

Aufgabe 1

Werk Tanne – ein „Lost Place“

Schwerpunkthemen: Aromatische Verbindungen und Reaktionskinetik

Das Werk Tanne bei Clausthal-Zellerfeld im Harz wird im Internet als „Lost Place“ bezeichnet. Von der ehemaligen Sprengstofffabrik stehen noch einige Gebäudereste, die jedoch weitläufig eingezäunt sind. Im zweiten Weltkrieg von 1939 bis 1945 wurden in der Fabrik über 100 000 t TNT hergestellt. TNT und seine Vorstufen sind giftig und krebserregend. Durch Unfälle und unsachgemäße Entsorgung von Produktionsrückständen wurden der Boden und das Wasser in der Umgebung stark belastet. Da TNT, wenn es nicht gezündet wird, sehr stabil ist, wird es nur schwer durch Mikroorganismen abgebaut. Die Sanierung des Geländes dauert bis heute an und kostet Millionen.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abb. 1: Ruinen des Werkes Tanne

Zur Produktion von TNT (2,4,6-Trinitrotoluol) wurde im Werk Tanne Toluol (Methylbenzol) zunächst mit Nitriersäure, einem Gemisch aus Schwefelsäure und Salpetersäure, versetzt. Dabei bilden sich nach dem folgenden Reaktionsmechanismus zunächst Nitroniumionen, die mit dem Toluol reagieren.



Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Es entstand eine Mischung aus 2- und 4-Nitrotoluol. Anschließend wurde das Nitrotoluol in zwei weiteren Schritten zum TNT aufnitriert.

Material 1: Herstellung von TNT

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

1,3,5-Trinitrobenzol (TNB) ist ein Sprengstoff, der durch die Nitrierung von Benzol gewonnen wird. Dabei bildet sich zunächst Nitrobenzol, das fast ausschließlich zu 1,3-Dinitrobenzol weiter reagiert. Durch eine weitere Nitrierung entsteht das Endprodukt.

Da die Herstellung von TNB unter deutlich drastischeren Bedingungen (erhöhte Temperaturen, konzentriertere Säuren) erfolgt, ist seine Herstellung unwirtschaftlicher und der Sprengstoff wurde vollständig durch TNT verdrängt.

Material 2: Informationen zu 1,3,5-Trinitrobenzol

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Es gibt verschiedene Methoden, um den mit TNT kontaminierten Boden zu reinigen. Bei schwächer belasteten Böden setzt man spezielle Pflanzen oder Mikroorganismen ein, die TNT abbauen können. Bei hohen Belastungen wird der Boden abgetragen und in speziellen Öfen verbrannt oder in speziellen Reaktoren mit Chemikalien behandelt. Die Abbildung rechts zeigt den Kurvenverlauf für den Abbau von TNT in einem Reaktor aus Stahl. Eine Probe eines mit TNT kontaminierten Sands wurde mit Wasser versetzt. Im Reaktor steht das Wasser unter so hohem Druck, dass es auch über der Siedetemperatur von 100 °C flüssig bleibt.

Material 3: Reaktion von TNT mit Wasser unter hohem Druck

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Die schraffierte Fläche unter dem Graphen entspricht der Anzahl der Teilchen mit höherer Energie als der Mindestenergie E_{\min} , die zur Spaltung von TNT mit Wasser erforderlich ist.

Material 4: Energieverteilung nach Maxwell-Boltzmann

Aufgaben:

- 1.1 Erläutern Sie die Struktur und Reaktivität von Benzol mit Hilfe geeigneter Strukturformeln und dem vereinfachten Orbitalmodell und erklären Sie die hohe Stabilität aromatischer Verbindungen. **(6 BE)**
- 1.2 Benennen Sie den Reaktionsmechanismus für die Bildung von 2-Nitrotoluol aus Toluol und geben Sie die vervollständigten Reaktionsgleichungen an. Erläutern Sie die einzelnen Reaktionsschritte. (Material 1) **(10 BE)**
- 1.3 Begründen Sie mit Hilfe von mesomeren Grenzformeln, warum Nitrobenzol fast ausschließlich in Position 3 (m-Position) nitriert wird. (Material 2) **(7 BE)**
- 1.4 Erklären Sie den Verlauf des Graphen in Material 3 mit Hilfe der Maxwell-Boltzmann-Verteilung (Material 4). **(7 BE)**

Aufgabe 2

Textilfärbung mit Azofarbstoffen – Gift in der Kleidung?

