

Inhaltsverzeichnis

Arbeitsblatt	Thema	Niveau	Kapitel
1	Meilensteine der Biotechnologie	SEK II	1
2	Biotechnologie – was ist das?	SEK I / SEK II	2.2
3	Vergleich Prokaryoten/Eukaryoten	SEK I / SEK II	3
4	Mikrobiologische Fachbegriffe	SEK I / SEK II	3.2
5	PCR-Test und Schnelltest	SEK I / SEK II	3.3
6	Funktionsweise eines DNA-Chips	SEK II	3.3
7	Genom- und Proteomforschung	SEK I / SEK II	3.3
8	Cystein: Herstellung und Anwendung	SEK II	4.1
9	Technische Enzyme – Meister der Katalyse	SEK II	5
10	Pharmawirkstoffe – heute und morgen	SEK II	6.3
11	Bakterien als Bioplastik-Fabriken	SEK I / SEK II	7
12	Biotechnologie und Meer	SEK I / SEK II	9.1



Das Inhaltsverzeichnis ist verlinkt.
Klicken Sie auf den gewünschten Inhalt und Sie gelangen direkt dorthin. Möchten Sie wieder zurück, klicken Sie rechts oben auf das Home-Icon.

MEILENSTEINE DER BIOTECHNOLOGIE

Hintergrundinformation für Aufgaben 1 und 2

Die **Biotechnologie** nutzt Erkenntnisse aus der Biologie und der Biochemie und setzt diese bei industriellen Verfahren ein.

Beispiele für die besonderen Entwicklungen der Biotechnologie im Lauf der Geschichte

Die Geschichte der Biotechnologie beginnt bereits um **4000 vor Christus**: Der Mensch begann Hefe für die Herstellung von Brot und Wein einzusetzen.

Etwas 3000 vor Christus begann man in Peru, die Kartoffel als Hauptnahrungspflanze unter anderem nach Wachstum, Größe und Geschmack durch Auslese und Kultivierung zu verbessern. Nach diesem Prinzip funktioniert Pflanzenzüchtung noch heute.

Im 16./17. Jahrhundert bauten Hooke und Leeuwenhoek die ersten Mikroskope und beschrieben höhere Zellen und Bakterien.

1796 nahm der englische Mediziner Edward Jenner die erste Impfung der Geschichte vor. Nach Jahren akribischer Beobachtung impfte er einen Jungen gegen Pocken.

1857 entdeckte Louis Pasteur das für die Milchsäuregärung verantwortliche Bakterium. Er erfand auch die sogenannte Pasteurisierung. Dabei werden Lebensmittel kurzzeitig erhitzt und so ein Großteil der darin enthaltenen Keime abgetötet.

Die Vererbungslehre tritt auf den Plan

1859 veröffentlichte Charles Darwin sein Buch „Über die Entstehung der Arten“. Eine Kernaussage darin ist, dass Mutation und Selektion die entscheidenden Kräfte der Evolution bilden.

1865 beginnt Gregor Mendel seine Studien zur Vererbung. Sie bilden auch heute noch die Grundlage für gezielte Pflanzenzüchtung und Tierzucht.

1869 isolierte Friedrich Miescher erstmals die Erbsubstanz DNA aus weißen Blutkörperchen und beschrieb ihre chemischen Eigenschaften.

1909 führte Wilhelm L. Johannsen erstmals den Begriff „Gen“ ein. Der Begriff stand für die von Gregor Mendel definierten elterlichen Eigenschaften, die von den Eltern an die Nachkommen weitergegeben bzw. über Generationen hinweg neu kombiniert werden.

1928 entdeckte der britische Bakteriologe Alexander Fleming das Antibiotikum Penicillin. Heute dienen zahlreiche Antibiotika in der Medizin, in der Landwirtschaft und in der biologischen Grundlagenforschung zur Selektion gentechnisch veränderter Organismen.

1944 erkannten Oswald Avery, Colin MacLeod und Maclyn McCarty, dass die DNA für die Übertragung vererbbarer Eigenschaften verantwortlich ist. Der Grundstein für die Gentechnik war gelegt.

Die Gentechnik schreitet voran

1953 klärten James Watson und Francis Crick die Struktur der DNA auf.

1962 entdeckte Werner Arber die Restriktionsenzyme als Werkzeuge der Gentechnik.

1966 entschlüsselten Severo Ochoa, Marshall W. Nirenberg, Heinrich Matthaei und Har Gobind Khorana den genetischen Code.

1972 wendete Paul Berg die Restriktionsenzyme Arbers gentechnisch an. Er stellte mittels Restriktion und Ligation das erste rekombinante DNA-Molekül her.

1973 erzeugten Herbert Boyer und Stanley Cohen mit Paul Bergs Technik neu kombinierte DNA und brachten diese erstmals in das Bakterium *Escherichia coli* ein.

1977 stellten Frederick Sanger, Allan Maxam und Walter Gilbert Methoden zur Bestimmung der DNA-Sequenz, d. h. der Nukleotid-Abfolge in einem DNA-Molekül, vor.

1983 erzeugten vier internationale Forschergruppen die ersten gentechnisch veränderten Pflanzen (Tabak, Petunie und Sonnenblume).

1984 entwickelte Alec Jeffreys den „genetischen Fingerabdruck“ auf Basis von Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismus (RFLP). Der genetische Fingerabdruck wurde 1988 in Großbritannien erstmals in einem Gerichtsverfahren angewendet.

1985 etablierte Kary B. Mullis die Polymerase-Kettenreaktion (PCR). Mit diesem Verfahren werden gewünschte DNA-Abschnitte vervielfältigt. Der Einsatz der PCR hat die Anwendungsmöglichkeiten des genetischen Fingerabdrucks enorm erweitert und seine Empfindlichkeit stark erhöht.

Das Zeitalter der Genomforschung

1990 startete das Human Genome Project. 2003 sind 99,9 % der menschlichen DNA-Sequenz bekannt. Auf ihnen liegen etwa 25.000 Gene.

Unter einem **Genom** versteht man die Gesamtheit aller Erbinformationen eines Organismus.

Genomforscher arbeiten weltweit parallel auch an der Sequenzierung (Entzifferung) zahlreicher weiterer Genome von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen. Dazu zählt das Ringchromosom des Bakteriums Escherichia coli K12, dessen vollständige Basenfolge im Jahr **1997** veröffentlicht wurde.

Das Zeitalter der Proteomforschung

An das Genomzeitalter schloss sich das Zeitalter des Proteoms an.

Unter einem **Proteom** versteht man das Ensemble aller exprimierten (gebildeten) Proteine einer Zelle unter definierten Umweltbedingungen.

Auf internationaler Ebene befasst sich die Human Proteome Organization (HUPO) mit diesem wichtigen Thema. Sie wurde **2001** gegründet und setzt sich aus nationalen Proteomforschungsgesellschaften und staatlichen sowie öffentlichen Forschungseinrichtungen und Industriepartnern zusammen.

Das Zeitalter der Systembiologie

Heute betrachtet die Wissenschaft das Genom, das Proteom und die Gesamtheit aller Stoffwechselprodukte (Metabolom) in einem ganzheitlichen Ansatz. Diese sogenannte Systembiologie eröffnet weitreichende Einblicke in die Komplexität von Lebensvorgängen und ermöglicht neuartige biotechnologische Verfahren.

Moderne Hochdurchsatztechnologien, die für diese Bereiche entwickelt wurden, werden der Endung „-om“ entsprechend fachsprachlich als „Omics“ bezeichnet, zum Beispiel Genomics, Proteomics, Metabolomics etc.

2012 wurde durch eine Arbeitsgruppe um Emmanuelle Charpentier und Jennifer Doudna die erste wissenschaftliche Dokumentation zur Entwicklung und zum Einsatz der CRISPR/Cas-Methode veröffentlicht. Dieses landläufig als „Genschere“ bekannte Verfahren kann DNA-Sequenzen punktgenau schneiden und verändern.

Im Jahr **2018** machten Biopharmazeutika bereits 58 % der in der EU neu zugelassenen Medikamente aus. Dies unterstreicht die zunehmende Bedeutung dieser Therapeutika für die medizinische Versorgung.

