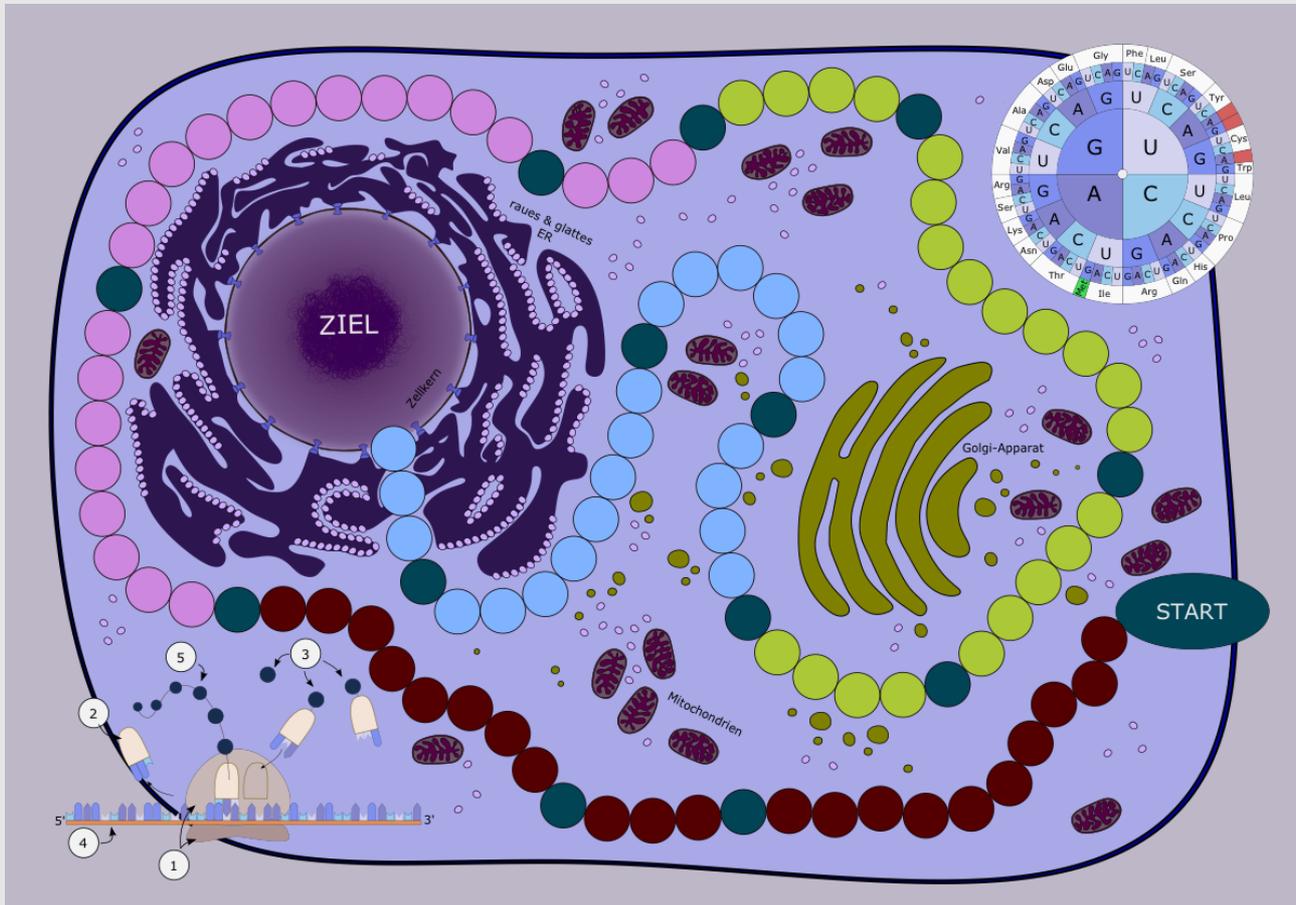


DIE ENTWICKLUNG DES LERNSPIELS «CELLULAR PURSUIT»



Maturarbeit

Eingereicht von
Sarah Gerth
Chrufirstenweg.16
8200 Schaffhausen

Betreuerin
Anne Kern

Vorgelegt an der KME Zürich am 04.01.2022

Literaturverzeichnis

1.	ABSTRACT.....	3
2.	EINLEITUNG.....	4
2.1.	VORWORT	4
2.2.	ZIELSETZUNG	4
2.3.	FRAGESTELLUNG	5
2.4.	THEMENFINDUNG	5
2.5.	MOTIVATION UND HERAUSFORDERUNGEN.....	5
2.6.	ANMERKUNG.....	5
3.	AUFBAU DER ARBEIT UND VORGEHEN.....	6
4.	ENTWICKLUNG DES BRETTSPIELS	7
4.1.	SPIELNTWURF	7
4.1.1.	Betrachtung von drei Brettspielen.....	7
4.1.2.	Spielentwurf	10
4.2.	SPIELNTWICKLUNG.....	11
4.2.1.	Spielbrett	11
4.2.2.	Spielkarten.....	14
4.2.3.	Spielanleitung und Name des Spiels	15
4.3.	DRUCK UND FERTIGUNG	15
5.	AUSWERTUNG.....	17
5.1.	TESTDURCHLAUF	17
5.2.	RÜCKMELDUNGEN (AUSWERTUNG)	18
6.	REFLEXION.....	20
7.	DANK.....	21
8.	SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	22
9.	QUELLENVERZEICHNIS	23
9.1.	INTERNETQUELLEN.....	23
9.2.	TABELLENVERZEICHNIS	23
9.3.	LITERATURVERZEICHNIS	24
9.4.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	24
10.	ANHANG	25
10.1.	ZEITPLAN	25
10.2.	ARBEITSBERICHT	26
10.3.	ABBILDUNG «VOM GEN ZUM PROTEIN».....	28
10.4.	ABBILDUNG «VORLAGE ZELLE»	28
10.5.	ABBILDUNG CODESONNE	29
10.6.	ABBILDUNG TRANSLATION	29
10.7.	SPIELKARTEN	30
10.8.	SPIELANLEITUNG	39
10.9.	FRAGEBOGEN	40

1. Abstract

«Das Spiel ist die höchste Form der Forschung.»¹
Albert Einstein (1879-1955)

«Lernen durch Spielen» ist das Überthema dieser Maturarbeit. Im Rahmen meiner Maturarbeit entwickelte ich ein Lernspiel in der Form eines unterhaltsamen Gesellschaftsspiels. Das Spiel behandelt das Thema Molekulargenetik aus dem Biologieunterricht und soll eingesetzt werden können, um das Thema Molekulargenetik zu repetieren und zu vertiefen. Das Ziel der Arbeit war es aufzuzeigen, dass die Verknüpfung von Lernen und Spielen eine unterhaltsame, aber auch effektive Lernmethode sein kann. Ob und wie dies gelang wird im schriftlichen Teil dieser Arbeit geklärt.

¹ Berner, Hans; Isler Rudolf; Weidinger, Wiltrud: Einfach gut unterrichten. 1.Auflage, Bern, 2018, S.214.

2. Einleitung

2.1. Vorwort

Die vorliegende Arbeit dokumentiert den Entstehungsprozess eines Lernspiels. Es gibt verschiedene Strategien des Lernens. Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Aspekte verknüpft: das Lernen in Gruppen und das Spielen in Gruppen. Das in dieser Arbeit entwickelte Lernspiel soll ein Beispiel dafür sein, dass Lernen unterhaltsam und effektiv zugleich sein kann.

Vorab soll die Relevanz und die Bedeutung von Spielen in Verbindung mit Lernen geklärt werden. So heisst es bei Hans Berner in der pädagogischen Fachliteratur «Einfach gut unterrichten»:

«Wissenschaftliche Studien bezeugen, dass Spiele in der Schule zu einer positiven Haltung, einer Adaption an Abläufen sowie zur Steigerung der Lernmotivation, der Einstellung zum Lernen und zur Förderung von Problemlösekompetenzen beitragen. (...) Es gibt zahlreiche Gründe, Spiele im Unterricht einzusetzen. (...). In Lernspielen können Wissensgrundlagen geschaffen, Fertigkeiten geübt oder neue Aspekte entdeckt werden.»²

Spiele können im Unterricht zur gezielten Erarbeitung von Wissen oder zur Festigung von Gelerntem angewendet werden.³ Dass Spiele nicht nur zur Unterhaltung, sondern auch als Lernmethode eingesetzt werden können, soll diese Arbeit aufzeigen.

2.2. Zielsetzung

Das Lernspiel, welches im Rahmen dieser Maturarbeit entwickelt und gestaltet wurde, ist ein Brettspiel mit dem Biologiethema «Molekulargenetik». Molekulargenetik ist ein Thema, das auf dem Auswendiglernen von Begriffen und Prozessen basiert. Es kann im Vergleich zu anderen Biologiethemen spröde und langweilig wirken. Praktische Anwendungen, wie Untersuchungen im Labor oder Exkursionen, die den Unterricht abwechslungsreich gestalten können, sind bei diesem Thema eher schwierig in den Unterricht einzubauen. Deshalb eignet sich das Thema zur Entwicklung eines Lernspiels.

Hinsichtlich des Spiels sind zwei Aspekte zentral: Das Brettspiel soll den Schüler*innen zur Repetition und Vertiefung des Thema Molekulargenetik dienen sowie ein unterhaltsames Gesellschaftsspiel werden, welches Abwechslung in die Thematik und den Unterricht bringt.

Da diese Maturarbeit primär eine praktische Arbeit ist, steht die Gestaltung und Herstellung des Brettspiels im Mittelpunkt. Der schriftliche Teil dokumentiert den Arbeitsprozess. Diese Dokumentation umfasst die Entwicklung des Spiels sowie einen Testdurchlauf und dessen Auswertung, wobei eine Gruppe von Proband*innen das fertige Spiel spielen wird.

² Berner, Isler, Weidinger: Einfach gut unterrichten, 2018, S.221-222.

³ Ebd., S. 224.

2.3. Fragestellung

Basierend auf der Zielsetzung ergibt sich die Fragestellung. Im schriftlichen Teil der Arbeit sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie schaffe ich es, ein Lernspiel zum Thema Molekulargenetik in Form eines Brettspiels herzustellen?
- Auf welche Herausforderungen stosse ich dabei?

Zunächst wird die erste Leitfrage in Kapitel 4 geklärt. Dieses Kapitel dokumentiert den Entstehungsprozess des Spiels. Anschliessend wird in Kapitel 5 die in 2.2. formulierte Fragestellung überprüft. Zum Schluss wird in Kapitel 6 in der Reflexion auf die zweite Leitfrage eingegangen. Es wird geschildert, wo Herausforderungen und Probleme auftraten und welche Erkenntnisse ich durch die Arbeit gewann.

2.4. Themenfindung

Da das Thema sowie die Zielsetzung dieser Arbeit sehr spezifisch sind, scheint es mir wichtig kurz zu klären, wie es zu diesem Projekt kam. Die Idee ein Gesellschaftsspiel oder gar ein Lernspiel als Maturarbeit umzusetzen, kommt nicht von mir, sondern wurde mir von meiner Betreuungsperson und Biologielehrerin Anne Kern vorgeschlagen. Wir haben bei ihr im Unterricht mehrfach vor den Prüfungen Lernspiele gespielt. Sie bot mir an, eine Arbeit zu betreuen, bei der ich ein Lernspiel zum Thema Molekulargenetik entwickle.

2.5. Motivation und Herausforderungen

Nachdem mir das Projekt vorgeschlagen wurde, wusste ich recht schnell, dass ich diese Maturarbeit machen will. In der Arbeit verbinden sich zwei Themen, die ich sehr mag: Gestaltung und Biologie. Ich mag kreatives und praktisches Arbeiten und dass ich am Schluss dieser Maturarbeit ein fertiges, selbstgestaltetes Produkt in den Händen halten werde. Dieses kann idealerweise sogar im Schulunterricht eingesetzt werden. Ausserdem bin ich als (bald) angehende Biologiestudentin interessiert am Thema des Spiels. Neben meinen Interessen ist der pädagogische Aspekt von Spielen im Unterricht meiner Meinung nach eine Methode, die für Abwechslung und Spannung im Unterricht sorgen kann. Ich spiele selbst gerne Spiele in der Schule und mag das Lernen in Gruppen. Den Aspekt des Lernens und des Spielens in Form einer praktischen Arbeit zu verknüpfen bietet mir die Möglichkeit, mehrere meiner Interessen abzudecken.

Gleichzeitig war die Entwicklung des Brettspiels eine Herausforderung, da ich das Brettspiel digital gestaltete. Bevor ich diese Arbeit umsetzte, hatte ich keine Erfahrung mit digitaler Gestaltung. Somit begeistert mich dieses Projekt nicht nur aufgrund meiner Interessen, sondern auch, weil ich mir selbst etwas Neues aneigne.

2.6. Anmerkung

Die in dieser Arbeit «gewählte männliche Form bezieht sich immer zugleich auf weibliche, männliche und diverse Personen. Auf Mehrfachbezeichnungen wird in der Regel zugunsten einer besseren Lesbarkeit verzichtet.»⁴ Dies bezieht sich auch auf die Produkte der Arbeit.

⁴ <https://www.bbh-blog.de/gender-disclaimer/>, Stand: 22.12.21.

