

1. Versuchsanleitung

EscapeLab



Die Menschheit steht vor dem Abgrund. Das obliviscatur-Virus ist ausgebrochen. Es ist hoch ansteckend, sodass die Hälfte der Menschheit bereits betroffen ist. Das Virus lässt die Menschen alles vergessen, was sie jemals gelernt oder auch nicht gelernt haben- sie vergessen sogar zu atmen und ersticken.

Einem kleinen Forscherteam bestehend aus vier Wissenschaftlern der Universität des Saarlandes ist es gelungen, ein Antiserum zu entwickeln, das den Virus bekämpft und die Menschen heilt. Um den Prototypen dieses Serums vor der Habgier mancher Menschen zu schützen, versteckten die vier Wissenschaftler ihn gemeinsam mit der Formel zur Herstellung in einer Box, welche mit einem Zahlenschloss verriegelt ist. Zur Sicherheit überlegte sich jeder der Wissenschaftler genau eine Zahl der Kombination. Leider infizierte sich auch das gesamte Forscherteam mit dem Virus und vergaß dadurch alles, was zur Herstellung des Antiserums wichtig ist und die Kombination des Zahlenschlosses ebenfalls.

Ihr seid nun unsere einzige Hoffnung. Findet die Kombination für das Zahlenschloss heraus und rettet die Menschheit. Euch bleiben dazu noch drei Stunden, bevor zu viele Menschen infiziert sind, um dem Fortbestand der Menschheit zu sichern.

Abbildung 1: Einführungstext. Die verschiedenen Rätsel wurden kontextuell in die im Einführungstext vorgestellte Geschichte eingebettet. Der Einführungstext kann in Form eines kurzen Videos oder einer Audiodatei vorgestellt werden.

Fingerabdrücke

Manchmal ist es gut zu wissen, wer bestimmte Gegenstände berührt hat. Dabei kann der Nachweis von Fingerabdrücken helfen. Jeder Mensch hat einzigartige Fingerabdrücke, es können also jedem Menschen genau 10, nämlich seine eigenen, Fingerabdrücke zugeordnet werden.

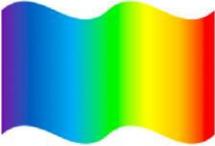
a) Lege eine Fingerabdruck-Karte für jedes Teammitglied an. 

b) Zum Nachweis von unsichtbaren Fingerabdrücken auf Glas kann man diese mit Hilfe von Kohlepulver  oder Sekundenkleber  sichtbar machen. Unsichtbare Fingerabdrücke auf Papier lassen sich mit Ninhydrin  nachweisen. Teste diese drei Methoden anhand eigener Fingerabdrücke. Und vergleiche sie mit der Kartei.



Abbildung 2: Aufgabenstellung Fingerabdrücke.

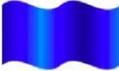
Rätsel: Chromatographie



Als Chromatographie bezeichnet man eine physikalisch-chemische Trennmethode. Dabei trennt sich ein Stoff in seine Einzelbestandteile auf, weil die Einzelbestandteile unterschiedlich gut an der Oberfläche (stationäre Phase) haften und sich unterschiedlich gut im Lösemittel (mobile Phase) lösen. Bei der Papierchromatographie verwendet man (Filter-) Papier als stationäre und Wasser als mobile Phase.

a) Finde experimentell heraus, aus welchen Farben sich ein Filzstift zusammensetzt.

b) Welche Skittles haben nicht nur eine Farbe?

Hinweis: 

Die Farbkombination der auftrennbaren Skittles bringt dich der Geheimzahl dieses Rätsels näher.



Abbildung 3: Aufgabenstellung Chromatographie.

Rätsel: Blutspuren

In der Kriminologie lassen sich **Blutspuren** auf unterschiedlichen Wegen nachweisen. Führe einen Blutnachweis mit Wasserstoffperoxid und einen Nachweis mit Luminol durch.



Nachweis mit Wasserstoffperoxid	Nachweis mit Luminol
	

Bei den folgenden Flecken handelt es sich teilweise um **Blutflecke**. Finde heraus, welche das sind. Die Zahlenkombination der Blutflecke wird dich weiterbringen.

Fleck Nummer 1	Fleck Nummer 2	Fleck Nummer 3	Fleck Nummer 4
			
Fleck Nummer 5	Fleck Nummer 6	Fleck Nummer 7	Fleck Nummer 8
			

Abbildung 4: Aufgabenstellung Blutspuren. Die roten Flecken symbolisieren die Positionen, an denen echtes Blut aufgetragen wurde. An Position 1, 4, 7 und 8 wird Kunstblut aufgetragen. Bearbeitete Abbildung aus der Hausarbeit von Vanessa Lang zum Thema „Escape Lab“ entnommen.

Rätsel: Indikatoren



Einige Stoffe ändern ihre Farbe, wenn sie mit sauren oder alkalischen Lösungen zusammengebracht werden. Sie zeigen also durch ihre Färbung an, ob eine Lösung sauer oder alkalisch ist. Diese Stoffe nennt man Indikatoren.



a) Finde heraus, welche Farben die verschiedenen Indikatoren (Bromthymolblau, Lackmus und Phenolphthalein) im sauren, neutralen bzw. alkalischen Milieu aufweisen.

b) Einige Indikatoren sind bereits als fertige Lösungen vorhanden, andere musst du selbst herstellen: Stelle die Schwarztee-, Rotkohl- und Schokolinsen - Indikatorlösungen selbst her.

Abbildung 5: Aufgabenstellung Indikatoren.

Rätsel: Faseranalytik



Mit einem **Mikroskop** lassen sich Objekte extrem vergrößert darstellen. Beispielsweise kann man die unterschiedlichen Oberflächenstrukturen verschiedener Fasern erkennen.

Untersuche und notiere die Eigenschaften der drei unterschiedlichen Fasertypen mit dem Mikroskop. Fertige jeweils eine Skizze an.

Fasertyp	Baumwolle	Schurwolle	Synthetikwolle
Faserprobe			
Skizze			
Eigenschaften			

Abbildung 6: Aufgabenstellung Faseranalytik. In der Spalte „Faserprobe“ wird jeweils ein Stück Baumwolle, Schurwolle und Synthetikwolle in das entsprechende Feld geklebt.

2. Benötigte Materialien und notwendige Vorbereitungen

2.1 Benötigte Materialien

Die benötigten Chemikalien, Materialien und Geräte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Übersicht über die benötigten Chemikalien, Materialien und Geräte

(ExP/Z) = speziell für das Experiment am Platz (ExP) oder zentral (ExZ) bereit gestelltes Material

(P) = immer am Platz befindliches Material

(Z) = immer zentral zugängliches Material

	Chemikalien	Materialien	Geräte
Allgemein		Aufgabenstellungen (ExP) Hinweisblätter (ExP) Trigger (ExP/ExZ) Lebensmittel für Eis	Fernseher (ExZ) iPads (ExP)
Fingerabdrücke	Ninhydrin (ExP) Kohlepulver (ExP)	Sekundenkleber (ExP) Stempelkissen (ExP) Gewürzglas mit Deckel (ExP) Einmalhandschuhe (ExP) Pinsel (ExP) Handcreme (ExP) Objektträger (ExP) Zange (P)	Heizplatte (ExP) Föhn (Z) Safe + Rezept (ExZ)
Chromatographie	Wasser (Z)	Filzstift (ExP) Rundfilter (ExP) Skittles® (ExP) Bechergläser (P) Schere (P)	
Indikatoren	Bromthymolblau (P) Lackmus (P) Phenolphthalein (P) HCl (P) NaOH (P) Destilliertes Wasser (P)	Schwarztee (ExP) Rotkohl (ExZ) Schokolinsen (ExP) Bechergläser (P)	Wasserkocher (Z)
Blutspuren	H ₂ O ₂ (5 %) (ExP) Luminol (ExZ)	Einmalhandschuhe (ExP) Einmalpipetten (P) Fliesen mit Blutspuren (ExZ) Kiste zum Abdunkeln (ExZ)	
Faseranalytik		Objektträger (ExP) Verschiedene Fasern von den Aufgabenblättern (ExP)	Mikroskop (ExP)

2.2 Vorbereitungen

Vor jeder Durchführung des „Escape Lab“ sind folgende Vorbereitungen zu treffen:

- Lebensmittel für Stickstoff-Eis einkaufen (Milch, Nutella, Cookies, Vanillezucker)
- Rotkohl einkaufen
- Chemikalien, Materialien und Geräte bereitstellen (vgl. Tabelle 1)
- Aufgabenstellungen und Hinweisblätter verteilen, Vorhandensein der Trigger kontrollieren
- iPads aufladen
- Fernseher für „Escape Lab“ Intro-Video bereitstellen und anschließen
- Batterien des Safe kontrollieren, Rezept im Safe platzieren
- Faserproben auf Blätter für Faseranalytik kleben (auf das Blatt mit der Aufgabenstellung je einmal Schurwolle-, Baumwolle-, Synthetikwolle-Proben kleben; auf das Hinweisblatt acht unterschiedlich farbige Faserproben kleben davon gelb, rot und hellgrün Schurwolle, restliche Farben Synthetikwolle oder Baumwolle)
- Aufgabenstellung „Blutspuren“ präparieren, indem Flecken mit Kunstblut (1, 4, 7, 8) oder echtem Blut (2, 3, 5, 6) gesetzt und trocknen gelassen werden
- Auf Fliesen A,C und F Blutfleck auftragen, trocknen lassen und wegwischen.
- Fliesen mit Blutspuren entsprechend des Lageplans platzieren
- Vier Objektträger auf jede Tresor-Hinweiskarte kleben und passenden Fingerabdruck auf jedem Objektträger platzieren (1. Abdruck „Kopernikus“ von Johann, 2. Abdruck „Pasteur“ von Vanessa, 3. Abdruck „Einstein“ von Matthias, 4. Abdruck „Curie“ von Johannes)
- H₂O₂-Lösung (5 %) frisch ansetzen
- Luminol-Lösung frisch ansetzen: 4 g Na₂CO₃ und 0,2 g Luminol in 50 ml Wasser lösen, danach 50 ml H₂O₂ (Konzentration ist unklar, 17 % war zu viel) dazugeben. Fertige Luminol-Lösung in zwei Sprühflaschen füllen.

Übersicht über Aufgabenstellungen und Hinweisblätter, die verteilt werden müssen:

- Fingerabdrücke
 - Laminierte Aufgabenstellung Fingerabdrücke (für jedes Team)
 - Laminierte Fingerabdruck-Karteikarten (Mitarbeiterstammdaten) der vier Wissenschaftler (für jedes Team)
 - Fingerabdruck-Kartei-Vorlagen für SuS (für **jeden SuS**)

- Laminierter Tresor-Hinweiskarte, auf die vier Objektträger mit je einem Fingerabdruck eines der Wissenschaftler aufgeklebt wurden (für jedes Team)
- Chromatographie
 - Laminierter Aufgabenstellung Chromatographie (für jedes Team)
 - Hinweisblatt zur Chromatographie von Skittles® (für jedes Team)
- Indikatoren
 - Laminierter Aufgabenstellung Indikatoren (für jedes Team)
 - Laminierter Tüpfelplatte (für jedes Team)
 - Laminierter Hinweisblatt Indikatoren (für jedes Team)
- Blutspuren
 - Aufgabenstellung Blutspuren mit Kunstblut- und Blutflecken (für jedes Team)
 - Laminierter Lageplan der Blutspuren (für jedes Team)
 - Hinweisblatt Blutspuren mit vier Tabellen für Buchstaben A-G (für jedes Team)
 - Laminierter Hinweisschlüssel Blutspuren = rotes Kreuz (für jedes Team)
- Faseranalytik
 - Laminierter Aufgabenstellung Faseranalyse mit aufgeklebten Fasern (für jedes Team)
 - Hinweisblatt Faseranalyse mit aufgeklebten Fasern (für jedes Team)

3. Mögliche Lösungswege

3.1. Gesamtkonzept und Zusammenfassung der Lösung

Das Konzept des „Escape Lab“ orientiert sich an den heute immer beliebter werdenden „Escape Rooms“. Entsprechend wurden die von den SuS zu lösenden Rätsel in eine Rahmenhandlung eingebettet (Abbildung 1). Als Einstieg kann diese zu Beginn in Form eines kurzen Videos oder als Audiodatei vorgestellt werden, wobei letzteres vor allem für jüngere SuS in Erwägung gezogen werden sollte. Ziel ist es die Menschheit vor einem Virus zu retten. Dafür muss ein Safe geöffnet werden, in welchem sich die Formel für das dringend benötigte Gegenmittel befindet. Dieses wurde von vier Wissenschaftlern entwickelt, die unterschiedliche Interessengebiete (Chromatographie, Indikatoren, Blutspuren, Faseranalytik) besaßen. Sie überlegten sich jeweils eine Zahl des Codes, welche mit Hilfe der Rätsel zu ihrem jeweiligen Interessengebiet herausgefunden werden kann. Daraus ergeben sich die vier Themengebiete, zu denen die SuS Rätsel lösen müssen. Ziel des fünften Themengebiets ist es herauszufinden in welcher Reihenfolge diese vier Zahlen in den Safe eingegeben werden müssen. Dazu lernen die SuS wie Fingerabdrücke nachgewiesen werden können.