Aufgabe 1

Ordnen Sie dem Namen der Forscher:innen jeweils die richtige Entdeckung oder Erfindung durch Ziehen einer Verbindungslinie zu.

Antoni van Leeuwenhoek	CRISPR/Cas-Methode
Kary B. Mullis	Genbegriff
Wilhelm L. Johannsen	Evolutionstheorie
Frederick Sanger	Mikroskop
E. Charpentier & J. Doudna	Penicillin
Alexander Fleming	PCR
Charles Darwin	Sequenzierung

Aufgabe 2

Nennen Sie die wichtigsten wissenschaftlichen Arbeiten und Erkenntnisse, die zur gezielten Veränderung von Erbmaterial führten.



BIOTECHNOLOGIE - WAS IST DAS?

Aufgabe 1

Definieren Sie die Begriffe „Biotechnologie“ und „Gentechnik“. Erklären Sie, warum die Gentechnik als ein Teilgebiet der Biotechnologie angesehen wird.

Aufgabe 2

Ordnen Sie die folgenden Anwendungsbereiche und biotechnologischen Produkte im richtigen Zusammenhang in die Tabelle ein.

Anwendungsbeispiele	Produktbeispiele
Umweltschutz Nachwachsende Rohstoffe Landwirtschaft Haushalt Therapie Kosmetik Feinchemikalien Polymere Produktion Lebensmittel Diagnostik	Cyclodextrine Schadstoff abbauende Bakterien Vitamin B2 Schwammkollagen Chymosin Waschmittelenzyme Kartoffelstärke Phytase Faktor VIII Insektenresistenter Mais

	Anwendung	Produkt
Rote Biotechnologie		
Grüne Biotechnologie		
Weißer Biotechnologie		
Graue Biotechnologie		
Blaue Biotechnologie		

Hilfestellung

- Rote Biotechnologie:** Anwendungen in Medizin und Pharmazie
- Grüne Biotechnologie:** Anwendungen in Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion
- Weißer Biotechnologie:** Industrielle Anwendung biotechnologischer Methoden und Verfahren.
Die industrielle Biotechnologie ist in allen oben genannten Bereichen anzusiedeln.
- Graue Biotechnologie:** Anwendungen in der Umwelttechnik (zum Beispiel die Reinigung von Abluft und Abwässern)
- Blaue Biotechnologie:** Nutzung von Inhaltsstoffen und biochemischen Leistungen von marinen Organismen (Meeresorganismen)

Aufgabe 3

Vergleichen Sie klassische chemische Herstellungsverfahren mit der biotechnologischen Produktion. Berücksichtigen Sie hierbei, dass enzymatische Katalyse unter physiologischen Bedingungen stattfindet und dabei schneller und spezifischer abläuft. Bewerten Sie beide Verfahren im Hinblick auf die Aspekte Wirtschaftlichkeit (Effizienz) und Nachhaltigkeit (Ressourcenschonung, Umweltschutz).

Hilfestellung

Die chemische Herstellung von Vitamin B2 erfolgt in einem Mehrschrittprozess, während die biotechnologische Produktion in einem einzigen Syntheseschritt stattfindet. Für beide Verfahren ergibt sich folgende Ökobilanz:

Quelle: http://www.transgen.de/pdf/downloads/uba_biotechnische-verfahren.pdf

		Biotechnischer Prozess	Chemisch-technischer Prozess	Biotechnischer Prozess	Chemisch-technischer Prozess	Differenz (Bio. - Chem.)
Wirkungskategorien, aggregiert						
KEA	GJ	917	973	5,25	5,58	-0,32
Treibhauspotenzial	Mg CO ₂ -Äq.	34,8	51,8	2,94	4,39	-1,44
Versauerungspotenzial	kg SO ₂ -Äq.	177	557	4,34	13,7	-9,34
Eutrophierungspotenzial (terrestrisch)	kg PO ₄ -Äq.	12,9	24,5	2,48	4,70	-2,22
Eutrophierungspotenzial (aquatisch)	kg PO ₄ -Äq.	26,8	10,1	4,82	1,81	3,01
Ozonbildungspotenzial (POCP)	kg C ₂ H ₄ -Äq.	8,31	28,7	0,96	3,32	-2,36
Humantoxische Einzelstoffe						
Benzo(a)pyren (L)	kg	—	—	—	—	—
Blei (L)	kg	—	—	—	—	—
Cadmium (L)	kg	—	—	—	—	—
Schwefeldioxid (L)	kg	105	424	10,9	43,9	-32,99
Staub (L)	kg	—	—	—	—	—
Ökotoxische Einzelstoffe						
Ammoniak (L)	kg	2,87	0,80	0,38	0,11	0,27
Fluorwasserstoff (L)	kg	—	—	—	—	—
Schwefeldioxid (L)	kg	105	424	10,9	43,9	-32,99
Schwefelwasserstoff (L)	kg	—	—	—	—	—
Stickoxide (L)	kg	91,7	186	4,71	9,57	-4,86
Ammonium (W)	kg	0,072	14,6	0,03	5,20	-5,17
AOX (W)	kg	0,00021	0,39	0,004	7,38	-7,38
Chlorid (W)	kg	40,1	922	—	—	—
Kohlenwasserstoffe (W)	kg	0,063	0,39	1,22	7,55	-6,33

Legende für rechte Spalte

Höherer Wert: schwarze Zahl mit Fettdruck im weißen Kasten

Umweltentlastung durch biotechnische Verfahren: weiße Zahl mit Fettdruck im blauen Kasten

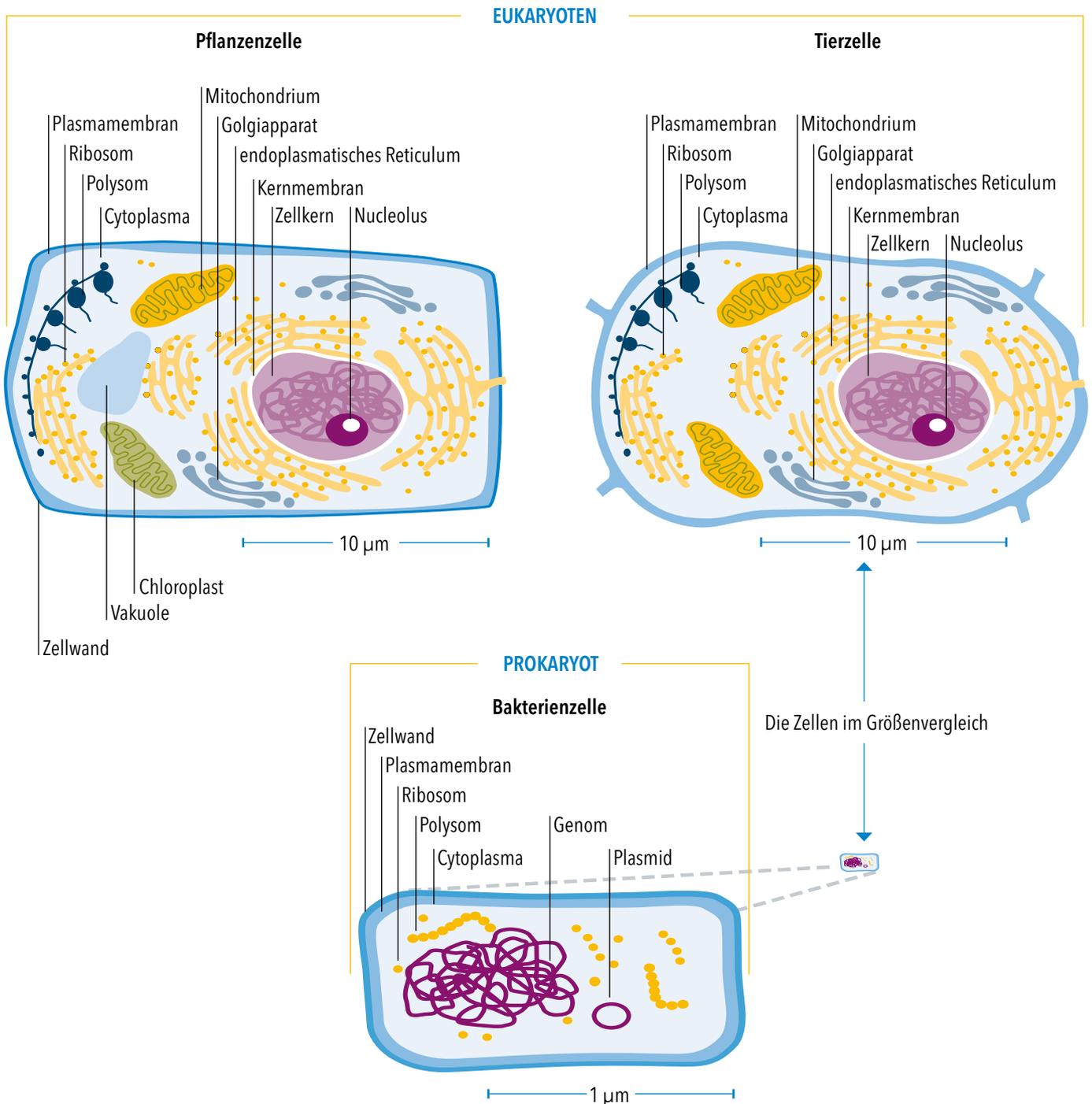
Mehrbelastung durch biotechnische Verfahren: schwarze Zahl mit Fettdruck im orangenen Kasten

