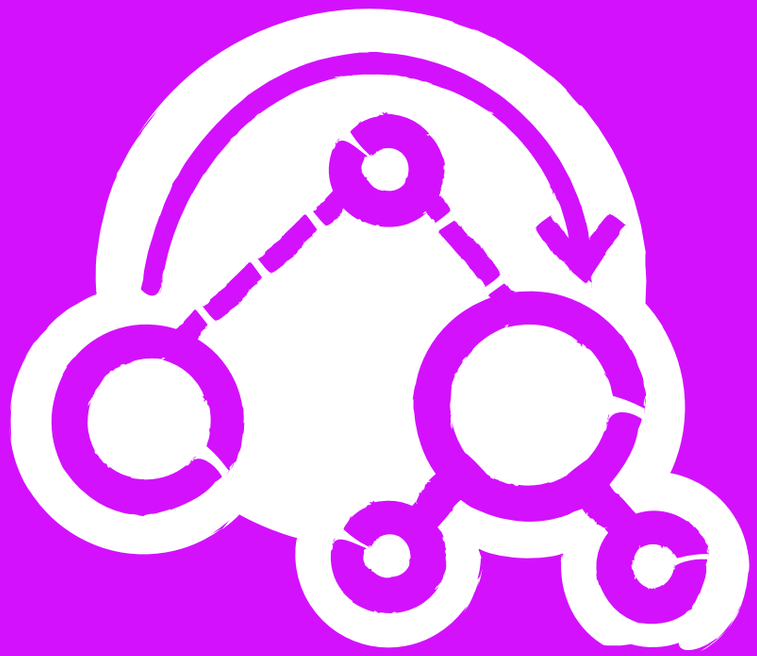


LÖSUNGSBEISPIELE ZUM THEMA

SÄUREN → SAURE WEINGUMMIS

Autor: Katrin Schüßler

Herausgeber: Katrin Schüßler, Markus Emden und Elke Sumfleth

» **TEIL I:** Saure Lösungen (saure Weingummis) .....

» **TEIL II:** pH-Wert (saure Weingummis) .....

» **TEIL III:** Neutralisation (saure Weingummis) .....

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

University of Education

Müller-Reitz-Stiftung

Das erwartet dich hier

Mithilfe des folgenden Textes kannst du etwas über Säuren lernen. Du erfährst, welche Bedeutung die Elektronegativität für die Dissoziation von Säuremolekülen hat. Außerdem wirst du nachvollziehen können, wie polar gebundene Wasserstoffatome als Protonen von Säuremolekülen auf Wassermoleküle übertragen werden, so dass aus einem Proton und einem Wassermolekül ein Oxonium-Ion entsteht. Außerdem kannst du lernen, dass Lösungen, die Oxonium-Ionen und Säurerest-Anionen enthalten, als saure Lösungen bezeichnet werden. Darüber hinaus erfährst du, wie du Wasserstoffatome aus Carboxy-Gruppen und Hydroxy-Gruppen unterscheiden kannst.

Zur Arbeit mit dem Material

Es ist wichtig, dass du dir den folgenden Text aufmerksam durchliest, so dass du möglichst viel lernst. Wenn du zwischendurch zurückblättern möchtest, um etwas noch einmal nachzuschauen oder eine Textstelle noch einmal zu lesen, kannst du dies jederzeit machen.

Der Text besteht aus Abschnitten. Um erfolgreich mit dem Text lernen zu können, solltest du dir am Ende jedes Abschnitts überlegen:

1. Was habe ich in diesem Abschnitt Neues erfahren?

2. Wie passt das, was ich neu erfahren habe, zu dem, was ich vorher schon wusste oder bereits gelesen habe?

3. Welche Fragen habe ich noch?

Lies erst danach den nächsten Abschnitt.

Zum Aufbau des Materials

Am Ende einiger Abschnitte wirst du kleine Aufgaben finden. Schätze zunächst wieder ein, ob du den vorangegangenen Abschnitt verstanden hast und bearbeite danach die Aufgabe. Blättere um, wenn du die Aufgabe so gut wie möglich bearbeitet hast.

Einige Aufgaben kannst du direkt am Bildschirm bearbeiten und deine Lösungen abspeichern. Dieses Symbol verdeutlicht dir, dass du die Lösung direkt in das pdf in das vorgesehene Kästchen schreiben und abspeichern kannst.

Du kannst dir aber auch natürlich einen normalen Schreibblock und einen Stift an die Seite legen und dort all das notieren, was für dein Lernen hilfreich ist. Dann kannst du auch solche Aufgaben bearbeiten, bei denen du etwas zeichnen musst.

Schreib dir am besten immer oben auf die Seite im Schreibblock, welchen Text du dort gerade bearbeitest.

Am Ende jedes Textes erwarten dich zusammenfassende Aufgaben, mit denen du überprüfen kannst, was du gelernt hast. Außerdem gibt es am Ende jedes Textes noch einmal eine Übersicht, in der die wichtigsten neuen Begriffe kurz erklärt werden. Diese Übersicht kannst du auch nutzen, um zu überprüfen, ob du die letzte Aufgabe richtig gelöst hast.

Jetzt geht es los mit

TEIL I: Saure Lösungen (saure Weingummis)

In den Sommerferien verbringen Marie und Anastasia eigentlich jeden schönen Tag im Freibad. Oft treffen sie sich dort noch mit anderen Freunden und Klassenkameraden. Aber manchmal, so wie heute, treffen sie sich auch nur zu zweit.

Als Marie heute im Schwimmbad eintrifft, erwartet Anastasia sie bereits. „Da bist du ja endlich!“, begrüßt Anastasia sie. „Ich bin schon seit zehn Minuten hier und die Typen da drüben unterm Baum haben schon gefragt, ob ich allein hier bin.“

Marie wirft einen kurzen Blick zu den Typen unterm Baum, konzentriert sich dann aber schnell wieder auf Anastasia, damit die Jungs nicht denken, dass sie sich für sie interessiert.

„Tut mir leid, dass ich so spät bin“, entschuldigt Marie sich. „Aber“, fährt sie fort und durchforstet dabei ihre Tasche, „ich war im Supermarkt und habe die hier gekauft!“ Triumphierend präsentiert sie Anastasia die Süßigkeiten, die sie gekauft hat.

SÄUREN → SAURE WEINGUMMIS

TEIL I: Saure Lösungen (saure Weingummis)

Für ihre Schwimmbadbesuche kaufen Marie und Anastasia immer abwechselnd Süßigkeiten, die sie dann gemeinsam essen. Beim letzten Mal hatte Marie Schokokekse dabei. Im Laden hatten sie noch sehr lecker ausgesehen, aber nach zwei Stunden in der Sonne war der Anblick leider gar nicht mehr appetitlich; daher hat sie sich diese Woche für saure Weingummis entschieden.

„Oh, ich liebe die!“, ruft Anastasia begeistert und etwas zu laut. Hoffentlich haben die Jungs unterm Baum das nicht gehört. „Die sind sooo krass sauer.“

Marie öffnet die Packung und bietet Anastasia die Süßigkeiten an, bevor sie selbst ein Weingummi probiert. Noch während sie sich den Zucker von den Fingern wischt, schmeckt sie, dass die Süßigkeiten wirklich sehr sauer sind. Anastasia verzieht das Gesicht beim Kauen und lacht. Auch Marie muss lachen. Vermutlich schneidet sie genauso alberne Grimassen beim Kauen wie Anastasia.

„Jetzt weiß ich, was du meinst“, sagt Marie als sie endlich wieder sprechen kann. „Die sind ja wirklich richtig sauer.“

„Sag‘ ich doch“, lacht Anastasia und wischt einige Zuckerkrümel von ihrem Handtuch.

„Auf der Packung steht zwar, dass die sauer sind, aber normalerweise sind ja auch angeblich saure Süßigkeiten nicht richtig sauer. Ich mein‘, es sind ja Süßigkeiten, also sind die immer irgendwie süß.“

„Was erzählst du denn da?“, fragt Anastasia.

„Ich meine Süßigkeiten sind doch eigentlich immer süß, deshalb heißen sie ja so. Aber diese hier sind extrem sauer.“

„Und jetzt“, unterbricht Anastasia sie, „möchtest du sie deswegen lieber *Saurig*keiten nennen, oder was?“

„Nein“, antwortet Marie und lacht. „Aber wie geht denn das? Das sind Süßigkeiten und da ist ja auch außen Zucker dran und trotzdem schmecken sie nicht nur süß, sondern auch super-sauer.“

„Ach so!“, ruft Anastasia und überlegt kurz. „Keine Ahnung, wie das funktioniert. Aber es funktioniert“, sagt sie und greift erneut in die Tüte. Triumphierend hält sie Marie ein Weingummi unter die Nase: „Trotz Zucker super-sauer!“ Dann steckt sie sich das Weingummi in den Mund und zieht wieder alberne Grimassen, während sie kaut. Auch Marie isst ein weiteres Weingummi, während sie überlegt, wie etwas, das Zucker enthält, so sauer schmecken kann.

„Weißt du“, unterbricht Anastasia Maries Überlegungen, „ich hab noch nie darüber nachgedacht, aber es ist wirklich merkwürdig, dass diese Weingummis so sauer schmecken.“

Da Marie vom Weingummi noch die Zähne zusammenkleben, kann sie nur nicken. Anastasia greift schon wieder nach der Packung. Aber anstatt sich ein weiteres Weingummi zu nehmen, dreht sie die Weingummitüte um und liest sich den Text auf der Rückseite durch.

„Hier steht, dass da unter anderem Citronensäure drin ist ... “, berichtet Anastasia.

In der Zwischenzeit hat auch Marie ihre Zähne vom Weingummi befreit und beugt sich über die Weingummitüte.

„Guck mal, da soll auch noch Äpfelsäure drin sein!“ ruft sie aufgeregt.

„Was soll denn Äpfelsäure sein?“, fragt Anastasia.

„Weiß nicht ... “, überlegt Marie, „ ... vielleicht der Saft von Äpfeln oder so.“

Anastasia wirkt nicht ganz überzeugt: „Und Citronensäure ist dann Zitronensaft?“

Marie nickt.

„Aber Apfelsaft ist doch gar nicht so sauer. Warum sollte man es Äpfelsäure nennen?“, fragt Anastasia nach.

„Keine Ahnung“, gibt Marie zu.

„Klar, Zitronensaft ist voll sauer ... “, überlegt Anastasia weiter, „aber Apfelsaft ...“

Auch Marie überlegt. „Aber die Säfte sind ja alle flüssig. Wie können die dann da drin sein?“, sagt sie und deutet auf die Weingummis.

„Hmm ... vielleicht kann man das irgendwie trocknen ... “, sagt Anastasia.

Marie zuckt mit den Schultern: „Irgendwie merkwürdig.“

„Sind so Säuren nicht auch gefährlich?“, fragt Anastasia.

„Keine Ahnung“, antwortet Marie und zuckt mit den Schultern, „so richtige Säuren sind bestimmt gefährlich. Aber Zitronensaft und Apfelsaft … .“

„Aber hier steht ja nicht Zitronen*saft*!“, unterbricht Anastasia sie, „sondern Citronen*säure* und Äpfel*säure*! Ich glaub’ nicht, dass das das Gleiche ist.“

Marie zuckt mit den Schultern. Auch Anastasia denkt kurz nach. „Weißt du was? Lass uns Robin fragen.“

Robin ist der Freund von Anastasias großer Schwester. Außerdem arbeitet er als Bademeister im Freibad. Als Marie vorhin reingekommen ist, hat sie ihn schon am Nichtschwimmerbecken stehen sehen.

„Warum sollte der so was wissen?“, fragt Marie nach.

„Der hat Chemie-Leistungskurs und gibt auch immer Nachhilfe und so“, antwortet Anastasia.

„Ok“, stimmt Marie zu und wirkt schon fast überzeugt. „Aber meinst du, wir können jetzt einfach so zu ihm hin und ihn fragen?“

„Klar!“, sagt Anastasia überzeugt und schnappt sich die Weingummitüte.

Beschreibe das Problem, das Anastasia und Marie entdeckt haben, bevor du weiter liest.

Gemeinsam gehen Anastasia und Marie zum Nichtschwimmerbecken. Dort berichtet Anastasia Robin von ihrem Problem: „Weißt du, erst haben wir uns gefragt, warum die Weingummis so sauer schmecken können, wenn da Zucker drin ist. Aber dann haben wir gesehen, dass da diese Säuren drin sind: Citronensäure und Äpfelsäure. Dann dachten wir, dass die vielleicht was damit zu tun haben, dass das Weingummi so sauer schmeckt. Aber dann ist uns eingefallen, dass Apfelsaft ja eigentlich flüssig ist. Und Marie meint Apfelsaft und Äpfelsäure sind das Gleiche. Aber ich glaube das nicht“, schließt sie etwas atemlos.

„Wie kann denn etwas, das normalerweise flüssig ist, in den Weingummis drin sein? Die sind doch fest“, fragt auch Marie nach.

„Da habt ihr euch aber ganz schön viele Fragen gestellt“, antwortet Robin und lacht.

„Naja“, nuschelt Marie unsicher.

„Ich kann ja mal versuchen, alle eure Fragen zu beantworten“, beruhigt Robin sie. „Zuerst sollten wir dazu klären, was **Säuren** überhaupt sind.“

„Säuren sind diese Flüssigkeiten aus dem Chemieraum!“, quasselt Anastasia sofort wieder los. „Da sind immer diese Bilder drauf, mit der Flüssigkeit und der verätzten Hand!“

Bild 1: Gefahrensymbol Ätzend

„Säuren findet man *auch* im Chemieraum“, stimmt Robin zu, „aber nicht nur dort. Wie ihr gerade schon gesagt habt, findet man Säuren auch in Lebensmitteln, wie zum Beispiel in euren Weingummis.“

Anastasia ist kurz irritiert. „Aber das sind doch keine richtigen Säuren oder?“, fragt sie nach.

„Äpfelsäure und Citronensäure sind genauso Säuren, wie die Säuren, die du vielleicht aus dem Chemieraum kennst“, korrigiert Robin sie. Anastasia wirkt etwas verunsichert.

„Viele Säuren verfügen über mindestens ein **polar gebundenes Wasserstoffatom** in ihren Molekülen“, erklärt Robin. „Diese polar gebundenen Wasserstoffatome können als **Protonen** beispielsweise auf Wassermoleküle übertragen werden, wenn die Säure in Wasser gelöst wird. Durch diese **Protonenübertragung** entsteht aus einem Proton und einem Wassermolekül ein **Oxonium-Ion**. Durch die Abspaltung der Protonen bilden Säuren in Wasser **saure Lösungen**. Auf Grund dieser Eigenschaft, mit Wasser saure Lösungen zu bilden, werden sie zu einer Stoffklasse zusammengefasst.“

Marie und Anastasia tauschen einen verständnislosen Blick.

„Also, wenn die Moleküle eines Stoffes in Lösung so ein Proton abspalten können, dann entsteht eine saure Lösung und dann bezeichnet man diesen Stoff als Säure?“, fragt Marie nach.

Robin nickt.

„Hmhm“, macht Marie, „und diese Protonen … sind die nicht immer im Kern von den Atomen drin?“

„Das sind diese H^+, oder?“, fragt Anastasia im selben Moment.

Marie sieht Anastasia fragend an.

„Weißt du nicht mehr? Das haben wir doch in Chemie gemacht“, erinnert Anastasia sie. „Manche Stoffe können ein Elektron abgeben und dadurch sind sie dann einfach positiv geladen. Bei Natrium wird dann Na zu Na^+ und so.

Im Kern sind die Protonen und die Neutronen … “

„Also sind die Protonen doch im Kern drin“, unterbricht Marie sie. „Schreibt man dafür nicht immer p^+?“

„Ja, aber jetzt warte doch mal!“, antwortet Anastasia. „Die **Protonen** sind die positiven Teilchen im Kern und dafür schreibt man **p^+** “, fügt sie mit einem Blick zu Marie hinzu. „Im Kern sind außerdem noch die **Neutronen**. Dafür schreibt man **n^0**. Zusammen mit den innen liegenden Schalen und den Elektronen, die sich darauf befinden, bilden Protonen und die Neutronen den Atomrumpf. Außenrum ist dann die Außenschale mit den Außenelektronen. Die **Elektronen** werden mit **e^-** abgekürzt.“

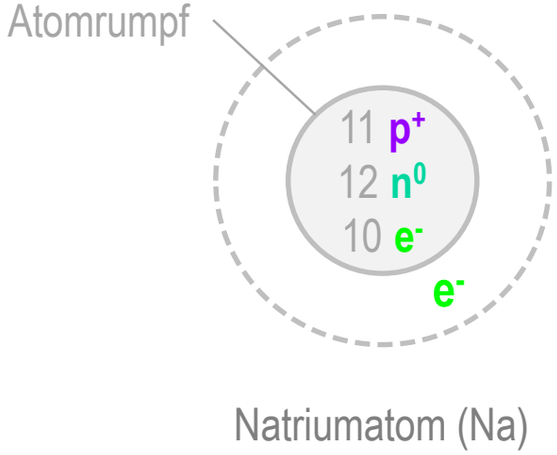


Bild 2: Aufbau eines Natriumatoms

„Ach ja!“, fällt es Marie wieder ein. „Und das Natriumatom kann dieses **Außenelektron** loswerden und dann ist es nur noch Na^+.“

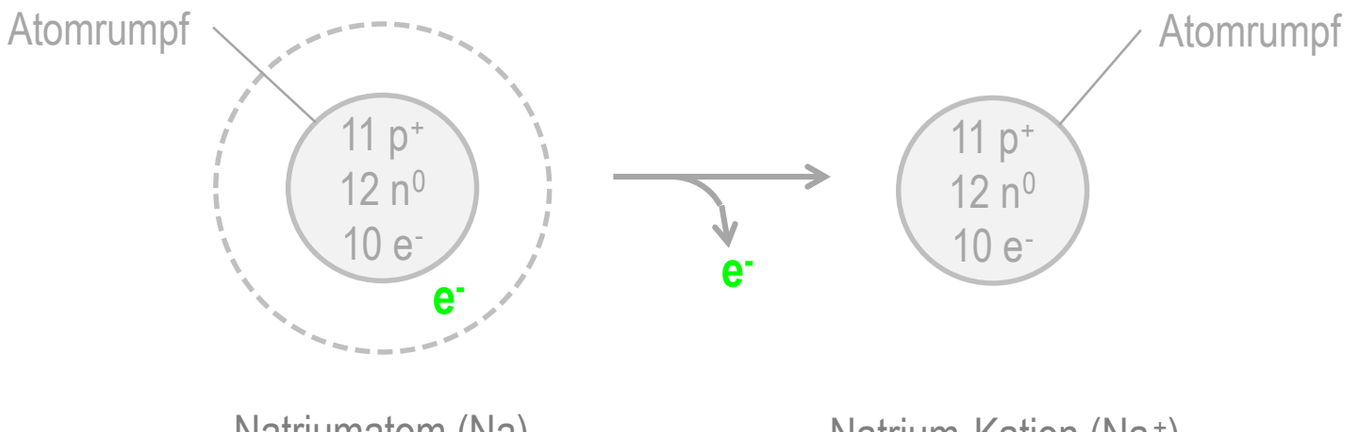


Bild 3: Elektronenabgabe eines Natriumatoms

„Richtig!“, ruft Anastasia. „Und wenn das mit der Abgabe des **Elektrons** bei Wasserstoffatomen passiert, wird aus dem H ein H^+. Und das H^+ heißt dann Proton, oder?“, fragt sie an Robin gerichtet. „Weil ja der Atomkern von Wasserstoffatomen nur aus dem einem **Proton** besteht.“

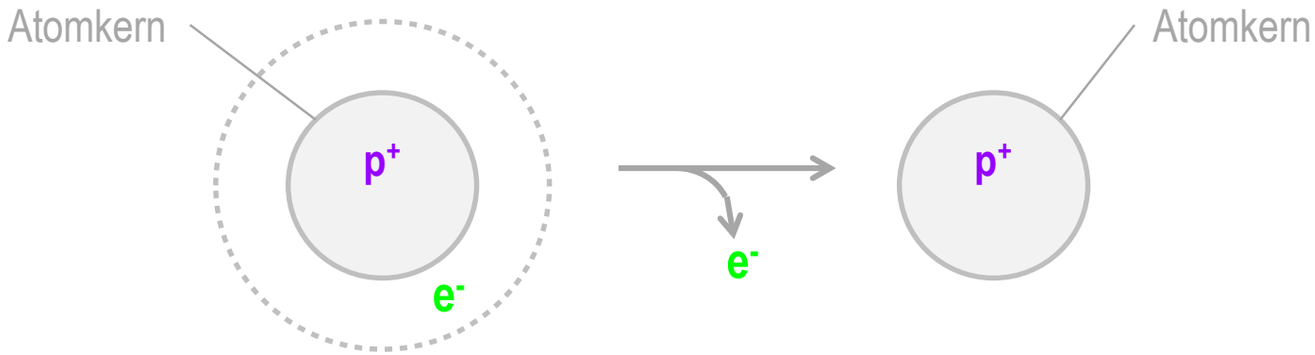


Bild 4: Elektronenabgabe eines Wasserstoffatoms

„Genau“, bestätigt Robin.

„Und diese Säuren“, fragt Anastasia aufgeregt weiter, „die können auch H^+ abgeben?“

„Richtig“, antwortet Robin. „Säuren verfügen über mindestens ein polar gebundenes Wasserstoffatom im Molekül.“

„Das hat mit dieser **Elektronegativitätsdifferenz** zu tun, oder?“, fragt dieses Mal Marie.