Schwerpunktthema: Farbstoffe

Zu rund 60 Prozent werden in der Textilindustrie Azofarbstoffe verwendet. Sie werden bevorzugt zur Färbung von Textilien eingesetzt, weil sie einfach herzustellen und kostengünstig sind und gleichzeitig intensive Farben im gesamten Farbspektrum erzeugen. Zudem genügen sie den an Textilfarbstoffe gestellten Gebrauchsanforderungen wie z.B. Waschechtheit oder Widerstandsfähigkeit gegenüber chemischen Beanspruchungen sowie UV-Strahlung in hohem Maße.

Die Verwendung von Azofarbstoffen ist jedoch nicht unumstritten. Die Textilveredlungsindustrie produziert jährlich viele Millionen Kubikmeter Färbereiabwässer. Abwässer, die die Umwelt besonders in Entwicklungsländern erheblich mit den teilweise gesundheitsgefährdenden Azofarbstoffen belasten.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abb. 1: Mit Azofarbstoffen gefärbte Kleidung

Tropäolin 0002 gehört zu den ältesten kommerziell eingesetzten Azofarbstoffen. Der Farbstoff wurde lange Zeit als Lebensmittelfarbstoff verwendet, bevor sein Einsatz im Lebensmittelbereich im Jahr 1995 aufgrund seiner krebserzeugenden Wirkung in der EU verboten wurde. Als Farbstoff für Textilien wird er weiterhin eingesetzt.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Absorptionsspektrum von *Tropäolin* 0002

Material 1: Informationen zu *Tropäolin* 0002

Die Synthese von *Tropäolin* 0002 erfolgt aus dem Salz der Sulfanilsäure und β -Naphthol in zwei Reaktionsabschnitten:

1. Reaktionsabschnitt:

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Sulfanilsäure-Anion Nitrosylkation Diazoniumion

Material 2: Informationen zur Synthese von *Tropäolin* 0002

Tropäolin 0002 eignet sich zur Färbung verschiedener Textilien wie z.B. Wolle und Baumwolle. Hierzu taucht man in eine wässrige, leicht alkalische Lösung des Azofarbstoffs ein Woll- bzw. Baumwolltuch und erhitzt unter Rühren etwa eine halbe Stunde lang.

Modellhafter Ausschnitt aus
einer Wollfaser

Modellhafter Ausschnitt aus
einer Baumwollfaser

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Material 3: Informationen zu einem Färbeverfahren mit *Tropäolin* 0002

Azofarbstoffe können beim Menschen erwiesenermaßen allergische Reaktionen hervorrufen. Bestimmte Azofarbstoffe können beim Menschen auch Tumore erzeugen. Es hat sich gezeigt, dass vor allem diejenigen Azofarbstoffe dazu in der Lage sind, die bei der reduktiven Spaltung der Azobindung krebserzeugende aromatische Amine freisetzen.



Die reduktive Spaltung erfolgt entweder durch körpereigene oder bakterielle Enzyme. Die Aufnahme sowohl der Azofarbstoffe als auch der aromatischen Amine kann über die Haut, die Lunge oder den Verdauungstrakt erfolgen. Obwohl in Deutschland bestimmte Azofarbstoffe entsprechend ihrer krebserzeugenden Aminkomponente zur Färbung von Textilien verboten sind, ist aufgrund der weltweiten Fertigung von Textilien das Risiko dennoch relativ hoch, dass diese krebserzeugende Azofarbstoffe enthalten.