Irrelevante Differenz der Umweltbelastungen: Zahl ohne Fettdruck im weißen Kasten

VERGLEICH PROKARYOTEN/EUKARYOTEN

Aufgabe 1

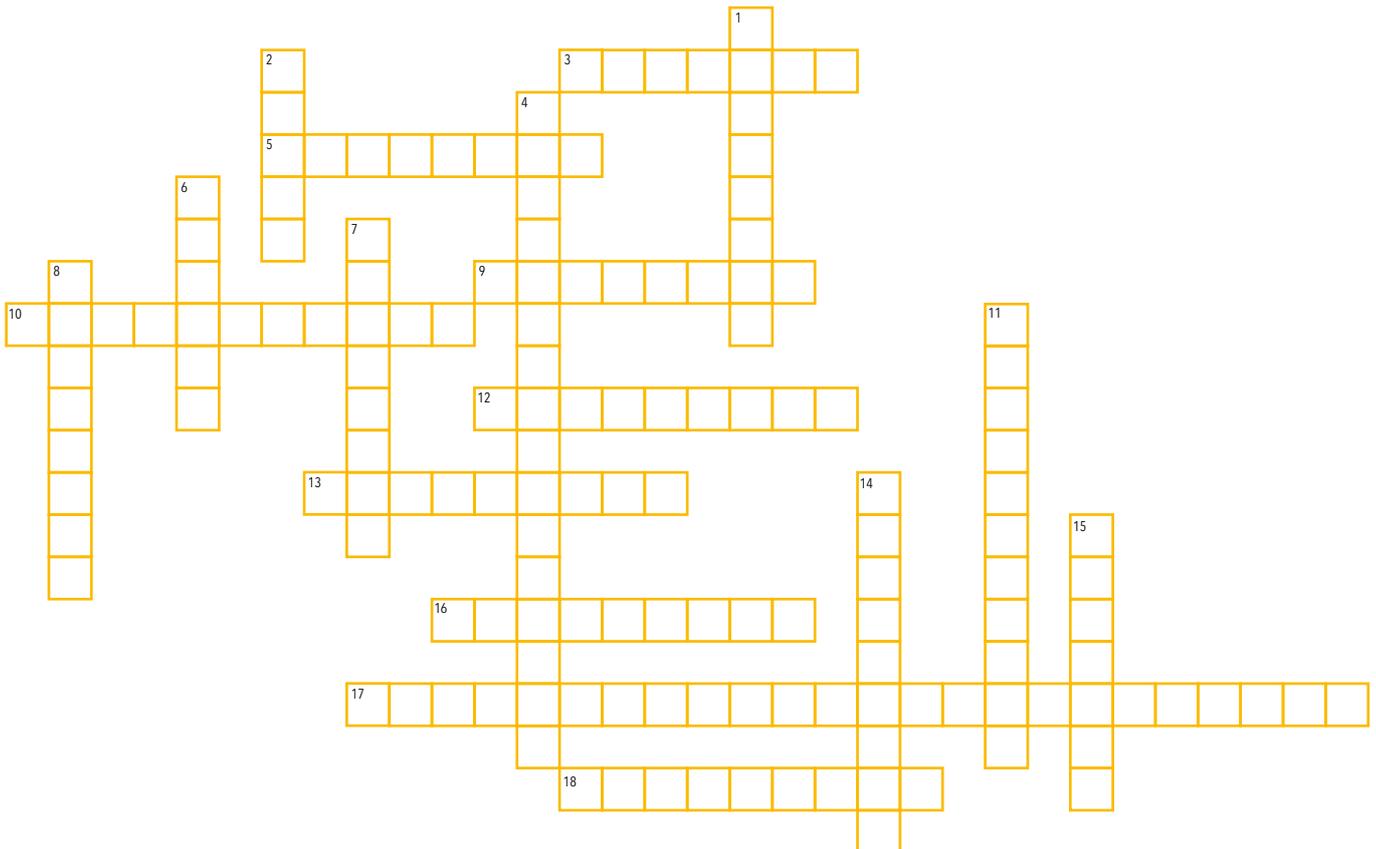
Beschreiben Sie anhand der folgenden Abbildungen den Unterschied zwischen Prokaryoten und Eukaryoten sowie zwischen Pflanzen- und Tierzelle hinsichtlich des Zellaufbaus und erklären Sie mithilfe Ihres Wissens über den Fluss der genetischen Information in beiden Systemen, warum Eukaryoten für die Produktion bestimmter Proteine besser geeignet sind als Prokaryoten.



MIKROBIOLOGISCHE FACHBEGRIFFE

Aufgabe 1

Das folgende Kreuzworträtsel enthält zell- und mikrobiologische Fachbegriffe.



Senkrecht

1. Miniaturisiertes Instrument zur Nukleinsäureanalytik
2. Biologischer Katalysator
4. Wird durch Optimierungsschritte aus einem Laborstamm erzeugt
6. Nährlösung für Organismen in Kultur
7. Gentechnisch verändert
8. Englischer Fachbegriff für Genomforschung
11. Ausbringen gentechnisch veränderter Organismen zu Testzwecken
14. Gezielte Auslese
15. Gesamtheit aller Eiweißstoffe einer Zelle

Waagrecht

3. Ansammlung genetisch identischer Zellen
5. „Managementzentrale“ höherer Zellen
9. Kernäquivalent
10. Kulturgefäß
12. Syntheseorte der Eiweißstoffe
13. Kulturbehälter für den Produktionsmaßstab
16. Stoffwechselprodukt
17. Verfahren zur Vervielfältigung von Erbmaterial
18. Organismus ohne echten Zellkern

PCR-TEST UND SCHNELLTEST

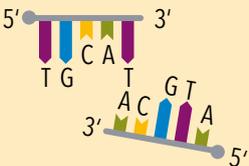
Die Polymerase-Kettenreaktion (PCR = polymerase chain reaction) ist ein Standardverfahren der Molekularbiologie. Es wird dazu verwendet, bestimmte Abschnitte der Erbsubstanz (z. B. DNA) zu vervielfältigen. Die Bezeichnung „Kettenreaktion“ kommt daher, dass das Verfahren in mehreren Zyklen abläuft: In jedem Zyklus verdoppelt sich die Erbsubstanz und dient danach wieder direkt als Ausgangsmaterial für den nächsten Zyklus, wodurch eine exponentielle Vermehrung möglich ist. Kary B. Mullis entwickelte die Methode und bekam dafür im Jahr 1993 den Nobelpreis für Chemie verliehen. Im Gegensatz zur DNA-Replikation wird nicht das gesamte Genom verdoppelt. Bei der PCR wird nur ein bestimmter Teil vervielfältigt. Informationsvideo zur PCR: <https://youtu.be/cqSTjJVO-il>

Aufgabe 1

Recherchieren Sie, in welchen Bereichen die Polymerase-Kettenreaktion verwendet wird. Nennen Sie mindestens drei Anwendungsbereiche für eine PCR.

