammzelltherapie (therapeutisches Klonen) sowie Tissue Engineering als Methoden zur Unterstützung der Blutgefäßneubildung bzw. zur Herstellung künstlicher Gefäße kennen lernen,
- ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten im Bereich der Teamarbeit verbessern.

4. Didaktisch-methodische Entscheidungen zur Unterrichtsstunde

Die geplante Doppelstunde ist Teil einer ausführlichen Unterrichtsreihe im Fach Biologie mit dem Thema „Klonen, Gentherapie, Tissue Engineering – Wunderwaffe Biotechnologie“.

Innerhalb der Sequenz sollte der Unterricht zunächst ausführlich auf die verschiedenen Techniken bzw. die Möglichkeiten und Grenzen des Klonens näher eingehen. Dabei sind nach Möglichkeit auch Aspekte wie das Klonen Dolly oder die Auseinandersetzung mit dem Thema Klonen in Film und Literatur zu berücksichtigen.

Um den Unterricht effektiv zu gestalten, müssen die Schüler in jedem Fall Grundlagenwissen beispielsweise über die molekulare Wirkungsweise der Gene, Mutationen oder Bakterien und Viren als genetische Forschungsobjekte besitzen. Sie sollten sich zudem mit der Immunbiologie auskennen und mit Begriffen wie Transkription, Translation oder Genom sicher umgehen können.

Im Anschluss an das Thema „Neue Blutgefäße für kranke Herzen – Organe und Gewebe aus dem Zelllabor“ könnte der Unterricht dann - ergänzend zur geplanten Einheit - noch einmal ausführlicher auf die Chancen und Risiken der Gentherapie bei der Behandlung von Krankheiten wie zum Beispiel Diabetes eingehen. In jedem Fall sollte innerhalb der Unterrichtsreihe genügend Zeit bleiben, um ethische Aspekte (Wie weit darf die Forschung gehen?) der Gen- und Biotechnologie ausführlich und kontrovers zu diskutieren.

Schaffen eines Problembewusstseins:

Da sich Schüler auch in der Oberstufe nur selten und dann meist oberflächlich mit dem Thema Krankheiten bzw. Tod auseinandersetzen, ist es nötig, zu Beginn der Unterrichtsstunde zunächst ein Problembewusstsein für das Thema Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu schaffen. Dazu müssen die Schüler in der Einstiegsphase erst einmal zwei Statistiken analysieren und auswerten. Sie sollen dabei selbständig erkennen, dass Herz-Kreislauf-Erkrankungen und insbesondere Herzinfarkte zu den häufigsten Todesursachen in Deutschland gehören.

Im Rahmen der folgenden Problemfindung geht es dann darum, das Vorwissen der Schüler über das Phänomen Herzinfarkt zu aktivieren, und die Erkrankung näher zu konkretisieren. Dabei sollen die Schüler mögliche Ursachen, Folgen und vielleicht sogar Therapiemöglichkeiten von Herzinfarkten möglichst selbstständig und spontan benennen. Für den Fall, dass die Schüler nicht in der Lage sind, dies ohne Hilfen zu leisten, sollte der Lehrer einige (non-)verbale Impulse (Wieso spricht man bei einem Herzinfarkt auch von einem „Engpass im Blutfluss“? Was versteht man unter einem Bypass?) parat haben, um bei Bedarf die notwendigen Denkanstöße zu geben.

Da die Auswertung der Statistiken und die folgende Problemfindung recht anspruchsvoll sind, ist in der Verlaufsplanung des Unterrichts ausreichend Zeit für diese Phase einzuplanen.

Selbstständige Erarbeitung von Wissen:

In der folgenden Erarbeitungsphase steht die selbstständige Aneignung von Wissen in Teamarbeit im Mittelpunkt des Unterrichts. In der Auseinandersetzung in den Kleingruppen sollen die Schüler sowohl ein tiefer gehendes Verständnis für die lebensbedrohliche Krankheit Herzinfarkt erarbeiten; sie werden durch die

Neue Blutgefäße für kranke Herzen – Organe und Gewebe aus dem Zelllabor

Arbeitsmaterialien aber auch bereits für den Aspekt der Blutgefäßneubildung – hier am Beispiel der Entwicklung von Kollateralgefäßen – sensibilisiert.

Ziel dieser Herangehensweise an das Thema ist es, den Schülern das notwendige Grundlagenwissen über Herzinfarkte und „natürliche“ Bypässe zu vermitteln. Auf dieser Basis werden im nächsten Schritt die Möglichkeiten und Risiken des Tissue Engineerings zur Behandlung von Herz-Kreislauf-Patienten erarbeitet und diskutiert.

