|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Zentralabitur 2024** | **Chemie mit Experiment** | **Material für Prüflinge** |
| **Aufgabe I** | **eA** | **Prüfungszeit\*: 300 min** |

\*einschließlich Auswahlzeit.

**Name:** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Klasse:** \_\_\_\_\_\_\_\_

#### Hilfsmittel

1. Taschenrechner

2. Eine von der Schule eingeführte für das Abitur zugelassene Formelsammlung

3. Ggf. die Abbildung oder der Abdruck des Periodensystems

Inhaltsverzeichnis

[Aufgabenstellung 4](#_Toc162277894)

[Rund um den Gartenteich (100 BE) 4](#_Toc162277895)

[Material 7](#_Toc162277896)

[M1a: Säurekapazität 7](#_Toc162277897)

[M1b: Zusammenhang von Säurekapazität und Karbonathärte 9](#_Toc162277898)

[M2: Schülerexperiment – Bestimmung der „Säurekapazität bis 10](#_Toc162277899)

[M3a: Bestimmung der Konzentration an Eisen(II)-Ionen durch Manganometrie 12](#_Toc162277900)

[M3b: Optimale Massenkonzentration an Eisen(II)-Ionen im Gartenteichwasser 15](#_Toc162277901)

[M4: Entfernung von Eisen(II)-Ionen aus dem Gartenteichwasser 16](#_Toc162277902)

[M5: Gewinnung von Ethen und Propen als Ausgangstoffe für Teichfolien 17](#_Toc162277903)

[M6: Herstellung von EPDM-Kautschuk für Teichfolien 19](#_Toc162277904)

[M7: Teichfolien aus EPDM-Kautschuk und Weich-PVC 22](#_Toc162277905)

[M8: Der Weichmacher Diisononylphthalat (DINP) in Weich-PVC 26](#_Toc162277906)

# Aufgabenstellung

## Rund um den Gartenteich (100 BE)

#### Hinweis:

Die Teilaufgabe 1.1. (**M2**) enthält einen Versuch. Sollten Ihnen Ihre Ergebnisse in Teilen unbrauchbar erscheinen, können Sie diese bei der Aufsicht führenden Lehrkraft anfordern. Damit erhielten Sie für die entsprechenden Aufgabenteile keine Bewertungseinheiten:  
**Planung mit Protokoll der Versuchsdurchführung 10 BE; Versuchsdurchführung mit Protokoll der Beobachtungen 10 BE.**

#### 1. Wasserqualität im Gartenteich

1.1 Planen Sie, ausgehend von den Ihnen vorliegenden Chemikalien und Geräten, ein Experiment zur Bestimmung der „Säurekapazität bis *pH 4,3“* der Wasserprobe und führen Sie das Experiment durch  
(**M1a, M2**). Protokollieren Sie Ihre Versuchsdurchführung und Ihre Beobachtungen. **[20 BE]**

1.2 Deuten Sie die Beobachtungen Ihres Experiments,  
auch unter Angabe einer Reaktionsgleichung.

Berechnen Sie die „Säurekapazität bis und  
die Karbonathärte der untersuchten Wasserprobe  
(**M1a, M1b, M2**). **[16 BE]**

1.3 Stellen Sie für die manganometrische Konzentrationsbestimmung von Eisen(II)-Ionen die  
Teilgleichungen und die Gesamtreaktions-gleichung  
unter Angabe relevanter Oxidationszahlen auf (**M3a**). Überprüfen Sie rechnerisch, ob die Massenkonzentration an Eisen(II)-Ionen in der untersuchten Wasserprobe den Empfehlungen entspricht (**M3a, M3b**). **[14 BE]**

1.4 Erläutern Sie die vorgestellte Maßnahme zur Entfernung von Eisen(II)-Ionen aus dem Gartenteichwasser unter Verwendung von Fachbegriffen (**M4**). **[10 BE]**

#### 2. Teichfolie

2.1 Stellen Sie die Gewinnung von Ethen und Propen  
aus Rohöl in einem Flussdiagramm dar (**M5**). **[10 BE]**

2.2 Stellen Sie den Reaktionsmechanismus einer radikalischen Polymerisation zur Synthese eines EPDM-Moleküls aus den Molekülen seiner Ausgangsstoffe in Strukturformeln dar (**M6**). Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie der bei der Synthese eingesetzte Massenanteil des Diens die Festigkeit und die Elastizität des EPDM-Kautschuks beeinflusst (**M6**). **[14 BE]**