Aufgabe 2

Benennen Sie die einzelnen Komponenten und ordnen Sie ihnen die richtige Funktion zu. Für eine PCR werden verschiedene Komponenten benötigt: Zunächst wird die DNA-Probe mit dem zu untersuchenden Abschnitt der Erbsubstanz (die sogenannte Template-DNA) benötigt. Des Weiteren werden Primer, DNA-Polymerase und Desoxyribonukleosidtriphosphate (dNTPs) gebraucht.

Komponenten	Funktion
	<p>Dieser Abschnitt der DNA dient als Vorlage zur Vervielfältigung.</p>
	<p>Diese spezielle Polymerase ist besonders hitzebeständig und synthetisiert den neuen DNA-Strang.</p>
	<p>Dabei handelt sich um kurze RNA- oder auch DNA-Abschnitte, die den Startpunkt der Synthese für die Polymerase auf den beiden Einzelsträngen der DNA markieren.</p>
	<p>Die DNA-Polymerase nutzt diese Bausteine, um den neuen DNA-Strang zu synthetisieren. Für jede Base gibt es diese Nucleotide (dATP, dTTP, dCTP, dGTP).</p>

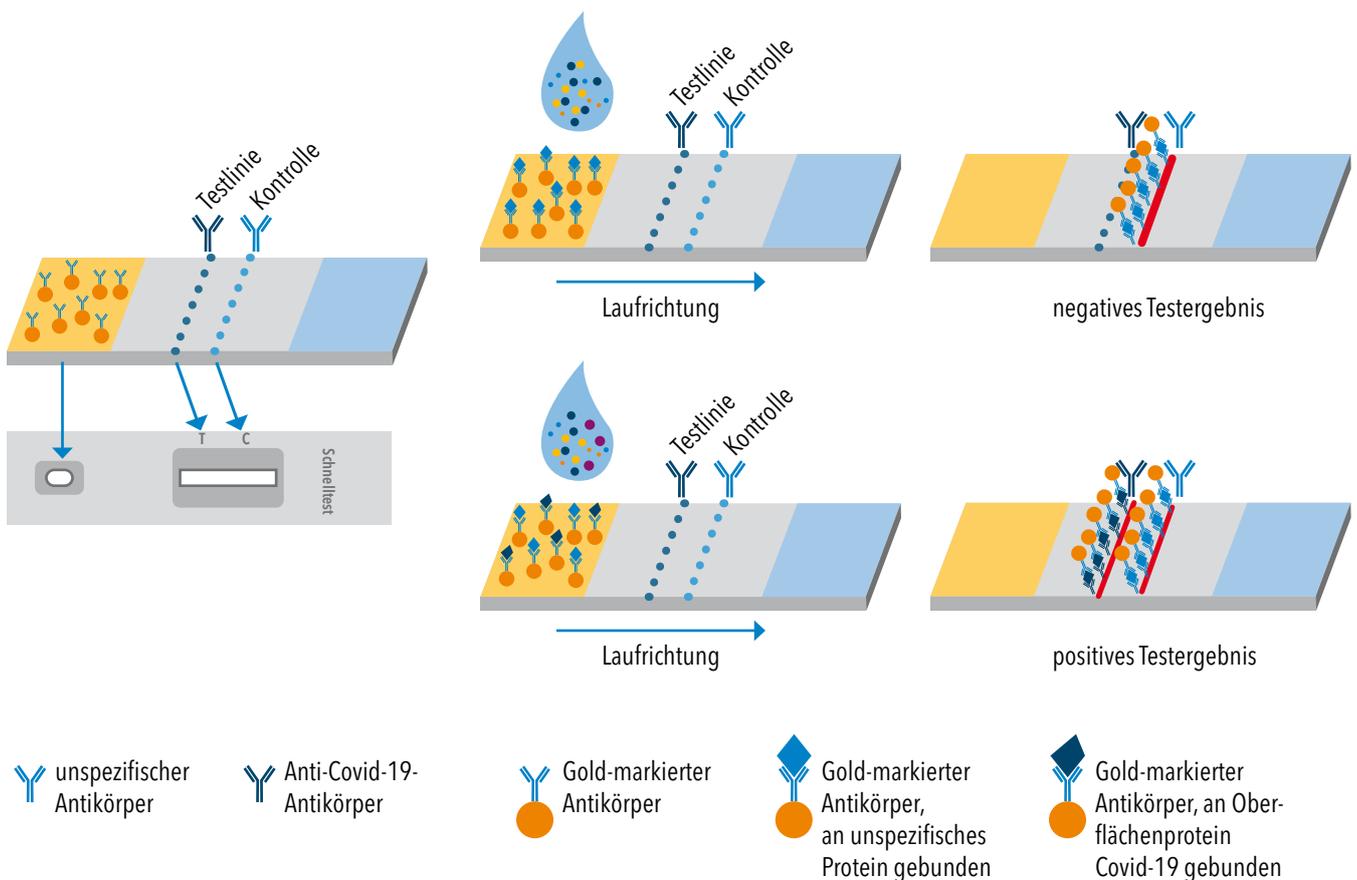
Aufgabe 3

Beschreiben Sie die Funktionsweise des Covid-19-Antigen-Schnelltests unter Verwendung von Fachsprache.

Zu Beginn der Covid-19-Pandemie war der Nachweis einer Infektion mit dem Virus nur mittels PCR-Verfahren möglich. Auch heute gilt dieser Test als sicherste Methode, um eine Infektion festzustellen oder auszuschließen. Mit dem Fortschreiten der Pandemie wurden allerdings auch neue und schnellere Tests entwickelt und zugelassen. Dabei handelt es sich unter anderem um sogenannte Antigen-Schnelltests. Während man bei einem PCR-Test meist mehrere Stunden auf das Ergebnis warten muss, erhält man bei einem Antigen-Schnelltest bereits nach wenigen Minuten ein Ergebnis. Dieses Prinzip wird nicht nur für den Nachweis von Krankheiten verwendet, sondern kommt zum Beispiel auch bei Schwangerschaftstests zum Einsatz.

Der seit 2020 auf dem Markt befindliche Covid-19-Antigen-Test basiert auf dem Prinzip der Immunchromatografie. An einer definierten Zone der verwendeten Nitrozellulosemembran sind Antikörper fixiert. Bei Benetzen der Nitrozellulosemembran mit einer Probe bewegt sich die Probe aufgrund der Kapillarwirkung entlang der Membran vorwärts. Erreicht sie den Bereich der Membran, in dem die Antikörper fixiert sind, bindet das entsprechende Antigen in der Probe spezifisch an den Antikörper.

Beim Covid-19-Antigen-Test erfolgt das Prinzip des Gold-Immunchromatografie-Assay. Hierbei ist der kolloidale Goldmarker mit entsprechendem Anti-Covid-19-Antigen auf der Nitrozellulosemembran fixiert. Erreicht die aufgetragene Probe die entsprechende Region, kommt es zur Antigen-Antikörper-Reaktion und kolloidales Gold wird freigesetzt. Eine rote Bande ist sichtbar.



Aufgabe 4

Erklären Sie die Sensitivität des Antigen-Schnelltests zur Identifikation einer Corona-Infektion.

Aufgabe 5

Erklären Sie das Auftreten von falsch positiven Ergebnissen.

