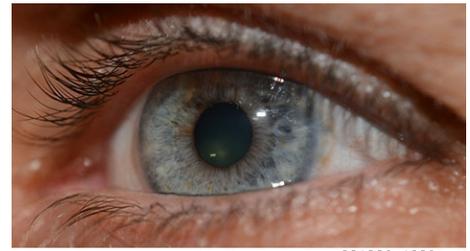


Wie sind Merkmale auf der DNA codiert (verschlüsselt)?

Schau in die Pupille deines Gegenüber. Dort siehst du schwarz (oberes Foto)! Es ist ein schwarzer Farbstoff, der in den Pigmentzellen am hinteren Rand des Auges hergestellt wird. Diese schwarze Pigmentschicht ist wie ein lichtdichter, schwarzer Vorhang. Er „verschluckt“ alles Licht, das nicht von deinen Lichtsinneszellen in der Netzhaut aufgenommen wurde. Wenn der schwarze Farbstoff nicht gebildet wird, erscheint die Pupille rot, weil hinter dem Auge die durchblutete Aderhaut hindurchschimmert. Das ist bei Albinos der Fall, die keine Pigmente bilden können (unteres Foto).



Pixabay license [eye-231296_1920.jpg]



Grønskov K, Ek J, Brøndum-Nielsen K. 2007. Oculocutaneous albinism Orphanet. J Rare Dis. 2: 43. doi: 10.1186/1750-1172-2-43
CC BY 2.0 [https://de.wikipedia.org/wiki/Albinismus#/media/Datei:OCA1_Auge.jpg]

Wie erzeugt eine Zelle den schwarzen Farbstoff? Die Information zur Herstellung des schwarzen Farbstoffes muss auf der DNA im Zellkern codiert sein. Erzeugt die DNA direkt dieses Merkmal? Nein! Die Herstellung des schwarzen Farbstoffes erfolgt im Zellplasma aus einem farblosen Stoff, den wir mit der Nahrung aufnehmen. Dieser wird durch eine Reihe von chemischen Reaktionen verändert, bis schließlich der schwarze Farbstoff, der übrigens Melanin heißt, entsteht. Für jede der chemischen Reaktionen ist die Anwesenheit eines Enzyms unbedingt notwendig. Im Fall des Melanins ist (vereinfacht) eine Serie von fünf Reaktionen und damit die Tätigkeit von fünf verschiedenen Enzymen nötig (siehe Abb. 1). Die DNA muss die Information für die Bildung der Enzyme enthalten.

Enzyme sind Eiweißstoffe, die eine chemische Reaktion in der Zelle katalysieren, d.h. ohne Zufuhr von Aktivierungsenergie überhaupt erst möglich machen. Für jede chemische Reaktion muss es ein anderes spezielles Enzym geben. Es sind also Zigtausende verschiedener Enzyme in unseren Zellen nötig. Ohne Enzyme läuft gar nichts: Eine Zelle ohne Enzyme ist wie eine Fabrik ohne Maschinen.

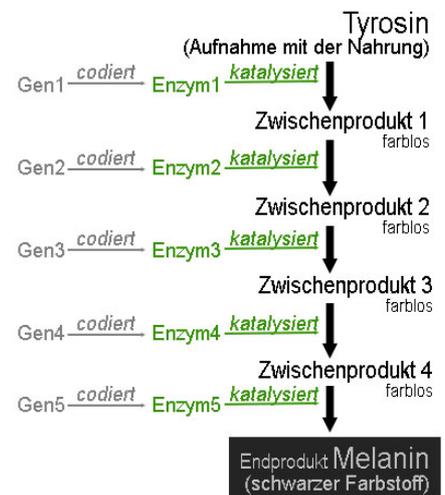


Abb. 1: Herstellung von Melanin

Wie Zigtausende verschiedener Enzyme zustande kommen kann, lässt sich leicht erklären. Enzyme bestehen wie alle Eiweißstoffe aus einer Abfolge von Einzelbausteinen, den Aminosäuren. Da es 20 verschiedene Aminosäuren gibt, die in beliebiger Reihenfolge verknüpft werden können, ergibt sich eine fast unendliche Vielfalt.