Robin kann nur nicken, weil Anastasia schon wieder berichtet, was sie weiß: „Wenn das eine Atom stärker die Bindungselektronen zu sich ziehen kann, es also elektronegativer ist, sagt man, die Bindung zwischen den beiden Atomen ist polar.“

Robin nickt wieder: „Wenn wir uns vorstellen, dass eine Bindung zwischen einem Wasserstoffatom und beispielsweise einem Fluoratom besteht, dann werden die **Bindungselektronen**, die ich hier als e^- zwischen den Atomen dargestellt habe, stärker vom Fluoratom angezogen als vom Wasserstoffatom, da das Fluoratom die höhere **Elektronegativität** hat. In der Abbildung steht **EN** für Elektronegativität.“

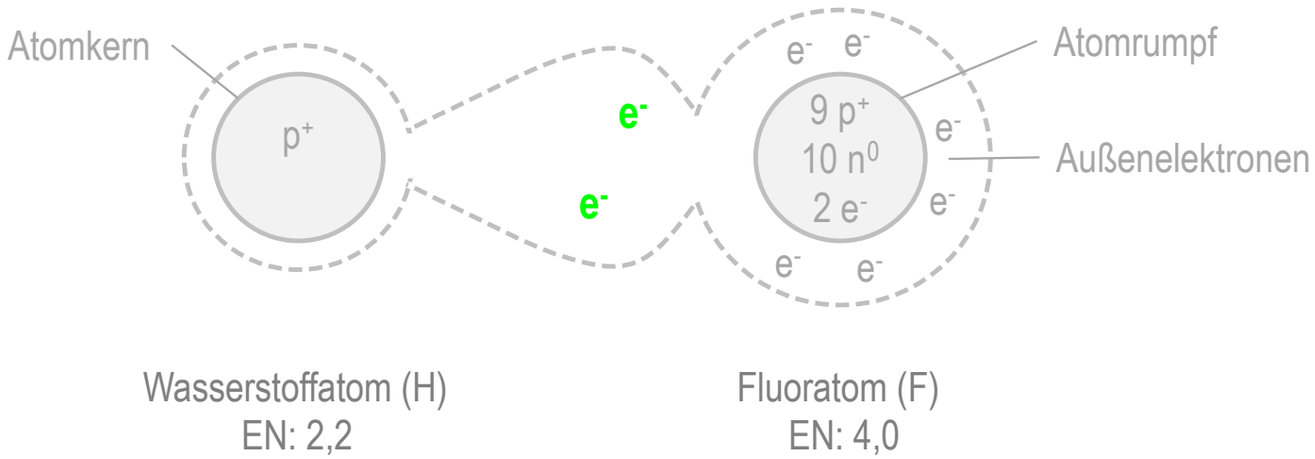


Bild 5: polare Elektronenpaarbindung im Fluorwasserstoffmolekül

„Und das mit der Elektronegativitätsdifferenz an dem H haben alle Säuren?“, fragt Marie.

„Bei den beiden Säuren in euren Weingummis ist das so. Wenn ihr euch die Strukturformeln der Moleküle eurer beiden Säuren anseht, werdet ihr feststellen, dass beide mindestens ein polar gebundenes Wasserstoffatom in ihrem Molekül enthalten.“

„Und diese polar gebundenen Wasserstoffatome können dann als Protonen abgespalten werden?“, fragt Marie wieder nach.

„Also ohne ihr e^-“, ergänzt Anastasia.

„Und dann machen die so eine Lösung sauer?“, fragt Marie weiter.

„Richtig. Die Protonen werden in Lösung abgespalten und dadurch entsteht eine saure Lösung“, bestätigt Robin.

„Wir können uns das ja am Beispiel der Citronensäure mal genauer ansehen“, schlägt Robin vor. „Citronensäuremoleküle haben folgende Strukturformel:“

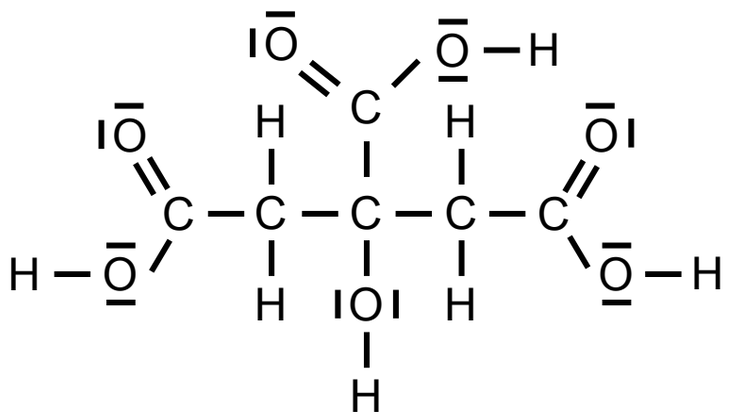


Bild 6: Strukturformel eines Citronensäuremoleküls

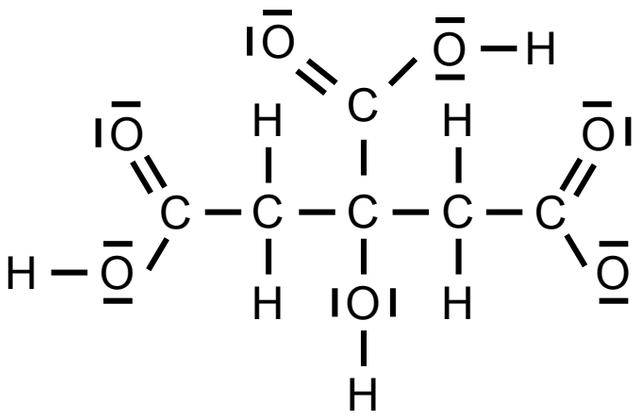
„Da sind aber ganz schön viele Wasserstoffatome“, stellt Marie fest.

„Und ganz schön viele andere Atome“, jammert Anastasia.

„Aber nur einige dieser Wasserstoffatome sind polar gebunden, so dass sie für uns interessant sind“, erklärt Robin. „Und die anderen Atome sind für uns gar nicht so wichtig“, beruhigt er Anastasia.

„Es gibt da doch diesen Wert, ab dem eine Elektronegativitätsdifferenz so groß ist, dass man von einer polaren Atombindung spricht“, quasselt Anastasia schon wieder los.

Robin nickt: „Sagen wir mal ab einer Elektronegativitätsdifferenz von 0,5 sprechen wir von einer polaren Atombindung. Damit ihr entscheiden könnt, welche Bindungen polar sind, gebe ich euch die Elektronegativitätswerte mal an.“



EN(H): 2,2
EN(O): 3,4
EN(C): 2,6

Bild 7: Strukturformel eines Citronensäuremoleküls mit Elektronegativitätswerten

Ermittle, welche Bindungen zu Wasserstoffatomen im Citronensäuremolekül polar sind, und erkläre, wie du zu dieser Einschätzung gekommen bist, bevor du weiter liest.

„Dann … “, überlegt Marie, „ist das Wasserstoffatom da hinten … also das am Sauerstoffatom … polar gebunden. … Zeichnet man dann nicht immer so ein Dreieck als Bindung?“

Anastasia nickt eifrig. „Um zu zeigen, dass die Bindungselektronen näher an dem elektronegativeren Atom liegen. So wie das in dem anderen Bild mit der polaren Atombindung zwischen dem Fluoratom und dem Wasserstoffatom vorhin auch war. Hier beim Citronensäuremolekül liegen die Bindungselektronen näher am Sauerstoffatom, weil das elektronegativer ist.“

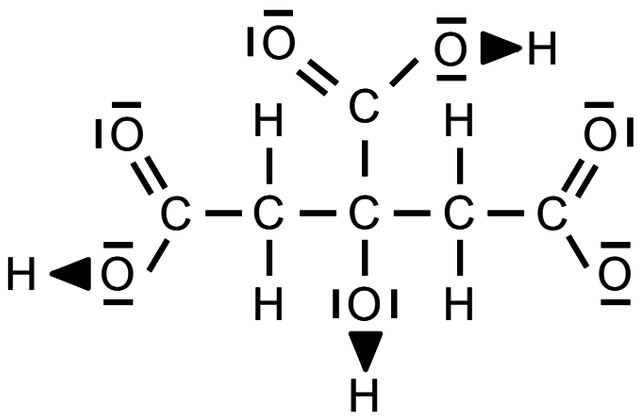


Bild 8: Polare Atombindungen zu Wasserstoffatomen im Citronensäuremolekül

„Und die anderen Wasserstoffatome?“, fragt Anastasia noch mal nach.

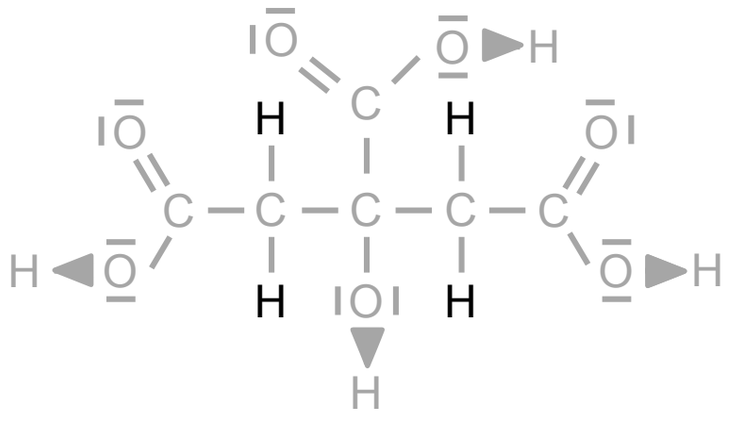


Bild 9: Citronensäuremolekül

„Diese Wasserstoffatome sind alle nur ganz wenig polar gebunden und daher für uns uninteressant“, erklärt Robin.

„Stimmt“, stellt Anastasia nach kurzem Nachdenken fest.

ΔEN(O,H): 3,4 – 2,2 = 1,2 → polare Atombindung
ΔEN(C,H): 2,6 – 2,2 = 0,4 → keine polare Atombindung

Bild 10: Berechnung der Elektronegativitätsdifferenzen

„Also verfügt das Citronensäuremolekül über vier polar gebundene Wasserstoffatome, die es als Protonen abspalten kann?", fragt Anastasia nach.

„In jedem Citronensäuremolekül findest du vier polar gebundene Wasserstoffatome. Das ist richtig. Aber nur drei von diesen vier Wasserstoffatomen werden abgespalten, wenn die Säure beispielsweise in Wasser gelöst wird", korrigiert Robin.

„Wieso das denn?", frag Anastasia irritiert nach.

„Wenn ihr euch das Citronensäuremolekül noch mal genau anseht, werdet ihr feststellen, dass die polar gebundenen Wasserstoffatome immer über ein Sauerstoffatom mit dem Molekül verbunden sind. Dieses Sauerstoffatom ist dann wiederum mit einem Kohlenstoffatom verbunden. Dieser Aufbau ist für alle vier Wasserstoffatome gleich.

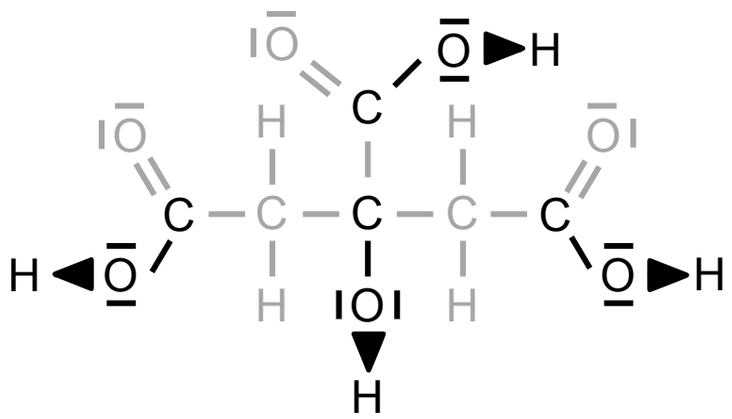


Bild 11: Strukturformel eines Citronensäuremoleküls

Wenn ihr euch aber jetzt die Kohlenstoffatome genauer anseht, werdet ihr feststellen, dass drei von diesen **Kohlenstoffatomen** zusätzlich über eine **Doppelbindung** an ein **weiteres Sauerstoffatom** gebunden sind, während ein Kohlenstoffatom diese Doppelbindung zum Sauerstoffatom nicht aufweist“, erläutert Robin.

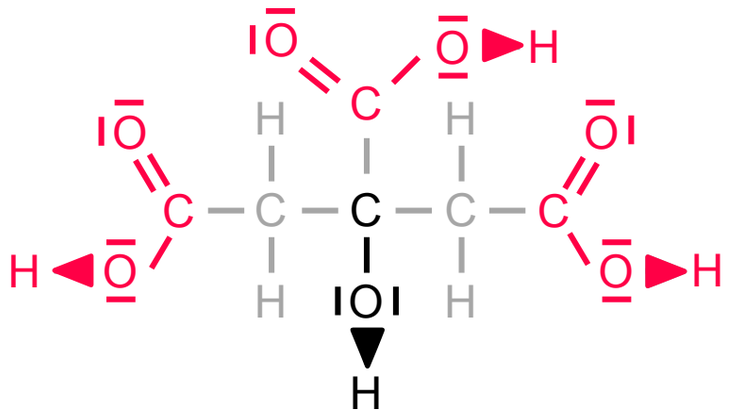


Bild 12: Strukturformel eines Citronensäuremoleküls

„Stimmt”, stellt Marie fest. „Dieses Kohlenstoffatom genau in der Mitte hat keine Doppelbindung zu einem Sauerstoffatom, aber die anderen drei, am Rand, schon.“

„Diese spezielle Anordnung, mit einem **Kohlenstoffatom**, das über eine **Doppelbindung** mit einem **Sauerstoffatom** verbunden ist und gleichzeitig über eine **Einfachbindung** an ein zweites **Sauerstoffatom** gebunden ist, das ein **Wasserstoffatom** bindet, wird als **Carboxy-Gruppe** bezeichnet“, erklärt Robin.

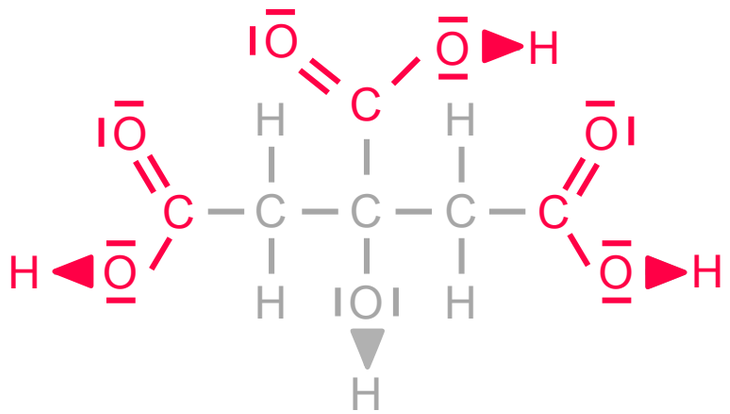


Bild 13: Carboxy-Gruppen im Citronensäuremolekül

„Also wenn das Kohlenstoffatom die Doppelbindung zum Sauerstoffatom hat und noch eine Bindung zu einem zweiten Sauerstoffatom, das dann wieder ein Wasserstoffatom bindet, dann heißt das Carboxy-Gruppe?“, fragt Anastasia.

„Richtig“, bestätigt Robin. „Normalerweise werden bei Molekülen wie dem Citronensäuremolekül nur **Protonen aus Carboxy-Gruppen** in Lösung abgespalten“, erklärt Robin, „also tragen auch nur sie zur sauren Eigenschaft des Stoffes bei.“

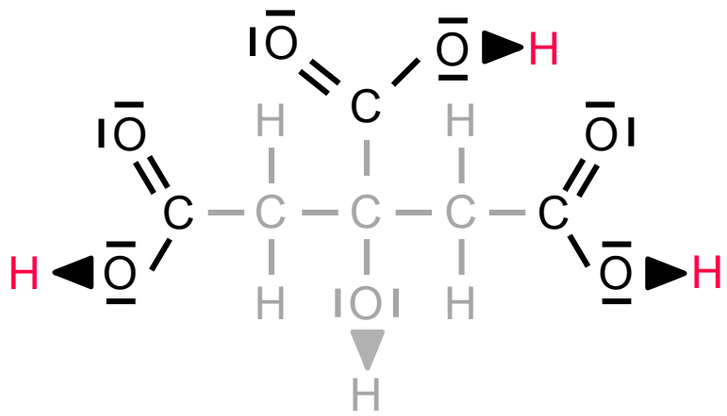


Bild 14: Wasserstoffatome der Carboxy-Gruppen im Citronensäuremolekül

„Aha“, sagt Anastasia und nickt eifrig.

„Und das andere polar gebundene H?“, fragt Marie nach.

„Die Anordnung von **Wasserstoffatom** und **Sauerstoffatom**, die wir unten in der Mitte sehen, wird **Hydroxy-Gruppe** genannt“, setzt Robin an.

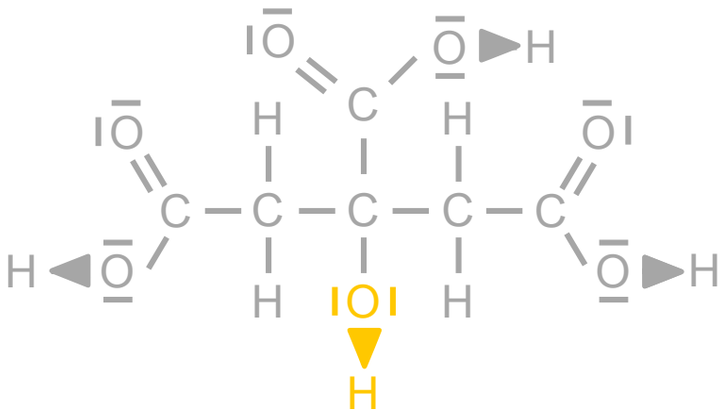


Bild 15: Hydroxy-Gruppe im Citronensäuremolekül

„Also ist ein Sauerstoffatom, an dem ein Wasserstoffatom hängt, so eine Hydroxy-Gruppe?“, fragt Anastasia nach.

„Aber da am Rand – bei diesen anderen dreien – ist doch auch immer ein O und ein H. Sind das dann auch Hydroxy-Gruppen?“, fragt Marie irritiert nach.

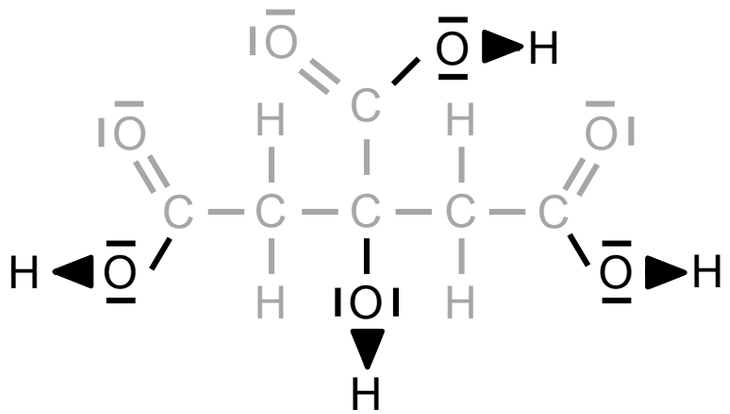


Bild 16: Wasserstoffatome, die an Sauerstoffatome gebunden sind, im Citronensäuremolekül

„Naja“, korrigiert Robin, „sie stehen aber im Gegensatz zu der Hydroxy-Gruppe nicht alleine, sondern bilden zusammen mit dem Kohlenstoffatom und dem zweiten Sauerstoffatom die Carboxy-Gruppe. In der Mitte des Moleküls finden wir dagegen nur das Wasserstoff- und das Sauerstoffatom … “

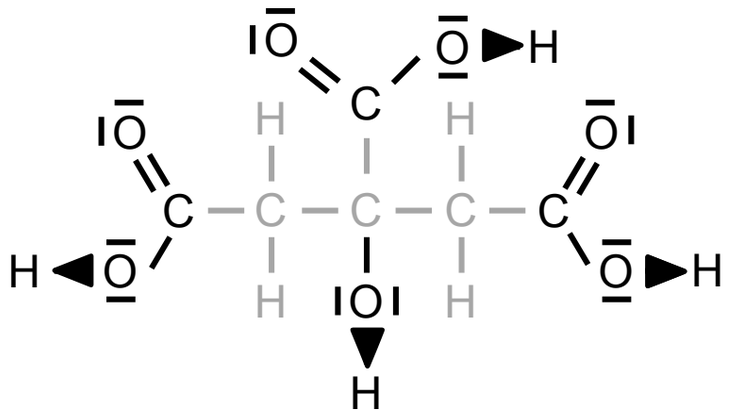


Bild 17: Hydroxy-Gruppe und Carboxy-Gruppen im Citronensäuremolekül

„Und den Kohlenstoff“, beschwert Marie sich.

„Aber das doppelt gebundene Sauerstoffatom fehlt bei dem Kohlenstoffatom in der Mitte“, betont Robin.

„Und das ist so wichtig?“, fragt Anastasia.

„Das ist *hier* wichtig“, bestätigt Robin.