Aufgabe 6

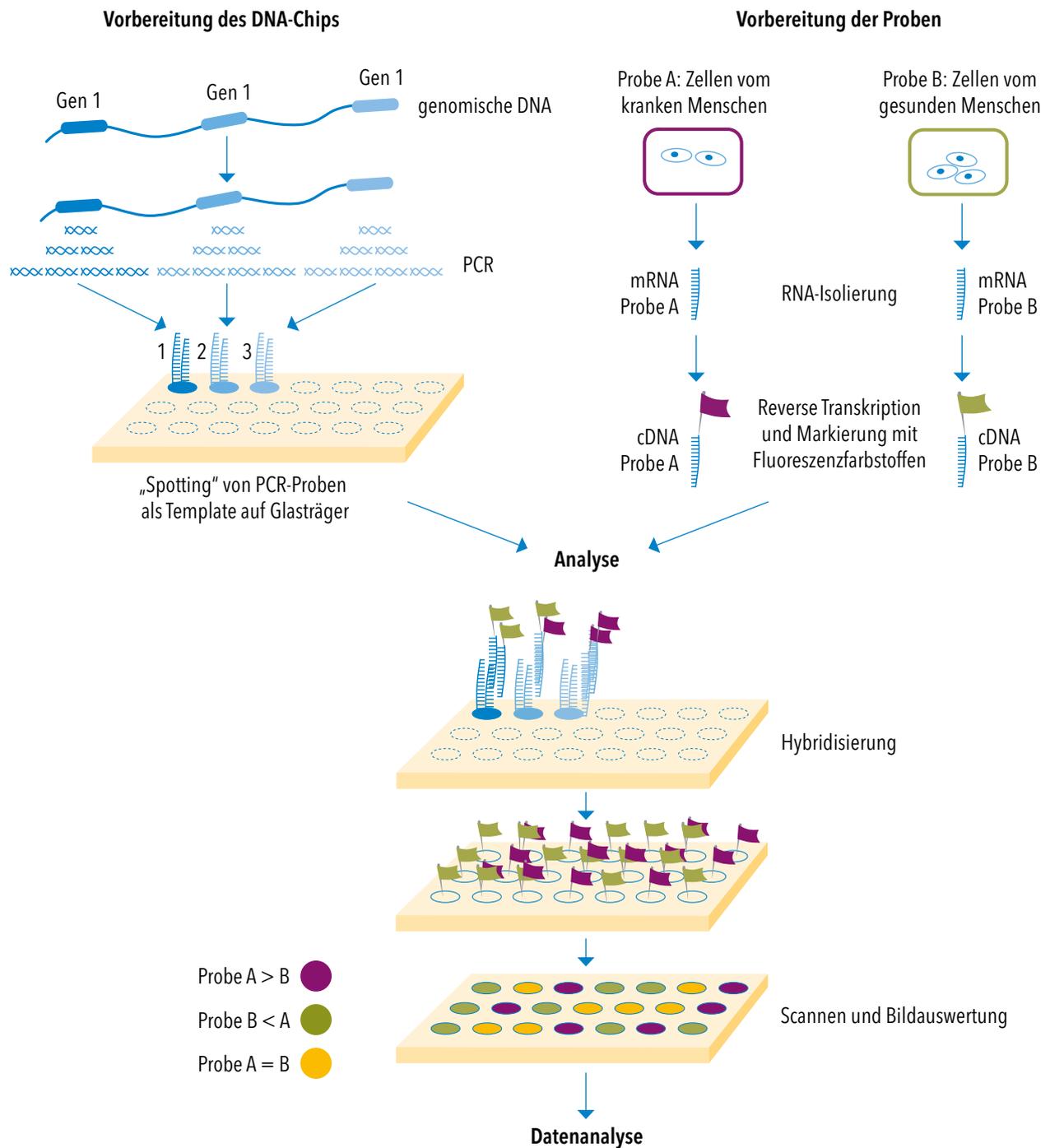
Vor dem Zutritt zu einem Konzert führt der Veranstalter einen Antigen-Schnelltest bei allen Besucherinnen und Besuchern durch. Nur negativ getestete Personen dürfen das Konzert besuchen. Insgesamt erscheinen 10.000 Personen zum Konzert und werden getestet. 99 % der getesteten Personen erhalten ein negatives Testergebnis. Der Hersteller des Tests gibt an, dass nur zu 5 % falsch positive und zu 10 % falsch negative Testergebnisse angezeigt werden.

- a) Die Sensitivität eines Antigen-Schnelltests beträgt circa 95 %. Was bedeutet das?
- b) Berechnen Sie, wie viele Besucherinnen und Besucher im schlimmsten Fall falsch negativ getestet wurden?
- c) Wie viele Besucherinnen und Besucher wurden auf Basis der Herstellerangaben vermutlich falsch positiv getestet?
- d) Die Spezifität eines Antigen-Schnelltests beträgt circa 99 %. Was bedeutet das?
- e) Nennen Sie Faktoren, die zu einem falsch negativen Ergebnis führen können.

FUNKTIONSWEISE EINES DNA-CHIPS

Aufgabe 1

Erklären Sie anhand der nachstehenden Abbildungen die Funktionsweise eines DNA-Chips. Erläutern Sie, warum dieses Verfahren nicht nur zeigt, dass ein Gen aktiv ist, sondern auch, wie stark es transkribiert wird.



GENOM- UND PROTEOMFORSCHUNG

Aufgabe 1

Begründen Sie anhand des folgenden Textes, warum Genomforschung auch noch im Zeitalter der „Proteomics“ betrieben wird.

Das Zeitalter der Genomforschung

1990 startete das Human Genome Project. 2003 sind 99,9 % der menschlichen DNA-Sequenz bekannt. Auf ihnen liegen etwa 25.000 Gene.

Unter einem **Genom** versteht man die Gesamtheit aller Erbinformationen eines Organismus.

Genomforscher arbeiten weltweit parallel auch an der Sequenzierung (Entzifferung) zahlreicher weiterer Genome von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen. Dazu zählt das Ringchromosom des Bakteriums *Escherichia coli* K12, dessen vollständige Basenfolge im Jahr 1997 veröffentlicht wurde.

Das Zeitalter der Proteomforschung

An das Genomzeitalter schloss sich das Zeitalter des Proteoms an.

Unter einem **Proteom** versteht man das Ensemble aller exprimierten (gebildeten) Proteine einer Zelle unter definierten Umweltbedingungen.

Auf internationaler Ebene befasst sich die Human Proteome Organization (HUPO) mit diesem wichtigen Thema. Sie wurde im Februar 2001 gegründet und setzt sich aus nationalen Proteomforschungsgesellschaften und staatlichen sowie öffentlichen Forschungseinrichtungen und Industriepartnern zusammen. HUPO fördert die Entwicklung und Bekanntheit der Proteinforschung und unterstützt die Zusammenarbeit ihrer Mitglieder und anderer Initiativen.

CYSTEIN: HERSTELLUNG UND ANWENDUNG

Hilfestellung

Cystein: Eine Aminosäure, die in Fingernägeln wie auch in Frühstücksbrötchen vorkommt. Sie zählt zu den 20 Aminosäuren, aus denen Eiweißstoffe zusammengesetzt sind.

Was Brötchen und Dauerwellen gemeinsam haben

Quelle: VCI-Forum Biotechnologie, M. Bushold 2008

Cystein ist eine der wichtigsten Aminosäuren des Strukturproteins Keratin. Keratin ist der Hauptbestandteil unserer Haare und Nägel. Durch den hohen Anteil an Cystein werden die Faserproteine über Disulfidbrücken quervernetzt und sind somit sehr stabil und reißfest.

Cystein kann auch als Reduktionsmittel bei einer Dauerwelle eingesetzt werden.

Die Haare werden, je nach gewünschter Lockengröße, auf Wickler gedreht und mit einem cysteinhaltigen Wellmittel benetzt. Dabei werden die Disulfidbrücken, die das Keratin stabilisieren, gelöst.

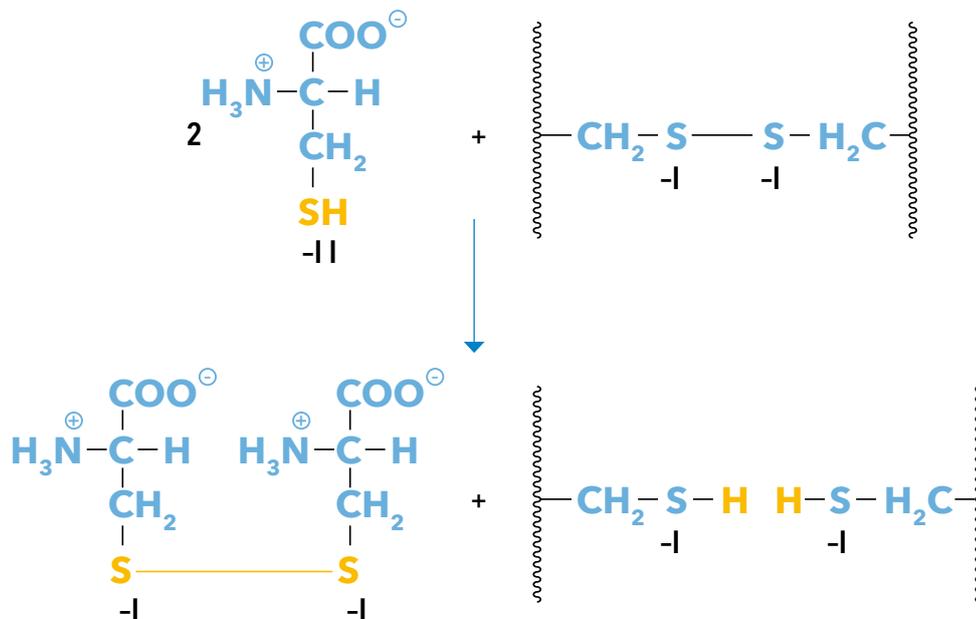


Abb. 1: Reaktion von Cystein mit den Disulfidbrücken des Keratins

Um die Disulfidbrücken dann an neuen Positionen zu fixieren, wird das Haar im Anschluss mit einem Oxidationsmittel behandelt.

