

Max-Ernst-Gymnasium Brühl

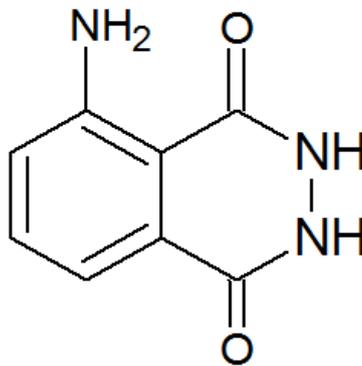
Schuljahr 2017/2018

LK Chemie Q1.2

Frau Kamecke

Wir kriegen dich!

Der Nachweis von Blut mit Luminol



Facharbeit

von

Christian Trimborn

Brühl

Abgabe am 19. März 2018

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Protokoll des Versuchs	4
2.1 Geräte und Chemikalien	4
2.2 Hypothese	5
2.3 Durchführung	5
2.4 Beobachtung	6
2.5 Auswertung	8
2.6 Fehlerbetrachtung	10
3. Fazit	11
4. Literaturverzeichnis	13
5. Anhang	14
6. Selbstständigkeitserklärung	15

1. Einleitung

In meiner Facharbeit beschäftige ich mich mit dem Nachweis von Blut mithilfe von Luminol (5-Amino-2,3-dihydrophthalazin-1,4-dion) und den Auswirkungen verschiedener Faktoren auf den Versuch, wie dem Reinigen der Oberflächen mit verschiedenen Reinigungsmitteln oder dem Einfluss metallischer Oberflächen. Um diese Auswirkungen zu untersuchen, habe ich eine Versuchsreihe durchgeführt.

Luminol wurde erstmals 1902 von A. J. Schmitz synthetisiert, jedoch erkannte man damals nur die blaue Fluoreszenz des Stoffes in saurer Lösung. Die Chemolumineszenz, welche in alkalischer Lösung auftritt, wurde erstmals von W. Lommel entdeckt. Publiziert wurde diese Entdeckung allerdings erst später von H. O. Albrecht.^{1,2}

Bei der Synthese von Luminol kann im ersten Schritt durch die Nitrierung, das heißt durch Einführen einer Nitrogruppe (-NO₂), von Phthalsäure, einer Carbonsäure, 3-Nitrophthalsäure hergestellt werden. Setzt man diese mit Hydrazin, einer anorganischen chemischen Verbindung (N₂H₄), zu 3-Nitrophthalsäurehydrazid um, kann man dieses anschließend mit Natriumdithionit (Na₂S₂O₄), welches ein starkes Reduktionsmittel ist, zu Luminol reduzieren³.

Luminol kann man als meist schwach gelbes kristallines Pulver kaufen. Der Stoff ist sowohl in organischen Lösungsmitteln als auch in alkalischen sowie sauren wässrigen Lösungen löslich. Mischt man den Stoff in alkalischer Lösung mit dem Oxidationsmittel Wasserstoffperoxid in Gegenwart von Katalysatoren (zum Beispiel Schwermetall-Komplexen), so kann man eine starke Chemolumineszenz beobachten.⁴

In der Kriminalistik wird Luminol zum Nachweis von Blutspuren verwendet, wobei die meisten Versuchsvorschriften beschreiben, dass man dafür zwei Lösungen benötigt. Eine enthält in Natronlauge gelöstes Luminol und die andere verdünntes Wasserstoffperoxid. Da diese vermischt langsam abreagieren, mischt man sie erst kurz vor Verwendung zusammen. In meiner Versuchsreihe orientiere ich mich jedoch an den Angaben von M. Benecke, welcher in seiner Versuchsvorschrift auch in Natronlauge gelöstes Luminol und

¹Vgl. http://kaltes-licht.fsla.at/chemolumineszenz/frame_rechts_chemo_luminol.htm