„Je mehr elektronegative Atome an einem Kohlenstoffatom gebunden sind, desto stärker ist die Konkurrenz dieser Atome um die Bindungselektronen. In der Carboxy-Gruppe ziehen zwei Sauerstoffatome Bindungselektronen vom Kohlenstoffatom zu sich. Weil das doppelt gebundene Sauerstoffatom besonders stark an den Bindungselektronen zum Kohlenstoffatom zieht, hat das einfach gebundene Sauerstoffatom fast keine Chance mehr, Bindungselektronen aus der Bindung zum Kohlenstoffatom zu polarisieren. Es zieht daher stärker an den Bindungselektronen zum Wasserstoffatom, so dass die Bindung zwischen Wasserstoffatom und Sauerstoffatom in der **Carboxy-Gruppe** noch stärker polarisiert wird, als sie es in der **Hydroxy-Gruppe** ist.“

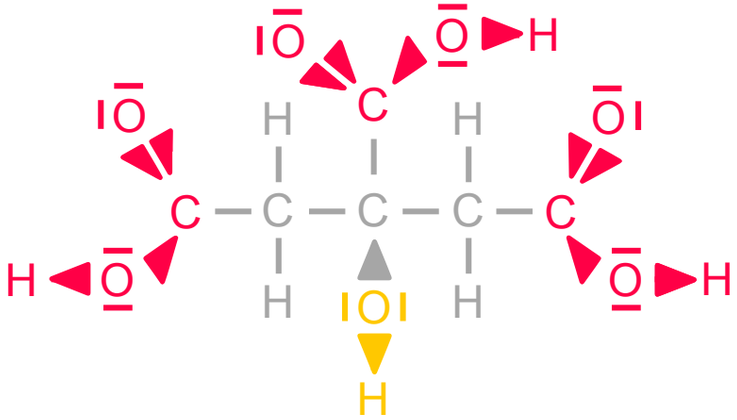


Bild 18: Hydroxy-Gruppe und Carboxy-Gruppen im Citronensäuremolekül

„Also ist das Wasserstoffatom in so einer Carboxy-Gruppe noch polarer gebunden“, überlegt Anastasia, „als bei dieser anderen …“

„Hydroxy-Gruppe“, hilft Marie.

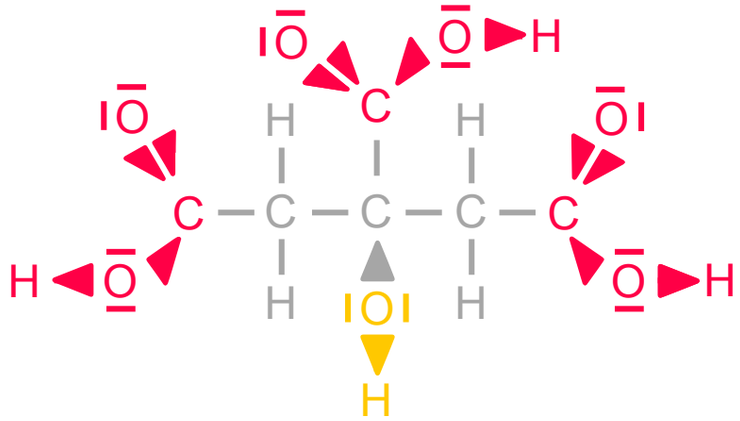


Bild 19: Hydroxy-Gruppe und Carboxy-Gruppen im Citronensäuremolekül

„Richtig“, bestätigt Robin, „In der **Hydroxy-Gruppe** zieht nur ein Sauerstoffatom Bindungselektronen zu sich. Dieses Sauerstoffatom zieht auf der einen Seite an den Bindungselektronen zum Wasserstoffatom, kann aber auf der anderen Seite auch noch an den Bindungselektronen zum Kohlenstoffatom ziehen. Das geht in der **Carboxy-Gruppe** nicht so gut, weil das andere Sauerstoffatom auch an den Bindungselektronen zum Kohlenstoffatom zieht … “

„Also ist die Wasserstoff-Sauerstoff-Bindung in der **Hydroxy-Gruppe** sozusagen nur *normal* polar?“, fragt Anastasia nach. „Weil dort nur das eine Sauerstoffatom zieht? Und in der **Carboxy-Gruppe** ziehen zwei Sauerstoffatome …?“

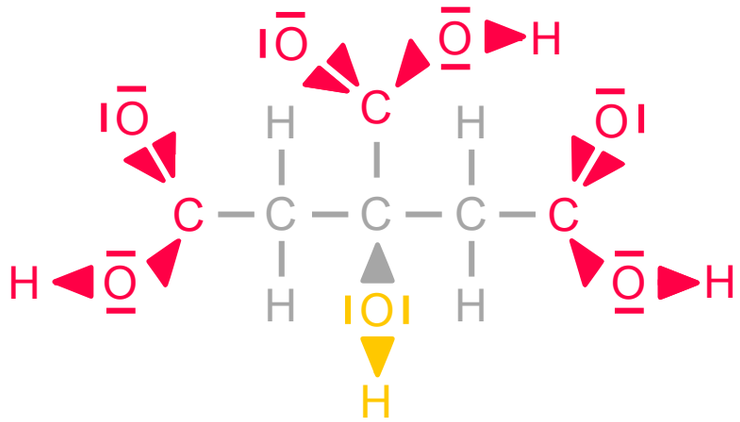


Bild 20: Hydroxy-Gruppe und Carboxy-Gruppen im Citronensäuremolekül

Robin nickt: „Wenn an einem Kohlenstoffatom viele Sauerstoffatome gebunden sind, führt das zu einer stärkeren Konkurrenz um die Bindungselektronen. Dadurch werden Wasserstoff-Sauerstoff-Bindungen noch stärker polarisiert.“

„Dann ist das Wasserstoffatom also besonders polar gebunden, wenn in seiner Nachbarschaft viele elektronegative Atome gebunden sind, die die Elektronen zu sich ziehen? So wie die Sauerstoffatome in der Carboxy-Gruppe?“, fasst Marie noch mal zusammen.

„Richtig“, bestätigt Robin.

„Also können die drei **Wasserstoffatome** hier abgespalten werden“, überlegt Anastasia, „weil sie in Carboxy-Gruppen gebunden sind und die Sauerstoffatome die Bindungselektronen zu sich ziehen …

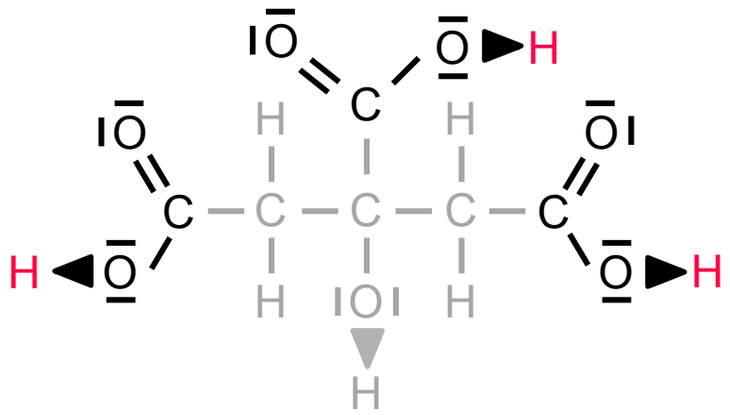


Bild 21: Wasserstoffatome der Carboxy-Gruppen im Citronensäuremolekül

... und das **Wasserstoffatom** da wird nicht abgespalten, weil es nur eine Hydroxy-Gruppe ist und nicht so viele weitere, elektronegative Atome ziehen“, überlegt Anastasia weiter.

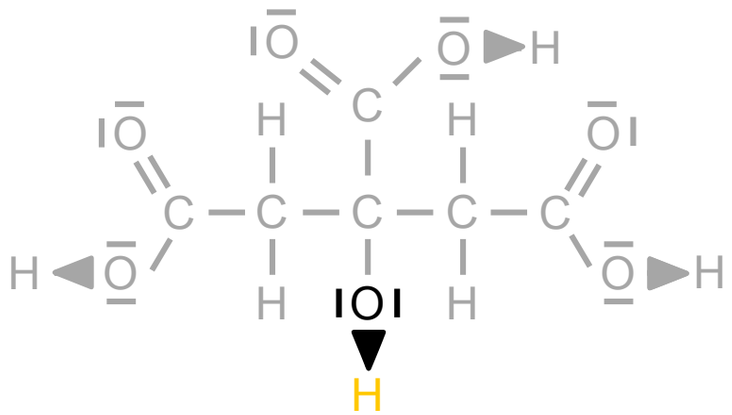


Bild 22: Wasserstoffatom der Hydroxy-Gruppe im Citronensäuremolekül

„... und die anderen Wasserstoffatome sind eh uninteressant, weil die nur so ein ganz kleines bisschen polar gebunden sind“, schließt sie.

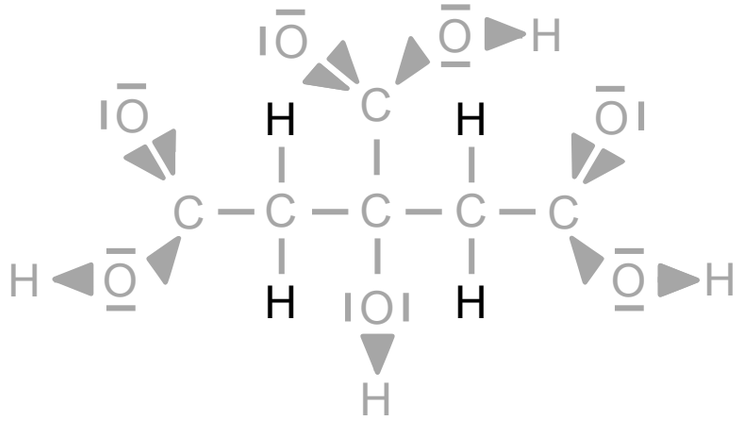


Bild 23: Unpolar gebundene Wasserstoffatome im Citronensäuremolekül

Marie und Robin nicken.

„Ok, das kann ich mir merken“, sagt Anastasia.

„Wenn Citronensäure gelöst wird, werden also nur die drei Wasserstoffatome aus den Carboxy-Gruppen als Proton abgespalten“, wiederholt Robin. „Chemiker bezeichnen diesen Vorgang als **Dissoziation**. Ich zeichne das mal beispielhaft für ein Wasserstoffatom ein. Die **gestrichelte grüne Linie** zeigt, dass dieses Wasserstoffatom abgespalten wird.“

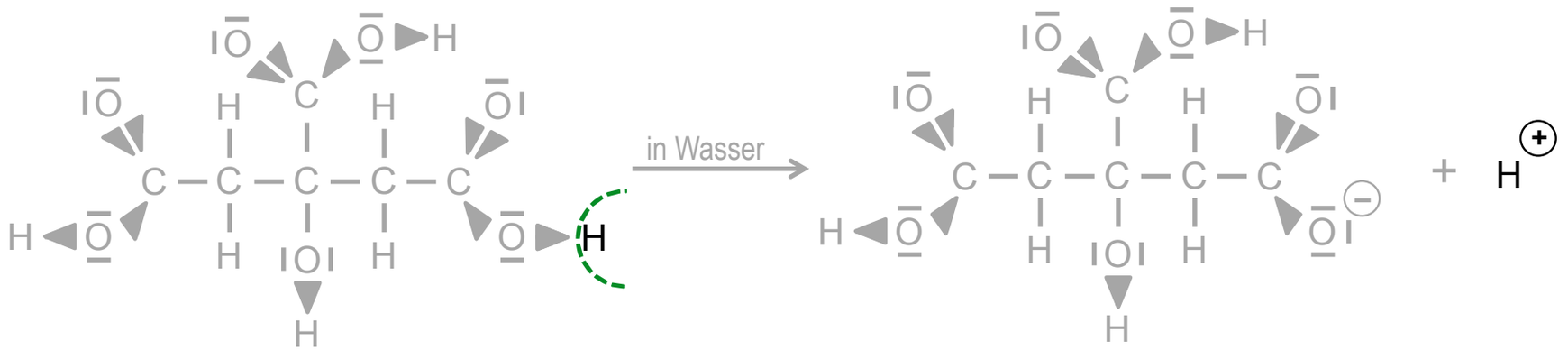
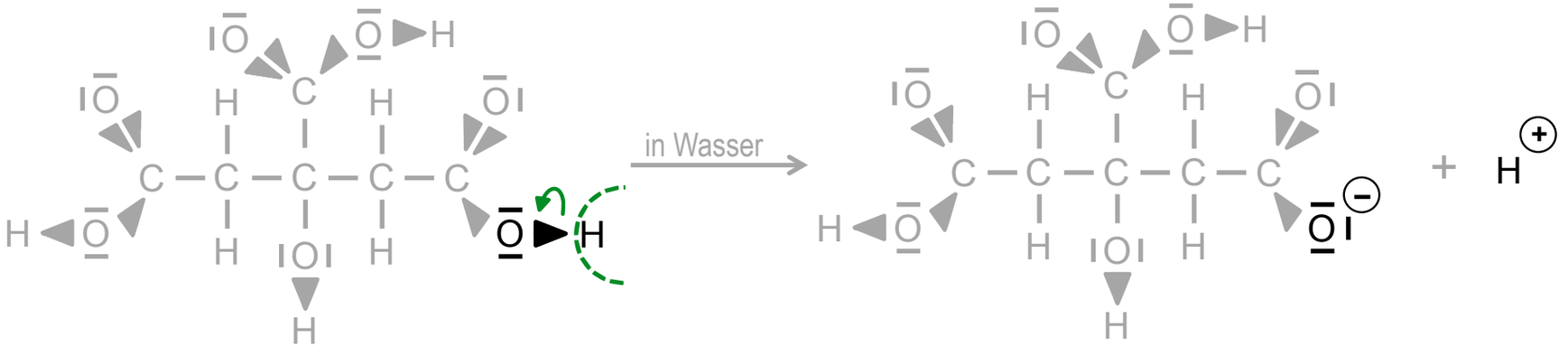


Bild 24: Dissoziation eines Protons aus dem Citronensäuremolekül

„Und die Bindungselektronen bleiben dann beim Sauerstoff?“, fragt Marie nach.

Erkläre, was an der Stelle, an der das Wasserstoffatom als Proton vom Citronensäuremolekül abgespalten wird, mit den Bindungselektronen der Wasserstoffatom-Sauerstoffatom-Bindung geschieht, bevor du weiter liest.

„Genau“, bestätigt Robin. „Man kann hier noch einen **grünen Pfeil** einzeichnen, der veranschaulicht, dass die Bindungselektronen vollständig zum Sauerstoffatom verschoben werden“, erläutert Robin.



Citronensäuremolekül | Citronensäurerest-Anion | Proton

Bild 25: Dissoziation eines Protons aus dem Citronensäuremolekül

„Ist das Sauerstoffatom dann nicht negativ geladen?“, überlegt Anastasia.

„Stimmt. Durch das zusätzliche Elektron aus der Bindung zum Wasserstoffatom ist der sogenannte **Säurerest** ein **Anion**.“

„Das ist dann wie vorhin mit dem Na und dem Na^+ oder?“, fragt Marie nach. „Nur irgendwie anders herum … “

Anastasia sieht sie verwirrt an.

„Naja vorhin haben wir doch gesagt, wenn ein Atom ein Elektron abgibt, wird es dadurch positiv geladen also ein Kation … “, erklärt Marie.

Anastasia nickt.

„Naja und wenn ein Atom, wie hier das Sauerstoffatom, ein Elektron aufnimmt, dann wird es negativ geladen“, erklärt Marie weiter.

„Ach ja!“, ruft Anastasia, „Dieses eine Elektron aus der Bindung gehört ja eigentlich dem Wasserstoffatom, aber weil das als Proton weggeht, bleibt das Elektron beim Sauerstoffatom … “

„Und deswegen ist das dann negativ geladen“, schließt Marie.

„Richtig“, bestätigt Robin und fasst noch mal zusammen: „Das Elektron, das das Wasserstoffatom für die Bindung zur Verfügung gestellt hat, bleibt beim Sauerstoffatom. Das Wasserstoffatom wird dadurch zum Proton und der Säurerest weist eine negative Ladung auf und ist dadurch ein Anion.“

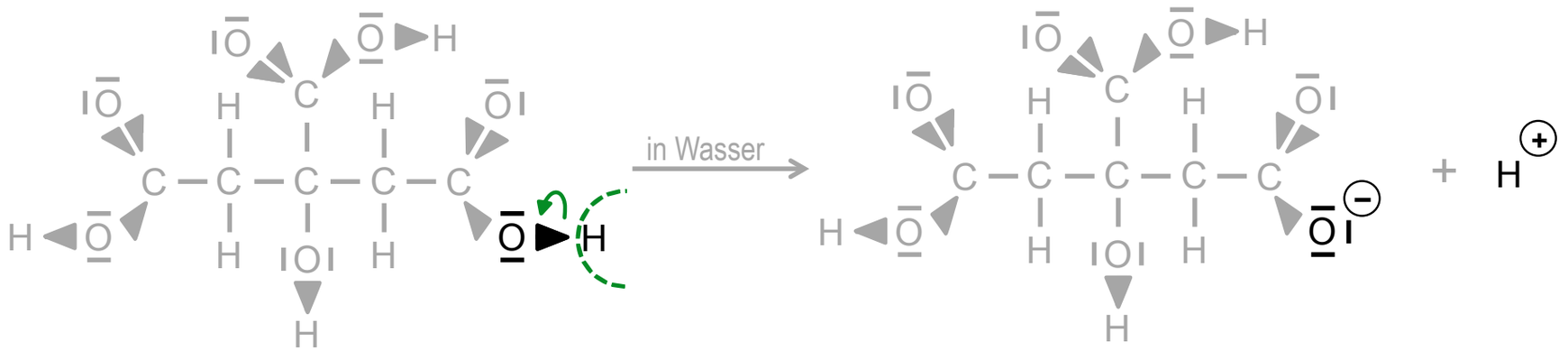


Bild 26: Dissoziation eines Protons aus dem Citronensäuremolekül

„Ok”, stimmt Anastasia zu.

„Probiert doch mal selbst die Dissoziation des Äpfelsäuremoleküls darzustellen“, fordert Robin sie auf.

„Das ist diese andere Säure, die in den Weingummis drin ist, oder?“, überlegt Anastasia.

„Aber wie sieht denn die Strukturformel davon aus?“, fragt Marie.

„Ich zeichne euch die Strukturformel der Äpfelsäure mal hier auf“, antwortet Robin.

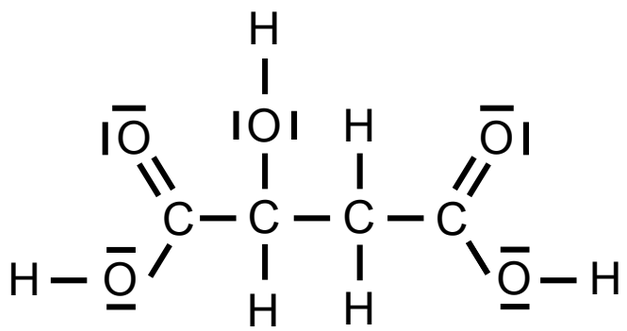
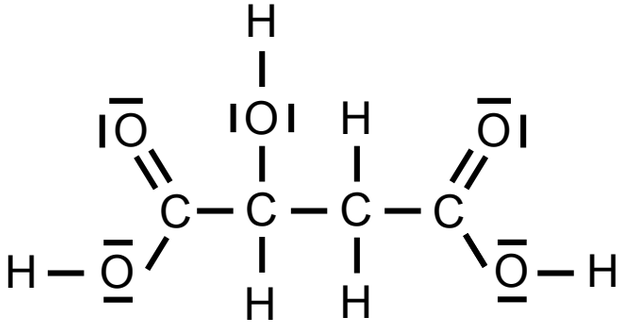


Bild 27: Strukturformel eines Äpfelsäuremoleküls

„Oh nein, das ist ja auch so ein großes Molekül mit so vielen Os und Hs!“, jammert Anastasia als sie Robins Zeichnung sieht.

„Das schaffen wir trotzdem“, motiviert Marie sie.

Ermittle, welche Wasserstoffatome des Äpfelsäuremoleküls in Lösung als Protonen abgespalten werden können. Begründe deine Entscheidung, bevor du weiter liest.



EN(H): 2,2
EN(O): 3,4
EN(C): 2,6

„Ok. Also, da sind viele Wasserstoffatome, aber nur zwei sind in einer **Carboxy-Gruppe**“, überlegt Anastasia.

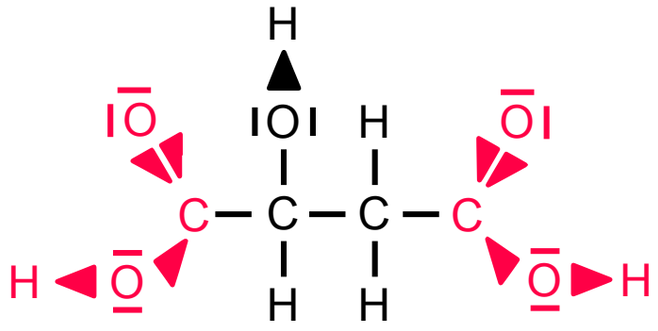


Bild 28: Carboxy-Gruppen im Äpfelsäuremolekül

„Also werden die zwei schon mal abgespalten“, stimmt Marie zu.