Quelle: https://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/haare/Haare_chemisch.pdf, Seite 6

Auch das Klebereiweiß im Weizenmehl enthält viel Cystein. Kommen nun bei der Teigherstellung die Schwefelwasserstoffgruppen des Klebereiweißes zusammen, so bilden sie Disulfidbrücken aus und es entsteht ein dreidimensionales Netzwerk, das die quellende Stärke und Gasblasen einschließt.

Cystein ist auch der Grundbaustein des schleimlösenden Arzneimittelwirkstoffs Acetylcystein. Die reduktive Wirkung des Cysteins setzt die Viskosität des Schleims (besteht aus Proteinen) herab und erleichtert so dessen Abtransport.

Herstellung des Cysteins

Früher wurde Cystein im industriellen Maßstab aus tierischen Haaren, Federn, Hufen und Schweineborsten mithilfe von Salzsäure hergestellt. Das Verfahren war aufwendig und umweltbelastend.

Heute kann auf tierisches Material als Quelle gänzlich verzichtet werden – man gewinnt Cystein aus einem gentechnisch optimierten *Escherichia coli*-Bakterium.

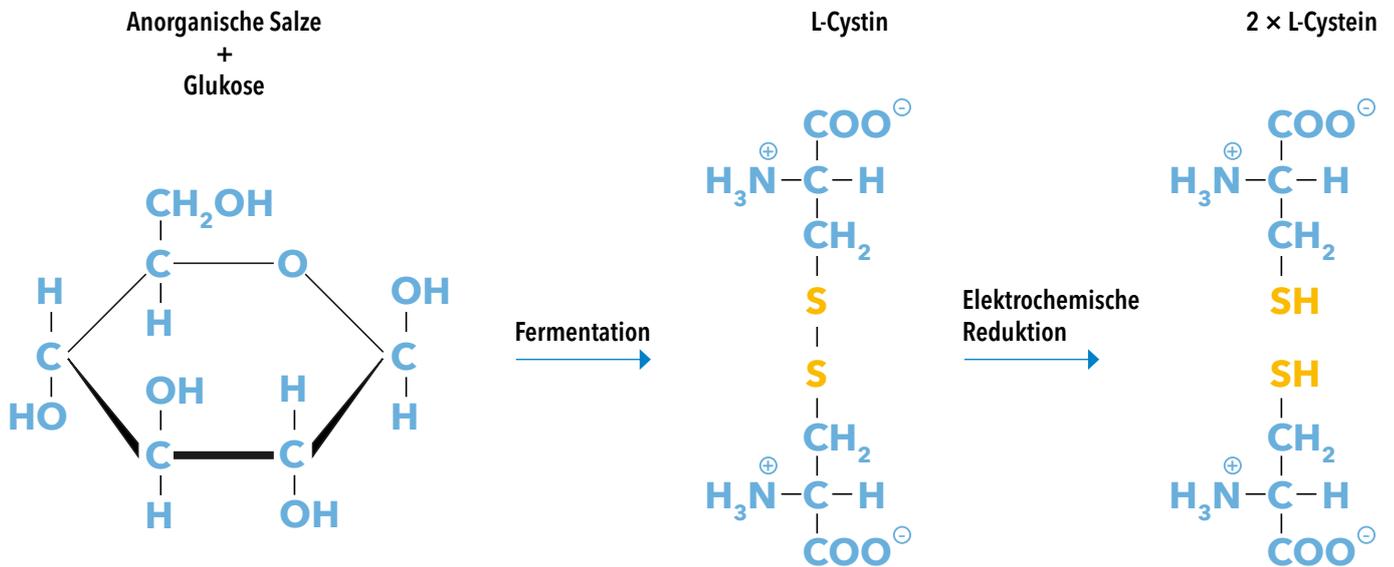


Abb. 2: Biotechnische Herstellung von Cystein

(Quelle: *Cystein – Chemie-Schule Aminosäuren – Wacker Chemie AG*)

Aufgabe 1

Erläutern Sie anhand der Reaktionsgleichung (Abbildung 1) ausführlich die chemischen Vorgänge, die bei einer Dauerwellenbehandlung zu Locken in normalerweise glatten Haaren führen.

Aufgabe 2

Vergleichen Sie das Klebereiweiß des Weizenmehls mit dem Keratin der Haare. Erklären Sie die Wirkung des Cysteins als Backzutat.

Aufgabe 3

Stellen Sie eine Hypothese auf, mit der Sie die mögliche Wirkung des Cysteins als Arzneistoff (z. B. zur Schleimlösung) erklären können. Recherchieren Sie im Internet nach schleimlösenden Mitteln bei Bronchialerkrankungen und überprüfen Sie so Ihre Hypothese.

Aufgabe 4

Erläutern Sie das herkömmliche Verfahren zur Cystein-Herstellung und vergleichen Sie es mit dem biotechnischen Herstellungsverfahren (Abbildung 2).

TECHNISCHE ENZYME – MEISTER DER KATALYSE

Hilfestellung

Enzyme sind die Biokatalysatoren der Zelle. Sie ermöglichen und beschleunigen biochemische Reaktionen, ohne dabei selbst verbraucht zu werden. Jedes Enzym hat ein charakteristisches pH- und Temperaturoptimum, auch die Stabilität von Enzymen ist temperaturabhängig.

Die Mehrzahl industriell genutzter Enzyme stammt aus Mikroorganismen, da mikrobielle Enzyme in der Regel stabiler sind als ihre entsprechenden „Verwandten“, die in Tieren oder Pflanzen vorkommen. Besonders robuste Enzyme können aus extremophilen Mikroorganismen (Archaeobakterien) gewonnen werden, die z. B. in heißen Quellen vorkommen.

Aufgabe 1

Beschreiben Sie das folgende Schaubild (Stabilitätsoptimum einer Waschmittelprotease) und erklären Sie den Zusammenhang zwischen Enzymstabilität und pH-Wert beziehungsweise Temperatur.