Da die Positionen der Code-Zahlen mit jeweils einem Fingerabdruck des dazugehörigen Wissenschaftlers markiert wurden, ermöglicht dieses Wissen den SuS die Zuordnung der vier Zahlen zum jeweiligen Fingerabdruck. In welcher Reihenfolge die SuS die fünf Themengebiete bearbeiten ist ihnen überlassen. Dabei arbeiten sie in Gruppen von zwei bis vier Personen. Je nach Alter der SuS und vorhandener Zeit kann das Öffnen des Safe als Wettrennen zwischen den Gruppen angesehen werden oder es besteht die Möglichkeit, dass die Gruppen in unterschiedlichem Ausmaß zusammenarbeiten.

Entsprechend des Konzepts von „Escape Rooms“, finden die SuS auch beim „Escape Lab“ nicht alle benötigten Materialien und Informationen geordnet am Platz. Die Aufgabenstellungen und Hinweisblätter sind zum Teil am Arbeitsplatz versteckt. Um die Zuordnung zu erleichtern existiert für jedes der fünf Themengebiete ein Symbol, das sich auf den dazugehörigen Unterlagen wiederfindet (Fingerabdruck = Fingerabdrücke, rotes Kreuz = Blutspuren, bunte Flagge = Chromatographie, Farbkreis = Indikatoren, Lupe = Faseranalytik). Manche Materialien, wie die Fliesen mit Blutspuren, sind im gesamten NanoBioLab versteckt. Die Trigger für die „Augmented Reality“ (AR) sind ebenfalls am Platz und im gesamten Labor versteckt und für jedes der fünf Themengebiete nochmal in Hinweise (blauer Kreis mit Bild vom Safe und Schriftzug „Hinweis“) und Hilfen (grüner Kreis mit Bild eines Gehirns und Schriftzug „Hilfe“) unterteilt (Abbildung 7).

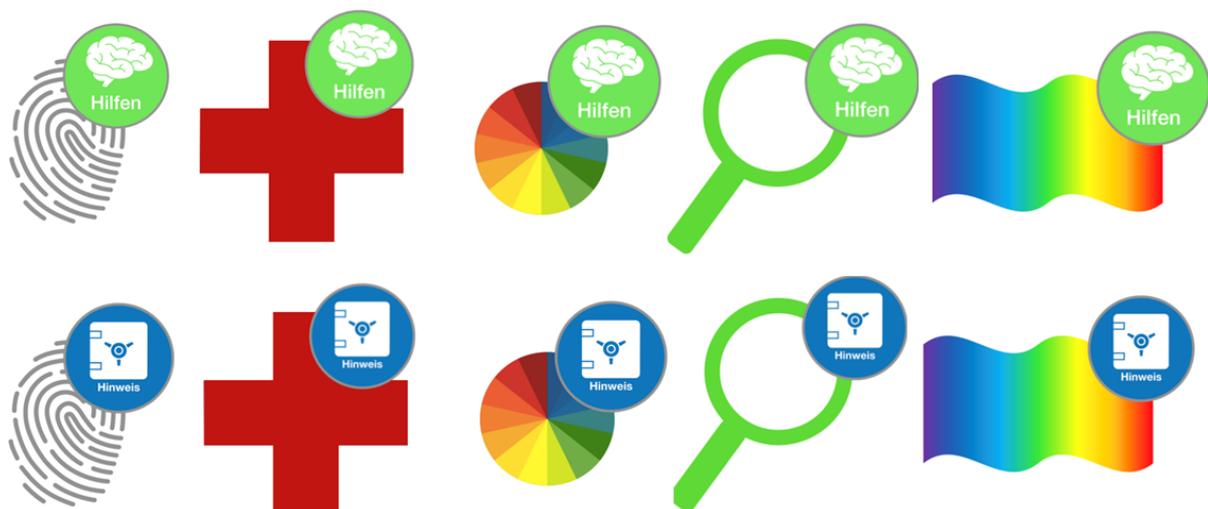


Abbildung 7: Übersicht über Trigger. Für jedes der fünf Themengebiete existiert ein Symbol (Fingerabdruck = Fingerabdrücke, rotes Kreuz = Blutspuren, Farbkreis = Indikatoren, Lupe = Faseranalytik, bunte Flagge = Chromatographie). In der oberen Reihe sind die Trigger für die Hilfen zu sehen und in der unteren Reihe die Trigger für die Hinweise.

Das Themengebiet ist auch hier am entsprechenden Symbol erkennbar. Die AR Hinweise doppeln sich mit den Hinweisblättern, die die SuS am Platz finden können, fügen zum Teil aber weitere Informationen hinzu. Zudem ist mit ihrer Hilfe ersichtlich welche Hinweise zu welchem

Themengebiet gehören. Da weder die Reihenfolge der Rätsel noch die Herangehensweise vorgegeben ist, könnten manche SuS überfordert sein. Um diese SuS zu unterstützen stehen in der AR ausführliche Hilfen (Kapitel 6), welche in Verständnisprobleme, Experimentalprobleme, Sprachprobleme und technische Probleme untergliedert sind, zur Verfügung. So können die SuS selbst entscheiden wann und in welchem Ausmaß sie Hilfe benötigen und gezielt auf die passenden Hilfen zugreifen.

Die Lösungen aller fünf Themengebiete sind kurz in Abbildung 7 zusammengefasst. Die ausführliche Beschreibung der jeweiligen Lösungswege kann den folgenden Kapiteln (Kapitel 3.2 bis 3.6) entnommen werden.

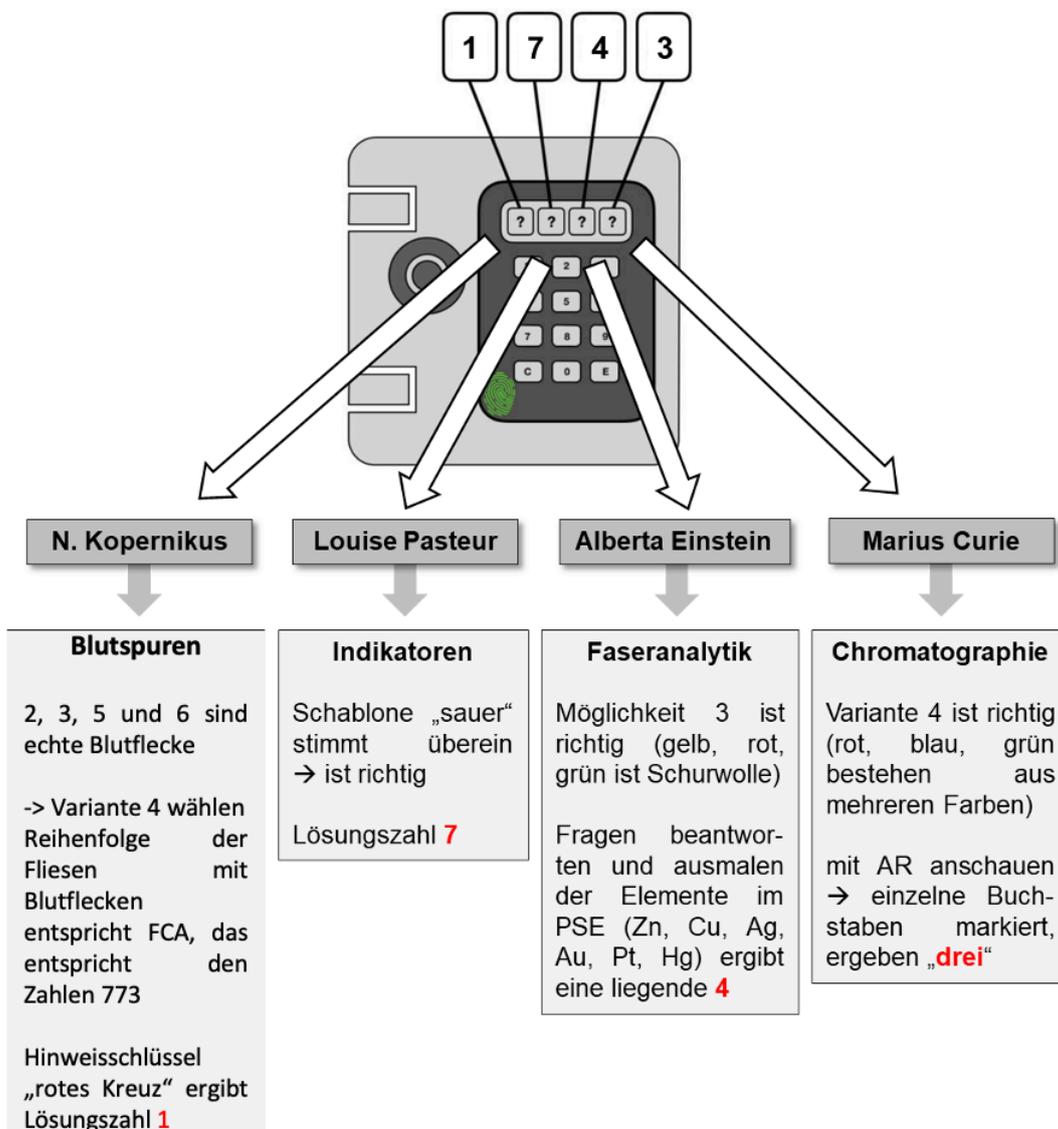


Abbildung 8: Zusammenfassung der „Escape Lab“ - Lösung. Der korrekte Code lautet 1743. Diese Zahlen stammen von Kopernikus (Blutspuren, 1), Pasteur (Indikatoren, 7), Einstein (Faseranalytik, 4) und Curie (Chromatographie, 3).

3.2. Fingerabdrücke

Die Analyse der Fingerabdrücke stellt den zentralen Versuch des „Escape Labs“ dar, da dieser Versuch die Verbindung zwischen den anderen vier Versuchen herstellt. Bevor die SuS das eigentliche Rätsel lösen können, erlangen sie die dazu notwendigen Kenntnisse durch die Bearbeitung der in Abbildung 9 dargestellten Aufgabenstellung.

Fingerabdrücke

Manchmal ist es gut zu wissen, wer bestimmte Gegenstände berührt hat. Dabei kann der Nachweis von Fingerabdrücken helfen. Jeder Mensch hat einzigartige Fingerabdrücke, es können also jedem Menschen genau 10, nämlich seine eigenen, Fingerabdrücke zugeordnet werden.

a) Lege eine Fingerabdruck-Karte für jedes Teammitglied an.

b) Zum Nachweis von unsichtbaren Fingerabdrücken auf Glas kann man diese mit Hilfe von Kohlepulver oder Sekundenkleber sichtbar machen. Unsichtbare Fingerabdrücke auf Papier lassen sich mit Ninhydrin nachweisen. Teste diese drei Methoden anhand eigener Fingerabdrücke. Und vergleiche sie mit der Kartei.

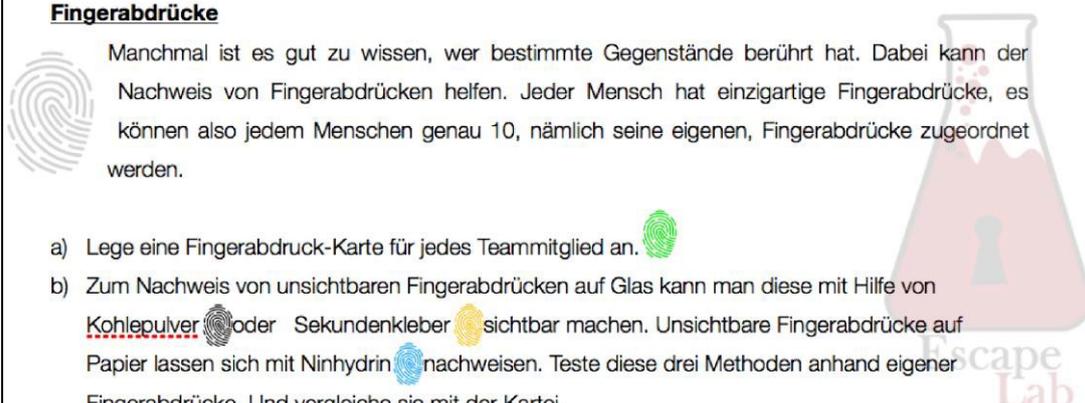


Abbildung 9: Aufgabenstellung Fingerabdrücke

Vorab sollen die SuS in Aufgabenteil a) eine Fingerabdruck-Kartei jedes Teammitglieds anlegen. Dafür legen sie abwechselnd alle zehn Finger auf ein Stempelkissen und hinterlassen auf der Kartei einen Fingerabdruck jedes Fingers.