²Vgl. <http://www.chemie.uni-jena.de/institute/oc/weiss/Luminol.htm>

³Vgl. <http://www.chemie.de/lexikon/Luminol.html>

⁴Vgl. http://www.seilnacht.com/Chemie/ch_lumin.html

verdünntes Wasserstoffperoxid verwendet, zusätzlich aber als dritte Lösung 0,4 molare Natronlauge nimmt und diese drei Lösungen im Verhältnis 1:1:1 mischt.⁵ Er löst das Luminol nur in 6,2 ml Natronlauge, da sich so mit der Formel $n = \frac{m}{M}$ sowohl für das Luminol als auch für das Natriumhydroxid eine Stoffmenge von ca. 1,98mmol wodurch die Lösung länger haltbar wird, da es keinen Überschuss an Hydroxid-Ionen gibt.

Mit den unten stehenden Versuchen wollte ich überprüfen, ob und auf welchen Oberflächen, beziehungsweise trotz welcher Reinigungsversuche Blut mit Luminol nachzuweisen ist. Um die Nachweisbarkeit von Blut auf glatten sowie auf rauen Oberflächen zu testen, habe ich eine Fliese verwendet, da die Vorderseite glatt und die Rückseite porös ist. Da die glatte Seite der Fliese jedoch durch Staub, Kratzer und andere Verunreinigungen nicht ganz meinen persönlichen Anforderungen entsprach, habe ich zusätzlich noch einen Objektträger aus Glas als glatte Oberfläche verwendet. Mit der Eisen- und Kupferplatte wollte ich den Einfluss von elementaren Schwermetallen und deren Oxidschichten auf den Versuch untersuchen, da bei einem positiven Ergebnis der Beweis hinfällig wäre, sobald die Chemolumineszenz auf zum Beispiel Werkzeugen aus Eisen oder auf Kupferrohren zu beobachten ist. Das Stück Stoff sollte dazu dienen, die Nachweisbarkeit des Bluts in Textilien zu überprüfen, da die Textilfasern das Blut vermutlich aufnehmen.

Laut Berichten der Kriminaltechnik der Polizei in Rostock⁶ soll das Geschirrspülmittel "Fit" sich insofern auf die Reaktion auswirken, dass die zu beobachtende Chemolumineszenz sowohl verstärkt als auch verkürzt wird.

2. Protokoll des Versuchs

2.1 Geräte und Chemikalien:

Blut, Luminol (5-Amino-2,3-dihydrophthalazin-1,4-dion), destilliertes Wasser, Natriumhydroxid, Wasserstoffperoxid (5 %), Stück Stoff, Glasplatte, Fliese, Eisenplatte, Kupferplatte, Seife, Scheuermilch, Reinigungsalkohol, Spülmittel "Fit" (fit GMBH,

⁵Vgl. <http://home.benecke.com/publications/2013/8/24/wirkung-des-splmittels-fit-auf-die-luminol-fluoreszenz>

⁶Vgl. ebd.

Hirschfelde), Sprühflasche.

2.2 Hypothese:

Ich vermute, dass beim Kontakt der Reagenzien mit dem Blut ein blaues Leuchten zu sehen sein wird, da die ablaufende Reaktion zwischen Wasserstoffperoxid und dem Luminol durch die komplexgebundenen Eisen-Ionen im Hämoglobin katalysiert wird. Des weiteren denke ich, dass man mit der Scheuermilch die besten Chancen hat, die Fliese vollständig von dem Blut zu reinigen, da kleine scheuernde Bestandteile vorhanden sind, welche unter Umständen das Blut "abschmirgeln".

Vermutlich wird das Blut am schlechtesten auf der Fliese beziehungsweise dem Objektträger nachzuweisen sein, da hier die Oberflächen am glattesten sind. Der Stoff jedoch wird, meiner Hypothese nach, am schwierigsten zu reinigen sein, da die Fasern das Blut wahrscheinlich gut aufsaugen, was man im Alltag bei Blutflecken in der Kleidung beobachten kann.