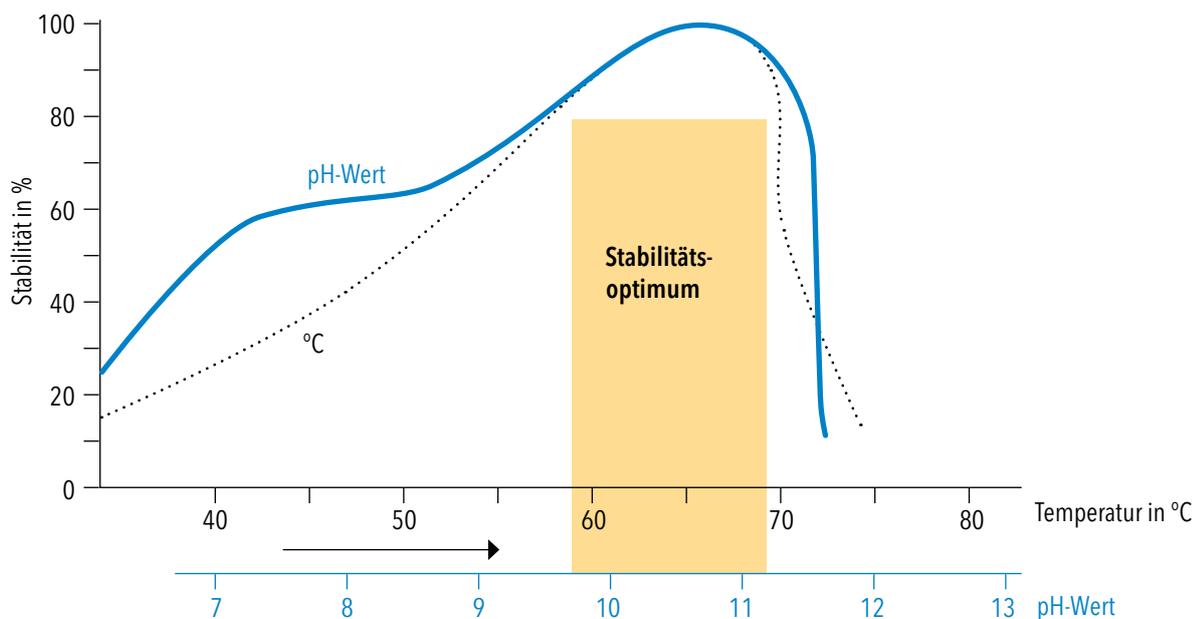


Abb. 1: Stabilitätsoptimum einer Waschmittelprotease

Aufgabe 2

Gelatine besteht aus langen Ketten des Proteins Kollagen, die nach Erwärmen in Wasser durch Bildung eines dichten Netzwerks ein Gel bilden. Waschmittelproteasen lösen Gelatine auf, weil sie das Protein Kollagen spalten.

Planen Sie ein Experiment, mit dem Sie die Temperaturabhängigkeit der Enzymaktivität von Proteasen in Vollwaschmittel beweisen können.

Aufgabe 3

Das folgende Suchsel enthält die Namen von Enzymen und Produkten, die mithilfe der Enzyme verarbeitet oder hergestellt werden. Umranden Sie die gefundenen Begriffe (hochkant, waagrecht und diagonal).

N	L	S	E	G	W	S	S	H	G	B	E	B	Z	L
I	D	A	X	S	N	U	A	T	R	C	Y	S	E	P
S	R	Y	B	A	A	R	R	O	Q	C	O	T	L	K
P	I	I	E	F	T	E	T	S	I	C	T	P	L	X
Y	W	J	Y	K	E	Z	T	D	T	I	C	P	U	V
R	G	D	A	S	N	R	E	O	M	C	J	B	L	I
T	U	E	B	A	W	K	M	H	R	Z	D	V	O	J
D	S	E	T	F	X	Y	C	E	Q	P	S	B	S	L
E	M	N	U	T	V	I	U	K	N	W	X	Z	E	W
Y	S	U	Z	A	E	F	C	W	D	T	N	L	K	E
B	E	S	A	L	U	L	L	E	C	F	Z	Y	J	U
A	S	R	B	W	A	S	C	H	M	I	T	T	E	L
E	E	U	F	P	C	K	I	T	N	V	F	V	H	U
R	F	W	F	H	C	C	W	P	S	C	T	S	I	L
M	I	L	C	H	H	I	Y	S	F	L	B	D	F	D

PHARMAWIRKSTOFFE - HEUTE UND MORGEN

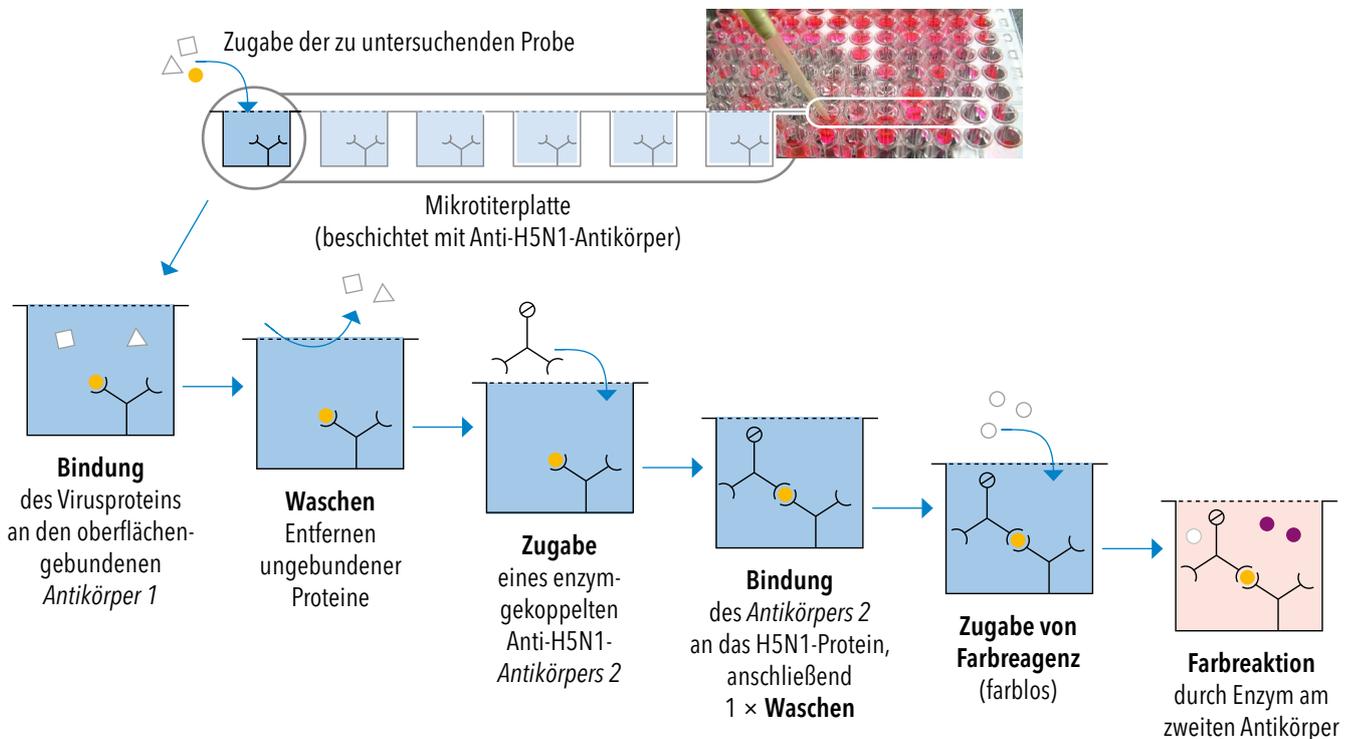
Die zwei wichtigsten Verfahren für den Nachweis einer Virusinfektion sind die Polymerase-Kettenreaktion (PCR) und der sogenannte ELISA, ein immunologisches Nachweisverfahren.

Aufgabe 1

Beschreiben Sie das ELISA-Verfahren anhand des folgenden Schaubildes.

ELISA (Enzyme-linked Immunosorbent Assay)

Immunologischer Nachweis des Vogelgrippe-Erregers H5N1



Aufgabe 2

Recherchieren Sie im Internet, wie viele gentechnologisch hergestellte Präparate in Deutschland zugelassen sind und in welche Anwendungsbereiche man diese einteilen kann.

(Quellen z. B. [Medizinische Biotechnologie | VCI, Zugelassene Gentec-Medikamente einsehen | vfa, bcg-vfa-bio-biotech-report-2022](#))

BAKTERIEN ALS BIOPLASTIK-FABRIKEN

Kunststoff ist ein langlebiges und vielseitig einsetzbares Material. Doch die Langlebigkeit der erdölbasierten Kunststoffe ist Segen und Fluch zugleich, da Plastikmüll die Umwelt schwer belastet. Pflanzen und Bakterien sind in der Lage, Polymere herzustellen, die biologisch abbaubar sind.

Aufgabe 1

Lesen Sie die folgenden Artikel durch. Markieren Sie im Text Schlüsselbegriffe. Fassen Sie mit eigenen Worten die Kernaussagen der Texte kurz zusammen.

Texte punktuell verändert aus: <https://biooekonomie.de/nachrichten/neues-aus-der-biooekonomie/bakterien-als-bioplastik-fabriken> (Juni 2022) und <https://biooekonomie.de/foerderung/foerderbeispiele/mit-bakterien-aus-abfaellen-kunststoff-erzeugen#:~:text=Polyhydroxybuttersäure%20-%20kurz%20PHB%20-%20heißt%20der,in%20der%20Natur%20vollständig%20abbaubar> (Februar 2021).