Mit Azofarbstoffen belastete Färbereiabwässer werden insbesondere in Entwicklungsländern vielfach ohne Vorbehandlung in die Kanalisation eingeleitet. Da die in ihnen enthaltenen Azofarbstoffe sehr schwer mikrobiologisch abbaubar sind, ist häufig der hauptsächliche "Reinigungsvorgang" nur eine Verdünnung des Abwassers, welches beispielsweise in Flüsse eingeleitet wird. Auf diese Weise gelangen Azofarbstoffe und deren bakterielle Abbauprodukte in die Umwelt.

Material 4: Informationen zur Gesundheits- und Umweltgefährdung durch Azofarbstoffe

Aufgaben

- 2.1 Begründen Sie die Zuordnung von *Tropäolin OOO2* zur Klasse der Azofarbstoffe und beschreiben Sie dessen Chromophor. Erläutern Sie anhand des Absorptionsspektrums, welche Farbe *Tropäolin OOO2* besitzt. (Material 1). **(7 BE)**
- 2.2 Benennen Sie die beiden Reaktionsabschnitte für die Synthese von *Tropäolin OOO2*. Beschreiben Sie den ersten Reaktionsabschnitt und geben Sie die Reaktionsgleichung für den zweiten Reaktionsabschnitt an (Material 2). **(8 BE)**
- 2.3 Benennen Sie das in Material 3 beschriebene Färbeverfahren. Beurteilen Sie die unterschiedliche Waschechtheit von *Tropäolin OOO2* auf Baumwoll- und Wollfasern unter Berücksichtigung der zwischenmolekularen Kräfte nach diesem Färbeverfahren (Material 3). **(7 BE)**
- 2.4 Diskutieren Sie unter Berücksichtigung von Material 1 und Material 4 die Verwendung von Azofarbstoffen zur Färbung von Textilien. **(8 BE)**

Aufgabe 3

Kristallviolett – Ein Farbstoff zur Messung der Reaktionskinetik

Schwerpunktt Themen: Farbstoffe / Reaktionskinetik und Katalyse

Kristallviolett ist einer der Hauptbestandteile von Tinte. Seine Eigenschaft, in Abhängigkeit vom pH-Wert seine Farbe zu verändern, wird bei der Verwendung von Tintenlöschstiften („Tintenkiller“), Durchschreibpapier und Kassenbons genutzt (siehe Abb. 1).

Der Farbstoff entfärbt sich in alkalischer Lösung. Diese Reaktion lässt sich in einem Spektralphotometer beobachten und ist deshalb für Untersuchungen zur Reaktionsgeschwindigkeit besonders gut geeignet. Mithilfe solcher Experimente können Gesetzmäßigkeiten der Kinetik chemischer Reaktionen erfasst und Vorgänge auf der Molekülebene erklärt werden.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Abb. 1: Tintenkiller

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Kristallviolett (KV⁺) bei pH 7, $\lambda_{\max} = 590 \text{ nm}$ Kristallviolett (KVOH) bei pH > 13; λ_{\max} im UV-Bereich

Eine wässrige Lösung von Kristallviolett wird durch Zugabe von Natronlauge entfärbt. Die Entfärbung beruht auf einer Änderung der Molekülstruktur.

Material 1: Informationen zur Abhängigkeit der Farbe von Kristallviolett vom pH-Wert

Die Reaktion von Kristallviolett mit Hydroxid-Ionen zu einem farblosen Reaktionsprodukt lässt sich im Photometer gut untersuchen. Bei einer Wellenlänge von 590 nm, einer Anfangskonzentration $c_0(\text{Kristallviolett}) = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ und einem Überschuss an Natronlauge wurden in einer Küvette (Schichtdicke = 1cm) die folgenden Werte ermittelt:

Messergebnisse:

Zeit (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Extinktion	1,0021	0,8380	0,6930	0,5670	0,4630	0,3720	0,3020	0,2420	0,1940

Material 2: Informationen und Messwerte zur Ermittlung der Reaktionsgeschwindigkeit für die Reaktion von Kristallviolett mit Hydroxid-Ionen.