Aus Lernenden werden Lehrende:

Bevor sich die Schüler mithilfe eines Arbeitsblattes näher mit Organen und Geweben aus dem Zelllabor beschäftigen, wird zunächst noch eine Problemfindungsphase eingeschoben. Mithilfe einer Folie und verschiedenen verbalen Impulsen versucht der Lehrer darin, eventuell bereits vorhandene Kenntnisse der Schüler zum Thema Tissue Engineering offen zu legen und für den Lernprozess nutzbar zu machen.

In der Erarbeitungsphase II steht dann einerseits wieder die selbständige Informationsbeschaffung im Vordergrund der schulischen Arbeit. Die Schüler müssen ihre neu gewonnenen Erkenntnisse in den Teams andererseits aber auch so ordnen und bündeln, dass sie diese später in Referatform den anderen Kursteilnehmern vorstellen können.

Sie sollen darüber hinaus auch in der folgenden Diskussion Rede und Antwort stehen und als Team auf mögliche Probleme und Fragen ihrer Mitschüler eingehen. Die Schüler schlüpfen in dieser Phase aus der Rolle des Lernenden in die des Lehrenden und sammeln dabei erste Erfahrungen bei der selbsttätigen Wissensvermittlung.

Exkurs: Regenerationskünstler im Tierreich

Um ein für die Schüler spannendes und motivierendes Thema geht es schließlich im Rahmen der Hausaufgabe. Während der menschliche Körper gerade mal dazu in der Lage ist, die Haut nach einem Sonnenbrand zu erneuern oder gebrochene Knochen zu heilen, gibt es im Tierreich Regenerationskünstler, die ganze Gliedmaßen oder Organe nachwachsen lassen können.

Mithilfe von Lexika oder des Internets sollen sich die Schüler über solche Tiere informieren und ihre Regenerationsfähigkeiten beschreiben. Neben der selbsttätigen Aneignung von Wissen ist die Verbesserung der Medienkompetenz ein wichtiges Ziel dieser Phase.

5. Anbindung an die Richtlinien/Zielgruppe

Die geplante Unterrichtsstunde ist für den Einsatz in der gymnasialen Oberstufe gedacht.

Zeitbedarf: 90 Minuten

Sind im Stundenplan nur Einzelstunden vorgesehen, sollte der Unterricht nach der ersten Erarbeitungsphase und dem anschließenden Zusammentragen der Ergebnisse beendet werden. In der nächsten Unterrichtsstunde geht die schulische Auseinandersetzung dann mit der Problemfindungsphase II und den Arbeitsblättern 2a und 2b weiter.

Lehrplankonformität:

Die Richtlinien der Bundesländer bieten viele Möglichkeiten, die geplante Einheit „Neue Blutgefäße für kranke Herzen – Organe und Gewebe aus dem Zelllabor“ in den Schulunterricht zu integrieren:

Neue Blutgefäße für kranke Herzen – Organe und Gewebe aus dem Zelllabor

Beispiel Nordrhein-Westfalen:

„Physiologie: Struktur - Funktion – Wechselwirkung“ – so lautet in den Richtlinien für das Fach Biologie das Leitthema in der Jahrgangsstufe 11. Dabei soll es unter anderem um Themenfelder wie „Zelle, Gewebe, Organismus“ oder „Betriebsstoffwechsel und Energieumsatz“ gehen. Unter den möglichen Schwerpunktvorhaben für die Jahrgangsstufe ist der Aspekt „Herz – Motor des Kreislaufs“ ausdrücklich genannt.

Die vorgelegte Stunde passt aber auch gut in das Thema „Genetische und entwicklungsbiologische Grundlagen von Lebensprozessen“ der Jahrgangsstufen 12 und 13, wo beispielsweise Inhalte wie Angewandte Genetik (speziell Gentherapie) oder „Gewebedifferenzierung als Prinzip der Ontogenese“ besprochen werden.

Der geplante Unterricht kann dabei helfen – wie in den Richtlinien gefordert –, die Schüler in „selbstständige Lernstrategien“ einzuweisen, in „eigenverantwortlichem Planen und Handeln“ zu schulen und „Formen arbeitsteiligen und kooperativen Arbeitens in Gruppen“ einzuüben.

Beispiel Sachsen:

Der sächsische Lehrplan für das Gymnasium sieht in der Jahrgangsstufe 12 im Lernbereich 1 „Genetik, Immunbiologie“ unter anderem die Anwendung genetischer Kenntnisse als Unterrichtsgegenstand vor. Dabei sollen – wie in der vorgelegten Unterrichtsstunde vorgesehen – an ausgewählten Beispielen Inhalte wie Gewebekulturen oder die Erzeugung transgener Organismen erläutert werden.

