



Chemistry and Industry for Teachers in European Schools

FORENSISCHE CHEMIE - MIT CHEMIE AUF VERBRECHERJAGD

Eine Einführung für den Chemie-
unterricht

Hans Joachim Bader und Martin Rothweil



Education and Culture

Socrates
Comenius

CITIES (*Chemistry and Industry for Teachers in European Schools*) ist ein COMENIUS-Projekt, in dessen Rahmen Materialien für den Chemieunterricht erstellt und erprobt werden. Diese Materialien sollen Lehrkräften helfen, ihren Unterricht attraktiver zu gestalten, indem der Bezug sowohl zum Alltag und der Lebenswelt als auch zur chemischen Industrie aufgezeigt wird.

Am Projekt CITIES sind die folgenden Partner beteiligt:

- Goethe-Universität Frankfurt, Deutschland, <http://www.chemiedidaktik.uni-frankfurt.de>
- Czech Chemical Society, Prag, Tschechische Republik, <http://www.csch.cz/>
- Jagiellonian University, Krakau, Polen, http://www.chemia.uj.edu.pl/index_en.html
- Hochschule Fresenius, Idstein, Deutschland, <http://www.fh-fresenius.de>
- European Chemical Employers Group (ECEG), Brüssel, Belgien, <http://www.eceg.org>
- Royal Society of Chemistry, London, United Kingdom, <http://www.rsc.org/>
- European Mine, Chemical and Energy Workers' Federation (EMCEF), Brüssel, Belgien, <http://www.emcef.org>
- Nottingham Trent University, Nottingham, United Kingdom, <http://www.ntu.ac.uk>
- Gesellschaft Deutscher Chemiker GDCh, Frankfurt/Main, Deutschland, <http://www.gdch.de>
- Institut Químic de Sarrià, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spanien, <http://www.iqs.url.edu>

Weitere dem CITIES-Projekt assoziierte Institutionen:

- Newcastle-under-Lyme School, Staffordshire, United Kingdom
- Masaryk Secondary School of Chemistry, Prag, Tschechische Republik
- Astyle linguistic competence, Wien, Österreich
- Karls-Universität in Prag, Prag, Tschechische Republik



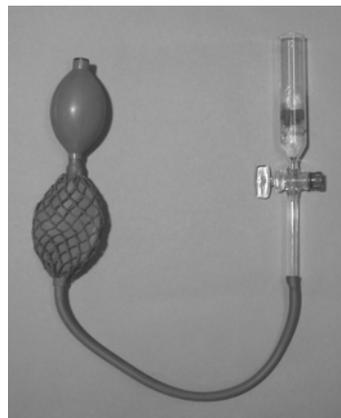
Dieses Projekt wird mit Unterstützung der Europäischen Kommission durchgeführt. Die vorliegende Publikation gibt die Meinung der Autorinnen und Autoren wieder. Die Europäische Kommission kann nicht für Folgen verantwortlich gemacht werden, die sich aus der Nutzung der vorliegenden Informationen ergeben können. Die am Projekt CITIES beteiligten Partner empfehlen dringend, dass jede Person, die die Versuchsvorschriften von CITIES nutzt, entsprechend beruflich qualifiziert ist sowie mit den Richtlinien für sicheres Arbeiten im Labor und dem Umgang mit Gefahrstoffen entsprechend den nationalen Regelungen vertraut ist. CITIES kann für keinerlei Schäden verantwortlich gemacht werden, die durch die Durchführung der beschriebenen Versuche entstehen.

SICHTBARMACHEN VON FINGERABDRÜCKEN VERWENDUNG VON EINSTAUBPULVERN

<u>GRUNDLAGE</u>	Alle der im folgenden Versuch aufgeführten Einstaubpulver werden bei der professionellen Spurensicherung eingesetzt. Mittel zum relativ universellen Gebrauch sind Eisen- und Eisen(III)-oxid-Pulver. Ideale Oberflächen sind beispielsweise Glas und glasiertes Steingut. Die sichtbar gemachten Fingerabdruckspuren können mit Tesafilm abgenommen, auf ein weißes Blatt Papier geklebt und somit dauerhaft fixiert werden.
<u>ZEITBEDARF</u>	15 min
<u>GERÄTE</u>	4 feine Pinsel (z. B. Milan 8), 4 Petrischalen, Glasplatten/-flaschen, Tesafilm (evt. breiter Tesafilm), weißes Papier
<u>CHEMIKALIEN</u>	Graphit, Aluminiumbronze, Eisenpulver (fein), Eisen(III)-oxidpulver
<u>SICHERHEITSHINWEISE</u>	Aluminiumbronze (leichtentzündlich, F), Eisenpulver (leichtentzündlich, F)
<u>DURCHFÜHRUNG</u>	Es werden Fingerabdrücke auf verschiedenen Materialien mit glatter Oberfläche hinterlassen. Danach werden kleine Mengen der Pulversubstanzen in je eine beschriftete Petrischale gefüllt und von dort entweder durch Klopfen vom Pinsel oder direkt mit diesem auf die Spur aufgetragen (Vorsicht, Gefahr des Verschmierens!). Überschüssiges Pulver kann durch Abblasen entfernt werden.
<u>BEOBACHTUNG</u>	Der Fingerabdruck wird in der Farbe des Einstaubpulvers als Linienmuster sichtbar. Die Pulver eignen sich unterschiedlich gut für verschiedene Materialoberflächen.
<u>AUSWERTUNG</u>	Das aufgetragene Pulver haftet aufgrund von Adhäsionskräften an den durch die Finger übertragenen Substanzen (Wasser, Fette etc.) und macht den Fingerabdruck infolge des Farbkontrastes sichtbar.
<u>ENTSORGUNG</u>	Reste der Pulversubstanzen werden entweder für weitere Versuche aufbewahrt oder als feste Chemikalienabfälle entsorgt.