2.3 Beurteilen Sie die beiden Teichfolien aus **M7** hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bei Anschaffung und Gebrauch sowie nach ökologischen Faktoren (**M6, M7, M8**). **[16 BE]**

# Material

## M1a: Säurekapazität

Die Qualität des Wassers in einem Gartenteich muss regelmäßig kontrolliert werden, damit Pflanzen und Fische optimale Lebensbedingungen vorfinden. Zu den wichtigen sogenannten Wasserwerten gehören der -Wert, die Säurekapazität, der Sauerstoffgehalt und die Konzentration  
an gelösten Ionen wie Eisen(II)-, Nitrit-, Nitrat- und Ammonium-Ionen.

Die Säurekapazität (SK) – auch Säurebindungsvermögen genannt – einer Wasserprobe ist definiert als Quotient aus  
der Stoffmenge an Hydronium-/Oxonium-Ionen, die eine Wasserprobe bis zum Erreichen bestimmter -Werte zusätzlich aufnehmen kann, und dem Volumen dieser Wasserprobe:

Bei der Gewässeruntersuchung ist die „Säurekapazität bis von Bedeutung. Sie gibt an, welche Stoffmenge an Salzsäure zu einem Liter Wasser gegeben werden kann,  
bis der -Wert von erreicht ist. Die „Säurekapazität bis wird maßgeblich von der Stoffmengenkonzentration  
an Hydrogencarbonat-Ionen bestimmt und vereinfacht mit ihr gleichgesetzt. Bei einem -Wert von sind praktisch alle Hydrogencarbonat-Ionen vollständig umgesetzt.

## M1b: Zusammenhang von Säurekapazität und Karbonathärte

Die Säurekapazität sagt nicht nur etwas über das Puffervermögen des Wassers aus, sondern auch über seine sogenannte Karbonathärte (KH). Die Karbonathärte entspricht der Stoffmengen-konzentration der im Wasser in Form von Hydrogencarbonaten gelösten Erdalkalimetall-Ionen. Vereinfacht soll nur die Reaktion der Calcium-Ionen betrachtet werden:

#### verändert nach:

E. Hitzel, Bausteine praktischer Analytik, Hamburg:  
Verlag Handwerk und Technik, 2010, S. 138-140;

https://www.gartenteich-ratgeber.com/pflege/chem/optimale-wasserwerte-im-teich/; https://www.blauteich.de/wie-hoch-muss-der-ph-wert-im-teich-sein; letzter Zugriff: 29.07.2023

## M2: Schülerexperiment – Bestimmung der „Säurekapazität bis

**Achten Sie auf die allgemeinen Sicherheitsregeln und tragen Sie beim Experimentieren durchgängig eine Schutzbrille.**

#### Materialien:

Bechergläser oder Erlenmeyerkolben, Bürette mit Trichter  
und Stativmaterial oder Kunststoffspritze, Vollpipette mit Pipettierhilfe oder Messzylinder oder Kunststoffspritze; ggf. Magnetrührer mit Rührmagnet oder Glasstab; ggf. alternativ andere bereitgestellte, aus dem Unterricht bekannte Materialien.

#### Chemikalien:

Wasserprobe, Salzsäure   
Methylorange-Lösung

#### Hinweise:

Gehen Sie bei der Methylorange-Lösung davon aus, dass  
der erste klar erkennbare Farbumschlag bei einem *pH*-Wert  
von *4,3* erfolgt.

Setzen Sie für Ihre Untersuchung ein Volumen von   
der Wasserprobe ein.

Achten Sie auf eine Absicherung Ihrer Beobachtungen.

#### Entsorgung:

Behälter für saure und alkalische Lösungen

## M3a: Bestimmung der Konzentration an Eisen(II)-Ionen durch Manganometrie

Bei der Manganometrie handelt es sich um eine Redoxtitration, die ein Verfahren bei der Analyse der Wasserqualität darstellt. Im sauren Milieu dienen Permanganat-Ionen als Oxidationsmittel, wobei als entscheidendes Produkt Mangan(II)-Ionen entstehen. Lösungen, die Permanganat-Ionen enthalten, sind violett gefärbt, während Lösungen, die Mangan(II)-Ionen enthalten, praktisch farblos sind. Den Endpunkt der Titration erkennt man an einer bleibenden Violettfärbung der Probelösung.