In Aufgabenteil b) geht es um den Nachweis der eigenen Fingerabdrücke. Dazu sollen die SuS die verschiedenen Nachweismethoden mit ihren eigenen Fingerabdrücken testen und mit der angelegten Fingerabdruck-Kartei vergleichen. Dazu stehen ihnen drei verschiedene Nachweismöglichkeiten zur Auswahl. Um den Fingerabdruck mit feinem Kohlepulver sichtbar zu machen, wird das Pulver zunächst mit einem Pinsel vorsichtig auf den Objektträger aufgetragen und das überschüssige Pulver anschließend abgeklopft. Als Ergebnis ist ein schwarzer Fingerabdruck zu erkennen, welcher anhand der in Aufgabenteil a) erstellten Fingerabdruck-Kartei verglichen werden kann. Als weitere Möglichkeit steht den SuS der Nachweis von Fingerabdrücken mit Sekundenkleber zur Verfügung. Dafür werden ein paar Tropfen des Sekundenklebers in ein Gewürzglas gegeben. Anschließend wird der Objektträger mit dem noch unsichtbaren Abdruck nach unten in das Gewürzglas gestellt, das Gewürzglas verschlossen und langsam auf einer Heizplatte erhitzt, bis eine Gasentwicklung zu erkennen ist. Die Gase kondensieren am Fingerabdruck und lassen ihn dadurch sichtbar werden. Nachdem die SuS den Objektträger vorsichtig mit einer Zange aus dem Gewürzglas genommen haben, können sie auch diesen Abdruck mit der vorhandenen Fingerabdruck-Kartei

vergleichen. Als dritte und letzte Möglichkeit können die SuS den Fingerabdruck mit Ninhydrin nachweisen. Dieser Versuch eignet sich, um einen Fingerabdruck auf Papier sichtbar zu machen. Das Papier wird mit Ninhydrin-Lösung besprüht und mit einem Föhn anschließend getrocknet. Um den Prozess zu beschleunigen, kann man das Papier auch auf einer Heizplatte vorsichtig trocknen. Der Fingerabdruck verfärbt sich rosa und wird dadurch sichtbar. Auch hier wird der Abdruck mit der Fingerabdruck-Kartei verglichen.

Nachdem die SuS die verschiedenen Nachweismethoden an ihren eigenen Fingerabdrücken erprobt haben, sollen sie die Fingerabdrücke der Wissenschaftler auf den Objektträgern der Tresorkarte nachweisen. Die verschiedenen Arbeitsbereiche und Interessengebiete der Wissenschaftler geben Aufschluss darüber, wem die noch ausstehenden vier Versuche (Blutspuren, Indikatoren, Chromatographie, Faseranalytik) und die dazugehörigen Geheimzahlen zuzuordnen sind. Der Abbildung 10 kann man entnehmen, dass die Zuordnung der Fingerabdruck der vier Wissenschaftler Aufschluss darüber bringt, in welcher Reihenfolge die Geheimzahlen den korrekten Code für den Tresor ergeben.

Übersicht Lösung:

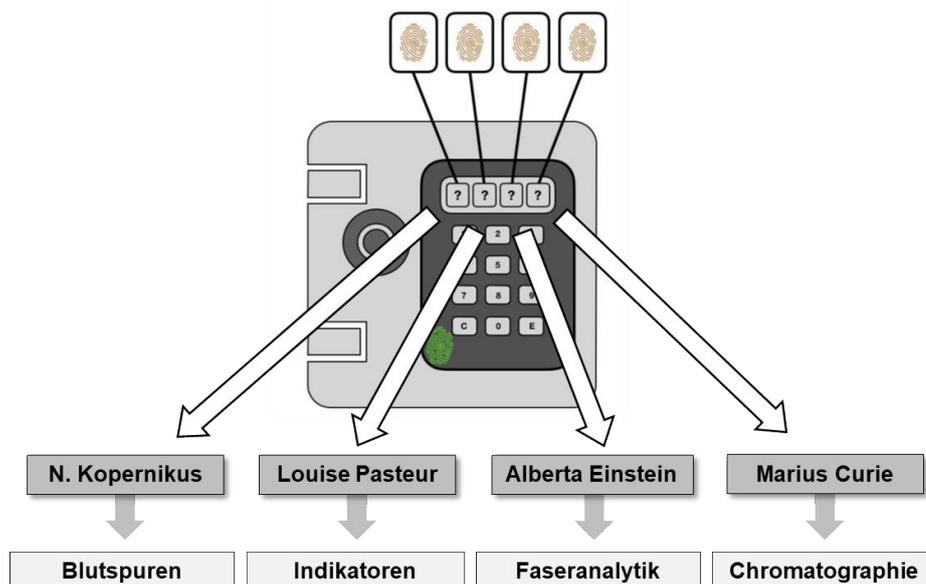


Abbildung 10: Auflösung der richtigen Reihenfolge

3.3. Blutspuren

Da das Interessengebiet von Nicklas Kopernikus die Analyse von Blutbestandteilen und die Reaktion von Blut mit Chemikalien ist, liegt der Fokus bei den Rätseln zu diesem Wissenschaftler auf

Blutspuren. Passend dazu sollen die SuS die in Abbildung 11 dargestellte Aufgabe zum Nachweis von Blutspuren bearbeiten. Auf dem Aufgabenblatt befinden sich oben zwei Felder mit getrockneten, echten Blutflecken. Als Vorübung soll ein Blutfleck mit Wasserstoffperoxid und einer mit Luminol nachgewiesen werden. Dazu wird die Wasserstoffperoxid-Lösung mit einer Einmalpipette auf den Blutfleck getropft. Handelt es sich um Blut, kommt es aufgrund der Spaltung des Wasserstoffperoxids in Wasser und Sauerstoff zu einer deutlichen Schaumbildung. Auf den zweiten Blutfleck wird Luminol-Lösung gesprüht (Achtung: Handschuhe tragen). Das muss im Dunkeln geschehen, da das Luminol mit Eisen im Blut unter Emission von blauem Licht (Chemolumineszenz) reagiert und eine positive Reaktion im Hellen folglich nicht erkannt werden kann.

Rätsel: Blutspuren

In der Kriminologie lassen sich **Blutspuren** auf unterschiedlichen Wegen nachweisen. Führe einen Blutnachweis mit Wasserstoffperoxid und einen Nachweis mit Luminol durch.



Nachweis mit Wasserstoffperoxid	Nachweis mit Luminol
	

Bei den folgenden Flecken handelt es sich teilweise um **Blutflecke**. Finde heraus, welche das sind. Die Zahlenkombination der Blutflecke wird dich weiterbringen.

Fleck Nummer 1	Fleck Nummer 2	Fleck Nummer 3	Fleck Nummer 4
			
Fleck Nummer 5	Fleck Nummer 6	Fleck Nummer 7	Fleck Nummer 8
			

Abbildung 11: Aufgabenstellung Blutspuren. Die roten Flecken symbolisieren die Positionen, an denen Blut aufgetragen wurde. An Position Nummer 1, 4, 7 und 8 wurde Kunstblut aufgetragen. Bearbeitete Abbildung aus der Hausarbeit von Vanessa Lang zum „Escape Lab“ übernommen (Lang, 2018).

Nachdem die SuS nun gelernt haben wie die positiven Nachweisreaktionen von Blut aussehen, müssen sie dieses Wissen zur Lösung der eigentlichen Aufgabe anwenden. Dabei sollen die SuS herausfinden, bei welchen der durchnummerierten acht Flecken auf dem Aufgabenblatt es sich um Blutflecke handelt. Das ist bei den Flecken Nummer 2, 3, 5 und 6 der Fall, wohingegen die Flecken Nummer 1, 4, 7 und 8 aus Kunstblut bestehen. Mit Hilfe der richtigen Nummern (2356) kann man anschließend die möglichen Varianten auf dem Hinweisblatt (Abbildung 12) auf eine eingrenzen: die Variante 4 entspricht dieser Zahlenkombination und wird folglich für die Lösung des Rätsels benötigt.



Im und um das Labor findest du einige mit Blut kontaminierte Gegenstände. Notiere die Zahlen, in deren Nähe du Blutspuren nachweisen konntest.

Variante 1: **238**

A	B	C	D	E	F	G

Variante 2: **567**

B	G	A	E	C	F	D

Variante 3: **17**

A	F	D	E	C	G	B

Variante 4: **2356**

G	F	E	D	C	B	A
3	7	3	9	7	5	3

Wie lautet nun die Geheimzahl? Finde den Schlüssel!

Abbildung 12: Hinweisblatt Blutspuren. Die Variante 4 muss verwendet werden, da es sich bei den Flecken Nummer 2, 3, 5 und 6 auf dem Aufgabenblatt um Blutflecke handelt. Zu jedem Buchstaben gehört eine Fliese, deren Position im Lageplan eingezeichnet ist. Alle Fliesen besitzen eine Zahl, nur drei der Fliesen besitzen einen getrockneten Blutfleck. Die Zahlen der Fliesen mit nachgewiesenen Blutflecken sollen notiert werden. Die rot markierten Felder entsprechen den Fliesen mit Blutflecken. Bearbeitete Abbildung aus der Hausarbeit von Vanessa Lang zum Thema „Escape Lab“ entnommen (Lang, 2018).

Außerdem fordert das Hinweisblatt dazu auf einige mit Blut kontaminierte Gegenstände (Fliesen) zu finden und das Blut nachzuweisen. Dazu wird der Lageplan benötigt (Abbildung 13). Auf diesem ist der Grundriss des NanoBioLabs abgebildet und es sind sieben rote Kreuze eingezeichnet, die mit den Buchstaben A bis G gekennzeichnet sind.

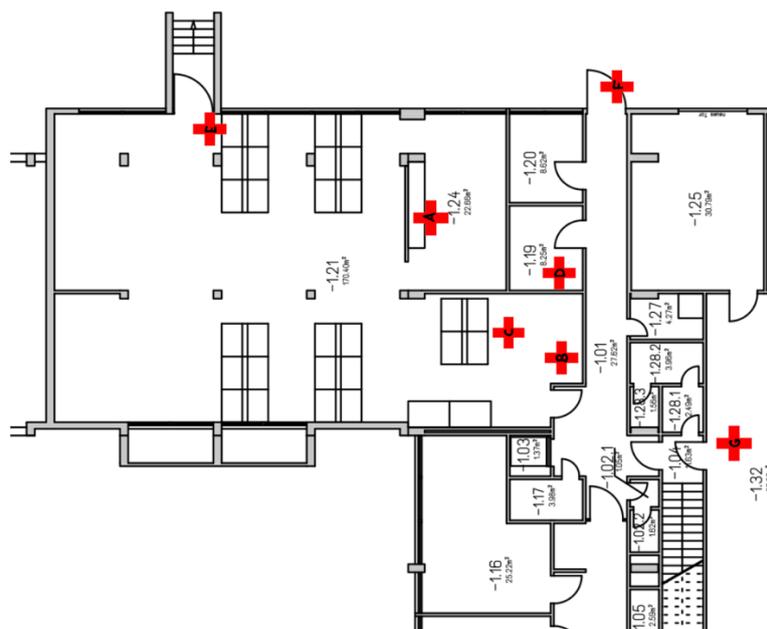


Abbildung 13: Lageplan Blutspuren. Zu jedem roten Kreuz gehört eine Fliese, deren Position im Lageplan eingezeichnet ist. Jede Fliese besitzt eine Zahl. Nur drei der Fliesen besitzen einen getrockneten Blutfleck, der nachgewiesen werden soll.

An den entsprechenden Positionen wurden Fliesen mit Zahlen platziert, auf drei davon wurden Blutflecke aufgetragen und wieder weggewischt. Die SuS müssen die Fliesen mit Hilfe des Lageplans finden und die unsichtbaren Blutspuren auf den Fliesen sichtbar machen. Am besten funktioniert dies mit Luminol. Anschließend an die Detektion werden die Zahlen, der Fliesen mit Blutflecken in die Tabelle 4 des Hinweisblattes eingetragen, indem sie den entsprechenden Buchstaben zugeordnet werden. So erhält man die Zahlenreihenfolge 773. Mit Hilfe der Entschlüsselungshilfe (Abbildung 14) kann diese Zahlenreihenfolge in die Codezahl 1 übersetzt werden. Das Hinweisblatt, der Lageplan, eine Fotografie der Fliesen und die Entschlüsselungshilfe stehen den SuS auch in der AR zur Verfügung, wenn sie den Hinweis-Trigger abscannen. Die in der AR vorhandenen Hilfen sind in Kapitel 6 näher beschrieben.