SICHTBARMACHEN VON FINGERABDRÜCKEN VERWENDUNG VON IOD

<u>GRUNDLAGE</u>	Iod findet als Pulver oder Dampf Verwendung, darf aber aufgrund seiner gesundheitsschädlichen Wirkung beim Einatmen (Schleimhaut reizend) und bei Berührung mit der Haut nicht am Tatort eingesetzt werden. Es eignet sich besonders gut bei Spurenrägern aus Papier. Bedingt durch die Flüchtigkeit von Iod bleiben die Spuren nur kurze Zeit sichtbar und müssen fotografiert oder durch eine chemische Reaktion, z.B. mit Stärke, fixiert werden.
<u>ZEITBEDARF</u>	15 min
<u>GERÄTE</u>	Tropftrichter, Gummidruckball, Glaswolle, Gummistopfen, DC-Kammer, Sandbad, Heizplatte, Pinzette, Schreibmaschinenpapier, Pappe, Einmalhandschuhe, Stativmaterial
<u>CHEMIKALIEN</u>	Iod
<u>SICHERHEITSHINWEISE</u>	Iod (gesundheitsschädlich, Xn; umweltgefährlich, N)
<u>DURCHFÜHRUNG</u>	<p>Es werden Fingerabdrücke auf Schreibmaschinenpapier oder Pappe hinterlassen. Alle weiteren Arbeiten erfolgen im Abzug und mit Handschuhen.</p> <p>Variante 1 (mit "Iodverdampfer"): Ein Tropftrichter wird nacheinander mit Glaswolle, Iod und erneut Glaswolle beschickt. An die Auslassseite des Tropftrichters schließt man einen Gummidruckball an. Mit diesem so erhaltenen "Iodverdampfer" wird der Spurenräger be-dampft.</p>



Bei Nichtgebrauch wird der Tropftrichter mit einem Gummistopfen verschlossen.

Variante 2 (mit DC-Kammer): Einige Iodkristalle werden auf dem Boden der DC-Kammer verteilt und der Spureträger wird eingestellt. Man verschließt die DC-Kammer und erwärmt leicht auf dem Sandbad.

BEOBACHTUNG

Der Fingerabdruck wird als braunes Linienmuster sichtbar.

AUSWERTUNG

Iod haftet aufgrund von Adhäsionskräften an den durch die Finger übertragenen Substanzen (Wasser, Fette, etc.).

ENTSORGUNG

Kristallines Iod wird entweder für weitere Versuche aufbewahrt oder als fester Chemikalienabfall beseitigt.

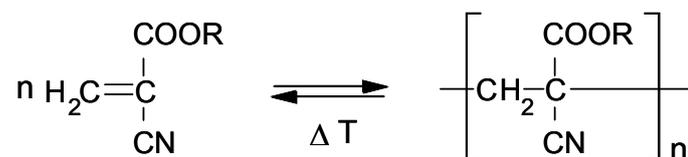
HINWEIS

Aufgrund der Flüchtigkeit von Iod sind die Spuren nur eine begrenzte Zeit sichtbar. Zur dauerhaften Fixierung sollte der Spureträger mit einprozentiger wässriger Stärkelösung besprüht werden. Vorab ist überschüssiges Iod durch Stehenlassen an der Luft zu entfernen. Die Spur färbt sich blau.

SICHTBARMACHEN VON FINGERABDRÜCKEN VERWENDUNG VON CYANACRYLAT

GRUNDLAGE

Cyanacrylat-Klebstoffe sind Einkomponentenklebstoffe auf der Basis von monomeren 2-Cyanoacrylsäureestern. Sie härten sehr schnell durch Spuren von Wasser zu hochmolekularen, unvernetzten Polymeren aus. Fingerabdrücke - besonders solche auf Metall und Glas - können hierüber als grauweißes Muster sichtbar gemacht werden. Alternativ zum Monomer kann man auch das Cyanacrylat-Polymer als Reagenz einsetzen. Durch dessen pyrolytische Spaltung erhält man wieder das Monomer, welches erneut polymerisierbar ist.



ZEITBEDARF

30 min

GERÄTE

Kristallisierschale (Ø 14 cm), Heizplatte, Stockthermometer, Becherglas (50 mL), kleine Aluschale, Alufolie, Stativmaterial

CHEMIKALIEN

Cyanacrylat (Sekundenkleber), Ethanol

SICHERHEITSHINWEISE

Ethanol (leichtentzündlich, F), Cyanacrylat (reizend, Xi). Cyanacrylat klebt innerhalb von Sekunden Haut und Augenlider zusammen.

DURCHFÜHRUNG

Das Metallblech wird mit Ethanol entfettet und mit einigen Fingerabdrücken versehen. Alle weiteren Arbeiten erfolgen im Abzug. Man baut sich auf Grundlage einer Kristallisierschale zunächst eine Bedampfungsvorrichtung auf. Weiterhin füllt man ein 50 mL-Becherglas zur Hälfte mit Wasser und stellt es in die Kristallisierschale. Auf das Aluschälchen gibt man eine kleine Menge flüssigen Sekundenklebers und stellt diese ebenfalls in die Schale. Ein Stockthermometer wird so angebracht, dass es auf halber Höhe in die Kristallisierschale ragt. Die Schale wird mit Alufolie abgedeckt und der Innenraum über eine Heizplatte auf 40-60 °C aufgeheizt. Den metallenen Spureenträger hängt man an den Innenrand der Schale. Die Entwicklung der Fingerabdrücke kann beobachtet werden.



bachtet werden und ist nach wenigen Minuten abgeschlossen.

BEOBACHTUNG

Die Fingerabdrücke auf dem Metallstück sind als grau-weißes Linienmuster sichtbar.

AUSWERTUNG

Das monomere Cyanacrylat härtet sehr schnell durch Spuren von Wasser zu einem hochmolekularem, unvernetztem Polymer aus. Aufgrund der relativ hohen Feuchtigkeit der daktyloskopischen Spur erfolgt die Polymerisation bevorzugt dort.

