



Masterarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Education“ an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam

LabBreak:

Konzeption und Erprobung eines Escape Rooms als Schülerlaboreinheit zum Thema „Organische Säuren“

Erstellt von

Philipp Börstler

Burgstraße 24

14467 Potsdam

Matrikelnummer: 781526

Mail: boerstler@uni-potsdam.de

Fachbereich: Didaktik der Chemie

Erstbegutachtung: Frau Dr. Michele Brott

Zweitbegutachtung: Herr Prof. Dr. Amitabh Banerji

6.2 Komplettlösung des Escape Rooms

6.2.1 Escape Room Teil 1 – „Alarm entschärfen“

Der Escape Room ist überwiegend linear aufgebaut. Einzig an einem Abschnitt stehen den Schüler:innen drei Experimente und Rätsel gleichzeitig zur Bearbeitung bereit, die sie sich untereinander aufteilen oder auch nacheinander lösen können. Die komplette Struktur des Escape Room Teil 1 – „Alarm entschärfen“ ist in Abbildung 15 dargestellt.

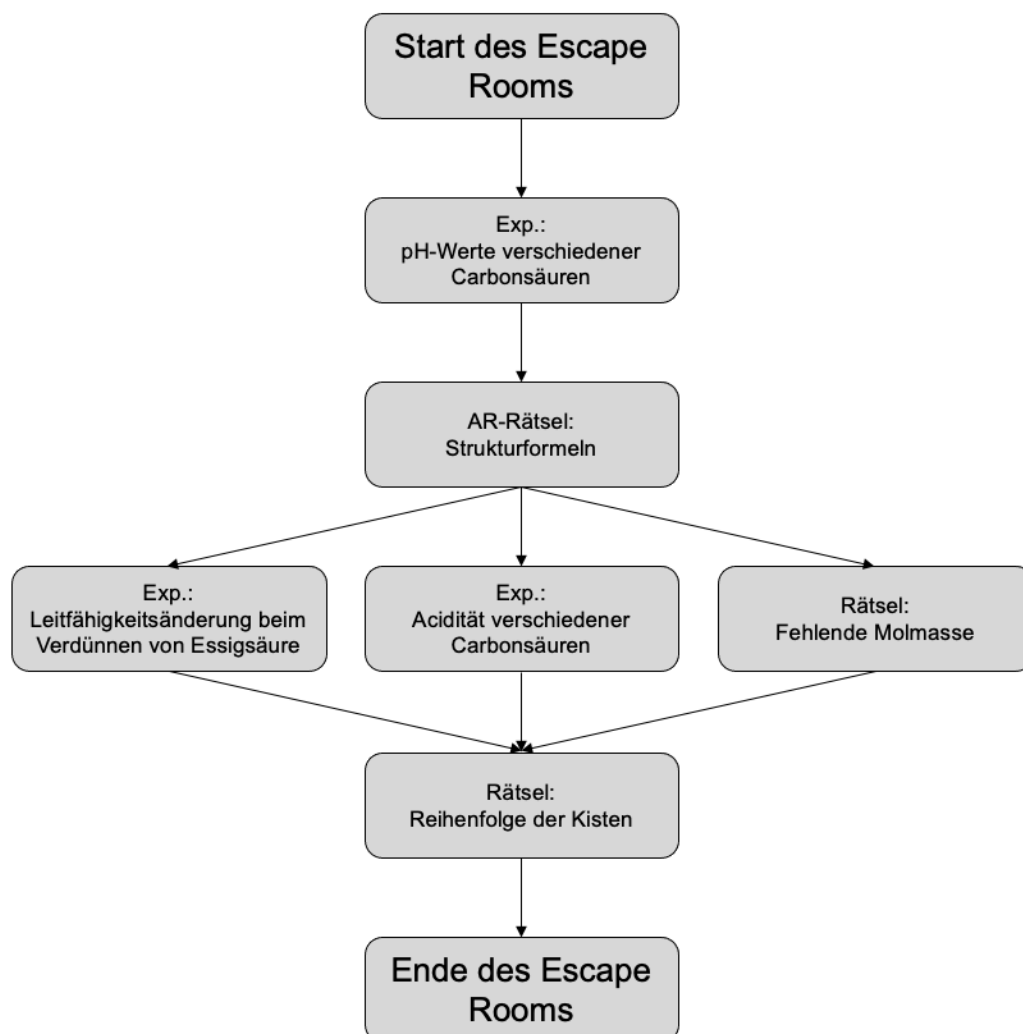


Abbildung 15: Struktur des Escape Room Teil 1 - „Alarm entschärfen“

6.2.1.1 Start des Escape Rooms

Der Beginn der Rahmenhandlung wird als Teil des Einführungsvortrags präsentiert. Auf einer Folie ist die Rahmenhandlung als Text abgebildet und wird vom Vortragenden vorgelesen (siehe Abbildung 16).

RAHMENGESCHICHTE - TEIL 1



Eure Klasse befindet sich auf einem Wandertag zu einem Chemielabor. Nachdem ihr dort ankommt und euch auf einen spannenden Tag vorbereitet, wird der Alarm ausgelöst: Eine besonders gefährliche Chemikalie ist aus dem Labor verschwunden. Das Labor droht in 60 Minuten zerstört zu werden, wenn der Alarm nicht deaktiviert werden kann!

Nach dem Alarm wurden alle Mitarbeitenden des Labors in einen separaten Raum gebracht. Eure Klasse kommt für die Tat nicht in Frage. Deswegen bittet euch der Leiter des Labors um Hilfe, die Zukunft des Labors zu retten und es vor der Zerstörung zu bewahren. Ihr werdet dabei digital tatkräftig von Tom, dem ITler des Labors, unterstützt, der noch nie einen Fuß ins Labor gesetzt hat.

Abbildung 16: Folie des Einführungsvortrags zur Rahmenhandlung von Teil 1

Anschließend wird das Team Labor in den Laborbereich 2 geführt, die Countdown-Uhr wird gestartet und der Escape Room beginnt. Auf dem bereitgestellten iPad wird die Rahmenhandlung im LearningSnack weitererzählt (Abbildung 17). Das Team Remote bleibt währenddessen im Seminarraum und beginnt mit der Bearbeitung der bei LearningApps bereitgestellten Aufgaben, um Hilfen für das Team Labor freizuschalten. Die Hinweise werden in Form von Testcodes für die App BlippAR an das Team Labor übergeben. Dieses kann anschließend das Logo des Hilffsystems (Abbildung 18) mit BlippAR scannen und den Hinweis final freischalten. Die beiden Teams kommunizieren via Zoom. In Abbildung 19 wird der Computer im Labor gezeigt.

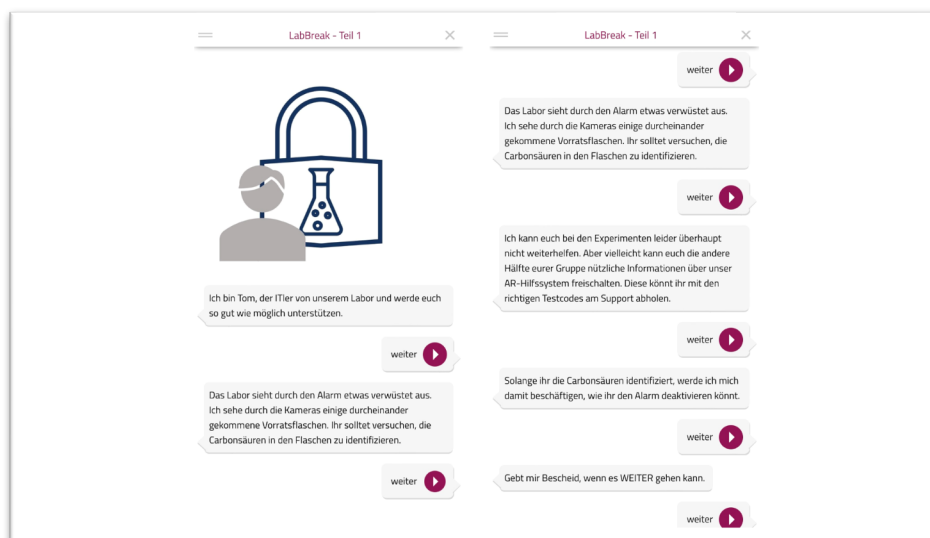


Abbildung 17: Erster Abschnitt des LearningSnacks von Teil 1



Abbildung 18: Logo des Hilfsystems im Labor (M1)

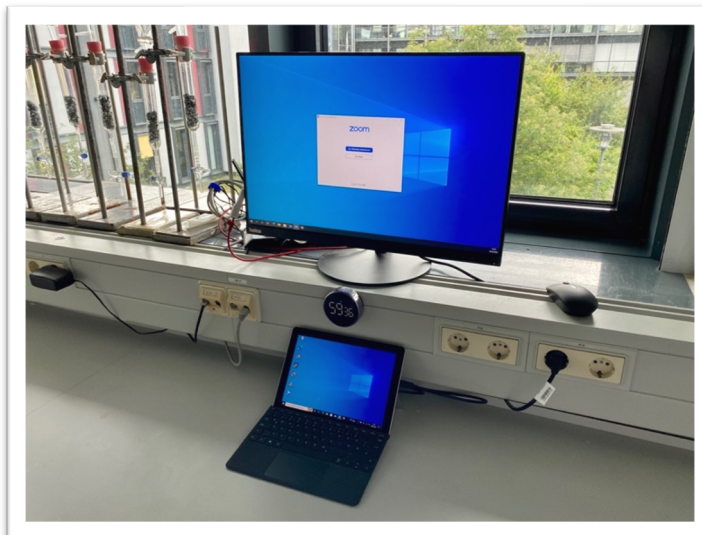


Abbildung 19: Computer im Labor zur Kommunikation zwischen den Gruppen via Zoom

6.2.1.2 Exp.: pH-Werte verschiedener Carbonsäuren

Die Schüler:innen entdecken im Labor sechs Vorratsfläschchen (Abbildung 20), in denen sich verschiedene Carbonsäuren befinden. Diese sollen sie anhand von Messungen der pH-Werte identifizieren. Die benötigten Materialien aller Experimente von Teil 1 stehen auf dem Laborplatz 10 bereit (Abbildung 21). Für Beobachtungen und Notizen stehen dem Team Labor Notizkarten (Abbildung 22) bereit.