Aufgaben

- 3.1 Ordnen Sie Kristallviolett einer Farbstoffklasse zu und erläutern Sie am Beispiel von Kristallviolett bei einem pH-Wert von 7 anhand eines geeigneten Modells die Ursachen für die Farbigkeit einer organischen Verbindung. Begründen Sie die Farblosigkeit von Kristallviolett bei einem pH-Wert > 13 (Material 1). **(12 BE)**
- 3.2 Erklären Sie das Verfahren der Photometrie sowie die Begriffe *Durchschnittsgeschwindigkeit* und *Momentangeschwindigkeit*. Erklären Sie, wie man diese Geschwindigkeiten graphisch ermittelt. **(8 BE)**
- 3.3 Berechnen Sie die fehlenden Konzentrationen an Kristallviolett bei den verschiedenen Messzeiten und stellen Sie die Konzentrationen in Abhängigkeit von der Zeit graphisch dar (Material 2). Ermitteln Sie anhand der Graphik die Durchschnittsgeschwindigkeiten in den Intervallen 0 s bis 1,5 s und 5,5 s bis 7 s und begründen Sie den Unterschied. **(10 BE)**

Aufgabe 4

Enzyme in Waschmitteln

Schwerpunktt Themen: Reaktionskinetik und Katalyse

Enzyme beeinflussen biochemische Reaktionen und gehören aufgrund ihrer Eigenschaften zu den am höchsten spezialisierten Substanzen.

Sie sind in Organismen an der Verdauung sowie an sämtlichen Stoffwechselprozessen beteiligt.

Aufgrund ihrer Eigenschaften werden Sie in der Lebensmittel- und Waschmittelindustrie eingesetzt.

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Material 1: Allgemeines Energiediagramm chemischer Reaktionen

Eiweiß- und stärkehaltige Verschmutzungen wie Blut, Milch, Kakao und Eigelb lassen sich nur schwer aus Textilien auswaschen. Waschmittel werden daher mit Enzymen versetzt: Eiweiß abbauende Proteasen, Stärke abbauende Amylasen und Fett abbauende Lipasen katalysieren die Hydrolyse der Makromoleküle zu kleinen, wasserlöslichen Bausteinen.

Industriell werden die Enzyme aus Bakterienkulturen gewonnen und dem Waschmittel in verkapselter Form als Enzymprills beigemischt.

Material 2: Einsatz von Enzymen in Waschmitteln

Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt

Material 3: Aktivität der Enzyme Protease und Lipase bei verschiedenen Temperaturen

Lipasen unterscheiden nicht zwischen abzubauenen Fetten, so dass sie nicht nur den Abbau von fettigen Essensresten, sondern auch den Abbau von menschlichem Hautfetten katalysieren. Über Waschmittelreste in der getrockneten Wäsche greifen sie wahllos die Haut dort an, wo sie am feuchtesten ist, wie im Nacken, Ellbogen, Achselhöhlen usw., so dass es zu einer Sensibilisierung kommt und sich sogar Allergien mit den entsprechenden Folgeerscheinungen entwickeln können.

Um eine bessere Hitzestabilität zu erhalten, werden Waschmittelenzyme weiterstgehend aus gentechnisch manipulierten Mikroorganismen, wie z.B. Bakterien oder Pilzen, gewonnen.

Material 4: Information zu Lipase und Waschmittelenzymen

Aufgaben:

- 4.1 Erläutern Sie den Begriff Katalysator sowie dessen Wirkung auf die Reaktionsgeschwindigkeit mit Hilfe von Material 1. **(7 BE)**
- 4.2 Zeichnen Sie einen beschrifteten Ablauf einer Enzym-Substrat-Reaktion und erläutern Sie diesen mit den entsprechenden Fachbegriffen. **(7 BE)**
- 4.3 Geben Sie die RGT-Regel an und erläutern Sie damit den Verlauf der Enzym-Aktivität von Protease und Lipase (Material 3). **(8 BE)**
- 4.4 Bewerten Sie den Einsatz von Enzymen in Waschmitteln insbesondere der Lipase (Material 2, 3 und 4). **(8 BE)**