Die Eisen- und Kupferplatten könnten einen Einfluss auf die Reaktion haben, jedoch denke ich, dass diese nicht allzu stark sein werden, da der Nachweis von Blut mit Luminol von der Polizei vermutlich auf die Fehleranfälligkeit geprüft wurde. Dennoch ist ein möglicher Einfluss nicht auszuschließen.

Das Spülmittel "Fit" sollte eine Verstärkung des Leuchtens verursachen, da durch den von M. Benecke beschriebenen "Detergens-Effekt"⁷ das Hämoglobin im Blut durch "Durchlöcherung"⁸ der Zellwände und die Denaturierung der Proteine leichter für die Reaktion erreichbar sind.

2.3 Durchführung:

Zum Herstellen der Stammlösungen habe ich zuerst 0,8 g Natriumhydroxid (NaOH) in 50 ml destilliertem Wasser gelöst, um eine 0,4 molare Natronlauge herzustellen. Als Nächstes habe ich 0,35 g Luminol (C₈H₇N₃O₂) in 6,2 ml der zuvor hergestellten Natronlauge gelöst und auch diese mit destilliertem Wasser auf 50 ml aufgefüllt. Im dritten Schritt habe ich 50 ml Wasserstoffperoxid (H₂O₂) abgemessen.⁹

Um die Reagenzien zu überprüfen, habe ich am selben Tag nur 2 ml jeder Lösung

⁷<http://home.benecke.com/publications/2013/8/24/wirkung-des-splmittels-fit-auf-die-luminol-fluoreszenz>

⁸Ebd.

⁹Vgl. ebd.

abgemessen und in einem Becherglas zusammengegeben, ein wenig Blut genommen, auf eine Fliese gegeben und anschließend mit einer Tropfpipette etwas von der Mischung auf den Blutfleck gegeben, um zu testen, ob eine Reaktion erkennbar ist. Da ein deutliches Leuchten zu sehen war, habe ich die Lösungen später für die Versuche verwendet. Damit ich überprüfen kann, ob es einen Unterschied zwischen frischen Blutflecken, die weggewischt wurden, und bereits angetrockneten Blutflecken gibt, habe ich bereits einige Tropfen Blut auf die glatte und die raue Seite der Fliese, sowie den Objektträger und die Eisen- und Kupferplatte gegeben.

Am nächsten Tag habe ich versucht, jeweils ein Drittel der Platte mit normaler Handseife, Scheuermilch und Spiritus zu reinigen. Anschließend habe ich die anderen Bereiche abgedeckt und immer nur ein Drittel der Fliese gleichzeitig mit der Luminol-Mischung besprüht.

Den Fleck auf der Rückseite der Fliese habe ich mit Seife wegzuwischen versucht, und die Flecken auf der Glasplatte und Eisen- beziehungsweise Kupferplatte habe ich dort gelassen. Auf den Stofffetzen habe ich vier Blutflecken gemacht und anschließend mit Vollwaschmittel und kaltem Wasser per Hand gereinigt.

Nach der Versuchsreihe habe ich an den unteren Rand, auf der flachen Seite, der Fliese drei Tropfen Blut gegeben und diese direkt, ohne sie antrocknen zu lassen, zuerst mit einem Papiertuch abgewischt und danach je einen Fleck mit einem der drei Reinigungsmittel gesäubert.

2.4 Beobachtung:

Bei der Überprüfung der Reagenzien konnte ein deutliches Leuchten beobachtet werden, welches unmittelbar nach Kontakt des Bluts mit der Mischung auftrat. Des Weiteren konnte die Entwicklung eines weißen Schaums beobachtet werden.

Nachdem die Oberflächen/Materialien mit den jeweiligen Reinigungsmitteln gesäubert wurden, konnte mit dem bloßen Auge kein Blutfleck mehr beobachtet werden.