Bei diesem Experiment kann das Team Remote das erste Mal unterstützend Hinweise erarbeiten. Für den ersten Hinweis sollen die Schüler:innen eine Tabelle ausfüllen und erhalten dafür die Durchführung des Experiments am Hilfsystem (Abbildung 23). Beim zweiten Hinweis sollen die Schüler:innen Paare

von Trivial- und IUPAC-Namen zuordnen und erhalten dafür pH-Werte zum Vergleichen und Zuordnen der Vorratsfläschchen (Abbildung 24).



Abbildung 20: Sechs Vorratsfläschchen mit verschiedenen Carbonsäuren (M2)



Abbildung 21: Alle benötigten Materialien für die Experimente von Teil 1



Abbildung 22: Vorbereitete Notizkarten für den Escape Room (M3)

←
⌵

Ethanal	Ethanol	Ethansäure	Name
CH ₃ CHO	C ₂ H ₅ OH	CH ₃ COOH	Summenformel
C ₂ H ₄ O	C ₂ H ₆ O	C ₂ H ₄ O ₂	Vereinfachte Summenformel
Aldehyd	Alkohol	Carbonsäure	Stoffgruppe

✍

Lösung

Tipp

Gebe 40 mL der Säuren jeweils in ein Becherglas. Kalibriere das pH-Messgerät für Messungen im sauren Bereich anhand der Anleitung. Halte das pH-Messgerät nacheinander in die Bechergläser. Notiere die Messwerte. Kalibriere zwischen den einzelnen Messungen das Messgerät erneut.

Abbildung 23: Hinweiserätzel 1 des Team Remote und der Hinweis für das Team Labor

⌵
⌵

2,3-Dihydroxybutandisäure

Weinsäure

Propandisäure

Malonsäure

Propansäure

Propionsäure

Ethandisäure

Oxalsäure

Butansäure

Buttersäure

2-Hydroxypropan-1,2,3-tricarbon-säure

Citronensäure

Methansäure

Ameisensäure

Ethansäure

Essigsäure

✍

Lösung

Tipp

Ameisensäure - 1.9
Essigsäure - 2.2
Propionsäure - 2.3
Malonsäure - 1.5
Weinsäure - 1.6
Citronensäure - 0.9

Abbildung 24: Hinweiserätzel 2 des Team Remote und der Hinweis für das Team Labor

Anschließend sollen die Schüler:innen im LearningSnack die zugeordneten Carbonsäuren eintragen (Abbildung 25). Die korrekte Zuordnung lautet: 1 – Propionsäure, 2 – Citronensäure, 3 – Essigsäure, 4 – Malonsäure, 5 – Ameisensäure und 6 – Weinsäure

Sind die Carbonsäuren korrekt zugeordnet, erfahren die Schüler:innen von Tom das weitere Vorgehen, um den Alarm zu entschärfen (Abbildung 26). Dazu sollen sie eine Schlosskette an einem Unterschrank öffnen (Abbildung 27).

LabBreak - Teil 1

Also, welche Carbonsäuren war in dem Vorratsflaschen 1?

- A Ameisensäure
- B Essigsäure
- C Propionsäure
- D Malonsäure
- E Weinsäure

Alles klar, weiter mit dem Vorratsflaschen 2:

- A Ameisensäure
- B Essigsäure
- C Malonsäure
- D Weinsäure
- E Citronensäure

Alles klar und wie sieht es mit dem Vorratsflaschen 3 aus?

A Ameisensäure

LabBreak - Teil 1

Alles klar und wie sieht es mit dem Vorratsflaschen 3 aus?

- A Ameisensäure
- B Essigsäure
- C Malonsäure
- D Weinsäure

Weiter gehts mit Vorratsflaschen 4:

- A Ameisensäure
- B Malonsäure
- C Weinsäure

Dann bleiben nur noch zwei übrig. Welche Carbonsäure war in Vorratsflaschen 5?

- A Ameisensäure
- B Weinsäure

Alles klar, damit war im Vorratsflaschen 6 dann Weinsäure.

Abbildung 25: Zweiter Abschnitt des LearningSnacks von Teil 1

LabBreak - Teil 1

Also, ich hab gute und schlechte Nachrichten: Ich weiß, wie der Alarm deaktiviert werden kann. Allerdings müsst ihr alles vom Labor aus machen.

weiter

An der Tür befindet sich ein Sicherheitssystem. Dort müsst ihr drei Schlüsselkarten einstecken, um den Alarm zu deaktivieren.

weiter

Die Schlüsselkarten werden in einem Schrank aufbewahrt, der mit einer Schlosskette gesichert ist. Vielleicht ist er euch schon aufgefallen.

weiter

Den Code bekommt ihr, indem ihr die Strukturformeln auf dem Tisch am Fenster scannt. Unser AR-System könnte durch den Alarm etwas schlechter funktionieren. Manchmal hilft es einfach mehrmals zu scannen

weiter

LabBreak - Teil 1

weiter

An der Tür befindet sich ein Sicherheitssystem. Dort müsst ihr drei Schlüsselkarten einstecken, um den Alarm zu deaktivieren.

weiter

Die Schlüsselkarten werden in einem Schrank aufbewahrt, der mit einer Schlosskette gesichert ist. Vielleicht ist er euch schon aufgefallen.

weiter

Den Code bekommt ihr, indem ihr die Strukturformeln auf dem Tisch am Fenster scannt. Unser AR-System könnte durch den Alarm etwas schlechter funktionieren. Manchmal hilft es einfach mehrmals zu scannen

weiter

Gebt mir Bescheid, wenn ihr mit dem nächsten Schritt WEITER machen könnt.

weiter

Abbildung 26: Dritter Abschnitt des LearningSnacks von Teil 1



Abbildung 27: Mit Schlosskette verschlossener Unterschrank

6.2.1.3 AR-Rätsel: Strukturformeln

Die Schüler:innen finden auf dem Zentralplatz am Fenster fünf Vorlagen für Strukturformeln und darüber Trivial- und IUPAC-Namen der Chemikalien, die aus Teilen nachgebaut werden sollen (Abbildung 28). Sind die Strukturformeln korrekt, sollen sie diese mit BlippAR scannen und erhalten so von vier der fünf Strukturformeln jeweils eine Ziffer des vierstelligen Zahlencodes des Schlosses und von der fünften Strukturformeln bekommen sie die Information, dass die erhaltene vierstellige Zahl invertiert werden soll. Der finale Code der Schlosskette lautet: 2 8 5 3

Haben die Schüler:innen das Schloss geöffnet, finden sie in einer Schublade des Unterschranks drei transparente Kisten, auf denen jeweils die Strukturformeln von Ethanal, Ethanol und Ethansäure gezeichnet sind (Abbildung 29). Die Kisten sind erneut mit Zahlenschlössern verschlossen und in den Kisten befinden sich die drei Schlüsselkarten, die zur Deaktivierung des Alarms benötigt werden. Im LearningSnack erhalten die Schüler:innen die Anweisungen, um die drei Kisten öffnen zu können (Abbildung 30).