3. Aufbau der Arbeit und Vorgehen

Ich begann die Arbeit mit der Erstellung eines Zeitplans. Der Zeitplan ist im Anhang unter 10.1. ersichtlich. Im Wesentlichen gliederte ich die Arbeit in zwei Teile. Im ersten Teil der praktischen Arbeit war die Entwicklung des Brettspiels zentral, im zweiten Teil die Auswertung, mittels einem Testdurchlauf durch eine Gruppe von Probanden.

Entwicklung des Brettspiels

Die Entwicklung des Brettspiels differenzierte ich in drei Phasen; den Spielentwurf, die Spielentwicklung sowie die Fertigung und den Druck des Spiels. In der folgenden Auflistung wird genauer auf die einzelnen Phasen eingegangen:

Phase 1: Spielentwurf

Zunächst schaute ich mir verschiedene Brettspiele an. Ich wollte herausfinden, welche Arten von Gestaltungen und Regeln von anderen Spielen mir gefallen und sammelte so Ideen, für mein eigenes Brettspiel. Aufbauend auf dieser Ideensammlung entwickelte ich den Spielentwurf.

Phase 2: Spielentwicklung

Darauffolgend ging darum, den Spielentwurf umzusetzen und ich gestaltete digital das Spielbrett, die Spielkarten sowie die Spielanleitung. Am Schluss dieser Phase konnte der gestalterische Teil abgeschlossen werden.

Phase 3: Druck/Fertigung

Schliesslich wurde, nach der Gestaltung des Brettspiels, das Spielbrett über eine Buchbinderei angefertigt. Ebenso wurden die Spielkarten sowie die Spielanleitung gedruckt. Zuletzt ergänzte ich das Spiel mit Spielfiguren, Würfeln und Spielkarton, sodass das Brettspiel fertiggestellt und bereit zum Spielen war.

Auswertung

Die Auswertung des Spiels teilte ich in zwei Schritte; den Testdurchlauf und die Auswertung der Rückmeldungen.

Phase 4: Testdurchlauf

Das Spiel sollte zunächst von Probanden gespielt werden. Als Probanden suchte ich einige Mitschüler, welche ich darum bat, im Anschluss an das Testspiel einen Fragebogen auszufüllen. Die Rückmeldungen durch die Fragebögen halfen mir bei der Auswertung der Arbeit.

Phase 5: Rückmeldungen

Der praktische Teil konnte schliesslich durch die Auswertung der Rückmeldungen abgeschlossen werden. Die Rückmeldungen ermöglichten es mir, meine in 2.2. formulierte Zielsetzung zu überprüfen und eine Reflexion über die Arbeit zu verfassen.

4. Entwicklung des Brettspiels

4.1. Spielentwurf

Wie in Kapitel 3 geklärt wurde, befasste ich mich zunächst mit verschiedenen Brettspielen. Basierend auf den Erkenntnissen und den Ideen, die ich dadurch sammelte, entwickelte ich anschliessend den Spielentwurf.

4.1.1. Betrachtung von drei Brettspielen

Bei der Auseinandersetzung mit den Brettspielen achtete ich besonders auf deren Aufbau und ihre Spielregeln. Dabei überlegte ich mir, welche Aspekte mich überzeugten und sich in mein eigenes Spiel integrieren lassen könnten. Letztlich prägten drei Brettspiele mein Spiel massgeblich: Das Leiterspiel, Trivial Pursuit und Monopoly. Diese drei Spiele werden im Folgenden genauer beschrieben.

Spiel 1: Das Leiterspiel

Das Leiterspiel gliedert sich in ein Start- und ein Zielfeld und einem dazwischenliegenden Weg, der sich aus zahlreichen Feldern zusammensetzt. In Abbildung 1 ist ein Leiterspiel ersichtlich, wobei das Startfeld grün, das Zielfeld rot und der dazwischenliegende Weg mit den Feldern 1 bis 54 gekennzeichnet ist.

Klassischerweise ist das Leiterspiel für vier Spieler ausgelegt. Die Spieler starten auf dem Startfeld. Es wird reihum gewürfelt. Derjenige, der an der Reihe ist, darf jeweils mit seiner Figur so viele Felder vorwärts gehen, wie er Augen würfelte. Wer als Erster das Ziel erreicht, ist der Gewinner. Das Ziel muss mit einem genauen Wurf erreicht werden. Ist der passende Wurf nicht gekommen, bleibt der Spieler stehen und hofft auf seinen nächsten Wurf.⁵



Abbildung 1: Leiterspiel

Beim Leiterspiel gefällt mir besonders sein Aufbau. Die Gliederung in Start- und Zielfeld, welche verbunden sind über den Weg aus zahlreichen Feldern, übertrug ich für mein Brettspiel. Ebenso übernahm ich den Ablauf des Spiels. Auch bei meinem Spiel wird reihum gewürfelt, der Spieler folgt den Feldern mit seiner Spielfigur und versucht als Schnellster ins Ziel zu gelangen. Weiter integrierte ich die Regel, dass man nur mit einem passenden Wurf ins Ziel gelangt.

⁵ <https://www.spielregeln.de/leiterspiel.html>, Stand: 28.10.21

Spiel 2: Trivial Pursuit

Trivial Pursuit ist ein Gesellschaftsspiel, bei dem das Allgemeinwissen der Spieler abgefragt wird. Es gibt sechs Wissenskategorien; Kunst und Literatur, Erdkunde, Sport und Vergnügen, Geschichte, Unterhaltung sowie Wissenschaft und Technik. Die Farben auf dem Spielbrett geben an, aus welcher der sechs Kategorien dem Spieler eine Frage gestellt wird. Das Ziel des Spielers ist es, die Frage möglichst schnell und richtig zu beantworten, weil ihm dies Punkte bringt.⁶



Abbildung 2: Trivial Pursuit

Bei Trivial Pursuit überzeugte mich das Prinzip mit den unterschiedlichen Wissenskategorien. Diese Spielidee eignete sich für mein Brettspiel, denn das Thema Molekulargenetik behandelt verschiedene Unterthemen und Prozesse. Ich gliederte die Unterthemen deshalb in Kategorien. Dabei werden je nach Kategorie Wissensfragen zu einem spezifischen Unterthema der Molekulargenetik gestellt. Die Integration von Wissenskarten brachten den Lernfaktor ins Spiel und durch die Kategorisierung der Unterthemen strukturierte ich die sehr umfassende Thematik Molekulargenetik zu einem Lernspiel. Die Kategorien werden wie bei Trivial Pursuit durch verschiedene Farben unterschieden.

Ein Aspekt, der mich an Trivial Pursuit nicht überzeugte, ist, dass es bei der Beantwortung der Fragen auch um Schnelligkeit geht. Schnelligkeit ist bei meinem Brettspiel nicht relevant.

Spiel 3: Monopoly

Bei Monopoly haben die Spieler das Ziel, durch Kauf und Handel mit fiktiven Immobilien möglichst viel zu verdienen und die anderen Spieler in den Bankrott zu treiben. Wie in Abbildung 3 ersichtlich, ist das Spielbrett kreisförmig angeordnet, die Spielfiguren werden im Kreis bewegt. Wenn ein Spieler an der Reihe ist, muss er würfeln und je nach Feld, auf dem er landet, unterschiedlich handeln. Es gibt zahlreiche Typen von Feldern. Dabei sind zwei Typen für mein Spiel besonders interessant: Die Felder, auf denen ein Fragezeichen abgebildet sind, nennen sich «Ereignisfelder». Sie sind auf Abbildung 3 als «Chance» beschriftet. Die Felder, auf denen eine blaue Kiste zu sehen sind, nennen sich «Gemeinschaftsfelder», auf Abbildung 3 beschriftet als «Community Chest». Landet die Spielfigur auf einem dieser Felder, muss der Spieler eine Karte vom entsprechenden Kartenstapel ziehen. Auf diesen Karten stehen Aktionen, welche der Spieler ausführen muss. Die Aktionen können sich entweder positiv oder negativ auf den Spielverlauf des Spielers auswirken.⁷

⁶ <https://www.spiegel.de/netzwelt/spiele/trivial-pursuit-auf-spiegel-online-was-wissen-sie-wirklich-von-der-welt-a-1292479.html>, Stand: 30.12.21.

⁷ https://www.focus.de/wissen/monopoly-spielanleitung-und-spielregeln_id_5476859.html, Stand: 28.10.21.

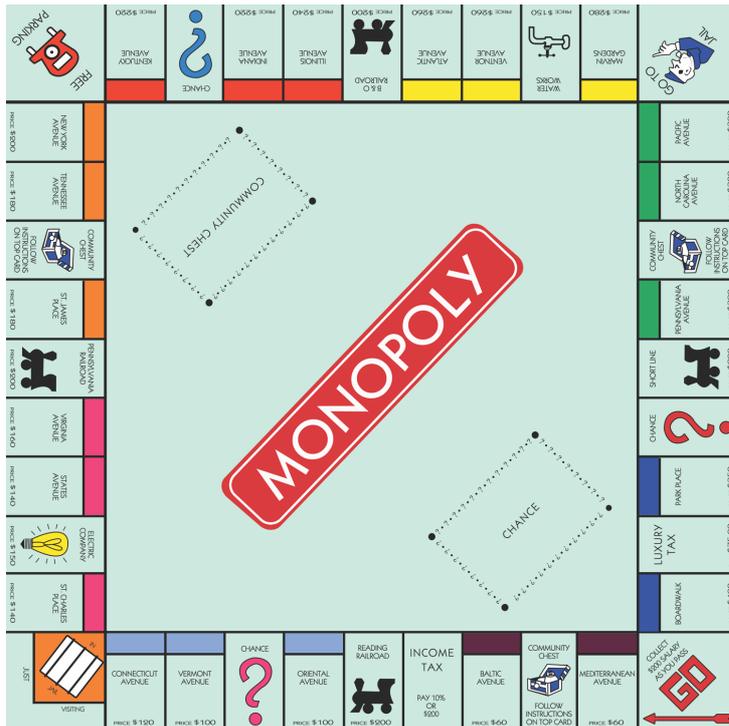


Abbildung 3: Monopoly

Die Aktionsarten der Gemeinschaft- und Ereignisfelder inspirierten mich dazu, spezielle Karten ins Brettspiel zu integrieren. Bei diesen Extrakarten müssen die Spieler keine Wissensfrage beantworten, sondern sonstige Aktionen durchführen, welche entweder positive oder negative Folgen für den Spielverlauf des Spielers haben können. Die Erweiterung des Spiels durch Extrakarten, verfolgte das Ziel, Abwechslung ins Spiel einzubringen und den Lernaspekt mit dem Unterhaltungsaspekt zu verknüpfen.

4.1.2. Spielentwurf

Die Erkenntnisse, die ich in Kapitel 4.1.1. gewann, konnten nun zum Spielentwurf zusammengefasst werden:

Beim Aufbau des Spielbretts orientierte ich mich am Leiterspiel. Deshalb hat das Spielbrett ein Start- und ein Zielfeld welche verbunden sind über einem Weg aus zahlreichen Feldern.

Ausserdem gibt es zwei Typen von Spielkarten. Wie bei Trivial Pursuit werden dem Spieler mittels Wissenskarten Fragen zur Molekulargenetik gestellt. Wie bei Monopoly gestalten Extrakarten das Spiel unterhaltsamer.

Das Spielbrett teilt sich nach der Vorlage von Trivial Pursuit in verschiedenfarbige Abschnitte. Jeder Abschnitt bezieht sich dabei auf Fragen zu einem spezifischen Unterthema der Molekulargenetik.

Der Ablauf des Spiels ist folgendermassen: Wenn der Spieler an der Reihe ist, soll er erst eine Karte vom Kartenstapel ziehen und anschliessend, je nach Kartentyp, den er gezogen hat, eine Frage beantworten oder eine Aktion ausführen. Danach darf er würfeln und seine Figur vorfahren. Der Spieler gewinnt, wenn er als Schnellster das Ziel erreicht.

Ich beschloss, dass mein Brettspiel für vier Spieler ausgelegt ist. Diese Begrenzung scheint mir sinnvoll, da so jeder Spieler häufig an der Reihe ist. So muss er mehr Fragen beantworten vertieft dadurch das Thema effektiver.

Nachdem der Aufbau und der Ablauf des Spiels geklärt wurde, lässt sich eine Liste generieren, mit den einzelnen Bestandteilen, welche das Brettspiel umfasst.

Liste zum Inhalt des Brettspiels:

- Spielbrett
- Spielkarten
- Spielanleitung
- Spielkarton
- 4 Spielfiguren
- 1 Würfel

Die Liste soll eine Übersicht über alle Bestandteile des Brettspiels geben. In Kapitel 4.2. wird nun darauf eingegangen, wie die einzelnen Bestandteile des Spiels entwickelt und gestaltet wurden.

4.2. Spielentwicklung

Im Anschluss an den Entwurf des Spiels gestaltete ich das Spielbrett, die Spielkarten sowie die Spielanleitung.

4.2.1. Spielbrett

Das Spielbrett gestaltete ich digital. Ich möchte zunächst auf die technischen Mittel eingehen und danach klären, wie ich bei der Entwicklung des Spielbretts vorgeing.

