

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie	<i>Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung</i>	Autor/en Joachim Becker Barbara Busert Julia Rixius Kristina Schnelle
--	--	---

Thema und inhaltliche Kurzbeschreibung	Erarbeitung des epigenetische Mechanismus der Methylierung mithilfe von Mystery-Karten
---	---

Autorinnen und Autoren mit Mailadresse Arbeitsgruppe	Joachim Becker (becker-dormagen@t-online.de) Dr. Barbara Busert (barbarabusert@gmx.de) Julia Rixius Kristina Schnelle (tina_schnelle@hotmail.com) Biologie im Kontext, Unterrichtsentwicklung
---	---

Bezug zum Lehrplan: Fachlicher Kontext	Epigenetische Mechanismen und ihr Einfluss auf den Organismus
Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans	Schülerinnen und Schüler... ...erläutern epigenetische Modelle zur Regelung des Zellstoffwechsels und leiten Konsequenzen für den Organismus ab (E6), ... recherchieren Informationen zu humangenetischen Fragestellungen (u.a. genetisch bedingten Krankheiten), schätzen die Relevanz und Zuverlässigkeit der Informationen ein und fassen die Ergebnisse strukturiert zusammen (K2, K1, K3, K4),
Stundenvolumen	3-4 Schulstunden

Schlagworte:	z.B.: Unterrichtsmethode Mystery Kompetenzen: Umgang mit Fachwissen, Kommunikation Fachinhalte: Epigenetische Mechanismen
Ampelbegriffe:	grün 🟢: Methylierung, Übermethylierung, Untermethylierung gelb 🟡: rot 🔴:

Die Zuordnung der Kompetenzen zum fachlichen Kontext ist der Tabelle „Vorschlag zur Zuordnung von Kompetenzen“ zu entnehmen. In diesem Material soll der Erwerb der folgenden Kompetenzen ermöglicht werden.

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie	<i>Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung</i>	Autor/en Joachim Becker Barbara Busert Julia Rixius Kristina Schnelle
--	--	---

Kompetenzen	Die Schülerinnen und Schüler...
Umgang mit Fachwissen • UF	<ul style="list-style-type: none"> - wählen zur Lösung von biologischen Problemen zielführende Definitionen, Konzepte und Handlungsmöglichkeiten begründet aus und wenden diese an (UF2) - begründen biologische Sachverhalte und Erkenntnisse nach fachlichen Kriterien ordnen, strukturieren und ihre Entscheidung (UF3) - erschließen Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen, natürlichen und durch menschliches Handeln hervorgerufenen Vorgängen auf der Grundlage eines vernetzten biologischen Wissens und zeigen sie auf (Uf4)
Erkenntnisgewinnung • E	<ul style="list-style-type: none"> - identifizieren selbstständig in unterschiedlichen Kontexten biologische Probleme identifizieren, analysieren und in Form biologischer Fragestellungen präzisieren (E1) - analysieren Daten und Messwerte qualitativ und quantitativ im Hin-blick auf Zusammenhänge, Regeln oder Gesetzmäßigkeiten analysieren und verallgemeinern Ergebnisse (E5)
Kommunikation • K	<ul style="list-style-type: none"> - Tauschen sich mit anderen über biologische Sachverhalte kritisch-konstruktiv aus und dabei belegen bzw. widerlegen Behauptungen oder Beurteilungen durch Argumente (K4)
Bewertung • B	<ul style="list-style-type: none"> - bewerten begründet die Möglichkeiten und Grenzen biologischer Problemlösungen und Sichtweisen bei innerfachlichen, naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen (B4)

Basiskonzept(e)	Basiskonzept System: Merkmal, Gen Allel, DNA, Chromosom, Genom Basiskonzept Struktur und Funktion: Proteinbiosynthese, Genregulation, Transkriptionsfaktor, Tumorsuppressorgen Basiskonzept Entwicklung: Epigenetik
------------------------	---

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie	<i>Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung</i>	Autor/en Joachim Becker Barbara Busert Julia Rixius Kristina Schnelle
--	--	---