Abbildung 28: Vorbereitete Materialien für das Rätsel Strukturformeln (M4 – M9)



Abbildung 29: Drei verschlossene Kisten mit den aufgezeichneten Strukturformeln

LabBreak - Teil 1

Ah, ich sehe schon. Ich hatte befürchtet, dass es doch nicht so einfach ist. Ihr fragt euch sicherlich, wie ihr an die Codes für die einzelnen Schlüsselkarten kommt.

weiter ▶

Ich habe in den Aufzeichnungen folgendes gefunden:

weiter ▶

"Die leichteste Schlüsselkarte bekommt man, indem man ein Rätsel zur Leitfähigkeit von Essigsäure löst: 10 ml Essigessig soll schrittweise soweit mit 10 ml, destilliertem Wasser verdünnt werden, dass bei einer Spannung von 10 V eine Stromstärke von 20 - 22 mA erreicht wird. Die zugefügte Menge Wasser (in ml) liefert den Code."

weiter ▶

"Die schwerste Schlüsselkarte bekommt man, indem man die Acidität der Carbonsäuren im Labor untersucht und die Carbonsäure ermittelt, die am wenigsten acid ist. Die Summenformel der gesuchten Carbonsäuren liefert dann den Code, genauer gesagt die tiefgestellten Ziffern der Summenformel (Bsp.: Ethanol = C₂H₆O = 261)"

LabBreak - Teil 1

"Die schwerste Schlüsselkarte bekommt man, indem man die Acidität der Carbonsäuren im Labor untersucht und die Carbonsäure ermittelt, die am wenigsten acid ist. Die Summenformel der gesuchten Carbonsäuren liefert dann den Code, genauer gesagt die tiefgestellten Ziffern der Summenformel (Bsp.: Ethanol = C₂H₆O = 261)"

weiter ▶

"Die letzte Schlüsselkarte hängt erneut mit den sechs Carbonsäuren zusammen. Eine der sechs Carbonsäuren wurde nicht für die Schlosskette benötigt. Die molare Masse dieser Carbonsäure ist der letzte Code."

weiter ▶

Damit solltet ihr schon einmal wissen, wie ihr die Codes erhaltet. Leider konnte ich nichts zur Reihenfolge herausfinden, vielleicht liefern die Kisten selbst einen Hinweis.

weiter ▶

Wenn ihr die Kisten geöffnet habt, kann es WEITER gehen.

weiter ▶

Abbildung 30: Vierter Abschnitt des LearningSnacks von Teil 1

6.2.1.4 Exp.: Leitfähigkeitsänderung beim Verdünnen von Essigsäure

Für die erste der drei Kisten sollen die Schüler:innen 20 ml Eisessig in Schritten von 20 ml mit dest. Wasser so weit verdünnen, dass die Essigsäure bei einer Spannung von 10 V eine Stromstärke von 20 – 22 mA erreicht. Die zugefügte Menge an Wasser in ml, um die Stromstärke zu erreichen, ergibt den Zahlencode für das Schloss. Dieser lautet: 1 4 0

Erneut kann das Team Remote dem Team Labor Hinweise freischalten. Für den dritten Hinweis sollen die Schüler:innen einen Lückentext zum Thema „Vergleich von Alkansäuren mit anorganischen Säuren“ ausfüllen und bekommen dafür am Hilfssystem eine Liste der für das Experiment benötigten Geräte (Abbildung 31). Beim vierten Hinweis sollen die Schüler:innen erneut einen Lückentext zum Thema „Herstellung von Essig“ vervollständigen, wofür sie die Durchführung des Experiments erhalten (Abbildung 32).

Konzentration, Oxonium, Proton, Säure, schwächer, unedel, weniger

Alkansäuren reagieren ähnlich wie anorganische Säuren, die meisten aber weniger heftig. Methansäure und Ethansäure reagieren mit unedlen Metallen, Metalloxiden, Metallhydroxiden und Carbonaten deutlich schwächer als z.B. Salzsäure. Die Heftigkeit der Reaktion einer Säure hängt von der Konzentration der Oxonium-Ionen in der wässrigen Lösung ab. Folglich liegen in einer Methansäurelösung oder in einer Ethansäurelösung weniger Oxonium-Ionen vor als in einer Salzsäure gleicher Konzentration. Das ist darin begründet, dass nicht alle Alkansäure-Moleküle in Wasser ein Proton abspalten.

Lösung

Tipp

- Becherglas (V = 250 ml)
- Becherglas (V = 50 ml)
- Leitfähigkeitsmessgerät
- 2 Kabel
- 2 Krokodilklemmen
- Demo-RG-Stopfen mit zwei Löchern
- 2 Stahlelektroden

Abbildung 31: Hinweiserätzel 3 des Team Remote und der Hinweis für das Team Labor

Durchlüftung, Essig, Essigsäurebakterien, Ethanol, Ethansäure, Luftsauerstoff, Vergärung

Essig ist seit dem Altertum bekannt. Essig bzw. die Essigsäure (Ethansäure) wird auf natürlichem Wege durch die Vergärung von ethanolhaltigen Flüssigkeiten mithilfe von Essigsäurebakterien hergestellt. Lässt man Wein offen bei Zimmertemperatur stehen, siedeln sich Essigsäurebakterien an, die beispielsweise durch Fruchtfliegen eingetragen werden. Es bildet sich eine Haut aus Essigsäurebakterien. Die Enzyme der Essigsäurebakterien wandeln Ethanol mithilfe von Luftsauerstoff in Essig um, was deutlich am Geruch erkennbar ist. Bei der Essigherstellung im industriellen Maßstab geht man im Prinzip ähnlich vor. Beim Fesselverfahren lässt man eine Flüssigkeit mit etwa 10 Vol.-% Ethanol (die „Maische“) unter Luftzutritt langsam über etwa 1 mm dicke Buchenholzspäne, die mit Essigsäurebakterien besetzt sind, herunterrieseln. Für das Submersverfahren verwendet man große Bottiche. Die Essigsäurebakterien schwimmen mitten in der ethanolhaltigen Maische, ohne sich an der Oberfläche anzusammeln. Hier muss für gute Durchlüftung der gesamten Lösung gesorgt werden.

Lösung

Tipp

Gebe 20 ml Eisessig in das Becherglas (V = 250 ml). Stelle am Netzteil eine Wechselspannung von 10 V ein. Miss die Stromstärke. Gebe im weiteren Verlauf jeweils 20 ml dest. Wasser in das Becherglas und messe erneut die Stromstärke. Regulierte die Spannung zwischen den Messungen wieder auf 10 V.

Abbildung 32: Hinweiserätzel 4 des Team Remote und der Hinweis für das Team Labor

6.2.1.5 Exp.: Acidität verschiedener Carbonsäuren

Für die zweite der drei Kisten sollen die Schüler:innen die am wenigsten acide Carbonsäure in den Vorratsfläschchen experimentell ermitteln. Die tiefgestellten Ziffern der Summenformeln dieser Carbonsäure liefert den Code für das Schloss. Dabei handelt es sich um Propansäure und der Code lautet: 3 6 2. Ein letztes Mal kann das Team Labor vom Team Remote Hinweise erhalten. Für den fünften Hinweis sollen die Schüler:innen eine Zuordnungsaufgabe von verschiedenen Chemikalien zu den entsprechenden Bereichen der pH-Werte abschließen und erhalten dafür eine Auflistung aller benötigten Geräte des Experiments am Hilfssystem (Abbildung 33). Beim sechsten Hinweis sollen die Schüler:innen in einem Lückentext die Reaktionsgleichungen zu diesem Experiment ergänzen, wofür sie die Durchführung des Experiments erhalten (Abbildung 34).

Lösung

Tipp
6 Bechergläser (V = 100 mL)
6 Mg-Bänder

Abbildung 33: Hinweissystem 5 des Team Remote und der Hinweis für das Team Labor

Lösung

Tipp
Gebe 40 mL der Säuren jeweils in ein Becherglas. Gebe in jedes Becherglas ein Stück des Magnesiumbänder und messe die Zeit bis zur vollständigen Auflösung.

Abbildung 34: Hinweissystem 6 des Team Remote und der Hinweis für das Team Labor

6.2.1.6 Rätsel: Fehlende Molmasse

Um den Code der dritten Kiste zu erhalten, sollen sich die Schüler:innen noch einmal mit den Strukturformeln aus dem AR-Rätsel beschäftigen. Fünf der sechs Carbonsäuren der Vorratsfläschchen sind Teil des Rätsels, die Strukturformel von Citronensäure wird nicht benötigt. Die Schüler:innen sollen dies erkennen und anschließend die Molmasse von Citronensäure berechnen. Da sie die Struktur- oder Summenformeln von Citronensäure nicht kennen, sollen sie das Team Remote um Hilfe fragen. Team Remote hat den IUPAC-Namen 2-Hydroxypropan-1,2,3-tricarbonsäure in Hinweissrätsel 2 dem Trivialnamen Citronensäure zugeordnet (Abbildung 24). Die Molmasse von Citronensäure beträgt 192 g/mol und der Zahlencode für das dritte Schloss lautet: 1 9 2

6.2.1.7 Rätsel: Reihenfolge der Kisten

Mit den Einweisungen für die Zahlenschlösser der drei Kisten erhalten die Schüler:innen zeitgleich ein verstecktes Rätsel, um die Reihenfolge der Kisten und Zahlenschlösser herauszufinden (Abbildung 30). Die Schüler:innen sollen erkennen, dass explizit von der leichtesten, schwersten und letzten Schlüsselkarten in den Einweisungen gesprochen wird. Damit verbunden sind die Strukturformeln von Ethanal, Ethanol und Ethansäure auf den Kisten. Die Schüler:innen sollen die Molmassen der drei Chemikalien berechnen und erfahren dadurch, dass die Kiste mit der Strukturformel von Ethanal mit dem Code 1 4 0, die Kiste mit der Strukturformel von Ethanol mit dem Code 3 6 2 und die Kiste mit der Strukturformel von Ethansäure mit dem Code 1 9 2 geöffnet werden kann.

6.2.1.8 Ende des Escape Rooms

Haben die Schüler:innen die drei Schlüsselkarten aus den Kisten geholt, erfahren sie im LearningSnack (Abbildung 35), dass der Escape Room durch das Einlegen der Schlüsselkarten in das Sicherheitssystem (Abbildung 36) beendet wird.

