



## Wasser- ohne dich läuft nichts!



### Lernmodul CTA/Chemielaborant/ Chemietechnik Lernmodul Hinweise für Lehrende

Das Projekt GESA wird im Rahmen des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung befördern. Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf – BBNE“ durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie den Europäischen Sozialfonds gefördert.

# 1 Grundsätzliches und Aufbau des Lernmoduls

Die Lernmodule orientieren sich an real durchgeführten Sanierungsarbeiten in einem denkmalgeschützten Bauwerk, das im Gründerzeitalter um 1900 in Hamburg im Wald des Niendorfer Geheges erbaut wurde. Seit 2017 wird das Gebäude der "Villa Mutzenbecher" durch einen öffentlich gemeinnützigen Träger restauriert. Jugendliche und Erwachsene aus unterschiedlichen Bildungsgängen können außerhalb des Lernorts Schule ihre berufliche Handlungskompetenz hinsichtlich denkmalgerechter Sanierungspraxis erweitern. Im Zuge des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung – Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf (BBNE)“ liegt ein weiterer Schwerpunkt in der Förderung von nachhaltigkeitsbezogenen Kompetenzen.

Im Sinne der Agenda 2030 sollen Fachkräfte in der Lage sein, ihr berufliches Handeln unter Beachtung ökologischer, sozialer und ökonomischer Wirkungen zu beurteilen. Besonders die Baubranche kann durch energieeffiziente Gebäude wesentlich zur Emissionsminderung und damit zum Klimaschutz beitragen. Sobald Gebäude – insbesondere im Bestand – energetisch saniert werden, ist Gewerke übergreifende Kooperation gefragt. Erst im Dialog aller beteiligten Gewerke sowie mit Planer\*innen und Architekt\*innen lassen sich die Schnittstellen der Berufe organisieren und Arbeitsprozesse so koordinieren, dass ein Gebäude als ganzheitliches System realisiert werden kann. Die Beteiligten qualifizieren sich, indem sie ihr berufliches Fachwissen um Kenntnisse zu neuen Produkten und Arbeitsweisen erweitern.

## Alle Module berücksichtigen deshalb die vier Bezugspunkte (s. Abbildung 1):

1. Anforderungen des Denkmalschutzes im historischen Kontext
2. Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE)
3. Gewerke übergreifendes Lernen
4. Inhalte der Ordnungsmittelvorgaben der betreffenden Ausbildungsberufe

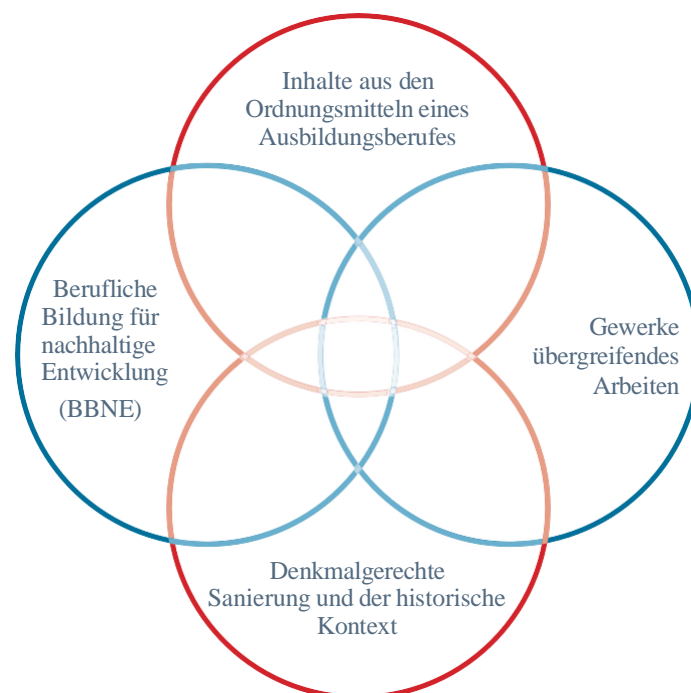
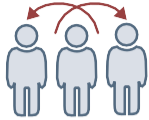








Abbildung 1: Didaktische Bezugspunkte für die Lernmodule

Die insgesamt 15 Lernmodule teilen sich in Querschnitts- und Fachmodule auf. In den Querschnittsmodulen werden grundlegende Inhalte des Denkmalschutzes, der Beruflichen Bildung für nachhaltige Entwicklung und des Gewerke übergreifenden Arbeitens thematisiert. Ausgangspunkt der Fachmodule sind konkrete Sanierungsarbeiten in der Villa. Die berufsfachlichen Anforderungen, die sich aus den jeweiligen Ordnungsmitteln der Ausbildungsberufe ergeben, werden darin mit den Querschnittsinhalten verknüpft. Dabei werden auch die Schnittstellen der vor- und nachgelagerten Gewerke beachtet.

Sämtliche Lernmodule wurden zunächst als haptische, erfahrungsorientierte und authentische Lernangebote konzipiert. Die Arbeitsmaterialien bestehen aus Selbstlernphasen als auch aus Phasen, die von Lehrenden anzuleiten sind. Ein Modul dauert mindestens zehn Zeitstunden. Module, die in der Villa Mutzenbecher umgesetzt werden, lassen sich direkt mit dem realen Gegenstand verbinden. Alle Materialien sind auch als OER veröffentlicht, wodurch sie sich auch außerhalb durchführen lassen.

Die Lernmaterialien sind am Seitenrand mit kurzen schriftlichen Hinweisen und Icons ausgestattet.

<b>Icons zur schnelleren Orientie-</b>		<b>Gewerke übergreifendes Arbeiten</b>	
<b>Szenario/ Kundenauftrag</b>		<b>Material</b>	
<b>Informationen</b>		<b>Aufgaben</b>	
<b>Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung</b>		<b>Denkmalschutz</b>	

## 2 Kurzübersicht über das Modul CTA / Chemielaborant/Chemietechnik

Zuordnung zu Ordnungsmitteln	<p><b>Ausbildungsrahmenplan:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Probenahme und Probenvorbereitung (§ 4 Absatz 2 Abschnitt A Nummer 6.1).</li> <li>→ Verfahren zur Probenahme und zur Probenvorbereitung für die Gehalts- und Qualitätskontrolle unterscheiden.</li> <li>→ Proben nehmen</li> </ul> <p><b>Rahmenlehrplan:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ „Trennen von Stoffsystemen - Energieeinsatz, Wasserverbrauch,enthärtetes, entsalztes, destilliertes Wasser“ (Lernfeld 2)</li> <li>→ „Trennen von Stoffsystemen-Belastung von Luft und Wasser“ (Lernfeld 2)</li> <li>→ „Volumetrische und gravimetrische Analysen durchführen - Probenahme, -vorbereitung, Probenaufschluss“ (Lernfeld 7)</li> <li>→ „Umweltbezogene Arbeitstechniken anwenden - Probenahmeverfahren in der Luft-, Wasser- und Bodenanalytik“ (Lernfeld 16)</li> <li>→ „Umweltbezogene Arbeitstechniken anwenden - Verfahren zur Reinhaltung von Luft und Wasser“ (Lernfeld 16)</li> </ul>
Thema	Wasser- ohne dich läuft nichts!
Querschnittmodul oder Fachmodul	Fachmodul
Zielgruppe	Auszubildende der Bereiche Chemisch-Technische-Assistent*innen/ Chemielaborant*innen
Zeitraumen	~ 20 Stunden
übergeordnete Kompetenzförderung	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Die Lernenden erweitern ihre berufliche Handlungskompetenz, indem sie begründet und kriteriengeleitet darstellen, wie die Planung einer fachgerechten Probenentnahme einer Wasserprobe durchzuführen ist.</li> <li>→ Die Lernenden erweitern ihre Beurteilungskriterien, um im Anschluss Arbeitsprozesse eigenständig gestalten zu können.</li> <li>→ Die Lernenden stärken ihre Selbstkompetenz im Bereich der Planung und Organisation</li> <li>→ Die Lernenden erweitern ihre Reflexionsfähigkeit, indem sie ihre eigenen Handlungsprodukte und die der gesamten Lerngruppe kritisch betrachten und angemessen würdigen.</li> </ul>
Kurzbeschreibung	Die Lernenden beschäftigen sich mit den Eigenschaften und dem Aufbau von Wasser. Am Beispiel des Lernortes der Villa Mutzenbecher. Den Lernenden wird ein Überblick über die Wasserversorgung in Bauwerken verschafft. Darüber hinaus setzen sie sich mit der eigenständigen Planung sowie der praktischen Umsetzung der Probenentnahme mit anschließender Analyse der Wasserproben auseinander. Nachhaltige Aspekte (sustainable development) sowie Schnittstellen Gewerke übergreifender Tätigkeiten sollen dabei berücksichtigt werden.
Inhalt und Aufgabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Was ist Wasser?</li> <li>→ Kriterien zur korrekten Probenentnahme.</li> <li>→ Ablaufplan: Von der Probe zum Ergebnis.</li> <li>→ Probenentnahme, Analyse, Protokollierung.</li> </ul>
Material	Smartphone, Laptops und Internetzugang Tafel Laborausrüstung

### 3 Einleitung in das Lernmodul

Die Villa Mutzenbecher wurde 2007 unter Denkmalschutz gestellt. Vor diesem Hintergrund ergeben sich für alle Sanierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen neue Herausforderungen.

Bauwerke, wie die Villa Mutzenbecher, zeichnen sich durch massive Mauerwerke, Holzbalkendecken, Einzelofenheizungen, reichhaltige Ausstattung (z.B. Stuck) und große Räumlichkeiten aus. Teilweise haben bereits Modernisierungsarbeiten stattgefunden, wodurch die Gebäude eigene Bäder und WCs erhalten haben. Die Sanierungsmaßnahmen müssen dabei mehrere teilweise widersprüchliche Ziele in Einklang bringen.

- ▶ Erhalt stadtbildprägender Stilmerkmale aus der Gründerzeit (Veranda, Hauseingänge etc.)
- ▶ Schutz wesentlicher bau- oder kunstgeschichtlicher Bauteile (z.B. Mauern, Fenster etc.)
- ▶ Modernisierung der Gebäudeausstattung gemäß des aktuellen Ausstattungsstandards
- ▶ Verantwortungsvoller sowie nachhaltiger Umgang mit natürlichen Ressourcen, (z.B. Heizenergie)
- ▶ zeitgemäßer Brandschutz
- ▶ Einhaltung aktuell gültiger Schutzmaßnahmen, um Leben und Gesundheit der Bewohner zu gewährleisten

Um nach der Sanierung der Villa eine angemessene Wasserversorgung gewährleisten zu können, müssen genaueste Richtlinien eingehalten werden. Das Thema der Wasserversorgung stellt das Grundbedürfnis aller Lebewesen dar und ist zusätzlich wichtiger Bestandteil der beruflichen Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Ressourcenschonung dieses wertvollen Gutes, sowie die nachhaltige Förderung von Grundwasser sind essenziell und umfassend. Alternative Formen der Wasserversorgung müssen weiter betrachtet werden

Fachgerechte Analyseverfahren geben Aufschluss über mögliche Verunreinigungen des Wassers. Dies ist unverzichtbar, um angemessene Schutzmaßnahmen einzuhalten. Wird Grundwasser z.B. aus einem angeschlossenen Brunnen bezogen, muss eine Prüfung auf Schadstoffe erfolgen. Hierbei spielt die korrekte Entnahme der Proben eine entscheidende Rolle. Das Wasser kann so anschließend auf Schadstoffe wie z.B. Schwermetalle oder Keimbelastung untersucht werden. Ebenfalls kann die Wasserhärte bestimmt werden. Diese Ergebnisse liefern entscheidende Hinweise wie das Wasser weiter genutzt werden kann.

Das Lernmodul „Wasser - ohne dich läuft nichts!“ beschäftigt sich mit den Grundsätzlichen Eigenschaften von Wasser, sowie dessen Aufbau auf molekularer Ebene. Ziel ist es, dass die Lernenden diese Eigenschaften benennen können und Grundlagen der Chemie am Beispiel des Wassermoleküls erfassen und Anwenden. Die Lernenden sollen anhand selbstständig erarbeiteter Kriterien Proben im außerschulischen Lernort korrekt entnehmen und anschließend im Schullabor analysieren. Die Lernenden sollen selbstständig eine Ablaufplanung von Entnahme bis Analyse erstellen, durchführen und formal protokollieren.

## 4 Rahmenbedingungen

### Zielgruppe

Das Lernmodul „Wasser - ohne dich läuft nichts!“ wurde für Auszubildende zum/zur „Chemielaborant/Chemielaborantin“ konzipiert. Die Auszubildenden benötigen für das erfolgreiche Abschließen des Lernmoduls grundlegende Kenntnisse z.B. über Molekülaufbau und Arten von Wechselwirkungen, Methodenkenntnisse über Titration sowie Sicherheitsbestimmungen im Labor und im Umgang mit Gefahrstoffen. Diese Inhalte können aber auch im Modul selbst zum Lerngegenstand werden. Konsequenterweise verlängert sich dadurch die zeitliche Durchführung.

### Organisatorisches

Das vorliegende Lernmodul lässt sich auf zweierlei Weise durchführen. Zum einen kann es in der Villa Mutzenbecher stattfinden. Dort ist das Angebot haptisch, erfahrungsorientiert und authentisch angelegt und die benötigten Materialien (Anschauungsobjekte, Beamer, Arbeitsblätter, Flipcharts etc.) vorhanden. Zum zweiten kann das Modul an jeder beliebigen Bildungsstätte durchgeführt werden, sofern für die Auszubildenden ein PC mit Internetzugang und Arbeitsmaterialien für die Gruppenarbeit vorhanden sind. Auf der Homepage: <https://bbne-mutzenbecher.blogs.uni-hamburg.de/> finden sich sämtliche Unterlagen sowie ein 3D-Rundgang durch die Villa: [https://bbne-mutzenbecher.blogs.uni-hamburg.de/?page\\_id=1763](https://bbne-mutzenbecher.blogs.uni-hamburg.de/?page_id=1763).

### Ordnungsmittelbezug

Die Inhalte des Lernmoduls lassen sich dem Berufsbildungsplan der Berufsfachschule zur/zum Chemielaborantin/Chemielaboranten der Kultusminister Konferenz von 2019 entnehmen.

In Bezug auf den Rahmenlehrplan nimmt das Modul konkret Bezug auf „Volumetrische und gravimetrische Analysen durchführen - Probenahme, -vorbereitung, Probenaufschluss“ (Lernfeld 7), „Umweltbezogene Arbeitstechniken anwenden - Probenahmeverfahren in der Luft-, Wasser- und Bodenanalytik“ (Lernfeld 16)







## 5 Sachdarstellung und didaktische Analyse

Die Villa Mutzenbecher ist 2007 unter Denkmalschutz gestellt worden und grundsätzlich ist zu erwähnen, dass der Prozess einer denkmalgerechten Sanierung ein sehr sensibles Thema ist. Die Versorgung mit Wasser spielt eine entscheidende Rolle. Eine autarke Grundwasserversorgung über den vorhandenen Brunnen wäre eine denkbare Möglichkeit. Hierfür müssen jedoch neben baulichen Aspekten auch die Wasserqualität bedacht werden. Mögliche Verunreinigungen könnten große gesundheitliche Probleme verursachen. Die Trinkwasserverordnung fasst in Deutschland alles rund ums „Trinkwasser“ zusammen. Dass vom Trinkwasser keine Krankheiten ausgehen dürfen ist im Infektionsschutzgesetz verankert. Das zuständige Gesundheitsamt ist Ansprechpartner, wenn es um Fragen rund um die Trinkwasserqualität und -versorgung geht. Nach § 18 und § 19 der Trinkwasserverordnung ist es zur Überwachung aller Wasserversorgungsanlagen, also auch Hausbrunnen, verpflichtet. Bei Inbetriebnahme eines Hausbrunnens muss eine Erstuntersuchung erfolgen. Welche Parameter bestimmt werden müssen legt das Gesundheitsamt individuell fest, da geologische Gegebenheiten, sowie die Umgebung eine entscheidende Rolle spielen. Bei laufendem Betrieb müssen regelmäßige Nachkontrollen erfolgen, um die Trinkwasserqualität weiter gewährleisten zu können. Die Entnahme der Proben muss nach § 15 der Trinkwasserverordnung von einer dafür gelisteten Untersuchungsstelle erfolgen. Hierbei handelt es sich um Stellen mit qualifiziertem Personal deren Methoden einer besonderen Qualitätssicherung unterliegen (Umweltbundesamt, 2013).