	579 = 1	
	397 = 2	
	739 = 3	
	333 = 4	
933 = 5	375 = 4	373 = 3
395 = 1	775 = 5	797 = 4
973 = 2	953 = 1	975 = 5
357 = 3	757 = 2	773 = 1
	339 = 2	
	393 = 3	
	577 = 4	
	937 = 5	

Abbildung 14: Entschlüsselungshilfe Blutspuren. Die Zahlenreihenfolge, welche man mit Hilfe des Hinweisblattes erhält, kann hiermit in die Codezahl übersetzt werden. Die korrekte Zahlenreihenfolge 773 entspricht der Codezahl 1 (mit Pfeil markiert).

Übersicht Lösung Blutspuren (Kopernikus):

- Echte Blutflecke sind 2, 3, 5 und 6 → Variante 4 auswählen
- Buchstabenreihenfolge FCA entspricht den Zahlen 773 auf den Fliesen
- Codezahl 1

3.4. Indikatoren

Säure-Base-Reaktionen sind das Spezialgebiet von Louise Pasteur. Deshalb liegt der Fokus bei den Rätseln zu dieser Wissenschaftlerin auf verschiedenen Indikatoren. In Teil a) der Aufgabenstellung

(Abbildung 15) sollen die SuS die Farbumschläge der unterschiedlichen Indikatoren, in diesem Fall Bromthymolblau, Lackmus und Phenolphthalein, sichtbar machen.

Rätsel: Indikatoren



Einige Stoffe ändern ihre Farbe, wenn sie mit sauren oder alkalischen Lösungen zusammengebracht werden. Sie zeigen also durch ihre Färbung an, ob eine Lösung sauer oder alkalisch ist. Diese Stoffe nennt man Indikatoren.

a) Finde heraus, welche Farben die verschiedenen Indikatoren (Bromthymolblau, Lackmus und Phenolphthalein) im sauren, neutralen bzw. alkalischen Milieu aufweisen.

b) Einige Indikatoren sind bereits als fertige Lösungen vorhanden, andere musst du selbst herstellen: Stelle die Schwarztee-, Rotkohl- und Schokolinsen - Indikatorlösungen selbst her.




Abbildung 15: Aufgabenstellung Indikatoren

Hierzu werden auf die am Arbeitsplatz befindlichen Tüpfelplatten mit einer Pipette je ein Tropfen einer HCl-Lösung (saurer Milieu), einer NaOH-Lösung (alkalisches Milieu), sowie ein Tropfen Wasser (neutrales Milieu) gegeben. Die präparierte Tüpfelplatte sieht dann wie folgt aus:

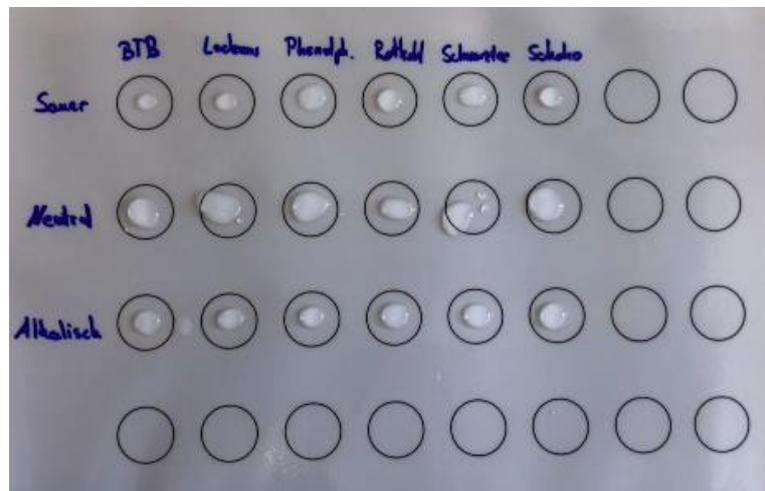


Abbildung 16: Präparierte Tüpfelplatte OHNE Indikatoren

Anschließend werden die Tropfen mit den ebenfalls am Arbeitsplatz bereitstehenden Indikatoren versetzt. Danach sollte die Tüpfelplatte wie folgt aussehen:



Abbildung 17: Präparierte Tüpfelplatte mit DREI Indikatoren (Bromthymolblau, Lackmus, Phenolphthalein)

In Aufgabenteil b) sollen die SuS drei weitere Indikatoren selbst herstellen. Für den Rotkohl-Indikator schneiden die SuS ein paar Blätter des Rotkohls klein, welche dann in ein wenig Wasser ca. 10 Minuten gekocht werden. Der entstandene Sud dient den SuS als Indikator. Für den Schwarztee-Indikator gießen die SuS einen Beutel Schwarztee auf, lassen ihn den Vorgaben entsprechend ziehen und erhalten so ihren Indikator. Für den Schokolinsen-Indikator werden pinkfarbene Schokolinsen in Wasser geschwenkt, der Zuckermantel löst sich auf und ergibt den Indikator.

Nun verfahren die Schüler wie in Aufgabenteil a). Die verschiedenen Milieus auf der bereits präparierten Tüpfelplatte werden folglich mit je einem Tropfen der selbst hergestellten Indikatoren versehen. Die Tüpfelplatte sollte im Anschluss aussehen wie auf folgendem Bild:



Abbildung 18: Präparierte Tüpfelplatte mit ALLEN Indikatoren

Mit Hilfe der Hinweiskarte oder des Hinweis-Triggers können die SuS jetzt ihre präparierte Tüpfelplatte mit den drei möglichen Farbschemen vergleichen. Ihnen sollte auffallen, dass lediglich die Farbskala des sauren Milieus auf der Tüpfelplatte mit der Farbskala auf dem iPad bzw. der Hinweiskarte übereinstimmt. Indikator 2 ist im Falle der Hinweiskarte jedoch Phenolphthalein und Indikator 3 Lackmus. Die Lösungszahl dieses Rätsels ist somit die Zahl 7.

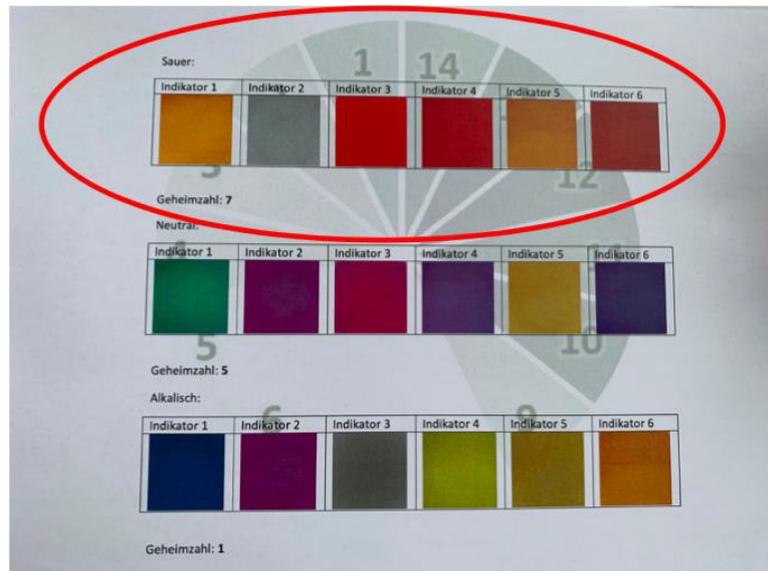


Abbildung 19: Hinweiskarte Indikatoren zum Auflösen der Geheimzahl.

Übersicht Lösung Indikatoren (Louise Pasteur):

- Übereinstimmung mit Tüpfelplatte → saures Milieu
- Codezahl 7

3.5. Faseranalytik

Da das Spezialgebiet von Alberta Einstein die Mikroskopie ist und sie sich für die Unterscheidung von Fasern interessiert, liegt der Fokus bei den Rätseln zu dieser Wissenschaftlerin auf der mikroskopischen Faseranalytik. Dazu passend sollen die SuS in einem Vorversuch, der in der Aufgabenstellung (Abbildung 20) beschrieben ist, die Eigenschaften verschiedener Fasertypen kennenlernen. In der Spalte „Faserprobe“ wurde jeweils ein Stück Baumwolle, Schurwolle und Synthetikwolle aufgeklebt. Dieses wird von den SuS abgelöst und unter dem Mikroskop untersucht. In die vorgegebenen Feldern wird das Gesehene skizziert und die Eigenschaften in Worten beschrieben. Die Synthetikfasern verlaufen gerade, ihre Oberfläche ist glatt. Auch die Schurwollfasern verlaufen gerade, aber ihre Oberfläche ist rau und ein Muster ist erkennbar. Im

Gegensatz dazu sind die Baumwollfasern daran erkennbar, dass sie nicht gerade sondern wellenförmig bzw. mit Knicken verlaufen. Ihre Oberfläche weist keine Struktur auf.

Rätsel: Faseranalytik



Mit einem **Mikroskop** lassen sich Objekte extrem vergrößert darstellen. Beispielsweise kann man die unterschiedlichen Oberflächenstrukturen verschiedener Fasern erkennen.

Untersuche und notiere die Eigenschaften der drei unterschiedlichen Fasertypen mit dem Mikroskop. Fertige jeweils eine Skizze an.

Fasertyp	Baumwolle	Schurwolle	Synthetikwolle
Faserprobe			
Skizze			
Eigenschaften			

Abbildung 20: Aufgabenstellung Faseranalytik. In der Spalte „Faserprobe“ ist jeweils ein Stück Baumwolle, Schurwolle und Synthetikwolle in das entsprechende Feld geklebt, die weiteren Felder werden von den SuS ausgefüllt.

Im Anschluss bearbeiten die SuS das Hinweisblatt (Abbildung 21) zur Faseranalytik, auf das acht unterschiedlich farbige Faserproben geklebt wurden. Mit Hilfe der im Vorversuch beschriebenen Eigenschaften sollen die Schurwollfasern mikroskopisch identifiziert werden. Da es sich bei den gelben, roten und hellgrünen Fasern um Schurwolle handelt, ist die Möglichkeit 3 auszuwählen. Der nächste Schritt zum Herausfinden der Codezahl besteht darin die 6 Elemente, welche unterhalb der Möglichkeit 3 beschrieben werden, zu identifizieren und diese im Periodensystem zu markieren. Bei den Elementen handelt es sich um Kupfer (1), Zink (2), Silber (3), Gold (4), Platin (5) und

Quecksilber (6). Markiert man diese im Periodensystem wie es in Abbildung 22 gezeigt ist, erkennt man eine liegende 4. Somit ist die Codezahl 4.

Synthetik, Baumwolle oder Schurwolle?

Finde mit dem Mikroskop heraus bei welchen Fasern es sich um Schurwolle handelt.

Die Wollfarben werden dir die Geheimzahl verraten.




<p>Möglichkeit 1:</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Element: Neben Sauerstoff Bestandteil eines Wassermoleküls 2. Element: Metall, Ordnungszahl 12 3. Element: Erdalkalimetall der 3. Periode 4. Element: Metall, das bei Feuchtigkeit roten Rost bildet 5. Element: Schmuckmetall, das häufig Allergien auslöst 6. Element: Farbe von Cent-Münzen 	<p>Möglichkeit 2:</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Element: Schmuckmetall, das häufig Allergien auslöst 2. Element: Farbe von Cent-Münzen 3. Element: Metall mit der Ordnungszahl 30 4. Element: Medaillenfarbe des Vizeolympiasiegers 5. Element: gelbes Münzmetall
<p>Möglichkeit 3:</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Element: Farbe von Cent-Münzen 2. Element: Metall, Ordnungszahl 30 3. Element: Medaillenfarbe des Vizeolympiasiegers 4. Element: gelbes Münzmetall 5. Element: Gewinn im Musikbusiness für 250.000 verkaufte Alben 6. Element: bei Raumtemperatur flüssiges Metall, frühere Thermometerfüllung 	<p>Möglichkeit 4:</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Element: Gas zur Luftballonfüllung, das leichter ist als Luft 2. Element: Namenszusatz für grelle Farben (v.a. gelb, grün, orange) 3. Element: besonderes Autoscheinwerferlicht 4. Element: sehr schwer, schwer wie ... 5. Element: Nichtmetall, vorkommend u.a. in den Modifikationen Graphit und Diamant 6. Element: Hauptbestandteil der Luft
<p>Möglichkeit 5:</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Element: Nichtmetall, vorkommend u.a. in den Modifikationen Graphit und Diamant 2. Element: Hauptbestandteil der Luft 3. Element: Neben Sauerstoff Bestandteil eines Wassermoleküls 4. Element: Nichtmetall, Ordnungszahl 16 5. Element: sehr schwer, schwer wie ... 	<p>Möglichkeit 6:</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1. Element: Farbe von Cent-Münzen 2. Element: Metall, Ordnungszahl 30 3. Element: Metall, das bei Feuchtigkeit roten Rost bildet 4. Element: Schmuckmetall, das häufig Allergien auslöst 5. Element: gelbes Münzmetall 6. Element: Gas zur Luftballonfüllung, das leichter ist als Luft

Abbildung 21: Hinweisblatt Faseranalytik. Auf dem Blatt sind acht unterschiedlich farbige Faserproben befestigt. Die gelben, roten und grünen Fasern sind Schurwollfasern, so dass die Elemente der Möglichkeit 3 gefunden und ins PSE eingetragen werden müssen.