Bei dem mit Alkohol gereinigten Drittel der Fliese konnte nach dem Besprühen mit der Luminol-Lösung ein klares blaues Leuchten erkannt werden, jedoch waren einzelne Flecken zu sehen, welche stärker leuchteten als die Flächen dazwischen. In den Zwischenräumen konnte ein blaues Leuchten beobachtet werden, auch an Stellen, an denen zuvor kein Blut tropfen war. Dieses Leuchten war allerdings



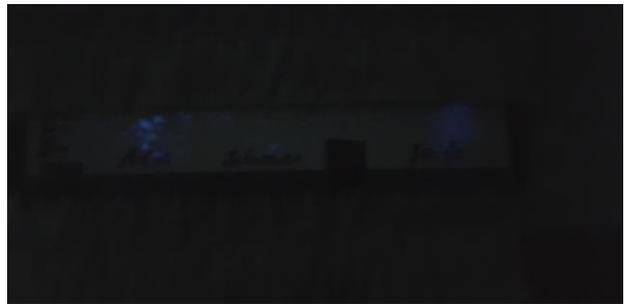
relativ schwach. Ähnlich sah es bei dem Drittel aus, welches mit der Handseife gereinigt wurde, da auch hier einzelne

(Mit Scheuermilch gereinigte Stelle)

Flecken zu sehen waren. Jedoch war hier in den Zwischenräumen kein Leuchten zu erkennen. Anders verhielt es sich bei dem Stück, das mit der Scheuermilch behandelt wurde. Hier waren nicht so viele Punkte zu sehen, das Leuchten verteilte sich jedoch weiter auf der Fläche.

Auf der porösen Rückseite der Fliese war ein starkes blaues Leuchten zu beobachten.

Auf die drei Stellen am unteren Plattenrand, wurden drei frische Blutropfen gegeben und diese jeweils mit einem der Reinigungsmittel gereinigt. Wie bei den angetrockneten Blutspuren, welche mit Alkohol behandelt wurden, waren an einigen Stelle Flecken zu sehen. Bei dem Drittel, welches mit der Seife gereinigt wurde, konnte eine relativ groß verschmierte Fläche, welche dann mit



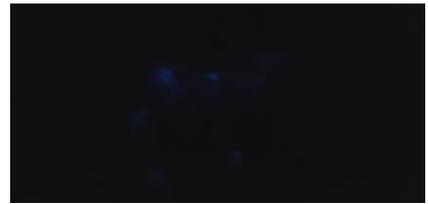
der Mischung reagierte und somit leuchtete, festgestellt werden. An der Stelle, an der der Blutfleck mit Scheuermilch weggewischt wurde, war kaum ein Leuchten sichtbar, außer einer kleinen Stelle, welche blau geleuchtet hat.

(links Alkohol, in der Mitte Scheuermilch, rechts Seife)

Auf der Eisenplatte war außer an der Stelle, an welcher der Blutfleck war, kein Leuchten zu erkennen. Auch auf der Rückseite der Platte konnte keine Reaktion festgestellt werden. Bei der Kupferplatte verhielt es sich ein bisschen anders, da hier auf der Vorderseite auch kein Leuchten außerhalb der Stelle des Blutflecks zu sehen war. Das Besondere war allerdings, dass auf der Rückseite der Platte ein blaues Leuchten auftrat, welches mit der Lösung die Platte hinunterlief. Auf dem Rest der Platte konnte jedoch kein Leuchten festgestellt werden.

Als der Objektträger mit der Mischung besprüht wurde, hat die Lösung geleuchtet, bei Schräghalten floss diese von dem Objektträger und es war nur noch ein Leuchten an der unteren Ecke zu erahnen, während die Stelle, an der der Blutfleck war auch bei erneutem Besprühen nicht reagierte.

Auf dem Stück Stoff war nach dem Besprühen mit der Lösung an einigen Stellen ein blaues Leuchten zu erkennen, auch an Stellen, an denen zuvor kein Blut aufgetragen wurde.