Diese Qualifizierung erlernen Chemielaborantinnen und Chemielaboranten teilweise während ihrer Ausbildung. Die korrekte Entnahme von Proben ist eine Kompetenz, welche während der Ausbildung erlernt wird. Bei der Probeentnahme ist darauf zu achten, dass die Gefäße und alle Geräte sauber sind, um die Probe nicht zu verunreinigen. Die Probe darf zu keiner Zeit in Kontakt mit Kontaminationen kommen, da dies Ergebnisse verfälscht. Proben müssen angepasst an die entsprechende Methode in entsprechender Menge vorhanden sein. Auch müssen die Konzentrationen der zu messenden Parameter im entsprechenden Nachweisbereich der Methode liegen.

Die Teilnehmenden sollen mit diesem Lernmodul sowohl die Planung als auch die praktische Umsetzung, von der Probenentnahme über die Aufarbeitung, bis hin zur Analyse, am Beispiel der Villa Mutzenbecher eigenständig durchführen. Über verschieden Aufgabenblätter wird das Thema „Wasser“ theoretisch bearbeitet und Grundlage für das weitere Arbeiten geschaffen.

Im praktischen Teil der Lerneinheit, welcher im Anschluss in einem außerschulischen Lernort stattfindet, werden die theoretischen Inhalte der Arbeitsblätter „Begreifbar“, angewendet und vertieft. Die Maßanalyse kann dabei genutzt werden, um die Quantität eines Stoffes zu bestimmen und gehört zu den analytischen Verfahren in der Chemie. Hierauf basierend, sollen die Teilnehmenden die Wasserhärte in dreifach Bestimmung, einer zuvor entnommenen Probe bestimmen. Jeder Teilnehmende titriert seine Probe gegen einen entsprechenden Indikator mit einer geeichten Maßlösung

Nach der Lerntypeinteilung nach Vester, wird hier besonders der haptische Lerntyp angesprochen (Vester, 2016). Am Ende der Gesamten Unterrichtseinheit sollen die Teilnehmenden in der Lage sein die wichtigsten Eigenschaften von Wasser sowie wichtige Parameter von Trinkwasser zu benennen, Kriterien für die korrekte Entnahme von Proben festzulegen und anhand dieser die fachlich korrekte Probenentnahme, Aufarbeitung und Analyse im Labor planen und durchführen zu können. Die Teilnehmenden werden zusätzlich für den Umgang mit Chemikalien sensibilisiert.

## 6 Zielsetzung der Lerneinheit, Kompetenzbeschreibung

Wasserbestimmungen sind im Rahmen der Ausbildung sowohl der Chemikanten als auch der Chemielaboranten und CTA wichtiger Bestandteil. Mit Blick auf berufliche Perspektiven sind Wasseranalysen ein möglicher Arbeitsbereich. Im Lernmodul „Wasser-ohne dich läuft nichts!“ lernen die Teilnehmenden alles rund um die Gesamthärtebestimmung.

Im ersten Abschnitt wird grundlegendes Wissen über den Bau und die Eigenschaften von Wasser vermittelt oder vorhandenes Wissen durch Wiederholung aktiviert. Durch Verständnisfragen können die Teilnehmenden ihr Wissen überprüfen und vertiefen. Anschließend wird am Beispiel eines Kundenauftrags Schritt für Schritt erarbeitet, wie die Gesamthärte einer Wasserprobe zu bestimmen ist. Die Teilnehmenden werden auf die Methode des wissenschaftlich korrekten Probennehmens vorbereitet. Daran anschließend können die Teilnehmenden selbstständig eine Probe am außerschulischen Lernort entnehmen. Weiter bereitet das Lernmodul die Teilnehmenden auf die weitere Analyse der Probe vor. Im Abschluss Plädoyer sollen die Ergebnisse diskutiert und begründet Stellung dazu genommen werden.

### **Durch das Lernmodul werden folgende Kompetenzen gefördert:**

#### Die Lernenden sind in der Lage ...

- ▶ Bau und Eigenschaften von Wasser wiederzugeben.
- ▶ Eigenschaften von Wasser zu begründen.
- ▶ Wissenschaftlich korrekt Proben zu entnehmen.
- ▶ Die Wassergüte, durch Vergleich der Parameter, einzuschätzen.
- ▶ eine Materialliste sowie eine vollständige Arbeitsablaufplanung fachlich korrekt anzufertigen.
- ▶ Die Gesamtwasserhärte einer Probe eigenständig zu bestimmen und auszuwerten.
- ▶ mit anderen Gewerken zielorientiert zu kommunizieren.
- ▶ ein Präsentationsmedium anschaulich zu gestalten.
- ▶ Die Präsentationen kritisch zu betrachten, kriteriengeleitet Feedback geben und diese zu würdigen.



## 7 Ablauf des Lernmoduls

Lernphase	Zeit	Lehr-/Lern-Aktivität	Methoden/Medien
Informationsphase #1  Begehung der Villa Mutzenbecher und Kennenlernen der Ausgangssituation	60	Die/der Lehrende stellt die Villa sowie den Bezug zum Thema der Wasserversorgung von Bauwerken vor.  Die Lernenden verschaffen sich einen (virtuellen) Überblick über die Räumlichkeiten der Villa.  <b>Anmerkungen:</b>  Der Rundgang in der Villa ist real sowie virtuell möglich. In diesem Fall ist der virtuelle jedoch empfohlen, da im Verlauf ein Besuch zur Probenentnahme erfolgt  Wichtig ist, dass die Lernenden ein Gefühl für sowie einen Eindruck von der Villa Mutzenbecher bekommen.	<b>Szenario</b> <i>„Ausgangssituation sowie Begehung und Bestandsaufnahme der Villa Mutzenbecher“</i>  <b>Aufgabe</b> <i>„Ziel und Auftragsklärung“</i>
Erarbeitungsphase #2  <b>Aktivierung:</b> Grundlagen Wasser	60	Die/der Lehrende erarbeitet mit den Teilnehmer*innen das Thema Bau und Eigenschaften von Wasser  <b>Anmerkungen:</b>  Die Lernenden sollen in dieser Phase für das Thema sensibilisiert werden.	<b>Material</b> <i>„Informationsmaterial“</i>  <b>Aufgabe</b> <i>„Verständnisfragen“</i>
Erarbeitungsphase #2  (Kontroll- und Bewertungsphase 1)	45	Die Teilnehmer*innen besprechen im Abschlussplenum die Ergebnisse und Tauschen sich über ihre Erfahrungen aus	<b>Aufgabe</b> <i>„Präsentation der Ergebnisse, Austausch und Bewertung“</i>  <b>Material</b> <i>„Tafel/Whiteboard/Smartboard“</i>
Erarbeitungsphase #2	90	Die Teilnehmer*innen machen sich mit dem Kundenauftrag vertraut und finden sich anschließend in Gruppen zusammen. Sie erarbeiten in Expertengruppen einen der zugewiesenen Wassergüteparameter und erstellen ein Handout  Im Anschluss präsentieren sich die Teilnehmer*innen gegenseitig ihre Ergebnisse und teilen ihre Handouts aus.	<b>Aufgabe</b> <i>„Erstellen von Handouts Präsentation der Ergebnisse, Austausch und Bewertung“</i>  <b>Material</b> <i>„Tafel/Whiteboard/Smartboard“</i>

Lernphase	Zeit	Lehr-/Lern-Aktivität	Methoden/Medien
Erarbeitungsphase #2	240	Die Lernenden beschäftigen sich mit der wissenschaftlich korrekten Entnahme von Proben und planen die eigenständige Probenentnahme in der Villa Mutzenbecher.  Entnahme der Proben im außerschulischen Lernort	<b>Aufgabe</b> „Planen der Probenentnahme, Entnahme der Probe“  <b>Material</b> „Informationsmaterial“
Erarbeitungsphase #2	90	Die / der Lehrende leitet die theoretische Hinführung zum Analyseteil des Kundenauftrages. Hier für Informieren sich die Teilnehmer*innen eigenständig und bearbeiten die Verständnisfragen. Ein genauer Ablauf für die folgende Analyse der Proben wird erstellt.  Im Plenum werden dann Beispielaufgaben berechnet und die Ergebnisse der Fragen besprochen.	<b>Aufgabe</b> „theoretischer Teil der Analyse veranschaulichen, Erstellen eines Ablaufplans der Analyse“  <b>Material</b> „Informationsmaterial“
Erarbeitungsphase #2	480	Die Lernenden Analysieren ihre Proben im Labor	<b>Aufgabe</b> „Probenanalyse“  <b>Material</b> „Standard Labo Inventar, Chemikalien, Probenmaterial“
Kontroll- und Bewertungsphase	60	Die Teilnehmer*innen werten ihre Ergebnisse aus und stellen diese im Plenum vor.  Die Teilnehmer*innen geben sich gegenseitig ein kurzes Feedback.	<b>Aufgabe</b> Austausch und Bewertung, Präsentation der Ergebnisse“  <b>Material</b> „Tafel/Whiteboard/ Smartboard“
Reflexionsphase	30	Die / der Lehrende leitet die Reflexionsphase anhand der „Fünf-Finger-Feedback“ Methode ein.  <b>Anmerkungen:</b> Die Wahl der Reflexionsmethoden ist frei wählbar und an die Lerngruppe anzupassen.  Einige Reflexionsimpulse finden sich in den Materialien.	<b>Methoden</b> „Fünf-Finger-Feedback“ „Freie Methodenwahl“

Der geplante Zeitrahmen dieses Lernmoduls beträgt insgesamt ~ 1155 Minuten.



## Wasser- ohne dich läuft nichts!



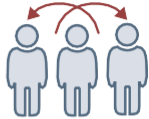






### Lernmodul CTA/Chemielaborant/ Chemietechnik Arbeitsmaterial für Lernende

## (Lösungen)

Das Projekt GESA wird im Rahmen des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung befördern. Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf – BBNE“ durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie den Europäischen Sozialfonds gefördert.

## Arbeitsmaterial für Lernende (Icons)

Im folgenden Lernmodul werden Sie am Rand Icons finden. Sie sind Erkennungszeichen für eine dahinterliegende Funktion. Des Weiteren werden in einigen Textabschnitten, in kleinen grünen Kästchen, kurze Zusammenfassungen bzw. Anregungen zum Inhalt gegeben.

<b>Icons zur schnelleren Orientierung</b>		<b>Gewerke übergreifendes Arbeiten</b>	
<b>Szenario/ Kundenauftrag</b>		<b>Material</b>	
<b>Informationen</b>		<b>Aufgaben</b>	
<b>Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung</b>		<b>Denkmalschutz</b>	

## Erläuterungen zu den Icons



Das Icon „**Szenario/Kundenauftrag**“ steht zu Beginn jedes Lernmoduls. Es soll grafisch darstellen, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um das übergreifende Lern- szenario bzw. den Kundenauftrag eines Lernmoduls handelt.



Das Icon „**Information**“ soll grafisch darstellen, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um wichtige Sachinformationen, wie z.B. technische Tabellen, Produkt- und Herstellerangaben, Gesetze, Vorschriften und fachliche Infotexte zur Bearbeitung von Lern- und Arbeitsaufgaben handeln.



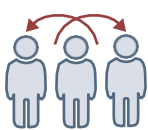
Das Icon „**Aufgaben**“ soll kennzeichnen, dass es sich nebenstehend um eine Lern- und Arbeitsaufgabe handelt, die in Einzelarbeit, zu zweit oder im Team bearbeitet werden kann. Mögliche Schülerantworten werden in Rot ergänzt.



Das Icon „**Material**“ soll darauf verweisen, dass z.B. Grafiken, Protokollvorlagen oder Grundrisse zur Bearbeitung der Aufgaben beitragen.



**Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE):** Das Icon steht für Inhalte, die einen besonderen und unmittelbaren Bezug zu BBNE haben. Unter BBNE wird folgendes verstanden: „BBNE ist eine berufliche Bildung zu zukunftsfähigem Denken und Handeln in beruflichen, betrieblichen, gesellschaftlichen und privaten Kontexten, die es ermöglicht die Auswirkungen des eigenen beruflichen Handelns auf die Welt zu verstehen und verantwortungsvolle Entscheidungen zu treffen.“



Das Icon „**Gewerke übergreifendes Arbeiten**“, verweist darauf, dass die nebenstehenden Textinhalte im unmittelbaren Zusammenhang mit Gewerke übergreifender Zusammen- arbeit stehen. Darunter wird verstanden, dass sich Handwerker\*innen aus unterschied- lichen Gewerken (z.B. Elektriker\*in und Tischler\*in) abstimmen müssen. Zur fachgerech- ten Umsetzung müssen Absprachen über sogenannte Schnittstellen geführt werden.



Das Icon „**Denkmalschutz**“ soll ausdrücken, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um besondere Anforderungen handelt, die mit dem Denk- malschutz verbunden sind. Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, die Ge- bäudeausstattung im Sinne des Denkmalschutzes zu erhalten, d.h. sie nahe dem ur- sprünglichen Zustand wiederherstellen.





## Begehung und Bestandsaufnahme der Villa Mutzenbecher

**Lesen** Sie sich die einleitenden Worte der Architektin **durch**.

**Betrachten** Sie ebenfalls das Bildmaterial.

**Machen** Sie sich mit der Villa **vertraut**: **Begehen** Sie die Villa oder **nutzen** Sie hierfür den [virtuellen Rundgang](#).

**Klären** Sie eventuelle Verständnisfragen mit Ihren Kolleg\*innen bzw. der Lehrkraft.

Liebe Labormitarbeitenden,  
ich freue mich, dass Sie als Expert\*innen Interesse daran haben, dass die Sanierung der Villa Mutzenbecher schnellstmöglich weiter gehen kann. „Wassermarsch“ würde ich gerne so schnell wie möglich hier auf der Baustelle hören, doch dafür müssen wir sicher sein, dass unser Brunnenwasser auch alle Trinkwasserkriterien erfüllt. Ich bitte Sie alle erforderlichen Parameter selbst zu Prüfen oder die erforderlichen Analysen in Auftrag zu geben.

**Machen** Sie sich bitte soweit mit dem Thema **vertraut**, dass Sie mir abschließend eine fachgerechte Beurteilung zukommen lassen können.

**Ihr Auftrag ist es, eine Einschätzung über die Trinkwasserqualität des Brunnenwassers in der Villa zu geben!**







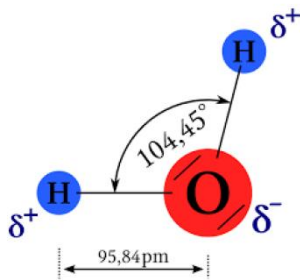
# Wasser: Bau und Eigenschaften



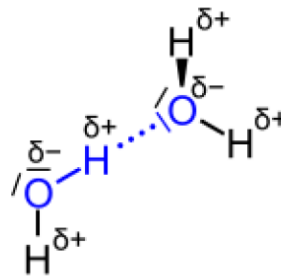
## Bau des Wassermoleküls

Summenformel	Strukturformel	Kugelmodell
H <sub>2</sub> O		

Der Sauerstoff hat die Eigenschaften, die dazu führen, dass er in Verbindung mit Wasserstoff eine negative elektrische Ladung erhält (neg. Partialladung durch freie Elektronenpaare). Die beiden Wasserstoffatome werden dadurch positiv geladen.



Negative und positive elektrische Ladungen ziehen sich an. Dies führt dazu, dass der negative Pol des Sauerstoffs, den positiven Pol des Wasserstoffs eines anderen Wassermoleküls anzieht. Diese Bindung nennt man Wasserstoffbrückenbindung.



→ Dieser Aufbau erklärt alle Eigenschaften des Wassers, welche im Folgenden aufgelistet werden.