Jahrgangsstufe	Q1/ Q2
-----------------------	--------

Voraussetzungen	Kenntnis über Proteinbiosynthese und Genregulation
------------------------	--

Tipps und Hinweise für die Lehrkraft zur Umsetzung	<p>Die Mystery-Methode dient der Übertragung des Prozesses der Wissenskonstruktion in den Unterricht. Die Karten werden dazu ausgedruckt, ausgeschnitten und laminiert.</p> <p>Auf den Mystery-Karten stehen unterschiedlichste Informationen. Sie dienen zur Beantwortung der Leitfrage oder der von den S. selbst entwickelten Fragestellung. Die Schülerinnen und Schüler müssen in Gruppen diese Karten thematisch ordnen und Wichtiges von weniger Wichtigem trennen. Sie schließen mittels der Karten Wissenslücken und ziehen Schlussfolgerungen. Die Mystery-Methode fördert folglich das vernetzte Denken und die Argumentationsfähigkeit.</p>
---	---

Quellen und weiterführende Literatur	<p>Dubbert, Kathrin (2013): <i>Sorge um Eisbären</i>. In: Unterricht Biologie 387/388, S. 26ff</p> <p>Pfarr, Marion (2013): <i>Die Mystery-Methode im Biologieunterricht als Weg zur individuellen Förderung in der Jahrgangsstufe 11</i>. Grin-Verlag, München</p> <p>Pütz, Norbert, Mülhausen, Julia (Hg.): <i>Materialien für den Unterricht/ Mysteries im Biologieunterricht: 9 rätselhafte Fälle für den Biologieunterricht</i>. Aulis-Verlag, Hallbergmoos</p>
---	--

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie	<i>Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung</i>	Autor/en Joachim Becker Barbara Busert Julia Rixius Kristina Schnelle
--	--	---

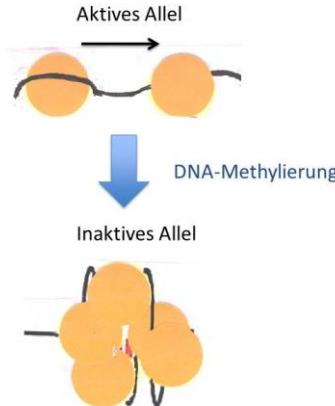
Tabellarischer Unterrichtsverlauf:

Dauer	Unterrichtsphase	Unterrichtsgeschehen	Medien	Sozialform / Methode	Bemerkungen
5´	Einstieg, Problemstellung	Schülerinnen und Schüler bekommen die Leitfrage präsentiert und der Lehrer erläutert die Mystery-Methode (falls noch nicht bekannt)	Smartboard/ Tafel	UG	In einer weiteren Variante (II) kann man auch direkt mit der Problematisierung (siehe Material) beginnen. Die Schüler formulieren dann selbstständig eine Leitfrage und Hypothesen.
90´	Erarbeitung	Schülerinnen und Schüler lesen die Mystery-Karten, durchdringen die Inhalte und ordnen sie. Die laminierten Karten werden mit Klebeknete auf Plakate geklebt	Mystery-Karten	GA	
20´	Problemlösung	Schülerinnen und Schüler -präsentieren ihre Ergebnisse -diskutieren ihre Ergebnisse	Mystery-Karten auf Plakaten	Plenum	Im Fall der Variante II sollte mehr Zeit für die Diskussion eingeräumt werden, da mehrere Fragen formuliert wurden und folglich unterschiedliche Lösungsansätze präsentiert werden.
10´	Sicherung	Partnerdiagnosebogen	Arbeitsblätter/ Lösungsblätter	PA	

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie	<i>Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung</i>	Autor/en Joachim Becker Barbara Busert Julia Rixius Kristina Schnelle
--	--	---

Material:

1. Mystery

<p style="text-align: center;">Mystery</p> <p style="text-align: center;">Methylierung</p>	<p>Problematisierung (wenn keine Leitfrage gestellt wird)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Paula ist sehr niedergeschlagen: ihre eineiige Zwillingsschwester Nina ist an Brustkrebs erkrankt. Zu der großen Sorge um die Schwester kommt bei ihr noch eine weitere hinzu: „Wann bricht der Krebs bei mir aus? Wir haben doch die gleiche Erbinformation!“ Doch Nina erzählt, der Arzt habe ihr gesagt, dass es nicht zwingend bedeuten muss, dass Paula auch an Krebs erkrankt. • Frage: • Vermutung:
<p style="text-align: center;">Problematisierung (mit Leitfrage)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Paula ist sehr niedergeschlagen: ihre eineiige Zwillingsschwester Nina ist an Brustkrebs erkrankt. Zu der großen Sorge um die Schwester kommt bei ihr noch eine weitere hinzu: „Wann bricht der Krebs bei mir aus? Wir haben doch die gleiche Erbinformation!“ 	<p style="text-align: center;">Leitfrage</p> <p>Warum interessiert sich Paula für Mäuse, nachdem Nina beim Arzt war?</p>
<p>FAZ, 17.08.2014, S. 47 (Sonja Kastilan)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auch beim Menschen hat die Ernährung nachweislich Einfluss auf die Epigenetik. Eine Ende April veröffentlichte Studie stellte charakteristische saisonale Unterschiede bei Frauen und ihrem Nachwuchs in Gambia fest. Geschah die Empfängnis zur Erntezeit, prägte das üppige Nahrungsangebot die kindliche DNA auf andere Weise als die kargen Mahlzeiten zur Regenzeit. Was das wiederum für die spätere Entwicklung der Kinder bedeutet, sollen weitere Untersuchungen zeigen. 	<p style="text-align: center;">7</p> <p style="text-align: center;">DNA-Methylierung</p>  <p style="text-align: center;">Aktives Allel</p> <p style="text-align: center;">DNA-Methylierung</p> <p style="text-align: center;">Inaktives Allel</p>

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie

Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung

Autor/en
Joachim Becker
Barbara Busert
Julia Rixius
Kristina Schnelle

19

DNA-Methylierung bei Krebs

Bösartige Tumoren entstehen aus gesunden Zellen in einem mehrschrittigen Prozess aus genetischen und epigenetischen Veränderungen.
Genetische Veränderungen beziehen sich z.B. auf Mutationen im BRCA-Gen.
Epigenetisch spielt die **DNA-Methylierung** eine Rolle bei der Entstehung von Krebs.
Gene für wichtige Reparaturenzyme oder Schutzmechanismen werden durch Methylierung epigenetisch ausgeschaltet.

Genregulation durch DNA Methylierung

Das Diagramm zeigt zwei Szenarien: 1. Ein unmethylierter Promotor (blau) ermöglicht die Expression des Gens (grüner Pfeil). 2. Ein methylierter Promotor (rot) führt zum Abschalten des Gens (roter Pfeil mit einem roten 'X').

10

Methylierung in Krebszellen

In Krebszellen sind Tumorsuppressorgene häufig transkriptionell herunter reguliert. Dies erfolgt häufig über die Hypermethylierung in Promotorregionen.

16

„Methylierungsdiät“ bei Agouti-Mäusen

- Agouti-Mäuse besitzen das Agouti-Gen. Dieses bewirkt, dass sie ein gelbes Fell haben und besonders leicht fettleibig und zuckerkrank werden und auch bösartige Tumore entwickeln.
- In einem Versuch fütterte man trächtige Mäuse mit Nahrungsergänzungsmitteln (Vitamin B2, Folsäure, Cholin und Betain), die besonders für Methylierungsabläufe in Zellen wichtig sind: Sie werden von Enzymen benötigt, die Methylgruppen an DNA heften.
- Die Mäuse mit der Methylierungsdiät bekamen Nachwuchs, der braunes Fell hatte, nicht fettleibig war und auch nur sehr selten Tumore entwickelt, obwohl er auch das Agouti-Gen geerbt hatte.