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
1.1	<p>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</p> <p>Im Benzolmolekül liegen alle C-C-Bindungen planar vor. Die C-Atome untereinander sowie die H-Atome sind jeweils durch σ-Bindungen miteinander verbunden. Die p-Orbitale der C-Atome bilden ein ringförmiges delokalisiertes π-Elektronensystem oberhalb und unterhalb der Ringebene. Die 6 π-Elektronen können keinem C-Atom mehr zugeordnet werden. Die C-C-Bindungslängen sind alle gleich und liegen zwischen Einfach- und Doppelbindung. Daher muss man zwei mesomere Grenzformeln nutzen, um die Bindungsverhältnisse im Benzol darzustellen.</p> <p>Das Benzolmolekül ist ein energiearmes aromatisches System und daher besonders stabil. In der Regel reagiert das aromatische System mit Elektrophilen nach dem Mechanismus der elektrophilen Substitution, nur unter extremen Bedingungen finden Additionsreaktionen statt.</p>	6		
1.2	<p>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</p> <p>Zunächst bilden sich aus Salpetersäure und Schwefelsäure Nitroniumionen. Diese dienen als Elektrophil und treten mit den π-Elektronen des Toluols in Wechselwirkung. Es bildet sich der π-Komplex. Er lagert sich anschließend in den σ-Komplex um, wobei sich zwischen dem Elektrophil und dem C-Atom des aromatischen Rings eine σ-Bindung bildet. Die positive Ladung wird über den aromatischen Ring delocalisiert, was durch die mesomeren Grenzformeln dargestellt wird. Anschließend wird bei der Rearomatisierung ein Proton abgespalten und der aromatische Ring bildet sich zurück. Es wird also ein Proton gegen ein Elektrophil ersetzt. Man spricht daher von einer elektrophilen Substitution.</p>		7	3
1.3	<p>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</p> <p>Die Nitrogruppe ist desaktivierend und weist einen $-I$-Effekt sowie $-M$-Effekt auf. Dadurch wird die Elektronendichte am aromatischen Ring erniedrigt, vor allem in o- und p-Position. Dort befindet sich die positive Ladung in den mesomeren Grenzformeln. Die Elektronendichte ist an der Position 3, der m-Position, am höchsten. Daher greift das Elektrophil dort bevorzugt an und es wird 1,3-Dinitrobenzol gebildet.</p>		4	3
1.4	<p>In dem Diagramm in Material 3 erkennt man einen Zusammenhang zwischen der Reaktionstemperatur und der Reaktionsgeschwindigkeit: Je höher die Reaktionstemperatur, desto schneller ist der Abbau von TNT durch Wasser. Dies kann mit der Maxwell-Boltzmann-Verteilung erklärt werden: Damit TNT und Wasser miteinander reagieren, müssen die Moleküle eine bestimmte Mindestenergie aufweisen, die der Aktivierungsenergie entspricht. Die schraffierte Fläche unter den Graphen in Material 4 gibt jeweils die Anzahl der Moleküle an, die eine höhere Energie als die Mindestenergie für die Reaktion von TNT mit Wasser haben. Bei niedrigen Temperaturen haben nur wenige Moleküle die für eine effektive Kollision erforderliche Mindestenergie und die Reaktion ist langsam (600 min bei 175 °C). Bei höheren Temperaturen erhöht sich die Reaktionsgeschwindigkeit (200 min bei 200 °C), da der Anteil der Moleküle mit der erforderlichen Mindestenergie steigt.</p>	3	4	
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		9	15	6

Quellen:

Informationen:

<https://www.findlostplaces.de/orte/harz/werk-tanne/> (letzter Zugriff: Januar 2020)

<https://www.landkreis-goslar.de/index.phtml?sNavID=94.137&La=1> (letzter Zugriff: Januar 2020)

Buddrus, J.: *Grundlagen der Organischen Chemie*, 4. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin/New York, 2011, S. 392f.