**Untersuchung einer Wasserprobe durch Manganometrie:**

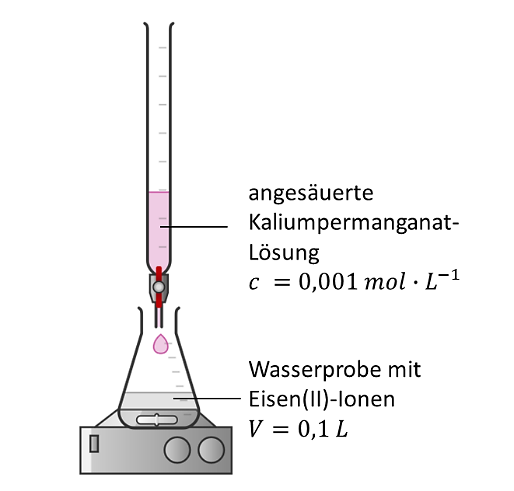
Eine Wasserprobe, die nur noch Eisen(II)-Ionen als oxidierbare Substanz enthält, wurde gemäß der nebenstehenden Abbildung manganometrisch titriert. Bis zum Farbumschlag der vorgelegten Lösung nach violett werden der angesäuerten Kaliumpermanganat-Lösung verbraucht.

#### Hinweis:

Die Abbildung folgt auf der nächsten Seite.

#### Bildbeschreibung:

Die Abbildung zeigt ein mit angesäuerten Kaliumpermanganat-Lösung () gefülltem Reagenzglas, das tröpfchenweise Probenmaterial in eine Wasserprobe mit Eisen(II)-Ionen () abgibt.



angesäuerte Kaliumpermanganat-Lösung

Wasserprobe mit  
Eisen(II)-Ionen

## M3b: Optimale Massenkonzentration an Eisen(II)-Ionen im Gartenteichwasser

Um gutes Pflanzenwachstum zu fördern, aber Lebewesen  
nicht zu schädigen, sollte im Gartenteichwasser die Massenkonzentration an Eisen(II)-Ionen zwischen  
 und liegen.

#### verändert nach:

https://www.braunes-wasser.de/eisenhaltiges-brunnenwasser-im-teich; letzter Zugriff: 29.07.2023

## M4: Entfernung von Eisen(II)-Ionen aus dem Gartenteichwasser

Gartenteichwasser hat idealerweise einen -Wert von leicht über 7. Eine Methode, um überschüssige gelöste Eisen(II)-Ionen aus dem Gartenteichwasser zu entfernen, ist die Anhebung des Sauerstoffgehaltes im Wasser durch Zuführung von Luftsauerstoff. Durch die Anreicherung des Wassers mit Sauerstoff erhöht sich das Redoxpotential des folgenden Redoxsystems:

Die im Wasser gelösten Eisen(II)-Ionen werden in schwer lösliches Eisen(III)-hydroxid überführt, das durch Filtration  
aus dem Wasser entfernt werden kann.

#### verändert nach:

https://www.lenntech.de/prozesse/eisen-mangan/eisen/physchem-eisenentfernung.htm;  
letzter Zugriff: 29.07.2023

## M5: Gewinnung von Ethen und Propen als Ausgangstoffe für Teichfolien

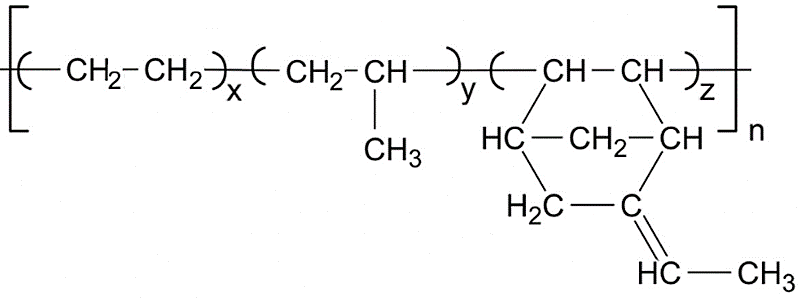
Ausgangssubstanz der Gewinnung von Ethen und Propen  
ist Naphtha (Rohbenzin). Dieses wird durch fraktionierte Destillation aus Rohöl gewonnen und anschließend weiterverarbeitet. Für die Gewinnung der Alkene wird Naphtha mit Wasserdampf bei hohen Temperaturen verdampft und in die Röhren eines Spaltofens gebracht. Die Röhren aus einer auch als Katalysator fungierenden Chrom-Nickel-Legierung werden aufgeheizt. An der heißesten Stelle (ca. ) erfolgt das Steamcracken der Kohlenwasserstoffverbindungen. Die Spaltprodukte treten mit ca.  aus dem Spaltofen aus  
und müssen zur Vermeidung von Folgereaktionen schnell auf ca.  heruntergekühlt werden. Dieser Vorgang wird als Quenching bezeichnet. Danach werden die Gasphase und  
das Kondensat getrennt sowie das Rohgas durch alkalische Wäsche mit zehnprozentiger Natronlauge von Schwefelwasserstoff und Kohlenstoffdioxid gereinigt. Im nächsten Schritt wird das Gasgemisch getrocknet. Das getrocknete Rohgas wird anschließend in mehreren Stufen abgekühlt, bevor es in einem System mit Kolonnen einer fraktionierten Destillation unterworfen wird. Man erhält Ethen und Propen in separaten Fraktionen.