8

Nachweis der Methylierung mittels methylspezifischer PCR

CpG-Region* der Promotoren
Behandlung mit Bisulfit

5-Methylcytosin reagiert nicht unmethyliertes Cytosin wird zu Uracil konvertiert

PCR mit spezifischen Primern

nicht methyliert
methyliert

*CpG-Region = Region mit statistisch erhöhter CG-Dichte innerhalb eines Stranges (häufig bei Promotoren)

15

DNA-Methylierung

Das Diagramm zeigt die Wirkung von DNMT1 (Maintenance-Methylase) und DNMT3 (De-novo-Methylase) auf CpG-Dinucleotide. DNMT1 bewirkt die Methylierung von Cytosin im reifen Strang. DNMT3 bewirkt die Methylierung von Cytosin im neuen Strang. Die DNA-Methylase katalysiert die Bildung von 5-Methylcytosin, was die Transkription blockiert. Nach der DNA-Replikation werden die Methylgruppen im neuen Strang nicht methyliert.

Die Maintenance-Methylase katalysiert die Methylierung von Cytosin im reifen Strang.

Die De-novo-Methylase entfernt die Methylgruppen. Die Transkription wird aktiviert.

18

Erhöhte Zellteilungsrate von Krebszellen

Die Ergebnisse im Rahmen der Arsenforschung wurden bei Zelllinien beobachtet, die bösartige Brustkrebstumore verursachen. Etwa 5-10% von Promotoren in bösartigen Krebszellen wiesen eine gestörte DNA-Methylierung auf. Ist eine ausreichende Anzahl dieser Promotoren gestört, kommt es zu einem Überschreiten der Vermehrungsbarriere, was letztendlich zu einem unkontrollierten Wachstum und damit zur Krebsentstehung führt.

ZELLTEILUNG IM NORMALFALL ZELLTEILUNG BEI KREBS

= funktionstüchtige Zelle
 = Zelle mit irreparablen Zellschaden
 = Zelle, die sich kontrolliert selbst zerstört

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie

Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung

Autor/en
Joachim Becker
Barbara Busert
Julia Rixius
Kristina Schnelle

17
„Aus-“ und „Anschalten“ von Genen
Grundsätzlich führt die DNA-Methylierung zu einer Abschaltung von Genen, so dass die korrespondierenden Proteine nicht mehr produziert werden. Durch Demethylierung können die Gene aber wieder eingeschaltet werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der DNA-Methylierung ist, dass sie während der DNA-Replikation originalgetreu kopiert werden kann. Epigenetische Informationen können also von einer Zellgeneration an die nächste weitergegeben werden.

12
Brustkrebsrisiko über drei Generationen

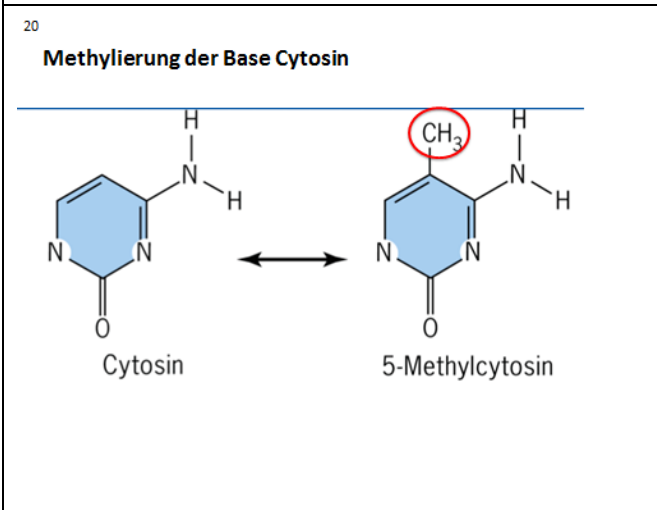
Im Verdacht stehen Substanzen und Nahrungsmittel, welche die Östrogenspiegel in der Schwangerschaft erhöhen. Die Forscher fütterten trächtige Ratten mit künstlichem Östrogen oder mit Fett, das den Östrogenspiegel klettern ließ. Die weiblichen Nachkommen erschienen zwar gesund, aber hatten ein erhöhtes Risiko für Brustkrebs. Auch wenn die Ergebnisse noch nicht für den Menschen bestätigt wurden – die Studie zeigt, dass schädliche Umwelteinflüsse von Generation zu Generation weitergegeben werden können.