ENTSORGUNG

Der ausgehärtete Cyanacrylat-Klebstoff wird als Hausmüll entsorgt.

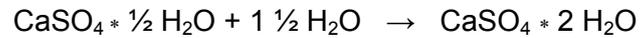
SICHERUNG VON SCHUH-, FUß- UND FAHRZEUGSPUREN

GIPS ALS ABFORMMITTEL FÜR SCHUHABDRÜCKE

<u>GRUNDLAGE</u>	Neben Fingerabdrücken bieten auch Schuh, Fuß- und Fahrzeugspuren wertvolle Hinweise zur Aufklärung von Verbrechen. Solche Spuren finden sich z. B. in Sand oder lockerer Erde. Eine Abformung wird nötig, wenn die Sicherung der Originale aus praktischen Gründen nicht möglich ist. Es können hierfür Form- oder Dentalgipse eingesetzt werden. Zur Vorbereitung werden die Spuren mit Haarspray oder Klarlack fixiert. Im folgenden Versuch wird mit Haarspray und Modellgips gearbeitet.
<u>ZEITBEDARF</u>	45 min
<u>GERÄTE</u>	Gipsbecher, Spachtel, flache Kunststoffschüssel (ca. 50*40 cm), Rahmen aus Holz oder Pappe
<u>CHEMIKALIEN</u>	Modellgips, Haarspray, Blumenerde
<u>SICHERHEITSHINWEISE</u>	-
<u>DURCHFÜHRUNG</u>	Zunächst wird eine flache Kunststoffschüssel mit einer Schicht Blumenerde befüllt und ein Fußabdruck erzeugt. Dieser wird mit Haarspray besprüht. Um den Fußabdruck herum legt man als Einfassung einen Rahmen. Entsprechend der Herstellervorschrift rührt man den pulvrigen Formengips in Wasser ein, sodass ein gleichmäßiger und dünnflüssiger Brei entsteht. Dieser Brei wird vorsichtig - ausgehend von der tiefsten Stelle der Spur - eingegossen oder mit einem Spachtel eingebracht. Bevor der Gips vollständig aushärtet, ist der Rahmen vom Gips mit der Spachtel zu trennen. Die Einfassung sollte aber erst nach der vollständigen Aushärtung abgenommen werden.
<u>BEOBACHTUNG</u>	Die Abformung liefert ein dreidimensionales, spiegelverkehrtes Abbild der Originalspur.
<u>AUSWERTUNG</u>	Durch das Aufsprühen von Haarspray wird die Spur (hier der Fußabdruck) fixiert. Modellgips enthält Calciumsulfat-Halbhydrat. Beim Abbinden des Gipses reagiert das zunächst noch pulvrige Calciumsulfat-



Halbhydrat mit Wasser zu einem festen Block aus Calciumsulfat-Dihydrat.



ENTSORGUNG

Gipsreste werden zum Hausmüll gegeben.

HINWEIS

Vor der Abformung einer natürlichen Eindruckspur ist diese von nicht dazugehörenden Fremdkörpern zu reinigen (Laub, Holz, Steine etc.). In der Spur stehendes Wasser wird mit saugfähigem Papier oder einer Pipette aufgenommen.

REPRODUKTION AUSGESCHLIFFENER NUMMERN UND SCHRIFTZÜGE SICHTBARMACHEN VON PRÄGESPUREN AUF MESSINGSCHLÜSSELN

GRUNDLAGE

Kraftfahrzeuge, Schusswaffen und Schlüssel von Schließanlagen sind typische Gegenstände, die mit individuellen Kennzeichen in Form von Buchstaben, Ziffern oder - im Fall von Waffen - mit Beschusszeichen versehen sind. Wird ein solcher Gegenstand im Rahmen einer Straftat eingesetzt, so verändert oder entfernt der Täter oftmals diese ihn möglicherweise entlarvende Spur. Dies kann z. B. durch Ausfeilen, Ausbohren, Abschleifen, Zerschlagen der Originalkennzeichnung oder Einschlagen anderer Zeichen geschehen.

Die Kriminaltechnik gebraucht in solchen Fällen zur Reproduktion der Originalkennzeichnung die Methode des metallographischen Ätzens (auch Gefügekontrastierung genannt). Durch das Verfahren werden die Veränderungen innerhalb des Materialgefüges, die bei der Einarbeitung der Kennzeichen durch die Prägewerkzeuge entstanden sind, sichtbar. Dies soll am Beispiel von Messingschlüsseln und Eisen(III)-chlorid als Ätzlösung exemplarisch demonstriert werden. Weitere Vorschriften für andere Ätzlösungen finden Sie im Skript.

ZEITBEDARF

15-30 min

GERÄTE

(Nichtmagnetische) Schlüssel aus Messing oder Neusilber, Vierkantfeile, Schleifpapier (Körnung 320, 600, 1000), Messzylinder (50 mL), Petrischale, Tiegelzange (oder Pinzette), Becherglas (100 mL), Spatel, Waage, Wägeschälchen, Küchenpapier

CHEMIKALIEN

Eisen(III)-chlorid (wasserfrei), Salzsäure (w = 30 %)

SICHERHEITSHINWEISE

Eisen(III)-chlorid (gesundheitsschädlich, Xn), Salzsäure (ätzend, C)

DURCHFÜHRUNG

Die in den Schlüsseln eingepprägten Kennzeichen werden mit einer Vierkantfeile soweit ausgefeilt, dass sie gerade nicht mehr erkennbar sind. Danach schleift man die Oberflächen nacheinander mit Schleifpapieren der Körnung 320, 600 und 1000 ab. Falls Sie Nassschleif-

papier benutzen, so muss dies vorher ordentlich nass gemacht werden.

Die Ätzlösung besteht aus 5 g Eisen(III)-chlorid in 50 mL Salzsäure. Die Schlüssel werden für 10 min in eine mit der Ätzlösung gefüllte Petrischale gelegt. Sind die Ergebnisse danach nicht zufriedenstellend, wird der Vorgang bis zu fünfmal wiederholt. Die so behandelten Schlüssel werden unter fließend Wasser abgewaschen und mit Küchenpapier abgetrocknet.