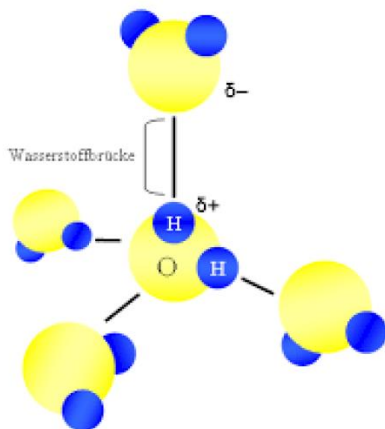
# Wasser: Bau und Eigenschaften



## Allgemeine Eigenschaften von Wasser

### Wasser ist flüssig

Bei Temperaturen zwischen 0 °C und 100 °C ist Wasser flüssig. Da die Durchschnittstemperatur der Erde 15,5 °C beträgt, ist der flüssige Aggregatzustand des Wassers der häufigste auf der Erde. Wasser bildet in diesem Temperaturbereich 4er bis 6er Gruppen, die zusammenhängen (Cluster oder Molekülgruppen). Diese Gruppen bestehen nicht dauerhaft, sondern immer nur für sehr kurze Zeit, da sich die Moleküle im flüssigen Zustand immer bewegen. Dennoch reicht diese kurzfristige Bindung aus, um Wasser flüssig zu halten. Wasser hat wegen der Anziehungskräfte zwischen den Molekülen eine relativ hohe Schmelz- und Siedetemperatur.



### Wasser kann kühlen

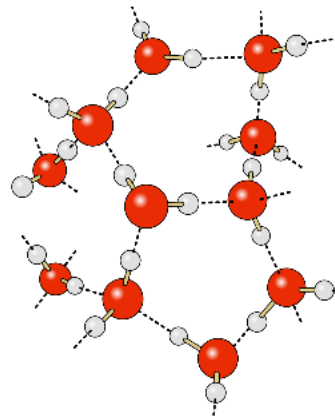
Die Moleküle mit der höchsten Bewegungsenergie und damit höchste Wärme können am schlechtesten in der Flüssigkeit gebunden werden. Sie entweichen dem Wasser in den gasförmigen Zustand und tragen somit ihre Wärmeenergie fort. Das verbleibende Wasser kühlt somit ab.

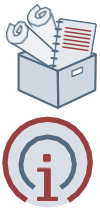
### Wasser kann verdampfen

Je höher die Wassertemperatur wird, desto heftiger bewegen sich die Moleküle. Bei höheren Temperaturen wird die Bewegungsenergie der Moleküle so hoch, dass keine großen Gruppen mehr gebildet werden können. Es verbleiben einzelne und Doppelmoleküle, welche nun gasförmig sind. Bei 100 °C gehen so viele Moleküle gleichzeitig in den gasförmigen Zustand über, dass das Wasser siedet.

### Wasser kann gefrieren

bilden ein sechseckiges Kristallgitter. Dabei bilden sechs Wassermoleküle einen Ring. Diese Ringe schließen sich über Wasserstoffbrückenbindungen zu größeren Strukturen zusammen. Dabei ist jedes Sauerstoffatom von vier weiteren Sauerstoffatomen umgeben. Diese sechseckige Struktur ist im Großen sehr gut an den Kristallen von Schneeflocken zu erkennen.

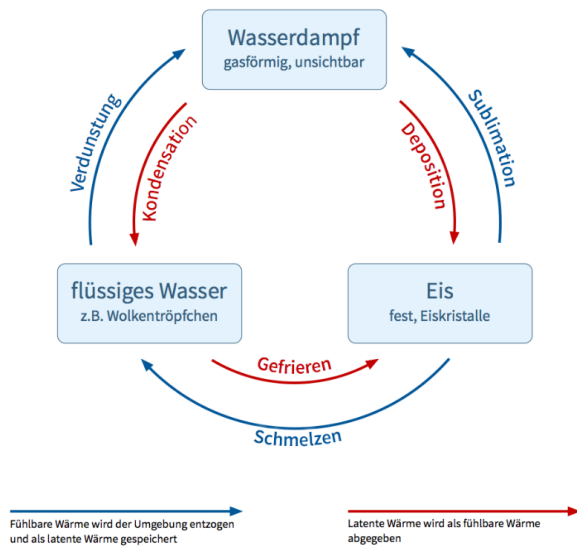




# Wasser: Bau und Eigenschaften

## Allgemeine Eigenschaften von Wasser

### Übergänge zwischen den Aggregatzuständen



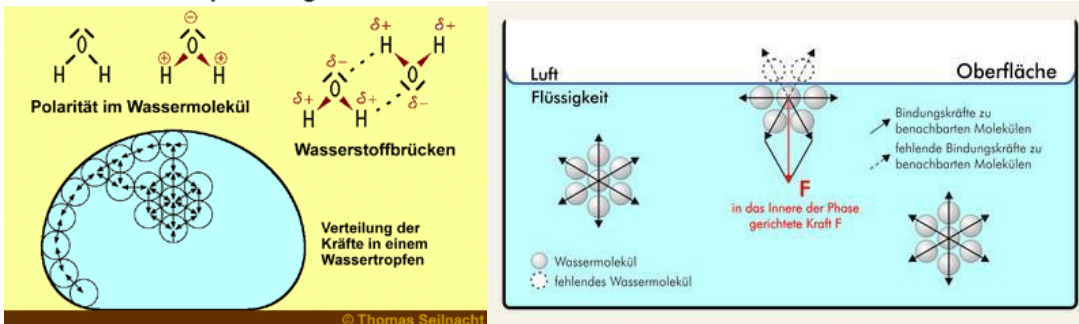
### Wasser hat eine Dichteanomalie

Kältere Stoffe haben in der Regel eine höhere Dichte als wärmere Stoffe. Bei Wasser ist die größte Dichte allerdings bei 4 °C erreicht. Sie beträgt dann \_\_\_ g/mL. Wird das Wasser kälter als 4 °C bilden sich größere Molekülgruppen wie in Abb. 6. Diese Molekülgruppen werden bis zum Gefrierpunkt 0 °C größer und benötigen mehr Platz. Die Dichte nimmt dann also wieder ab. Eis hat eine Dichte von 0,92 g/mL. Darum schwimmt Eis im Wasser.

### Wasser hat eine Oberflächenspannung

Wasser neigt dazu seine Oberfläche zu minimieren und Tröpfchenform anzunehmen, Ursache dafür ist die so genannte Kohäsion durch die Wasserstoffbrückenbindungen der Wassermoleküle untereinander

#### Oberflächenspannung im Modell



Auch diese physikalische Eigenschaft wird in der Natur genutzt. Als Beispiel seien nur der Wasserläufer oder die Wasserspinne genannt. Die Oberflächenspannung ist unter Anderem abhängig von den im Wasser gelösten Stoffen.

### Wasser kann isolieren

Eis ist Wärme isolierend. So verhindert es den Wärmeaustritt aus zugefrorenen Gewässern, so dass das tiefere Wasser in der Regel flüssig bleibt.



# Wasser: Bau und Eigenschaften



## Allgemeine Eigenschaften von Wasser

### Wasser ist elektrisch leitend

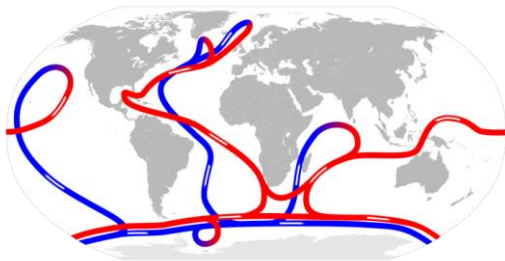
Da Wasser in der Natur niemals in Reinstform vorkommt, beinhaltet es immer gelöste Stoffe welche das Wasser elektrisch leitend machen (Ionen).

### Wasser ist ein Lösemittel

Durch seine Moleküleigenschaft ist Wasser in der Lage Salze und andere Verbindungen, wie z.B. Zucker aufzulösen. Wasser ist sogar in der Lage Gase zu lösen. So löst Wasser kleine Mengen an Sauerstoff. Unsere Ozeane sind ein wichtiges Medium um Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zu binden. So haben die Ozeane ca. 70-mal mehr CO<sub>2</sub> gelöst als in der Atmosphäre als Gas vorliegt. Das Volumen des Wassers steigt dabei kaum an. Die Fähigkeit Stoffe zu lösen ist wichtig für die biochemischen Reaktionen im Stoffwechsel des Körpers

### Wasser ist ein gutes Transportmittel

Als Wärmespeicher ist Wasser ein wichtiges Transportmittel in den Meeresströmungen und in der Atmosphäre. Es ist daher Klima regulierend. Es ist auch ein wichtiges Transportmittel für gelöste Nährstoffe und das wichtigste Medium für den CO<sub>2</sub> – Kreislauf. Natürlich ist es auch ein wichtiges Transportmittel bei der Vermehrung von Lebewesen. Als Beispiel sei der Transport von Duftstoffen aber auch der Transport von Spermien und Eizellen genannt.



### Wasser hat eine hohe Wärmekapazität

Wasser kann Wärme speichern. Unsere Ozeane wie auch unsere Atmosphäre sind ein großer Wärmespeicher

### Wasser ist ein schlechter Wärmeteiler

Als Beispiel seien nur die schwarzen Raucher (vulkanische Quellen) an den mittelozeanischen Rücken genannt. Das ausströmende Wasser hat eine Temperatur von ca. 300 °C. Wenige Meter entfernt misst man aber nur 4 °C.

### Wasser transportiert Schallwellen

Durch die höhere Dichte kann Wasser den Schall schneller und weitertragen als Luft. Diese Eigenschaft ist z.B. für die Kommunikation von Walen und Delfinen wichtig.



# Verständnisfragen: Wasser - Bau und Eigenschaften

## Arbeitsauftrag:

**19. Bearbeiten** Sie die Aufgaben

**20. Nutzen** Sie ihr hierzu die Informationen über Bau und Eigenschaften von Wasser.

1. Erkläre die Dichteanomalie des Wassers

Wasser hat bei 4 °C die größte Dichte, anders als bei anderen Stoffen, bei denen mit Abnahme der Temperatur auch die Dichte abnimmt.

2. Welchen Wechselwirkungen unterliegt das Wassermolekül

Van-der-Waals Wechselwirkungen

3. Wie ist die Wärmekapazität von Wasser im Vergleich zu Aceton? Was besagt die Wärmekapazität?

Wasser:  $c = 4,2 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Aceton:  $2,16 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Wasser mit seiner rel. hohen Wärmekapazität kann Wärme bzw. Kälte gut aufnehmen und speichern.

4. Finden Sie Beispiele für die aufgeführten Übergänge der Aggregatzustände.



Sublimieren: Wäsche trocknet bei Frost draußen

Resublimieren: Graupel und Hagel

Kondensieren: an die Fensterscheibe hauchen

Verdampfen: Wasser im Topf aufkochen

Schmelzen: Eis schmilzt

Erstarren: Wasser wird zu Eis



# Kundenauftrag - Einstieg

Sehr geehrte Hamburg Wasser Mitarbeitende,  
 anbei sende ich Ihnen das Auftragsformular der Villa Mutzenbecher.  
 Ich bitte um schnelle Analyse.

mit freundlichen Grüßen  
 Aquaman

## Formular Auftrag zur Trinkwasseranalyse Hamburger Wasserwerke GmbH



Bitte in Druckschrift (leserlich) ausfüllen

Hamburger Wasserwerke GmbH  
 Trinkwasserlabor  
 Billhorner Deich 2  
 20539 Hamburg  
 Öffnungszeiten: Mo. - Do. 7.30 - 15.00 Uhr  
 Fr. 7.30 - 12.00 Uhr

**Für Rückfragen:**  
 Tel.: 040 / 7888 - 82529  
 Fax: 040 / 7888 - 182529  
 E-Mail: wasserlabor.auftrag@hamburgwasser.de  
 Internet: www.hamburgwasser.de

### Auftraggeber

Vorname \*  Für eine schnellere Zustellung des Prüfberichts, geben Sie bitte eine E-Mail-Adresse an. Bei keiner Angabe, erfolgt die Zusendung per Post.

Nachname \*

Firma \*  E - Mail Adresse

Straße, Hausnummer \*  Telefonnummer \*

PLZ, Ort \*   Faxnummer

Entspricht der Auftraggeber dem Rechnungsempfänger?  
 Sollte der Rechnungsempfänger abweichen, geben Sie dies bitte in dem Bemerkungsfeld (Seite 3) an.  
 Bitte beachten Sie, dass dieser dem Handelsregistereintrag entspricht (Rechnungskorrekturen sind kostenpflichtig).  
 Ja  Nein

### Hiermit beauftrage/n ich/wir Sie mit

(bitte zutreffendes auswählen)

Bitte beachten Sie: Eine Beurteilung der Ergebnisse gemäß TrinkwV ist nur möglich, wenn die Probenahme durch das Labor erfolgt.

- Probenahme durch Kunden und Analyse durch Labor  
 Probenahme und Analyse durch Labor

### Untersuchungsumfang

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> <b>Untersuchung nach TrinkwV (Kaltwasser)</b><br>(Koloniezahl, E. coli/ coliforme Bakterien, Enterokokken)<br><b>Unbedingt 2 Flaschen, je Entnahmestelle, befüllen!</b> | <input type="checkbox"/> <b>Hausbrunnen mikrobiologisch</b> (Bitte Anlagen z.B. Aufforderung/ Untersuchungsumfang durch Behörde beifügen)                            |
| <input type="checkbox"/> <b>Pseudomonas aeruginosa</b> (Kaltwasser)  | <input checked="" type="checkbox"/> <b>Hausbrunnen chemisch-physikalisch</b> (Bitte Anlagen z.B. Aufforderung/ Untersuchungsumfang durch Behörde beifügen)           |
| <input type="checkbox"/> <b>Legionellen</b> (Warmwasser)   | <input type="checkbox"/> <b>Metalle</b> (Blei, Kupfer, Nickel) (Kaltwasser)  |
| <input type="checkbox"/> <b>Legionellen gemäß TrinkwV § 14</b> (Warmwasser)<br><b>Bestehend aus min. 3 Probenahmestellen <sup>1</sup></b>  | <input type="checkbox"/> <b>Erweiterte Untersuchung auf Metalle</b> (Kaltwasser)<br><b>gestaffelte Stagnation <sup>2</sup></b> (bestehend aus den Proben S0, S1, S2) |

<sup>1</sup> Der Nachweis von Legionellen gemäß TrinkwV § 14 ist zwingend verbunden mit einer Probenahme durch die Probenehmer des Labors, min. 3 Probenahmestellen (Vorlauf des Warmwasserspeichers, Rücklauf des Warmwasserspeichers und das Strangende). Bei einer Überschreitung des technischen Maßnahmewertes erfolgt eine Meldung des Labors an das zuständige Gesundheitsamt.

<sup>2</sup> Die erweiterte Untersuchung auf Metalle wird i. d. R. beauftragt, wenn bereits der begründete Verdacht auf erhöhte Bleiwerte besteht. Diese Art der Analyse hilft bei der Bewertung, ob der Grenzwert laut TrinkwV überschritten wird. Die Analyse besteht aus 3 Proben. Die Probenahme nimmt 2-4 Stunden in Anspruch. Eine Auswertung der Ergebnisse kann nur in der Verbindung mit der Probenahme durch das Labor erfolgen.



**Formular  
Auftrag zur Trinkwasseranalyse  
Hamburger Wasserwerke GmbH**



Bitte in Druckschrift (leserlich) ausfüllen

**Anschrift der Probenahmestelle**

Bitte beachten Sie: Parameterumfang und Probenahmestelle(n) werden durch den Auftraggeber bei Auftragserteilung festgelegt. Bitte nennen Sie uns für die Terminabstimmung und den Tag der Probenahme oder für weitere Rückfragen einen zentralen Ansprechpartner. Je detaillierter die Probenahmestellen beschrieben werden (Etage, Richtung, Bewohner, Raum, Armatur), desto eindeutiger können Sie die Analyseergebnisse später zuordnen und eine Verwechslung ausschließen. Eine nachträgliche Ergänzung ist leider nicht möglich.