3
DNA-Methylierung

Abb. 1: Stark vereinfachtes Schema der Unterschiede zwischen Krebs- und Normalgewebe bei der DNA-Methylierung. Die Methylierung reguliert die Aktivität der DNA und der von ihr kodierten Gene. Im Normalfall werden zum Beispiel schädliche DNA-Bereiche durch Methylierung inaktiviert. Beim Krebs fällt diese Kontrolle in vielen DNA-Bereichen weg (Unter- oder Hypomethylierung), während gleichzeitig bestimmte schützende Gene (Tumorsuppressorgene) durch Über- oder Hypermethylierung ausgeschaltet werden.

BSFA-Info 02/2007

1
DNA-Methylierung



9
Chemische Markierungen als „Lesetipps“
Damit hatte keiner gerechnet: Mehr als vier Jahrzehnte lang galten Protein-kodierende Gene als die eigentlichen Bewahrer der genetischen Information. Nicht umsonst wurde das Genom als „Buch des Lebens“ bezeichnet, Gene waren Schicksal: Sie sollten Aussehen, Persönlichkeit und Krankheitsrisiken bestimmen.
Doch offenbar sind die in der DNA gespeicherten Informationen keine 1:1-Anleitung für den Organismus. Vielmehr bedarf es kleiner chemischer Markierungen, um bestimmte genetische Abschnitte als lesenswert zu markieren.

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie

Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung

Autor/en
Joachim Becker
Barbara Busert
Julia Rixius
Kristina Schnelle

2

Methylierungsmuster

Methylierungsmuster des 12. Chromosoms bei dreijährigen eineiigen Zwillingen.

Methylierungsmuster des 12. Chromosoms bei fünfzigjährigen eineiigen Zwillingen.

Unterschiede in der Methylierung bei eineiigen Zwillingen:
gelb = gleicher Methylierungsgrad
grün = Übermethylierung
rot = Untermethylierung

11

Konkordanzwerte

Eineiige Zwillinge sind genotypisch identisch. Unterschiede werden deshalb ausschließlich auf Umwelteinflüsse zurückgeführt.

Mit der 1979 begonnenen Minnesota-Studie sollte überprüft werden, ob die Vererbung Einfluss auf das Verhalten hat. Man untersuchte hierzu eineiige Zwillinge, die als Kleinkinder voneinander getrennt worden waren und in verschiedenen Adoptivfamilien aufwuchsen. Viele Zwillingspaare hatten den gleichen Beruf und die gleichen Hobbys. Auch geistige Fähigkeiten und Krankheitsgeschichten waren häufig ähnlich. Wenn Zwillinge dieselbe Merkmalsausprägung aufweisen, wird dies als *konkordant* bezeichnet. Hohe *Konkordanzwerte* sind ein Hinweis auf Vererbung des betreffenden Merkmals.

6

Konkordanzwerte eineiiger & zweieiiger Zwillinge in Prozent

<i>Merkmal</i>	<i>eineiig</i>	<i>zweieiig</i>
<i>Blutgruppe</i>	100	66
<i>Augenfarbe</i>	99	28
<i>Diabetes</i>	65	18
<i>identische Allergie</i>	59	5
<i>Brustkrebs</i>	6	3

5

Präzygotische Einflüsse

In verschiedenen Untersuchungen wurde festgestellt, dass Kinder von Männern, die schon als Jugendliche rauchten, häufiger Übergewicht hatten als Kinder von Nichtrauchern. Auch hier wird ein epigenetischer Zusammenhang angenommen. Mit Eintritt der Pubertät reifen beim Jungen die männlichen Geschlechtszellen heran. Umwelteinflüsse in dieser Zeit verändern die Methylierung in den Geschlechtszellen und nehmen Einfluss auf die Entwicklung künftiger Kinder.