Technisches

Für die digitale Gestaltung des Spielbretts empfahl mir meine Betreuerin Anne Kern das Programm «Inkscape». Inkscape bietet zahlreiche Tools zur digitalen Gestaltung von Vektorgrafiken.⁸

Um den Umgang mit Inkscape zu lernen, schaute ich mir Videos auf YouTube an. Zwei Videos, welche mir besonders halfen, sind im Quellenverzeichnis aufgeführt. Ich gestaltete anschliessend einige Figuren und Formen auf Inkscape und es gelang mir relativ schnell, mich im Programm zurechtzufinden und die für meine Arbeit nützlichen Tools zu bedienen.

Aufbau und Skizze

Neben dem Erlernen vom Umgang mit Inkscape entwarf ich eine Skizze des Spielbretts. Zunächst suchte ich nach einer Vorlage, die mir bei der Gestaltung helfen konnte. Wir behandelten kürzlich im Biologieunterricht das Thema Molekulargenetik und mir war die im Anhang im Kapitel 10.3. angefügte Abbildung in Erinnerung geblieben. Die Abbildung zeigt eine Zelle mit den wesentlichen Prozessen, die bei der Proteinbiosynthese erfolgen. Inspiriert von dieser Abbildung und passend zum Thema des Lernspiels entschied ich, eine Zelle als zentrales Designelement für das Spielbrett zu wählen. Ich skizzierte die Idee, welche ich hatte, in groben Zügen. Diese ist ersichtlich in Abbildung 4. Wie in Kapitel 4.1. geklärt wurde, orientierte ich mich am Leiterspiel und wählte deshalb den Startpunkt an der Aussenseite der Zelle, den Zielpunkt im Zellkern und zeichnete den Weg durch die Zelle ein.

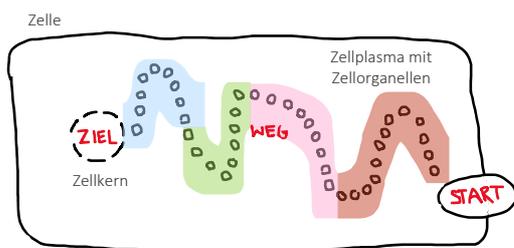


Abbildung 4: eigene Skizze Spielbrett

In Kapitel 4.1. wurde ebenfalls erwähnt, dass das Thema Molekulargenetik verschiedene Unterthemen behandelt, welche ich wie bei Trivial Pursuit in Kategorien gliederte.

Um zu entscheiden, welche Einteilung in Kategorien sich eignet, befasste ich mich mit drei Büchern zum Thema Molekulargenetik. Ich kannte die Bücher aus dem Biologieunterricht und führe sie im Literaturverzeichnis als Quellen auf.

Schliesslich entschied ich mich, das Spielbrett in vier Kategorien einzuteilen. Für jede Kategorie wählte ich einen farbigen Abschnitt auf dem Spielbrett, welche in Abbildung 4 an den Farben rot, rosa, grün und blau ersichtlich sind. Jeder Abschnitt steht für eines der folgenden Unterkapitel:

⁸ <https://inkscape.org/de/>, Stand: 30.10.21.

Rot: Aufbau und Verpackung der DNA
Rosa: Replikation und Transkription
Grün: Translation und der genetische Code
Blau: Mutationen

Wie bei Trivial Pursuit beziehen sich die Farben der Felder auf die Wissenskarten. Einem Spieler, der sich beispielsweise auf dem roten Abschnitt befindet, werden Fragen der roten Wissenskarten gestellt. Alle roten Fragen handeln über das Thema Aufbau und Verpackung der DNA. Die Spieler beginnen das Spiel auf dem roten Abschnitt und durchlaufen anschliessend den rosa, den grünen und den blauen Abschnitt. So wird erst Aufbau und Verpackung der DNA thematisiert, anschliessend Replikation und Transkription, dann Translation und der genetische Code und zuletzt Mutationen. Ich wählte die Reihenfolge der Kategorien in dieser Abfolge, weil sie auch im Biologieunterricht so behandelt werden. Ausserdem macht es meiner Ansicht nach Sinn, erst Fragen zur Transkription und anschliessend zur Translation zu stellen, da die Prozesse auch in dieser Abfolge in der Zelle stattfinden.

Weitere Gestaltungselemente

Im Anschluss an die grundlegende Idee, das Spielbrett in Form einer Zelle zu gestalten, überlegte ich mir, welche Details ich auf dem Spielbrett abbilden möchte. Zunächst ergänzte ich die Zelle durch Zellorganellen.

Zellorganellen

Zellen enthalten zahlreiche Organellen, welche unterschiedlichste Funktionen erfüllen. Um Ideen zu sammeln, welche Zellorganellen ich auf dem Spielbrett abbilden wollte, suchte ich nach Abbildungen, die sich als Vorlage eigneten. Ich fand schliesslich eine Darstellung. Diese ist im Anhang unter 10.4. ersichtlich. Die Abbildung zeigt eine Zelle mit verschiedenen Zellorganellen sowie eine kurze Beschreibung zu der jeweiligen Funktion der Organellen. Leser dieser Arbeit können die Funktion der Zellorganellen somit ebenfalls unter 10.4. nachlesen. Schlussendlich entschied ich mich dazu, auf dem Spielbrett die folgenden Zellorganellen abzubilden:

- Zellkern
- Endoplasmatisches Reticulum
- Ribosomen
- Mitochondrien
- Golgi-Apparat
- Vesikel

Ich gestaltete unter Verwendung meiner Vorlage die Organellen auf Inkscape. In Abbildung 5 auf der folgenden Seite ist das fertige Spielbrett ersichtlich. Einige Organellen sind beschriftet, namentlich der Zellkern, das raue und glatte ER, die Mitochondrien und der Golgi-Apparat. Die Ribosomen stellen die rosaroten kleinen Punkte dar und die Vesikel die etwas grösseren, grünen Punkte dar.

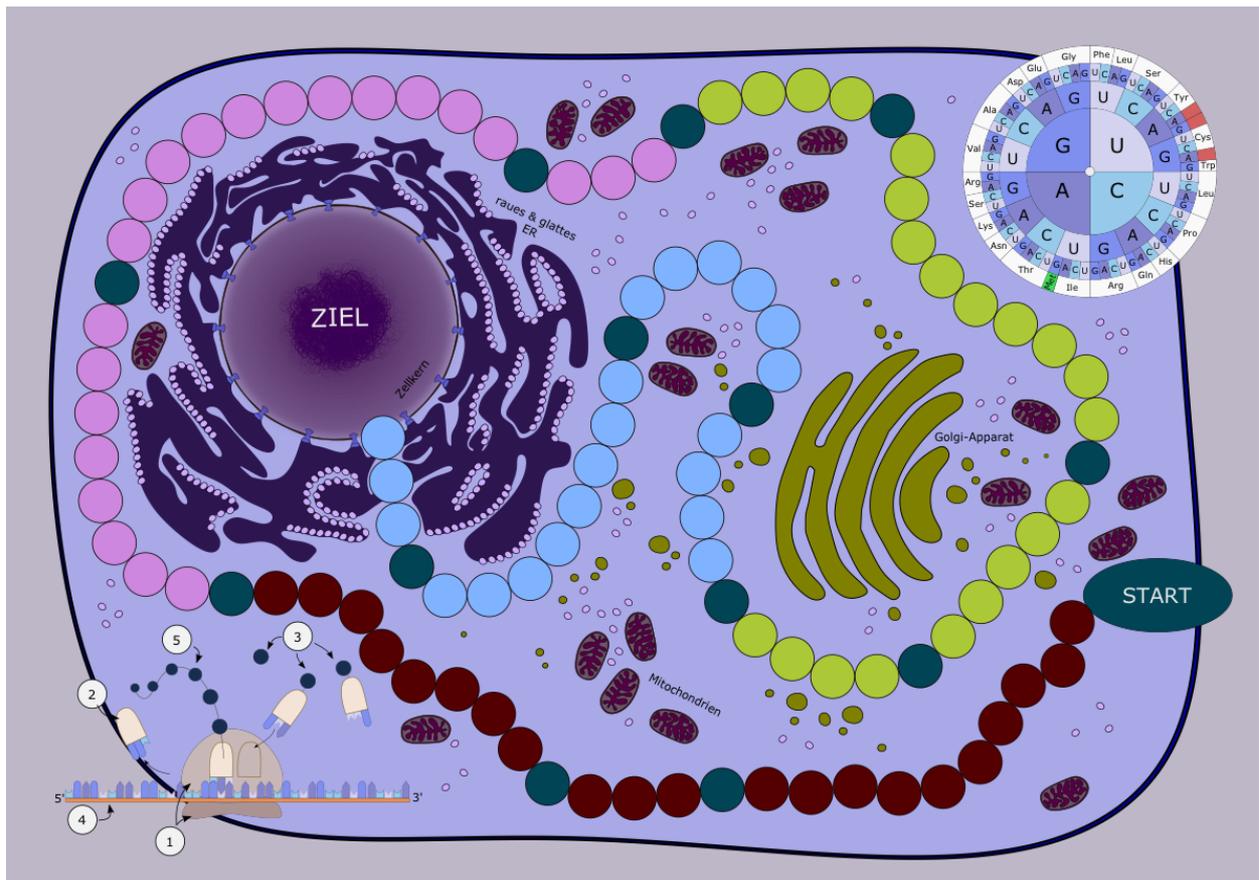


Abbildung 5: fertiges Spielbrett

Codesonne

Neben den Zellorganellen ergänzte ich das Spielbrett mit zwei Darstellungen, welche Bezug zu den Fragen der Wissenskarten nehmen. Eine Darstellung zeigt die Codesonne. Sie ist in Abbildung 5 in der rechten Ecke oben ersichtlich. Die Codesonne wird verwendet, um die Sequenz der DNA zu entschlüsseln. Auf ihr kann abgelesen werden, welche Aminosäure aus einer RNA gebildet werden.⁹ Mit den Fragen auf den Wissenskarten können die Schüler den Umgang mit der Codesonne beim Spielen üben. Die Vorlage der Codesonne ist im Anhang unter 10.5. angefügt.

Abbildung Translation

Die andere Darstellung auf dem Spielbrett, zeigt den Prozess der Translation. Sie ist auf dem Spielbrett in der linken Ecke unten ersichtlich. Die Abbildung enthält die Nummern 1-5. Die Nummerierung bezieht sich auf die Wissenskarten. Die Spieler werden auf den Wissenskarten danach gefragt, welcher Fachbegriff zu den einzelnen Nummern passt. Die Vorlage, welche mir zur Gestaltung der Abbildung half, ist im Anhang im Unterkapitel 9.6. angefügt.

Nachdem die Zellorganellen, die Codesonne und die Abbildung der Translation gestaltet waren, fehlte nur noch der Weg zwischen Start- und Ziel. Ich gehe nun im letzten Abschnitt auf die Aufteilung der Felder ein.

⁹ <https://www.simplyscience.ch/teens/wissen/der-genetische-code>, Stand: 28.12.21.

Anzahl und Aufteilung der Felder

Eine Frage, die sich mir stellte, war, wie viele Felder der Weg zwischen Start und Ziel umfassen soll. Die Anzahl der Felder ist deshalb entscheidend, weil zu viele Felder dazu führen können, dass das Spiel zu lange geht und langweilig wird. Zu wenige Felder führen hingegen zu einem zu schnellen Spielende.

Die Anzahl der Felder generierte ich aus dem Vergleich mit verschiedenen Leiterspielen. Ich konnte feststellen, dass die meisten Leiterspiele zwischen 50 und 100 Felder enthalten. In meinem Spiel gibt es schlussendlich 21 rote und blaue sowie 22 rosa und hellgrüne Felder. Ausserdem befinden sich 13 türkise Felder auf dem Weg verteilt. Somit enthält mein Spiel 99 Felder. Die türkisen Felder sind spezielle Felder, deren Funktion in der im Anhang unter 10.8. angefügten Spielanleitung erläutert wird.

4.2.2. Spielkarten

Die Spielkarten setzen sich, wie in Kapitel 4.1. beschrieben wurde, aus zwei Sorten zusammen: den Wissenskarten und den Extrakarten. Bevor ich damit startete Wissens- und Extrakarten zu entwerfen, fragte ich mich, wie viele Karten das fertige Brettspiel enthalten müsste, damit es sicherlich ausreichend Karten hat. Ich rechnete damit, dass jeder Abschnitt (rot, rosa, grün, blau) mindestens 25 Karten enthalten muss und setzte mir als Ziel, 100 Spielkarten zu entwerfen, wobei mehr Karten wünschenswert wären.

Wissenskarten

Zu Beginn suchte ich meine Unterlagen aus dem Schulunterricht heraus. Alle Fragen der Wissenskarten basieren auf drei Unterrichtsbüchern, mit welchen ich in der KME und FMS unterrichtet wurde. Die Bücher sind im Literaturverzeichnis angefügt. Anschliessend begann ich, Fragen für die Wissenskarten aufzuschreiben.

Es war mir wichtig, verschiedene Arten von Fragen einzubauen, um ein abwechslungsreiches Spiel zu gestalten. Neben den Fragen, die sich auf die Codesonne und die Darstellung der Translation beziehen, habe ich Definitionsfragen und Schätzfragen eingebaut sowie Fragen, bei denen Begriffe erklärt werden müssen. Final enthält das Spiel 108 Wissenskarten. Alle Spielkarten sind im Anhang unter Kapitel 10.7. aufgelistet.