Bauvorhaben/Objektbezeichnung

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Name Ansprechpartner

Tel.-Nr. Ansprechpartner

Angabe Kunde *			Angabe bei Probenahme durch Kunden			
Probenahmestelle(n) (Bezeichnung) *	Kalt- wasser *	Warm- wasser *	Datum	Uhrzeit	Temp. ° C	Probenahme nach Zweck <sup>3</sup>
Bsp.: 1. OG links, Waschbecken	X		01.01.2020	09:30	12,4	b
1. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
2. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
3. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
4. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
5. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
6. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
7. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
8. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
9. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
10. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼

Zweck	Wasserqualität	Entfernung von angebrachten Vorrichtungen und Einsätzen	Desinfektion/ Abflammen	Spülung
a	in der Hauptverteilung	Ja	Ja	Ja
b	an der Entnahmearmatur	Ja	Ja	Nein (minimal)**
c	wie es verbraucht wird	Nein	Nein	Nein
d	nach zufälliger Stagnation	Nein	Nein	Nein
e	nach gestaffelter Stagnation	Nein	Nein	S0 Ja, S1 und S2 Nein

\*\* Nur kurz spülen, um Einfluss der Desinfektion der Entnahmearmatur auszugleichen

Formular  
**Auftrag zur Trinkwasseranalyse**  
**Hamburger Wasserwerke GmbH**



Bitte in Druckschrift (leserlich) ausfüllen

Bemerkung/Anlage: Hier bitte die abweichende Rechnungsadresse angeben

<b>Hinweise</b>	1. Es werden nur Proben entgegengenommen, die in <u>unsere</u> dafür vorgesehenen Flaschen abgefüllt wurden.
<b>Probenahme durch Kunden</b>	2. Wenn mehr als 10 mikrobiologische Proben/Analysen beauftragt werden, müssen diese unbedingt vorher im Labor angemeldet werden. Tel.-Nr. Probenannahme: 040 / 7888 - 825 13
<b>Allgemeine Hinweise</b>	3. <b>Rechnungskorrekturen sind kostenpflichtig</b> (15,00 zzgl. MwSt.).
	4. Vergebliche Anfahrten sowie entfallene Probenahmen werden berechnet.

\* Pflichtfelder

Ich wurde darüber informiert, dass die Analyse kostenpflichtig ist. Der Betrag ist nach Zusendung der Analysenwerte und der Rechnung fällig. Um die fachgerechte Entsorgung sicherzustellen, müssen die Flaschen auch dann an die HWW zurückgegeben werden, wenn die Analyse doch nicht durchgeführt werden soll.

01.01.2021
Aquaman
Formular senden  
 Datum und Unterschrift des Auftraggebers (Der Auftrag ist auch mit digitaler Signatur gültig)

Formular Trinkwasseranalyse Stand: 09.11.2021

Seite 3 von 3



Arbeitsauftrag:

1. **Lesen** Sie sich das Auftragsformular aufmerksam durch.



## Kundenauftrag - Wassergüteparameter



Die **Wassergüteparameter** stellen ein wichtiges Kriterium zur Charakterisierung von Wasser dar.

Um eine Aussage über die Qualität des Wassers machen zu können, werden diese zunächst in verschiedene Kategorien eingeordnet, z.B. Trinkwasser, Brauchwasser für landwirtschaftliche Bewässerung, oder technische Prozesse.

An die **Wassergüteparameter** sind spezielle **Anforderungen** gestellt, um die **Grenzwerte** der Trinkwasserverordnung oder Badegewässerrichtlinien **einzuhalten**. Wichtige **Kriterien** sind beispielsweise die **Wassertemperatur**, der **pH-Wert**, die **Leitfähigkeit**, der **gelöste Sauerstoff**, die **Stickstoffverbindungen** und die **Sulfat-** sowie der **Phosphatgehalt**.

### Arbeitsauftrag:



2. **Finden** Sie sich in sieben Expertengruppen zusammen
3. **Recherchieren** Sie zu ihrem ausgehändigtem Wassergüteparameter.
  - a) Wassertemperatur, b) pH-Wert, c) Leitfähigkeit, d) gelöster Sauerstoff, e) Sulfat, f) Stickstoffverbindungen  $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{NH}_3$ ;  $\text{NO}_2^-$ ;  $\text{NO}_3^-$  g) Phosphat
4. **Notieren** Sie sich wichtige Schlagworte.
5. **Erstellen** Sie ein Gruppen-Handout mit den wichtigsten Informationen des Parameters, sowie Möglichkeiten diesen zu bestimmen.
6. **Präsentieren** Sie den anderen Expertengruppen ihren Parameter möglichst eingängig und **verteilen** Sie ihr Handout.

Zur Recherchehilfe kann das Wasser-Glossar der Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz Hamburg eine Hilfe sein.

Sie gelangen direkt über Scannen des QR-Codes zum Glossar.





## Kundenauftrag - Wassergüteparameter



### a) Wassertemperatur

Zu jeder Wasseruntersuchung gehört die Angabe der Temperatur des Wassers am Ort der Probenahme, weil die Löslichkeit von Gasen in Wasser und die Geschwindigkeit von Reaktionen temperaturabhängige Größen sind. Biologische, chemische und physikalische Vorgänge im Wasser sind temperaturabhängig, so etwa Zehrungs- und Produktionsprozesse, Absorption und Löslichkeit gasförmiger, flüssiger und fester Substanzen. Kritische Situationen entstehen bei Temperaturen über 30 °C, da sich bei zunehmender Temperatur weniger Sauerstoff im Wasser lösen kann, während der Bedarf aller Tiere und Organismen mit aerobem Stoffwechsel steigt.

### b) pH-Wert

Der pH-Wert ist der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoff-Aktivität. Dieser ist als Maß für den sauren oder alkalischen Charakter eines Gewässers für alle chemischen und biologischen Vorgänge von Bedeutung. Der pH-Wert natürlicher Fließgewässer liegt bei pH = 7.

### c) Leitfähigkeit

Der Messwert der elektrischen Leitfähigkeit ist ein Summenparameter für gelöste, dissoziierte chemische Substanzen (Elektrolyte). Die Größe der Leitfähigkeit hängt von der Konzentration, dem Dissoziationsgrad der Elektrolyte, der elektrochemischen Wertigkeit der gebildeten Ionen, der Temperatur, von der Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen in einem elektrischen Feld und von der Viskosität der Lösung ab.

	[ $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 25 °C]
Reines Wasser	0.04*
Destilliertes Wasser	0.3*
Regenwasser	10-100*
Oberflächenwasser	50-200**
Tafelquellwasser	200-500***
Grund- bzw. Quellwasser	500-2000****

\* <150 unbelastet bis gering verschmutzt

\*\* 150-250 gering belastet

\*\*\* bis 550 stark verschmutzt

\*\*\*\* >650 übermäßig verschmutzt



## Kundenauftrag - Wassergüteparameter



### d) Gelöster Sauerstoff

Sauerstoff ist für das Leben der tierischen und pflanzlichen Organismen im Wasser unerlässlich. Eine biochemische Selbstreinigung, d.h. ein Abbau organischer Stoffe durch Mikroorganismen, ist nur mithilfe von Sauerstoff möglich. Die meisten im Wasser lebenden Organismen benötigen Sauerstoff für die Atmung. Der Sauerstoffgehalt eines Wassers ergibt sich aus dem Zusammenwirken von Sauerstoffeintrag und Sauerstoff verbrauchenden Vorgängen.

### e) Sulfat

Im Allgemeinen ist in Wässern ein Sulfatgehalt von etwa 10-30 mg/L anzutreffen. Sulfat kann sich als Endprodukt bei der Mineralisation von (mikrobiellen) Oxidationen der im Erdinneren weit verbreiteten Sulfide und des H<sub>2</sub>S, aber auch von schwefelhaltigen organischen Stoffen bilden.

### f) Stickstoffverbindungen NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; NH<sub>3</sub>; NO<sub>2</sub><sup>-</sup>; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Insgesamt werden N-Verbindungen in noch stärkeren Maßen als S-Verbindungen durch (mikrobielle) Redoxvorgänge gebildet bzw. abgebaut. Neben seiner mineralischen Herkunft (Salpeter) ist das Vorhandensein von Nitrat meist auf die Mineralisation von organischen N-Verbindungen, z.B. vollständiger Abbau der aus Eiweiß entstehenden Aminosäuren, zurückzuführen.

### g) Phosphat

Von den drei Anionen der ortho-Phosphorsäure ist in dem meist schwach alkalischen Milieu natürlicher Wässer praktisch nur das Hydrogenphosphat-Ion existent und auch dieses kommt in Mengen von nur etwa 0.1 mg/L HPO<sub>4</sub><sup>3-</sup> und darunter vor, da die Phosphate vom Boden gut adsorbiert werden. Werte von > 0.3 mg/L Phosphat sowohl im Grundwasser als auch im Oberflächenwasser sind fast ausschließlich das Produkt menschlicher Verunreinigung (Abwässer, Dünger, Waschmittel etc.).



## Kundenauftrag - Probenentnahme

Sie als Labormitarbeitende haben sich nun mit den Wassergüteparametern und den entsprechenden Grenzwerten für Trinkwasser vertraut gemacht. Ihr Labor soll nun den Kundenauftrag der Villa Mutzenbecher bearbeiten.

**Angefordert** sind folgende chemisch-physikalische Bestimmungen des Wassers aus dem Hausbrunnen: Nitrat, Nitrit, pH-Wert, Leitfähigkeit, Gesamthärte (Calcium, Magnesium)

Wie Sie dem Kundenauftrag entnehmen können, soll die fachgerechte Probenentnahme durch Sie als Labormitarbeitende erfolgen.

### Arbeitsauftrag:



7. **Notieren** Sie wie die Proben entnommen werden sollten und was dabei zu bedenken ist.

8. **Notieren** Sie welche Parameter direkt bei Entnahme der Probe bestimmt werden müssen und **begründen** Sie dies.

9. **Notieren** welche Anforderung muss das Gefäß zur Probenentnahme erfüllen?

10. **Besprechen** Sie abschließend im Plenum wie Sie die Wasserproben an der Villa genau entnehmen werden und **notieren** Sie das geplante Vorgehen.

- Entnahme aus einem geeigneten Wasserhahn der an einer, vom Brunnen abgehenden Druckleitung angeschlossen ist

- Flaschen für die Proben sind über einen kurzen, passenden Gummischlauch zu befüllen

- die Flaschen sind vor dem Befüllen wiederholt mit dem geförderten Brunnenwasser zu spülen

- die Flaschen sollten überlaufen und nach Herausziehen des Schlauches sofort verschlossen werden

- Leitwert, pH-Wert, Temperatur sowie alle weiteren veränderlichen Parameter wie Färbung, Trübung, Geruch, ggf. Geschmack müssen noch vor Ort dokumentiert werden. Auch der Entnahmeort muss genau dokumentiert sein

- Das Gefäß muss sauber, dicht verschließbar, genau beschriftet und groß genug sein um das zur Bestimmung benötigte Volumen zu fassen





## Kundenauftrag - Probenentnahme

Sie treffen sich zur Probenentnahme und entnehmen Ihre Proben. Beachten Sie, dass sie alle erforderlichen Parameter, welche noch an Ort und Stelle bestimmt werden müssen, erfassen. Dokumentieren Sie ausführlich und gewissenhaft.



Scannen Sie den QR-Code und nutzen Sie Teil II des Gesetz- und Verordnungsblattes, um später alle wichtigen Angaben zu Ihrer Probe machen zu können.



### Arbeitsauftrag:



11. **Nehmen** Sie das erforderliche Probenmaterial.
12. **Bestimmen** und **dokumentieren** Sie alle veränderlichen Parameter.
13. **Dokumentieren** Sie alle sonstigen erforderlichen Angaben.



## Kundenauftrag - Vorbereitung der Analyse



Im Labor angekommen leiten Sie die Nitrat und Nitrit Bestimmung an die entsprechende Abteilung weiter. Ihre Abteilung ist ausschließlich für die Bestimmung der Gesamtwasserhärte zuständig. Da Sie als neuer Mitarbeitende in dieser Abteilung das erste Mal eine solche Bestimmung vornehmen werden, überlegen Sie noch einmal gründlich, wie das weitere Vorgehen ist. Ihre Probe sowie Ihre Chemikalien sind endlich. Sie sollten daher wissen mit welchen Chemikalien Sie arbeiten und in welchen Mengen Sie diese einsetzen werden.



Arbeitsauftrag:

**14. Informieren** Sie sich mit dem Material zur Wasserhärte.

**15. Notieren** Sie sich wichtige Schlagworte

**16. Bearbeiten** Sie die Verständnisfragen

**17. Besprechen** Sie sich abschließend im Plenum



### Was ist die Wasserhärte

Von den gelösten Inhaltsstoffen im Wasser haben besonders die Kationen der Erdalkalimetalle Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) und Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) unangenehme Wirkungen. Sie führen bei Erwärmung des Wassers zu Kalkablagerungen und bilden beim Waschen mit Seife unlösliche Salze, die die Waschwirkung vermindern. Trinkwasser und industriell verwendetes Brauchwasser wird deshalb mit einer Maßzahl für den Gehalt an Erdalkalitionen, der sogenannten Gesamthärte, charakterisiert.

#### Definition: Gesamt(wasser)härte

Die Gesamthärte eines Wassers ist die Summe der Konzentration der Erdalkalitionen im Wasser. Sie entspricht im Wesentlichen der  $\text{Ca}^{2+}$ - und der  $\text{Mg}^{2+}$ -Konzentration.

#### Einheit der Wasserhärte

Die Wasserhärte wird in der Einheit mol  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  pro  $1\text{m}^3$  Wasser oder in mmol/L angegeben, z.B 1.3 mol/ $\text{m}^3$  oder 1.3 mmol/L. Diese wird in der Einheit Deutscher Härtegrad festgelegt ( $^\circ\text{dH}$ : sprich Grad deutscher Härte).

1  $^\circ\text{dH}$  entspricht 0.179 mmol/L  $\text{Ca}^{2+}$ - und  $\text{Mg}^{2+}$  -Ionen



## Kundenauftrag - Vorbereitung der Analyse



Für den Verbraucher wird von den Wasserwerken für den allgemeinen Gebrauch die Härte eines Wassers mit einem Härtebereich bezeichnet.

Härtebereich	Härte	Gesamthärte in mmol/L	in °dH
Härtebereich 1	weich	bis 1.5	0 – 7.3
Härtebereich 2	mittel	1.5 – 2.5	7.3 – 14
Härtebereich 3	hart	2.5 – 3.8	14 – 21.0
Härtebereich 4*	sehr hart	über 3.8	über 21.0

\*Der Härtebereich 4 entfällt in Hamburg, da dieser Härtegrad in Hamburg nicht mehr existiert.

### Temporäre (vorübergehende) Härte und permanente (bleibende) Härte

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Wirkungen wird die Gesamtwasserhärte in die **Carbonathärte**, auch *vorübergehende* oder *temporäre Härte* genannt und in die **Nicht-Carbonathärte**, auch als *bleibende* oder *permanente Härte* bezeichnet.

#### Definition: Carbonathärte (temporäre Härte)

Die Carbonathärte (CH) gibt den Anteil der Erdalkaliionen an, der den vorhandenen Hydrogencarbonationen äquivalent (= gleichwertig, entsprechend) ist. Der Name temporäre Härte kommt daher, dass sich dieser Anteil der Erdalkaliionen, insbesondere die  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen, durch Kochen des Wassers mit  $\text{HCO}_3^-$ -Ionen zu wasserunlöslichem Calciumcarbonat abscheidet:



#### Definition: Nichtcarbonathärte (permanente Härte)

Die Nichtcarbonathärte (NCH) ist der Anteil der Erdalkaliionen, der über die  $\text{HCO}_3^-$ -äquivalenten Erdalkaliionenkonzentration liegt. Da diese Härte, die z.B. durch Calciumsulfat hervorgerufen wird, durch das Kochen unverändert bleibt, wird sie als bleibende oder permanente Härte bezeichnet. Sie kann nur auf chemische Weise beseitigt werden.

### Entstehung der Härte

Die Wasserhärte entsteht beim Durchtritt von Wasser durch Böden. Deshalb hängt es stark vom geologischen Untergrund ab, welche und wie viel Härtebildner in Lösung gehen können. Dem entspricht die geografische Verteilung der Wasserhärte.



## Verständnisfragen: Wasserhärte

### Arbeitsauftrag:



**19. Bearbeiten** Sie die Aufgaben

**20. Nutzen** Sie ihr hierzu die Informationen über die Wasserhärte.

1. Erklären Sie mit Hilfe des Textes wieso der durch Kochen ausgefallene Anteil an Erdalkalitionen, als Carbonathärte bezeichnet wird.

Carbonathärte = temporäre Härte

Ist äquivalent zu der Konzentration der Hydrogencarbonationen

2. Aus was setzt sich die Gesamthärte und aus was die Carbonathärte zusammen.

Gesamthärte:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$

Carbonathärte:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$

3. Ordnen Sie folgende Wasserarten nach ihrer Härte von weich bis hart zu: Regenwasser, Trinkwasser, dest. Wasser, Mineralwasser.

Begründen Sie Ihre Entscheidung.