BEOBACHTUNG

Die auf dem Schlüssel eingepprägten Ziffern und Buchstaben sind nach dem Ausschleifen nicht mehr sichtbar. Nach dem Einlegen in die saure Eisen(III)-chloridlösung sind sie wieder als grauer Kontrast erkennbar.

AUSWERTUNG

Die eingeschlagenen Ziffern bzw. Buchstaben werden sichtbar, weil mit der Kaltverformung während des Prägevorgangs tiefere Veränderungen des Materialgefüges entstehen als allein in Form der sichtbar eingeschlagenen Ziffern bzw. Buchstaben. Bei Kontakt dieser Stellen mit dem Oxidationsmittel (Eisen(III)-Ionen) kommt es zur Bildung von Lokalelementen, da Messing und Neusilber kupferhaltige Legierungen sind. Durch die Inhomogenitäten innerhalb des Gefüges entstehen Potentialunterschiede, die wiederum zu unterschiedlich starkem Materialabtrag an der Oberfläche führen.



ENTSORGUNG

Die sauren Schwermetalllösungen werden neutralisiert und zu den Schwermetallabfällen gegeben.

HINWEIS

Um eine möglichst vollständige Reproduktion im Schulversuch zu erreichen, darf beim Abfeilen und anschließenden Schleifen nicht zuviel von der Oberfläche abgetragen werden. Neusilber besteht aus ca. 60 % Kupfer, ca. 20 % Nickel und ca. 20 % Zink.

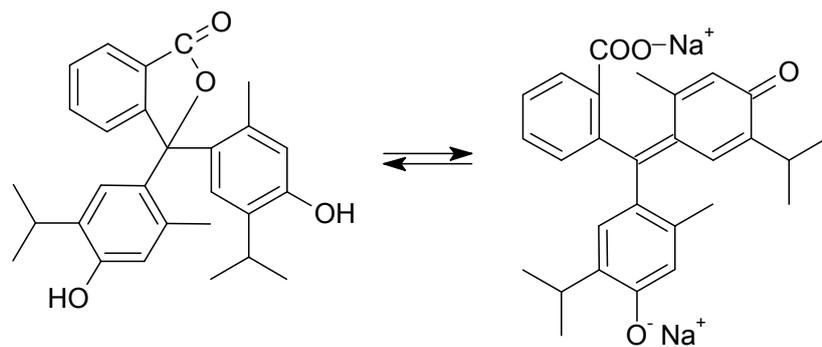
GEHEIMTINTE UND DOKUMENTENFÄLSCHUNG

HERSTELLEN EINER BLAUEN GEHEIMTINTE

<u>GRUNDLAGE</u>	Thymolphthalein ist ein organischer Farbstoff, der bei unterschiedlichem pH-Wert verschiedene Strukturen annehmen kann. Im basischen Milieu ist der Farbstoff blau gefärbt, im sauren oder neutralen hingegen ist er farblos.
<u>ZEITBEDARF</u>	15-30 min
<u>GERÄTE</u>	Becherglas (100 mL, 2*250 mL), Messzylinder (100 mL), Glasstäbe, Pinsel, große weiße Filterbögen oder Briefpapier, Zerstäuber, Spatel, Waage, Wägeschälchen
<u>CHEMIKALIEN</u>	Thymolphthalein, Ethanol, Natriumcarbonat (wasserfrei), Natriumhydroxid
<u>SICHERHEITSHINWEISE</u>	Ethanol (leichtentzündlich, F), Natriumcarbonat (reizend, Xi), Natriumhydroxid (ätzend, C)
<u>DURCHFÜHRUNG</u>	<p>Stellen Sie zunächst folgende Lösungen her:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,04 g Natriumhydroxid in 100 mL dest. Wasser, - 0,04g Thymolphthalein in 50 mL Ethanol sowie - 0,5 g Natriumcarbonat in 100 mL Wasser. <p>Gießen Sie nun die farblose Thymolphthaleinlösung zur farblosen Natriumcarbonatlösung. Die vereinigten Lösungen sind als Tinte verwendbar. Schreiben Sie mit dem Pinsel einige Worte auf das Filter- oder Briefpapier. Besprühen Sie nach ca. 10 min das beschriebene Papier mit der Natriumhydroxid-Lösung.</p>
<u>BEOBACHTUNG</u>	Die ethanolische Thymolphthaleinlösung ist farblos. Beim Mischen mit der ebenfalls zunächst farblosen Natriumcarbonat-Lösung erhält man eine blaue Lösung, welche man als Tinte verwenden kann. Nach ca. 10 min ist die auf Papier aufgetragene Tinte nicht mehr zu sehen. Durch Besprühen mit Natriumhydroxid-Lösung wird die Nachricht wieder sichtbar.
<u>AUSWERTUNG</u>	Beim Lösen von Natriumcarbonat in Wasser entstehen Hydroxidionen. Die Lösung wird basisch.



Der hinzugesetzte Indikator Thymolphthalein bewirkt eine Blaufärbung der Lösung. Mit dieser blauen Tinte kann eine Nachricht verfasst werden. Setzt man die auf Papier aufgetragene Farbstofflösung der Luft aus, so neutralisiert das in der Atmosphäre zu 0,03 Vol.-% enthaltene Kohlenstoffdioxid die ursprünglich alkalische Lösung. Durch die sich vollziehende pH-Änderung von basisch nach neutral wandelt sich auch die Struktur des Farbstoffes. Die Tinte wird farblos. Die Nachricht auf dem Papier ist nicht mehr zu lesen. Besprüht man diese wiederum mit einer Natriumhydroxidlösung, so erhält man wieder ein basisches Milieu mit entsprechender Blaufärbung des Indikators. Die beiden Strukturen, in denen Thymolphthalein vorliegen kann, sind hier dargestellt:



Thymolphthalein

ENTSORGUNG

Die restlichen Lösungen können ins Abwasser gegeben werden.