Extrakarten

Neben den Wissenskarten überlegte ich mir fünf Arten von Extrakarten:

- (1) Du kannst dich ein Feld vor den Spieler vor dir stellen.
- (2) Gehe zurück auf das letzte türkise Feld.
- (3) Du darfst vorrücken auf das nächste türkise Feld.
- (4) Du fällst zurück an letzte Stelle. Setze dich ein Feld hinter den letzten Spieler.
- (5) Du musst keine Frage beantworten.

Die Extrakarten befinden sich mit den Wissenskarten im Stapel und dienen dem Unterhaltungsaspekt. Frage zwei und drei beziehen sich auf die türkisen Felder, die auf dem ganzen Weg des Spiels vorkommen. Sie sind in Abbildung 5 ersichtlich. Weitere Funktionen der türkisen Felder sind in der Spielanleitung in Kapitel 10.8. nachlesbar.

In der folgenden Tabelle ist die Kartenanzahl der einzelnen Abschnitte und Kartentypen nochmals übersichtlich zusammengefasst:

	Rot	Rosa	Grün	Blau	Gesamt
Wissenskarten	28	26	31	23	108
Extrakarten	8	9	8	5	30
Gesamt	36	35	39	28	138

Tabelle 1: Übersicht Spielkarten

4.2.3. Spielanleitung und Name des Spiels

Die Spielanleitung ist Anhang unter 10.8. ersichtlich. Den ersten Prototyp der Spielanleitung schrieb ich, nachdem ich den Spielentwurf erstellt hatte. Die Spielanleitung wurde allerdings laufend verbessert und ergänzt. Ausserdem wollte ich vor ihrer Fertigstellung den Testdurchlauf durchführen. Dies hatte zwei Gründe: Ich wollte sichergehen, dass die Spieler die Spielanleitung verstehen und die Möglichkeit haben nach dem Testdurchlauf Verbesserungen an der Spielanleitung vorzunehmen. Auf der Spielanleitung steht ausserdem der Name des Spiels. Benannt nach der Vorlage «Trivial Pursuit» ist der Name des Brettspiels «Cellular Pursuit».

4.3. Druck und Fertigung

Die Arbeit enthält drei Produkte, die ich anfertigen liess: Das Spielbrett, die Spielkarten sowie die Spielanleitung. Neben den von mir gestalteten Produkten enthält das Spiel weitere Bestandteile. Diese wurden nicht gedruckt, sondern anderweitig beschafft. Dazu gehören die Spielfiguren, die Würfel und der Spielkarton.

Formate

Zunächst zum Spielbrett, den Spielkarten und der Spielanleitung. Als Erstes wählte ich die Formate der Produkte. Hierfür nutzte ich erneut den Vergleich mit anderen Spielen als Unterstützung. Für das Spielbrett wählte ich das Format A3, für die Spielkarten das Format A6 und für die Spielanleitung das Format A4. Das Spielbrett und die Spielanleitung sind einmal faltbar. Zusammengeklappt ist das Spielbrett deshalb im A4, die Spielanleitung im A5 Format.

Auflage

Ich fertigte das Spiel sechsmal an, da dies für eine Klasse von 24 Schülern genügt. (6*vier Spieler=24 Spieler).

Spielkarten

Die Spielkarten konnte ich über die Druckerei «Eichholzer» (<https://www.eichholzerdruck.ch/home.html>) tätigen. Als Material wählte ich ein glänzendes, dickeres Kartonpapier. Ich gab die Karten am 07.12.21 in den Druck und konnte sie zwei Tage später abholen.

Spielanleitung

Die Spielanleitung liess ich über die Papeterie Schwaninger (<https://www.kschwaninger.ch>) am 31.12.21 drucken. Hier wählte ich ein dünneres Papier. So kann die Spielanleitung gut gefaltet werden.

Spielbrett

Bei der Anfrage, ein Spielbrett anzufertigen, bekam ich von verschiedenen Druckereien eine Absage. Schliesslich wurde mir die Buchbinderei «Renfer» (<https://buchbinderei-renfer.ch>) empfohlen. Nachdem mir die Buchbinderei telefonisch zusichern konnten, dass die Fertigung des Spielbretts möglich wäre, habe ich das Spielbrett am 29.11.21 in der Buchbinderei abgegeben und konnte es am 13.12.21 wieder abholen.

Es war mir wichtig, alle selbst gestalteten Produkte über die Druckereien und die Buchbinderei anfertigen zu lassen, da ich persönlich vorbeigehen und mich beraten lassen konnte. Es wäre auch möglich gewesen, das Spiel übers Internet zu bestellen. Ich wollte jedoch verhindern, dass etwas fehlerhaft gedruckt wird und ich wollte meine Vorstellungen vorab mit den Mitarbeitern der Betriebe klären. Ich wählte deshalb den vermutlich zeitaufwändigeren Weg, hatte dafür jedoch bei der Fertigung meiner Produkte keine Probleme, wie ich es bei einer Onlinebestellung befürchtet hatte. Ausserdem finde ich, dass es sich von der Qualität der Produkte gelohnt hat, diesen Weg des Drucks und der Anfertigung zu wählen.

Weitere Bestandteile

Neben dem Spielbrett, den Spielkarten und der Spielanleitung benötigte das Spiel weitere Bestandteile: Spielfiguren, Spielwürfel und einen Spielkarton.

Die Figuren und Würfel kaufte ich bei der Buchhandlung Orell Füssli (<https://www.orellfuessli.ch>). Diese bieten in ihrem Sortiment Ersatzteile für Spiele an, darunter ein Set mit 24 Spielfiguren und ein Set mit 12 Würfeln. Deshalb enthält nun jedes Brettspiel zwei Würfel sowie vier Spielfiguren in rot, grün, blau und gelb.

Zur Organisation des Spiels besorgte ich bei Migros (<https://www.migros.ch>) durchsichtige Säckchen und Gummis. Damit können die Spielfiguren und die Würfel versorgt und die Spielkarten zusammengebunden werden und der Spielkarton wird aufgeräumt und ordentlich für die nächsten Spieler zurückgelassen. Spielbrett, Spielfiguren, Anleitung, Würfel und Spielkarten sind aufgeräumt in Abbildung 6 ersichtlich.

Die Spielkartons erhielt ich bei Globus (<https://www.globus.ch>). Ich wählte zweimal die Farbe dunkelviolett, zweimal die Farbe mauve und zweimal die Farbe rot. Das Format der Kartons ist 31 x 22 x 9 cm.

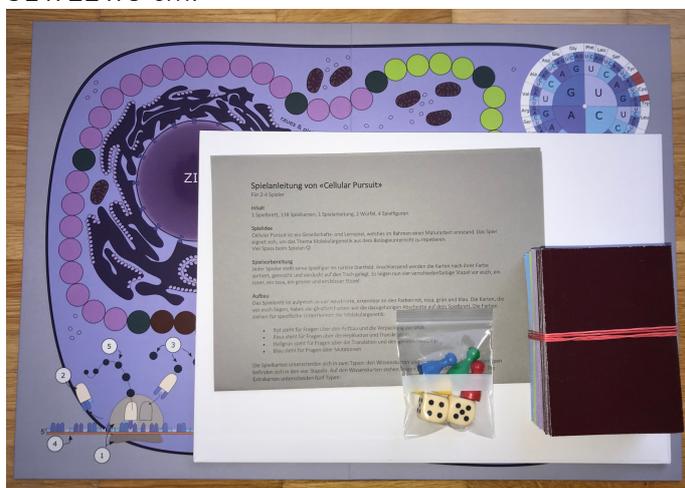


Abbildung 6: Organisation der Spielkarten, Würfel und Figuren

5. Auswertung

5.1. Testdurchlauf

Im Anschluss an die Fertigstellung des Spielbretts und der Spielkarten, führte ich einen Testdurchlauf am Dienstag dem 14.12.21 durch. Ziel und Zweck des Spieltests war, meine in Kapitel 2.2. formulierte Zielsetzung zu überprüfen. In der Zielsetzung sind zwei Aspekte zentral: Das Spiel soll den Schülern zur Repetition und Vertiefung des Schulstoffes zum Thema Molekulargenetik dienen sowie ein unterhaltsames Gesellschaftsspiel sein. Für den Testdurchlauf fragte ich meine Mitschüler, ob sie das Spiel einmal spielen können. Im Anschluss gab ich ihnen einen Fragebogen, welchen sie ausfüllen sollten.

Ablauf des Testdurchlaufs

Insgesamt fanden sich 9 Probanden, welche das Spiel spielten. Ich teilte sie in zwei Gruppen; eine Vierergruppe und eine Dreiergruppe. Zu Beginn erklärte ich ihnen die Spielregeln. Zu den Spielregeln wurden keine Fragen gestellt. Im Anschluss an das Spiel verteilte ich die Fragebögen. Da ich alle Probanden persönlich kenne, hat mich meine Betreuungsperson im Vorfeld darauf hingewiesen, dass es wichtig sei, den Probanden mitzuteilen, dass sie nicht aus Sympathie zu mir nette Bewertungen schreiben sollen, sondern dass ihr ehrliches Feedback gewünscht ist.

Fragebogen

Um die Zielsetzung zu überprüfen stellte ich den Probanden fünf Fragen. Der Fragebogen ist im Anhang unter 10.9. ersichtlich.

Mit den ersten beiden Fragen des Fragebogens wollte ich überprüfen, ob das Spiel zu schwierig oder zu einfach ist. Meine Erwartung war, dass die meisten Spieler zwischen 70-90% der Fragen beantworten können. Ich hoffte ausserdem, dass die meisten Spieler die Fragen weder zu einfach noch zu schwierig finden. Ausserdem wollte ich überprüfen, ob sie das Thema Molekulargenetik repetieren konnten und ob sie das Spiel langweilig oder unterhaltsam fanden.

Da Biologie und Chemie an der KME als Schwerpunktfach angeboten wird, wollte ich ausserdem von den Probanden wissen, ob sie Biologie als Grundlagen- oder Schwerpunktfach besuchen. Das Thema Molekulargenetik wird im Schwerpunktfach sehr viel detaillierter behandelt, weshalb ich damit rechnete, dass diese Probanden mehr Fragen beantworten können. Ausserdem wollte ich wissen, wann die Probanden das Thema Molekulargenetik zuletzt im Unterricht behandelt hatten, da ich davon ausging, dass das ebenfalls einen Einfluss darauf hat, wie viele Fragen die Testperson beantworten kann. Ausserdem liess der Fragebogen Platz für Feedback und Verbesserungsvorschläge.

5.2. Rückmeldungen (Auswertung)

Die Ergebnisse der Fragebögen sind in der folgenden Tabelle festgehalten:

	Frage 1	Frage 2	Frage 3	Frage 4	Schwerpunkt- / Grundlagenfach	Zuletzt behandelt im Unterricht
Proband 1	90%	okay	gut	unterhaltsam	Schwerpunktfach	Vor 3 Wochen
Proband 2	80%	zu einfach	m o w*	okay	Grundlagenfach	Vor einem Jahr
Proband 3	80%	okay	gut	unterhaltsam	Grundlagenfach	Vor einem Jahr
Proband 4	75%	okay	gut	unterhaltsam	Schwerpunktfach	Vor 3 Wochen
Proband 5	65%	okay	gut	unterhaltsam	Schwerpunktfach	Vor 3 Wochen
Proband 6	65%	okay	gut	unterhaltsam	Schwerpunktfach	Vor 3 Wochen
Proband 7	60%	okay	gut	unterhaltsam	Grundlagenfach	Vor einem Jahr
Proband 8	55%	schwierig	gut	unterhaltsam	Grundlagenfach	Vor einem Jahr
Proband 9	40%	schwierig	m o w*	okay	Grundlagenfach	Vor einem Jahr

Tabelle 2: Auswertung der Fragebögen

*Hinweis: m o w steht für die Antwortmöglichkeit mehr oder weniger

Bezüglich der Schwierigkeit der Fragen konnten sechs von neun Probanden mehr als 65% der Fragen richtig beantworten. Was mich überraschte, war, dass entgegen meiner Annahme zwei Personen aus dem Grundlagenfach 80% der Fragen beantworten konnten, obwohl sie dieses Thema vor einem Jahr behandelten.

Sieben von Neun Probanden gaben an, dass sie das Thema Molekulargenetik repetieren konnten und zwei Probanden gaben an, dass sie das Thema mehr oder weniger repetieren konnten. Die dritte Antwortmöglichkeit, nämlich dass das Thema nicht repetiert werden konnte, wurde nicht angekreuzt.

Anhand der Antworten der Probanden interpretiere ich, dass die Fragen eher anspruchsvoll sind. Der Grossteil der Probanden gab an, dass sie das Thema Molekulargenetik gut repetieren konnten. Meine Einschätzung bezüglich der ersten Zielsetzung ist deshalb, dass das Spiel die Anforderung eines Lernspiels erfüllt.

Rückmeldungen zur zweiten Zielsetzung, nämlich ein unterhaltsames Gesellschaftsspiel zu entwickeln, erhielt ich durch Frage 4. Hier gaben 7 von 9 Probanden an, dass sie das Spiel unterhaltsam finden. Zwei andere Probanden finden das Spiel okay. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass es gelang, ein unterhaltsames Gesellschaftsspiel zu entwickeln.