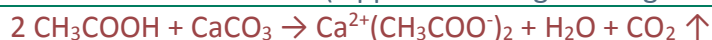
Dest. Wasser – Regenwasser – Trinkwasser – Mineralwasser

Je mehr Ionen im Wasser vorliegen, desto härter ist das Wasser.

4. Geben Sie Beispiele aus Ihrem Haushalt an, wo die Wasserhärte sichtbar wird.

Wasser aus der Leitung helle bis grauweiße Farbe – hartes Wasser – Kalk

5. Welche Haushaltstricks kennen Sie zur Entfernung von Kalk? Überlegen Sie, auf welche Weise sie funktionieren (Tipp: Reaktionsgleichung aufstellen).





## Verständnisfragen zur Wasserhärte: Besprechung und Berechnung

In der betrieblichen Praxis ist die Einteilung in folgende Teil- Wasserhärtearten üblich.

Der zur CH gehörende Anteil an  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  fällt mit den  $\text{HCO}_3^-$  beim Erhitzen über  $60\text{ }^\circ\text{C}$  als schwerlösliche Carbonate aus und bildet fest anhaftende Ablagerungen auf den Anlagenteilen. Man nennt die CH daher auch temporäre Härte.



Da zwei  $\text{HCO}_3^-$  die Ladung von einem  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  ausgeglichen, wird für die Berechnung der CH die  $c(\text{HCO}_3^-)$  durch zwei dividiert. Der darüber hinaus vorliegende Rest-Anteil an  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  bleibt beim Erhitzen gelöst, er bildet die NCH und wird auch permanente Härte bezeichnet.

### **Wasserhärteberechnungen**

**Gesamthärte GH:** entspricht der Konzentration der Calcium- und Magnesium-Ionen

$$GH = c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

**Carbonathärte CH:** erfasst nur den Anteil an Calcium- und Magnesium-Ionen, welcher durch die Hydrogencarbonat-Ionen ausgeglichen wird (dazu äquivalent ist). Wird in der DIN-Norm als Härtehydrogencarbonat bezeichnet.  
(auch temporäre Härte)

$$CH = \frac{c(\text{HCO}_3^-)}{2}$$

**Nichtcarbonathärte NCH:** Das ist der über die Carbonathärte hinausgehende Anteil der Konzentration von  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$ .  
(auch permanente Härte)

$$NCH = GH - CH$$



## Verständnisfragen zur Wasserhärte: Besprechung und Berechnung



Als erstes notieren wir gegeben und gesucht. Ggf. müssen Einheiten umgerechnet werden. Der erste Teil der Lösung ist die Formel des Gesuchten und setzen die gegebenen Werte ein.

### Wasserhärteberechnungen

$$1) \quad \text{geg.: } \begin{array}{l} c(\text{Ca}^{2+}) = 3.5 \text{ mmol/L} \\ c(\text{Mg}^{2+}) = 0.3 \text{ mmol/L} \\ c(\text{HCO}_3^-) = 4.0 \text{ mmol/L} \end{array} \quad \text{ges.: } GH, CH, NCH$$

$$\begin{aligned} \text{Lösung: } \quad GH &= c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{Mg}^{2+}) \\ &= 3.5 \text{ mmol/L} + 0.3 \text{ mmol/L} \\ &= 3.8 \text{ mmol/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CH &= \frac{c(\text{HCO}_3^-)}{2} \\ &= \frac{4.0 \text{ mmol/L}}{2} \\ &= 2.0 \text{ mmol/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NCH &= GH - CH \\ &= 3.8 \text{ mmol/L} + 2.0 \text{ mmol/L} \\ &= 1.8 \text{ mmol/L} \end{aligned}$$



## Verständnisfragen zur Wasserhärte: Besprechung und Berechnung



Als erstes notieren wir gegeben und gesucht. Ggf. müssen Einheiten umgerechnet werden. Bei jeder Titration ist der erste Schritt der Lösung das Aufstellen der Reaktionsgleichung, um den stöchiom. Faktor zu ermitteln. Bei der Wasserhärtebest. ist dieser aber immer 1. An dieser Stelle kann erst nach der gesuchten Größe umgestellt werden oder erst die Werte eingesetzt werden und anschließend umstellen.

Einheiten kürzen.

### Wasserhärteberechnungen

$$\begin{array}{ll}
 2) \quad \text{geg.: } V(\text{Probe}) = 50.0 \text{ mL} & \text{ges.: GH} \\
 \quad \quad V(\text{EDTA}) = 16.3 \text{ mL} & \\
 \quad \quad c(\text{EDTA}) = 0.01 \text{ mol/L} & \\
 \quad \quad t(\text{EDTA}) = 1.057 &
 \end{array}$$

$$\text{Lösung: } GH = c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \quad \text{Diese Metallionen werden mit der Titration ermittelt}$$

$$n_{\text{Probe}} = n_{\text{Maßlösung}} \quad \text{Bekannt aus allg. Titrationsberechnungen}$$

$$n_{\text{Metall-Ion}} = n_{\text{EDTA}} \quad \text{Übertragen auf Bestimmung der Wasserhärte}$$

$$c_{\text{Metall-Ion}} \cdot V_{\text{Metall-Ion}} = c_{\text{EDTA}} \cdot V_{\text{EDTA}} \cdot t_{\text{EDTA}} \quad \Bigg| : V_{\text{Metall-Ion}}$$

$$c_{\text{Metall-Ion}} = \frac{c_{\text{EDTA}} \cdot V_{\text{EDTA}} \cdot t_{\text{EDTA}}}{V_{\text{Metall-Ion}}}$$

$$c_{\text{Metall-Ion}} = \frac{0.01 \text{ mol/L} \cdot 16.3 \text{ mL} \cdot 1.057}{50.0 \text{ mL}}$$

$$c_{\text{Metall-Ion}} = 0.00345 \text{ mol/L} = 3.45 \text{ mmol/L} = GH$$





## Kundenauftrag - Durchführung der Analyse

Um die Gesamthärte Ihrer Probe nun durchführen zu können, nutzen Sie die weit verbreitete Methode der komplexometrischen Titration. Durch Bildung eines Komplexes kann der Gehalt an Metallionen bestimmt werden. Nach DIN-Norm erfolgt die Umsetzung mit dem Chelatbildner EDTA. Die unterschiedlichen Metallionen haben unterschiedliche Affinitäten. Die Komplexbildungskonstanten bei pH 13 betragen 10,7 für  $\text{Ca}^{2+}$  bzw. 8,7 für  $\text{Mg}^{2+}$ . Aus diesem Grund bildet sich als erstes der Ca-EDTA-Komplex. Erst nach vollständiger Umsetzung aller  $\text{Ca}^{2+}$  Ionen, kommt es zur Bildung des Mg-EDTA Komplexes. Sind beide Ionen gelöst, kann keine Bestimmung der einzelnen Konzentrationen erfolgen. Eine Unterscheidung zwischen Calcium und Magnesium erfolgt durch zwei voneinander unabhängige Titrations:

- pH 10: Gemeinsame Titration von  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$
- pH 12: Bei diesem pH fällt  $\text{Mg}^{2+}$  als schwerlösliches  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  aus. Deshalb bei diesem pH Wert nur Calcium erfasst werden.

Hydrogenkarbonat ist in natürlichen Wässern ein anionischer Hauptbestandteil. Bei pH-Werten größer als 8,2 wird  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{CO}_3^{2-}$  umgewandelt. Dieses bildet mit Calcium- und Magnesiumionen schwerlösliche Karbonate. Daher muss  $\text{HCO}_3^-$  vor der Bestimmung von Calcium und Magnesium durch Zugabe von HCl und Auskochen entfernt werden.

Die Durchführung der Titration erfolgt dann folgendermaßen:

### Calcium und Magnesiumbestimmung (Summentitration)

Die Titration wird bei pH 10 durchgeführt. Ein exakt pipettiertes Volumen einer Wasserprobe wird in einen Erlenmeyer Kolben gegeben und mit Aqua dest. auf etwa 100 –150 mL aufgefüllt. Die Probe wird mit einer geeigneten Menge an 0,1 M HCl bis pH 3 angesäuert. Anschließend wird kurz aufgekocht und abgekühlt. Nach Zugabe einer Indikator-Puffertablette und 1 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  konz. wird mit EDTA titriert. Zu Beginn wird schnell titriert. Wenn die Farbe der Lösung beginnt, von rot nach grau-grün umzuschlagen, wird langsamer titriert. Gegen Ende der Titration wird EDTA tropfenweise zugegeben. Der Titrationsendpunkt ist erreicht, wenn der letzte Rotschimmer verschwunden ist und die Lösung strahlend grün ist.

### Calciumbestimmung

Ein exakt pipettiertes Volumen einer Wasserprobe wird in einen Erlenmeyer Kolben gegeben und mit Aqua dest. auf etwa 100 –150 mL aufgefüllt. Die Probe wird mit einer geeigneten Menge an 0,1 M HCl versetzt, erhitzt und abgekühlt. Anschließend werden pro 100 mL Volumen 8-10 Plättchen KOH zugesetzt (Fällung von  $\text{Mg}^{2+}$ -Ionen). Nach Zugabe von Calconcarbonsäure wird sofort mit EDTA titriert. Der Titrationsendpunkt ist erreicht, wenn der letzte Rotschimmer verschwunden ist (bis zur reinen Blaufärbung Lösung).



## Kundenauftrag - Durchführung der Analyse

Sie sind nun gerüstet Ihren Auftrag praktisch umzusetzen und im Labor die Gesamthärte zu bestimmen.

Arbeiten Sie vorausschauend, akkurat, effizient und Ressourcen sparend!

Viel Erfolg

### Arbeitsauftrag:



**21. Überlegen** Sie, welche Lösungen Sie benötigen und **setzen** Sie nur so viel davon **an**, wie Sie in etwa benötigen.

**22. Notieren** Sie alle zugehörigen H- und P-Sätze in Ihrem Laborjournal

**23. Bestimmen** Sie aus Ihrer zuvor genommenen Wasserprobe die Gesamthärte in Dreifachbestimmung.

**24. Dokumentieren** Sie sorgfältig

**25. Fertigen** Sie ein Versuchsprotokoll **an**



## Kundenauftrag - Präsentation der Ergebnisse

Um den Kundenauftrag abzuschließen, haben Ihre Kollegen Ihnen die Ergebnisse aus der Nitrat und Nitrit Bestimmung zu kommen lassen. Sie sind nun für die weitere Interpretation der gesamten Ergebnisse zuständig. Bitte vergleichen Sie abschließend alle ermittelten Parameter mit den Grenzwerten und geben Sie der Architektin abschließend eine Einschätzung, ob das Brunnenwasser der Villa Mutzenbecher den Trinwasserbestimmungen entspricht und ob sie wie gewünscht das Kommando „Wassermarsch“ geben kann.

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Grenzwert TrinkwV	Methode
<b>Physikalisch-chemische Parameter</b>					
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	1,37	0,5	50	DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	<0,005 (+)	0,005	0,5 <sup>6)</sup>	DIN ISO 15923-1 : 2014-07

Arbeitsauftrag für die Präsentierenden:

**26. Vergleichen** Sie alle Ergebnisse mit den zulässigen Grenzwerten der Trinkwasserverordnung.

**27. Fertigen** Sie einen Prüfbericht an aus welchem hervorgeht, ob das Wasser den Anforderungen der Trinkwasserverordnung entspricht.

**28. Präsentieren** Sie Ihr Ergebnis dem Plenum

Arbeitsauftrag für die Beobachter\*innen:

**1. Geben** Sie Ihren Kolleg\*innen eine **konstruktive Rückmeldung** zu den individuellen Präsentationen.

a) Was ist gut gelungen?

b) Was sollte bei einer weiteren Einschätzung besser gemacht werden?



## Reflexion

**Nutzen** Sie zum Beispiel die Reflexionsmethode „Fünf-Finger-Feedback“, um das Lernmodul *Wasser - ohne dich läuft nichts!* zu reflektieren.



Mögliche Reflexionsimpulse	
#1	War Ihnen der Realitätsbezug zum Arbeitsalltag zu jeder Zeit deutlich?
#2	War das Modul in sich stimmig?
#3	Was war Ihr Highlight des Lernmoduls?
#4	Welche Schwierigkeiten ergaben sich beim Erarbeiten der Inhalte?
#5	Hatten Sie ausreichend Zeit für das Erarbeiten der Inhalte?



## Wasser - ohne dich läuft nichts!

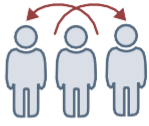








### Lernmodul CTA/Chemielaborant/ Chemietechnik Arbeitsmaterial für Lernende

Das Projekt GESA wird im Rahmen des ESF-Bundesprogramms „Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung befördern. Über grüne Schlüsselkompetenzen zu klima- und ressourcenschonendem Handeln im Beruf – BBNE“ durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit sowie den Europäischen Sozialfonds gefördert.

## Arbeitsmaterial für Lernende (Icons)

Im folgenden Lernmodul werden Sie am Rand Icons finden. Sie sind Erkennungszeichen für eine dahinterliegende Funktion. Des Weiteren werden in einigen Textabschnitten, in kleinen grünen Kästchen, kurze Zusammenfassungen bzw. Anregungen zum Inhalt gegeben.

<b>Icons zur schnelleren Orientierung</b>		<b>Gewerke übergreifendes Arbeiten</b>	
<b>Szenario/ Kundenauftrag</b>		<b>Mate-</b>	
<b>Informationen</b>		<b>Aufga-</b>	
<b>Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung</b>		<b>Denkmalschutz</b>	



## Erläuterungen zu den Icons



Das Icon „**Szenario/Kundenauftrag**“ steht zu Beginn jedes Lernmoduls. Es soll grafisch darstellen, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um das übergreifende Lern- szenario bzw. den Kundenauftrag eines Lernmoduls handelt.



Das Icon „**Information**“ soll grafisch darstellen, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um wichtige Sachinformationen, wie z.B. technische Tabellen, Produkt- und Herstellerangaben, Gesetze, Vorschriften und fachliche Infotexte zur Bearbeitung von Lern- und Arbeitsaufgaben handelt.



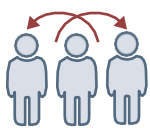
Das Icon „**Aufgaben**“ soll kennzeichnen, dass es sich nebenstehend um eine Lern- und Arbeitsaufgabe handelt, die in Einzelarbeit, zu zweit oder im Team bearbeitet werden kann. Mögliche Schüler\*innenantworten werden in Rot ergänzt.



Das Icon „**Material**“ soll darauf verweisen, dass z.B. Grafiken, Protokollvorlagen oder Grundrisse zur Bearbeitung der Aufgaben beitragen.



**Berufliche Bildung für nachhaltige Entwicklung (BBNE):** Das Icon steht für Inhalte, die einen besonderen und unmittelbaren Bezug zu BBNE haben. Unter BBNE wird folgendes verstanden: „BBNE ist eine berufliche Bildung zu zukunftsfähigem Denken und Handeln in beruflichen, betrieblichen, gesellschaftlichen und privaten Kontexten, die es ermöglicht die Auswirkungen des eigenen beruflichen Handelns auf die Welt zu verstehen und verantwortungsvolle Entscheidungen zu treffen.“



Das Icon „**Gewerke übergreifendes Arbeiten**“, verweist darauf, dass die nebenstehenden Textinhalte im unmittelbaren Zusammenhang mit Gewerke übergreifender Zusammen- arbeit stehen. Darunter wird verstanden, dass sich Handwerker\*innen aus unterschied- lichen Gewerken (z.B. Elektriker\*in und Tischler\*in) abstimmen müssen. Zur fachgerech- ten Umsetzung müssen Absprachen über sogenannte Schnittstellen geführt werden.



Das Icon „**Denkmalschutz**“ soll ausdrücken, dass es sich bei der nebenstehenden Textstelle um besondere Anforderungen handelt, die mit dem Denk- malschutz verbunden sind. Eine wesentliche Herausforderung besteht darin, die Ge- bäudeausstattung im Sinne des Denkmalschutzes zu erhalten, d.h. sie nahe dem ur- sprünglichen Zustand wiederherstellen.