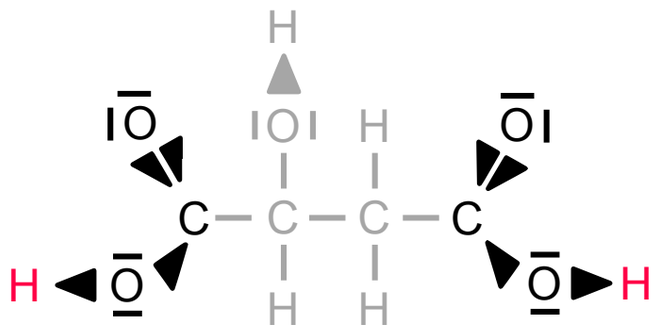


Bild 29: Wasserstoffatome der Carboxy-Gruppen im Äpfelsäuremolekül

„Diese hier sind nicht an ein Sauerstoffatom gebunden, also nur ein bisschen polar“, überlegt Anastasia weiter.

„Da passiert bestimmt nichts“, sagt Marie.

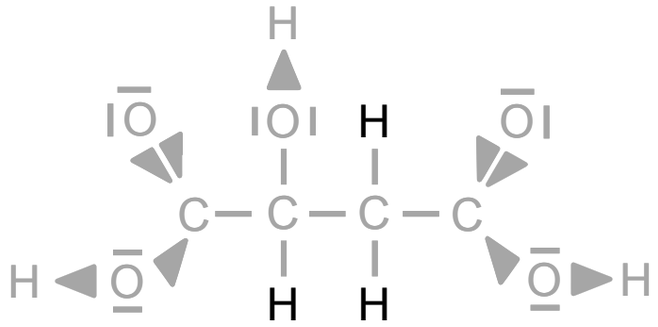


Bild 30: Strukturformel eines Äpfelsäuremoleküls

„Ok“, grübelt Anastasia, „dann bleibt nur noch das Wasserstoffatom da oben. Es ist an ein Sauerstoffatom gebunden, aber es ist keine Carboxy-Gruppe, sondern nur eine **Hydroxy-Gruppe** … “

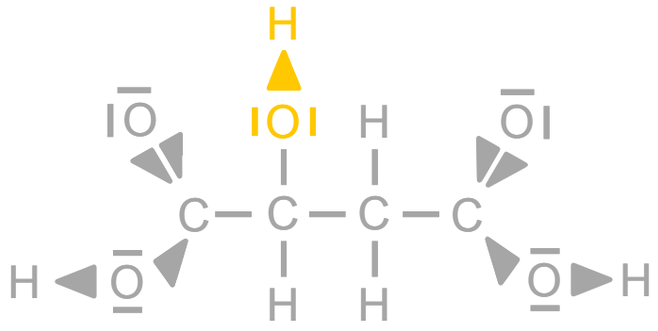


Bild 31: Hydroxy-Gruppe im Äpfelsäuremolekül

„Das ist so wie gerade bei der Citronensäure, da passiert bestimmt auch nichts“, ruft Marie.

Robin nickt zustimmend.

„Dann werden bei der Dissoziation ja auch nur diese beiden **Wasserstoffatome** als Protonen abgespalten“, fasst Anastasia zusammen.

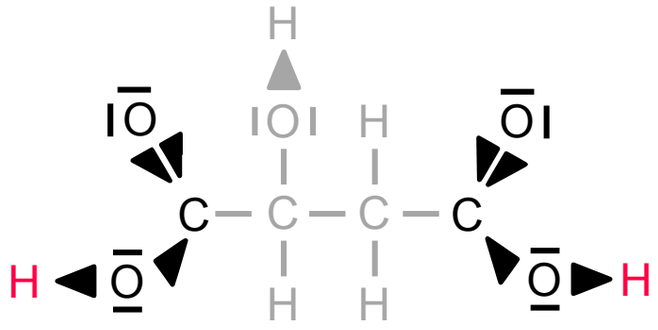
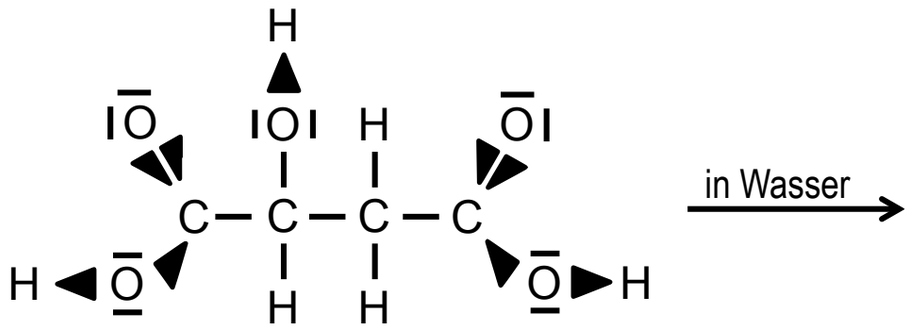


Bild 32: Wasserstoffatome der Carboxy-Gruppen im Äpfelsäuremolekül

„Ich zeichne das mal auf”, sagt Marie und zeichnet schon los.

Ergänze die Gleichung und stelle die Dissoziation der Protonen aus dem Äpfelsäuremolekül dar, bevor du weiter liest.



Äpfelsäuremolekül

Als Marie fertig gezeichnet hat, zeigt sie Anastasia und Robin die Gleichung, die sie aufgestellt hat.

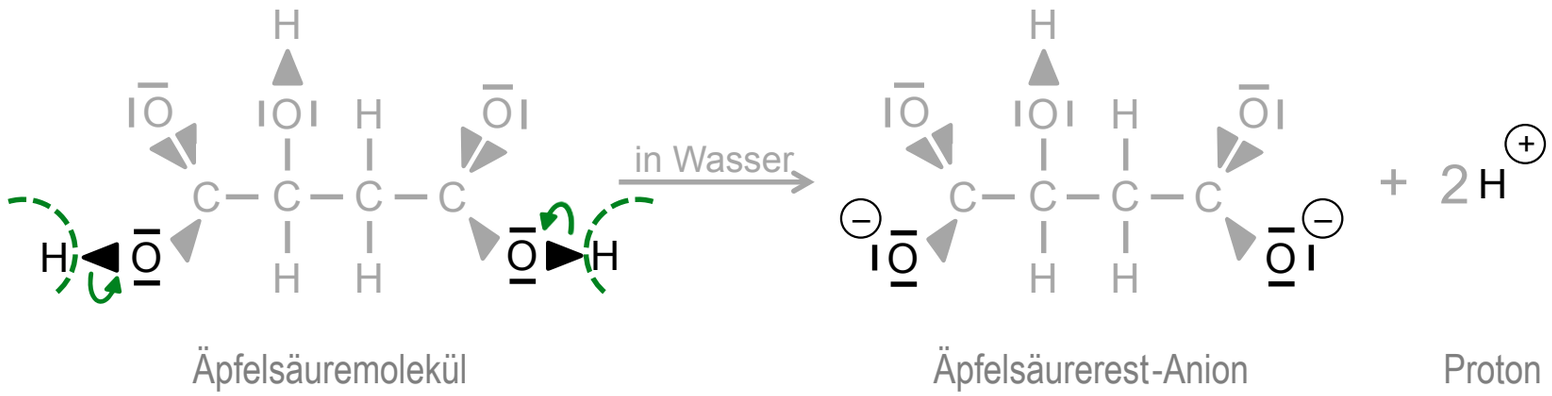


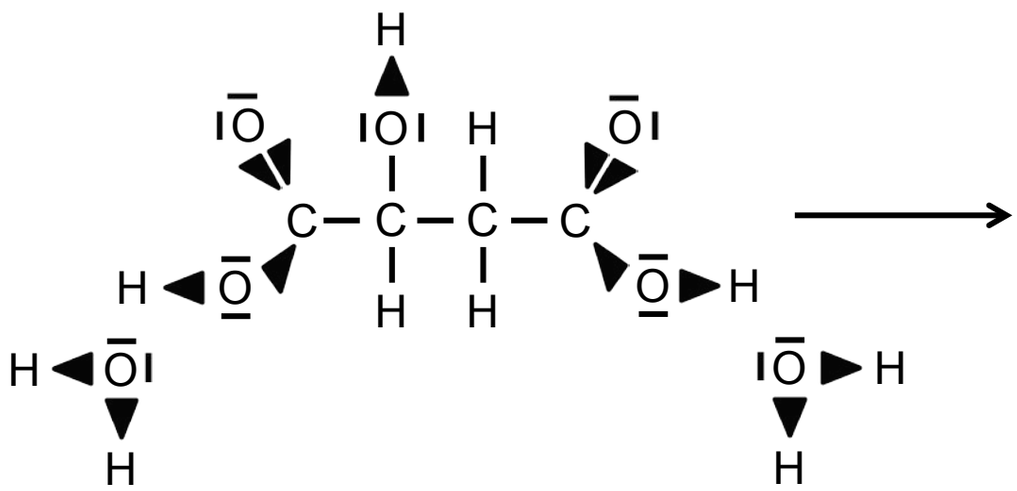
Bild 33: Dissoziation des Äpfelsäuremoleküls

„Richtig“, bestätigt Robin. „Die beiden Wasserstoffatome der Carboxy-Gruppen werden als Protonen abgespalten und sind daher positiv geladen. Der Äpfelsäurerest behält die Bindungselektronen und ist daher zweifach negativ geladen.“

„Und diese Protonen sind dann alleine und machen dadurch die Lösung sauer?“, fragt Marie.

„Durch die Abspaltung der Protonen aus dem Säuremolekül entsteht eine saure Lösung“, erklärt Robin. „Das ist so weit richtig. Allerdings liegen die Protonen nicht so in der Lösung vor, wie wir es gerade dargestellt haben. Wenn Äpfelsäure beispielsweise in Wasser gelöst wird, werden die **Protonen** vom Äpfelsäuremolekül auf Wassermoleküle **übertragen** und bilden mit dem Wassermolekül ein **Oxonium-Ion**.

Ergänze die Gleichung und stelle die Protonenübertragung von einem Äpfelsäuremolekül auf zwei Wassermoleküle dar, bevor du weiter liest.



Wassermolekül Äpfelsäuremolekül Wassermolekül

Die Protonenübertragung wird durch den **grünen Pfeil**, der vom freien Elektronenpaar des Wassermoleküls zum Wasserstoffatom zeigt, angedeutet“, fährt Robin fort.

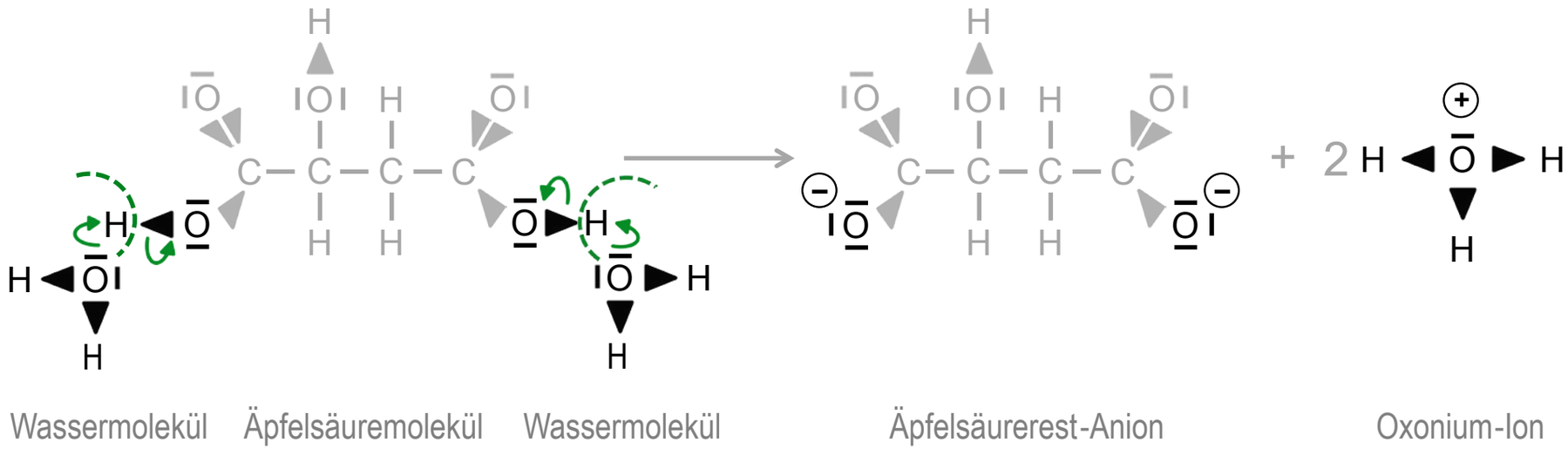


Bild 34: Protonenübertragung

„Also die Wassermoleküle binden die Protonen mit einem ihrer freien Elektronenpaare … und dann entsteht so ein … Oxonium-Ion“, überlegt Anastasia.

„Und trotzdem ist die Lösung dann sauer?“, fragt Anastasia.

„Ja, es handelt sich trotzdem um eine saure Lösung, auch wenn das Proton nicht einzeln in der Lösung vorliegt, sondern an das Wassermolekül gebunden ist“, erklärt Robin. „Die Oxonium-Ionen sind typisch für saure Lösungen.“

„Also haben Säuren dieses polar gebundene Wasserstoffatom“, fasst Marie noch mal zusammen. „Und wenn die Säure in Wasser gelöst wird, wird dieses polar gebundene Wasserstoffatom als Proton vom Säurerest abgetrennt und auf ein Wassermolekül übertragen. Und dadurch entsteht die saure Lösung, weil da Oxonium-Ionen rumschwimmen.“

„Und das schmeckt dann so sauer?“, fragt Anastasia nach.

„Ja. Unser Geschmackssinn für sauer kann feststellen, ob eine Lösung sehr viele Oxonium-Ionen enthält“, bestätigt Robin.

„Aber ist diese Äpfelsäure denn jetzt das gleiche wie Apfelsaft oder nicht?“, fragt Marie. „Ich find ja Apfelsaft schmeckt gar nicht so sauer, sondern eher süß. Auf jeden Fall ist Apfelsaft nicht so sauer wie diese Weingummis.“

„Äpfelsäure ist ein Bestandteil von Apfelsaft. Aber es ist nicht das Gleiche“, erklärt Robin. „In Apfelsaft sind noch viele andere Stoffe enthalten, zum Beispiel auch ziemlich viel Fruchtzucker. Daher schmeckt der Apfelsaft auch anders als reine Äpfelsäure vermutlich schmecken würde. Wenn du Apfelsaft trinkst, nimmst du mindestens zwei Geschmacksrichtungen wahr: süß und sauer. Dadurch entsteht, zusammen mit weiteren Aromastoffen, der Apfelsaft-Geschmack.“

„Und diese Apfelsäure macht die Weingummis so sauer?“, hakt Anastasia nach.

„Richtig. Die Säuren, die in euren Weingummis enthalten sind, sorgen dafür, dass die Weingummis so sauer schmecken.“

„Aber sind diese Äpfelsäure und diese Citronensäure jetzt so richtige Säuren, wie im Chemieunterricht?“, fragt Anastasia wieder.

„Es gibt keine Unterteilung in *richtige* und *unrichtige* Säuren“, erklärt Robin. „Was du vielleicht meinst, sind Säuren, die auch natürlich in Lebensmitteln vorkommen, wie zum Beispiel Citronensäure und Äpfelsäure, und Säuren, die wir vor allem aus den Chemikalienflaschen im Labor kennen.“

Anastasia nickt.

„Natürlich werden verschiedene Säuren für unterschiedliche Zwecke eingesetzt“, fährt Robin fort, „aber prinzipiell sind es alles Säuren. Da gibt es keine extra Unterscheidung in Lebensmittelsäuren und nicht-Lebensmittelsäuren.“

„Aber sind *richtige* Säuren nicht gefährlich?“, fragt Anastasia weiter.

„Von allen Säuren geht eine gewisse Gefahr aus, weil sie die Haut oder die Zähne angreifen können. Wenn man gelegentlich säurehaltige Lebensmittel wie eure Weingummis isst, besteht aber keine direkte Gefahr. Trotzdem sollte man solche Lebensmittel nicht täglich zu sich nehmen, weil die Säuren die Zähne jedes Mal ein bisschen angreifen, so dass mit der Zeit dann doch Schäden an den Zähnen auftreten können.“

„Hmhm“, macht Anastasia und angelt ein Weingummi aus der Tüte und betrachtet es eingehend, bevor sie es in den Mund steckt. Obwohl sie sich wirklich Mühe gibt sich vor Robin zusammenzureißen, zieht sie beim Kauen sofort wieder alberne Grimassen und schüttelt sich.

„Willst du auch?“, fragt Marie Robin und hält ihm die Weingummitüte hin.

„Lieber nicht“, antwortet er. „Hier am Beckenrand darf man eigentlich gar nicht essen.“

„Oh“, macht Anastasia und verschluckt sich fast an ihrem Weingummi.

„Dann gehen wir mal lieber wieder“, sagt Marie und bemüht sich die Weingummitüte unauffällig zu halten, während sie sich umsieht. Anastasia, die immer noch mit ihrem Weingummi kämpft, kann Robin nur kurz winken.

TESTE DEIN WISSEN

TEIL I: Saure Lösungen (saure Weingummis)

Erkläre die folgenden Begriffe kurz in eigenen Worten, bevor du weiter liest:

1) Säuren

2) Protonen

3) Elektronegativität

4) Elektronegativitätsdifferenz

5) polar gebundene Wasserstoffatome

6) Dissoziation

TESTE DEIN WISSEN

TEIL I: Saure Lösungen (saure Weingummis)

7) Säurerest-Anion

8) Protonenübertragung

9) Oxonium-Ion

10) saure Lösungen

11) Carboxy-Gruppe

12) Hydroxy-Gruppe

TESTE DEIN WISSEN

TEIL I: Saure Lösungen (saure Weingummis)

1) **Säuren:**
   Stoffe, deren Moleküle über mindestens ein polar gebundenes Wasserstoffatom verfügen, das beispielsweise auf ein Wassermolekül übertragen wird.

2) **Protonen:**
   Wasserstoff-Ionen, die entstehen, wenn Wasserstoffatome ein Elektron abgeben. Sie werden daher mit H^+ abgekürzt.

3) **Elektronegativität:**
   Fähigkeit eines Atoms Bindungselektronen anzuziehen. Atome verschiedener Elemente unterscheiden sich in ihrer Elektronegativität.

4) **Elektronegativitätsdifferenz:**
   Tritt auf, wenn sich die beiden, an einer Elektronenpaarbindung beteiligten Atome, in ihrer Elektronegativität unterscheiden.

5) **polar gebundene Wasserstoffatome:**
   Wenn die Bindungselektronen zwischen einem Wasserstoffatom und einem elektronegativeren Atom deutlich zu dem elektronegativeren Atom hin verschoben sind, wird die Bindung zum Wasserstoffatom als polar bezeichnet. Solche polaren Bindungen können durch ein Dreieck dargestellt werden, dessen Spitze zum weniger elektronegativen Bindungspartner hindeutet. Viele Säuremoleküle enthalten mindestens ein polar gebundenes Wasserstoffatom.

6) **Dissoziation:**
Die Abspaltung eines polar gebundenen Wasserstoffatoms aus einem Säuremolekül als Proton ist ein Beispiel für eine Dissoziation.

7) **Säurerest-Anion:**
Rest des Säuremoleküls, das nach der Dissoziation übrig bleibt. Säurerest-Anionen sind negativ geladen, da sie an der Stelle, an der zuvor das Wasserstoffatom gebunden war, über ein überzähliges Elektron verfügen, das sich in einem freien Elektronenpaar befindet.

8) **Protonenübertragung:**
Reaktion, die zwischen Säuremolekülen und Wassermolekülen stattfinden kann: Wassermoleküle können mit einem ihrer freien Elektronenpaare ein polar gebundenes Wasserstoffatom eines Säuremoleküls anziehen, so dass das polar gebundene Wasserstoffatom als Proton vom Säuremolekül auf das Wassermolekül übertragen wird. Dabei entsteht aus dem Proton und dem Wasserstoffatom ein Oxonium-Ion.

9) **Oxonium-Ion:**
Positiv geladenes Molekülion, das aus der Verbindung eines Wassermoleküls mit einem Proton entsteht. Es wird mit H_3O^+ abgekürzt.

10) **saure Lösungen:**
Entstehen beispielsweise, wenn Säuren in Wasser gelöst werden, weil Säuremoleküle, wie beispielsweise Citronensäure, polar gebundene Wasserstoffatome abspalten. Saure Lösungen enthalten Oxonium-Ionen.

11) Carboxy-Gruppe:

Eine charakteristische Atomgruppe im Molekül, die aus einem Kohlenstoffatom besteht, das einerseits über eine Doppelbindung mit einem Sauerstoffatom verbunden ist und andererseits über eine Einfachbindung mit einem zweiten Sauerstoffatom verbunden ist, das zusätzlich ein Wasserstoffatom bindet. Das Proton aus der Carboxy-Gruppe kann sich in wässriger Lösung vom Rest des Moleküls abspalten.

12) Hydroxy-Gruppe:

Eine charakteristische Atomgruppe im Molekül, die aus einem Sauerstoffatom besteht, das über eine Einfachbindung mit einem Wasserstoffatom verbunden ist. Ist die Hydroxy-Gruppe nicht gleichzeitig Bestandteil einer Carboxy-Gruppe, werden diese Wasserstoffatome normalerweise nicht als Protonen abgespalten.

SUPER, DAS WAR TEIL I

Zum nächsten Teil:

- **TEIL II:** pH-Wert (saure Weingummis) .....
- **TEIL III:** Neutralisation (saure Weingummis) .....