Die für Umwelteinflüsse sensible Phase der Geschlechtszelleifung liegt bei Mädchen bereits vor der Geburt. Deshalb sind die Umweltbedingungen und das Verhalten der schwangeren Mutter für die Methylierung der Geschlechtszellen des ungeborenen Kindes von Bedeutung. Die Lebensumstände einer schwangeren Frau wirken sich also nicht nur auf die eigenen Kinder, sondern auch auf deren Geschlechtszellen und damit auf die Enkelkinder aus.

4

Beispielhafte Wirkung von Epimutagenen

Arsen wirkt als Epimutagen; es ruft stabile und vererbare epigenetische Veränderungen hervor, die eine erhöhte Wachstumsrate und ein erhöhtes Risiko für Krebsentstehung zur Folge haben:

- Die Wachstumsrate erhöht sich um 35%
- 3% der untersuchten DNA-Stellen sind übermethyliert, 1% der Stellen untermethyliert.
- Übermethylierungen schalten eine Reihe von Tumorsuppressorgenen stumm.

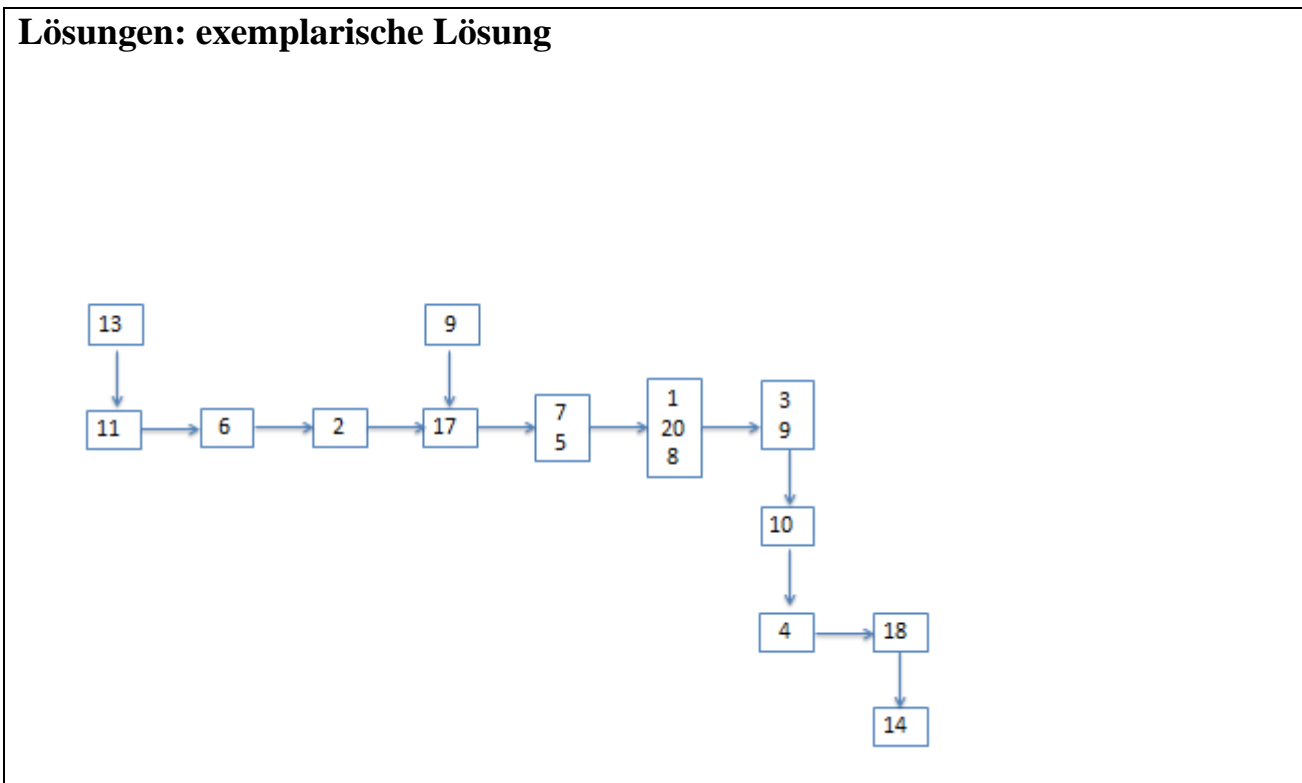
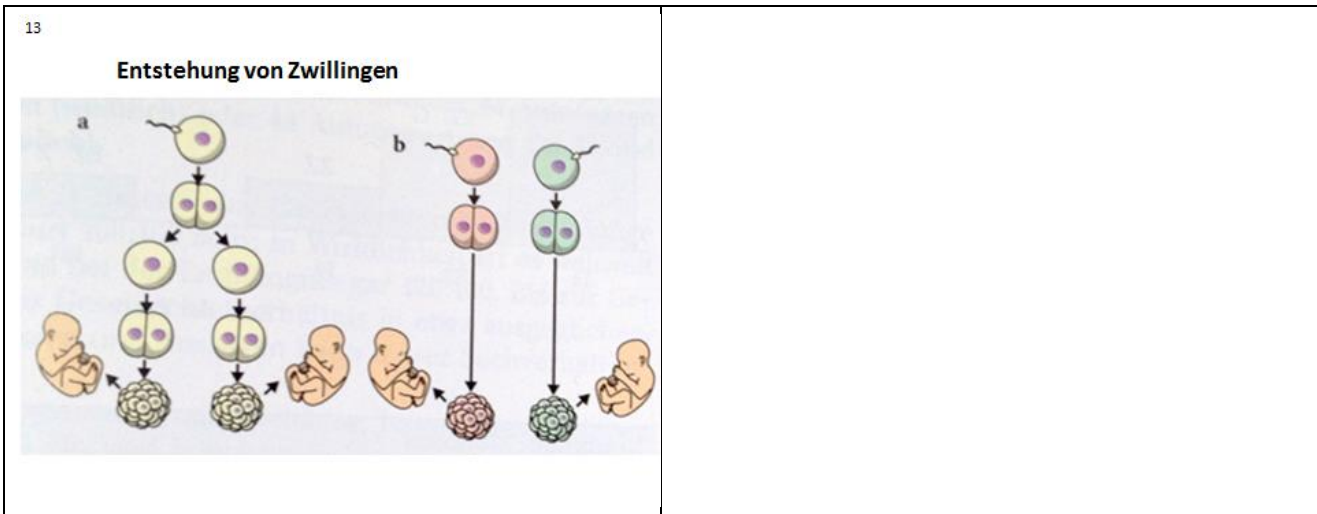
Die toxischen Dosen an Arsen lagen in Größenordnungen, wie sie auch in Trinkwasserbrunnen (5 – 10 ppm) vorkommen. Schon 12 Wochen nach der ersten Aussetzung mit dem Stoff Arsen zeigten sich die ersten epigenetischen Veränderungen.