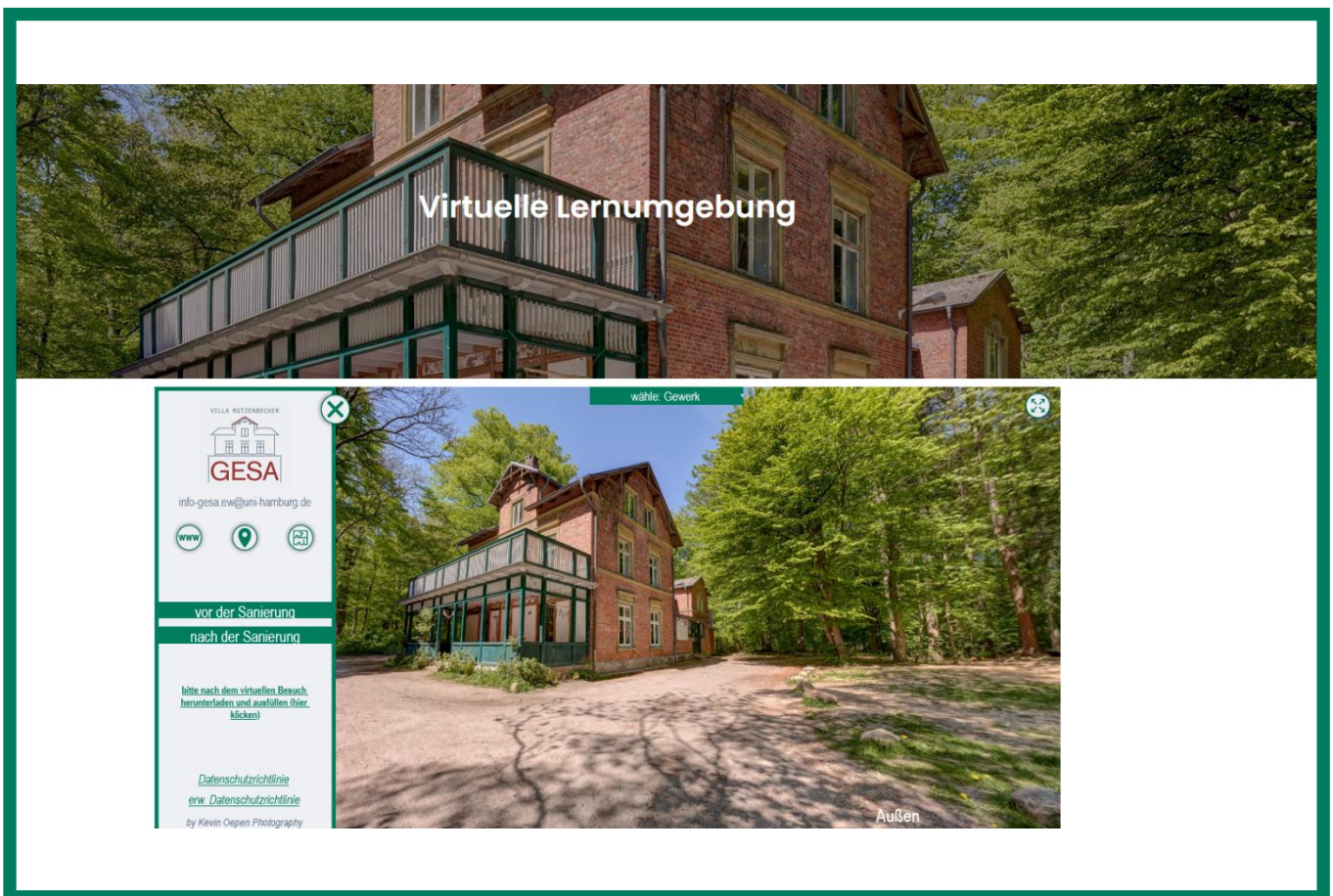
## Begehung der Villa Mutzenbecher

Obwohl die Villa Mutzenbecher seit 2007 unter Denkmalschutz steht, kam es 2012 zur Diskussion darüber, ob die Villa abgerissen werden sollte. Insbesondere die Frage nach dem Nutzen und den zu erwartenden Sanierungskosten wurde kontrovers diskutiert. Sie möchten sich selbst ein Urteil zum Denkmalwert bilden und schauen sich die Villa genauer an.



### 3D-Rundgang

Starten Sie den [3D-Rundgang](#) und schauen Sie sich sämtliche Räume an. Achten Sie besonders auf bauliche Details der Villa Mutzenbecher, die heute nicht mehr üblich sind.





## Begehung und Bestandsaufnahme der Villa Mutzenbecher

**Lesen** Sie sich die einleitenden Worte der Architektin **durch**.

**Betrachten** Sie ebenfalls das Bildmaterial.

**Machen** Sie sich mit der Villa **vertraut**: **Begehen** Sie die Villa oder **nutzen** Sie hierfür den [virtuellen Rundgang](#).

**Klären** Sie eventuelle Verständnisfragen mit Ihren Kolleg\*innen bzw. der Lehrkraft.

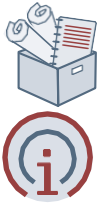
Liebe Labormitarbeitenden,

ich freue mich, dass Sie als Expert\*innen Interesse daran haben, dass die Sanierung der Villa Mutzenbecher schnellstmöglich weiter gehen kann. „Wassermarsch“ würde ich gerne so schnell wie möglich hier auf der Baustelle hören, doch dafür müssen wir sicher sein, dass unser Brunnenwasser auch alle Trinwasser-kriterien erfüllt. Ich bitte Sie alle erforderlichen Parameter selbst zu Prüfen oder die erforderlichen Analysen in Auftrag zu geben.

**Machen** Sie sich bitte soweit mit dem Thema **vertraut**, dass Sie mir abschließend eine fachgerechte Beurteilung zukommen lassen können.

**Ihr Auftrag ist es, eine Einschätzung über die Trinkwasserqualität des Brunnenwassers in der Villa zu geben!**



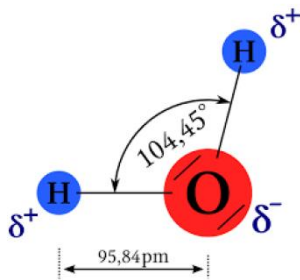


# Wasser: Bau und Eigenschaften

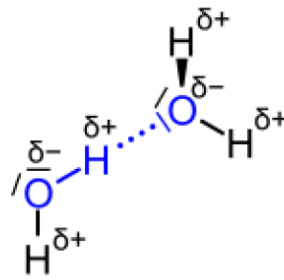
## Bau des Wassermoleküls

Summenformel	Strukturformel	Kugelmodell
H <sub>2</sub> O		

Der Sauerstoff hat die Eigenschaften, die dazu führen, dass er in Verbindung mit Wasserstoff eine negative elektrische Ladung erhält (neg. Partialladung durch freie Elektronenpaare). Die beiden Wasserstoffatome werden dadurch positiv geladen.



Negative und positive elektrische Ladungen ziehen sich an. Dies führt dazu, dass der negative Pol des Sauerstoffs, den positiven Pol des Wasserstoffs eines anderen Wassermoleküls anzieht. Diese Bindung nennt man Wasserstoffbrückenbindung.



→ Dieser Aufbau erklärt alle Eigenschaften des Wassers, welche im Folgenden aufgelistet werden.



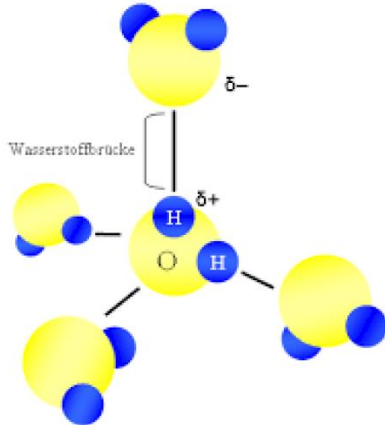
# Wasser: Bau und Eigenschaften



## Allgemeine Eigenschaften von Wasser

### Wasser ist flüssig

Bei Temperaturen zwischen 0 °C und 100 °C ist Wasser flüssig. Da die Durchschnittstemperatur der Erde 15,5 °C beträgt, ist der flüssige Aggregatzustand des Wassers der häufigste auf der Erde. Wasser bildet in diesem Temperaturbereich 4er bis 6er Gruppen, die zusammenhängen (Cluster oder Molekülgruppen). Diese Gruppen bestehen nicht dauerhaft, sondern immer nur für sehr kurze Zeit, da sich die Moleküle im flüssigen Zustand immer bewegen. Dennoch reicht diese kurzfristige Bindung aus, um Wasser flüssig zu halten. Wasser hat wegen der Anziehungskräfte zwischen den Molekülen eine relativ hohe Schmelz- und Siedetemperatur.



### Wasser kann kühlen

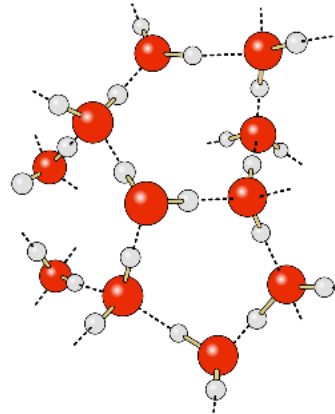
Die Moleküle mit der höchsten Bewegungsenergie und damit höchste Wärme können am schlechtesten in der Flüssigkeit gebunden werden. Sie entweichen dem Wasser in den gasförmigen Zustand und tragen somit ihre Wärmeenergie fort. Das verbleibende Wasser kühlt somit ab.

### Wasser kann verdampfen

Je höher die Wassertemperatur wird, desto heftiger bewegen sich die Moleküle. Bei höheren Temperaturen wird die Bewegungsenergie der Moleküle so hoch, dass keine großen Gruppen mehr gebildet werden können. Es verbleiben einzelne und Doppelmoleküle, welche nun gasförmig sind. Bei 100 °C gehen so viele Moleküle gleichzeitig in den gasförmigen Zustand über, dass das Wasser siedet.

### Wasser kann gefrieren

bilden ein sechseckiges Kristallgitter. Dabei bilden sechs Wassermoleküle einen Ring. Diese Ringe schließen sich über Wasserstoffbrückenbindungen zu größeren Strukturen zusammen. Dabei ist jedes Sauerstoffatom von vier weiteren Sauerstoffatomen umgeben. Diese sechseckige Struktur ist im Großen sehr gut an den Kristallen von Schneeflocken zu erkennen.



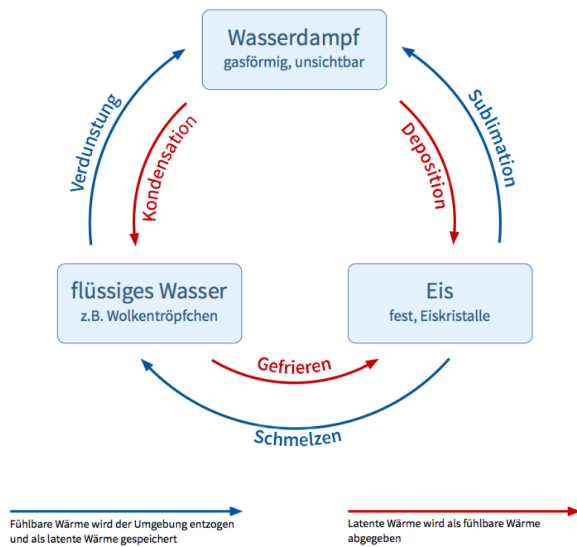


# Wasser: Bau und Eigenschaften



## Allgemeine Eigenschaften von Wasser

### Übergänge zwischen den Aggregatzuständen

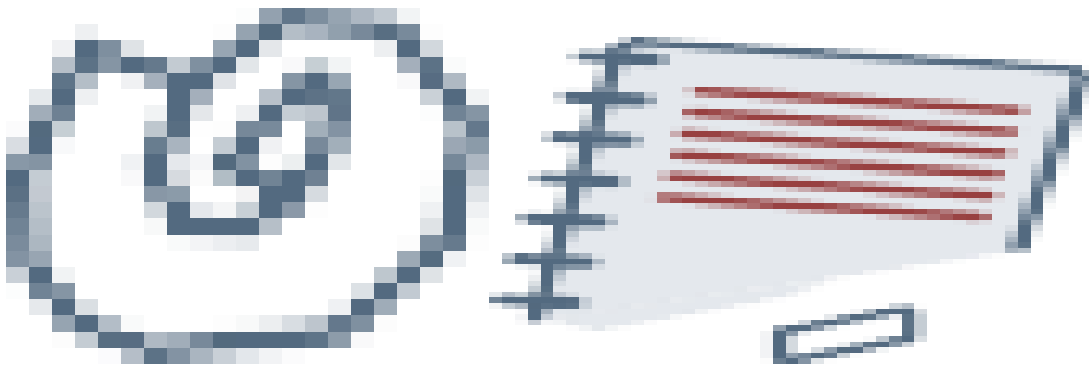


### Wasser hat eine Dichteanomalie

Kältere Stoffe haben in der Regel eine höhere Dichte als wärmere Stoffe. Bei Wasser ist die größte Dichte allerdings bei 4 °C erreicht. Sie beträgt dann \_\_\_ g/mL. Wird das Wasser kälter als 4 °C bilden sich größere Molekülgruppen wie in Abb. 6. Diese Molekülgruppen werden bis zum Gefrierpunkt 0 °C größer und benötigen mehr Platz. Die Dichte nimmt dann also wieder ab. Eis hat eine Dichte von 0,92 g/mL. Darum schwimmt Eis im Wasser.

### Wasser hat eine Oberflächenspannung

Wasser neigt dazu seine Oberfläche zu minimieren und Tröpfchenform anzunehmen, Ursache dafür ist die so genannte Kohäsion durch die Wasserstoffbrückenbindungen der Wassermoleküle untereinander



Auch diese physikalische Eigenschaft wird in der Natur genutzt. Als Beispiel seien nur der Wasserläufer oder die Wasserspinne genannt. Die Oberflächenspannung ist unter anderem abhängig von den im Wasser gelösten Stoffen.

### Wasser kann isolieren

Eis ist Wärme isolierend. So verhindert es den Wärmeaustritt aus zugefrorenen Gewässern, so dass das tiefere Wasser in der Regel flüssig bleibt.





# Wasser: Bau und Eigenschaften



## Allgemeine Eigenschaften von Wasser

### Wasser ist elektrisch leitend

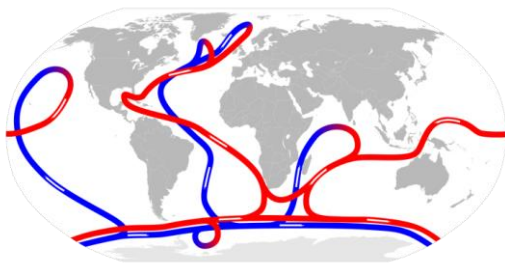
Da Wasser in der Natur niemals in Reinstform vorkommt, beinhaltet es immer gelöste Stoffe welche das Wasser elektrisch leitend machen (Ionen).

### Wasser ist ein Lösemittel

Durch seine Moleküleigenschaft ist Wasser in der Lage Salze und andere Verbindungen, wie z.B. Zucker aufzulösen. Wasser ist sogar in der Lage Gase zu lösen. So löst Wasser kleine Mengen an Sauerstoff. Unsere Ozeane sind ein wichtiges Medium um Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zu binden. So haben die Ozeane ca. 70-mal mehr CO<sub>2</sub> gelöst als in der Atmosphäre als Gas vorliegt. Das Volumen des Wassers steigt dabei kaum an. Die Fähigkeit Stoffe zu lösen ist wichtig für die biochemischen Reaktionen im Stoffwechsel des Körpers

### Wasser ist ein gutes Transportmittel

Als Wärmespeicher ist Wasser ein wichtiges Transportmittel in den Meeresströmungen und in der Atmosphäre. Es ist daher Klima regulierend. Es ist auch ein wichtiges Transportmittel für gelöste Nährstoffe und das wichtigste Medium für den CO<sub>2</sub> – Kreislauf. Natürlich ist es auch ein wichtiges Transportmittel bei der Vermehrung von Lebewesen. Als Beispiel sei der Transport von Duftstoffen aber auch der Transport von Spermien und Eizellen genannt.



### Wasser hat eine hohe Wärmekapazität

Wasser kann Wärme speichern. Unsere Ozeane wie auch unsere Atmosphäre sind ein großer Wärmespeicher

### Wasser ist ein schlechter Wärmeteiler

Als Beispiel seien nur die schwarzen Raucher (vulkanische Quellen) an den mittelozeanischen Rücken genannt. Das ausströmende Wasser hat eine Temperatur von ca. 300 °C. Wenige Meter entfernt misst man aber nur 4 °C.

### Wasser transportiert Schallwellen

Durch die höhere Dichte kann Wasser den Schall schneller und weitertragen als Luft. Diese Eigenschaft ist z.B. für die Kommunikation von Walen und Delfinen wichtig.