Zum Schluss möchte ich auf das Feedback und die Verbesserungsvorschläge eingehen. Positiv wurde viermal genannt, dass die Spielanleitung gut verständlich, das Spiel spannend und unterhaltsam zu spielen ist und das Thema repetiert werden konnte. Ausserdem gaben drei Probanden als Rückmeldung, dass ihnen die Gestaltung und die Farben des Spiels gefällt. Zwei Probanden hat speziell die Gliederung der Unterthemen in die vier Kategorien gefallen und dass es schwerere und einfachere Fragen gibt.

Zwei Testpersonen fanden hingegen, dass die Fragen etwas zu schwer waren. Ausserdem bekam ich zweimal die Rückmeldung, dass das Spiel etwas lange geht. Eine Person hat vorgeschlagen, dass für einen schnelleren Durchlauf zwei Würfel benutzen könnte. Ich finde diesen Hinweis so gut, dass ich ihn nachträglich in die Spielanleitung einbaute. Weiter störte es jemanden, dass weder in der Spielanleitung noch auf den Spielkarten gegendert wurde. Zu diesem Aspekt hatte ich mir bereits vor dem Schreiben der Arbeit Gedanken gemacht. Damals hatte ich mich der besseren Verständlichkeit halber entschieden, weder in der schriftlichen Arbeit noch in der Spielanleitung oder den Spielkarten zu Gendern.

Ich bin weiterhin der Meinung, dass Gendern im schriftlichen Teil zu verwirrend wäre. Würde ich die Arbeit nochmals schreiben, würde ich jedoch bei den Spielkarten und der Spielanleitung gendern. Das hätte ich besser machen können.

Als letztes bekam ich mehrmals die Rückmeldung, dass das türkise Fed eigentlich dunkelgrün ist. Darauf hatte mich meine Betreuerin Anne Kern bereits in einer Besprechung hingewiesen. Ich war damals allerdings davon überzeugt gewesen, dass das Feld türkis sei. Da nun die Mehrzahl der Rückmeldungen ebenfalls der Meinung sind, dass die Farbe der Felder dunkelgrün ist, würde ich die Benennung der Farbe ebenfalls besser machen.

Als Fazit aus der Spielauswertung halte ich fest, dass ich meine Zielsetzung umsetzen konnte. Ein Grossteil der Rückmeldungen sind positiv. Besonders freuten mich die Kommentare zur Gestaltung des Spiels. Details wie das Gendern und die Farbenbenennung hätten besser betitelt werden sollen. Den Verbesserungsvorschlag für einen schnelleren Spieldurchlauf übernehme ich in die Spielanleitung.

6. Reflexion

Zum Schluss möchte ich auf Herausforderungen eingehen und darauf, welche Erkenntnisse ich durch diese Arbeit sammeln konnte.

Auf Herausforderungen stiess ich hauptsächlich bei der Entwicklung des Spiels, spezifischer bei der Einschätzung meiner zeitlichen Kapazitäten. Dies wird deutlich, wenn man den Zeitplan und den Arbeitsbericht vergleicht. Beide sind im Anhang unter 10.1. und 10.2. ersichtlich. Der Zeitplan war darauf ausgelegt, dass die Gestaltungsphase nach den Herbstferien abgeschlossen wird, was mir nicht gelang. Ich hatte mich hinsichtlich der Zeit, die ich für das Verfassen der Fragekarten benötigte, überschätzt. Wie im Arbeitsbericht erwähnt, machte es mir Mühe, die Fragen kurz und verständlich zu formulieren, ohne dass diese zu monoton werden. Auch hatte ich völlig unterschätzt, wie lange es dauern würde, die gut 100 Karten zu schreiben, zu überarbeiten und zu korrigieren.

Ich ging davon aus, dass mich die Gestaltung des Spielbretts am meisten vor Herausforderungen stellen würde. Das war allerdings nicht der Fall. Mit Inkscape zu arbeiten machte mir nur anfänglich Schwierigkeiten und funktionierte anschliessend ohne Probleme.

Abgesehen vom gestalterischen Teil konnte ich durch diese Arbeit die Erkenntnis sammeln, dass es verschiedene Formen des Lernens gibt. Mein selbstentwickeltes Spiel zeigt, dass sich Unterhaltung, Spass und Lernen verknüpfen lassen. Das persönliche Fazit, welches ich für mich ziehe, ist, dass es sich lohnt sich mit seinen Lernmethoden auseinanderzusetzen, da es Lernstrategien gibt, die nicht nur effizient sind sondern auch Freude bereiten können.

7. Dank

Ich möchte mich herzlich bei allen bedanken, die mich bei dem Schreiben dieser Arbeit unterstützt haben:

Ein spezieller Dank gehört den Mitarbeitern der Buchbinderei Renfer, die mich beim Druck des Spielbretts berieten und dieses anfertigten.

Ich möchte allen danken, die am Testdurchlauf des Spiels teilnahmen und meiner Familie, die mich unterstützte, indem sie mir die Arbeit gegengelesen hat.

Auch meiner Betreuungsperson Anne Kern gehört mein Dank. Sie unterstützte mich in dieser Zeit mit Ratschlägen, neuen Denkanstößen und stand mir bei Fragen stets zur Seite.

8. Selbstständigkeitserklärung

Selbstständigkeitserklärung

- Ich achte das geistige Eigentum anderer Autoren und gebe ihre Leistung nicht als meine eigene aus.
- Ich kennzeichne deshalb klar, wo ich wörtlich zitiere, und weise auch darauf hin, wenn ich Erkenntnisse anderer umschreibe oder zusammenfasse. Damit ermögliche ich dem Leser, die Herkunft und Qualität der von mir benutzten Information richtig einzuschätzen.
- Ich achte darauf, dass die Informationen, die ich von anderen bezogen habe, klar von meinen eigenen Überlegungen und Folgerungen unterschieden werden können. Erst dadurch wird auch meine eigene Leistung richtig einschätzbar.
- Ich achte darauf, dass meine bibliographischen Angaben so genau sind, dass sie dem Leser das Auffinden der Quellen ermöglichen.
- Auch die aus dem Internet bezogene wissenschaftliche Information belege ich klar nach Herkunft von Texten und Bildern mit entsprechenden Internet-Adressen.
- Ich respektiere die Autorenrechte meiner Informationsquellen und halte mich an die geltenden gesetzlichen Regelungen.

Erklärung

Ich versichere, dass ich meine Maturarbeit unter Berücksichtigung der oben stehenden Regeln selbständig verfasst habe.

Ort / Datum:

Unterschrift:

9. Quellenverzeichnis

9.1. Internetquellen

- 1) BBH-Blog: Gender Disclaimer:
<https://www.bbh-blog.de/gender-disclaimer/>, Stand: 22.12.21.
- 2) Spielregeln.de: Leiterspiel Anleitung und Regeln:
<https://www.spielregeln.de/leiterspiel.html>, Stand: 28.10.21.
- 3) Spiegel: Testen Sie ihr Wissen: Trivial Pursuit als Online-Game:
<https://www.spiegel.de/netzwelt/spiele/trivial-pursuit-auf-spiegel-online-was-wissen-sie-wirklich-von-der-welt-a-1292479.html>, Stand: 30.12.21.
- 4) Markus Sebek: Monopoly Spielanleitung und Spielregeln (29.09.16):
https://www.focus.de/wissen/monopoly-spielanleitung-und-spielregeln_id_5476859.html,
Stand: 28.10.21.
- 5) Inkscape: <https://inkscape.org/de/>, Stand: 30.10.21.
- 6) DrawTut – Zeichnen lernen und Tutorials: Inkscape Tutorial – Übersicht & Einführung –
Kostenlose Vektorgrafik Software im Überblick:
<https://www.youtube.com/watch?v=hFE4wVoP0qo>, Stand: 10.08.21.
- 7) Zenva: Beginner Inkscape Tutorial – Creating Scalable Game Art with Inkscape:
<https://www.youtube.com/watch?v=HfEBoY1rbIA>, Stand: 10.08.21.
- 8) Simply Science: Der genetische Code (09.04.2013):
<https://www.simplyscience.ch/teens/wissen/der-genetische-code>, Stand: 28.12.21.

Fertigung des Brettspiels

- 9) Spielkarten: <https://www.eichholzerdruck.ch/home.html>, Stand: 02.01.22.
- 10) Spielanleitung: <https://www.kschwaninger.ch>, Stand: 02.01.22.
- 11) Spielbrett: <https://buchbinderei-renfer.ch>, Stand: 22.10.21.
- 12) Würfel und Spielfiguren: <https://www.orellfuessli.ch>, Stand: 02.01.22.
- 13) Gummis und Säckchen zur Organisation: <https://www.migros.ch>, Stand: 02.01.22.
- 14) Spielkarton: <http://globus.ch>, Stand: 02.01.22.

9.2. Tabellenverzeichnis

- 15) Tabelle 1: eigene Darstellung
- 16) Tabelle2: eigene Darstellung

9.3. Literaturverzeichnis

17) Berner, Hans; Isler Rudolf; Weidinger, Wiltrud: Einfach gut unterrichten, 1.Auflage, Bern, 2018.

Bücher aus dem Biologieunterricht

18) Compendio-Bildungsmedien (Hg.): Genetik und Ökologie. Lerntext, Aufgaben mit Lösungen, Glossar und Zusammenfassungen, 1.Auflage, Zürich, 2015.

19) Pearson Deutschland GmbH (Hg.): Campbell Biologie. 11., aktualisierte Auflage, Hallbergmoos, 2019.

20) Ernst Klett Verlag (Hg.): Markl Biologie. 1.Auflage, Stuttgart, Leipzig, 2010.

9.4. Abbildungsverzeichnis

21) Titelbild: selbst gestaltet

22) Abbildung 1: Betzold: XL-Leiterspiel:
https://www.betzold.ch/prod/E_757660/, Stand: 22.10.21.

23) Abbildung 2: Interdiscount: Hashbro Trivial Pursuit Classic:
<https://www.interdiscount.ch/de/spielwaren-drohnen/spiele-puzzle/gesellschaftsspiele--c851000/hasbro-trivial-pursuit-classic--p0001651660>, Stand: 30.12.21.

24) Abbildung 3: Brad Frost: monopoly template for photoshop:
<https://bradfrost.com/blog/post/monopoly-photoshop-template/>,
Stand: 28.10.21.

25) Abbildung 4: eigene Skizze

26) Abbildung 5: selber gestaltete Abbildung

27) Abbildung 6: selber gestaltete Abbildung

28) Abbildung 7: Compendio-Bildungsmedien (Hg.): Genetik und Ökologie. Lerntext, Aufgaben mit Lösungen, Glossar und Zusammenfassungen, 1.Auflage, Zürich, 2015. S.85.

29) Abbildung 8: Pearson Deutschland GmbH (Hg.): Campbell Biologie. 11., aktualisierte Auflage, Hallbergmoos, 2019, S.138.

30) Abbildung 9: Ernst Klett Verlag (Hg.): Markl Biologie. 1.Auflage, Stuttgart, Leipzig, 2010, S. 162.

31) Abbildung 10: Compendio-Bildungsmedien (Hg.): Genetik und Ökologie. Lerntext, Aufgaben mit Lösungen, Glossar und Zusammenfassungen, 1.Auflage, Zürich, 2015, S.95.

10. Anhang

10.1. Zeitplan

Frühlingsferien: Ideen sammeln und Projektbeschreibung

- Projektbeschreibung
- Auseinandersetzung mit verschiedenen Brettspielen
- Spielentwurf erarbeiten

Nach den Frühlingsferien: Spielentwurf fertigstellen

- Projektbeschreibung und Spielentwurf überarbeiten

Vor den Sommerferien + Sommerferien: Gestaltung des Spiels

- Gestaltung des Spielbretts und der Spielkarten auf Inkscape. Fragen für die Wissenskarten überlegen.

Bis zu den Herbstferien: Spiel fertig machen und Drucken

- Spiel fertig machen: Ziel: bis am 10.September Spiel fertigstellen
- Spiel drucken und anfertigen lassen (so dass es nach den Herbstferien da ist)
- Fragebogen für die Auswertung
- Mitschüler anfragen und Datum abmachen für Testdurchlauf

Herbstferien: Auswertung vorbereiten

- Arbeit am schriftlichen Teil
- Fragebogen fertigstellen/verbessern

Bis zu den Weihnachten: Auswertung, schriftliche Arbeit schreiben

- Erste Woche nach den Herbstferien: Testdurchlauf
- Arbeit am schriftlichen Teil

Weihnachten: schriftliche Arbeit überarbeiten und abschliessen

- Schriftliche Arbeit drucken
Abgabe: 04.01.21

10.2. Arbeitsbericht

Frühlingsferien

Im April startete ich damit, einen Zeitplan zu erstellen. Ich gliederte die Arbeit dafür in einzelne Phasen. Es fiel mir jedoch schwer einzuschätzen, wie lange ich insbesondere für die Gestaltung des Spielbretts benötigen werde und versuchte deshalb genügend Zeit einzuplanen. Ausserdem wollte ich die Gestaltungsphase möglichst bald abschliessen, so dass ich mich ab den Herbstferien auf die schriftliche Arbeit konzentrieren kann.

Frühlingsferien bis Sommerferien

Ich verfasste die Projektbeschreibung und schloss den Vertrag mit meiner Betreuungsperson ab. Ich erstellte ausserdem den Spielentwurf. Mir wurde klar, dass meine anfänglichen Ideen des Spielentwurfs nicht umsetzbar waren und musste diesen fortlaufend verbessern und anpassen.