Das Hinweisblatt und das Periodensystem der Elemente (PSE) stehen den SuS auch in der AR zur Verfügung, wenn sie den Hinweis-Trigger abscanen. Im PSE können die Elemente angeklickt und so einfach markiert werden. Die in der AR vorhandenen Hilfen sind in Kapitel 6 näher beschrieben.

H ¹																	He ²
Li ³	Be ⁴											B ⁵	C ⁶	N ⁷	O ⁸	F ⁹	Ne ¹⁰
Na ¹¹	Mg ¹²											Al ¹³	Si ¹⁴	P ¹⁵	S ¹⁶	Cl ¹⁷	Ar ¹⁸
K ¹⁹	Ca ²⁰	Sc ²¹	Ti ²²	V ²³	Cr ²⁴	Mn ²⁵	Fe ²⁶	Co ²⁷	Ni ²⁸	Cu ²⁹	Zn ³⁰	Ga ³¹	Ge ³²	As ³³	Se ³⁴	Br ³⁵	Kr ³⁶
Rb ³⁷	Sr ³⁸	Y ³⁹	Zr ⁴⁰	Nb ⁴¹	Mo ⁴²	Tc ⁴³	Ru ⁴⁴	Rh ⁴⁵	Pd ⁴⁶	Ag ⁴⁷	Cd ⁴⁸	In ⁴⁹	Sn ⁵⁰	Sb ⁵¹	Te ⁵²	I ⁵³	Xe ⁵⁴
Cs ⁵⁵	Ba ⁵⁶	La ⁵⁷	Hf ⁷²	Ta ⁷³	W ⁷⁴	Re ⁷⁵	Os ⁷⁶	Ir ⁷⁷	Pt ⁷⁸	Au ⁷⁹	Hg ⁸⁰	Tl ⁸¹	Pb ⁸²	Bi ⁸³	Po ⁸⁴	At ⁸⁵	Rn ⁸⁶

Abbildung 22: Lösung Faseranalytik im Periodensystem. Die auf dem Hinweisblatt unter Möglichkeit 3 gesuchten Elemente sind in grün markiert und ergeben eine liegende 4. Abbildung aus der Hausarbeit von Vanessa Lang zum „Escape Lab“ entnommen (Lang, 2018).

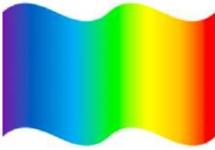
Übersicht Lösung Faseranalytik (Einstein):

- Gelbe, rote und hellgrüne Fasern sind Schurwolle → Möglichkeit 3 auswählen
- Gesuchte Elemente sind Kupfer (1), Zink (2), Silber (3), Gold (4), Platin (5) und Quecksilber (6)
- Markieren im PSE → Codezahl 4

3.6. Chromatographie

Der Fingerabdruck-Kartei von Marius Curie können die SuS entnehmen, dass sein Spezialgebiet die Chromatographie ist. Somit liegt der Fokus bei diesem Versuch auf der chromatographischen Auftrennung von Farbstoffen in Lebensmitteln.

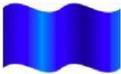
Rätsel: Chromatographie



Als Chromatographie bezeichnet man eine physikalisch-chemische Trennmethode. Dabei trennt sich ein Stoff in seine Einzelbestandteile auf, weil die Einzelbestandteile unterschiedlich gut an der Oberfläche (stationäre Phase) haften und sich unterschiedlich gut im Lösemittel (mobile Phase) lösen. Bei der Papierchromatographie verwendet man (Filter-) Papier als stationäre und Wasser als mobile Phase.

a) Finde experimentell heraus, aus welchen Farben sich ein Filzstift zusammensetzt.

b) Welche Skittles haben nicht nur eine Farbe?



Hinweis:

Die Farbkombination der auftrennbaren Skittles bringt dich der Geheimzahl dieses Rätsels näher.



Abbildung 23: Aufgabenstellung Chromatographie

Als Vorversuch werden die Farben verschiedener Filzstifte in ihre Bestandteile aufgetrennt, wie in Abbildung 23 beschrieben. So lernen die SuS mit dem Prinzip der Papierchromatographie umzugehen

und können das Vorgehen testen. Dazu schneiden sie ein Loch in die Mitte eines Filterpapiers und malen mit dem Filzstift einen Kreis darum. Anschließend rollen sie ein weiteres Stück Filterpapier zusammen, welches durch das Loch gesteckt wird und als Docht fungiert. Nun wird das Filterpapier samt Docht in ein Becherglas mit Wasser gestellt, sodass der Docht ins Wasser taucht. Das Wasser dient als mobile Phase und trennt die Farbe des Filzstifts in ihre Bestandteile auf. Das Ergebnis kann, wie in Abbildung 24 gezeigt, aussehen:



Abbildung 24: Papierchromatographie eines schwarzen Filzstiftes Abbildung von <http://www.kupke-chemiephysik.de/hauptseiten/experimentierarchiv/papierchromatographie/papierchromatographie.html>

Im Hauptversuch sollen die SuS die verschiedenen Farbstoffe der Skittles® mit Hilfe der Papierchromatographie in ihre Einzelbestandteile trennen. So können sie herausfinden, welche Farbstoffe aus mehreren Farben zusammengesetzt sind und welche nicht.

Dazu werden die unterschiedlich farbigen Skittles® jeweils in ein Becherglas mit Wasser gegeben, sodass sich ihre farbigen Zuckermäntel im Wasser lösen. Statt nun einen Kreis mit dem Filzstift zu malen, tropfen die SuS ein wenig der einfarbigen Skittles®-Lösung auf das Filterpapier und verfahren ansonsten wie bei der Chromatographie des Filzstiftes. Dabei sollte sich herausstellen, dass sich die roten, lilanen und grünen Skittles® in mehrere Farben auftrennen lassen (Variante 4 auf dem Hinweisblatt). Durch das Scannen der am Platz befindlichen Hinweiskarte erscheint eine geheime Botschaft (in roten Buchstaben), wie auf der Abbildung 25 zu erkennen ist.

Durch Auswählen der richtigen Variante, in diesem Fall Variante 4, lässt sich der geheime Code entschlüsseln und die Lösungszahl ist 3.

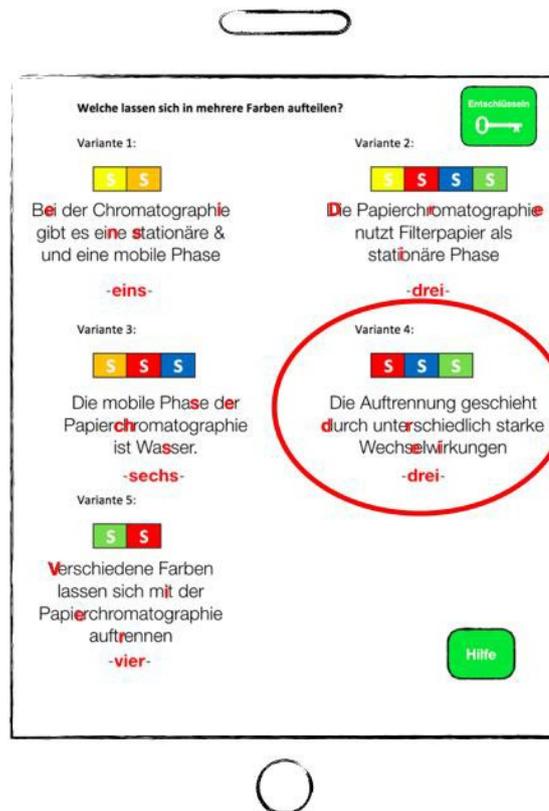


Abbildung 25: Auflösen der Geheimzahl (Chromatographie). Durch Abscannen der Hinweiskarte lässt sich die geheime Botschaft entschlüsseln. Richtig ist Variante 4 mit der daraus resultierenden Codezahl 3.

Übersicht Lösung Chromatographie (Marius Curie):

- rote, lilane und grüne Skittles® bestehen aus mehreren Farben → Variante 4
- Hinweisblatt mit AR anschauen: die Auftrennung geschieht durch unterschiedlich starke Wechselwirkungen.
- Codezahl 3

4. Theoretischer Hintergrund

4.1. Fingerabdrücke

Für das Kenntlichmachen von Fingerabdrücken gibt es während des „EscapeLabs“ drei verschiedene Nachweismöglichkeiten. Die SuS haben die Möglichkeit die Fingerabdrücke mit Kohlepulver, Sekundenkleber und/oder Ninhydrin sichtbar zu machen. Fasst man einen Gegenstand an, so hinterlässt man mit seinem Hautfett einen einzigartigen Abdruck seiner Fingerkuppe, seinen Fingerabdruck.

Mithilfe des feinen Kohlepulvers kann ein Fingerabdruck sichtbar gemacht werden. Eine dünne Kohleschicht haftet aufgrund der Adhäsionskräfte an den Bestandteilen des Fingerabdrucks, jedoch nicht auf der Unterlage. Dieser Nachweis funktioniert am besten auf glatten Oberflächen, wie auf Objektträgern aus Glas. Wichtig ist es einen starken Farbkontrast zwischen dem Pulver und der Oberfläche zu erzeugen. Darum ist es beispielsweise ratsam den Objektträger auf ein weißes Stück Papier zu legen.

Die Ninhydrin-Reaktion kann ebenfalls zur Sichtbarmachung von Fingerabdrücken verwendet werden. Unser Hautschweiß enthält kleine Mengen freier Aminosäuren und Proteine. Ninhydrin reagiert mit genau diesen Aminosäuren, die mit dem Hautschweiß beim Anfassen eines Gegenstands auf diesen übertragen werden, zu einem blauviolette Reaktionsprodukt, dem „Ruhemanns Purpur“, einem Aldehyd und Kohlenstoffdioxid. Folgende Gleichung beschreibt die Reaktion:

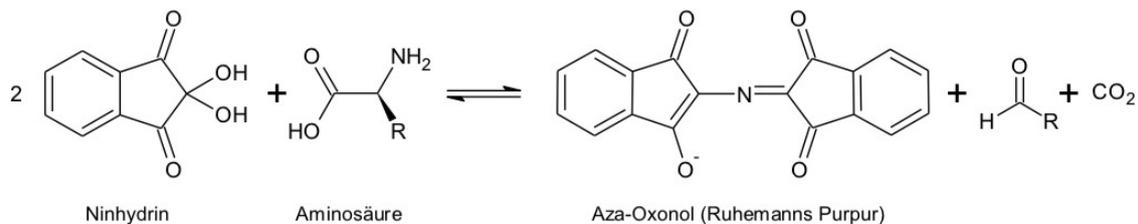
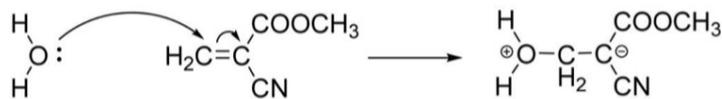


Abbildung 26: Reaktion einer Aminosäure mit Ninhydrin. Abbildung von https://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0218Anfaerben_von_Fingerabdruucken_mit_Ninhydrin.pdf

Als letzte Nachweissubstanz fungiert Sekundenkleber. Bei Sekundenkleber handelt es sich oft um einen Einkomponenten-Klebstoff. Dieser besteht meist aus 2-Cyanacrylsäureethylestern. Es ist kein direkter Kontakt des Klebers mit dem Spurenlagerer notwendig. Der Sekundenkleber wird durch Erhitzen verdampft und polymerisiert bei Kontakt mit der Feuchtigkeit aus dem Fingerabdruck, wodurch ein weißer Positivabdruck entsteht. Besonders auf dunklen, sowie glatten und nichtsaugenden, Oberflächen entsteht ein guter Kontrast. Zur Initiierung der Polymerisationsreaktion genügen Spuren von Wasser aus dem Fingerabdruck. Das Wassermolekül, welches ein starkes Nucleophil darstellt, lagert sich an 2-Cyanacrylsäureethylester an. Dadurch entsteht ein mesomeriestabilisiertes Anion, welches sich wiederum an einen weiteren 2-Cyanacrylsäureethylester anlagert. Die Start- und Polymerisationsreaktion ist in Abbildung 27 dargestellt.