Das erwartet dich hier

Mithilfe des folgenden Textes wiederholst du, welche Bedeutung die Elektronegativität für die Dissoziation von Säuremolekülen hat. Außerdem wirst du nachvollziehen können, wie polar gebundene Wasserstoffatome als Protonen von Säuremolekülen auf Wassermoleküle übertragen werden, so dass aus einem Proton und einem Wassermolekül ein Oxonium-Ion entsteht. Lösungen, die Oxonium-Ionen und Säurerest-Anionen enthalten, werden als saure Lösungen bezeichnet. Darüber hinaus wiederholst du, wie du Wasserstoffatome unterscheiden kannst, die in Carboxy-Gruppen beziehungsweise Hydroxy-Gruppen gebunden sind.

Außerdem lernst du, dass der pH-Wert die Protonenkonzentration in einer Lösung angibt. Die Protonenkonzentration sagt aus, welche Menge Protonen sich in einem bestimmten Flüssigkeitsvolumen befindet. Je höher die Protonenkonzentration einer Lösung ist, desto niedriger ist der pH-Wert. Wasser hat einen pH-Wert von 7 (neutral). Saure Lösungen weisen pH-Werte von 0 bis 6 auf (sauer).

EINFÜHRUNG

BEVOR DU LOSLEGST, BITTE LESEN

TEIL II: pH-Wert (saure Weingummis)

Zur Arbeit mit dem Material

Es ist wichtig, dass du dir den folgenden Text aufmerksam durchliest, so dass du möglichst viel lernst. Wenn du zwischendurch zurückblättern möchtest, um etwas noch einmal nachzuschauen oder eine Textstelle noch einmal zu lesen, kannst du dies jederzeit machen.

Der Text besteht aus Abschnitten. Um erfolgreich mit dem Text lernen zu können, solltest du dir am Ende jedes Abschnitts überlegen:

1. Was habe ich in diesem Abschnitt Neues erfahren?

2. Wie passt das, was ich neu erfahren habe, zu dem, was ich vorher schon wusste oder bereits gelesen habe?

3. Welche Fragen habe ich noch?

Lies erst danach den nächsten Abschnitt.

Zum Aufbau des Materials

Am Ende einiger Abschnitte wirst du kleine Aufgaben finden. Schätze zunächst wieder ein, ob du den vorangegangenen Abschnitt verstanden hast und bearbeite danach die Aufgabe. Blättere um, wenn du die Aufgabe so gut wie möglich bearbeitet hast.

Einige Aufgaben kannst du direkt am Bildschirm bearbeiten und deine Lösungen abspeichern. Dieses Symbol verdeutlicht dir, dass du die Lösung direkt in das pdf in das vorgesehene Kästchen schreiben und abspeichern kannst.

Du kannst dir aber auch natürlich einen normalen Schreibblock und einen Stift an die Seite legen und dort all das notieren, was für dein Lernen hilfreich ist. Dann kannst du auch solche Aufgaben bearbeiten, bei denen du etwas zeichnen musst.

Schreib dir am besten immer oben auf die Seite im Schreibblock, welchen Text du dort gerade bearbeitest.

Am Ende jedes Textes erwarten dich zusammenfassende Aufgaben, mit denen du überprüfen kannst, was du gelernt hast. Außerdem gibt es am Ende jedes Textes noch einmal eine Übersicht, in der die wichtigsten neuen Begriffe kurz erklärt werden. Diese Übersicht kannst du auch nutzen, um zu überprüfen, ob du die letzte Aufgabe richtig gelöst hast.

Jetzt geht es los mit

TEIL II: pH-Wert (saure Weingummis)

Anastasia und Marie liegen im Freibad auf ihren Handtüchern in der Sonne. Beide tragen riesige Sonnenbrillen, hinter denen sie unbemerkt andere Schwimmbadbesucher beobachten können. Marie stellt fest, dass einer diese drei Typen da vorne unterm Baum schon wieder rüber guckt. Als sie Anastasia gerade darauf aufmerksam machen will, dreht er sich schnell um und konzentriert sich auf die Colaflasche, die er schon die ganze Zeit mit sich rumschleppt. Anastasia versucht währenddessen die Zuckerkrümel von ihrem Handtuch zu klopfen, die sich beim Weingummi-Essen dort verteilt haben.

„Mein ganzes Handtuch ist vollgekrümelt“, jammert sie. „Gleich klebt bestimmt alles und außerdem kommen Ameisen und Bienen wegen des Zuckers … “

Marie lacht und greift nach einem weiteren sauren Weingummi. „Warum hast du auch so rumgekrümelt?“, fragt sie und betrachtet das Weingummi in ihrer Hand.

„Das war ich gar nicht alleine“, wirft Anastasia Marie vor und schiebt die Weingummitüte von ihrem auf Maries Handtuch. Ein paar Weingummis rutschen aus der Tüte und verteilen sich auf Maries Handtuch. „Die Tüte lag halt die ganze Zeit auf meinem Handtuch, du hast bestimmt genauso rumgekrümelt wie ich!“, beschwert Anastasia sich und wischt dabei einige Krümel von ihrem Handtuch auf Maries Handtuch.

„He!“, beschwert sich Marie und rutscht ein bisschen von Anastasia weg. Dann greift sie nach einem sauren Weingummi, knabbert an einer Ecke den Zucker ab und denkt über das nach, was Robin ihnen über die Weingummis und die Säuren erzählt hat; während Anastasia weiter versucht ihr Handtuch vom Zucker zu befreien.

SÄUREN → SAURE WEINGUMMIS

TEIL II: pH-Wert (saure Weingummis)

Säuren wie Citronensäure und Äpfelsäure werden genutzt, um Lebensmitteln, wie zum Beispiel sauren Weingummis, einen sauren Geschmack zu verleihen. Diese **Säuren** verfügen über mindestens ein **polar gebundenes Wasserstoffatom**; Citronensäure hat sogar drei von diesen polar gebundenen Wasserstoffatomen. In Lösung, zum Beispiel mit Wasser, wird dieses polar gebundene Wasserstoffatom als **Proton** vom **Säurerest** abgespalten. Dieser Vorgang wird als **Dissoziation** bezeichnet. Die Abspaltung der Protonen führt dazu, dass eine **saure Lösung** entsteht ...

Jetzt, als sie noch mal darüber nachdenkt, findet Marie diese Sache mit den sauren Lösungen irgendwie merkwürdig. So eine Lösung muss doch flüssig sein, aber die Weingummis sind eher fest …

Marie knabbert an einer weiteren Ecke den Zucker vom Weingummi ab und denkt weiter über diese sauren Lösungen nach. Erstaunlicherweise schmecken die Kristalle außen am Weingummi gar nicht süß … sondern eher sauer. Marie knabbert an einer anderen Ecke des Weingummis … tatsächlich es schmeckt sauer … und das, obwohl es fest ist … und genau so aussieht wie normaler Zucker …

„Weißt du was … “, sagt sie zu Anastasia. Anastasia hört auf Krümel von ihrem Handtuch zu klopfen und sieht Marie an. „Irgendwie verstehe ich das mit den sauren Lösungen doch nicht.“

„Aber Robin hat das doch vorhin alles erklärt!“, erwidert Anastasia. „Die Säure bildet mit Wasser so eine saure Lösung, weil die Protonen von dem Säuremolekül abgespalten werden … “

„Ja, ich weiß!“, unterbricht Marie sie. „Aber dann muss das doch flüssig sein.“

Anastasia nickt zustimmend: „Klar, Lösungen sind, glaube ich, eh immer flüssig … und mit dem Wasser sowieso … “, überlegt Anastasia und fügt nach kurzem Nachdenken hinzu: „ … und, ich glaube, Säuren sind doch auch immer flüssig, oder?“

„Ich glaub’ auch“, stimmt Marie zu, „zumindest die, die bei uns im Chemieraum stehen, sind alle flüssig … aber die Weingummis sind doch gar nicht flüssig und da ist auch nichts Flüssiges dran oder drin … “

„Vielleicht macht man erst diese Säuren da drauf und dann trocknet man das irgendwie wieder, damit das fest ist“, überlegt Anastasia.

„Auf jeden Fall schmeckt dieser Zucker, der außen an den Weingummis dran ist, auch irgendwie sauer und gar nicht wie richtiger Zucker“, sagt Marie.

„Aber dann muss da ja irgendwie diese Säure dran sein“, antwortet Anastasia.

„Aber wie schafft man es, diese Säuren in die Weingummis zu bekommen und in den Zucker? Warum wird das nicht alles flüssig, wenn die Säuren doch flüssig sind? Und wie kann man eigentlich wissen, ob überhaupt irgendwo eine Säure drin ist?“, fragt Marie.

Anastasia zuckt mit den Schultern: „Keine Ahnung … wir könnten ja noch mal Robin fragen“, schlägt sie vor.

„Ok“, stimmt Marie zu, „lass uns Robin fragen.“

Beschreibe das Problem, das Anastasia und Marie entdeckt haben, bevor du weiter liest.

Robin steht immer noch am Rand des Nichtschwimmerbeckens. Anastasia geht zielstrebig auf ihn zu, Marie trödelt hinter ihr her.

„Hey Robin, wir haben da noch eine Frage zu diesen Säuren“, begrüßt Anastasia ihn. „Also eigentlich hat Marie die Frage“, fügt sie nach kurzer Überlegung hinzu.

„Naja“, nuschelt Marie und wird ein bisschen rot, „du hast doch gesagt, dass Säuren mit Wasser zusammen saure Lösungen bilden, sie also flüssig sind, aber die Weingummis sind doch gar nicht flüssig, sondern fest … “

„Wie schaffen die von der Süßigkeitenfabrik es, dass die Säuren in den Weingummis sind und die Weingummis trotzdem fest bleiben?“, fragt jetzt auch Anastasia.

„Und wie schaffen die es, dass sogar der Zucker außen an den Weingummis sauer schmeckt?“, fügt Marie schnell hinzu.

„Und wie weiß man, ob etwas eine Säure enthält oder nicht, wenn man es nicht sehen kann?“, ergänzt Anastasia.

„Ich bin natürlich kein Experte für die Herstellung von sauren Weingummis, aber ich kann trotzdem versuchen eure Fragen zu beantworten“, schlägt Robin vor. „Um herauszufinden, ob eine Lösung eine Säure enthält, nutzen Chemiker den **pH-Wert**. Wenn man einen Tropfen einer Lösung auf spezielles pH-Papier tropft, verändert sich die Farbe dieses Papiers.

Anhand der Farbe kann man dann ablesen, ob eine Lösung sauer ist oder nicht: Färbt sich das pH-Papier dunkelrot, ist die Lösung sehr **sauer**. Wenn sich das pH-Papier orange oder gelb färbt, ist die Lösung nicht ganz so sauer, und wenn das pH-Papier sich grün färbt, ist die Lösung **neutral**, also nicht sauer“, erklärt Robin.

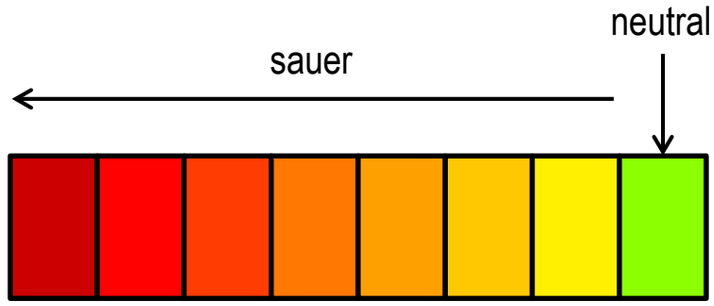


Bild 1: mögliche Färbungen von pH-Papier

„Jeder Farbe der pH-Skala ist außerdem eine Zahl zugeordnet: Wenn das pH-Papier sich grün färbt, sagt man, die Lösung habe einen pH-Wert von 7, sie ist also neutral. Eine dunkelrote Färbung zeigt dagegen an, dass die Lösung sehr sauer ist und einen pH-Wert von 0 hat“, erklärt Robin weiter.

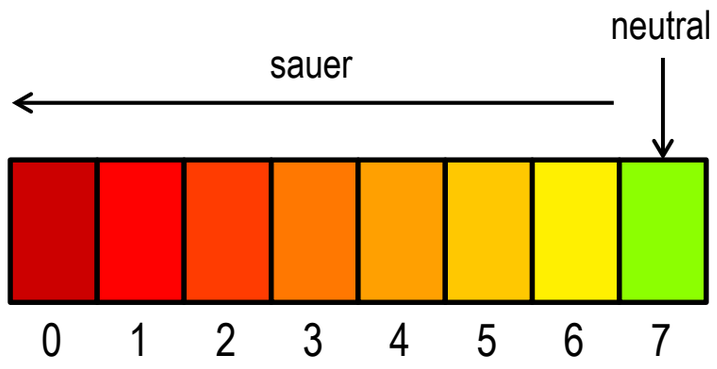


Bild 2: pH-Skala

„Also je kleiner die Zahl desto saurer?“, fragt Anastasia nach.

„Richtig“, bestätigt Robin, „Alle pH-Werte, die kleiner als sieben sind, zeigen an, dass eine Lösung sauer ist und je kleiner der pH-Wert ist, desto stärker sauer ist die Lösung.“

„Hmhm“, macht Marie, „aber wie kann denn eine Lösung stärker sauer sein als eine andere. Ist da nicht entweder eine Säure drin oder nicht? Also entweder ist es sauer oder halt nicht sauer … äh … neutral?“

„Wie sauer eine Lösung ist, hängt davon ab, wie viele Protonen die Lösung enthält“, erklärt Robin. „Auch Wasser enthält immer einige Protonen. Nur Lösungen, die mehr als diese normale Menge Protonen enthalten, werden als saure Lösungen bezeichnet. Eine Lösung, die nur ein bisschen mehr Protonen enthält als Wasser, ist wenig sauer und Lösungen, die deutlich mehr Protonen enthalten, sind sehr sauer.“

„Aber warum enthalten denn einige Lösungen nur ein bisschen mehr Protonen und andere viel mehr Protonen als Wasser?", fragt Marie nach.

„Das hängt mit dem Mischverhältnis von Säure und Lösemittel zusammen", antwortet Robin. „Eine saure Lösung besteht immer aus der Säure und einem Lösemittel, in dem die Säure gelöst wird; häufig ist das Wasser. Wenn Wasser und Säure gemischt werden, kann man den pH-Wert der Lösung durch das Mischverhältnis von Säure und Wasser beeinflussen ... "

„Ah, wenn man ganz viel Wasser nimmt und ganz wenig Säure, dann ist es hinterher nicht so sauer, weil es mehr Wasser ist. Wenn man ganz viel Säure nimmt, ist es saurer, weil es so viel Säure enthält?", überlegt Marie.

„Stimmt“, bestätigt Robin. „Eine Lösung, die viel Wasser und nur wenig Säure enthält, hat in der Regel einen höheren pH-Wert, ist also weniger sauer, als viel Säure, die in sehr wenig Wasser gelöst wurde.

Chemiker sprechen in diesem Zusammenhang von der Konzentration. Die **Konzentration** gibt an, wie viel von einem Stoff – zum Beispiel von einer Säure – in einem bestimmten Volumen Flüssigkeit gelöst wurde.

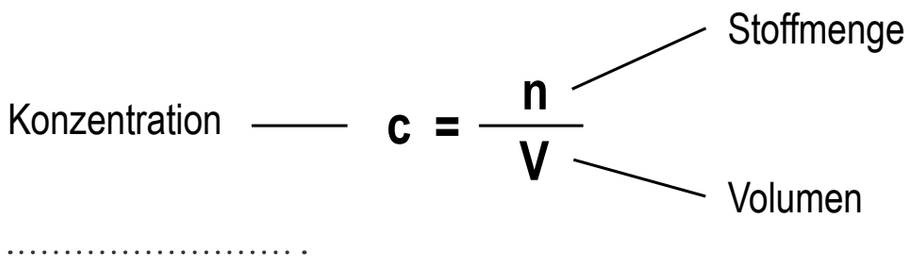


Bild 3: Konzentration

Die Konzentration wird immer mit einem kleinen **c** abgekürzt. Das kleine **n** in der Formel gibt die **Stoffmenge** des gelösten Stoffes an und das große **V** das **Volumen**, in dem sich diese Stoffmenge verteilt.

„Also kann ich mit diesem pH-Papier herausfinden, wie viel Säure in einer Lösung ist?", fragt Marie nach.

„Nein, so leicht ist das leider nicht", korrigiert Robin. „Mithilfe des pH-Papiers kann man nur herausfinden, wie hoch die **Protonenkonzentration** in der Lösung ungefähr ist."

„Wo ist denn da der Unterschied?!“, fragt Anastasia nach.

„Die pH-Skala ist so aufgebaut, dass sich von einem pH-Wert zum anderen die Anzahl der Protonen immer verzehnfacht“, fährt Robin fort. „Wenn du dir vorstellst, dass ein Wassertropfen ein einziges Proton enthält, dann enthält ein Tropfen einer schwach sauren Lösung mit pH 6 schon zehn Protonen … “

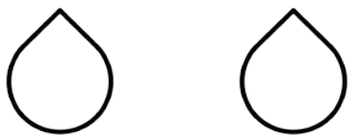
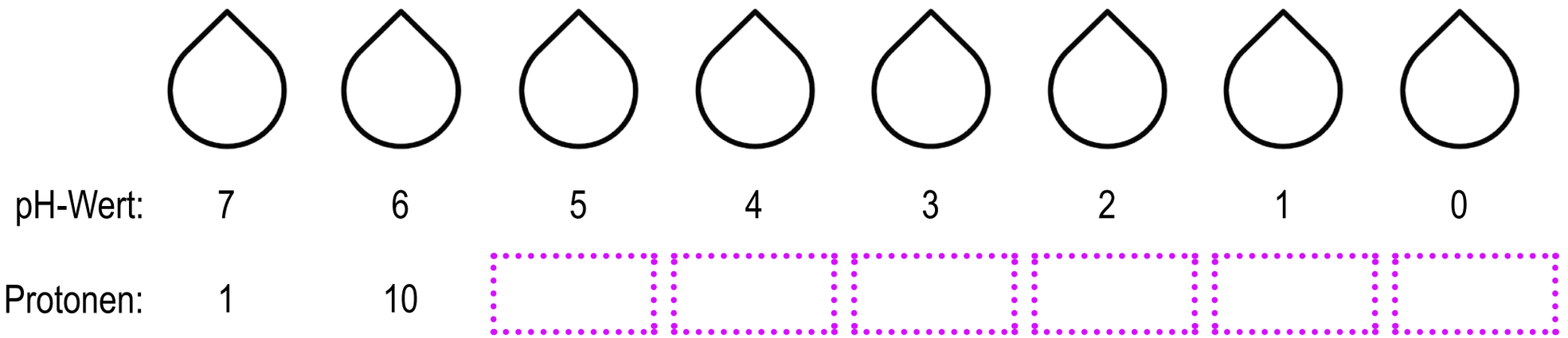


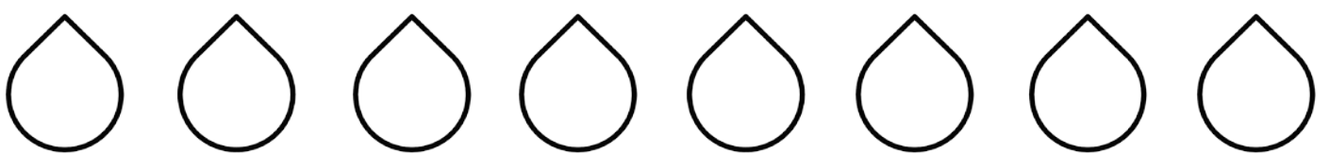
Bild 4: Tropfenmodell

Überlege, wie viele Protonen nach Robins Überlegung bei pH 3 in einem Tropfen enthalten sein müssten, bevor du weiter liest.



„Aha“, ruft Marie, „und der Tropfen einer Lösung mit pH 5 enthält dann vielleicht hundert Protonen ... und einer Lösung mit pH 4 dann tausend ... und bei pH 3 dann zehntausend ... “, rechnet Marie.

„Stimmt, bei pH 2 wären es ja dann schon hunderttausend Protonen!“, rechnet Anastasia weiter. „Und bei pH 1 dann 1 Million.“



pH-Wert:	7	6	5	4	3	2	1	0
Protonen:	1	10	100	1 000	10 000	100 000	1 000 000	10 000 000

Bild 5: Tropfenmodell

„Das sind ja ganz schön viele“, stellt Marie fest.

„Eigentlich sind es sogar noch viel mehr; denn in Wirklichkeit enthält schon so ein einzelner Tropfen bereits unvorstellbar viele Teilchen und daher auch deutlich mehr Protonen, als wir jetzt angenommen haben. Allerdings sind die Zahlen dann schnell so groß, dass man vor lauter Nullen leicht den Überblick verliert“, erklärt Robin.

Marie nickt.

„Und warum kann ich jetzt mit dem pH-Papier nicht herausfinden, wie viel Säure in einer Lösung drin ist?“, fragt Anastasia noch mal nach.

„Wenn du noch mal an die beiden Säuren denkst, die eure Weingummis enthalten … “, setzt Robin an.

„Citronensäure und Äpfelsäure!“, ruft Anastasia sofort.