14

Arsenanalyse

Eine Analyse bei Nina und Paula ergab keine erhöhten Arsenwerte im Blut.

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie	<i>Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung</i>	Autor/en Joachim Becker Barbara Busert Julia Rixius Kristina Schnelle
--	--	---



Mystery zur Methylierung: Partnerdiagnosebogen

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie	<i>Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung</i>	Autor/en Joachim Becker Barbara Busert Julia Rixius Kristina Schnelle
--	--	---

DENKEN (Einzelarbeit, blauer/schwarzer Stift)
Kreuze richtig/falsch an. Bei FALSCH bitte kurz begründen!

VERGLEICHEN (Partnerarbeit, grüner Stift)
Vergleicht eure Antworten und einigt euch bei Unterschieden auf eine gemeinsame Antwort.

KONTROLLIEREN (Partnerarbeit, roter Stift)
Mit Lösungsblatt vergleichen und – wenn nötig – korrigieren.

Schritte 2. (VERGLEICHEN) und 3. (KONTROLLIEREN) erledigt? Bitte bei jeder Aufgabe abhaken →		2.	3.
1. Während der Methylierung erfolgt eine Umwandlung von Cytosin zu 5-Methylcytosin.			
Richtig	Falsch, weil:		
2. Eine Ursache für die Hemmung der Transkription ist die Untermethylierung von Promotorregionen.			
Richtig	Falsch, weil:		
3. In Krebszellen sind Tumorsuppressorgene häufig transkriptionell herunterreguliert.			
Richtig	Falsch, weil:		
4. Die DNA-Methylierung spielt keine Rolle bei der Krebsentstehung.			
Richtig	Falsch, weil:		
5. Schädliche Umwelteinflüsse können von Generation zu Generation weiter vererbt werden.			
Richtig	Falsch, weil:		
6. Epigenetische Informationen können nicht von einer Zellgeneration zur anderen weitergegeben werden.			
Richtig	Falsch, weil:		
7. Hohe Konkordanzwerte bei eineiigen Zwillingen sind ein Hinweis auf die Vererbung des betreffenden Merkmals.			
Richtig	Falsch, weil:		
Zusatzaufgaben:			
A) Krebs kann nur aufgrund einer Übermethylierung bestimmter Gene erfolgen.			
Richtig	Falsch, weil:		
B) Die Umweltbedingungen und das Verhalten schwangerer Mütter haben auf die Methylierung der Geschlechtszellen des ungeborenen Kindes keine Auswirkungen.			
Richtig	Falsch, weil:		

Unterrichten mit dem Kernlehrplan NRW für den kontextorientierten Unterricht in Biologie	<i>Erarbeitung des epigenetischen Mechanismus der Methylierung</i>	Autor/en Joachim Becker Barbara Busert Julia Rixius Kristina Schnelle
--	--	---

Mystery zur Methylierung: Partnerdiagnosebogen - Lösungen

Schritte 2. (VERGLEICHEN) und 3. (KONTROLLIEREN) erledigt? Bitte bei jeder Aufgabe abhaken →		2.	3.
8. Während der Methylierung erfolgt eine Umwandlung von Cytosin zu 5-Methylcytosin.			
Richtig X	Falsch, weil:		
9. Eine Ursache für die Hemmung der Transkription ist die Untermethylierung von Promotorregionen.			
Richtig	Falsch, weil: Promotorregionen werden übermethyliert, dadurch können keine Transkriptionsfaktoren und folglich auch kein Promotor binden.		
10. In Krebszellen sind Tumorsuppressorgene häufig transkriptionell herunterreguliert.			
Richtig X	Falsch, weil:		
11. Die DNA-Methylierung spielt keine Rolle bei der Krebsentstehung.			
Richtig	Falsch, weil: Gene für wichtige Reparaturenzyme oder Schutzmechanismen werden durch Methylierung epigenetisch ausgeschaltet.		
12. Schädliche Umwelteinflüsse können von Generation zu Generation weiter vererbt werden.			
Richtig X	Falsch, weil:		
13. Epigenetische Informationen können nicht von einer Zellgeneration zur anderen weitergegeben werden.			
Richtig	Falsch, weil: Während der Replikation wird die Methylierung ebenfalls auf die Tochterzellen übertragen.		
14. Hohe Konkordanzwerte bei eineiigen Zwillingen sind ein Hinweis auf die Vererbung des betreffenden Merkmals.			
Richtig X	Falsch, weil:		
Zusatzaufgaben:			
C) Krebs kann nur aufgrund einer Übermethylierung bestimmter Gene erfolgen.			
Richtig	Falsch, weil: Durch Untermethylierung kann bei Genen, die für die Zellteilung verantwortlich sind, die Mitoserate erhöht werden. Zudem kann Krebs auch durch Mutationen in Tumorsuppressorgenen und Protoonkogenen ausgelöst werden.		
D) Die Umweltbedingungen und das Verhalten schwangerer Mütter haben auf die Methylierung der Geschlechtszellen des ungeborenen Kindes keine Auswirkungen.			
Richtig	Falsch, weil: Die sensible Phase der Geschlechtszellenreifung liegt bereits vor der Geburt, folglich können Umweltbedingungen und das Verhalten der Mütter kann dazu führen, dass dabei ungewollte Methylierungen auftreten.		