GEHEIMTINTE UND DOKUMENTENFÄLSCHUNG HERSTELLEN EINER KURZZEITIG SICHTBAREN GEHEIMTINTE

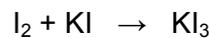
<u>GRUNDLAGE</u>	Eine nur kurzzeitig sichtbare Geheimtinte kann man leicht auf der Basis von Stärke herstellen. Mit Trocknen der Tinte "verschwindet" die Nachricht. Hierzu darf man aber nur (stärkeloses) Filterpapier als Träger einsetzen, da gewöhnliches Schreibpapier bereits Stärke enthält. Besprüht man das mit der Geheimtinte beschriebene Filterpapier mit einer Iod-Kaliumiodid-Lösung, so erscheint die ursprüngliche Nachricht wieder. Durch Reaktion mit Natriumthiosulfat wird die Nachricht wieder unsichtbar.
<u>ZEITBEDARF</u>	30 min
<u>GERÄTE</u>	Bechergläser (100 mL, 3*250 mL), Messzylinder (100 mL), Magnetheizplatte (mit Rührfisch), Filterpapierbögen, 2 Zerstäuber, Pinsel, Glasstäbe, Spatel, Waage, Wägeschälchen
<u>CHEMIKALIEN</u>	Iod, Kaliumiodid, Stärke, Natriumthiosulfat-pentahydrat, Eis
<u>SICHERHEITSHINWEISE</u>	Iod (gesundheitsschädlich, Xn; umweltgefährlich, N)
<u>DURCHFÜHRUNG</u>	<p>Setzen Sie zunächst die Geheimtinte an. Suspendieren Sie hierzu 1 g lösliche Stärke in 100 mL dest. Wasser. Geben Sie hierzu etwa 50 mL kochendes dest. Wasser und erhitzen Sie weitere 5 min zum Sieden. Fügen Sie danach 40 mL Eiswasser hinzu. Schreiben Sie eine "geheime" Nachricht auf Filterpapier und lassen Sie die Tinte trocken.</p> <p>Zum Sichtbarmachen der Nachricht benötigen Sie eine Iod-Lösung aus 1,7 g Kaliumiodid und 2,5 g Iod, welche in 100 mL dest. Wasser gelöst werden. Füllen Sie die Lösung in einen Zerstäuber und besprühen Sie mit dieser Iod-Kaliumiodid-Lösung Ihre Nachricht. Die erschienene Nachricht kann man wieder "verschwinden" lassen, in dem man Sie mit folgender Lösung besprüht. Lösen Sie in 50 mL dest. Wasser 2,32 g Natriumthiosulfat-pentahydrat und füllen Sie nach dem Lösen auf 100 mL auf.</p>

BEOBACHTUNG

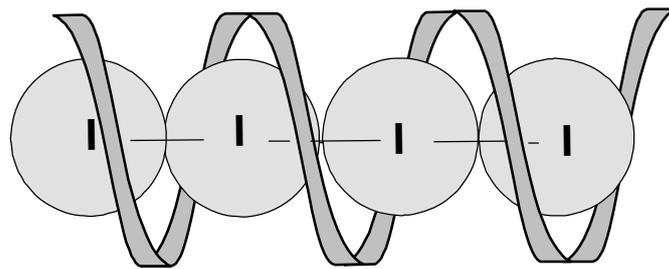
Die anfänglich nur schwach sichtbare Tinte ist nach Trocknen der Stärke-Suspension nicht mehr zu sehen. Durch Besprühen mit Iod-Kaliumiodid-Lösung wird diese bläulich sichtbar. Behandeln mit der Natriumthiosulfat-pentahydrat-Lösung führt dazu, dass die Nachricht wieder "verschwindet".

AUSWERTUNG

Iod ist in Wasser bei Raumtemperatur nur sehr schlecht löslich. Die Löslichkeit von Iod in Wasser wird durch Zugabe von KI entscheidend verbessert. I₂-Moleküle bilden mit Iodidionen in Wasser gut lösliche I₃⁻-Ionen.

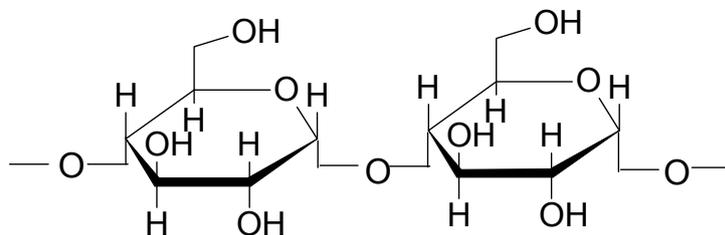


Mit der in der Stärke enthaltenen Amylose bildet Iod einen violett-blauen Komplex. Die Iodmoleküle lagern sich dabei in die Windungen der Amylose ein, wodurch die violette Farbe hervorgerufen wird.



Iod-Moleküle in einem gewundenen Amylose-Molekül

Die Amylose ist ein langkettiges Molekül aus Glukosemolekülen, die α(1,4)-glykosidisch verknüpft sind, wodurch die Windungen der Amylosemoleküle zustande kommen.



Zwei verknüpfte Glukose-Moleküle aus einem Amylose-Molekül

Iod und Kaliumiodid bilden zusammen in Wasser gelöst eine tiefrote Lösung. Gelangt nun Iod an jene Stellen auf dem Filterpapier, an denen Stärke vorhanden ist, so bilden beide Stoffe zusammen den beschriebenen vio-

lett-blauen Komplex und die mit Stärkelösung aufgetragene Schrift wird sichtbar.

Damit sich der Iod-Stärke-Komplex bilden kann, sind I_2 -Moleküle erforderlich, also elementares Iod. Mit dem Natriumthiosulfat wird das elementare Iod im Komplex zu Iodid-Ionen (I^-) reduziert. Iodid-Ionen sind allein nicht in der Lage, den violettblauen Iod-Stärke-Komplex zu bilden; dieser wird zerstört und die Schrift entfärbt sich wieder. Das Thiosulfat ($S_2O_3^{2-}$) wird dabei zum Tetrathionat ($S_4O_6^{2-}$) oxidiert.