Die Durchführung der geplanten Einheit könnte in diesem Zusammenhang dazu beitragen, übergeordnete Lernziele der gymnasialen Oberstufe, wie „ein vertieftes Verständnis für Denkweisen und Forschungsmethoden der Biologie“ aufzubauen, zu erreichen.

Beispiel Hessen:

Genetik ist laut dem hessischen Lehrplan für das Fach Biologie an Gymnasien in der Jahrgangsstufe 12.1 sowohl im Grund- als auch im Leistungskurs als Schwerpunktthema vorgesehen. Die Schüler sollen dabei Aspekte wie die Funktion von Stammzellen, verschiedene Formen des Klonens und die möglichen therapeutischen Anwendungen (Gewebekulturen) oder die Gentherapie im Unterricht kennen lernen und erarbeiten.

Durch die geplante Unterrichtsstunde werden zudem wichtige moderne und anwendungsbezogene Techniken aus dem Themenschwerpunkt „Teilung, Determination und Differenzierung von Zellen“ an Beispielen vorgestellt.

Beispiel Bayern:

Molekulargenetik ist im bayerischen Lehrplan für das Fach Biologie an Gymnasien in der Jahrgangsstufe 12 sowohl im Grund- als auch im Leistungskurs vorgesehen. Dabei sollen im Unterricht auch biotechnologische Aspekte wie die Neukombination genetischer Information bei Bakterien (Plasmide) oder die Möglichkeiten und Risiken der Gentherapie näher besprochen und diskutiert werden.

Der Unterricht zum Thema „Neue Blutgefäße für kranke Herzen – Organe und Gewebe aus dem Zelllabor“ stellt den Schülern dabei unter anderem wichtige Basisinformationen und elementare biologische Arbeitstechniken vor, um die Grundprozesse des Lebens besser zu verstehen.

6. Vorschläge für einen fächerübergreifenden Unterricht

„Hybris oder Heilsbringer – Der Streit um die Gentechnik“

So könnte das Schwerpunktthema für einen fächerübergreifenden Unterricht oder eine Projektwoche lauten, in die die geplante Unterrichtseinheit gut zu integrieren wäre.

Im Rahmen des **Biologieunterrichts** geht es dabei nicht nur um das Thema Tissue Engineering, auch Inhalte wie die Chancen und Risiken des Klonens bzw. der Gentherapie oder die Entschlüsselung des menschlichen Genoms sollten ausführlich in der Schule erarbeitet werden (siehe auch 4. Didaktisch-methodische Entscheidungen zur Unterrichtsstunde).

Der Unterricht könnte durch einen Besuch in einem modernen Forschungsinstitut ergänzt werden, um den Schülern einen Einblick in die Welt der Gentechnik zu ermöglichen. In der direkten Auseinandersetzung mit den Forschern im Labor sollten zudem Fragen und Bedenken der Schüler zur Biotechnologie besprochen werden.

In den Fächern **Politik** oder **Wirtschaftswissenschaften** ist dagegen die Bedeutung des Wissenschaftszweiges Biotechnologie in Deutschland und weltweit zu beleuchten. Hier müssen aber auch die gesetzlichen Regelungen zur Forschung an embryonalen Stammzellen beziehungsweise beim Klonen analysiert und nach Möglichkeit bewertet werden.

Wie werden Wissenschaftler bestraft, die die Vorgaben missachten? Auf welcher Grundlage entscheiden Politiker darüber, was erlaubt und was verboten wird? Kann es sich ein Land wie Deutschland leisten - möglicherweise durch zu strenge und restriktive Gesetze – den Anschluss in der Biotechnologie zu verlieren? Auch solche Fragen sollten im Unterricht Berücksichtigung finden.

Der Unterricht in den **Sozialwissenschaften** greift in erster Linie Begriffe wie Moral und Ethik auf. Dabei geht es unter anderem um folgende Fragen: Wie werden Moral und Ethik definiert? Wer legt moralische Grundsätze fest? Wie und warum verändern sich ethische Prinzipien im Laufe der Zeit?

Ergänzend dazu könnte sich der **Geschichtsunterricht** mit der Geschichte der Gentechnologie/Genetik beschäftigen und wichtige Meilensteine der wissenschaftlichen Forschung (Mendel'sche Regeln, Entdeckung der DNA in Zellkernen, Klonschaf Dolly) vorstellen. Dabei könnte es für die Schüler interessant sein herauszufinden, wie es zu diesen Entdeckungen kam und welche Forscher in entscheidendem Umfang daran beteiligt waren (James Watson, Francis Crick, Gregor Mendel, Oswald Avery, Craig Venter und das Humangenomprojekt).