Sommerferien

In den Sommerferien schaute ich mir einige Videos über die Nutzung von Inkscape an. Ich machte mir einige Notizen und versuchte selbst eine Figur zu erstellen. Dies Funktionierte nach kurzen anfänglichen Schwierigkeiten gut und ich entschied deshalb direkt mit der Gestaltung des Spielbretts zu beginnen.

Nach den Sommerferien bis zu den Herbstferien

Nach den Sommerferien startete ich mit ersten Gestaltungsversuchen am Spielbrett. Da ich beschlossen hatte, eine Codesonne auf dem Spielbrett abzubilden, begann ich als erstes diese zu Gestalten. Ich brauchte enorm viel Zeit für die Codesonne, lernte allerdings dadurch auch gut mit Inkscape umzugehen. Nachdem die Codesonne gestaltet war, viel es mir leichter, die Zelle und ihre Organellen zu gestalten und hatte keine Schwierigkeiten mehr mit inkscape. Ich rechnete damit, dass ich bei der praktischen Arbeit am meisten Zeit in das Spielbrett investieren würde und fokussierte mich deshalb vollständig darauf, an diesem zu arbeiten.

Herbstferien

Während den Herbstferien arbeitete ich weiter am Brettspiel, spezifischer am Spielbrett und den Spielkarten. Dabei benötigten die Spielkarten sehr viel Zeit als das Spielbrett. Damit hatte ich nicht gerechnet. Mir wurde bewusst, dass nicht das Spielbrett und die Nutzung von Inkscape die Herausforderung für mich war, sondern die Formulierung der Fragen. Es musste darauf geachtet werden, dass sich die Fragen nicht wiederholen, dass sie verständlich gestellt werden und nicht monoton sind. Die Fragen zu formulieren ist eine Fleissarbeit, wobei nicht sehr viel Kreativität gefragt ist und war deshalb ein für mich ein sehr mühsamer Teil der Arbeit. Ausserdem brauchte die Überarbeitung der 108 Fragen nochmals Zeit, mit der ich nicht gerechnet hatte. Deshalb arbeitete ich während der Herbstferien wenig an der schriftlichen Arbeit, was sich schliesslich in der Rohfassung widerspiegelte. Die Rohfassung musste ich nach den Herbstferien abgeben.

Herbstferien bis Weihnachtsferien

Nach den Herbstferien gab ich die Rohfassung ab. Die Verbesserungsvorschläge in der Rückmeldung bezogen sich vor allem auf meinen Schreibstil und ich versuchte von nun auf darauf zu achten, meine Sätze kürzer und aussagekräftiger zu formulieren.

Ausserdem schloss ich die Arbeit am Spielbrett und an den Spielkarten ab. Das Spielbrett konnte ich am 29.11.21 durch eine Buchbinderei anfertigen lassen und am 13.12.21 wieder abholen. Die Spielkarten brachte ich zu einer Druckerei am 07.12.21 und konnte sie zwei Tage später abholen. Die Fertigung der Spielkarten und des Spielbretts verliefen ohne Probleme. Am 14.12.21 führte ich dann den Testdurchlauf durch. Auch dieser bereitete keine Probleme. Durch die Prüfungsphase an der KME konnte ich «nur» 9 Probanden finden, die Zeit hatten. Ich hätte mir gewünscht, dass es mehr sind. Trotzdem bekam ich gute Rückmeldungen.

Weihnachtsferien

Während den Weihnachtsferien arbeitete ich an der schriftlichen Arbeit. Ich versuchte besonders auf meine Formulierungen zu achten.

In den Weihnachtsferien besorgte ich ausserdem die Spielfiguren und die Würfel bei Orell Füssli sowie die Spielkartons bei Globus und liess die Spielanleitung am 31.12.21 bei der Papeterie Schwaninger drucken. Damit schloss ich meine Arbeit ab. Ich denke, dass es für das Schreiben und die Überarbeitung der schriftlichen Arbeit gut gewesen wäre, wenn ich etwas früher mit dem praktischen Teil fertig gewesen wäre. Schlussendlich floss ungefähr 80% der Zeit, die ich in die Arbeit investierte, in den praktischen Teil. Da dies eine gestalterische Arbeit ist, bin ich dennoch zufrieden mit dem Ergebnis.

10.3. Abbildung «Vom Gen zum Protein»

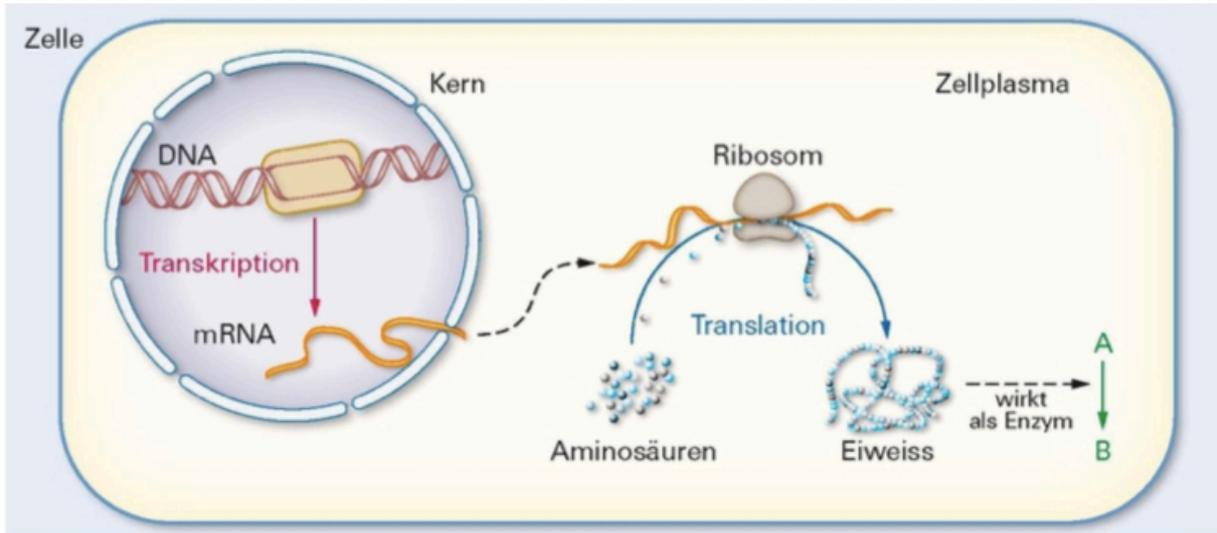


Abbildung 7: Vorlage «Vom Gen zum Protein»

10.4. Abbildung «Vorlage Zelle»

Tierzelle (Ausschnittsansicht einer verallgemeinerten Zelle)

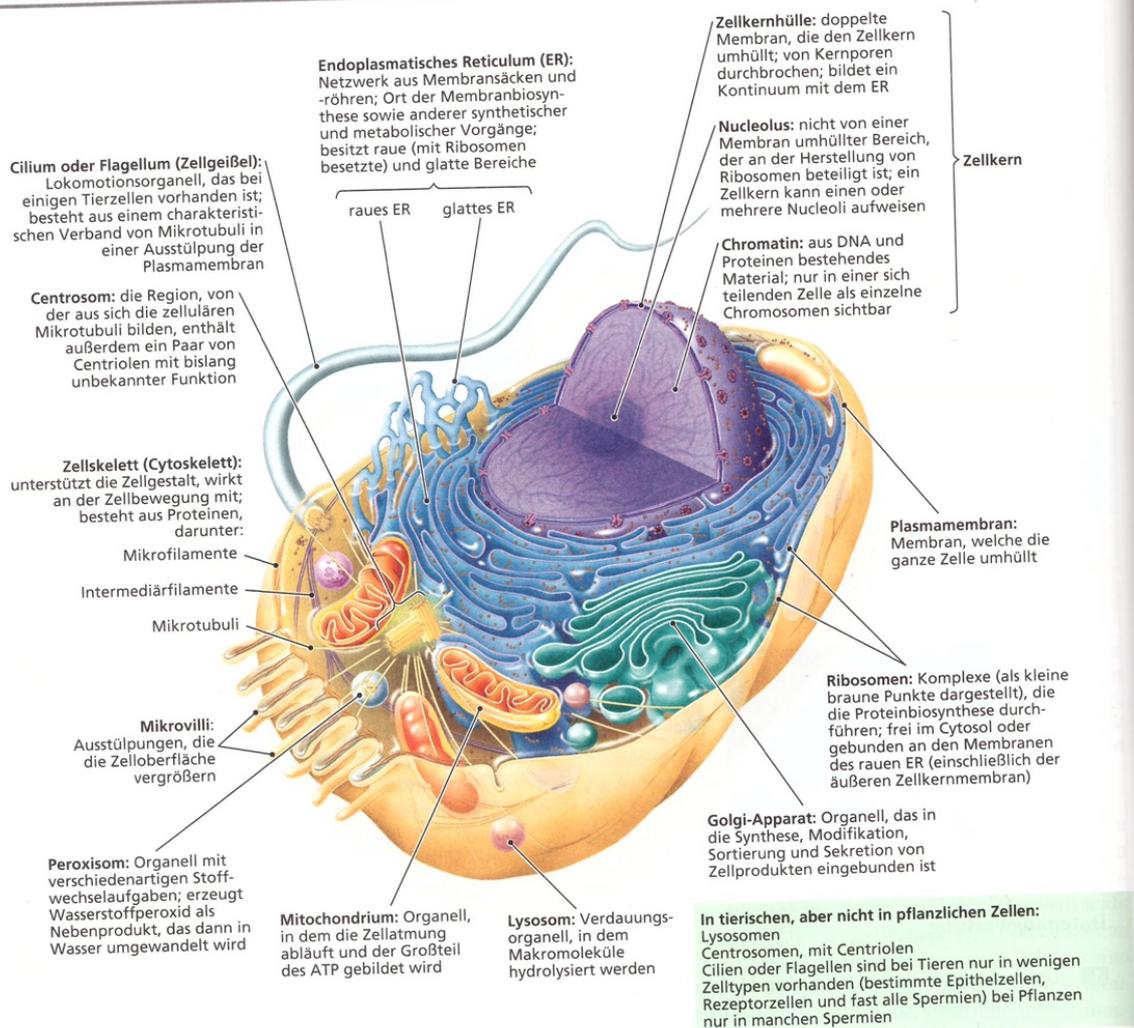


Abbildung 8: Vorlage Zelle

10.5. Abbildung Codesonne

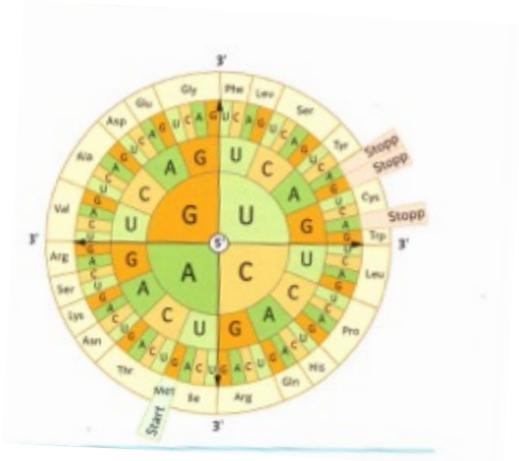


Abbildung 9: Vorlage Codesonne

10.6. Abbildung Translation

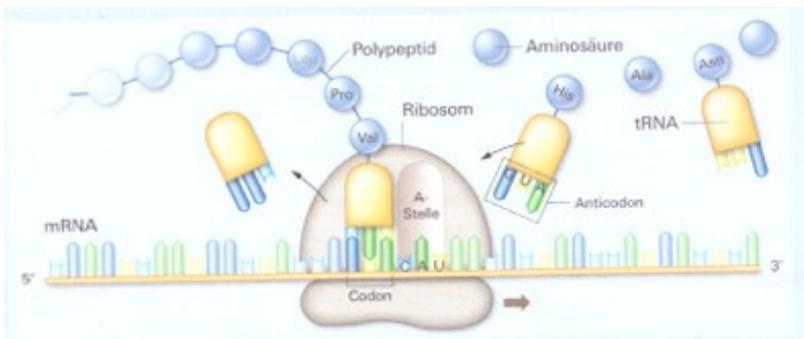


Abbildung 10: Vorlage Translation

10.7. Spielkarten

Aufbau und Verpackung der DNA (rote Karten)

1. Welche Basen kommen in der DNA vor? (MB S.33)
 - Adenin (A)
 - Thymin (T)
 - Guanin (G)
 - Cytosin (C)
2. Wie setzt sich ein Nucleotid der DNA zusammen? (MB S.33)
 - Basenmolekül
 - Desoxyribose
 - Phosphatgruppe
3. Wie setzt sich ein Nucleotid der RNA zusammen? (MB S.33)
 - Basenmolekül
 - Ribose
 - Phosphatgruppe
4. Welche Basen sind Pyrimidine? (MB S.33)
 - Cytosin und Thymin
5. Welche Basen sind Purine? (MB S.33)
 - Adenin und Guanin
6. Eine Purinbase paart sich immer mit einer Purinbase. Richtig oder falsch? (MB S.33)
 - Falsch. Eine Purinbase paart sich immer mit einer Pyrimidinbase.
7. Nenne einen Unterschied zwischen den Nucleotiden der DNA und RNA. (MB S.33)
 - Base: Thymin wird durch Uracil ersetzt
 - Zucker: Desoxyribose bei DNA, Ribose bei RNA
8. Welche Basen sind komplementär zueinander? (MB S.33)
 - A paart sich mit T
 - G paart sich mit C
9. Zwischen den komplementären Basen wirkt die Wasserstoffbrückenbindung. Wie viele Wasserstoffbrücken werden zwischen den Basen ausgebildet? (MB S.33)
 - Zwischen Adenin und Thymin: zwei H-Brücken
 - Zwischen Cytosin und Guanin: drei H-Brücken
10. Die Reihenfolge (Sequenz) der Nucleotide enthält die genetische Information. Richtig oder falsch? (GÖ S.68)
 - Richtig
11. Die vier Basen kommen in der DNA gleich häufig vor. Richtig oder falsch? (GÖ S.69)
 - Falsch. Nur zueinander komplementäre Basen kommen gleich häufig vor.
12. DNA kommt bei Eukaryoten auch ausserhalb des Zellkerns vor. Wo? (GÖ S.65)
 - In geringen Mengen in den Mitochondrien und Plastiden.
13. Bakterien besitzen keinen Zellkern. Wo befindet sich bei ihnen die DNA? (GÖ S.65)
 - Im Cytoplasma, im Chromosom und in den Plasmiden
14. Welche Form hat die DNA? (GÖ S.72)
 - Die eines Doppelstrangs. Er windet sich zur Doppelhelix.