ENTSORGUNG

Die Stärke-Lösung kann ins Abwasser gegeben werden. Reste der Iod-Kaliumiodid-Lösung vereinigen Sie mit der Natriumthiosulfat-Lösung und geben die Mischung zu den flüssigen Schwermetallabfällen.

GEHEIMTINTEN UND DOKUMENTENFÄLSCHUNG

INVISIBLE PEN

<u>GRUNDLAGE</u>	Der "Invisible Pen"™ ist ein käuflich erhältlicher Stift mit einer "Geheimtinte". Die mit ihm geschriebenen Nachrichten sind zunächst nicht zu sehen, können jedoch mit der mitgelieferten Mini-UV-Lampe wieder sichtbar gemacht werden.
<u>ZEITBEDARF</u>	1 min
<u>GERÄTE</u>	Invisble Pen, edding 8280 Securitas UV-Marker, UV-Lampe, weißes Papier
<u>CHEMIKALIEN</u>	-
<u>SICHERHEITSHINWEIS</u>	-
<u>DURCHFÜHRUNG</u>	Schreiben Sie etwas mit dem "Invisible Pen" oder mit dem "edding 8280 Securitas UV-Marker" auf ein weißes Blatt Papier. Beleuchten Sie anschließend Ihre Nachricht mit der UV-Lampe.
<u>BEOBACHTUNG</u>	Die geschriebene Nachricht ist zunächst unsichtbar. Im UV-Licht erscheint sie als blassblaue bis violette Schrift.
<u>AUSWERTUNG</u>	Der "Invisible Pen" enthält einen nicht näher genannten Farbstoff, welcher sichtbares Licht nicht absorbiert und dementsprechend keine Farbe besitzt. Er wird jedoch durch UV-Licht angeregt und emittiert Licht im violettenblauen Spektralbereich (Lumineszenz). Die Lumineszenz ist stets auf einen Übergang von einem Elektron aus einem energetisch höheren Zustand in einen unbesetzten, energetisch tieferen Zustand zurückzuführen.
<u>HINWEIS</u>	Der "Invisible Pen" incl. UV-Lampe ist beim Pearl-Versand zum Preis von ca. 5,- € zu beziehen: www.pearl.de . Der edding 8280 Securitas UV-Marker ist im Zeitschriftenhandel erhältlich.

BLUT

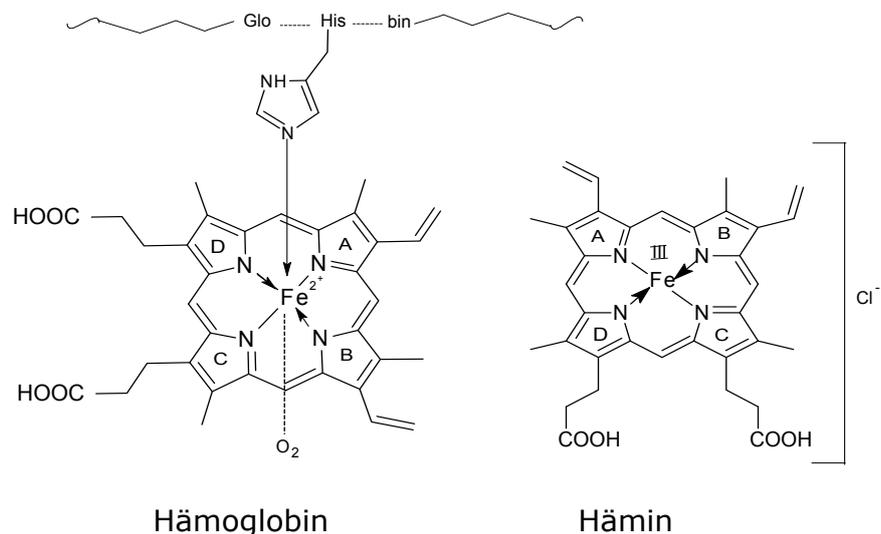
HÄMOGLOBIN-NACHWEIS (TEICHMANN-TEST, VARIANTE 1)

GRUNDLAGE

Hämoglobin ist der Farbstoff der roten Blutkörperchen. Er besteht aus der Farbkomponente Häm und aus der Eiweißkomponente Globin. Beide sind komplexartig miteinander verknüpft. Ein Hämoglobinmolekül enthält 4 Häme.

Ein Häm besteht aus einem modifiziertem Porphin-skelett mit einem gebundenen Eisen(II)-Ion. Dieses ist verantwortlich für den Sauerstofftransport im Blut. Pro Eisenatom wird 1 Molekül Sauerstoff ohne Änderung der Oxidationsstufe gebunden bzw. auch wieder abgegeben.

Das Häm lässt sich leicht zum Hämatin überführen, in dem das Eisen als Eisen(III)-Ion vorliegt. Der nachfolgende Teichmann-Test funktioniert auch mit mehreren hundert Jahren altem Blut. Es werden zwei Varianten vorgestellt.