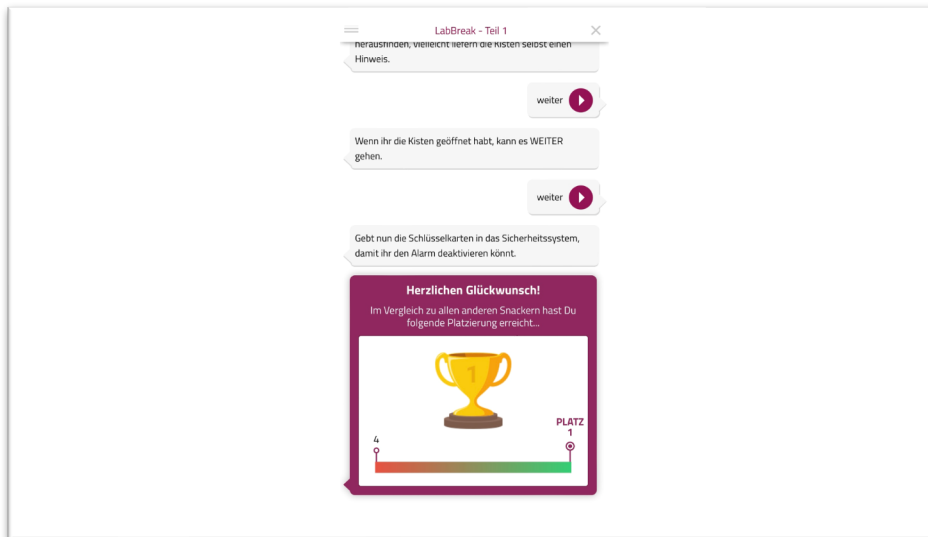


Abbildung 35: Fünfter Abschnitt des LearningSnacks von Teil 1



Abbildung 36: Sicherheitssystem mit eingelegten Schlüsselkarten (M10)


6.2.1.9 Materialien des Escape Room Teil 1 – „Alarm entschärfen“



M 1: Logo des Hilfssystems




M 2: Logo der Vorratsfläschchen ($X = 1, \dots, 6$)


Experiment:		
Beobachtungen:	Notizen:	

M 3: Layout der Notizkarte

Ameisensäure
IUPAC - Name: Methansäure


Code: 2217025


		$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{---C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array} $




M 4: Vorlage für das AR-Rätsel: Strukturformeln am Beispiel von Ameisensäure

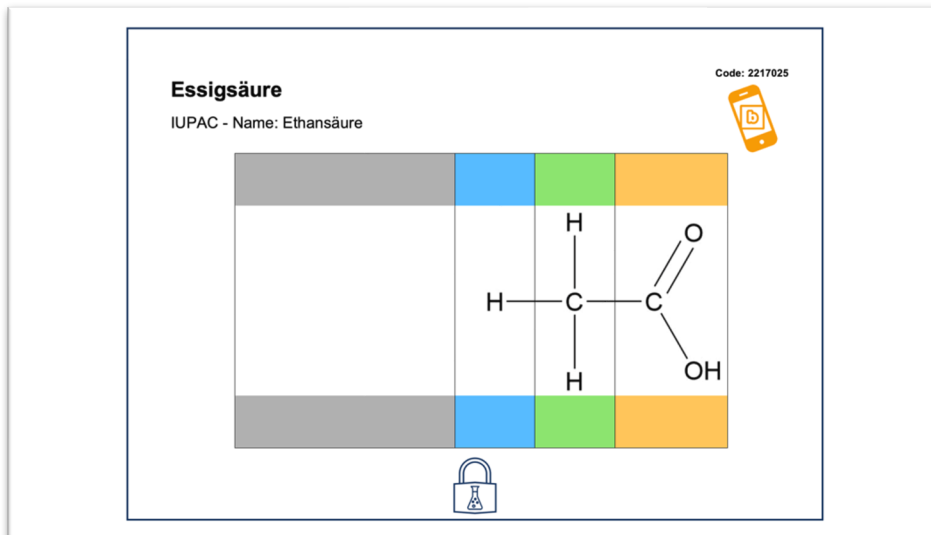
Ameisensäure
IUPAC - Name: Methansäure

Code: 2217025


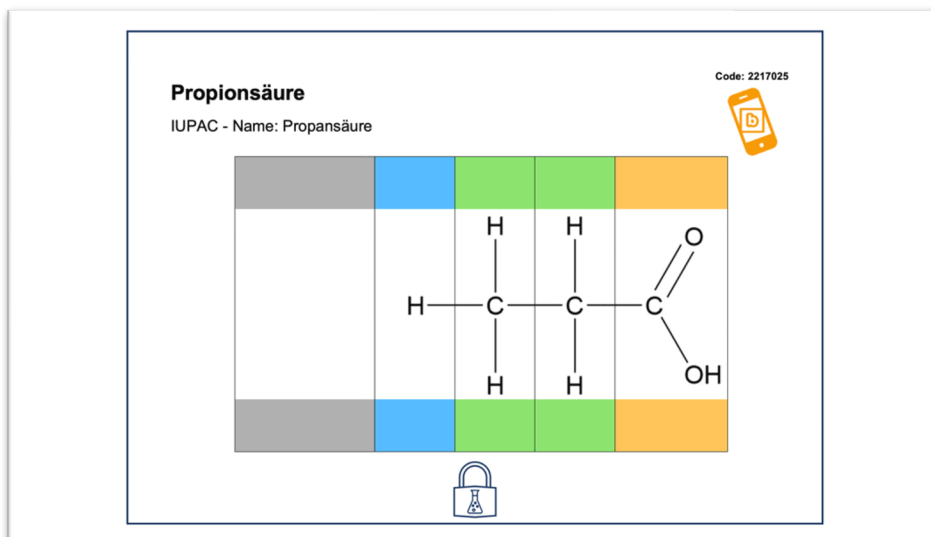
		$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H---C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array} $



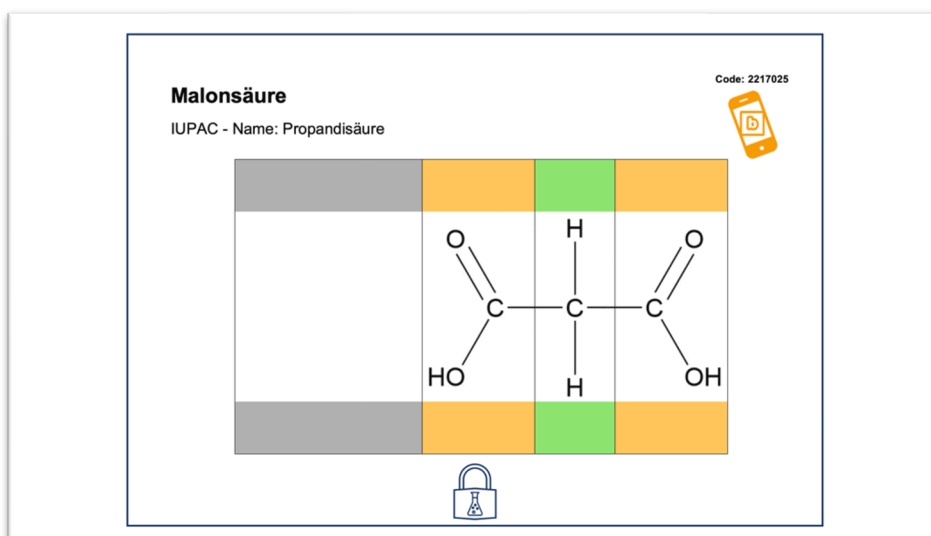
M 5: AR-Rätsel: Strukturformeln – Fertige Strukturformeln von Ameisensäure



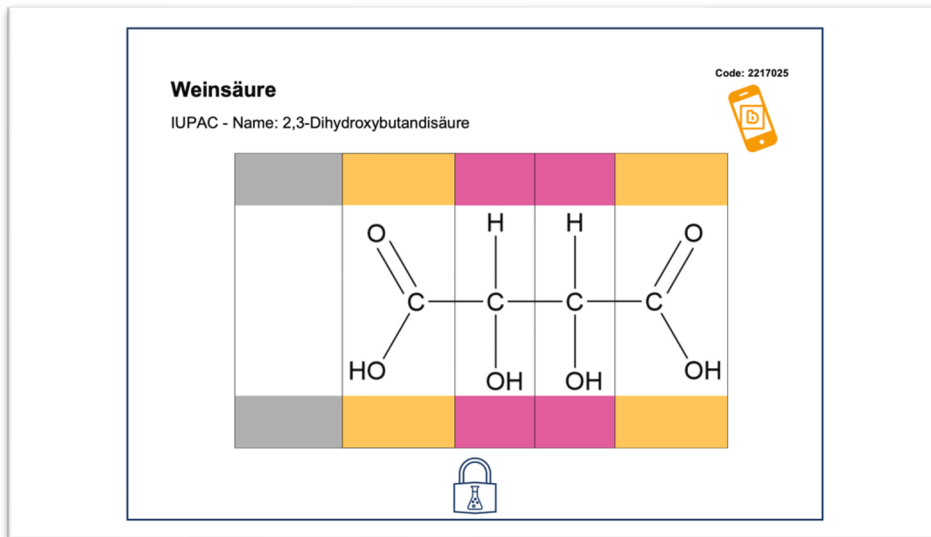
M 6: AR-Rätsel: Strukturformeln – Fertige Strukturformel von Essigsäure



M 7: AR-Rätsel: Strukturformeln – Fertige Strukturformel von Propionsäure



M 8: AR-Rätsel: Strukturformeln – Fertige Strukturformel von Malonsäure



M 9: AR-Rätsel: Strukturformeln – Fertige Strukturformel von Weinsäure



M 10: Logo des Sicherheitssystem

6.2.2 Escape Room Teil 2 – „Täter finden“

Der zweite Teil des Escape Rooms ist vollständig linear aufgebaut. Zum Beginn von Teil 2 tauschen die Teamzugehörigkeiten: Team Labor wird zu Team Remote und umgekehrt. Die Struktur des Escape Room Teil 2 – „Täter finden“ ist in Abbildung 37 dargestellt.