15. Was versteht man unter nicht-codierender DNA? (GÖ S.70)
- Abschnitte auf der DNA, die weder für ein Eiweiss noch für RNA codieren. Es sind sozusagen «leere» Abschnitte auf der DNA.
16. Du untersuchst die DNA einer Pflanze und findest heraus, dass 15% aller Basen Cytosin sind. Welche Prozentsätze der anderen 3 DNA-Basen erwartest du hier? (GÖ S.69,70)
- 15% Guanin, 35% Adenin, 35% Thymin
17. Was ist der Unterschied zwischen Heterochromatin und Euchromatin? (GÖ S.77)
- Heterochromatin ist stärker aufspiralisiert/kondensiert als Euchromatin. Die genetischen Informationen können auch während der Interphase nicht abgelesen werden.
18. In den Kernen weiblicher Körperzellen ist eines der beiden X-Chromosomen inaktiv. Wie heisst diese Struktur aus Heterochromatin? (GÖ S.77)
- Barr-Körperchen
19. In welcher Phase des Zellzyklus liegt die DNA als Chromosom vor? (GÖ S.77)
- Während der Mitose (Zellkernteilung)
20. Zwei identische Schwesterchromatide sind am Centromer miteinander verbunden. Wie heisst diese kompakte, spiralisierte Form der DNA? (GÖ S.77)
- Chromosom
21. Mitochondriale DNA verdoppelt und teilt sich unabhängig von der DNA im Zellkern. Richtig oder falsch? (GÖ S.77)
- Richtig
22. Welche Proteine sind Bestandteile der Nucleosome? (MB S.156)
- Histone
23. In welcher Zellzyklusphase befindet sich DNA in Form von Chromatinfasern im Zellkern? (GÖ S.76)
- Interphase
24. Wie heisst die Stelle, an der zwei Schwesterchromatide miteinander verbunden sind? (GÖ S. 77)
- Centromer
25. Schätzfrage: Wie lange sind alle 46 DNA-Moleküle einer einzigen diploiden menschlichen Zelle aneinandergereiht? (GÖ S.77)
- a) 10 Meter
 - b) 2 Meter**
 - c) 10cm
 - d) 2mm
26. Welche ist die passendste Definition für «Gen»? (GÖ S.147)
- a) Ein Gen enthält die Information für den Bau eines Enzyms.
 - b) Ein Gen enthält die Information für den Aufbau eines Peptids.
 - c) Ein Gen ist ein Abschnitt der DNA, der die Information für die Herstellung eines RNA-Moleküls enthält.**
27. Was sind Exons? (GÖ S.102)
- Exons sind codierende Abschnitte eines Gens.
28. Was sind Introns? (GÖ S.102)
- Introns sind nicht codierende Abschnitte eines Gens.

Replikation und Transkription (rosa Karten)

29. Ordne die folgenden Enzyme in der Reihenfolge ihres zeitlichen Einsatzes während der DNA-Replikation: (MB S.155)
- Primase
 - DNA-Polymerase
 - Ligase
 - Helikase
- Lösung: d,a,b,c**
30. Erkläre die Funktion der Helikase. (GÖ S.81)
- Die Helikase bricht die Wasserstoffbrücken zwischen den komplementären Basenpaaren und öffnet so die Doppelhelix.
31. Welches Enzym führt dazu, dass sich am Replikationsursprung die Replikationsblase mit zwei Replikationsgabeln bildet? (GÖ S.81)
- Helikase
32. Am Replikationsursprung bilden sich zwei Replikationsgabeln, die in entgegengesetzte Richtung laufen. Stimmt diese Aussage? (GÖ S. 81)
- Ja, das stimmt.
33. Welche Funktion hat die DNA-Polymerase? (GÖ S.81)
- Die DNA-Polymerase verknüpft die passenden komplementären Nucleotide zum neuen DNA Strang.
34. Die Polymerase kann die DNA-Sequenz nur in 3' zu 5'-Richtung ablesen und in 5' zu 3'- Richtung generieren. Richtig oder falsch? (MB S.154)
- Richtig
35. Welches Enzym verknüpft die Okazaki-Fragmente am Folgestrang der DNA? (GÖ S.82)
- Ligase
36. Welche Funktion hat die Ligase? (GÖ S.82)
- Sie verknüpft die Okazaki-Fragmente am Folgestrang.
37. Welche Aufgabe haben Einzelstrang-bindende Proteine? (CB S. 429-430)
- Einzelstrang-bindende Proteine halten die beiden Einzelstränge auseinander, indem sie sich daran binden und sie so stabilisieren. Sie verhindern, dass sich die Basen der Einzelstränge paaren bevor die Replikation stattgefunden hat.
38. Welche Proteine halten die beiden Einzelstränge der DNA auseinander und verhindern so, dass sich die Basen der Einzelstränge paaren bevor die Replikation stattgefunden hat? (CB S.429-430)
- Einzelstrang-bindende Proteine
39. Okazaki-Fragmente kommen ausschliesslich am Leitstrang vor. Richtig oder falsch? (GÖ S.82)
- Falsch. Okazaki-Fragmente kommen ausschliesslich am Folgestrang vor.
40. Von welchem Enzym wird der Primer synthetisiert? (CB S.430)
- Von der Primase.
41. Welche Funktion hat der Primer? (CB S.430)
- Er funktioniert als Ansatzstelle für die DNA-Polymerase.
42. Korrigiere die folgende Aussage: Bei der Synthese von DNA wird zwischen Hauptstrang und Folgestrang unterschieden. (CB S.431)
- Bei der Synthese von DNA wird zwischen **Leitstrang** und Folgestrang unterschieden.

43. In welcher Phase des Zellzyklus wird die DNA verdoppelt? (GÖ S.83)
- In der S-Phase der Interphase.
44. Bei der DNA-Replikation gibt es einen einzigen Replikationsursprung. Richtig oder falsch? (GÖ S.81)
- Falsch. Eukaryoten haben viele Replikationsursprünge.
45. Die Fehlerquote ist bei der Replikation relativ hoch, weshalb nach der Replikation eine Fehlerkorrektur stattfindet. Richtig oder falsch? (GÖ S. 83)
- Falsch. Die Fehlerquote bei der Replikation ist ziemlich klein. Trotzdem findet nach der Replikation eine Fehlerkorrektur statt.
46. Schätzfrage: Wie lange braucht eine menschliche Zelle für die Verdoppelung ihrer DNA (6 Milliarden Nucleotide)? (GÖ S.79)
- a) 20 Stunden
 - b) 4 Tage
 - c) 9 Stunden**
 - d) 23 Minuten
47. Bei diesem Prozess wird eine Abschrift eines einzigen Gens erstellt. Der Prozess findet bei Eukaryoten im Zellkern statt. Von welchem Prozess ist die Rede? (GÖ S.85)
- Transkription
48. Wie heisst der Strang, der während der Transkription abgelesen wird? (GÖ S.89)
- Matrizenstrang oder codogener Strang
49. Welches Enzym bindet an den Promotor und startet damit die Transkription? (CB S.455)
- RNA-Polymerase
50. Am codogenen Strang befinden sich keine nichtcodierenden Abschnitte. Richtig oder falsch? (GÖ S.90)
- Falsch. Codierende (Exons) und nichtcodierende (Introns) Abschnitte wechseln sich ab.
51. Bei der Transkription kann immer nur eine Polymerase pro Gen arbeiten. Richtig oder falsch?(GÖ S.89)
- Falsch
52. Sie können an einem einzelnen Gen viele identische mRNA-Moleküle in kurzer Zeit bilden. Welches Enzym ist gemeint? (GÖ S.89)
- RNA-Polymerase
53. Während der Transkription wird nur ein bestimmter Abschnitt des DNA-Strangs in RNA transkribiert. Wie nennt man den Start- und den Endpunkt dieses Abschnittes? (GÖ S.88)
- Promotor- und Terminationsbereich (Terminator)
54. Nenne einen Unterschied zwischen dem Transkriptions- und Translationsprozess von Prokaryoten und Eukaryoten. (GÖ S.86)
- Prokaryoten: kein Zellkern, weshalb die Ribosomen schon während der Transkription an den wachsenden mRNA Strang anlagern und mit der Translation beginnen.
 - Eukaryoten: Transkription findet im Zellkern statt und Translation im Cytoplasma

Translation und der genetische Code (grüne Karten)

55. Welcher RNA-Typ kommt in den Ribosomen vor und ist mit 90% die häufigste RNA in der Zelle? (GÖ S.87)
- rRNA (ribosomale RNA)
56. Welcher RNA-Typ dient am Ribosom als Vorlage für die Translation? (GÖ S.87)
- mRNA (messenger RNA)
57. Welcher RNA-Typ bringt die Aminosäuren zum Ribosom und bindet sich an mRNA? (GÖ S.87)
- tRNA (transfer RNA)
58. Die tRNA trägt eine Struktur, an die sich ein komplementäres Basentriplett der mRNA anlagern kann. Wie heisst diese Struktur der tRNA? (S.GÖ S.91)
- Anticodon
59. Die tRNA trägt zwei wichtige Bindungsstellen. Die eine ist das Anticodon. Hier kann sich das passende Basentriplett der mRNA anlagern. Was befindet sich an der anderen Bindungsstelle? (GÖ S.91)
- Die zum Basentriplett der mRNA passende Aminosäure.
60. Auf welchem RNA-Typ liegt das zum Anticodon der tRNA komplementäre Codon? (GÖ S.91)
- mRNA
61. Welche Funktion hat das Codon? (GÖ S.91)
- Es codiert für den Einbau einer Aminosäure und ist Bestandteil der mRNA.
62. Wie heisst das Organell, welches in der Zelle tausendfach vorkommt und zu 60% aus rRNA besteht? (GÖ S.91)
- Ribosom
63. Welche beiden Typen von mRNA binden an die Bindungsstellen der Ribosomen? (GÖ S.91)
- mRNA (messenger RNA) und tRNA (transfer RNA)
64. Welches Ende der mRNA lagert sich an die Untereinheit des Ribosoms an? (GÖ S.93)
- Das 5'-Ende der mRNA.
65. Wie wird tRNA stabilisiert bzw. wodurch entsteht ihre räumliche Struktur? (GÖ S.91)
- Wasserstoffbrücken zwischen benachbarten Abschnitten
66. Nenne einen Grund, warum von einem Gen zunächst RNA-Transkripte (Abschriften) erstellt werden, bevor dieses translatiert werden kann. (GÖ S.85)
- Die DNA befindet sich im Zellkern und würde ausserhalb des Zellkerns von den Enzymen (Exonucleasen) zerlegt werden.
 - Die meisten Eiweisse werden in grosser Zahl benötigt. Um in kurzer Zeit zahlreiche Kopien des Eiweisses zu erstellen, werden mehrere mRNAs des jeweiligen Gens transkribiert und diese auch von mehreren Ribosomen zeitgleich translatiert.
67. Wie heisst die Phase am Ende der Translation? (GÖ S.94)
- Terminationsphase
68. Wieso endet die Translation mit dem Stopp-Codon? (GÖ S.94)
- Es gibt keine tRNA mit passendem Anticodon.
69. Für welche Aminosäure codiert das Basentriplett 3'-CCT-5' in der DNA? (GÖ S.96)
- mRNA: GGA
 - Aminosäure: Gly