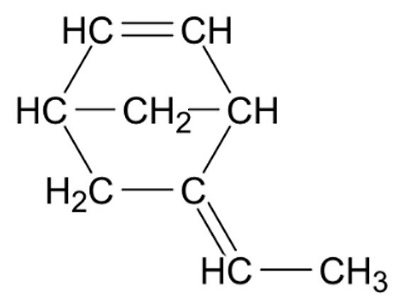
#### verändert nach:

H.-J. Arpe, Industrielle Organische Chemie, 6. Aufl., Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2007, S. 68-71

## M6: Herstellung von EPDM-Kautschuk für Teichfolien

Strukturformelausschnitt eines EPDM-Moleküls





Dien-Molekül

#### Bildbeschreibung:

Der Strukturformelausschnitt eines EPDM-Moleküls und das eines Dien-Moleküls.

EPDM-Kautschuke (**E**then-**P**ropen-**D**ien-**M**onomer-Kautschuke) erhält man durch Polymerisation und zusätzliche Vulkanisation, wobei alle für die Polymerisation und die Vulkanisation eingesetzten Stoffe in einem geeigneten Lösemittel zur Reaktion gebracht werden.

Ausgangsstoffe für die Polymerisation sind Ethen, Propen und ein Dien, dessen Molekül zwei Doppelbindungen unterschiedlicher Reaktivität aufweisen muss. Zwischen diesen beiden Doppelbindungen muss mehr als eine Einfachbindung liegen und nur eine der beiden Doppelbindungen darf an der Kettenpolymerisation beteiligt sein.

Die für die Polymerisation nicht beanspruchte Doppelbindung ist für gezielte Quervernetzungen zwischen EPDM-Molekülen verfügbar. Diese Quervernetzungen werden bei der Vulkanisation durch Schwefel- oder Peroxidvernetzung ausgebildet. Der für die Synthese von EPDM-Kautschuken eingesetzte Massenanteil des Diens liegt zwischen *2 %*  
und *12 %.*

In der chemischen Industrie erfolgt die Polymerisation nicht radikalisch, sondern über besondere Verfahren, mit denen man u. a. die Abfolge der einzelnen Monomer-Einheiten im EPDM-Molekül steuern kann.

#### verändert nach:

F. Röthemeyer, F. Sommer, Kautschuktechnologie, 3. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2013, S. 135 – 142

## M7: Teichfolien aus EPDM-Kautschuk und Weich-PVC



#### Bildbeschreibung:

Die Teichfolie ist in eine Vertiefung verlegt und wird mit Wasser bedeckt.

Die Teichfolie sorgt dafür, dass das Wasser im Teich bleibt  
und nicht im Boden versickert. Eine Teichfolie muss reißfest, dehnbar und frostsicher sein. Sie sollte problemlos und ganzjährig im Garten verlegt werden können sowie bei der Formgebung des Teiches, der Gestaltung des Uferbereichs  
und der Wahl der Lage des Teichs innerhalb des Gartens keine Wünsche offenlassen. Außerdem muss die Folie Wurzeln und Pflanzen sicher zurückhalten. Sie sollte langlebig und im Falle einer Beschädigung oder eines Risses reparierbar sein. Nicht zuletzt muss sichergestellt sein, dass die Folie keine Inhaltsstoffe freisetzen kann, die für Lebewesen giftig sind oder die besonders empfindliche Fische, wie z. B. Koi-Karpfen beeinträchtigen.