Auf der DNA muss also die Information für zigtausend Enzyme verschlüsselt sein. Ein bestimmter Abschnitt der DNA codiert (verschlüsselt) dann für ein bestimmtes Enzym. Ein solcher Abschnitt der DNA, der genau für ein Enzym codiert, nennt man ein **Gen**. Die DNA ist also eine Aneinanderreihung von Genen. Jedes Gen hat auf der DNA einen genau definierten Platz. So liegt z.B. das Gen für das Enzym, das aus der letzten Vorstufe schließlich das Melanin herstellt, beim Menschen auf Chromosom Nr. 9, und zwar genauer im oberen Drittel des kurzen Armes, und ganz genau an Basenposition 12.693.386 bis Basenposition 12.710.266 (Länge 16880 Basen). Insgesamt liegen den fünf Enzymen, die zur Herstellung des Melanins nötig sind, fünf Gene zugrunde (Abbildung 1).

Auf der DNA ist die Information in der Abfolge der Basen codiert (verschlüsselt), während die Funktion eines Enzyms in der Abfolge der Aminosäuren verschlüsselt ist. Die Basenabfolge (Basensequenz) auf der DNA hat nur vier verschiedene Buchstaben (A, G, C, T). Sie muss aber in eine Abfolge von Aminosäuren übersetzt werden, die 20 verschiedene Buchstaben umfasst. Wie hängen Basenabfolge der DNA und Aminosäureabfolge im Enzym miteinander zusammen?

Verwendet man eine Base für eine Aminosäure, dann könnte man nur vier Aminosäuren codieren. Verwendet man eine Zweierkombination (mit Reihenfolge; d.h. AG ist etwas anderes als GA), dann hat man $4 \times 4 = 16$ Codes. Das ist immer noch zu wenig. Bei einer Dreierkombination mit Reihenfolge kommt man auf $4 \times 4 \times 4 = 64$ Codes. Das ist ausreichend. Und so ist es auch in der Natur verwirklicht. Der DNA-Code ist ein Dreiercode oder Tripletcode. Er ist für alle Lebewesen gleich (Ein starkes Argument dafür, dass das Leben nur einmal entstanden ist).

Der DNA-Tripletcode auch genetischer Code genannt ist bekannt. Das bedeutet, dass man aus der DNA-Basenabfolge auf die Aminosäureabfolge im Enzym schließen kann. Dazu gibt es „Übersetzungstabellen“. Hier sind acht Beispiele (Aminosäuren mit 3 Buchstaben abgekürzt):

DNA-Triplett	GCG	TGC	GAG	CAC	CTG	CCT	ACT	GTG
Aminosäure	Ala	Cys	Glu	His	Leu	Pro	Thr	Val

Wenn Gene verändert sind, werden dadurch auch die Bauanleitungen für Enzyme bzw. Eiweißstoffe verändert. Wenn die veränderten Eiweißstoffe dadurch funktionsuntauglich werden, entstehen genetisch bedingte Krankheiten (Albinismus, Sichelzellenanämie, Mukoviszidose u.v.m.).

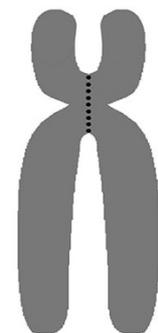
Arbeitsaufträge

1. Definiere den Begriff Gen.

2. Erkläre, wie in einer Zelle das in einem Gen codierte Merkmal „Melanin“ verwirklicht wird.

3. Begründe, ob auch ein genetischer Code mit nur drei DNA-Basen denkbar wäre.

4. Die Abbildung zeigt ein Chromosomen Nr. 9 in der Form des Zwei-Chromatid-Chromosoms vor der Mitose. Zeichne das „Melanin“-Gen in korrekter Position in das Chromosom ein und beschrifte es.



Chromosom Nr. 9

5. [Diese Übung kannst du auch mit dem interaktiven Test in moodle machen] Die Sichelzellenanämie ist ein Beispiel für eine genetisch bedingte Krankheit. Bei dieser Krankheit ist das rote Bluteiweiß, das Hämoglobin verändert, so dass es kaum noch Sauerstoff transportieren kann. Ergänze mithilfe der Tabelle oben die Angaben zur Basenabfolge des Gens und zur Aminosäureabfolge des Eiweißes beim normalen Hämoglobin und beim Sichelzellen-Hämoglobin. Kennzeichne, was bei der Sichelzellenanämie auf der Ebene der DNA und des Eiweißes verändert ist.