ZEITBEDARF

30 min

GERÄTE

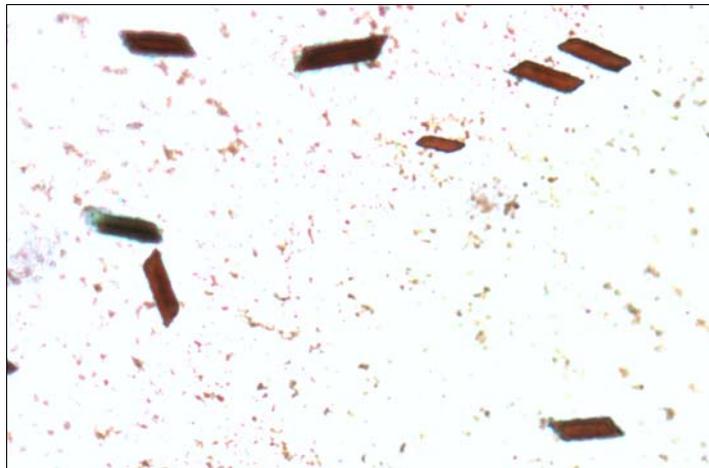
Mikroskop (Vergrößerung 500fach), Mörser mit Pistill, Brenner, Tropfpipette, Objektträger, Deckgläser, Spatel, Reagenzglasklammer

CHEMIKALIEN

Natriumchlorid, konz. Essigsäure, Schweineblut

SICHERHEITSHINWEISE Essigsäure (ätzend, C)

DURCHFÜHRUNG Einen Tropfen Blut auf einen Objektträger geben und mit einem zweiten Objektträger flach ausstreichen und trocknen lassen (5-10 Minuten). Parallel wird ein wenig (!) NaCl im Mörser fein zerrieben. Das getrocknete Blut wird mit Hilfe eines Objektträgers abgeschabt, auf einen sauberen Objektträger gegeben und mit einer Spur des gepulverten NaCl vermischt. Darauf gibt man zwei Tropfen konz. Essigsäure und deckt mit einem Deckglas ab. Anschließend wird der Objektträger (kann springen) mit der Klammer in die leuchteten Flamme gehalten und bis zum Aufkochen der Mischung erhitzt. Nach Erkalten des Objektträgers kann mikroskopiert werden. Man beginnt mit der kleinsten Vergrößerung und fährt den Objektträgertisch vorsichtig von unten bis zur Schärfe heran. Vorgang ggf. mit nächst größerem Objektiv wiederholen, bis man die Kristalle (s. Bild) erkennen kann.



(Quelle: Ifbz Chemie Frankfurt/M.;
 160-fache Vergrößerung mit Lichtmikroskop)

BEOBACHTUNG Unter dem Mikroskop erkennt man zunächst viele große Kristalle. Hierbei handelt es sich um nicht aufgelöste bzw. nicht abreagierte NaCl-Kristalle. Erst bei nächsthöherer Vergrößerung erkennt man dazwischen sehr viele feine, nadelförmige Kristalle. Diese sind dunkelbraun.

AUSWERTUNG Bei den Kristallen spricht man von Teichmannschen-Kristallen, in denen das Chlorid des Hämatins - das Hämin - vorliegt (Struktur s. o.).



ENTSORGUNG

Die gebrauchten Objektträger werden dem Hausmüll zugeführt.

HINWEISE

Beim Erhitzen kommt es aufgrund der Viskosität des Blutes schnell zu Siedeverzügen (Schutzbrille).

- Der Objektträger ist nicht für hohe Temperaturen geeignet, und kann bei zu starker Erwärmung springen (Schutzbrille).
- Versuch kann ohne Deckglas oder ersatzweise mit einem zweiten Objektträger durchgeführt werden.
- Zu viel NaCl überdeckt die Häm-in-Kristalle.
- Die Objektträger können beim Erhitzen einrußen.

BLUT HÄMOGLOBIN-NACHWEIS (TEICHMANN-TEST, VARIANTE 2)

<u>ZEITBEDARF</u>	20 min
<u>GERÄTE</u>	wie Variante 1, zusätzlich Messzylinder (10 mL), Reagenzglas
<u>CHEMIKALIEN</u>	wie Variante 1
<u>SICHERHEITSHINWEISE</u>	Essigsäure (ätzend, C)
<u>DURCHFÜHRUNG</u>	<p>2 mL Blut werden in ein Reagenzglas gegeben und mit einer Spur des gepulverten NaCl und 3 bis 4 Tropfen konz. Essigsäure versetzt und vermischt. Die Lösung wird über dem Brenner in der blauen Flamme vorsichtig zum Sieden erhitzt und etwa auf 2/3 der Ausgangsmenge eingengt.</p> <p>Nach dem Abkühlen gibt man einen Tropfen auf einen Objektträger und verstreicht ihn. Ist der Tropfen getrocknet (evtl. kurz über der leuchtenden Flamme erwärmen), kann mikroskopiert werden.</p> <p>Man beginnt mit der kleinsten Vergrößerung und fährt den Objektträgertisch vorsichtig von unten bis zur Schärfe heran. Vorgang ggf. mit nächst größerem Objektiv wiederholen, bis man die Kristalle (Bild s. o., Variante 1) erkennen kann.</p>
<u>BEOBACHTUNG</u>	Auch hier sind zunächst NaCl-Kristalle zu sehen, doch sind es hier deutlich weniger. Dazwischen erkennt man die rhombischen braunen Kristalle, deren Oberflächen teilweise bläulich erscheinen. Die Hämin-Kristalle sind weniger zahlreich, jedoch deutlich größer und somit besser zu erkennen.
<u>AUSWERTUNG</u>	Bei den Kristallen spricht man von Teichmannschen-Kristallen, in denen das Chlorid des Hämatins - das Hämin - vorliegt (Struktur s. o., Variante 1).
<u>ENTSORGUNG</u>	Die gebrauchten Objektträger werden dem Hausmüll zugeführt.