Zu den beiden gängigsten Materialien für Teichfolien gehören EPDM-Kautschuk und Weich-PVC. Teichfolien aus EPDM-Kautschuk mit einer Dicke von kosten im Schnitt . EPDM-Kautschuk ist elastisch und reißfest sowie unempfindlich gegen UV-Strahlung. Er ist frostsicher und hitzebeständig und bei Temperaturen bis geschmeidig. EPDM-Kautschuk setzt während der Nutzung keine flüchtigen Stoffe an die Umgebung frei und verändert seine Eigenschaften über viele Jahre nicht. Eine Teichfolie aus EPDM-Kautschuk kann bis zu 40 Jahre im Teich genutzt werden. Die Reparatur von Löchern und Rissen gelingt in der Regel durch Vulkanisation durch eine Fachkraft. Die Teichfolie aus EPDM-Kautschuk wird nach Ende der Nutzung überwiegend thermisch verwertet. Durch neue, recht aufwändige Devulkanisierungsverfahren gewinnt das Recycling aber zunehmend an Bedeutung.

Teichfolien aus Weich-PVC mit einer Dicke von   
kosten im Schnitt . Weich-PVC ist reißfest.  
Es ist frostsicher, hitzebeständig und bei Temperaturen bis geschmeidig. Weich-PVC enthält Weichmacher wie  
z. B. Diisononylphthalat (DINP) und hat eine hohe Dehnbarkeit, wobei sich seine Elastizität langsam mit der Zeit verringert. Sehr geringe Mengen an Weichmachern können über die Zeit als flüchtige Dämpfe austreten. Weich-PVC reagiert empfindlich auf direkte UV-Strahlung, die auch ein Ausdampfen der Weichmacher beschleunigt. Teichfolie aus Weich-PVC kann etwa 20 Jahre im Teich genutzt werden. Die Folie kann verschweißt, mit Heißluft ausgebessert oder mit PVC-Kleber verklebt werden. Für die Entsorgung von PVC existiert ein Rücknahmesystem aufgrund einer Selbstverpflichtung der Kunststoffindustrie. Es überwiegt inzwischen das werkstoffliche Recycling, bei dem das Weich-PVC in einem recht aufwändigen Verfahren von dem Weichmacher gereinigt, recycelt und wieder dem Werkstoffkreislauf zugeführt wird.

#### verändert nach:

https://www.teichbedarf24.de/Teichfolie-EPDM/EPDM-oder-PVC-Info-Muster:::267\_129.html?utm\_source=Adwords&utm\_medium={}&utm\_campaign={19776873998}&utm\_term={148165680433}&utm\_content{}&gclid=EAIaIQobChMIqZXSvr\_w\_wIV0-x3Ch0lbQAfEAAYASAAEgIqZPD\_BwE; https://www.muster-folien.de/pvc-und-epdm-teichfolie-im-vergleich/

Bildquelle: https://www.gartenteich-ratgeber.com/teichbau/; letzter Zugriff: 29.07.2023

## M8: Der Weichmacher Diisononylphthalat (DINP) in Weich-PVC

DINP verändert die Eigenschaften von PVC, indem seine Moleküle sich zwischen den langen PVC-Molekülketten einlagern. Der Abstand der Molekülketten vergrößert sich  
durch diese Einlagerung und die PVC-Ketten werden gegeneinander beweglich.

Es gibt bisher keine Hinweise auf Gefährdungen durch DINP beim Menschen. In der Umwelt wird es schnell abgebaut, besitzt aber bei Aufnahme in den Organismus ein relativ hohes Vermögen, sich in diesem anzureichern. Im Tierversuch ist DINP bei einer wiederholten täglichen Exposition toxisch.

#### verändert nach:

https://www.umweltprobenbank.de/de/documents/profiles/analytes/11055; letzter Zugriff: 29.07.2023

#### Gesamtergebnis

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Aufgabe** | **Mögliche Punkte** | **Erreichte Punkte** |
| **1.1** | **20 BE** |  |
| **1.2** | **16 BE** |  |
| **1.3** | **14 BE** |  |
| **1.4** | **10 BE** |  |
| **2.1** | **10 BE** |  |
| **2.2** | **14 BE** |  |
| **2.3** | **16 BE** |  |