Startreaktion:



Kettenwachstumsreaktion:

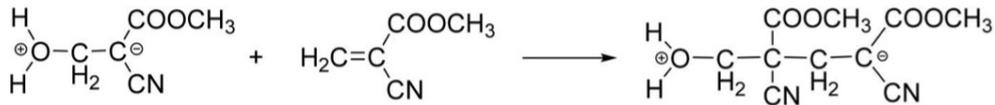


Abbildung 27: Polymerisationsreaktion. Abbildung von

https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Publikationen/Nachrichten_aus_der_Chemie/PDFs/Downloads/Fingerabdruck_e_Ergaenzung.pdf

4.2. Blutspuren

Bei Blut von Wirbeltieren handelt es sich um eine besondere Form von Bindegewebe. Im Durchschnitt hat jeder Mensch 4 bis 5 Liter Blut. Es besteht aus verschiedenen Zelltypen, die in einer flüssigen Matrix (Blutplasma) verteilt sind (Campbell, 1998, S. 910 f). Die zellulären Elemente (Zellen und Zelltrümmer) machen etwa 45 % des Blutvolumens aus. Im Blutplasma sind rote Blutzellen (Erythrozyten), die Sauerstoff transportieren, und weiße Blutzellen (Leukozyten: Monozyten, Neutrophile, Lymphozyten, Basophile und Eosinophile), welche bei der Immunantwort eine Rolle spielen, enthalten. Das dritte zelluläre Element, die Blutplättchen, sind Zellfragmente und am Gerinnungsprozess beteiligt (Campbell, 1998, S. 910 f). Die roten Blutkörperchen enthalten den Farbstoff Hämoglobin. Dieser ist für den Sauerstofftransport und die rote Farbe des Blutes verantwortlich. Es handelt sich dabei um einen Proteinkomplex, der aus vier Untereinheiten besteht, je zwei vom α -Typ und zwei vom β -Typ. Jede Untereinheit enthält eine Nicht-Polypeptid-Komponente. Das ist eine Komplexverbindung aus einem Eisen-Ion als Zentralatom und einem Porphyrin-Molekül als Ligand (Häm b) (Campbell, 1998, S. 87 und 110). Nur Fe^{2+} -haltiges Häm kann Sauerstoff binden. Häm ist nicht nur ein Bestandteil von Hämoglobin sondern stellt beispielsweise auch die funktionelle Gruppe des Enzyms Katalase dar. Obwohl Sauerstoff für die meisten Lebewesen lebensnotwendig ist, ist dieses Element gleichzeitig die Quelle verschiedener toxischer Stoffe wie Wasserstoffperoxid oder Superoxid-Radikalen (Gaetani et al., 1994). Die Entwicklung verschiedener Schutzmechanismen war folglich notwendig. Einer davon ist die Katalase-Reaktion: Katalase setzt Wasserstoffperoxid in Sauerstoff und Wasser um (George 1947). Beim Menschen findet man Katalase in vielen Zellen in sogenannten Peroxisomen, beispielsweise in roten Blutkörperchen oder in der Leber (Gaetani et al., 1994). Peroxisomen sind kleine Organellen, die sich hinsichtlich ihrer Größe

und der in ihnen vorkommenden Enzyme unterscheiden. Allen gemeinsam ist jedoch, dass sie Sauerstoff verwenden, um verschiedene Substrate unter Bildung von H_2O_2 zu oxidieren und, dass sie Katalase enthalten um das entstandene Wasserstoffperoxid abzubauen (Lodish e al., 2001, S. 747).

Sowohl die Katalase-Reaktion, als auch das Eisen im Häm können für den Nachweis von Blut verwendet werden. Der Nachweis mit Katalase ist sehr einfach und direkt. Dabei gibt man einen Tropfen Wasserstoffperoxid zum Blut. Die im Blut enthaltene Katalase spaltet das Wasserstoffperoxid sehr schnell in Wasser und gasförmigen Sauerstoff. Durch die entstehenden Gasblasen kommt es sofort zu einer charakteristischen, deutlich erkennbaren Schaumbildung.

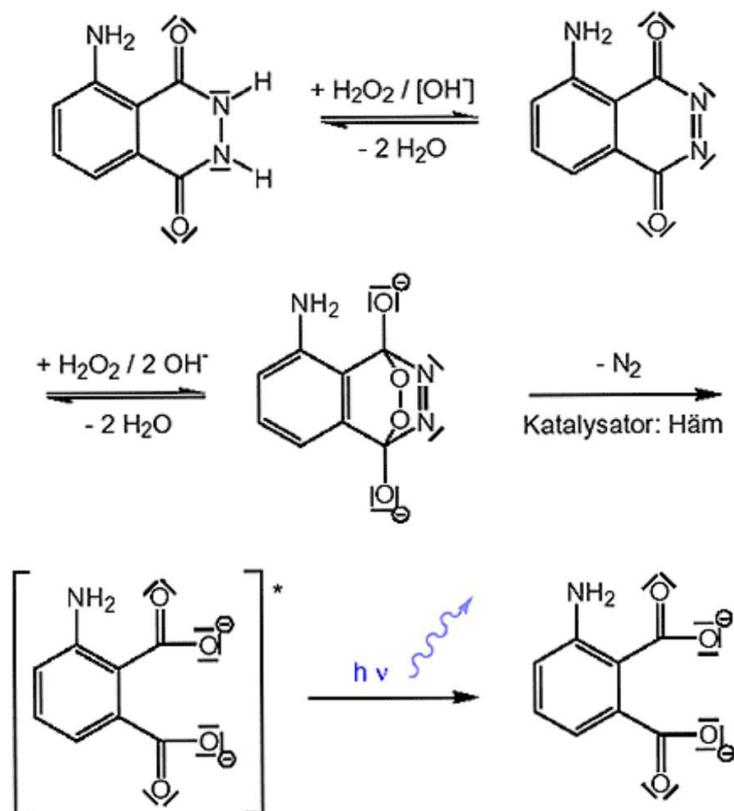


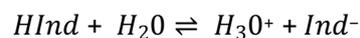
Abbildung 28: Reaktion von Luminol beim Blutnachweis. Abbildung von <http://www.experimentalchemie.de/versuch-042.html>

Für den Nachweis von Blut mit Hilfe des im Häm enthaltenen Eisens wird Luminol ($\text{C}_8\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_2$, 5-Amino-2,3-dihydrophthalazin-1,4-dion) verwendet. Eisen katalysiert die Reaktion von Luminol mit Oxidationsmitteln wie beispielsweise Wasserstoffperoxid unter Emission von blauem Licht (Chemolumineszenz). Ohne einen Katalysator läuft die Reaktion zwar auch ab, allerdings so langsam, dass keine Chemolumineszenz mit bloßem Auge beobachtet werden kann, da zu wenige Photonen im gleichen Augenblick gebildet werden. Im ersten Schritt der Reaktion werden zwei H^+ des Luminol abgespalten (Abbildung 28). Das so entstandene Dianion ist mesomeriestabilisiert und reagiert mit

einem Oxidationsmittel wie beispielsweise Wasserstoffperoxid unter Wasserabspaltung zu einem Peroxodianion. Schließlich wird Stickstoff abgespalten und es entsteht ein 3-Aminophthalat-Dianion (White et al., 1964). Dieser Schritt wird durch Eisen katalysiert. Das 3-Aminophthalat-Dianion liegt im angeregten Zustand vor. Beim Übergang in den Grundzustand wird ein Photon im Bereich des blauen Lichtspektrums emittiert. Aufgrund seiner Sensitivität und der einfachen Handhabung wird Luminol in der Forensik zum Nachweis von Blutspuren verwendet (da Silva et al., 2012). Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass es durch verschiedene Stoffe wie beispielsweise Kupferionen, pflanzliche Peroxidasen oder Hypochlorit-Ionen zu falsch positiven Ergebnissen kommen kann (da Silva et al., 2012).

4.3. Indikatoren

Säure-Basen-Indikatoren sind organische Farbstoffe, die durch einen Farbwechsel ihrer Lösungen eine Änderung des pH-Wert erkennbar machen. „Die Farbänderung erfolgt für einen bestimmten Indikator in einem für ihn charakteristischen pH-Bereich“ (Riedel, S.209, 2010). Bei Säure-Base-Indikatoren handelt sich selbst um schwache Säuren oder Basen, die in saurer Lösung eine andere Farbe annehmen als in alkalischer Lösung. Das bedeutet, sie können ebenfalls Protonen abgeben bzw. aufnehmen. Das Protolyse-Gleichgewicht lässt sich durch folgende Gleichung beschreiben, in der die Indikatorsäure als $HInd$ und die korrespondierte Indikatorbase als Ind^- bezeichnet werden:



Das Gleichgewicht verschiebt sich nach links, wenn die Konzentration an H_3O^+ hoch ist (also in sauren Lösungen), wodurch die Konzentration von $HInd$ größer ist als die Konzentration von Ind^- . Folglich wird die Farbe der Indikatorsäure angezeigt. Wohingegen bei einer geringen Konzentration an H_3O^+ sich das Gleichgewicht auf die rechte Seite verschiebt, wodurch die Konzentration von Ind^- größer ist als die Konzentration von $HInd$. Folglich wird die Farbe der Indikatorbase angenommen.

Die Schüler verwenden im Rahmen des „Escape Labs“ die Indikatoren Bromthymolblau, Lackmus, Phenolphthalein, Schokolinsen, Rotkohlsaft, sowie Schwarztee. Der Indikator Bromthymolblau gehört zu den Triphenylmetan-Farbstoffen. Seine Färbung wechselt von gelb (im Sauren) über grün (im Neutralen) zu blau (im Alkalischen). Beim Indikator Lackmus handelt es sich um einen blauen Farbstoff, welcher aus verschiedenen tropischen Flechten gewonnen wird. Bei einem pH-Wert kleiner 5 zeigt er eine Rotfärbung an, bei einem pH-Wert größer 9 eine Blaufärbung. In seinem Umschlagsbereich zwischen diesen beiden pH-Werten ist eine violette Farbgebung zu erkennen

(Heyer & Wittwer, 2005/06). Bei Phenolphthalein handelt es sich ebenfalls um einen Triphenylmethan-Farbstoff. Im sauren, sowie im neutralen Milieu ist er farblos, wohingegen er im alkalischen Milieu einen pink-roten Farbton annimmt. Er ist aufgrund seines Umschlagsbereichs (pH knapp über 8) gut für die Titration von schwachen Säuren mit starken Laugen (Umschlagsbereich im alkalischen Milieu) geeignet (Helmich, 2017).

Die auf Rotkohlsaft, Schwarztee und Schokolinsen basierenden Indikatoren werden von den SuS selbst hergestellt und sind keine Standard-Indikatoren. Im Rotkohlsaft sind Anthocyane, gelöste pH-abhängige Farbstoffe, enthalten, auf die sich die verschiedenen Farbgebungen zurückführen lassen. „Im sauren Milieu färbt sich Rotkohlsaft rot, mit zunehmendem pH-Wert ändert sich seine Farbe über violett nach blau (im Neutralen), im alkalischen Milieu geht die Farbe über grün zu gelb über“ (Heyer & Wittwer, 2005/06). Aufgrund seiner verschiedenen Färbungen über den gesamten pH-Bereich hinweg, gilt Rotkohlsaft als ein Universalindikator. Säuert man seinen Schwarztee mit etwas Zitronensaft an, lässt sich ein Farbumschlag von braun nach rotbraun erkennen. Würde man jedoch etwas Base zum Tee geben, würde sich die Farbe verdunkeln (von braun zu dunkelbraun). Im Labor werden Indikatoren mit signifikanten Farbänderungen benötigt, weshalb Schwarztee aufgrund seiner schwachen Farbumschläge von dunkelbraun über braun zu rotbraun nicht als Indikator im Labor geeignet ist. Zur Färbung der Zuckerummantelung der Schokolinsen werden verschiedene Farbstoffe verwendet, z.B. Patentblau V. Dabei handelt es sich um einen Triarylmethan- und zugelassenen Lebensmittelfarbstoff, welcher eine pH-abhängige Farbveränderung zeigt. Im basischen Milieu zeigt der Farbstoff zu Beginn eine tiefblaue Färbung, wobei der Farbstoff sich durch Zugabe von Base sehr langsam entfärbt. Bei der Zugabe von Säure hingegen verfärbt er sich von blau über grün zu gelb (Flad, 2001).