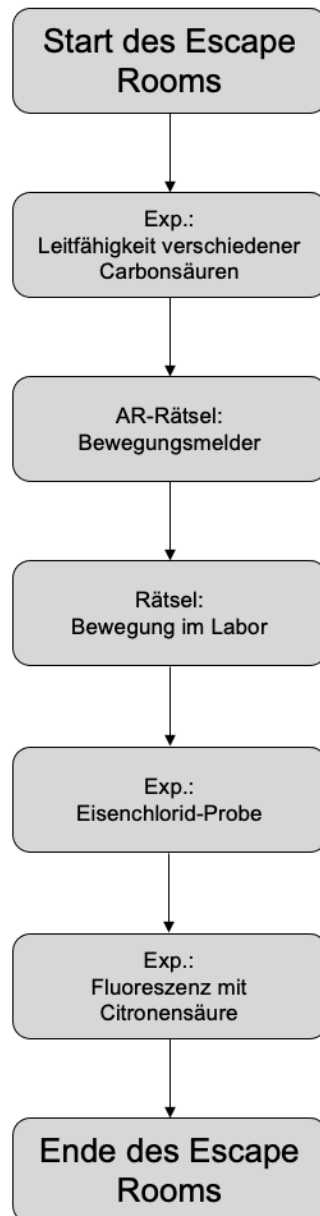


Abbildung 37: Struktur des Escape Room Teil 2 - „Täter finden“

6.2.2.1 Start des Escape Rooms

Die Fortführung der Rahmenhandlung wird im Einführungsvortrag zu Beginn des zweiten Zeitslots präsentiert. Die Rahmenhandlung wird als Text auf einer Folie gezeigt und vom Vortragenden vorgelesen (siehe Abbildung 38).

RAHMENGESCHICHTE - TEIL 2



Nachdem der Alarm deaktiviert werden konnte, ist eure Aufgabe leider noch nicht erfüllt. Die Mitarbeitenden sind aktuell noch in dem separaten Raum isoliert. In 60 Minuten ist der Arbeitstag jedoch vorbei. Die Chemikalie wurde noch nicht gefunden und könnte dann aus dem Labor entwendet werden. Die Polizei wurde zwar bereits informiert, darf aber ohne einen gezielten Tatverdacht niemanden festhalten. Erneut bittet euch der Leiter des Labors um Hilfe: Schafft es den Täter zu überführen, indem ihr euch erneut in dem Labor auf eine experimentelle Spurensuche begeben. Ihr werdet dabei weiterhin von Tom unterstützt.

Abbildung 38: Folie des Einführungsvortrags zur Rahmenhandlung von Teil 2

Daraufhin begibt sich das Team Labor in den Laborbereich 2, die Countdown-Uhr beginnt und der Escape Room fängt an. Auf dem iPad geht die Rahmenhandlung im LearningSnack weiter (Abbildung 39). Das Team Remote im Seminarraum bearbeitet die Aufgaben bei LearningApps, um das Team Labor zu unterstützen. Der Modus der Freischaltung der Hinweise ist identisch zu Teil 1 und die beiden Teams kommunizieren weiterhin via Zoom.

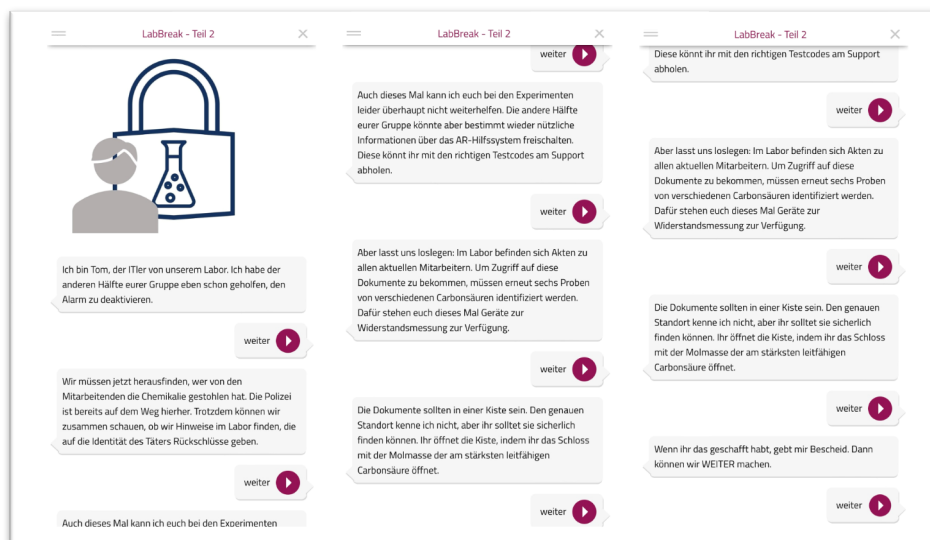


Abbildung 39: Erster Abschnitt des LearningSnacks von Teil 2

6.2.2.2 Exp.: Leitfähigkeit verschiedener Carbonsäuren

Die Schüler:innen finden im Labor erneut die sechs Vorratsfläschchen (Abbildung 20), in denen sich verschiedene Carbonsäuren befinden. Diese Carbonsäuren sollen die Schüler:innen anhand von Messungen der Leitfähigkeit identifizieren. Die benötigten Materialien aller Experimente von Teil 1 stehen auf

dem Laborplatz 12 bereit (Abbildung 40). Für Beobachtungen und Notizen stehen dem Team Labor erneut Notizkarten bereit.

Das Team Remote kann bei diesem Experiment das erste Mal das Team Labor mit Hinweisen unterstützen. Für den siebten Hinweis sollen die Schüler:innen ein Wortgitter-Rätsel zu den Präfixen der homologen Reihe der Carbonsäuren lösen. Dafür können sie dem Team Labor die Durchführung des Experiments bereitstellen (Abbildung 41). Beim achten Hinweis sollen die Schüler:innen eine Gruppenzuordnung von Carbonsäuren in die Gruppen Mono-, Di- und Tricarbonsäuren durchführen und erhalten dafür die Leitfähigkeitswerte zum Vergleichen und Zuordnen der Vorratsfläschchen (Abbildung 42).



Abbildung 40: Alle benötigten Materialien für die Experimente von Teil 2

In den Vorratsfläschchen sind die folgenden Carbonsäuren: 1 – Propionsäure, 2 – Citronensäure, 3 – Essigsäure, 4 – Malonsäure, 5 – Ameisensäure und 6 – Weinsäure.

Nach der Zuordnung der Carbonsäuren zu den Vorratsfläschchen sollen die Schüler:innen die Molmasse der leitfähigsten Carbonsäure nutzen, um die per Zahlenschloss verriegelte Holzkiste zu öffnen. Die Kiste war zuvor im Unterschrank von Platz 15 versteckt (Abbildung 43). Ein Logo an der Schranktür weist auf das Versteck hin, sodass die Schüler:innen, wie bereits in den Spielregeln des Escape Rooms erklärt, das Labor nicht aktiv durchsuchen sollen. Die leitfähigste Carbonsäure ist Citronensäure, die Molmasse von Citronensäure haben die Schüler:innen schon in Teil 1 des Escape Rooms berechnet und sollte keine weiteren Probleme darstellen. Somit lautet der Zahlencode für die Holzkiste: 1 9 2

B	M	H	S	K	Q
D	E	C	R	D	A
E	T	H	Z	J	N
L	H	E	X	N	H
O	M	P	R	O	P
B	U	T	P	N	E
R	I	F	Ü	Ä	N
Q	Z	B	O	C	T

1. METH
ehmt
2. ETH
eht
3. DEC
cde
4. HEX
ehx
5. HEPT
ehpt
6. BUT
btu
7. PROP
oppr
8. NON
rno
9. PENT
enpt
10. OCT
cot

Lösung

Tipp
Gebe 40 mL der Säuren jeweils in ein Becherglas. Stecke die beiden Elektroden in die Löcher des Stopfens. Stecke die Kabel in das Spannungsmessgerät. Verbinde die Kabel mithilfe der Krokodilklemmen mit den Elektroden. Halte die Elektroden nacheinander in die Bechergläser. Notiere die Messwerte. Reinige zwischen den einzelnen Messungen die Elektroden mit dest. Wasser.