Kalderis, D.; Hawthorne, S. B.; Clifford, A. A.; Gidarakos E.: *J. Hazard. Mater.*, 2008, 159, 329.

Aufgabe 2

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
2.1	<p>Das Strukturmerkmal von Azofarbstoffen ist ein Chromophor aus einer Azogruppe und beiderseits daran gebundenen aromatischen Ringsystemen. Ein solcher Chromophor liegt bei <i>Tropäolin</i> OOO2 vor. Bei dem Farbstoff ist an die Azogruppe auf der einen Seite ein vom Naphthalin abgeleitetes Ringsystem mit einer daran gebundenen Hydroxylgruppe vorhanden. Auf der anderen Seite liegt ein vom Benzol abgeleitetes Ringsystem mit einer daran gebundenen Sulfonatgruppe vor.</p> <p><i>Tropäolin</i> OOO2 besitzt ein Absorptionsmaximum von ca. 480 nm. Licht dieser Wellenlänge besitzt die Farbe blau/grün. Tropäolin erscheint daher in der Komplementärfarbe gelb/rot bzw. orange.</p>	4	3	
2.2	<p>Der erste Reaktionsabschnitt wird als Diazotierung bezeichnet. Bei der Diazotierung addiert das Nitrosyl-Kation unter Abspaltung von Wasser elektrophil an die NH₂-Gruppe des Sulfanilsäure-Anions; es bildet sich das Diazoniumion.</p> <p>Der zweite Reaktionsabschnitt wird als Azokupplung bezeichnet:</p> <p>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</p>	3	3	2
2.3	<p>Beim Färbeverfahren handelt es sich um eine Direktfärbung. Bei der Färbung von Wolle werden die Farbstoff-Moleküle neben Van-der-Waals Kräften und Wasserstoffbrückenbindungen über starke ionische Wechselwirkungen an die Wollfaser gebunden.</p> <p>Die Bindung zwischen den Baumwollfasern und den Farbstoff-Molekülen erfolgt neben Van-der-Waals-Kräften überwiegend über Wasserstoffbrückenbindungen und Ion-Dipol-Wechselwirkungen. Da die ionischen Wechselwirkungen zwischen den <i>Tropäolin</i> OOO2-Molekülen und den Wollfasern stärker sind als die zwischenmolekularen Kräfte zwischen den Farbstoff-Molekülen und den Baumwollfasern, ist die Färbung auf Wolle waschechter als die Färbung auf Baumwolle.</p>		5	2
2.4	<p>Pro-Argumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Textilien lassen sich mit Azofarbstoffen kostengünstig in allen möglichen attraktiven Farben einfärben. - Die Färbung ist aufgrund der Waschechtheit und Unempfindlichkeit gegenüber UV-Strahlung und chemischen Einflüssen besonders dauerhaft. Die Nutzungsdauer von Textilien wird somit erhöht. <p>Contra-Argumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Azofarbstoffe können sich beispielsweise beim Schwitzen von der Kleidung lösen und über die Haut oder den Verdauungstrakt in den menschlichen Körper gelangen, wo sie zu gesundheitsgefährdenden Aminen umgewandelt werden können. - Azofarbstoffe in der Kleidung können bei direktem Hautkontakt Allergien auslösen. 	2	4	2

	<ul style="list-style-type: none"> - Auf der menschlichen Haut vorhandene Bakterien können die Azofarbstoffe der Kleidung zu krebserzeugenden Aminen abbauen, die über die Haut in den Körper gelangen. - Die chemische Stabilität der Azofarbstoffe verhindert deren effektiven Abbau in Abwässern, so dass sie lange in der Umwelt überdauern und beispielsweise über das Trinkwasser wieder vom Menschen aufgenommen werden können. - Die in die Umwelt abgegebenen Azofarbstoffe rufen infolge ihrer krebserzeugenden Wirkung unabsehbare ökologische Folgen hervor. <p>...oder alternative Argumentation. Eine abschließende Wertung ist erforderlich.</p>			
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		9	15	6