„Richtig“, bestätigt Robin. „Diese beiden Säuren haben unterschiedliche Strukturformeln. An den Strukturformeln könnt ihr ablesen, dass sie unterschiedlich viele polar gebundene Wasserstoffatome haben, die in Lösung als Protonen abgespalten werden können.“

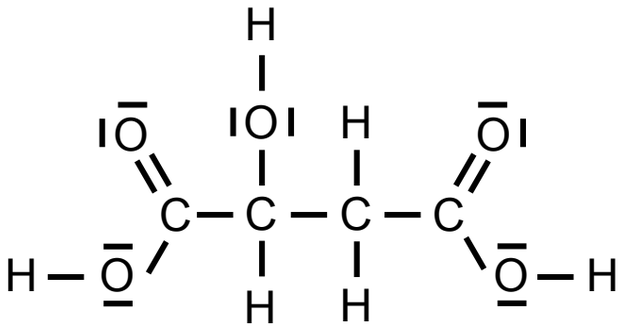


Bild 6: Strukturformel eines Äpfelsäuremoleküls

„Oh je, diese vielen Hs!“, jammert Anastasia. „Welche waren noch mal die interessanten?“

„Die **Wasserstoffatome**, die in den **Carboxy-Gruppe** gebunden sind. Weil da die beiden Sauerstoffatome alle Bindungselektronen zu sich ziehen, sind diese Wasserstoffatome doch besonders polar gebunden“, erinnert Marie sie.

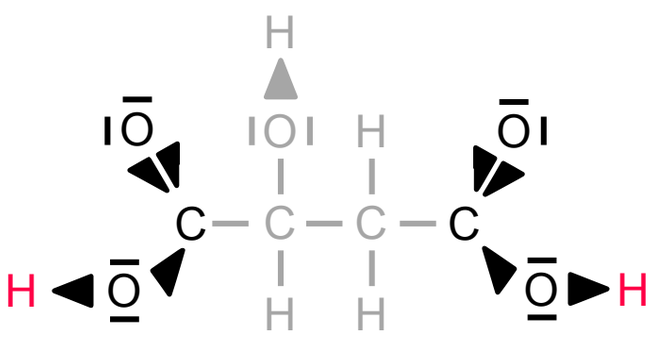


Bild 7: Wasserstoffatome in Carboxy-Gruppen des Äpfelsäuremoleküls

„Ach ja!“, erinnert sich Anastasia. „Und dieses hier ist nur in einer … ähm … **Hydroxy-Gruppe** gebunden und wird nicht als Proton abgespalten, richtig?“

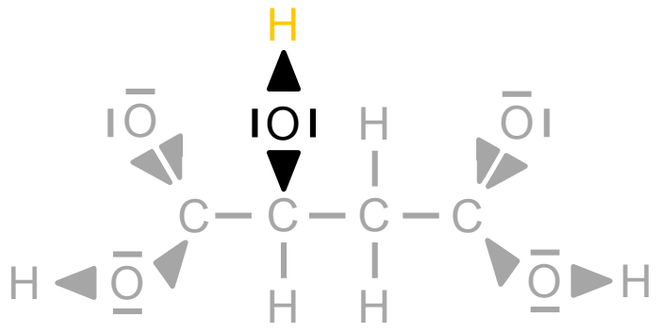


Bild 8: Wasserstoffatome in einer Hydroxy-Gruppe des Äpfelsäuremoleküls

Marie und Robin nicken.

„Und diese anderen drei Wasserstoffatome sind nur ein ganz kleines bisschen polar gebunden und daher für uns uninteressant“, ergänzt Marie.

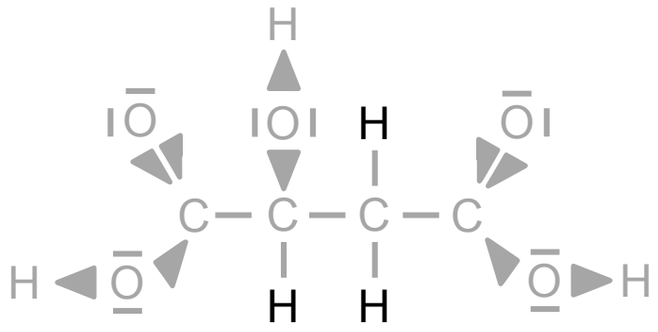


Bild 9: Strukturformel eines Äpfelsäuremoleküls

„Ok“, fasst Anastasia zusammen, „nur diese beiden Wasserstoffatome in den Carboxy-Gruppen werden als Protonen abgespalten.“

„Richtig“, bestätigt Robin. „Wenn wir uns zum Vergleich jetzt das Citronensäuremolekül ansehen … “

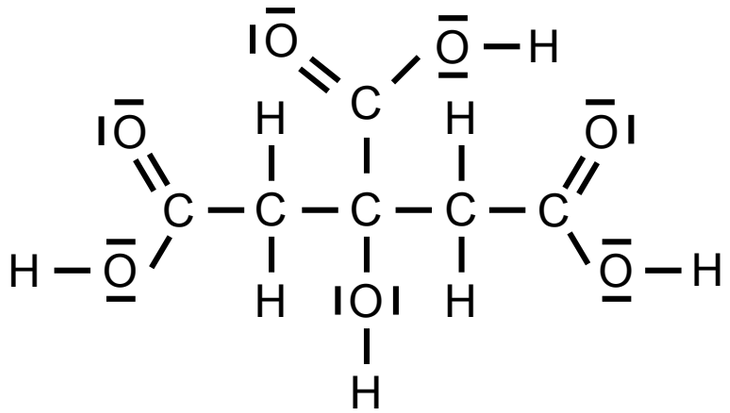


Bild 10: Strukturformel eines Citronensäuremoleküls

Bestimme selbst, welche Wasserstoffatome in Lösung als Protonen vom Molekül abgespalten werden können, bevor du weiter liest.

„Dann haben wir hier wieder diese uninteressanten Wasserstoffatome, mit denen nichts passiert“, überlegt Anastasia.

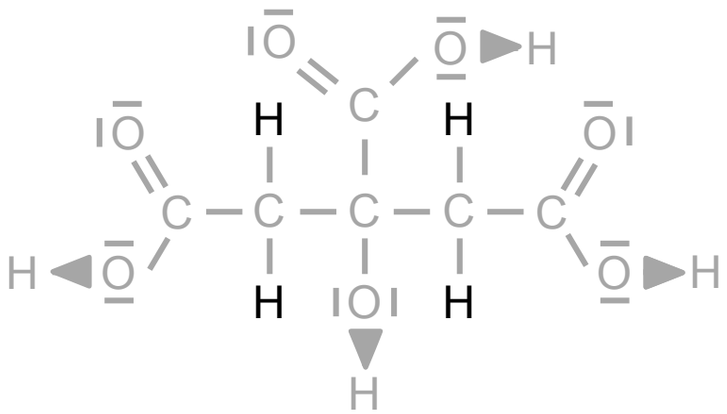


Bild 11: Strukturformel eines Citronensäuremoleküls

„Und hier das aus der **Hydroxy-Gruppe**, das auch nicht abgespalten wird“, ergänzt Marie.

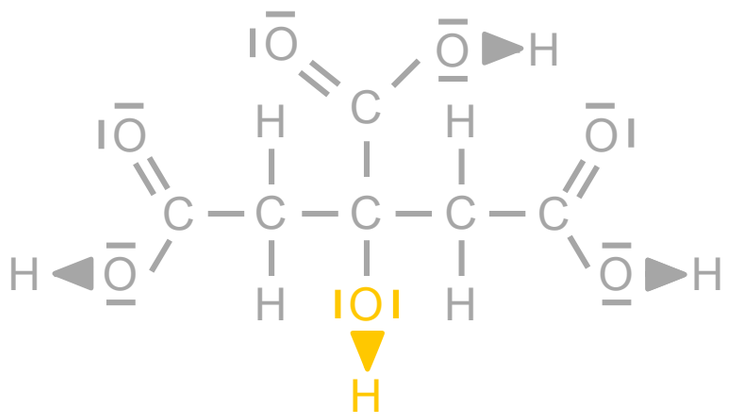


Bild 12: Wasserstoffatome in einer Hydroxy-Gruppe des Citronensäuremoleküls

„Und diese drei hier sind in **Carboxy-Gruppe** gebunden, also besonders polar gebunden, und werden in Lösung als Protonen abgespalten“, schließt Anastasia.

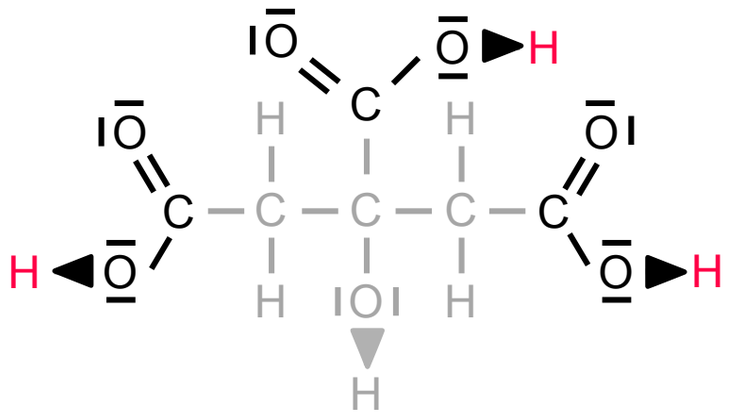
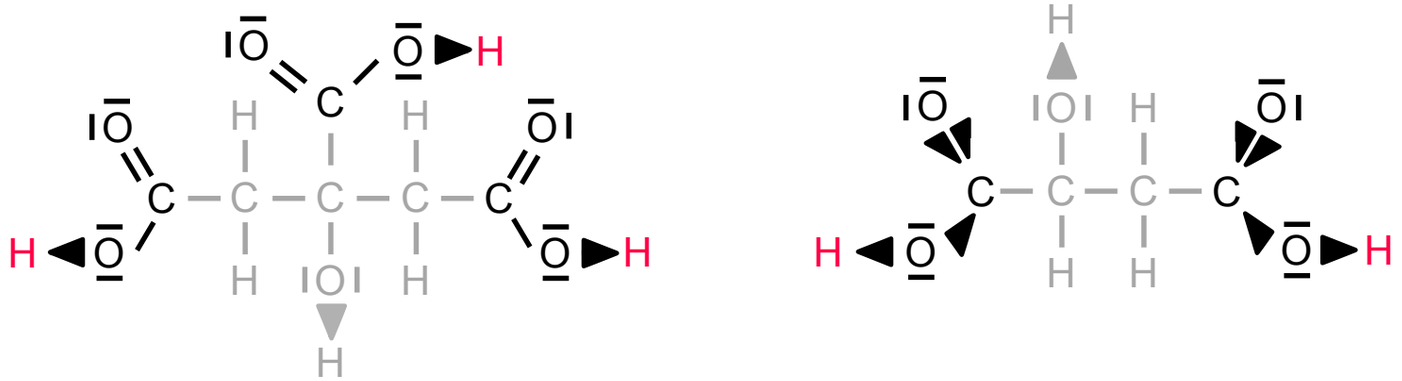


Bild 13: Wasserstoffatome in Carboxy-Gruppen des Citronensäuremoleküls

„Genau“, bestätigt Robin. „Wenn wir jetzt das Citronensäuremolekül mit dem Äpfelsäuremolekül vergleichen, stellen wir fest, dass ein Citronensäuremolekül ein **Proton** mehr abspalten kann, als ein Äpfelsäuremolekül, weil es über drei Carboxy-Gruppen verfügt, während Äpfelsäure nur über zwei Carboxy-Gruppen verfügt.“



Citronensäuremolekül Äpfelsäuremolekül

Bild 14: Strukturformel eines Citronensäuremoleküls und eines Äpfelsäuremoleküls

Beschreibe, wie sich die unterschiedliche Anzahl der polar gebundenen Wasserstoffatome, die in Lösung abgespalten werden können, auf die Protonenkonzentration der Lösung auswirkt, wenn beispielsweise zehn Moleküle Citronensäure und zehn Moleküle Äpfelsäure in Wasser gelöst werden, bevor du weiter liest.

„Ja und?“, fragt Anastasia. „Macht das einen Unterschied?“

„Vielleicht ist eine Citronensäurelösung dann stärker sauer. Denn die Citronensäuremoleküle können ja jeder immer ein Proton mehr abgeben als die Äpfelsäuremoleküle. Wenn gleich viele Äpfelsäure- und Citronensäuremoleküle vorliegen, würden also in der Lösung mit der Citronensäure mehr Protonen drin sein“, überlegt Marie.

„Ach so!“, ruf Anastasia. „Wenn in einer Lösung zum Beispiel zehn Äpfelsäuremoleküle drin sind, dann können die zwanzig Protonen abgeben, aber wenn es zehn Citronensäuremoleküle sind, können die dreißig Protonen abgeben! Und dann sind viel mehr Protonen in der Lösung als bei der Apfelsäure!“

Robin nickt: „Stimmt. Mit pH-Papier kannst du allerdings nur messen, welchen pH-Wert die Lösung hat. In deinem Beispiel würdest du also vielleicht feststellen, dass die Citronensäurelösung saurer ist als die Äpfelsäurelösung, weil die Citronensäurelösung mehr Protonen enthält. Das pH-Papier kann aber nicht feststellen, von welcher Säure diese Protonen stammen oder ob sie von einem oder von zwei Säuremolekülen abgegeben wurden …“

„Und deswegen weiß man mit pH-Papier nur, wie sauer eine Lösung ist, aber nicht wie viele Säuremoleküle in der Lösung sind?“, versucht Marie noch mal zusammen zu fassen.

„Genau“, bestätig Robin.

„Aha“, sagt Anastasia. „Also kann man mit diesem pH-Papier herausfinden, welchen pH-Wert eine Lösung hat: Wenn der pH-Wert ganz klein ist, färbt sich das pH-Papier rot, weil da ganz viele Protonen in der Lösung sind. Wenn wenig Protonen in der Lösung sind, färbt sich das pH-Papier gelb und der pH-Wert ist so fünf oder sechs, und wenn nur normal viele Protonen im Wasser da sind, ist die Lösung neutral“, sagt Anastasia.

„Aber jetzt reden wir wieder die ganze Zeit über saure Lösungen“, beschwert sich Marie, „und die sind doch flüssig, aber unsere Weingummis sind doch fest. Wie geht das denn?“

„Saure Lösungen sind, wie ihr richtig überlegt habt, wirklich immer flüssig“, erklärt Robin. „Nur in diesen sauren Lösungen aus Säure und einem Lösemittel, wie zum Beispiel Wasser, liegen die Säuren dissoziiert vor; also als Säurerest-Anionen und Protonen. Daher kann man auch nur in sauren Lösungen mithilfe von pH-Papier den pH-Wert bestimmen.“

„Also sind Säuren nicht sauer, wenn sie nicht gelöst sind?“, fragt Marie.

„Wir haben doch gesagt, dass eine typische Eigenschaft der Säuren darin besteht, dass sie in der Lage sind durch Protonenabgabe saure Lösungen zu bilden“, erklärt Robin. „Das heißt sie müssen nicht dissoziiert vorliegen, um eine Säure zu sein, sondern es genügt, dass sie dissozieren können.“

„Und wie sind die Säuren … *vorher,* meine ich?“, fragt Anastasia.

„Solange Säuren als Reinstoffe vorliegen – also ohne Wasser oder irgendein anderes Lösemittel – können sie fest, flüssig oder gasförmig sein.“

„Säuren können fest sein? Ich dachte, die sind immer flüssig?!“, fragt Marie.

„Nein“, korrigiert Robin, „nur wenige Säuren sind als Reinstoffe flüssig. Der Aggregatzustand hängt auch nicht mit ihrer Einordnung als Säure zusammen. Lediglich saure Lösungen sind immer flüssig, weil die Säuren dann in einem Lösemittel als Lösung vorliegen. Ob die Säure vorher fest, flüssig oder gasförmig war, macht beim Lösen keinen Unterschied.“

„Aber was ist denn dann in den Weingummis drin? Eine Säure oder so eine saure Lösung?“, fragt Anastasia weiter.

„Da muss doch eine saure Lösung drin sein, sonst würden die Protonen doch nicht frei sein und es würde nicht sauer schmecken“, überlegt Marie.

„Aber dann wären die Weingummis doch flüssig“, argumentiert Anastasia.

„Marie hat insofern recht, dass unser Geschmackssinn Protonen wahrnimmt und dem Gehirn meldet, dass etwas *sauer* ist. Wir schmecken Säuren also nur, wenn sie dissoziiert vorliegen“, erklärt Robin. „Aber ihr habt, glaube ich, vergessen, dass in unserem Mund eh immer eine Flüssigkeit vorhanden ist, in der sich die Säuren lösen können …“

„Du meinst, wenn ich eine feste Säure esse, dann wird die im Mund in der Spucke gelöst und dadurch schmeckt es sauer?“, fragt Marie nach.

Robin nickt.

„Also bestehen die Weingummis aus festen Säuren?“, fragt Anastasia nach.

„Eure Weingummis bestehen ja nicht nur aus Säure, sondern auch noch aus verschiedenen anderen Stoffen … “, setzt Robin an.

„Zucker, Stärke, Gelatine und so“, weiß Anastasia.

„Also“, setzt Robin noch mal an, „die Säuren, die in euren Weingummis enthalten sind, … “

„Citronensäure und Äpfelsäure“, ruft Anastasia wieder dazwischen.

„ … diese Säuren sind als Reinstoffe fest“, erklärt Robin weiter. „Daher ist es kein Problem sie bei der Herstellung den Weingummis hinzuzufügen, ohne dass die Weingummis dadurch flüssig werden. Erst wenn ihr die Weingummis esst, werden die Säuren in eurem Mund gelöst: Die Säuremoleküle dissoziieren und ihr könnt den sauren Geschmack wahrnehmen.“

„Und was ist mit dem Zucker?“, fragt Marie dazwischen. „Warum schmeckt der Zucker außen an den Weingummis sauer und nicht süß?“

„Vielleicht, weil es kein Zucker ist. Säuren, die als Reinstoffe fest sind, liegen oft als weiße, kristalline Feststoffe vor“, erläutert Robin. „Das heißt, mit dem bloßen Auge sind sie von Zucker oder Salz fast nicht zu unterscheiden.“

„Also ist das da außen an den Weingummis gar kein Zucker, sondern Säure?“, fragt Anastasia ein bisschen schockiert.

„Das weiß ich auch nicht so genau“, antwortet Robin. „Aber ihr habt ja gesagt, dass diese Kristalle, die das Weingummi umgeben, nicht süß, sondern sauer, schmecken. Daher kann es sein, dass es sich dabei um Säure oder aber ein Gemisch aus Zucker und Säure handelt. Um das zu klären, müsste man die Kristalle genauer untersuchen, als wir es hier jetzt können.“

„Aha“, sagt Anastasia und grinst. „Dann wissen wir ja jetzt alles und können noch ein paar Weingummis essen gehen.“

„Danke, Robin“, nuschelt Marie im Weggehen. Als sie zur Wiese blickt, sieht sie, dass die drei Jungs ihnen entgegen kommen. Mit dem Ellenbogen knufft sie Anastasia in die Seite, um sie darauf aufmerksam zu machen. Anastasia fährt sich sofort hektisch durch die Haare und verliert dabei fast ihre Sonnenbrille, die sie noch auf dem Kopf hatte. Während Anastasia rot anläuft und sie umständlich die Sonnenbrille wieder aufsetzt, stellt Marie fest, dass der eine Typ schon wieder seine Colaflasche mit sich rumschleppt. Was der wohl am Becken damit will … Überhaupt: Was wollen die drei Typen eigentlich ständig am Nichtschwimmerbecken?

TESTE DEIN WISSEN

TEIL II: pH-Wert (saure Weingummis)

Erkläre die folgenden Begriffe kurz in eigenen Worten, bevor du weiter liest:

1) pH-Wert

2) neutral

3) sauer

4) Konzentration (c)

5) Stoffmenge (n)

6) Volumen der Flüssigkeit (V)

7) Protonenkonzentration

TESTE DEIN WISSEN

TEIL II: pH-Wert (saure Weingummis)

1) **pH-Wert:**
gibt die Protonenkonzentration in einer Lösung an. Wasser hat einen pH-Wert von 7. Saure Lösungen weisen pH-Werte von 0 bis 6 auf. Es gilt: Je höher die Protonenkonzentration einer Lösung ist, desto niedriger ist der pH-Wert.

2) **neutral:**
pH-Wert von Wasser. Bei pH 7 liegen eher wenige Protonen in der Lösung vor.

3) **sauer:**
pH 0 bis pH 6. In sauren Lösungen ist die Konzentration der Protonen höher als die natürliche Protonenkonzentration in Wasser; saure Lösungen haben daher einen niedrigeren pH-Wert als Wasser.

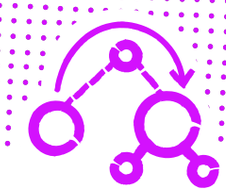
4) **Konzentration (c):**
Angabe über die Menge eines Stoffes (Stoffmenge (n)), die in einer bestimmten Flüssigkeitsmenge (Volumen (V)) enthalten ist, zum Beispiel in einem Liter (L).

5) **Stoffmenge (n):**
Angabe über die Menge eines Stoffes.

6) **Volumen der Flüssigkeit (V):**
Angabe über den Raum, den beispielsweise eine Flüssigkeit einnimmt. Das Volumen wird meist in Litern (L) angegeben.

7) **Protonenkonzentration:**
Angabe über die Menge der Protonen, die sich in einem bestimmten Flüssigkeitsvolumen befinden.

SUPER, DAS WAR TEIL II



Zum nächsten Teil:

» **TEIL III:** Neutralisation (saure Weingummis) .....