(Leuchten auf dem Stoff)

Bei dem Vergleich zwischen der "normalen" Lösung und der mit dem Geschirrspül-mittel "Fit" war kein erkennbarer Unterschied festzustellen.



(Links Leuchten der "normalen" Lösung rechts Lösung mit "Fit")

Bei mehrfachem Besprühen der Fliese erkannt werden, wie sich die Flüssigkeit bewegte, und das blaue Leuchten "mit sich riss".

2.5 Auswertung:

Luminol (1) wird in alkalischer Lösung unter der Zugabe von Wasserstoffperoxid zunächst zum Diazachinon (2) oxidiert. In einem weiteren Schritt oxidiert dieses zu einem Peroxodianion (3). Unter Abgabe molekularen Stickstoffs entsteht hieraus das Aminophthalsäuredianion (4), welches sich in einem angeregten Zustand befindet. Diese Reaktion wird durch den im Blut vorhandenen Farbstoff Hämoglobin, genauer durch das darin enthaltene Protohäm, katalysiert. Das Aminophthalsäuredianion erreicht seinen energetischen Grundzustand durch die Abgabe von Licht (5)¹⁰. In dem Fall von Luminol wird ein Photon emittiert, welches im blauen Teil des Lichtspektrums anzusiedeln ist (siehe Anhang).

Bei der Überprüfung der Mischung waren, wie oben beschrieben, ein blaues Leuchten sowie eine Bläschenbildung zu beobachten. Das blaue Leuchten kommt durch die oben stehende Reaktion zustande, während die Bläschen vermutlich durch überschüssiges Wasserstoffperoxid verursacht werden, da der Mensch über einen Schutzmechanismus verfügt, welcher den Körper vor der toxischen Wirkung des Wasserstoffperoxids schützt. Dies geschieht durch das Enzym Katalase, welches das Wasserstoffperoxid zu Wasser

¹⁰Vgl. <http://www.experimentalchemie.de/versuch-042.htm>

und molekularem Sauerstoff umsetzt.¹¹ Da im Blut vermutlich auch das Katalase-Enzym vorhanden ist, denke ich, dass die Bläschenbildung durch die Zersetzung von H_2O_2 zu Sauerstoff und Wasser zustande kommt.

Die Beobachtung, welche ich bei dem mit Spiritus gereinigten Drittel gemacht habe, erkläre ich mir damit, dass der größte Teil des Blutes weggewischt war, ich die Platte jedoch nicht komplett gereinigt bekommen habe, wodurch immer noch ein dünner Blutfilm auf der Platte vorhanden war. Da bereits kleinste Mengen an Hämoglobin ausreichen, um die Reaktion vom Peroxodianion zum Aminophthalsäuredianion zu katalysieren, ist auch hier ein Leuchten zu erkennen.

Ähnliches vermute ich bei der Seife, welche auch nicht geeignet scheint, das Hämoglobin aus den feinen Poren der Vorder - sowie den groben Poren der Rückseite der Fliese vollständig zu entfernen, da auch hier eindeutig leuchtende Flecken an den Stellen zu erkennen sind, an denen zuvor Blut war.

Anders verhält es sich bei dem Teil, welchen ich mit der Scheuermilch gereinigt habe. Hier haben vermutlich die feinen Scheuerpartikel das Blut besser aus den Poren entfernt, jedoch blieben diese danach in den benachbarten Poren hängen, wodurch sich das verschmierte Muster ergab.