70. Für welche Aminosäure codiert das Basentriplett 3'-TAT-5' in der DNA? (GÖ S.96)
- mRNA: AUA
 - Aminosäure: Ile
71. Für welche Aminosäure codiert das Basentriplett 3'-CTC-5' in der DNA? (GÖ S.96)
- mRNA: GAG
 - Aminosäure: Glu
72. Für welche Aminosäure codiert das Basentriplett 3'-TTT-5' in der DNA? (GÖ S.96)
- mRNA: AAA
 - Aminosäure: Lys
73. Was sind Polysomen? (GÖ S.92)
Um an der mRNA möglichst viele Eiweisse herzustellen, arbeiten meist 20-50 Ribosomen gleichzeitig. Sie sind kettenartig hintereinander an der mRNA aufgereiht und stellen alle das gleiche Eiweiss her.
74. In welche Richtung lesen die Ribosomen die mRNA ab? (GÖ S.92)
- 5' zu 3' Richtung
75. Wie viele verschiedene Aminosäuren gibt es? (GÖ S.96)
- Es gibt 20 verschiedene Aminosäuren.
76. Wieso ist der genetische Code degeneriert? (GÖ S.96,97)
- Mit vier Basen lassen sich 64 (4³) verschiedene Triplets bilden. Das ist um ein Vielfaches mehr als es Aminosäuren gibt. Das heisst, es gibt verschiedene Basentriplets, die für die gleiche Aminosäure codieren.
77. Welches sind die Stopptriplets? (GÖ S.96)
- UAA, UAG, oder UGA
78. Welches Basentriplet ist das Startcodon? (GÖ S.96)
- AUG
79. Was ist die Funktion eines Basentriplets? (GÖ S.97)
- Es codiert für eine bestimmte Aminosäure.
80. Welchen Prozess zeigt die Abbildung? (Abbildung unten links auf dem Spielbrett) (GÖ S.95)
- Translation
81. Welcher Fachbegriff passt zu Nr. 1 auf der Abbildung? (Abbildung unten links auf dem Spielbrett) (GÖ S.95)
- Grosse und kleine Untereinheit des Ribosoms
82. Welcher Fachbegriff passt zu Nr. 2 auf der Abbildung? (Abbildung unten links auf dem Spielbrett) (GÖ S.95)
- tRNA
83. Welcher Fachbegriff passt zu Nr. 3 auf der Abbildung? (Abbildung unten links auf dem Spielbrett) (GÖ S.95)
- Aminosäure
84. Welcher Fachbegriff passt zu Nr. 4 auf der Abbildung? (Abbildung unten links auf dem Spielbrett) (GÖ S.95)
- mRNA
85. Welcher Fachbegriff passt zu Nr. 5 auf der Abbildung? (Abbildung unten links auf dem Spielbrett) (GÖ S.95)
- Polypeptid

Mutationen (blaue Karten)

86. Was ist eine Genmutation? (MB S.196)
- Die Genmutation betrifft nur ein einzelnes Gen. Dabei ändern sich eine/wenige Basen.
87. Bei welcher Mutationsart kann durch die Änderung der Nucleotid-Sequenz das Genprodukt (Eiweiss) ändern? (GÖ S.104)
- Genmutation
88. Bei welcher Mutationsart verändert sich die Anzahl der Chromosomen? (MB S.200)
- Genommutation
89. Bei welcher Mutationsart wird ein Chromosom in seiner Struktur verändert? (MB S.199)
- Chromosomenmutation
90. Welche drei Mutationsarten werden unterschieden? (MB S.196-201)
- Genmutation
 - Genommutation
 - Chromosomenmutation
91. Was passiert bei einer Chromosomenmutation? (MB S.199)
- Das Chromosom wird in seiner Struktur verändert.
92. Was passiert bei einer Genommutation? (MB S.200)
- Die Anzahl der Chromosomen verändert sich.
93. Welche Mutationsart kann zu einer Trisomie führen? (MB S.201)
- Genommutation
94. Punktmutationen können unterschiedliche Folgen für das Genprodukt bewirken. Welche drei Typen von Punktmutationen werden dabei unterschieden? (GÖ S.104)
- Neutrale (stille) Mutation
 - Fehlsinnmutation
 - Unsinn-Mutation
95. Die neutrale Mutation führt meist dazu, dass das produzierte Eiweiss seine Funktionen nicht mehr erfüllen kann. Richtig oder falsch? (GÖ S.104)
- Falsch
96. Welche Konsequenzen hat eine neutrale (stille) Mutation? (GÖ S.104)
- Keine. Das Basentriplett ändert zwar, codiert aber immer noch für die gleiche Aminosäure.
97. Beim Basentriplett TCC kommt es zu einer Mutation. Die Basensequenz der Mutante ist GAA. Welche Auswirkungen hat diese Art der Mutation? (MB S.197)
- Keine: es ist eine neutrale (stille) Mutation
98. Beim Basentriplett GGG kommt es zu einer Mutation. Die Basensequenz der Mutante ist GAG. Um welche Art der Mutation handelt es sich? (MB S.197)
- Es handelt sich um eine Fehlsinnmutation.
99. Was passiert bei einer Fehlsinnmutation? (GÖ S.104)
- Das veränderte Basentriplett codiert für eine andere Aminosäure.
100. Welche Auswirkungen hat die Fehlsinnmutation? (GÖ S.104)
- Die Auswirkungen auf die Funktion des Eiweisses hängt von der Lage der Aminosäure in der Sequenz ab. Die Mutation kann entweder keine Auswirkung auf die Struktur und Funktion des Eiweisses haben oder Struktur und Funktion leicht bis stark beeinträchtigen.

101. Wie heisst die Punktmutation, bei der die Änderung einer einzelnen Base zu einem Stopptriplett führt und somit zum vorzeitigen Abbruch der Translation? (GÖ S.104 /MB S.197)
- Unsinn-Mutation
102. Was ist eine Unsinn-Mutation? (GÖ S.104)
- Das veränderte Basentriplett codiert für ein Stopptriplett. Meist führt dies um vorzeitigen Abbruch der Translation.
103. Wie nennt man die Mutation, bei der sich das Leseraster verschiebt, weil eine Base eingefügt oder entfernt wird? (MB S.197)
- Rastermutation
104. Was passiert bei einer Rastermutation? (GÖ S.105)
- Eine einzelne Base wird eingefügt oder entfernt. Dadurch verschiebt sich das Leseraster.
105. Wann ändert sich das Leseraster bei Rastermutationen nicht? (GÖ S.105)
- Wenn die Anzahl der eingefügten oder entfernten Basen durch drei teilbar ist.
106. Das Leseraster liest die Basen jeweils in Dreiergruppen ab. Wie heissen diese Dreiergruppen? (GÖ S.122)
- Basentriplets oder Codone
107. Was sind die Ursachen von Genmutationen? (GÖ S.105,106)
- Mutagene Stoffe oder Strahlen
 - Fehler während der Replikation, welche nicht korrigiert wurden.
108. Nenne ein Beispiel für mutagene Strahlen. (GÖ S.106)
- Kurzwellige UV-Strahlen
 - Röntgenstrahlen
 - Strahlen von radioaktiven Stoffen

Extrakarten

Rote Extrakarten:

109. Du kannst dich ein Feld vor den Spieler vor dir stellen. (2x)
 110. Gehe zurück auf das letzte türkise Feld. (1x)
 111. Du darfst vorrücken auf das nächste türkise Feld. (2x)
 112. Du fällst zurück an letzte Stelle. Setze dich ein Feld hinter den letzten Spieler. (1x)
 113. Du musst keine Frage beantworten ☺ (2x)

Rosa Extrakarten:

114. Du kannst dich ein Feld vor den Spieler vor dir stellen. (2x)
 115. Gehe zurück auf das letzte türkise Feld. (2x)
 116. Du darfst vorrücken auf das nächste türkise Feld. (2x)
 117. Du fällst zurück an letzte Stelle. Setze dich ein Feld hinter den letzten Spieler. (1x)
 118. Du musst keine Frage beantworten ☺ (2x)

Grüne Extrakarten:

119. Du kannst dich ein Feld vor den Spieler vor dir stellen. (2x)
 120. Gehe zurück auf das letzte türkise Feld. (2x)
 121. Du darfst vorrücken auf das nächste türkise Feld. (2x)
 122. Du musst keine Frage beantworten ☺ (2x)

Blaue Extrakarten:

123. Gehe zurück auf das letzte türkise Feld. (1x)
 124. Du darfst vorrücken auf das nächste türkise Feld. (2x)
 125. Du musst keine Frage beantworten ☺ (2x)

Hinweis zu den Fragekarten

Die Abkürzungen in den Klammern hinter den Fragen beziehen sich auf die verwendeten Literaturquellen. Sie sind nicht auf den Spielkarten abgedruckt.

GÖ: Compendio-Bildungsmedien (Hg.): Genetik und Ökologie, Lerntext, Aufgaben mit Lösungen, Glossar und Zusammenfassungen, 1.Auflage, Zürich, 2015.

CB: Pearson Deutschland GmbH (Hg.): Campbell Biologie, 11., aktualisierte Auflage, Hallbergmoos, 2019.

MB: Ernst Klett Verlag (Hg.): Markl Biologie, 1.Auflage, Stuttgart, Leipzig, 2010.

10.8. Spielanleitung

Spielanleitung von «Cellular Pursuit»

Für 2-4 Spieler

Inhalt

1 Spielbrett, 138 Spielkarten, 1 Spielanleitung, 2 Würfel, 4 Spielfiguren

Spielidee

Cellular Pursuit ist ein Gesellschafts- und Lernspiel, welches im Rahmen einer Maturarbeit entstand. Das Spiel eignet sich, um das Thema Molekulargenetik aus dem Biologieunterricht zu repetieren. Viel Spass beim Spielen 😊

Spielvorbereitung

Jeder Spieler stellt seine Spielfigur ins türkise Startfeld. Anschliessend werden die Karten nach ihrer Farbe sortiert, gemischt und verdeckt auf den Tisch gelegt. Es liegen nun vier verschiedenfarbige Stapel vor euch, ein roter, ein rosa, ein grüner und ein blauer Stapel.

Aufbau

Das Spielbrett ist aufgeteilt in vier Abschnitte, erkennbar an den Farben rot, rosa, grün und blau. Die Karten, die vor euch liegen, haben die gleichen Farben wie die dazugehörigen Abschnitte auf dem Spielbrett. Die Farben stehen für spezifische Unterthemen der Molekulargenetik:

- Rot steht für Fragen über den Aufbau und die Verpackung der DNA
- Rosa steht für Fragen über die Replikation und Transkription
- Hellgrün steht für Fragen über die Translation und den genetischen Code
- Blau steht für Fragen über Mutationen

Die Spielkarten unterscheiden sich in zwei Typen: den Wissenskarten und den Extrakarten. Beide Kartentypen befinden sich in den vier Stapeln. Auf den Wissenskarten stehen Fragen zum Thema Molekulargenetik. Die Extrakarten unterscheiden fünf Typen:

- (1) Du kannst dich ein Feld vor den Spieler vor dir stellen.
- (2) Gehe zurück auf das letzte türkise Feld.
- (3) Du darfst vorrücken auf das nächste türkise Feld.
- (4) Du fällst zurück an letzte Stelle. Setze dich ein Feld hinter den letzten Spieler.
- (5) Du musst keine Frage beantworten 😊

Anmerkung: Auf dem Spielbrett ist oben rechts die Codesonne abgebildet und unten links eine Abbildung, welche die Translation zeigt. Beide Abbildungen benötigt ihr, um manche Fragen beantworten zu können.

Ziel

Das Ziel ist es, schnellstmöglich vom Startfeld in den Zellkern zu gelangen (Angeschrieben mit Ziel). Der Spieler muss mit einem passenden Wurf ins Ziel gelangen. Ist der passende Wurf nicht gekommen, muss er stehen bleiben und auf den nächsten Wurf hoffen.

Spielverlauf

Der Spieler mit der schlechtesten Biologienote darf beginnen. Ihm wird eine Karte vom roten Kartenstapel vorgelesen. Beantwortet er die Frage richtig, darf er würfeln und vorfahren, beantwortet er die Frage falsch, bleibt er stehen. Nun geht es reihum. Je nach Abschnitt auf dem der Spieler steht, wird die dazu passende Karte gezogen: Befindet sich der Spieler auf dem roten Abschnitt, wird ihm eine rote Karte vorgelesen, befindet er sich auf dem rosa Abschnitt, wird ihm eine rosa Karte vorgelesen. Dasselbe gilt für den hellgrünen und blauen Abschnitt.

Türkise Felder: Auf dem Weg gibt es immer wieder türkise Felder. Wenn der Spieler an der Reihe ist und auf einem türkisen Feld landet, passiert nichts. Ist der Spieler wieder an der Reihe und steht auf einem türkisen Feld, darf er direkt würfeln und braucht nicht erst eine Frage zu beantworten.

Spielende

Das Spiel endet, wenn der zweitletzte Spieler im Ziel angekommen ist.

Variation

Wenn euch das Spiel zu lange geht, könnt ihr für einen schnelleren Durchlauf auch mit beiden Würfeln spielen.

10.9. Fragebogen

Fragebogen

Setze bitte bei den folgenden Fragen ein Kreuz auf der Skala.

1. Wie viele Fragen konntest du schätzungsweise beantworten?



2. Ich finde die Fragen:

- zu einfach
- okay
- zu schwierig

3. Ich konnte das Thema Molekulargenetik repetieren.

- überhaupt nicht
- mehr oder weniger
- ziemlich gut

4. Ich finde das Spiel:

- langweilig
- okay
- unterhaltsam

Besuchst du Biologie als Grundlagen- oder Schwerpunktfach?

- Grundlagenfach
- Schwerpunktfach

Wann hast du das Thema «Molekulargenetik» das letzte Mal im Unterricht behandelt?

Bemerkungen / Feedback / Verbesserungsvorschläge

Hier hast du Platz für weitere Rückmeldungen.