Abbildung 41: Hinweirätsel 7 des Team Remote und der Hinweis für das Team Labor

CCCC(=O)O
CC(=O)O
Monocarbonsäuren
C(=O)O

OC(O)C(=O)O
OC(=O)CC(=O)O
Dicarbonsäuren
OC(=O)C(=O)O

OC(O)C(O)C(=O)O
OC(=O)c1cc(C(=O)O)cc(C(=O)O)c1
Tricarbonsäuren

Lösung

Tipp

- 1 - Propionsäure
- 2 - Citronensäure
- 3 - Essigsäure
- 4 - Malonsäure
- 5 - Ameisensäure
- 6 - Weinsäure

Abbildung 42: Hinweirätsel 8 des Team Remote und der Hinweis für das Team Labor



Abbildung 43: Versteckte Holzkiste im Unterschrank von Platz 15

In der Holzkiste finden die Schüler:innen die Akten der Mitarbeitenden des Labors (M11). Auf diesen befinden sich Angaben zu den Mitarbeitenden.

6.2.2.3 AR-Rätsel: Bewegungsmelder

Nachdem die Schüler:innen sich die Akten angeschaut haben, werden sie im LearningSnack (Abbildung 44) von Tom darauf hingewiesen, dass sie sich die Bewegungsmelder des Labors (Abbildung 45) anschauen sollen. Diese befinden sich für die Schüler:innen zugänglich an der Eingangstür zum Laborbereich 2 (blauer Bewegungsmelder) und an der Zwischentür zum Laborgang E1.29 (oranger Bewegungsmelder). Die Schüler:innen sollen die Nummern der Vorratsfläschchen in die Kästchen unter dem Logo der Bewegungsmelder eintragen. Damit erhalten sie den Code, um das Logo mit BlippAR zu scannen (Code: 2 6 3 4 5 1 2) und die Bewegungsaktivitäten des Labors zu bekommen.

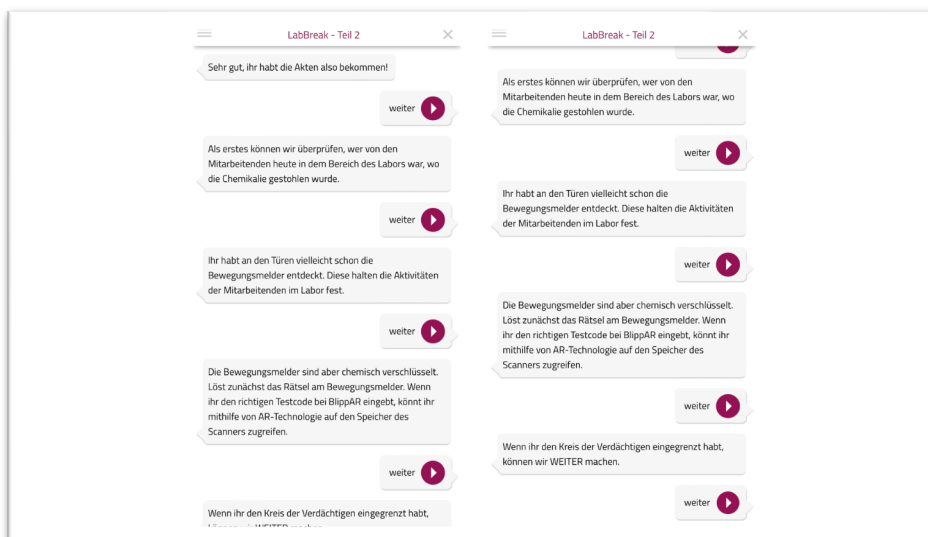


Abbildung 44: Zweiter Abschnitt des LearningSnacks von Teil 2



Abbildung 45: Bewegungsmelder mit Rätsel an den Türen des Laborbereichs 2 (M12)

6.2.2.4 Rätsel: Bewegung im Labor

Mit den Bewegungsaktivitäten (M13) sollen die Schüler:innen analysieren, welche der 16 Mitarbeitenden an dem Abzug der gestohlenen Chemikalie vorbeigekommen sind. Die Bewegungsaktivitäten geben wieder, welche Türen von wem passiert wurden. Auf den Rückseiten der Mitarbeiterakten befindet sich jeweils der Grundriss des Labors, sodass die Schüler:innen dort die einzelnen Routen der Mitarbeitenden einzeichnen und nachvollziehen können. Im LearningSnack sollen die Schüler:innen dann die Eingrenzungen mit Tom abgleichen (Abbildung 46). Durch den Abgleich der Bewegungen im Labor bleiben noch fünf Mitarbeitende übrig: Pascal Schröder, Leonie Sturm, Johanna Gruber, Ben Williams & Klara Balke. Die Bewegungen dieser Mitarbeitenden sind in M14 – M18 dargestellt.

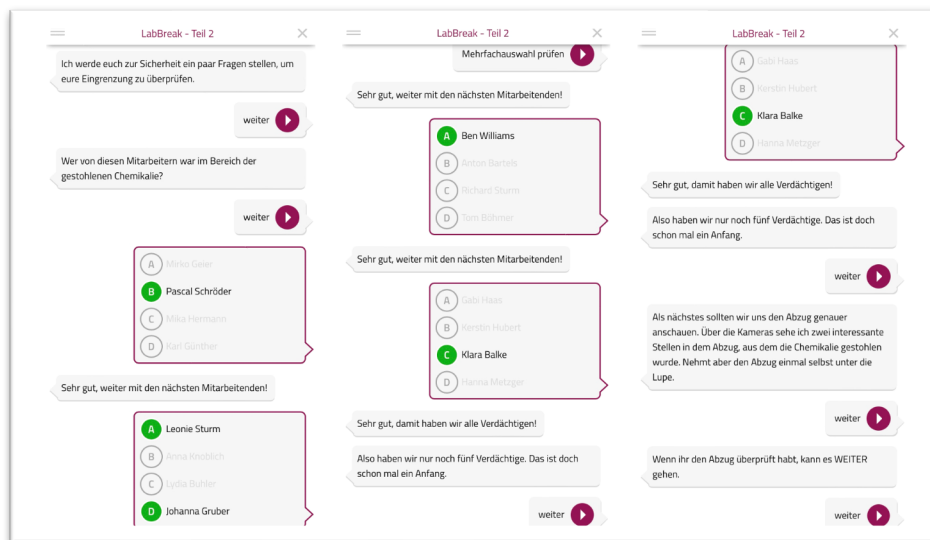


Abbildung 46: Dritter Abschnitt des LearningSnacks von Teil 2



Abbildung 47: Abzug der gestohlenen Chemikalie mit Petrischale und Handabdruck

Um weiter voranzukommen, empfiehlt Tom, dass die Schüler:innen den Abzug der gestohlenen Chemikalie genauer inspizieren sollen. Dort sehen sie neben einem Viereck aus Absperrband, das auf die Stelle der gestohlenen Chemikalie hinweist, eine kleine Petrischale mit einer farblosen Flüssigkeit und einen Handabdruck aus Handcreme (Abbildung 47).

6.2.2.5 Exp.: Eisenchlorid-Probe

Die Schüler:innen sollen von Tom zunächst zur Chemikalie in der Petrischale geleitet werden. Tom bittet die Schüler:innen mit Unitestpapier eine erste Überprüfung des pH-Werts durchzuführen (Abbildung 48). Dadurch finden die Schüler:innen heraus, dass es sich um eine Säure handelt und geben diese Information an Tom weiter. Tom verweist die Schüler:innen auf die aktuellen Forschungsthemen der übrigen fünf Mitarbeitenden. Die Schüler:innen sollen Nachweise zu den verschiedenen Chemikalien durchführen und mit dem Nachweis von Ameisensäure beginnen.

Hierfür kann das Team Remote Hinweise an das Team Labor weitergeben. Für den neunten Hinweis sollen die Schüler:innen ein Wortgitter-Rätsel mit Begriffen der organischen Chemie lösen. Dafür werden am Hilfssystem alle für das Experiment benötigten Geräte aufgelistet (Abbildung 49). Beim zehnten Hinweis sollen die Schüler:innen eine Zuordnung von Carbonsäuren zu den Trivialnamen ihrer Salze durchführen. Als Hinweis bekommt das Team Labor dafür die Durchführung der Eisenchlorid-Probe (Abbildung 50).