Quellen:

Informationen:

Asselborn, W. et al: Chemie heute, Lehrmaterialien 4, Bildungshaus Schulbuchverlage, 2012

<http://www.bhbrand.de/downloads/2azofarbstoffe.pdf> (letzter Zugriff: Januar 2020)

<https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/echtrot/2717> (letzter Zugriff: Januar 2020)

https://www.ipa-dguv.de/medien/ipa/publikationen/ipa-reporte/09-02-27_bgfa-report2_azofarbstoffe.pdf (letzter Zugriff: Januar 2020)

<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/R159.pdf> (letzter Zugriff: Januar 2020)

https://www.deutschlandfunk.de/problem-geloest.697.de.html?dram:article_id=71814 (letzter Zugriff: Januar 2020)

https://www.researchgate.net/publication/312026866_Behandlung_von_farbstoffhaltigen_Abwassern_der_Textilveredlung (letzter Zugriff: Januar 2020)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Trop%C3%A4olin> (letzter Zugriff: Januar 2020)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1010603006001572> (letzter Zugriff: Januar 2020)

Aufgabe 3

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
3.1	<p>Kristallviolett gehört zur Farbstoffklasse der Triphenylmethanfarbstoffe. Voraussetzung für die Farbigekeit einer Verbindung ist die Absorption von elektromagnetischer Strahlung im sichtbaren Bereich. Dazu ist ein Chromophor mit evtl. auxo- oder antiauxochromen Gruppen erforderlich. Bei einem pH-Wert von 7 erstreckt sich der Chromophor über die drei Phenylringe, die über das zentrale Kohlenstoffatom planar miteinander verbunden sind.</p> <p>Dieses delokalisierte Elektronensystem kann bestimmte Wellenlängen des Lichts absorbieren, die Elektronen werden dabei auf ein höheres Energieniveau gehoben und fallen unter Abgabe von Wärme wieder in den Grundzustand zurück. Die nicht absorbierten Anteile des Lichts werden reflektiert und ergeben die Komplementärfarbe. Kristallviolett absorbiert gelbes Licht einer Wellenlänge von 590 nm maximal. Kristallviolett liegt somit als violetter Farbstoff vor.</p> <p>Bei einem pH-Wert > 13 liegen die drei Phenylringe nicht in einer Ebene mit dem zentralen Kohlenstoffatom. Die Konjugation der Doppelbindungen ist aufgehoben. Die Phenylringe bilden somit drei isolierte, wenig ausgedehnte π-Elektronensysteme. Die Absorption erfolgt daher im Bereich der UV-Strahlung und die Verbindung ist farblos.</p>		8	4
3.2	<p>Monochromatisches Licht trifft auf eine Küvette, die eine Lösung der Testsubstanz enthält. Die Testsubstanz absorbiert einen Teil des eingestrahnten Lichts. Die durchgehende, nicht absorbierte Strahlung wird von einer Fozelle detektiert. Die Absorption hängt ab von der Konzentration der Lösung und der Schichtdicke der Küvette. Durch einen Vergleich der eingestrahnten Lichtintensität und der absorbierten Lichtmenge lässt sich die Konzentration der Lösung bestimmen.</p> <p>Die Momentangeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit einer Reaktion zu einem bestimmten Zeitpunkt. Ihr Wert ist durch die Tangentensteigung ermittelbar.</p> <p>Die Durchschnittsgeschwindigkeit einer Reaktion kann durch die Konzentrations- oder Stoffmengenänderung eines Edukts oder Produkts innerhalb eines Zeitintervalls angegeben werden. Sie entspricht der Sekantensteigung.</p> <p>Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt</p>	8		
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		9	15	6

Quellen

Informationen:

Asselborn, W. et al: Chemie heute, Lehrmaterialien 4, Bildungshaus Schulbuchverlage, 2012