4.4. Faseranalytik

Baumwollfasern, Schurwollfasern und Synthetikfasern werden während des „Escape Labs“ mikroskopisch analysiert. Alle drei Faserarten werden zur Herstellung von Textilien verwendet, wobei heute Chemiefasern am häufigsten zum Einsatz kommen (75 % der Weltproduktion), gefolgt von Baumwolle (CIRFS, 2019). Man unterscheidet generell Naturfasern und Chemiefasern (auch Kunstfasern genannt). Während Baumwollfasern und Schurwollfasern den Naturfasern zuzuordnen sind, gehören Synthetikfasern zu den Chemiefasern. Naturfasern kommen natürlich vor und können wiederum in organische und anorganische Naturfasern unterteilt werden. Zu den organischen Naturfasern zählen pflanzliche (z. B. Baumwolle) und tierische (z. B. Schurwolle) Naturfasern. Im Gegensatz zu den Naturfasern werden Chemiefasern künstlich hergestellt. Je nach Ausgangsmaterial

unterscheidet man Fasern aus natürlichen Polymeren, aus synthetischen Polymeren und aus anorganischen Stoffen (CIRFS, 2019). Ein bekanntes Beispiel für ein natürliches Polymer ist Cellulose, welche zur Herstellung von Viskose verwendet wird. Glasfasern und Kohlenstofffasern sind Vertreter der anorganischen Chemiefasern. Aus synthetischen Polymeren werden zahlreiche verschiedene Chemiefasern hergestellt, zu ihnen zählen beispielsweise Polyamid, Polyester, Polyethylen, Elastan (Polyurethan) oder Polypropylen. Im „Escape Lab“ werden lediglich Polyesterfasern untersucht. Diese enthalten Esterbindungen in der Hauptkette des linearen Polymers und bestehen zu mindestens 85 Gewichtsprozent aus dem Ester eines Diols mit Terephthalsäure. Häufig handelt es sich bei Polyester um Polyethylenterephthalat (PET) (TextilKennzG, Verordnung (EU) Nr. 1007/2011). PET wird aus den Monomeren Terephthalsäure (1,4-Benzoldicarbonsäure) und Ethylenglycol (1,2-Dihydroxyethan) hergestellt. Die mikroskopisch zu untersuchenden Synthetikfasern sind aufgrund der künstlichen Herstellung glatt und verlaufen gerade. Durch diese Eigenschaft lassen sie sich von den Naturfasern unterscheiden.

Nach dem Textilkennzeichnungsgesetz (TextilKennzG) bezeichnet man Fasern vom Fell des Schafes (*Ovis aries*) oder ein Gemisch aus Fasern von Schafen und aus Haaren anderer Säugetiere (Alpaka, Lama, Kamel, Kaschmir, Mohair, Angora, Vikunja, Yak, Guanako, Kaschgora, Biber, Fischotter) als Wolle (TextilKennzG, Verordnung (EU) Nr. 1007/2011). Sowohl die Gewinnung der Wolle als auch ihre Herkunft, also ob es sich um neue, von einem lebenden Tier stammende Wolle (z. B. Schurwolle), um Wolle von toten Tieren (z. B. Gerberwolle) oder um ein aus Alttextilien hergestelltes Recyclingprodukt (Reisswolle) handelt, wird bei der Kennzeichnung als „Wolle“ nicht berücksichtigt. Im Gegensatz dazu darf ein Wollerzeugnis nur dann als Schurwolle bezeichnet werden, wenn es ausschließlich aus einer Wollfaser besteht, die niemals in einem Fertigerzeugnis enthalten war und die weder einem anderen als dem zur Herstellung des Erzeugnisses erforderlichen Spinn- und/oder Filzprozess unterlegen hat noch einer faserschädigenden Behandlung oder Benutzung ausgesetzt wurde (TextilKennzG, Verordnung (EU) Nr. 1007/2011). Die Bezeichnung Schurwolle kann auch bei Fasergemischen verwendet werden, sofern ein Mindestanteil von 25 Gewichtsprozent des Gemisches Schurwolle ist. Außerdem darf die Schurwolle im Falle eines mechanisch nicht trennbaren Gemisches nur mit einer einzigen anderen Faser vermischt sein. Zudem muss die prozentuale Zusammensetzung vollständig angegeben werden (TextilKennzG, Verordnung (EU) Nr. 1007/2011). Schurwolle besteht aus dem als α -Helix vorliegenden Faserprotein Keratin (α -Keratin). Es gibt zwei Arten von Keratin: saures Typ-I Keratin und basisches Typ-II Keratin (Kumar und Jagannathan, 2018). Insgesamt sind 20 verschiedene Keratine bekannt. Jeweils zwei Helices – eine saure und eine basische – lagern sich zusammen (Kumar und Jagannathan, 2018). Aus zusammengelagerten Helices entstehen zunächst Protofibrillen, durch weitere Zusammenlagerung Makrofibrillen und schließlich

Mikrofibrillen. Im Keratin ist die Aminosäure L-Cystein enthalten. Durch von L-Cystein gebildete Disulfidbrücken werden die einzelnen Komponenten quervernetzt. Folglich wird das Keratin umso stabiler, je mehr Disulfidbrücken vorhanden sind. Aufgrund der komplexen Zusammensetzung des Keratins, unterscheiden sich verschiedene Schurwolltypen in ihrer Faserbeschaffenheit (z. B. Länge, Dicke, Kräuselung, Elastizität). Die im „Escape Lab“ untersuchte Schurwolle ist bei der mikroskopischen Analyse durch eine raue Oberfläche charakterisiert, es ist eine Struktur erkennbar. Die Fasern der Schurwolle verlaufen gerade.

Nach dem Textilkennzeichnungsgesetz bezeichnet man die Fasern aus den Samen der Baumwollpflanze (*Gossypium*) als Baumwolle (TextilKennzG, Verordnung (EU) Nr. 1007/2011). Der Samen bildet als Verlängerung seiner Epidermis lange Fasern, die zu dünnen Fäden versponnen zur Herstellung von Textilien verwendet werden. Nach der Ernte müssen die Baumwollfasern von den Samen getrennt werden. Die Fasern sind von einer Wachsschicht (Cuticula) umhüllt, die sie vor Nässe schützt. Diese wird meist vor der Weiterverarbeitung entfernt. Baumwolle ist eine Gattung der Malvengewächse. Es sind über 20 Arten bekannt, die sich unter anderem in der geographischen Verbreitung und der Länge der Samenhaare unterscheiden. Je länger die Baumwollfaser, umso hochwertiger wird sie eingestuft. Innerhalb der Spezies besteht jedoch eine genetische Variabilität und Umweltbedingungen wie beispielsweise die Temperatur beeinflussen die Qualität der Fasern (Gillham et al., 1995). Länge und Umfang korrelieren negativ und sind eher genetisch kontrolliert, während die Entwicklung von Saatgut und Faserwänden stärker von der Umgebung beeinflusst wird (Gillham et al., 1995). Eine Baumwollfaser besteht aus einer einzigen Zelle mit drei Zellwänden, deren Hauptbestandteil Cellulose ausmacht. Cellulose ist ein unverzweigtes Biopolymer, das aus mehreren hundert bis zehntausend β -1,4-glykosidisch verknüpften β -D-Glucose- bzw. Cellobiose-Einheiten (Dimer der Glucose) besteht (Campbell, 1998, S. 74). Im Gegensatz dazu haben bei Stärke alle Glucosemonomere α -Konfiguration. Daraus resultiert eine andere dreidimensionale Gestalt und Eigenschaften. Cellulose ist die am häufigsten vorkommende organische Verbindung auf der Erde (Campbell, 1998, S. 74). Die im „Escape Lab“ untersuchten Baumwollfasern sind bei der mikroskopischen Analyse dadurch charakterisiert, dass sie nicht gerade sondern wellenförmig bzw. mit Knicken verlaufen. Ihre Oberfläche weist im Gegensatz zur Schurwolle keine Struktur auf.

4.5. Chromatographie

Unter Chromatographie versteht man ein Verfahren, das die Auftrennung eines Stoffgemisches aufgrund unterschiedlicher Wechselwirkungen zwischen der Löslichkeit der Einzelbestandteile in der mobilen Phase und der Adsorption der Einzelbestandteile in der stationären Phase ermöglicht. Die

SuS sollen im Laufe des "Escape Labs" verschiedene horizontale Papierchromatographien durchführen. Dabei fließt das Laufmittel, in diesem Fall Wasser, aufgrund der Papierkapillarität in der Papierebene. Die Art der Papierchromatographie nennt man auch Rundfiltermethode. Das zu trennende Gemisch wird hierbei als Kreis um das Zentrum des Papierfilters aufgetragen und das Laufmittel wird von der Mitte dieses Kreises aus zugeführt. Es lässt sich beobachten, dass sich die Laufmittelfront, sowie die Bestandteile des aufgetragenen Gemischs fast kreisförmig ausbreiten.

Zuerst werden die Farbstoffe mehrerer Filzstifte und anschließend verschiedener Skittles® in ihre Bestandteile aufgetrennt. Die Skittles®-Lösungen werden auf das Filterpapier, welches als stationäre Phase fungiert, aufgetragen und eine weitere Flüssigkeit, in diesem Fall Wasser, fungiert als mobile Phase. In diesem Versuch geht es lediglich darum zu erkennen, welche der Skittles®-Farbstoffe sich aus mehreren Farben zusammensetzen. Aufgrund der Kapillarkräfte verteilt sich das Wasser im Filterpapier und nimmt dabei die aufgetragenen Stoffe, in diesem Fall die verschiedenfarbigen Skittles®-Farbstoffe, auf. Das Fließmittel löst die aufgetragenen Stoffe und transportiert die Stoffmoleküle mit. Diese werden mehr oder weniger stark von der stationären Phase absorbiert bzw. wieder abgelöst. Aufgrund der unterschiedlichen Wasserlöslichkeitseigenschaften und Wandergeschwindigkeiten legen die Moleküle der einzelnen Bestandteile unterschiedliche Strecken zurück und die Auftrennung wird für die SuS erkennbar.

Folgende Farbstoffe sind als Inhaltsstoffe auf der Verpackung gekennzeichnet: Echtes Karmin (E 120, rot), Kurkumin (E 100, gelb), Titandioxid (E 171, weiß), Indigotin I (E 132, blau), Beta-apo-8'-Carotinal (C30) (E 160e, orange bis rot) und Brillantblau FCF (E 133, blau). Die gelben, sowie die orange-roten Farbstoffe (E100, E160e) werden bei einer Papierchromatographie mit Wasser als mobiler Phase aufgrund ihrer Wasserunlöslichkeit kaum bis gar nicht wandern. Der Farbstoff Brillantblau FCF ist wasserlöslich, weshalb er gut von der mobilen Phase aufgenommen und transportiert werden kann.

5. Einordnung in den Bildungsplan

Aufgrund der verschiedenen Themen der einzelnen Rätsel bestehen vielfältige Möglichkeiten zur Eingliederung in den Bildungsplan. Im Folgenden werden einige Beispiele für Schnittpunkte aufgezählt, die den aktuell gültigen Lehrplänen entnommen wurden (vgl. Literaturverzeichnis).

5.1. Saarland Gymnasium

Klassenstufe 8 und 9 (sprachlicher Zweig und naturwissenschaftlicher Zweig):

- Chemie, Themenfeld 1: sicheres Experimentieren → die SuS nennen und beachten beim Experimentieren im Unterricht Sicherheitsaspekte
- Chemie, Themenfeld 4: Stoffgemische und ihre Trennung → Trennmethoden wie Chromatographie können betrachtet werden
- Chemie, Themenfeld 8: Das Wasser → die SuS unterscheiden neutrale, saure und alkalische Lösungen und umschreiben den Begriff Säure-Base-Indikator; die SuS ermitteln neutrale, saure und alkalische Lösungen mit den Indikatoren Lackmus, Bromthymolblau und Phenolphthalein; die SuS stellen eigene Indikatoren her und untersuchen deren Farbe in neutralen, sauren und alkalischen Lösungen
- Biologie: Mensch als System: Blut und Blutgruppen → SuS benennen feste (Blutzellen), gelöste (Fibrinogen) und flüssige (Blutplasma) Blutbestandteile und geben deren Funktionen an

Einführung gymnasiale Oberstufe (sprachlicher Zweig):

- Chemie, Themenfeld 11: Einführung in die Organische Chemie → mikroskopische Untersuchung von Hefezellen bei der alkoholischen Gärung
- Biologie, Themenfeld: Zellbiologie → Lichtmikroskop: Bauteile, Vergrößerung, Auflösung; Originale oder naturgetreue Abbildungen mit Zeichnungen oder idealtypischen Bildern beschreiben und erläutern
- Biologie, Themenfeld: Chemie und Bedeutung der primären Naturstoffe → Aufbau und Struktur der Proteine
- Biologie, Themenfeld: Enzymatik → Eigenschaften, Bau und Funktionsweise von Enzymen

Einführung gymnasiale Oberstufe (mathematisch-naturwissenschaftlicher Zweig) zusätzlich zu oben genannten Themen:

- Chemie, Themenfeld 17: Chemisches Praktikum → Sicherheit beim Experimentieren, Grundlagen der Chromatographie,

Gymnasiale Oberstufe G-Kurse:

- Chemie, Themenfeld 24: Protolysen → Protolyse-Gleichgewichte in Indikator-Lösungen: Funktionsweise von Säure-Base-Indikatoren, Umschlagsbereiche von Indikatoren, Beispiele für Indikatoren (Methylorange, Lackmus, Bromthymolblau, Phenolphthalein, Universalindikator)
- Chemie, Themenfeld 26: organische Chemie → Ester, Polypeptide und Proteine, Helixstruktur

- Biologie, Themenfeld Stoffwechsel → Chromatographie eines Blattfarbstoffextraktes

5.2. Saarland Gemeinschaftsschule

Klassenstufe 5 und 6

- Naturwissenschaften, Themenfeld 1: Arbeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht → Sicherheitsvorschriften, Laborgeräte benennen, Teile eines Lichtmikroskops benennen, mikroskopieren einfacher Objekte
- Naturwissenschaften, Themenfeld 2: Haustiere → Bedeutung von Haustieren, Körperbedeckung von Haustieren

Klassenstufe 7 und 8

- Naturwissenschaften, Themenfeld 7: Luft → Bestandteile des Blutes: SuS beschreiben die Zusammensetzung von Blut und geben die Aufgaben der einzelnen Blutbestandteile an
- Naturwissenschaften, Themenfeld 13: Wasser als Stoff und Lebensraum → saure, neutrale und alkalische Lösungen, SuS untersuchen experimentell neutrale, saure und alkalische Lösungen (u. a. Nahrungsmittel, Haushaltschemikalien) mit Indikatoren (z. B. Rotkohlsaft, Lackmus, Phenolphthalein), SuS geben an, dass Säure-Base-Indikatoren aufgrund ihres Farbumschlags, saure, neutrale oder alkalische Stoffe anzeigen; Abwasserreinigung und Trinkwassergewinnung durch physikalische Trennverfahren

Klassenstufe 9 und 10

- Chemie Themenfeld 3: Säuren und Laugen → Indikatoren, SuS interpretieren Farbumschläge verschiedener Indikatoren
- Biologie, Themenfeld Vererbung und Evolution II → SuS führen an einem selbst hergestellten Präparat von Zellen mikroskopische Untersuchungen durch

5.3. Rheinland-Pfalz

Klassenstufe 7 bis 10

- Chemie, Themenfeld 2: Von der Saline zum Kochsalz → Trennverfahren, optional Chromatographie
- Chemie, Themenfeld 6: Säuren und Laugen → Indikatoren

- Chemie, Themenfeld 7: Schöne neue Kunststoffwelt → Makromoleküle, Polymere, Kunststoffe
- Chemie, Themenfeld 9: Den Stoffen auf der Spur → Trennverfahren, Chromatographie
- Biologie, Themenfeld 4: Pflanzen, Pflanzenorgane, Pflanzenzellen – Licht ermöglicht Stoffaufbau → mikroskopieren

Klassenstufe 11 bis 13

- Chemie GF+LF, Themenfeld: Kunststoffe I – Textilfasern → Polyester, modifizierte Cellulose, Polymere
- Chemie GF, Themenfeld: Natürliche Makromoleküle II – Proteine → Aufbau und Struktur von Proteinen, Enzyme, Hämoglobin
- Chemie GF+LF, Themenfeld: Säuren und Basen → Indikatoren und ihre Umschlagsbereiche
- Chemie LF, Themenfeld Analytik II – Chromatographie und Photometrie → Vergleich chromatographischer Verfahren
- Chemie LF, Themenfeld Farbstoffe II – Anwendungen und Färbeverfahren → Indikatorfarbstoffe
- Chemie LF, Themenfeld Proteine I → Struktur, Enzyme
- Biologie GF+LF, Themenfeld Struktur und Funktion lebender Systeme → mikroskopische Übungen, Proteine, Enzyme, nur LF: biologische Polymerreaktionen
- Biologie GF+LF, Themenfeld Stoffwechsel und Energiefluss lebender Systeme → Chromatographie von Blattfarbstoffen, Mikroskopie

6. Hilfestellungen

Die Symbole, die für die individuellen Hilfestellungen in der AR verwendet werden, lassen sich wie folgt zuordnen:



1) Experimentalprobleme



2) Verständnisprobleme



3) Sprachprobleme



4) Technische Probleme

6.1 Fingerabdrücke

	Art der Hilfe	Inhalt
Experimentalprobleme	Zwei Videos	zum Herstellen eines Fingerabdrucks Hilfe bei der Durchführung zum sichtbar machen von Fingerabdrücken mit Aktivkohle mit Sekundenkleber mit Ninhydrin
Verständnisprobleme	Video	Thema: „Mehr über die Geschichte des Fingerabdrucks“ (Johannes Tuch)
Sprachprobleme	Externer Link	Aufgabe: „Ordne den Bildern die passenden Begriffe zu.“
Technische Probleme	Bilder der benötigten Materialien	Glas mit Deckel
		Stempelkissen
		Sekundenkleber
Ninhydrin	Objektträger mit unsichtbarem Fingerabdruck	Aktivkohlepulver
Heizplatte	Papier	Föhn

6.2 Chromatographie

	Art der Hilfe	Inhalt
Experimentalprobleme	Zwei Videos	Hilfe bei der Durchführung
		zum Auftrennen eines Fineliners zum Herstellen und Auftrennen eines Skittles-Farbstoffs
Verständnisprobleme	Animiertes Video	Thema: „Wie funktioniert die Chromatographie?“
Sprachprobleme	Externer Link	Lückentext zum Thema Chromatographie
Technische Probleme	Bilder der benötigten Materialien	Destilliertes Wasser
		Becherglas
		Fineliner
		Skittles®
		Filterpapier
		Pipette

6.3 Indikatoren

	Art der Hilfe	Inhalt
Experimentalprobleme	Zwei Videos	zur Untersuchung der Farbbereiche verschiedener Indikatoren zur Herstellung eines Indikators aus Schokolinsen Hilfe bei der Durchführung
Verständnisprobleme	Externer Link	Aufgabe: „Ordne die Farben den Indikatoren in den passenden Milieus zu.“
Sprachprobleme	Externer Link	Lückentext zum Thema Indikatoren
Technische Probleme	Bilder der benötigten Materialien	Bromthymolblau
		Schwarzer Tee
		Tüpfelplatte
		Lackmus
		Phenolphthalein
		Schokolinsen
		Becherglas
		Rotkohl(-saft)
		Destilliertes Wasser

6.4 Blutspuren

	Art der Hilfe	Inhalt
Experimentalprobleme	Zwei Videos	Hilfe bei der Durchführung zum Blutnachweis mit Luminol mit Wasserstoffperoxid
Verständnisprobleme	Externer Link	Youtube-Video: „Ohne dieses Molekül im Blut wären wir sofort tot.“ (Mai Thi Nguyen-Kim)
Sprachprobleme	/	/
Technische Probleme	Bilder der benötigten Materialien	Schweineblut Wasserstoffperoxid H_2O_2 Luminol-Lösung

6.5 Faseranalytik

	Art der Hilfe	Inhalt
Experimentalprobleme	Video	Hilfe zum Mikroskopieren einer Faser
Verständnisprobleme	Textausschnitte	<ul style="list-style-type: none"> - Schafswolle - Baumwolle - Synthetikfaser Informationstexte zum Thema
Sprachprobleme	Externer Link	Aufgabe: „Ordne dem Mikroskop die richtigen Begriffe zu.“
Technische Probleme	Bilder der benötigten Materialien	Mikroskop Objektträger Unterschiedliche Wollfäden

7. Literaturverzeichnis

Campbell : Biologie. Spektrum Lehrbuch, 1. korrigierter Nachdruck, 1998

Comité International de la Rayonne et des Fibres Synthétiques (CIRFS): World production of cotton, wool & man-made fibres. www.cirfs.org, (aufgerufen am 13.02.19)

da Silva, Agustini, da Silva, Frigeri: Luminol in the forensic science. Journal of Biotechnology and Biodiversity 3 (4):172-177, 2012

Flad: Chemie mit dem blauen Farbstoff der Smarties- Projektarbeit mit einem Leistungskurs Chemie. <https://www.zum.de/Faecher/Ch/BW/wuchu/2000-2.pdf>, 2001 (aufgerufen am 15.02.19)

Gaetani, Kirkman, Mangerini, Ferraris: Importance of catalase in the disposal of hydrogen peroxide within human erythrocytes. Blood 84(1):325-30, 1994

George: Reaction Between Catalase and Hydrogen Peroxide. Nature 160:41–43, 1947

Gillham, Bell, Arin, Matthews, Rumeur, Hearn: Cotton Production Prospects for the Next Decade. The International Bank for Reconstruction and Development/THE WORLD BANK: Technical Paper Number 287, 1995

Helmich: Phenolphthalein. <http://www.u-helmich.de/che/Q2/farbe/03/triphenylmethan-03.html>, 2017 (aufgerufen am 15.02.19)

Heyer, Wittwer: Naturstoffe als Indikatoren. <https://www.chf.de/eduthek/projektarbeit-naturstoffe-indikatoren.html>, Schuljahr 2005/2006 (aufgerufen am 15.02.19)

Huwer: Seminar 02: Grundlagen des Forschenden Experimentierens. Wintersemester 2018/19

Kumar, Jagannathan: Cytokeratin: A review on current concepts. International Journal of Orofacial Biology 2:6-11, 2018

Lang, Hausarbeit zum Thema "Escape Lab", Universität des Saarlandes Fachdidaktik V, 2018

Lodish, Berk, Zipursky, Matsudaira, Baltimore, Darnell: Molekulare Zellbiologie. Spektrum Lehrbuch, 4. Auflage, 2001

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Biologie Gemeinschaftsschule Klassenstufe 9 und 10 (Erprobungsphase), 2016

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Biologie für die Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe, 2007

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Biologie Gymnasiale Oberstufe Saar (GOS), G-Kurs, 2008

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Biologie Gymnasium Klassenstufe 9 (Erprobungsphase), 2014

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Chemie Gemeinschaftsschule Klassenstufe 9 und 10 (Erprobungsphase), 2016

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Chemie Gymnasium Klassenstufe 8 und 9 (Erprobungsphase), 2012

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Chemie Gymnasium Klassenstufe 8 und 9, Naturwissenschaftlicher Zweig (Erprobungsphase), 2012

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Chemie Gymnasiale Oberstufe Saar (GOS), G-Kurs, 2008

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Chemie für die Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe, sprachlicher Zweig, 2006

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Chemie für die Einführungsphase der gymnasialen Oberstufe, mathematisch-naturwissenschaftlicher Zweig, 2006

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Naturwissenschaften Gemeinschaftsschule Klassenstufe 5 und 6 (Erprobungsphase), 2014

Ministerium für Bildung und Kultur: Lehrplan Naturwissenschaften Gemeinschaftsschule Klassenstufe 7 und 8 (Erprobungsphase), 2014

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Weiterbildung: Lehrplan Biologie Grund- und Leistungsfach Jahrgangsstufe 11 bis 13 der gymnasialen Oberstufe, 1998

Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur: Lehrpläne für die Naturwissenschaftlichen Fächer für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz, Klassenstufe 7-10, 2014

Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Weiterbildung: Lehrplan Chemie Sekundarstufe II, 1998

Riedel: Allgemeine und Anorganische Chemie. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 10.Auflage 2010

Textilkennzeichnungsgesetz (TextilKennzG): am 15. Januar 1969 verabschiedet, am 15. Februar 2016 unter Berücksichtigung der Verordnung (EU) Nr. 1007/2011 über die Bezeichnung von Textilfasern neu gefasst

White, Zafiriou, Kagi, Hill: Chemiluminescence of Luminol: The Chemical Reaction. J. Am. Chem. Soc. 86 (5):940–941, 1964

http://www.analytik.ethz.ch/vorlesungen/biopharm/Trennmethoden/AnalytischeChemie_Skript_2_Grundlagen.pdf (aufgerufen am 12.02.2019)

https://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0218Anfaerben_von_Fingerabdruucken_mit_Ninhydrin.pdf (aufgerufen am 08.02.2019)

https://www.gdch.de/fileadmin/downloads/Publikationen/Nachrichten_aus_der_Chemie/PDFs/Downloads/Fingerabdrucke_Ergaenzung.pdf (aufgerufen am 08.02.2019)

<http://www.kupke-chemie-physik.de/hauptseiten/experimentieragarchiv/papierchromatographie/papierchromatographie.html> (aufgerufen am 12.02.2019)

http://www.seilnacht.com/Chemie/ch_bthym.htm (aufgerufen am 15.02.19)

<https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/papierchromatographie/6705>(aufgerufen am 13.02.2019)

<http://www.uni-bielefeld.de/chemie/lehre/basispc/media/pHIndikatoren/> (aufgerufen am 15.02.19)

[http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Indikator_\(Chemie\).html](http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Indikator_(Chemie).html) (aufgerufen am 12.02.2019)