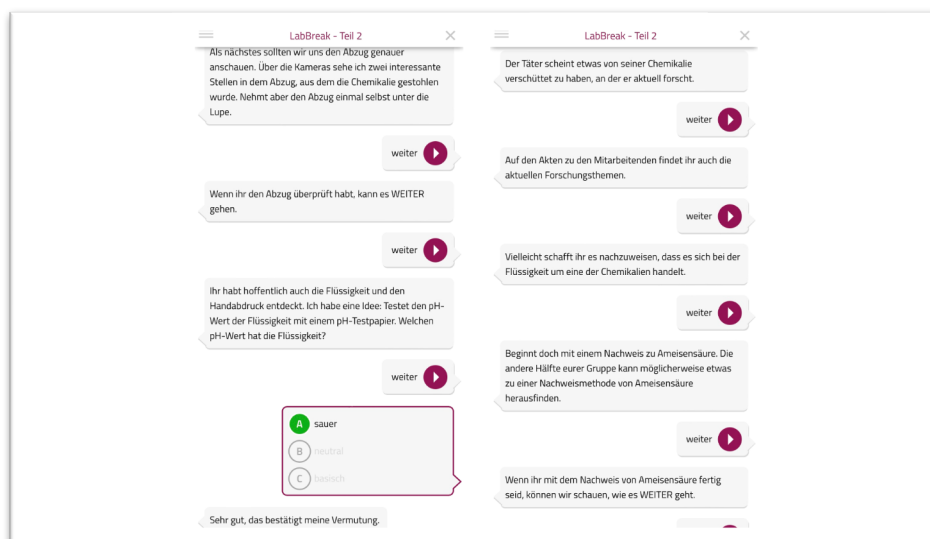


Abbildung 48: Vierter Abschnitt des LearningSnacks von Teil 2

Nach dem Nachweis sollen die Schüler:innen im LearningSnack auswählen, ob der Nachweis positiv oder negativ war (Abbildung 51). Durch den positiven Nachweis kann der Kreis der Verdächtigen auf zwei Mitarbeitern eingegrenzt werden: Ben Williams und Leonie Sturm.

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

1. ALKAN
Alan
2. CARBOXY
abCarry
3. ALKOHOL
Alkohol
4. CARBONSÄURE
abCarbonsäure
5. METHANSÄURE
abMethansäure
6. KETON
abKet
7. ALDEHYD
Aldehyd
8. ESSIG
Essig
9. KOHLENSTOFF
abKohlenstoff
10. HYDROXY
abHydroxy

Lösung

Tipp

Becherglas (V = 250 ml)
Reagenzglas
Reagenzglasständer
Reagenzglashalter
Spatel
Brenner
Feuerzeug

Abbildung 49: Hinweisrätsel 9 des Team Remote und der Hinweis für das Team Labor

Propionsäure
Propiat

Benzoessäure
Benzoat

Malonsäure
Malonat

Ameisensäure
Formiat

Essigsäure
Acetat

Citronensäure
Citrat

Buttersäure
Butyrat

Weinsäure
Tartarat

Lösung

Tipp

Die Essigsäure wird in einem Becherglas mit Natriumcarbonat-Lösung bis zur ausbleibenden Kohlenstoffdioxidentwicklung zur Neutralisation gebracht. Gebe die neutralisierte Lösung in ein Reagenzglas und versetze die Lösung mit einer Spatelspitze Eisen(III)-chlorid-Hexahydrat. Schwenke das Reagenzglas zur besseren Vermischung und bringe die Lösung über der Brennerflamme zum Sieden.

Abbildung 50: Hinweisrätsel 10 des Team Remote und der Hinweis für das Team Labor

LabBreak - Teil 2

weiter ▶

Wenn ihr mit dem Nachweis von Ameisensäure fertig seid, können wir schauen, wie es WEITER geht.

weiter ▶

A Die Grünspanprobe war positiv.
B Die Grünspanprobe war negativ.

Da hatten wir anscheinend Glück. Welche Mitarbeitenden kommen dann noch in Frage?

A Pascal Schröder
B Ben Williams
C Leonie Sturm
D Johanna Gruber
E Clara Bölle

Mehrfachauswahl prüfen ▶

Super, jetzt haben wir nur noch zwei Verdächtige!

LabBreak - Teil 2

Mehrfachauswahl prüfen ▶

Super, jetzt haben wir nur noch zwei Verdächtige!

Als zweites haben wir den Handabdruck im Abzug. Der Handabdruck sieht sehr fettig aus.

weiter ▶

Während ihr euch um den Nachweis von Ameisensäure gekümmert habt, habe ich mich bei den unschuldigen Mitarbeitenden umgehört. Scheinbar benutzt Leonie Sturm sehr viel Handcreme im Labor.

weiter ▶

Jetzt müssen wir nur noch eine Möglichkeit finden, wie wir die Handcreme nachweisen können. Hier kann euch hoffentlich eure andere Hälfte der Gruppe helfen, wenn ihr keine Idee habt.

weiter ▶

Wenn ihr den Nachweis geschafft habt, geht es WEITER.

weiter ▶

Abbildung 51: Fünfter Abschnitt des LearningSnacks von Teil 2

6.2.2.6 Exp.: Fluoreszenz mit Citronensäure

Nach der Petrischale sollen sich die Schüler:innen mit dem Handabdruck beschäftigen. Die Schüler:innen erhalten von Tom die Information, dass Leonie Sturm im Labor sehr viel Handcreme benutzt (Abbildung 51). Sie sollen nach einer Möglichkeit suchen, die Handcreme nachzuweisen.

Die letzten beiden Hinweise werden dafür vom Team Remote benötigt. Für diese sollen die Schüler:innen vom Team Remote für den elften Hinweis einen Lückentext zum Thema „Herstellung von Carbonsäuren“ ausfüllen. Dafür erfährt das Team Labor die benötigten Geräte für den Nachweis am Hilffssystem (Abbildung 52). Beim zwölften Hinweis sollen die Schüler:innen den Wahrheitsgehalt von Aussagen überprüfen und sie erhalten die Durchführung des Nachweises (Abbildung 53).

-CHO, -COOH, -OH, Aldehyd, Alkohol, Kaliumpermanganat, Nachweis, Redoxreaktion

Reagiert ein Aldehyd mit Kupfer(II)-Ionen findet eine Oxidation des Aldehyds statt. Diese Redoxreaktion dient auch als Nachweis für Aldehyde. Dabei wird die Aldehyd-Gruppe -CHO zur Carboxy-Gruppe -COOH oxidiert. Gleichzeitig werden die Kupfer(II)-Ionen zu Kupfer(I)-Ionen reduziert.

Mit einem starken Oxidationsmittel wie Kaliumpermanganat kann auch ein Alkohol zur Säure oxidiert werden. Dabei wird die Hydroxy-Gruppe -OH eines Alkohol-Moleküls zur Carboxy-Gruppe -COOH oxidiert und die Permanganat-Ionen werden zu Mangan(II)-Ionen reduziert.

Tipp

Reagenzglas
Reagenzglasständer
Reagenzglashalter
Spatel
Brenner
Feuerzeug
UV-Taschenlampe

Abbildung 52: Hinweiserätzel 11 des Team Remote und der Hinweis für Team Labor

wahr

- Essigsäure ist ein wichtiges Säuerungsmittel- und Konservierungsmittel.
- Amisen produzieren zu ihrem Schutz Methansäure.
- Ethansäure ist Ausgangsstoff zur Herstellung von u.a. Lösungsmitteln und Kunststoffen.

falsch

- Essigessenz hat einen Volumenanteil von 80% Essig.
- Bei Raumtemperatur flüssige Alkansäuren werden zur Herstellung von Kerzen verwendet.
- Anders als die kurzkettigen Alkansäuren hat Buttersäure einen angenehmen Geruch.

Tipp

Vermische je 3 cm hohe Schichten Citronensäure und Harnstoff in einem Reagenzglas. Schmelze das Stoffgemisch in der Brennerflamme. Beleuchte das Stoffgemisch nach dem Erkalten mit UV-Licht.

Abbildung 53: Hinweiserätzel 12 des Team Remote und der Hinweis für Team Labor

6.2.2.7 Ende des Escape Rooms

Durch die entstehende Fluoreszenz und damit dem Nachweis von Harnstoff bzw. Handcreme, ist Leonie Sturm überführt. Die Geschichte wird dadurch abgeschlossen, dass Tom die gesammelten Informationen an die Polizei weitergibt (Abbildung 54) und der Escape Room ist beendet.

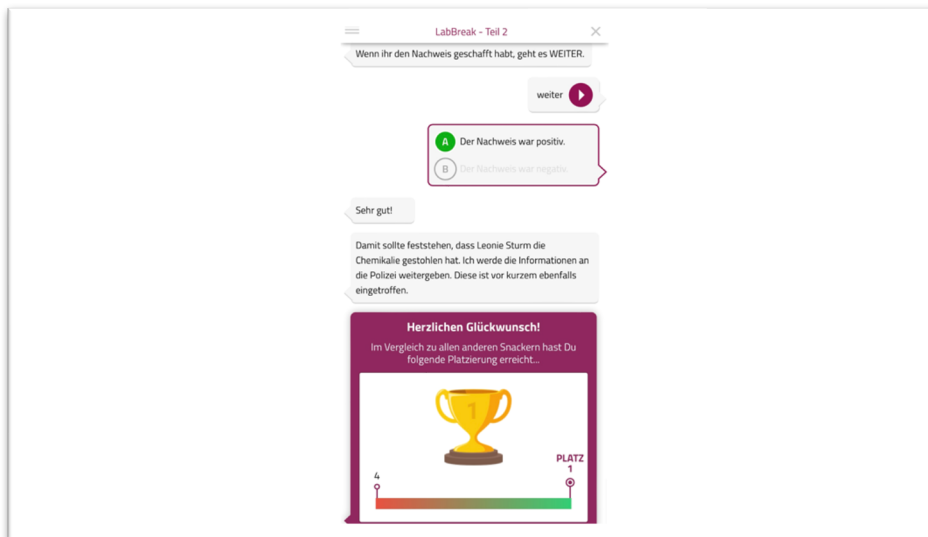


Abbildung 54: Fünfter Abschnitt des LearningSnacks von Teil 2


6.2.2.8 Materialien des Escape Room Teil 2 – „Täter finden“



LEONIE STURM



- Geburtsdatum: 05.04.1992
- Raum: D1.19
- Mailadresse: lsturm@labbreak.de
- Aktuelles Forschungsthema: Ameisensäure