Text 1:

Bakterien als Bioplastik-Fabriken

Polyhydroxyalkanoate (PHA) oder Polyhydroxyfettsäuren (PHF) sind natürlich vorkommende, wasserunlösliche und lineare Biopolyester, die viele Bakterien als Speicherstoffe für Kohlenstoff und Energie synthetisieren. Da diese Biopolymere biologisch abbaubar sind, werden sie zur Herstellung von biobasierten Kunststoffen verwendet. Wissenschaftler der Universität Tübingen haben den Stoffwechselweg spezieller Cyanobakterien in einer Weise verändert, dass diese große Mengen Bioplastik in Form von Polyhydroxybuttersäure – kurz PHB – auf natürliche Weise herstellen. PHB kann in der Natur wiederum durch Bakterien, Pilze oder Algen abgebaut werden.

PHB-Produktion im Bakterium auf 80 % gesteigert

Einem Team um Prof. Karl Forchhammer vom Interfakultären Institut für Mikrobiologie und Infektionsmedizin der Universität Tübingen ist es gelungen, den Stoffwechselweg von Cyanobakterien der Gattung *Synechocystis* so zu verändern, dass sie den Naturstoff PHB in so großen Mengen produzieren, dass eine industrielle Nutzung möglich ist. Den Studien zufolge wurde in den Bakterien ein Protein identifiziert, das den Kohlenstofffluss in Richtung PHB innerhalb der Bakterienzelle drosselt. Nach dem Entfernen des entsprechenden Regulators sowie weiterer genetischer Veränderungen sei die von den Bakterien produzierte PHB-Menge so enorm gestiegen, dass sie schließlich über 80 % der Gesamtmasse der Zelle ausgemacht habe.

Wichtige Akteure für nachhaltige Bioplastik-Produktion

Den Forschenden zufolge kann das aus den Bakterien gewonnene PHB ebenso wie der herkömmliche Kunststoff Polypropylen eingesetzt werden, ist aber in der Umwelt schnell sowie schadstofffrei abbaubar. Da Cyanobakterien lediglich Wasser, Kohlenstoffdioxid und Sonnenlicht zum Wachsen brauchen, sind sie den Forschenden zufolge „optimale Akteure für eine klimaschonende und nachhaltige Produktion“. Die Tübinger wollen den Einsatz der Bakterien nun weiter optimieren und so weit skalieren, dass ein großtechnischer Einsatz der bakteriellen Bioplastik-Fabriken möglich wird.

Text 2:

Tierische Abfallfette als Nährstoffquelle für Bakterien

Forschende der Bioverfahrenstechnik der TU Berlin experimentieren mit dem Bakterium *Cupriavidus necator*, das als Nährstoffquelle für die Synthese von PHB Abfallfette aus Schlachthöfen nutzt, für die es bisher keinerlei industrielle Verwendung gab. Um *Cupriavidus necator* in effektive Kunststofffabriken zu verwandeln, waren jedoch einige Hürden zu überwinden. Ein Aspekt war dabei die Modifizierung des Bakterienstammes. Der Wildtyp von *Cupriavidus necator* kann zwar auch Abfallstoffe zu Kunststoff synthetisieren, allerdings nur in geringen Ausbeuten.

Für die Kultivierung von Bakterienmutanten mit besseren Eigenschaften wurden die Einzeller in großen Fermentern mit den flüssigen Abfallfetten gefüttert.

Eine weitere Herausforderung war, den Kunststoff aus den Zellen der Bakterien herauszulösen. Das Ziel, einen qualitativ hochwertigen Kunststoff zu erhalten, gelang am Ende mithilfe eines chemischen Verfahrens, bei dem alle eingesetzten Lösungsmittel wiederverwertet werden können.

Auch die Qualität der Abfallfette, die für dieses Verfahren eingesetzt werden, wurde untersucht. Am Ende zeigte sich, dass im Prinzip alles verarbeitet werden kann, was aus den Schlachthöfen herauskommt. Nicht nur Abfallfette von Rind, Schwein und Geflügel sind demnach als Bakterienfutter geeignet, sondern auch Fischabfälle.

Neues PHB für Spritzgussverfahren geeignet

Neben der umweltschonenden Herstellung des Biokunststoffes war auch die Weiterverarbeitung zu Produkten mithilfe etablierter Verfahren ein Hauptanliegen der Projektpartner. Anhand des Spritzgussverfahrens wurde getestet, ob sich der neue PHB-Kunststoff zur Produktherstellung eignet. Es mussten etliche Veränderungen vorgenommen werden. So dauerte die Kristallisierung des Kunststoffes ursprünglich viel zu lange. Bis das Biopolymer ausgehärtet war und weiterverarbeitet werden konnte, musste der Spritzgusszyklus pausieren. Die Forscher entwickelten spezielle Zusatzstoffe, die dem Rohkunststoff zugesetzt wurden, sodass er schneller kristallisiert und weiterverarbeitet werden kann. Der Anteil der Zusatzstoffe im PHB-Kunststoff ist mit maximal 0,07 % jedoch sehr gering und wird auch komplett mit abgebaut.

Aufgabe 2

Informieren Sie sich über Polyhydroxybuttersäure (PHB). Welche Rolle spielt dieser Stoff in der Natur?

BIOTECHNOLOGIE UND MEER

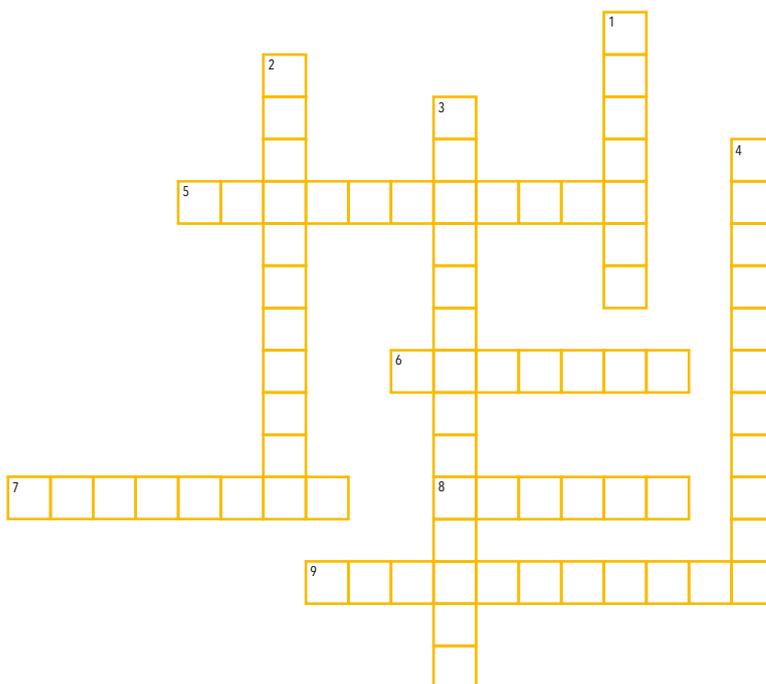
Die Anpassung mariner Mikroorganismen an ganz unterschiedliche extreme Umweltbedingungen (niedrige Temperatur, hoher Druck, Nährstoffmangel, hoher Salzgehalt u. a.) hat Naturstoffe (Enzyme und niedermolekulare bioaktive Verbindungen) hervorgebracht, die für verschiedene Zweige der biotechnologischen und pharmazeutischen Industrie von hochgradiger Relevanz sind.

Aufgabe 1

Erklären Sie den Vorteil von Industrieenzymen, die aus Organismen gewonnen werden, welche an niedrige Umgebungstemperaturen angepasst sind.

Aufgabe 2

Finden Sie die richtigen Begriffe aus der Welt der Meeresbiotechnologie und ihrer Produkte.



Senkrecht

1. Im Bad und auch im Meer
2. Hitzeliebende Mikroorganismen
3. Blaugrüner Mikroorganismus
4. Zellteilungshemmende Krebsmedikamente

Waagrecht

5. Wirkstoffe gegen Viren
6. Orangeroter Lebensmittelzusatzstoff
7. In Kosmetika verwendetes Eiweiß
8. Chemisch aktive Proteine
9. Stoffe, die gegen Bakterien wirken