Bei den frischen Blutflecken gehe ich davon aus, dass die Scheuermilch die besten Ergebnisse erzielt hat, da hier das Blut nur kurz Zeit hatte, anzutrocknen, weshalb die einzelnen Bestandteile nicht so fest in den Poren der Fliese saßen, wie sie es nach dem Trocknen getan haben. Hier reichte der Alkohol jedoch wieder nicht aus, um das Hämoglobin vollständig von der Platte zu entfernen. Die Seife erzielte hierbei bereits bessere Ergebnisse, da hier nicht mehr so eindeutige Flecken zu erkennen waren wie bei dem Alkohol. Bei der Reinigung mit der Scheuermilch haben die Scheuerpartikel vermutlich ausgereicht, das Hämoglobin zu lösen und stellenweise so weit zu verteilen, dass nur in der rechten unteren Ecke ein kleiner, verschmierter Blutfleck zu erkennen war.

Die Eisenplatte zeigte keinen Einfluss auf die Reaktion, was vermutlich daran liegt, dass das Eisen nicht in einem Komplex gebunden ist, wie zum Beispiel bei Hämoglobin oder dem häufig verwendeten Kaliumhexacyanoferrat(III).

Bei der Kupferplatte war außerhalb des Bereiches mit dem Blutfleck kein blaues

¹¹Vgl. <http://www.chemie.de/lexikon/Katalase.html>

Leuchten zu erkennen. Ich vermute, dass das Leuchten auf der Rückseite durch verschmiertes Blut oder durch verschmierte Lösung zustande kam, da nur ein kleiner Teil geleuchtet hat und dieses Leuchten auch mit der Lösung von der Platte lief.

Bei der Glasplatte hat sich der Blutropfen in der Mischung gelöst, weshalb er heruntergetropft ist. Das leichte blaue Leuchten war trotzdem zu erkennen, da bei Kippen das Licht, welches von dem Tropfen in der unteren Ecke ausging in der Glasplatte gespiegelt wurde und somit auch weiter oben zu sehen war.

Bei dem Stück Stoff vermute ich, dass das Blut durch das Aneinanderreiben des Stoffes an Stellen gelangt ist, an denen es zuvor nicht gewesen ist. Da es ein alter Lapen war, könnte auch schon einmal Blut damit aufgewischt worden sein.

Trotz der laut M. Benecke auftretenden Verstärkung der Chemolumineszenz¹² konnte bei meinem Experiment keine eindeutige Veränderung des Leuchtverhaltens beobachtet werden, der von M. Benecke beschriebene Effekt trat also nicht ein und die von ihm geäußerte Vermutung, dass diese Verstärkung durch den "Detergens-Effekt"¹³ eintritt, konnte ich in meiner Versuchsreihe nicht bestätigen.

2.6 Fehlerbetrachtung:

Da ich bei einem Metzger nach Tierblut gefragt habe und er mir zugesagt hat, er würde es mir vor dem Experiment bereitstellen, dies jedoch nicht getan hat, war ich darauf angewiesen, mir Blut abnehmen zu lassen. Da beim Blutabnehmen für medizinische Labore Antikoagulanzen (Gerinnungshemmer) wie EDTA, Citrat, etc. eingesetzt werden, wurde das Experiment eventuell beeinflusst, da zum einen das Blut nicht geronnen ist, sondern nur antrocknete, und die Chemikalien, die dem Blut zugeführt wurden, unter Umständen einen Einfluss auf die Reaktion hatten. Somit wäre der Versuch mit dem Objektträger vielleicht anders verlaufen, wäre das Blut geronnen und nicht nur angetrocknet gewesen, da sich geronnenes Blut sich vermutlich nicht so leicht wieder gelöst hätte. Daher würde ich vermuten, dass man die Blutspuren besser sieht, wenn diese geronnen sind und gerade auf Glas das Blut sich nicht löst und anschließend mit der Lösung herunterläuft. Aufgrund dieses Lösungsvorgangs des Bluts in der Mischung konnte man auch bei mehrfachem Sprühen eine Bewegung der leuchtenden Flüssigkeit

¹²Vgl. <http://home.benecke.com/publications/2013/8/24/wirkung-des-splmittels-fit-auf-die-luminol-fluoreszenz>

¹³Ebd.

erkennen, welche unter Umständen die "Fleckbildung" verursacht hat.