Das erwartet dich hier

Mit dem folgenden Text wiederholst du, welche Bedeutung die Elektronegativität für die Dissoziation von Säuremolekülen hat. Du wiederholst auch, wie polar gebundene Wasserstoffatome als Protonen von Säuremolekülen auf Wassermoleküle übertragen werden, so dass aus einem Proton und einem Wassermolekül ein Oxonium-Ion entsteht. Lösungen, die Oxonium-Ionen und Säurerest-Anionen enthalten, werden als saure Lösungen bezeichnet. Du wiederholst auch, dass der pH-Wert die Protonenkonzentration in einer Lösung angibt. Die Protonenkonzentration sagt aus, welche Menge Protonen, sich in einem bestimmten Flüssigkeitsvolumen befinden. Je höher die Protonenkonzentration einer Lösung ist, desto niedriger ist der pH-Wert. Wasser hat einen pH-Wert von 7 (neutral). Saure Lösungen weisen daher pH-Werte von 0 bis 6 auf (sauer).

Außerdem lernst du, dass es sich bei basischen Lösungen um Lösungen mit Protonenmangel handelt. Beispiele für Basen sind Metallhydroxide, die aus einem Metall-Kation und einem Hydroxid-Anion bestehen und die in wässriger Lösung dissoziieren. Hydroxid-Anionen bestehen aus einem Wasserstoffatom und einem Sauerstoffatom, das eine negative Ladung trägt. Hydroxid-Anionen machen Lösungen basisch (pH-Wert 8 bis 14). Je höher die Konzentration der Hydroxid-Ionen in einer Lösung ist, desto höher ist ihr pH-Wert. Hydroxid-Anion und Proton können zu einem Wassermolekül reagieren. Wenn alle überschüssigen Protonen in einer Lösung mit allen überschüssigen Hydroxid-Anionen zu Wassermolekülen reagiert haben, ist die Lösung anschließend neutral (pH 7).

Zur Arbeit mit dem Material

Es ist wichtig, dass du dir den folgenden Text aufmerksam durchliest, so dass du möglichst viel lernst. Wenn du zwischendurch zurückblättern möchtest, um etwas noch einmal nachzuschauen oder eine Textstelle noch einmal zu lesen, kannst du dies jederzeit machen.

Der Text besteht aus Abschnitten. Um erfolgreich mit dem Text lernen zu können, solltest du dir am Ende jedes Abschnitts überlegen:

1. Was habe ich in diesem Abschnitt Neues erfahren?

2. Wie passt das, was ich neu erfahren habe, zu dem, was ich vorher schon wusste oder bereits gelesen habe?

3. Welche Fragen habe ich noch?

Lies erst danach den nächsten Abschnitt.

Zum Aufbau des Materials

Am Ende einiger Abschnitte wirst du kleine Aufgaben finden. Schätze zunächst wieder ein, ob du den vorangegangenen Abschnitt verstanden hast und bearbeite danach die Aufgabe. Blättere um, wenn du die Aufgabe so gut wie möglich bearbeitet hast.

Einige Aufgaben kannst du direkt am Bildschirm bearbeiten und deine Lösungen abspeichern. Dieses Symbol verdeutlicht dir, dass du die Lösung direkt in das pdf in das vorgesehene Kästchen schreiben und abspeichern kannst.

Du kannst dir aber auch natürlich einen normalen Schreibblock und einen Stift an die Seite legen und dort all das notieren, was für dein Lernen hilfreich ist. Dann kannst du auch solche Aufgaben bearbeiten, bei denen du etwas zeichnen musst.

Schreib dir am besten immer oben auf die Seite im Schreibblock, welchen Text du dort gerade bearbeitest.

Am Ende jedes Textes erwarten dich zusammenfassende Aufgaben, mit denen du überprüfen kannst, was du gelernt hast. Außerdem gibt es am Ende jedes Textes noch einmal eine Übersicht, in der die wichtigsten neuen Begriffe kurz erklärt werden. Diese Übersicht kannst du auch nutzen, um zu überprüfen, ob du die letzte Aufgabe richtig gelöst hast.

Jetzt geht es los mit

TEIL III: Neutralisation (saure Weingummis)

Marie liest eine Zeitschrift, während Anastasia auf ihrem Handtuch liegt und sich bräunt. Marie hat gerade aus ihrem Horoskop erfahren, dass Personen mit Sternzeichen Stier ihr diesen Monat Probleme bereiten können, und fragt sich, ob der riesige Kerl mit dem Stiernacken, der sich vor etwa einer Stunde mit seinem Handtuch und seiner Freundin unangenehm dicht neben Anastasia und Maries Handtüchern ausgebreitet hat, wohl vom Sternzeichen Stier ist. Aussehen tut er auf jeden Fall so …

Anastasia unterbricht Maries Überlegung: „Ich hab‘ Hunger!“, beschwert sie sich.

„Ich hab noch ein paar Weingummis“, bietet Marie ihr an.

„Nee, ich hab richtig Hunger“, jammert Anastasia.

„Hol‘ dir doch was am Kiosk“, schlägt Marie vor. Jetzt, als sie darüber nachdenkt, merkt sie, dass sie auch ein bisschen Hunger hat. Vielleicht sollte sie sich auch etwas am Kiosk kaufen.

Anastasia steht auf und versucht einen Blick auf die Schlange am Kiosk zu werfen. „Oh nein!“, sagt sie und lässt sich enttäuscht wieder auf ihr Handtuch fallen. „Die Schlange am Kiosk ist unendlich lang! Anscheinend holt sich die komplette 5b noch eine gemischte Tüte und Esspapier, bevor sie nach Hause muss.“

„So schlimm?“, fragt Marie nach.

Anastasia nickt. „Wie viele Weingummis hast du denn noch?“, fragt sie dann nach.

Marie kramt die Weingummitüte aus ihrer Tasche und reicht sie Anastasia. Anastasia greift sich ein paar Weingummis. Während sie das erste Weingummi isst, wirft sie noch einen vorwurfsvollen Blick in Richtung Kiosk. Auch Marie isst noch ein Weingummi. Während sie kaut, denkt sie noch mal an alles, was Robin ihnen schon über die Weingummis erzählt hat.

Damit die Weingummis sauer schmecken, enthalten sie Citronensäure und Äpfelsäure. Die Moleküle dieser Säuren verfügen über **polar gebundene Wasserstoffatome**, die in Wasser als **Protonen** abgespalten werden können und so zu **sauren Lösungen** führen.

Saure Lösungen können unterschiedlich sauer sein. Wie sauer eine Lösung ist, kann mithilfe von **pH-Papier** ermittelt werden. Sehr saure Lösungen färben das pH-Papier dunkelrot. Diese Lösungen weisen eine hohe **Protonenkonzentration** auf. Weniger saure Lösungen haben eine geringere Protonenkonzentration und färben das pH-Papier gelb. Färbt sich das pH-Papier grün, ist die Lösung **neutral** und enthält nur sehr, sehr wenige Protonen.

„Weißt du, was ich irgendwie nicht checke?“, fragt Anastasia plötzlich. „Diese Weingummis sind irgendwie sauer, weil da diese Säuren drin sind … aber da ist ja auch Zucker drin. Wie funktioniert denn das? Süß ist doch das Gegenteil von sauer, wie kann das denn beides da drin sein, und auch irgendwie süß und gleichzeitig sauer schmecken. Müsste sich das nicht gegenseitig aufheben?“

Marie denkt kurz darüber nach: „Du meinst, dass das Saure das Süße irgendwie weg macht und das Süße das Saure?“

„Ja“, bestätigt Anastasia.

Beschreibe das Problem, das Anastasia und Marie entdeckt haben, bevor du weiter liest.

„Aber die Weingummis schmecken doch auch fast nur sauer … “, überlegt Marie, „Also ist der Zucker da drin wohl irgendwie durch die Säuren neutralisiert worden … “

„Aber warum machen die den Zucker dann überhaupt da rein?“, fragt Anastasia. „Wenn der eh durch die Säuren irgendwie ausgelöscht wird, dann müsste der auch nicht da drin sein … dann könnte man auch viel mehr davon essen … “

„Stimmt“, gibt Marie zu. „Irgendwie ist das komisch … vielleicht wäre die Säure aber ohne den Zucker zu gefährlich … “

„Aber es schmeckt doch trotz Zucker noch sauer“, wendet Anastasia ein.

„Vielleicht wäre es ohne Zucker noch viel saurer“, überlegt Marie weiter.

„Und viel gefährlicher?“, fragt Anastasia nach.

Marie zuckt mit den Schultern. „Keine Ahnung.“

„Vielleicht sollten wir Robin noch mal fragen“, sagt Anastasia.

„Ok“, stimmt Marie zu und steht auf.

Robin sitzt am fest leeren Nichtschwimmerbecken auf einer Bank.

„Du Robin“, quasselt Anastasia schon aus drei Metern Entfernung los. „Irgendwie haben wir das mit den Säuren noch nicht so richtig gecheckt.“

„Also das, was du uns zu den Säuren erzählt hast, haben wir schon verstanden“, unterbricht Marie sie. „Aber wir haben uns gefragt, warum in den Weingummis Säuren und Zucker drin sind.“

„Sauer ist doch das Gegenteil von süß, und wenn man gleichviel süß und sauer irgendwo reintut, müsste es doch eigentlich nach nichts schmecken, oder?“, erläutert Anastasia.

„Und die Weingummis schmecken ja auch trotz Zucker fast gar nicht süß. Also muss der Zucker da drin irgendwie neutralisiert worden sein“, erklärt Marie.

„Aber dann haben wir uns gefragt, warum der dann überhaupt da drin ist“, quasselt Anastasia weiter. „Weil es wäre doch viel besser, wenn da kein Zucker drin wäre. Oder macht der Zucker die Säuren weniger gefährlich?“

„Also haben wir uns gefragt, was genau passiert, wenn man irgendwo Zucker und Säuren reintut“, schließt Marie.

„Ich verstehe, was ihr meint“, antwortet Robin. „Allerdings ist süß in der Chemie nicht das Gegenteil von sauer. Säuren wurden zum Teil auf Grund ihres Geschmacks entdeckt, daher gibt es eine Übereinstimmung zwischen der Geschmacksrichtung und dem was Chemiker unter sauer verstehen …“

„Das mit den Protonen in den sauren Lösungen“, unterbricht Anastasia ihn.

„Richtig“, bestätigt Robin und erklärt weiter: „In Bezug auf den Geschmack wird süß zwar oft als Gegenteil von sauer betrachtet, aber auch beim Geschmack löscht ja der eine Geschmack den anderen nicht aus, sondern wird höchstens stärker empfunden. Es gibt doch auch süß-saure Soßen, zum Beispiel beim Chinesen, und die schmecken ja auch nicht nach nichts … “

Anastasia nickt zustimmend und hört ihren Magen leise knurren.

„Da in der Chemie aber Stoffe nicht auf Grund ihres Geschmacks zu Stoffklassen zusammengefasst werden, sondern auf Grund ihrer Eigenschaften, ist nicht süß, sondern **basisch** das Gegenteil von sauer“, erklärt Robin.

„Was ist das denn?“, will Marie wissen.

„**Basische Lösungen** sind Lösungen, die quasi zu wenig Protonen enthalten“, erklärt Robin.

„Wie geht denn das?“, fragt Anastasia dazwischen.

„Basische Lösungen entstehen, wenn **Basen** in Wasser gelöst werden“, setzt Robin noch mal an. „Alle Basen verfügen über ein **freies Elektronenpaar**, mit dem sie ein Proton binden können. Wenn sie in Wasser gelöst werden, entsteht eine basische Lösung, die meistens **Hydroxid-Ionen** enthält.“

„Wenn ich also so eine Base in Wasser löse, dann entsteht eine Lösung, die Hydroxid-Ionen enthält, und das nennt man dann basisch?“, fasst Marie zusammen.

„Genau“, bestätigt Robin.

„Und Zucker ist so eine Base oder nicht?“, fragt Anastasia etwas irritiert nach.

„Nein, Zucker hat damit gar nichts zu tun“, korrigiert Robin sie. „Typische Basen sind zum Beispiel **Metallhydroxide**. **Metallhydroxide** bestehen aus einem **Metall-Kation**, das hier durch ein **M^+** dargestellt wird, und aus einem **Hydroxid-Anion**, das durch **OH^-** dargestellt wird … “

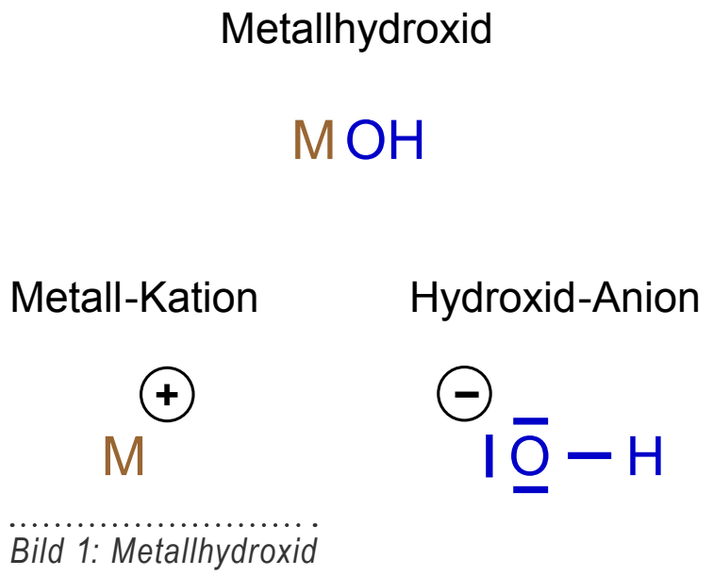


Bild 1: Metallhydroxid

„Wie diese Hydroxy-Gruppe?“, fragt Marie nach.

„Im Prinzip ja“, erläutert Robin. „Das **Hydroxid-Anion** ist, wie die **Hydroxy-Gruppe** aus einem Sauerstoff- und einem Wasserstoffatom aufgebaut, aber das **Hydroxid-Anion** ist in wässriger Lösung mit keinem weiteren Atom verbunden, sondern verfügt stattdessen über ein weiteres freies Elektronenpaar und ist daher negativ geladen.“

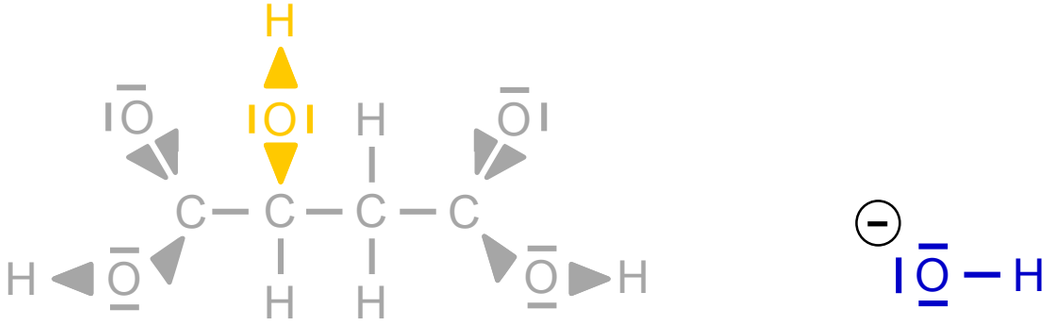


Bild 2: Hydroxy-Gruppe im Citronensäuremolekül und Hydroxid-Anion

„Also heißt es Hydroxy-Gruppe, wenn die Gruppe aus einem Sauerstoffatom und einem Wasserstoffatom mit einem anderen Atom verbunden ist, und Hydroxid-Ion, wenn sie alleine und negativ geladen ist“, fragt Marie nach.

„Genau“, bestätigt Robin.

„Und dieses Hydroxid-Ion ist eine Base?“, fragt Anastasia.

„Im Fall der Metallhydroxide ist das Hydroxid-Ion die Base“, korrigiert Robin sie. „Es gibt aber auch noch andere Basen.“

„Aha“, sagt Anastasia.

„Und wenn man so ein Metallhydroxid in Wasser löst, entsteht eine basische Lösung?“, überlegt Marie.

Robin nickt: „Metallhydroxide **dissoziieren** in Wasser … “

„Wie die Säuren?“, fragt Anastasia schon wieder.

„Richtig“, bestätigt Robin. „Nur dass **Metallhydroxide** nicht in ein Proton und einen Säurerest dissoziieren, sondern in ein **Metall-Kation** und ein **Hydroxid-Anion**.“

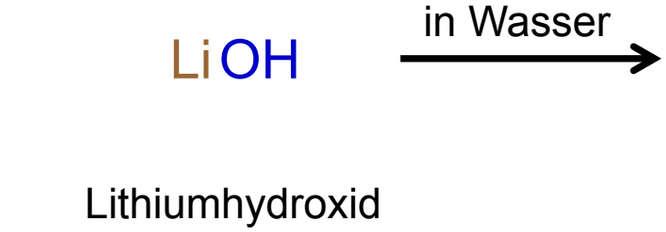
Metallhydroxid Metall-Kation Hydroxid-Anion

Bild 3: Dissoziation eines Metallhydroxids

„Und das ist immer so?", fragt Marie nach.

„Der Vorgang der Dissoziation läuft für alle Metallhydroxide, die in Wasser löslich sind, gleich ab. Das **Metall-Kation** ist natürlich unterschiedlich, je nachdem welches **Metallhydroxid** ich betrachte", antwortet Robin. „Versucht doch mal die Dissoziation von **Lithiumhydroxid** darzustellen", fordert er Marie und Anastasia auf.

Stelle die Dissoziation von Lithiumhydroxid in Wasser dar, bevor du weiter liest.



Lithiumhydroxid

„Lithium wird dann ein **Lithium-Kation** … also Plus … und das **Hydroxid-Anion** ist Minus“, überlegt Marie.

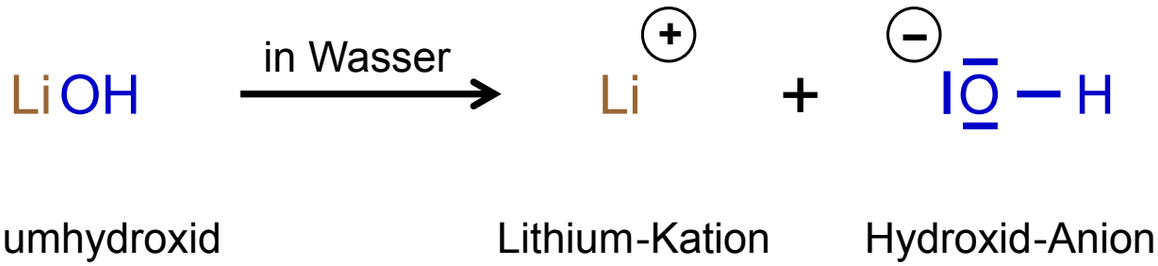


Bild 4: Dissoziation von Lithiumhydroxid

„Und eine Lösung, in der so ein Metallhydroxid gelöst ist, ist dann basisch?“, fragt Marie noch mal nach.

„Hat er doch gerade gesagt“, antwortet Anastasia an Robins Stelle. „Dann kann eine Lösung also sauer, neutral oder basisch sein?“, überlegt Anastasia weiter. „Gibt’s dafür dann auch so was wie einen pH-Wert?“

„Auch für basische Lösungen gibt es pH-Werte. Dafür verwendet man sogar die gleiche Skala wie für die sauren und neutralen Lösungen“, erklärt Robin. „Ihr müsst euch an die pH-Skala, die wir vorhin betrachtet haben, also noch weitere pH-Werte dran denken. Basische Lösungen haben **pH-Werte** im Bereich **8 bis 14**. Sie liegen also rechts neben pH 7.

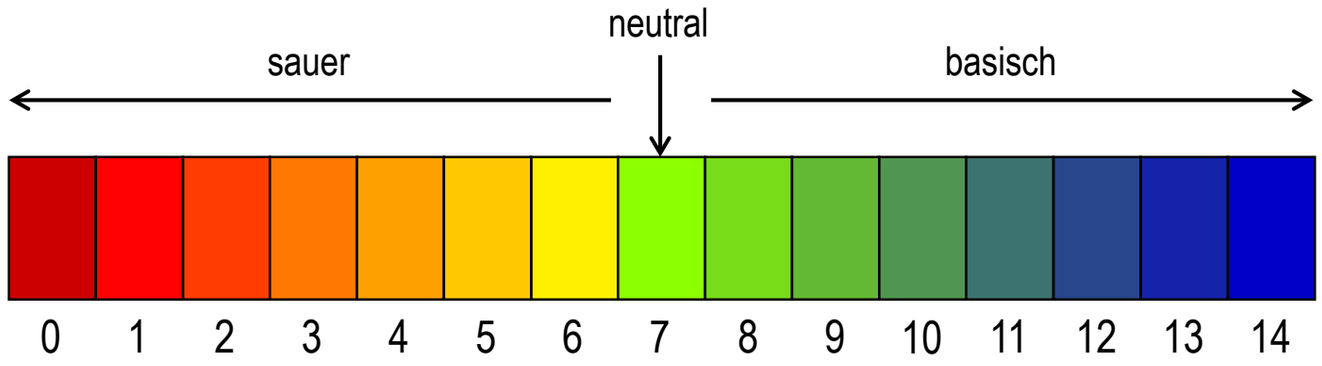


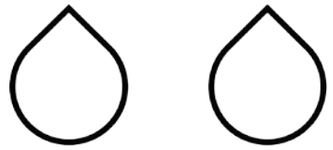
Bild 5: pH-Skala

Wie bei den sauren Lösungen und der Protonenkonzentration, sind die pH-Werte im basischen Bereich von der **Konzentration der Hydroxid-Ionen** abhängig“, erläutert Robin.

„Und wenn sich die Hydroxid-Ionen verzehnfachen … steigt der pH-Wert?“, fragt Anastasia.