# Verständnisfragen: Wasser - Bau und Eigenschaften

## Arbeitsauftrag:



**21. Bearbeiten** Sie die Aufgaben

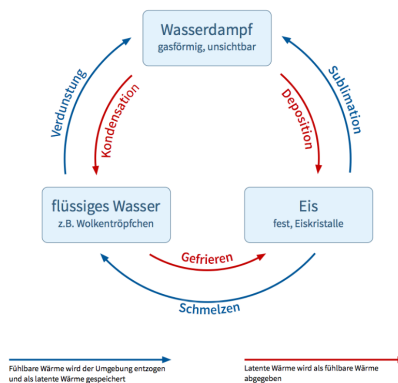
**22. Nutzen** Sie ihr hierzu die Informationen über Bau und Eigenschaften von Wasser.

1. Erkläre die Dichteanomalie des Wassers

2. Welchen Wechselwirkungen unterliegt das Wassermolekül

3. Wie ist die Wärmekapazität von Wasser im Vergleich zu Aceton? Was besagt die Wärmekapazität?

4. Finden Sie Beispiele für die aufgeführten Übergänge der Aggregatzustände.







# Kundenauftrag - Einstieg

Sehr geehrte Hamburg Wasser Mitarbeitende,  
 anbei sende ich Ihnen das Auftragsformular der Villa Mutzenbecher.  
 Ich bitte um schnelle Analyse.

mit freundlichen Grüßen  
 Aquaman

## Formular Auftrag zur Trinkwasseranalyse Hamburger Wasserwerke GmbH



Bitte in Druckschrift (leserlich) ausfüllen

Hamburger Wasserwerke GmbH  
 Trinkwasserlabor  
 Billhorner Deich 2  
 20539 Hamburg  
 Öffnungszeiten: Mo. - Do. 7.30 - 15.00 Uhr  
 Fr. 7.30 - 12.00 Uhr

**Für Rückfragen:**  
 Tel.: 040 / 7888 - 82529  
 Fax: 040 / 7888 - 182529  
 E-Mail: wasserlabor.auftrag@hamburgwasser.de  
 Internet: www.hamburgwasser.de

### Auftraggeber

Vorname *	<input type="text" value="Villa"/>	Für eine schnellere Zustellung des Prüfberichts, geben Sie bitte eine E-Mail-Adresse an. Bei keiner Angabe, erfolgt die Zusendung per Post.
Nachname *	<input type="text" value="Mutzenbecher"/>	
Firma *	<input type="text" value="Mutzenbecher"/>	E - Mail Adresse <input type="text" value="Wassermann@H2O.de"/>
Straße, Hausnummer *	<input type="text" value="Bondenwald 110a"/>	Telefonnummer * <input type="text" value="040/-----"/>
PLZ, Ort *	<input type="text" value="22453"/> <input type="text" value="Hamburg"/>	Faxnummer <input type="text" value="040 / -----"/>

Entspricht der Auftraggeber dem Rechnungsempfänger?  
 Sollte der Rechnungsempfänger abweichen, geben Sie dies bitte in dem Bemerkungsfeld (Seite 3) an.  
 Bitte beachten Sie, dass dieser dem Handelsregistereintrag entspricht (Rechnungskorrekturen sind kostenpflichtig).  
 Ja  Nein

**Hiermit beauftrage/n ich/wir Sie mit**  
 (bitte zutreffendes auswählen)

Bitte beachten Sie: Eine Beurteilung der Ergebnisse gemäß TrinkwV ist nur möglich, wenn die Probenahme durch das Labor erfolgt.

Probenahme durch Kunden und Analyse durch Labor
  Probenahme und Analyse durch Labor

**Untersuchungsumfang**

<input type="checkbox"/> <b>Untersuchung nach TrinkwV (Kaltwasser)</b> (Koloniezahl, E. coli/ coliforme Bakterien, Enterokokken) <b>Unbedingt 2 Flaschen, je Entnahmestelle, befüllen!</b>	<input type="checkbox"/> <b>Hausbrunnen mikrobiologisch</b> (Bitte Anlagen z.B. Aufforderung/ Untersuchungsumfang durch Behörde beifügen)
<input type="checkbox"/> <b>Pseudomonas aeruginosa</b> (Kaltwasser)	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Hausbrunnen chemisch-physikalisch</b> (Bitte Anlagen z.B. Aufforderung/ Untersuchungsumfang durch Behörde beifügen)
<input type="checkbox"/> <b>Legionellen</b> (Warmwasser)	<input type="checkbox"/> <b>Metalle</b> (Blei, Kupfer, Nickel) (Kaltwasser)
<input type="checkbox"/> <b>Legionellen gemäß TrinkwV § 14</b> (Warmwasser) <b>Bestehend aus min. 3 Probenahmestellen <sup>1</sup></b>	<input type="checkbox"/> <b>Erweiterte Untersuchung auf Metalle</b> (Kaltwasser) <b>gestaffelte Stagnation <sup>2</sup></b> (bestehend aus den Proben S0, S1, S2)

<sup>1</sup> Der Nachweis von Legionellen gemäß TrinkwV § 14 ist zwingend verbunden mit einer Probenahme durch die Probenehmer des Labors, min. 3 Probenahmestellen (Vorlauf des Warmwasserspeichers, Rücklauf des Warmwasserspeichers und das Strangende). Bei einer Überschreitung des technischen Maßnahmewertes erfolgt eine Meldung des Labors an das zuständige Gesundheitsamt.

<sup>2</sup> Die erweiterte Untersuchung auf Metalle wird i. d. R. beauftragt, wenn bereits der begründete Verdacht auf erhöhte Bleiwerte besteht. Diese Art der Analyse hilft bei der Bewertung, ob der Grenzwert laut TrinkwV überschritten wird. Die Analyse besteht aus 3 Proben. Die Probenahme nimmt 2-4 Stunden in Anspruch. Eine Auswertung der Ergebnisse kann nur in der Verbindung mit der Probenahme durch das Labor erfolgen.

Formular Trinkwasseranalyse Stand: 09.11.2021

**Formular  
Auftrag zur Trinkwasseranalyse  
Hamburger Wasserwerke GmbH**



Bitte in Druckschrift (leserlich) ausfüllen

**Anschrift der Probenahmestelle**

Bitte beachten Sie: Parameterumfang und Probenahmestelle(n) werden durch den Auftraggeber bei Auftragserteilung festgelegt.  
Bitte nennen Sie uns für die Terminabstimmung und den Tag der Probenahme oder für weitere Rückfragen einen zentralen Ansprechpartner.  
Je detaillierter die Probenahmestellen beschrieben werden (Etage, Richtung, Bewohner, Raum, Armatur), desto eindeutiger können Sie die Analyseergebnisse später zuordnen und eine Verwechslung ausschließen. Eine nachträgliche Ergänzung ist leider nicht möglich.

Bauvorhaben/Objektbezeichnung

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Name Ansprechpartner

Tel.-Nr. Ansprechpartner

Angabe Kunde *			Angabe bei Probenahme durch Kunden			
Probenahmestelle(n) (Bezeichnung) *	Kalt- wasser *	Warm- wasser *	Datum	Uhrzeit	Temp. ° C	Probenahme nach Zweck <sup>3</sup>
Bsp.: 1. OG links, Waschbecken	X		01.01.2020	09:30	12,4	b
1. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
2. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
3. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
4. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
5. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
6. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
7. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
8. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
9. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼
10. <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				▼

Zweck	Wasserqualität	Entfernung von angebrachten Vorrichtungen und Einsätzen	Desinfektion/ Abflammen	Spülung
a	in der Hauptverteilung	Ja	Ja	Ja
b	an der Entnahmearmatur	Ja	Ja	Nein (minimal)**
c	wie es verbraucht wird	Nein	Nein	Nein
d	nach zufälliger Stagnation	Nein	Nein	Nein
e	nach gestaffelter Stagnation	Nein	Nein	S0 Ja, S1 und S2 Nein

\*\* Nur kurz spülen, um Einfluss der Desinfektion der Entnahmearmatur auszugleichen

Formular  
**Auftrag zur Trinkwasseranalyse**  
**Hamburger Wasserwerke GmbH**



Bitte in Druckschrift (leserlich) ausfüllen

Bemerkung/Anlage: Hier bitte die abweichende Rechnungsadresse angeben

<b>Hinweise</b>	1. Es werden nur Proben entgegengenommen, die in <u>unsere</u> dafür vorgesehenen Flaschen abgefüllt wurden.
<b>Probenahme durch Kunden</b>	2. Wenn mehr als 10 mikrobiologische Proben/Analysen beauftragt werden, müssen diese unbedingt vorher im Labor angemeldet werden. Tel.-Nr. Probenannahme: 040 / 7888 - 825 13
<b>Allgemeine Hinweise</b>	3. <b>Rechnungskorrekturen sind kostenpflichtig</b> (15,00 zzgl. MwSt.).
	4. Vergebliche Anfahrten sowie entfallene Probenahmen werden berechnet.

\* Pflichtfelder

Ich wurde darüber informiert, dass die Analyse kostenpflichtig ist. Der Betrag ist nach Zusendung der Analysenwerte und der Rechnung fällig. Um die fachgerechte Entsorgung sicherzustellen, müssen die Flaschen auch dann an die HWW zurückgegeben werden, wenn die Analyse doch nicht durchgeführt werden soll.

01.01.2021
Aquaman
Formular senden  
 Datum und Unterschrift des Auftraggebers (Der Auftrag ist auch mit digitaler Signatur gültig)

Formular Trinkwasseranalyse Stand: 09.11.2021

Seite 3 von 3



Arbeitsauftrag:

**18. Lesen** Sie sich das Auftragsformular aufmerksam durch.



## Kundenauftrag - Wassergüteparameter



Die **Wassergüteparameter** stellen ein wichtiges Kriterium zur Charakterisierung von Wasser dar.

Um eine Aussage über die Qualität des Wassers machen zu können, werden diese zunächst in verschiedene Kategorien eingeordnet, z.B. Trinkwasser, Brauchwasser für landwirtschaftliche Bewässerung, oder technische Prozesse.

An die **Wassergüteparameter** sind spezielle **Anforderungen** gestellt, um die **Grenzwerte** der Trinkwasserverordnung oder Badegewässerrichtlinien **einzuhalten**. Wichtige **Kriterien** sind beispielsweise die **Wassertemperatur**, der **pH-Wert**, die **Leitfähigkeit**, der **gelöste Sauerstoff**, die **Stickstoffverbindungen** und die **Sulfat-** sowie der **Phosphatgehalt**.

### Arbeitsauftrag:



**19. Finden** Sie sich in sieben Expertengruppen zusammen

**20. Recherchieren** Sie zu ihrem ausgehändigtem Wassergüteparameter.

- a) Wassertemperatur, b) pH-Wert, c) Leitfähigkeit, d) gelöster Sauerstoff, e) Sulfat,  
f) Stickstoffverbindungen  $\text{NH}_4^+$ ;  $\text{NH}_3$ ;  $\text{NO}_2^-$ ;  $\text{NO}_3^-$  g) Phosphat

**21. Notieren** Sie sich wichtige Schlagworte.

**22. Erstellen** Sie ein Gruppen-Handout mit den wichtigsten Informationen des Parameters, sowie Möglichkeiten diesen zu bestimmen.

**23. Präsentieren** Sie den anderen Expertengruppen ihren Parameter möglichst eingängig und **verteilen** Sie ihr Handout.

Zur Recherchehilfe kann das Wasser-Glossar der Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz Hamburg eine Hilfe sein.

Sie gelangen direkt über Scannen des QR-Codes zum Glossar.







## Kundenauftrag - Probenentnahme

Sie treffen sich zur Probenentnahme und entnehmen Ihre Proben. Beachten Sie, dass sie alle erforderlichen Parameter, welche noch an Ort und Stelle bestimmt werden müssen, erfassen. Dokumentieren Sie ausführlich und gewissenhaft.



Scannen Sie den QR-Code und nutzen Sie Teil II des Gesetz- und Verordnungsblattes, um später alle wichtigen Angaben zu Ihrer Probe machen zu können.



### Arbeitsauftrag:

**28. Nehmen** Sie das erforderliche Probenmaterial.

**29. Bestimmen** und **dokumentieren** Sie alle veränderlichen Parameter.

**30. Dokumentieren** Sie alle sonstigen erforderlichen Angaben.



## Kundenauftrag - Vorbereitung der Analyse



Im Labor angekommen leiten Sie die Nitrat und Nitrit Bestimmung an die entsprechende Abteilung weiter. Ihre Abteilung ist ausschließlich für die Bestimmung der Gesamtwasserhärte zuständig. Da Sie als neuer Mitarbeitende in dieser Abteilung das erste Mal eine solche Bestimmung vornehmen werden, überlegen Sie noch einmal gründlich, wie das weitere Vorgehen ist. Ihre Probe sowie Ihre Chemikalien sind endlich. Sie sollten daher wissen mit welchen Chemikalien Sie arbeiten und in welchen Mengen Sie diese einsetzen werden.



Arbeitsauftrag:

**31. Informieren** Sie sich mit dem Material zur Wasserhärte.

**32. Notieren** Sie sich wichtige Schlagworte

**33. Bearbeiten** Sie die Verständnisfragen

**34. Besprechen** Sie sich abschließend im Plenum



### Was ist die Wasserhärte

Von den gelösten Inhaltsstoffen im Wasser haben besonders die Kationen der Erdalkalimetalle Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) und Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) unangenehme Wirkungen. Sie führen bei Erwärmung des Wassers zu Kalkablagerungen und bilden beim Waschen mit Seife unlösliche Salze, die die Waschwirkung vermindern. Trinkwasser und industriell verwendetes Brauchwasser wird deshalb mit einer Maßzahl für den Gehalt an Erdalkalitionen, der sogenannten Gesamthärte, charakterisiert.

#### Definition: Gesamt(wasser)härte

Die Gesamthärte eines Wassers ist die Summe der Konzentration der Erdalkalitionen im Wasser. Sie entspricht im Wesentlichen der  $\text{Ca}^{2+}$ - und der  $\text{Mg}^{2+}$ -Konzentration.

#### Einheit der Wasserhärte

Die Wasserhärte wird in der Einheit mol  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  pro  $1\text{m}^3$  Wasser oder in mmol/L angegeben, z.B.  $1.3\text{ mol/m}^3$  oder  $1.3\text{ mmol/L}$ . Diese wird in der Einheit Deutscher Härtegrad festgelegt ( $^\circ\text{dH}$ : sprich Grad deutscher Härte).

1  $^\circ\text{dH}$  entspricht  $0.179\text{ mmol/L Ca}^{2+}$ - und  $\text{Mg}^{2+}$ -Ionen





## Kundenauftrag - Vorbereitung der Analyse



Für den Verbraucher wird von den Wasserwerken für den allgemeinen Gebrauch die Härte eines Wassers mit einem Härtebereich bezeichnet.

Härtebereich	Härte	Gesamthärte in mmol/L	in °dH
Härtebereich 1	weich	bis 1.5	0 – 7.3
Härtebereich 2	mittel	1.5 – 2.5	7.3 – 14
Härtebereich 3	hart	2.5 – 3.8	14 – 21.0
Härtebereich 4*	sehr hart	über 3.8	über 21.0

\*Der Härtebereich 4 entfällt in Hamburg, da dieser Härtegrad in Hamburg nicht mehr existiert.

### Temporäre (vorübergehende) Härte und permanente (bleibende) Härte

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Wirkungen wird die Gesamtwasserhärte in die **Carbonathärte**, auch *vorübergehende* oder *temporäre Härte* genannt und in die **Nicht-Carbonathärte**, auch als *bleibende* oder *permanente Härte* bezeichnet.

#### Definition: Carbonathärte (temporäre Härte)

Die Carbonathärte (CH) gibt den Anteil der Erdalkaliionen an, der den vorhandenen Hydrogencarbonationen äquivalent (= gleichwertig, entsprechend) ist. Der Name temporäre Härte kommt daher, dass sich dieser Anteil der Erdalkaliionen, insbesondere die  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen, durch Kochen des Wassers mit  $\text{HCO}_3^-$ -Ionen zu wasserunlöslichem Calciumcarbonat abscheidet:



#### Definition: Nichtcarbonathärte (permanente Härte)

Die Nichtcarbonathärte (NCH) ist der Anteil der Erdalkaliionen, der über die  $\text{HCO}_3^-$ -äquivalenten Erdalkaliionenkonzentration liegt. Da diese Härte, die z.B. durch Calciumsulfat hervorgerufen wird, durch das Kochen unverändert bleibt, wird sie als bleibende oder permanente Härte bezeichnet. Sie kann nur auf chemische Weise beseitigt werden.