Hinweise: s. Variante 1

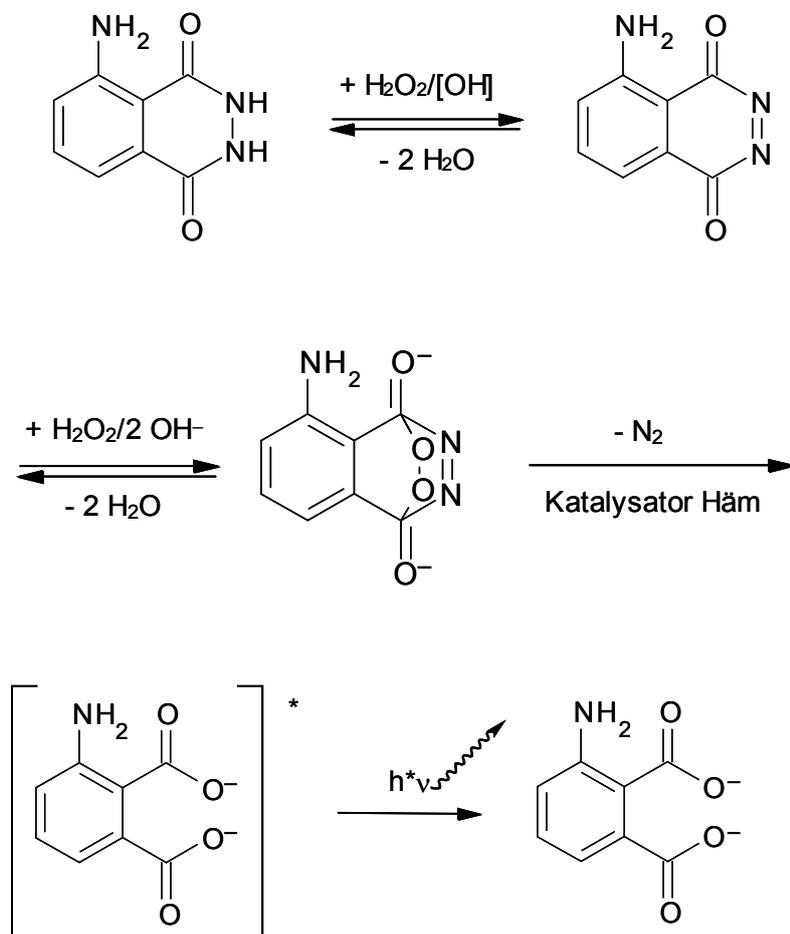
BLUT

BLUTSPURENNACHWEIS MIT LUMINOL

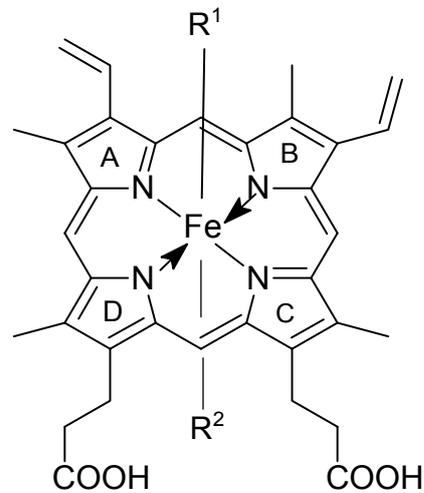
<u>GRUNDLAGE</u>	Ein schneller und charakteristischer Nachweis, selbst mit dem Auge nicht mehr sichtbarer Blutspuren, kann mit wässriger Luminol-Lösung erfolgen. Luminol zeigt mit Wasserstoffperoxid starke Chemolumineszenz. Vereinfacht dargestellt, handelt es sich in diesem Fall um Aussendung sichtbaren Lichts bei einer chemischen Reaktion, da chemische in elektronische Energie umgewandelt und auf einmal abgegeben wird. (Quelle: www.experimentalchemie.de)
<u>ZEITBEDARF</u>	30 min
<u>GERÄTE</u>	Becherglas (100 mL, 250 mL), Sprühflasche, zwei Baumwollstreifen, Messzylinder (10 mL), Spatel, Laborwaage, Einmal-Pipetten, Einmal-Handschuhe
<u>CHEMIKALIEN</u>	Luminol (5-Amino-2,3-dihydrophthalazin-1,4-dion), Natriumcarbonat, Wasserstoffperoxid (w = 30 %), Schweineblut, Ketchup
<u>SICHERHEITSHINWEISE</u>	Wasserstoffperoxid (ätzend, C), Natriumcarbonat (reizend, Xi)
<u>DURCHFÜHRUNG</u>	<p>Geben Sie auf einem Baumwollstreifen an einer Stelle einige Tropfen Schweineblut, auf einen anderen etwas Ketchup. Stellen Sie nun in einem 250 mL-Becherglas eine Luminol-Lösung wie folgt her:</p> <p>Es werden 0,1 g Luminol und 5 g Natriumcarbonat in 100 mL demin. Wasser gelöst und 15 mL Wasserstoffperoxid hinzugefügt.</p> <p>Dekantieren Sie diese Luminol-Lösung in eine Sprühflasche (so dass ungelöste Reste im Becherglas zurückbleiben) und besprühen Sie damit im Dunkeln die mit Blut bzw. Ketchup verunreinigten Baumwollstreifen. Beobachten Sie und wiederholen Sie ggf. den Vorgang.</p>
<u>BEOBACHTUNG</u>	Nach dem Besprühen des mit Blut verunreinigten Baumwollstreifens mit der Luminol-Lösung leuchtet dieser kurz auf. Der Vorgang ist mehrfach wiederholbar. Der mit Ketchup versehene Baumwollstreifen zeigt keine Reaktion.

AUSWERTUNG

Luminol wird unter Einwirkung von Wasserstoffperoxid in alkalischer Lösung zum Diazachinon oxidiert. Im weiteren Verlauf kommt es zur Oxidation zu einem Peroxodianion. Nach Abspaltung eines Stickstoff-Moleküls aufgrund der katalysierenden Wirkung des im Blut enthaltenen Protoferrohäms bildet sich das Aminophthalsäuredianion in einem angeregten Zustand. Durch Abgabe von Lichtenergie wird der energetische Grundzustand wieder erreicht.



Reaktion von Luminol-Lösung mit Blut (in Gegenwart von Wasserstoffperoxid)



Häm (i.e.S. Protoferrohäm - Eisen(II)-Komplex des Protoporphyrins)

ENTSORGUNG

Reste der Luminol-Lösung werden mit verdünnter Salzsäure neutralisiert und über das Abwasser entsorgt.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-No Derivative Works 3.0 Unported License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> or send a letter to Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.