„Richtig“, bestätigt er. „Wenn ihr wieder an unser Tropfen Beispiel denkt: Könnt ihr euch vorstellen, dass ein Tropfen mit pH 7 ein **Hydroxid-Ion** enthält …“

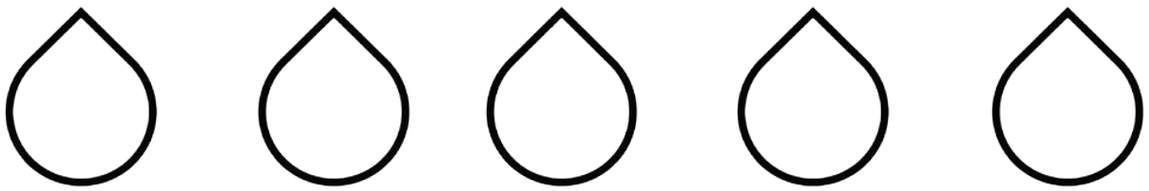
„Und wenn er zehn **Hydroxid-Ionen** enthält, hat er pH 8“, ruft Anastasia.



pH-Wert:	7	8
Hydroxid-Ionen:	1	10

Bild 6: Tropfenmodell

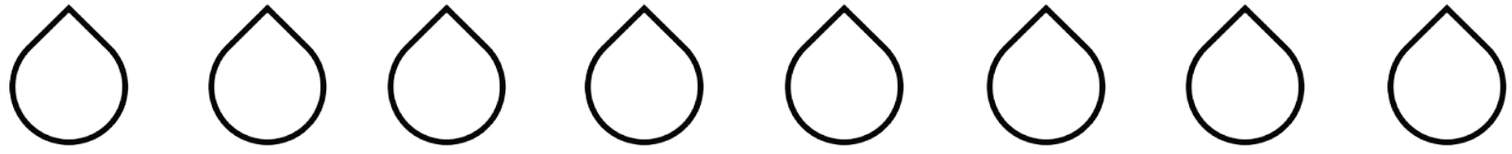
Ergänze die Anzahl der Hydroxid-Ionen, die, Robins Überlegung entsprechend, in Tropfen mit den pH-Werten 9, 10 und 11 enthalten sein müssten, bevor du weiter liest.



pH-Wert:	7	8	9	10	11
Hydroxid-Ionen:	1	10			

„Und bei hundert **Hydroxid-Ionen** hat der Tropfen dann pH 9“, überlegt Marie.

„Und bei pH 10 sind es tausend **Hydroxid-Ionen**!“, ruft Anastasia. „Und bei zehntausend **Hydroxid-Ionen**, hat der Tropfen pH 11“, überlegt sie weiter.



pH-Wert:	7	8	9	10	11	12	13	14
Hydroxid-Ionen:	1	10	100	1 000	10 000	100 000	1 000 000	10 000 000

Bild 7: Tropfenmodell

„Und dann färbt sich dieses pH-Papier so dunkelgrün oder blau?“, fragt Marie.

„Richtig“, bestätigt Robin. „Je basischer eine Lösung ist, desto stärker blau färbt sich pH-Papier.“

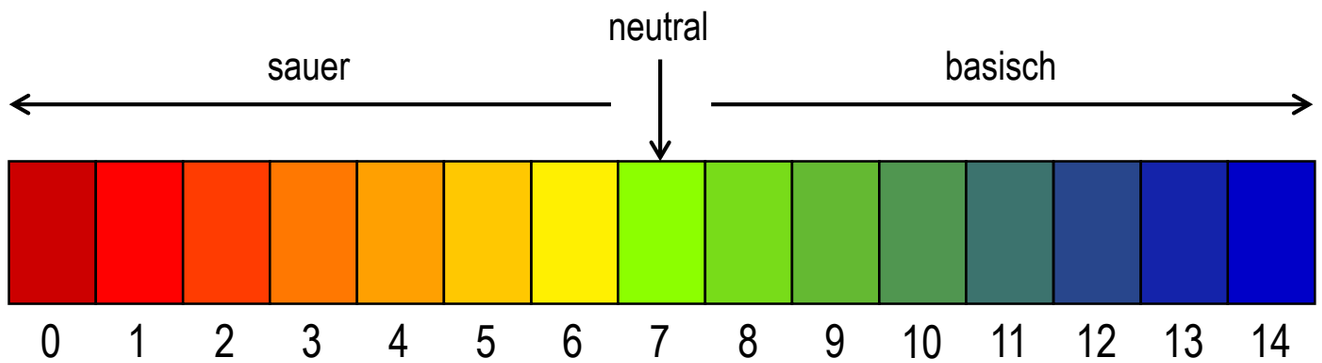


Bild 8: pH-Skala

„Aha“, sagt Anastasia. „Und diese basischen Lösungen sind das Gegenteil von dem chemischen sauer?“

Robin nickt.

„Und die können dann machen, dass etwas nicht mehr sauer schmeckt?“, fragt Anastasia weiter.

„Alkalische Lösungen können saure Lösungen neutralisieren“, antwortet Robin. „Nach einer vollständigen **Neutralisation** liegen nur noch sehr wenige Protonen und Hydroxid-Ionen in der Lösung vor, so dass sie nicht mehr sauer schmecken sollte. Aber so etwas überprüfen Chemiker nicht mit dem Geschmackssinn, sondern eben mithilfe von pH-Papier.“

„Aber was passiert denn mit den **Protonen**, wenn man so eine alkalische Lösung dazu gibt? Die können doch nicht plötzlich weg sein!“, fragt Marie nach.

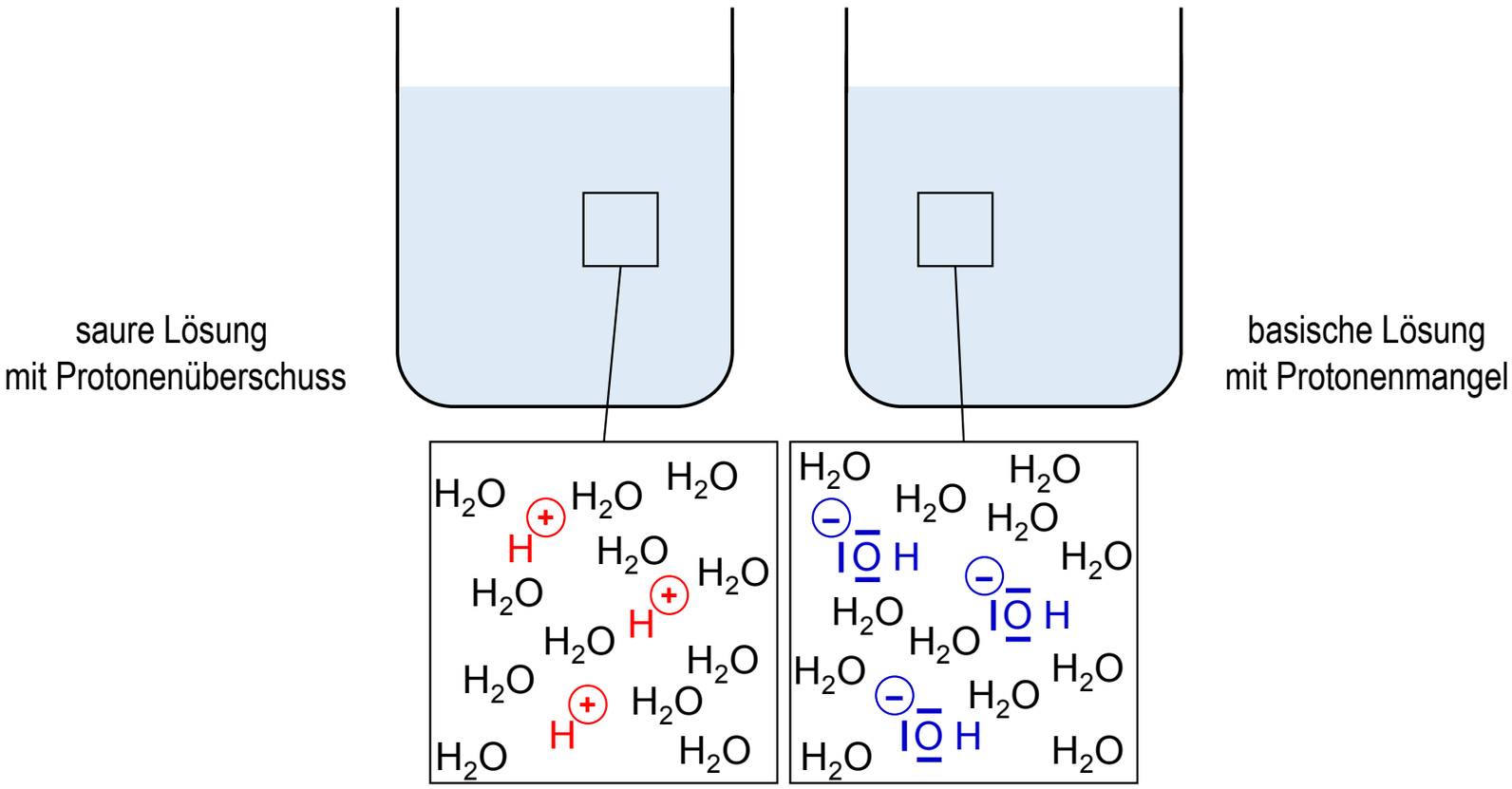


Bild 9: Saure und basische Lösung

„Wenn du eine saure Lösung mit einer basischen Lösung mischst, reagieren die **Protonen** der sauren Lösung mit den **Hydroxid-Ionen** der basischen Lösung zu **Wassermolekülen**."

„Wassermoleküle?!?!", fragt Anastasia ungläubig nach.

„Ja", bestätigt Robin. „Das **Hydroxid-Ion** bindet mit seinem freien Elektronenpaar ein **Proton**, wie der **grüne Pfeil** andeutet, und dadurch entsteht ein Wassermolekül."

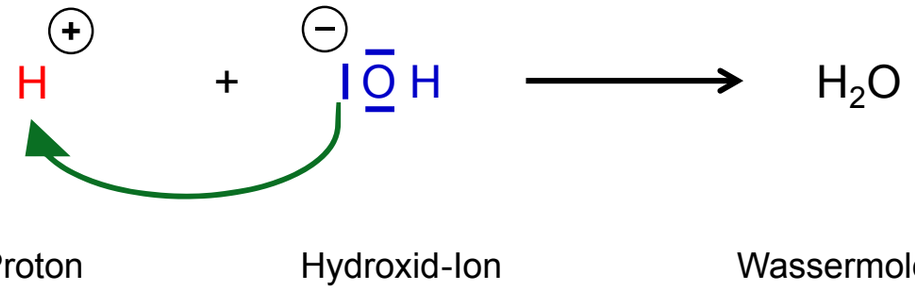


Bild 10: Neutralisation

„Und dann ist die Lösung neutral?“, fragt Marie nach.

„Damit eine saure Lösung vollständig neutralisiert wird und die Lösung hinterher wirklich neutral ist, benötigst du eine basische Lösung, die genauso viele Hydroxid-Ionen enthält, wie die saure Lösung Protonen enthält“, erläutert Robin.

„Hmhm“, macht Marie. „Wenn ich also einen Tropfen habe, der pH 6 hat und zehn **Protonen** enthält, dann bräuchte ich einen Tropfen der zehn **Hydroxid-Ionen** enthält, damit jedes **Proton** ein **Hydroxid-Ion** hat, mit dem es reagieren kann.“

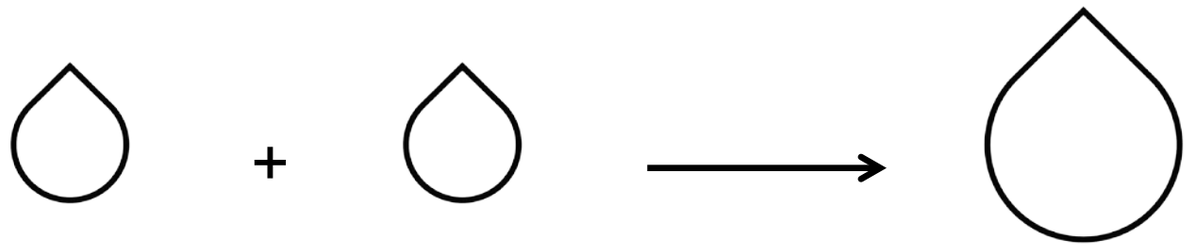
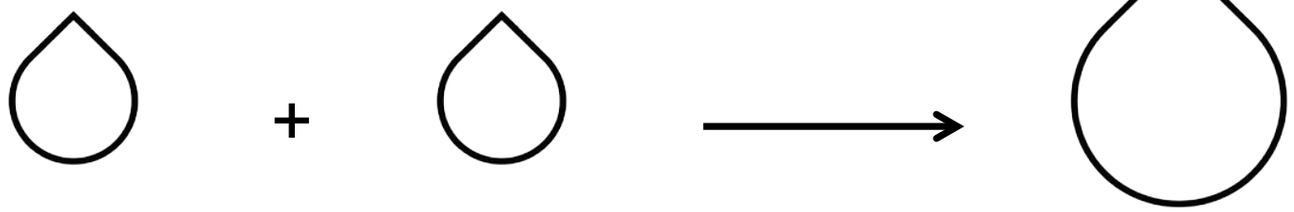


Bild 11: Tropfenmodell vollständige Neutralisation

„Und wenn in dem basischen Tropfen nicht zehn, sondern hundert **Hydroxid-Ionen** sind … “, überlegt Anastasia

Überlege, wie viele Hydroxid-Ionen einen Reaktionspartner finden, wenn man einen Tropfen, der hundert Hydroxid-Ionen enthält, mit einem Tropfen mischt, der zehn Protonen enthält, bevor du weiter liest. Schätze ein, ob eine solche Lösung anschließend neutral, sauer oder alkalisch ist.



pH-Wert: 6
Protonen: 10

pH-Wert: 9
Hydroxid-Ionen: 100

pH-Wert:

Hydroxid-Ionen:

Protonen:

zusätzliche Wassermoleküle:

„Dann reagieren zehn **Hydroxid-Ionen** mit den zehn **Protonen** zu Wassermolekülen. Aber neunzig **Hydroxid-Ionen** finden keinen Partner“, rechnet Marie.

„Und dann ist der Tropfen hinterher nicht neutral, sondern immer noch basisch“, ruft Anastasia.

„Richtig“, bestätigt Robin.

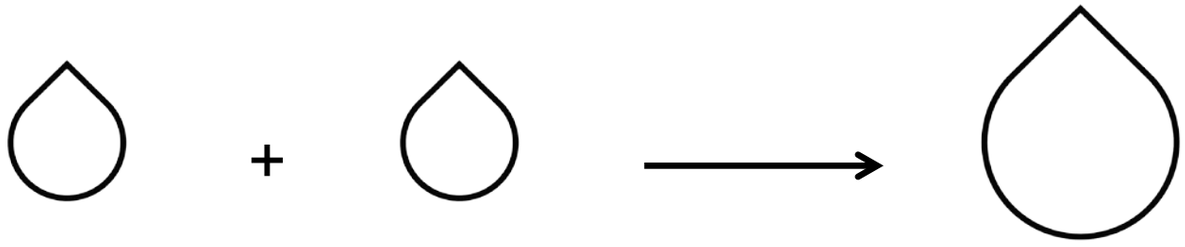


Bild 12: Tropfenmodell unvollständige Neutralisation

„Aber wenn man zehn von diesen Tropfen mit pH 6 hätte, dann hätte man hundert **Protonen** und dann hätte jedes **Hydroxid-Ion** ein **Proton**, mit dem es reagieren kann … “, überlegt Anastasia weiter.

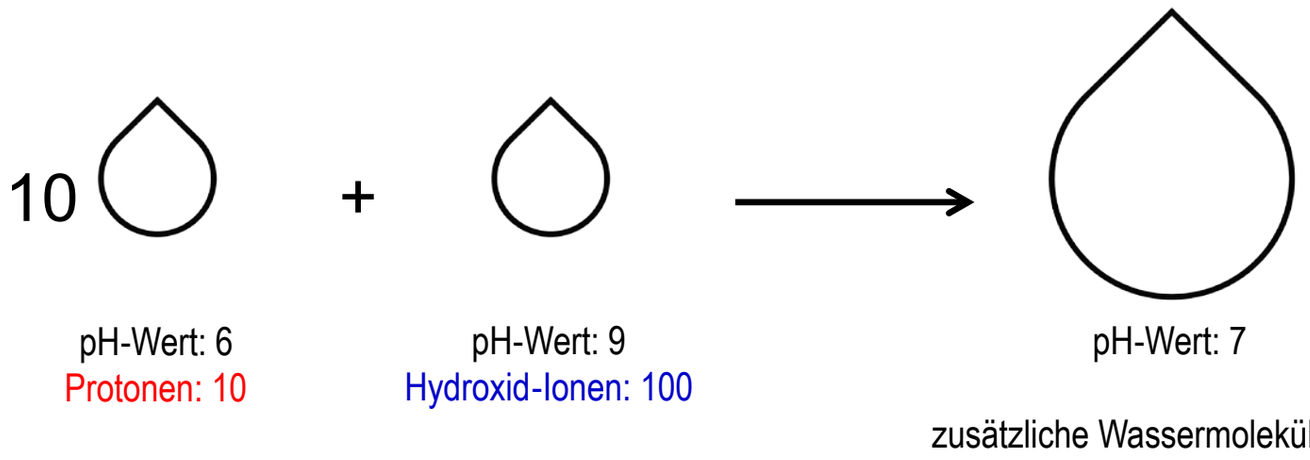


Bild 13: Tropfenmodell vollständige Neutralisation

„ … und dann wäre es wieder neutral“, ergänzt Marie.

„Aha“, sagt Anastasia. „Also ist in der Chemie dieses *basisch* das Gegenteil von sauer. Und Zucker und süß haben damit nichts zu tun.“

„Süß ist nur beim Geschmack das Gegenteil von sauer“, ergänzt Marie.

„Und so eine basische Lösung entsteht, wenn man ein Metallhydroxid in Wasser löst. Weil dann Hydroxid-Ionen in der Lösung sind“, fasst Anastasia weiter zusammen.

„Je nachdem, wie hoch die Hydroxid-Ionen-Konzentration ist, sind basische Lösungen leicht basisch, also so pH 8, oder sehr basisch und haben pH 14.“

„Wenn man so eine basische Lösung mit einer sauren Lösung mischt, reagieren die Protonen mit den Hydroxid-Ionen zu Wassermolekülen“, weiß Marie. „Und wenn man genauso viele Hydroxid-Ionen dazugegeben hat, wie Protonen drin waren, ist die Lösung hinterher neutral.“

Anastasia nickt eifrig.

„Dann sind die Säuren in den Weingummis gar nicht neutralisiert“, überlegt Marie.

„Nein“, bestätigt Robin. „In euren Weingummis ergeben die Säuren und der Zucker zusammen zwar einen etwas anderen Geschmack, als die Säuren allein hervorrufen würden, aber das ist keine Neutralisation, wie Chemiker sie sich vorstellen.“

„Hmhm“, macht Anastasia.

„Habe ich eure Fragen damit beantwortet?“, fragt Robin.

Marie und Anastasia nicken und bedanken sich.

„Gut. Ich habe nämlich jetzt Feierabend“, erklärt Robin und steht von der Bank auf. „Falls ihr doch noch ein paar Fragen habt, könnte ich euch allerdings ein paar sehr nette Jungs vorstellen, die sich heute mit ganz ähnlichen Fragen beschäftigt haben … “

TESTE DEIN WISSEN

TEIL III: Neutralisation (saure Weingummis)

Erkläre die folgenden Begriffe kurz in eigenen Worten, bevor du weiter liest:

1) basische Lösung

2) Base

3) Metallhydroxid

4) Hydroxid-Anion

5) basisch

6) Neutralisieren

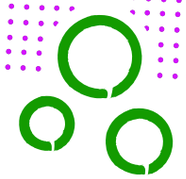
TESTE DEIN WISSEN

TEIL III: Neutralisation (saure Weingummis)

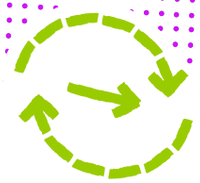
1) **basische Lösung:** Lösung mit Protonenmangel.
2) **Base:** beispielsweise Metallhydroxide.
3) **Metallhydroxid:** besteht aus einem Metall-Kation und einem Hydroxid-Anion; in wässriger Lösung dissoziieren Metallhydroxide.
4) **Hydroxid-Anion:** besteht aus einem Wasserstoffatom und einem Sauerstoffatom, das negativ geladen ist.
5) **basisch:** pH-Wert 8 bis 14. pH-Bereich, in dem eine Lösung mehr Hydroxid-Anionen enthält, als normalerweise in Wasser enthalten sind.
6) **Neutralisieren:** Reaktion, bei der Protonen und Hydroxid-Anionen zu Wassermolekülen reagieren. Wenn alle überschüssigen Protonen in einer Lösung mit allen überschüssigen Hydroxid-Anionen zu Wassermolekülen reagieren, ist die Lösung anschließend neutral (pH 7).

SUPER, DAS WAR TEIL III

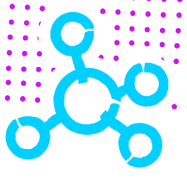
Weitere THEMENBEREICHE:



STOFFE



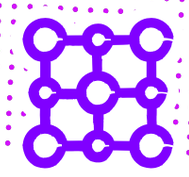
REDOXREAKTION



ALKANE

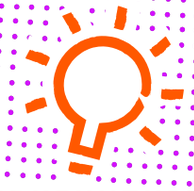
WASSER

ATOMBAU



SALZE

MODELL-
VORSTELLUNGEN



ERKENNTNIS-
GEWINNUNG