### Entstehung der Härte

Die Wasserhärte entsteht beim Durchtritt von Wasser durch Böden. Deshalb hängt es stark vom geologischen Untergrund ab, welche und wie viel Härtebildner in Lösung gehen können. Dem entspricht die geografische Verteilung der Wasserhärte.



## Verständnisfragen: Wasserhärte

### Arbeitsauftrag:

**29. Bearbeiten** Sie die Aufgaben

**30. Nutzen** Sie ihr hierzu die Informationen über die Wasserhärte.

1. Erklären Sie mit Hilfe des Textes wieso der durch Kochen ausgefallene Anteil an Erdalkalitionen, als Carbonathärte bezeichnet wird.

2. Aus was setzt sich die Gesamthärte und aus was die Carbonathärte zusammen.

3. Ordnen Sie folgende Wasserarten nach ihrer Härte von weich bis hart zu: Regenwasser, Trinkwasser, dest. Wasser, Mineralwasser.  
Begründen Sie Ihre Entscheidung.

4. Geben Sie Beispiele aus Ihrem Haushalt an, wo die Wasserhärte sichtbar wird.

5. Welche Haushaltstricks kennen Sie zur Entfernung von Kalk? Überlegen Sie, auf welche Weise sie funktionieren (Tipp: Reaktionsgleichung aufstellen).



## Verständnisfragen zur Wasserhärte: Besprechung und Berechnung

In der betrieblichen Praxis ist die Einteilung in folgende Teil- Wasserhärtearten üblich.

Der zur CH gehörende Anteil an  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  fällt mit den  $\text{HCO}_3^-$  beim Erhitzen über  $60\text{ }^\circ\text{C}$  als schwerlösliche Carbonate aus und bildet fest anhaftende Ablagerungen auf den Anlagenteilen. Man nennt die CH daher auch temporäre Härte.



Da zwei  $\text{HCO}_3^-$  die Ladung von einem  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  ausgeglichen, wird für die Berechnung der CH die  $c(\text{HCO}_3^-)$  durch zwei dividiert. Der darüber hinaus vorliegende Rest-Anteil an  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  bleibt beim Erhitzen gelöst, er bildet die NCH und wird auch permanente Härte bezeichnet.

### **Wasserhärteberechnungen**

Gesamthärte GH: entspricht der Konzentration der Calcium- und Magnesium-Ionen

$$GH = c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

Carbonathärte CH: erfasst nur den Anteil an Calcium- und Magnesium-Ionen, welcher durch die Hydrogencarbonat-Ionen ausgeglichen wird (dazu äquivalent ist). Wird in der DIN-Norm als Härtehydrogencarbonat bezeichnet.  
(auch temporäre Härte)

$$CH = \frac{c(\text{HCO}_3^-)}{2}$$

Nichtcarbonathärte NCH: Das ist der über die Carbonathärte hinausgehende Anteil der Konzentration von  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$ .  
(auch permanente Härte)

$$NCH = GH - CH$$



## Verständnisfragen zur Wasserhärte: Besprechung und Berechnung



Als erstes notieren wir gegeben und gesucht. Ggf. müssen Einheiten umgerechnet werden. Der erste Teil der Lösung ist die Formel des Gesuchten und setzen die gegebenen Werte ein.

### Wasserhärteberechnungen

$$1) \quad \text{geg.: } \begin{aligned} c(\text{Ca}^{2+}) &= 3.5 \text{ mmol/L} \\ c(\text{Mg}^{2+}) &= 0.3 \text{ mmol/L} \\ c(\text{HCO}_3^-) &= 4.0 \text{ mmol/L} \end{aligned} \quad \text{ges.: } GH, CH, NCH$$

$$\begin{aligned} \text{Lösung: } \quad GH &= c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{Mg}^{2+}) \\ &= 3.5 \text{ mmol/L} + 0.3 \text{ mmol/L} \\ &= 3.8 \text{ mmol/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CH &= \frac{c(\text{HCO}_3^-)}{2} \\ &= \frac{4.0 \text{ mmol/L}}{2} \\ &= 2.0 \text{ mmol/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NCH &= GH - CH \\ &= 3.8 \text{ mmol/L} + 2.0 \text{ mmol/L} \\ &= 1.8 \text{ mmol/L} \end{aligned}$$



## Verständnisfragen zur Wasserhärte: Besprechung und Berechnung



Als erstes notieren wir gegeben und gesucht. Ggf. müssen Einheiten umgerechnet werden. Bei jeder Titration ist der erste Schritt der Lösung das Aufstellen der Reaktionsgleichung, um den stöchiom. Faktor zu ermitteln. Bei der Wasserhärtebest. ist dieser aber immer 1. An dieser Stelle kann erst nach der gesuchten Größe umgestellt werden oder erst die Werte eingesetzt werden und anschließend umstellen.

Einheiten kürzen.

### Wasserhärteberechnungen

$$\begin{array}{ll}
 2) & \text{geg.: } V(\text{Probe}) = 50.0 \text{ mL} & \text{ges.: } GH \\
 & V(\text{EDTA}) = 16.3 \text{ mL} \\
 & c(\text{EDTA}) = 0.01 \text{ mol/L} \\
 & t(\text{EDTA}) = 1.057
 \end{array}$$

$$\text{Lösung: } GH = c(\text{Ca}^{2+}) + c(\text{Mg}^{2+}) = c(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \quad \text{Diese Metallionen werden mit der Titration ermittelt}$$

$$n_{\text{Probe}} = n_{\text{Maßlösung}} \quad \text{Bekannt aus allg. Titrationsberechnungen}$$

$$n_{\text{Metall-Ion}} = n_{\text{EDTA}} \quad \text{Übertragen auf Bestimmung der Wasserhärte}$$

$$c_{\text{Metall-Ion}} \cdot V_{\text{Metall-Ion}} = c_{\text{EDTA}} \cdot V_{\text{EDTA}} \cdot t_{\text{EDTA}} \quad \Bigg| : V_{\text{Metall-Ion}}$$

$$c_{\text{Metall-Ion}} = \frac{c_{\text{EDTA}} \cdot V_{\text{EDTA}} \cdot t_{\text{EDTA}}}{V_{\text{Metall-Ion}}}$$

$$c_{\text{Metall-Ion}} = \frac{0.01 \text{ mol/L} \cdot 16.3 \text{ mL} \cdot 1.057}{50.0 \text{ mL}}$$

$$c_{\text{Metall-Ion}} = 0.00345 \text{ mol/L} = 3.45 \text{ mmol/L} = GH$$



## Kundenauftrag - Durchführung der Analyse

Um die Gesamthärte Ihrer Probe nun durchführen zu können, nutzen Sie die weit verbreitete Methode der komplexometrischen Titration. Durch Bildung eines Komplexes kann der Gehalt an Metallionen bestimmt werden. Nach DIN-Norm erfolgt die Umsetzung mit dem Chelatbildner EDTA. Die unterschiedlichen Metallionen haben unterschiedliche Affinitäten. Die Komplexbildungskonstanten bei pH 13 betragen 10,7 für  $\text{Ca}^{2+}$  bzw. 8,7 für  $\text{Mg}^{2+}$ . Aus diesem Grund bildet sich als erstes der Ca-EDTA-Komplex. Erst nach vollständiger Umsetzung aller  $\text{Ca}^{2+}$  Ionen, kommt es zur Bildung des Mg-EDTA Komplexes. Sind beide Ionen gelöst, kann keine Bestimmung der einzelnen Konzentrationen erfolgen. Eine Unterscheidung zwischen Calcium und Magnesium erfolgt durch zwei voneinander unabhängige Titrations:

- pH 10: Gemeinsame Titration von  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$
- pH 12: Bei diesem pH fällt  $\text{Mg}^{2+}$  als schwerlösliches  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  aus. Deshalb bei diesem pH Wert nur Calcium erfasst werden.

Hydrogenkarbonat ist in natürlichen Wässern ein anionischer Hauptbestandteil. Bei pH-Werten größer als 8,2 wird  $\text{HCO}_3^-$  in  $\text{CO}_3^{2-}$  umgewandelt. Dieses bildet mit Calcium- und Magnesiumionen schwerlösliche Karbonate. Daher muss  $\text{HCO}_3^-$  vor der Bestimmung von Calcium und Magnesium durch Zugabe von HCl und Auskochen entfernt werden.

Die Durchführung der Titration erfolgt dann folgendermaßen:

### Calcium und Magnesiumbestimmung (Summentitration)

Die Titration wird bei pH 10 durchgeführt. Ein exakt pipettiertes Volumen einer Wasserprobe wird in einen Erlenmeyer Kolben gegeben und mit Aqua dest. auf etwa 100 –150 mL aufgefüllt. Die Probe wird mit einer geeigneten Menge an 0,1 M HCl bis pH 3 angesäuert. Anschließend wird kurz aufgekocht und abgekühlt. Nach Zugabe einer Indikator-Puffertablette und 1 mL  $\text{NH}_4\text{OH}$  konz. wird mit EDTA titriert. Zu Beginn wird schnell titriert. Wenn die Farbe der Lösung beginnt, von rot nach grau-grün umzuschlagen, wird langsamer titriert. Gegen Ende der Titration wird EDTA tropfenweise zugegeben. Der Titrationsendpunkt ist erreicht, wenn der letzte Rotschimmer verschwunden ist und die Lösung strahlend grün ist.

### Calciumbestimmung

Ein exakt pipettiertes Volumen einer Wasserprobe wird in einen Erlenmeyer Kolben gegeben und mit Aqua dest. auf etwa 100 –150 mL aufgefüllt. Die Probe wird mit einer geeigneten Menge an 0,1 M HCl versetzt, erhitzt und abgekühlt. Anschließend werden pro 100 mL Volumen 8-10 Plättchen KOH zugesetzt (Fällung von  $\text{Mg}^{2+}$ -Ionen). Nach Zugabe von Calconcarbonsäure wird sofort mit EDTA titriert. Der Titrationsendpunkt ist erreicht, wenn der letzte Rotschimmer verschwunden ist (bis zur reinen Blaufärbung Lösung).



## Kundenauftrag - Durchführung der Analyse

Sie sind nun gerüstet Ihren Auftrag praktisch umzusetzen und im Labor die Gesamthärte zu bestimmen.

Arbeiten Sie vorausschauend, akkurat, effizient und Ressourcen sparend!

Viel Erfolg

### Arbeitsauftrag:



**31. Überlegen** Sie, welche Lösungen Sie benötigen und **setzen** Sie nur so viel davon **an**, wie Sie in etwa benötigen.

**32. Notieren** Sie alle zugehörigen H- und P-Sätze in Ihrem Laborjournal

**33. Bestimmen** Sie aus Ihrer zuvor genommenen Wasserprobe die Gesamthärte in Dreifachbestimmung.

**34. Dokumentieren** Sie sorgfältig

**35. Fertigen** Sie ein Versuchsprotokoll **an**





## Kundenauftrag - Präsentation der Ergebnisse

Um den Kundenauftrag abzuschließen, haben Ihre Kollegen Ihnen die Ergebnisse aus der Nitrat und Nitrit Bestimmung zu kommen lassen. Sie sind nun für die weitere Interpretation der gesamten Ergebnisse zuständig. Bitte vergleichen Sie abschließend alle ermittelten Parameter mit den Grenzwerten und geben Sie der Architektin abschließend eine Einschätzung, ob das Brunnenwasser der Villa Mutzenbecher den Trinwasserbestimmungen entspricht und ob sie wie gewünscht das Kommando „Wassermarsch“ geben kann.

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Grenzwert TrinkwV	Methode
<b>Physikalisch-chemische Parameter</b>					
Nitrat (NO <sub>3</sub> )	mg/l	1,37	0,5	50	DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Nitrit (NO <sub>2</sub> )	mg/l	<0,005 (+)	0,005	0,5 <sup>6)</sup>	DIN ISO 15923-1 : 2014-07



Arbeitsauftrag für die Präsentierenden:

**36. Vergleichen** Sie alle Ergebnisse mit den zulässigen Grenzwerten der Trinkwasserverordnung.

**37. Fertigen** Sie einen Prüfbericht an aus welchem hervorgeht, ob das Wasser den Anforderungen der Trinkwasserverordnung entspricht.

**38. Präsentieren** Sie Ihr Ergebnis dem Plenum

Arbeitsauftrag für die Beobachter\*innen:

**2. Geben** Sie Ihren Kolleg\*innen eine **konstruktive Rückmeldung** zu den individuellen Präsentationen.

c) Was ist gut gelungen?

d) Was sollte bei einer weiteren Einschätzung besser gemacht werden?



## Reflexion

**Nutzen** Sie zum Beispiel die Reflexionsmethode „Fünf-Finger-Feedback“, um das Lernmodul *Wasser - ohne dich läuft nichts!* zu reflektieren.



Mögliche Reflexionsimpulse	
#1	War Ihnen der Realitätsbezug zum Arbeitsalltag zu jeder Zeit deutlich?
#2	War das Modul in sich stimmig?
#3	Was war Ihr Highlight des Lernmoduls?
#4	Welche Schwierigkeiten ergaben sich beim Erarbeiten der Inhalte?
#5	Hatten Sie ausreichend Zeit für das Erarbeiten der Inhalte?

---

## Literatur

**Ignatowitz, E., Fastert, G. (2017).** *Chemietechnik*. Haan-Gruiten: Verlag Europa-Lehrmittel.

**Klafki, W. (1975).** *Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung*. In: Klafki, W.: *Studien zur Bildungstheorie und Didaktik*. Weinheim: Beltz

**Mortimer, C. E., Müller, U. (2015).** *Das Basiswissen der Chemie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.

**Pohling, R. (2015).** *Chemische Reaktionen in der Wasseranalyse*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

## Besuchte Webseiten zur Recherche

**Wasseranalyse:** [http://www.analytchem.tugraz.at/CHE125/Skriptum\\_CHE124\\_SS2019\\_Wasseranalytik.pdf](http://www.analytchem.tugraz.at/CHE125/Skriptum_CHE124_SS2019_Wasseranalytik.pdf) abgerufen am 31.12.2022.

**Berufsschule:** BS06. (2020). Von <https://www.bs06.de/bildungsangebote/biologie> zuletzt abgerufen am 31.12.2022.

**Wasserglossar:** <https://www.hamburg.de/content-blob/3442560/17eac138e7df5f3b11e2d61205d1efab/data/wasser-glossar.pdf> abgerufen am 31.12.2022.

**Hamburg Wasser:** [https://www.hamburgwasser.de/fileadmin/Redakteur/DOWNLOADS/Labor/Formular\\_Trinkwasseranalyse.pdf](https://www.hamburgwasser.de/fileadmin/Redakteur/DOWNLOADS/Labor/Formular_Trinkwasseranalyse.pdf) abgerufen am 31.12.2022.

**Merkblatt:** [https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil1\\_grundwasserwirtschaft/doc/nr\\_152.pdf](https://www.lfu.bayern.de/wasser/merkblattsammlung/teil1_grundwasserwirtschaft/doc/nr_152.pdf) zuletzt abgerufen am 31.12.2022.

**KMK:** Kultusministerkonferenz. (18. 03 2005). *kmk.org*. Von [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Chemielaborant00-01-13idF19-12-13\\_EL.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Chemielaborant00-01-13idF19-12-13_EL.pdf) abgerufen am 31.12.2022.

**Stadtwerke:** [https://stadtwerke-barmstedt.de/fileadmin/user\\_upload/202207\\_Wasseranalyse.pdf](https://stadtwerke-barmstedt.de/fileadmin/user_upload/202207_Wasseranalyse.pdf) abgerufen am 31.12.2022.

**Umweltbundesamt:** [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5620/dokumente/blag\\_empfehlungen\\_zur\\_ueberwachung\\_von\\_trinkwasserbrunnen.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5620/dokumente/blag_empfehlungen_zur_ueberwachung_von_trinkwasserbrunnen.pdf) abgerufen am 31.12.2022.

**Umweltbundesamt:** [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/gesundes\\_trinkwasser\\_barrierefrei\\_mai\\_2013.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/gesundes_trinkwasser_barrierefrei_mai_2013.pdf) abgerufen am 31.12.2022.