Asselborn, W. et al: Chemie heute, Lehrerband Teil 1; Schroedel-Verlag, 2009

http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/farbstoffe_triphenyl/triphenylmethan.htm#2.3
 Triphenylmethanfarbstoffe (Letzter Zugriff: Januar 2020)

Aufgabe 4

Erwartungshorizont und Bewertung nach Anforderungsbereichen

Erwarteter Inhalt oder Lösungsskizze		Bewertung		
		I	II	III
4.1	Katalysatoren senken die Aktivierungsenergie und erhöhen somit die Reaktionsgeschwindigkeit ohne die Lage des Gleichgewichtes zu beeinflussen. Sie liegen nach einer Reaktion unverändert vor. Anhand des Energie-diagramms in Material 1 kann dies entnommen werden, da der Graph ohne Katalysator eine höhere Aktivierungsenergie für die chemische Reaktion aufweist als der Graph mit Katalysator, womit diese Reaktion viel schneller verlaufen kann als die ohne Katalysator.	4	3	
4.2	Abbildung aus urheberrechtlichen Gründen entfernt Allen Enzymen gemeinsam ist das Vorhandensein einer katalytisch wirksamen Struktur, dem aktiven Zentrum. Das ist die Stelle, an der die Ausgangsstoffe, die Substrate, binden. Hierbei entsteht ein Enzym-Substrat-Komplex. Das aktive Zentrum des Enzyms ist so gebaut, dass die Substrate exakt hineinpassen, so wie ein Schlüssel in ein Schloss, was auch als Schlüssel-Schloss-Prinzip bezeichnet wird. Diese Eigenschaft der Enzyme wird als Substratspezifität bezeichnet, da falsche Substrate nicht an das aktive Zentrum binden können. Abschließend gehen das ursprüngliche Enzym sowie die neugebildeten Produkte aus der Reaktion hervor.	3	3	1
4.3	Die Reaktionsgeschwindigkeits-Temperatur-Regel besagt, dass eine Temperaturerhöhung von 10 °C eine Verdopplung bis Vervierfachung der Reaktionsgeschwindigkeit bewirkt, so dass bei Protease die Enzymaktivität im Temperaturbereich von 40 bis 50°C von ca. 30 % auf ca. 60 % ansteigt. Ab einer bestimmten Temperatur (60°C) nimmt die Aktivität der Protease ab, da das Enzym denaturiert. Die Lipase beginnt ab 37°C zu denaturieren.	2	5	1
4.4	Einerseits führt der Einsatz von Enzymen, z.B. von Lipase, zu Sensibilisierungen und Allergien. Dies liegt daran, dass die Lipase gleichermaßen den Abbau von Fetten, sowohl aus fettigen Essensresten als auch von Hautfetten katalysiert. Zudem erreicht die Lipase bei 37°C, also der menschlichen Körpertemperatur, ihr Temperaturoptimum, was den Abbau von Hautfetten zusätzlich noch fördert. Andererseits werden Enzyme aus gentechnisch manipulierten Organismen gewonnen, um eine bessere Hitze-stabilität zu erhalten, was die Waschwirkung von Lipase sicherlich verstärken würde. Allerdings hat das wiederum unvorhersehbare Folgen, da diese Enzyme über das Abwasser in die Umwelt entlassen werden. <i>Weitere Argumente sind möglich und eine eigene abschließende Wertung muss getroffen werden!</i>		4	4
Verteilung der insgesamt 30 Bewertungseinheiten auf die Anforderungsbereiche		9	15	6

Quellen/Informationen:

Arnold, K. / Dietrich, V. / Eberle, A. et al.: Chemie Oberstufe Gesamtband, Cornelsen Verlag 2010
<https://www.sonett.eu/kachestvo/weitere-informationen/enzyme/?L=5%27> (Letzter Zugriff: Dezember 2019)
<http://www.cebechem.de/enzyme---grundwissen.html> (Letzter Zugriff: Dezember 2019)