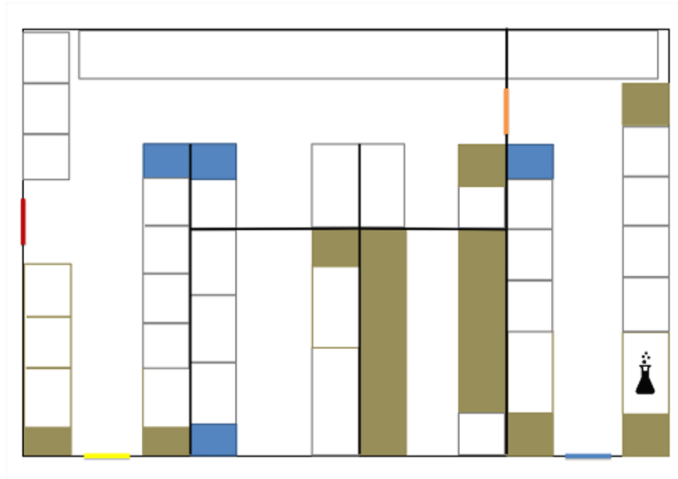


M 11: Beispiel einer Mitarbeiterakte anhand von Leonie Sturm (oben Vorderseite, unten Rückseite)



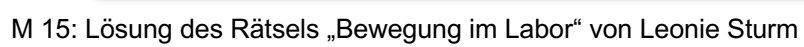
Zugriffscode zum Speicher:

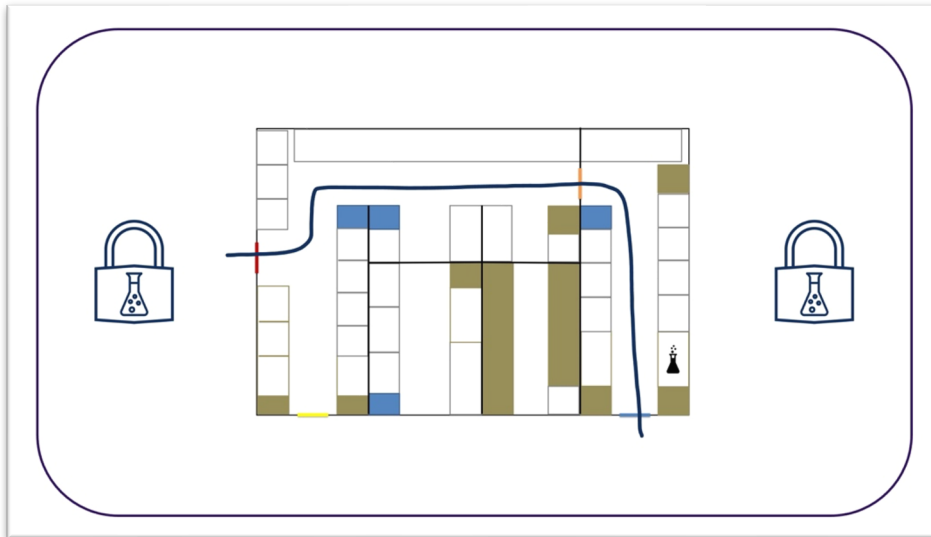
2	Wein- säure	Essig- säure	Malon- säure	Ameisen- säure	Propion- säure	Citronen- säure
---	----------------	-----------------	-----------------	-------------------	-------------------	--------------------



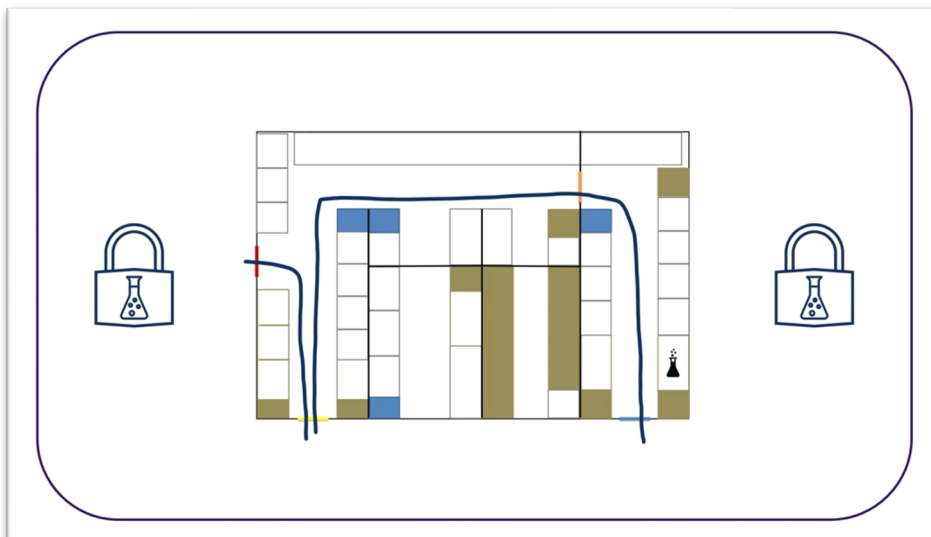
Sensor	Aktivität
●	Mirko Geier kam am gelben Sensor vorbei.
●	Mirko Geier kam am gelben Sensor vorbei.
●	Leonie Sturm kam am gelben Sensor vorbei.
●	Johanna Gruber kam am blauen Sensor vorbei.
●	Mika Hermann kam am gelben Sensor vorbei.
●	Ben Williams kam am blauen Sensor vorbei.
●	Anton Bartels kam am gelben Sensor vorbei.
●	Klara Balke kam am blauen Sensor vorbei.
●	Tom Böhmer kam am gelben Sensor vorbei.
●	Ben Williams kam am orangen Sensor vorbei.
●	Leonie Sturm kam am gelben Sensor vorbei.
●	Kerstin Hubert kam am gelben Sensor vorbei.
●	Ben Williams kam am gelben Sensor vorbei.
●	Pascal Schröder kam am blauen Sensor vorbei.
●	Ben Williams kam am gelben Sensor vorbei.
●	Klara Balke kam am blauen Sensor vorbei.
●	Pascal Schröder kam am orangen Sensor vorbei.
●	Leonie Sturm kam am gelben Sensor vorbei.
●	Johanna Gruber kam am orangen Sensor vorbei.
●	Pascal Schröder kam am orangen Sensor vorbei.
●	Leonie Sturm kam am orangen Sensor vorbei.
●	Pascal Schröder kam am blauen Sensor vorbei.
●	Tom Böhmer kam am gelben Sensor vorbei.
●	Leonie Sturm kam am blauen Sensor vorbei.
●	ALARM ALARM ALARM
●	Anton Bartels kam am roten Sensor vorbei.
●	Kerstin Hubert kam am roten Sensor vorbei.
●	Ben Williams kam am roten Sensor vorbei.
●	Mika Hermann kam am roten Sensor vorbei.
●	Johanna Gruber kam am roten Sensor vorbei.

M 13: Bewegungsaktivitäten des Labors

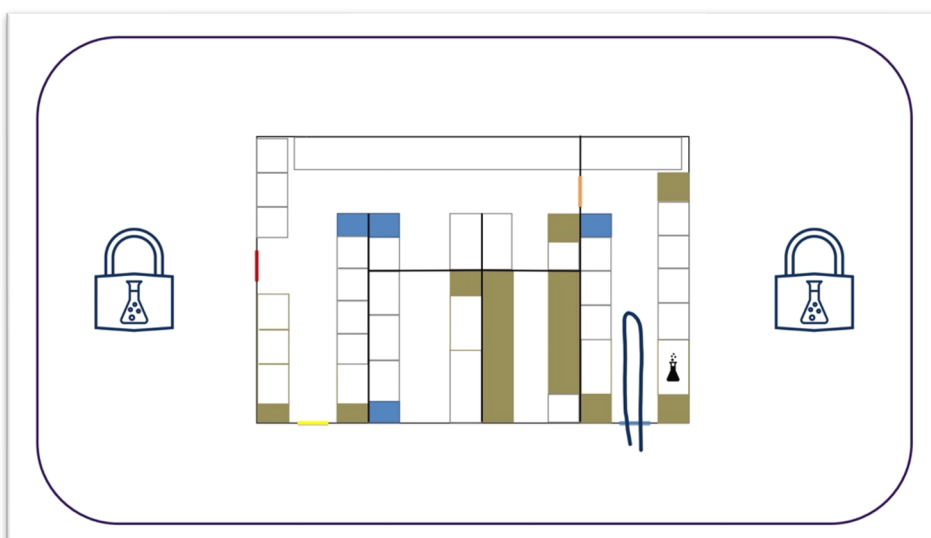




M 16: Lösung des Rätsels „Bewegung im Labor“ von Johanna Gruber



M 17: Lösung des Rätsels „Bewegung im Labor“ von Ben Williams



M 18: Lösung des Rätsels „Bewegung im Labor“ von Klara Balke