3. Fazit

Die Versuchsreihe hat gezeigt, dass die geringsten Überreste an Blut ausreichen, die Reaktion, welche zwischen Luminol und Wasserstoffperoxid stattfindet, zu katalysieren und somit die Mischung zum Leuchten zu bringen. Die benötigte Menge ist dabei so gering, dass man Blut von Oberflächen mit normalen Haushaltsmitteln wie Handseife, Scheuermilch oder Spiritus nicht so weit entfernen kann, dass die Blutspuren nicht mehr nachweisbar sind. Auch aus Textilien ist das Blut kaum so zu entfernen, dass es nicht mehr reagiert. Die Versuche mit der Eisen- und Kupferplatte haben gezeigt, dass der Nachweis des Bluts auch auf metallischen Oberflächen, wie sie zum Beispiel im Badezimmer vorkommen, funktioniert. Im Badezimmer könnten es zum Beispiel Rohre aus Kupfer sein, oder in der Küche Töpfe aus Eisen.

Es war mit den von mir ausgewählten Mitteln nicht möglich, die Blutspuren vollständig zu entfernen, sodass diese nicht mehr nachweisbar sind. Also würde auf den ersten Blick alles dafür sprechen, dass die Nachweisreaktion von Blut mit Luminol äußerst geeignet ist, um Blutspuren eindeutig nachzuweisen. Bei dem Einsatz dieser Methode konnte ich keine Auswirkung des Spülmittels "Fit" feststellen, da durch die Verwendung des getrockneten Blutes dieses sich vermutlich so gut gelöst hat, dass keine weitere Verstärkung durch den "Detergens-Effekt"¹⁴ möglich beziehungsweise nötig war.

Jedoch gibt es auch einige Einschränkungen, da zwar nur Blut und keine anderen Körperflüssigkeiten reagieren, jedoch denke ich, dass es zu einem "Fehlalarm" kommen kann, wenn geringe Mengen an Blut beispielsweise im Urin vorhanden sind, welche dann auch nachgewiesen werden können.

Da man nicht sagen kann, ob es menschliches oder tierisches Blut ist, welches bei einer positiven Reaktion nachgewiesen wurde, werden hier weitere Maßnahmen benötigt, die zum einen die Herkunft durch eine DNA-Untersuchung klären und zum anderen das Alter des Blutes bestimmen. Leitet man diese weiteren Maßnahmen nicht ein, so können auch

¹⁴Vgl. <http://home.benecke.com/publications/2013/8/24/wirkung-des-splmittels-fit-auf-die-luminol-fluoreszenz>

alte Blutspuren, welche eventuell noch vom Vorbesitzer des Hauses etc. stammen, zu einer Belastung eines Unschuldigen führen. Zum anderen wird es überall dort schwierig, wo mit Fleisch gearbeitet wird beziehungsweise in Laboren, in welchen Reste von Kaliumhexacyanoferrat(III) vorhanden sein können.

Auch ist der Nachweis unbrauchbar, wenn der Raum nicht genügend verdunkelt werden kann, da das Leuchten sehr schwach ist und sich die Räume meist nicht gut abdunkeln lassen. Gute Bedingungen für den Nachweis herrschen meist nur im Labor. Vergleicht man den Nachweis mit Luminol jedoch mit anderen Schnelltests, so zeigt Luminol eine deutlich höhere Empfindlichkeit und Genauigkeit. Jedoch zeigt eine Veröffentlichung von Quickenden et al., dass auch bei Luminol keine 100%ige Sicherheit herrscht, da laut dieser auch einige Lösungen, wie sie zum Beispiel in Lebensmitteln, Oberflächen und im Haushalt oder Industrie verwendet werden, eine von Blut nicht zu unterscheidene Chemolumineszenz aufweisen.¹⁵

4. Literaturverzeichnis

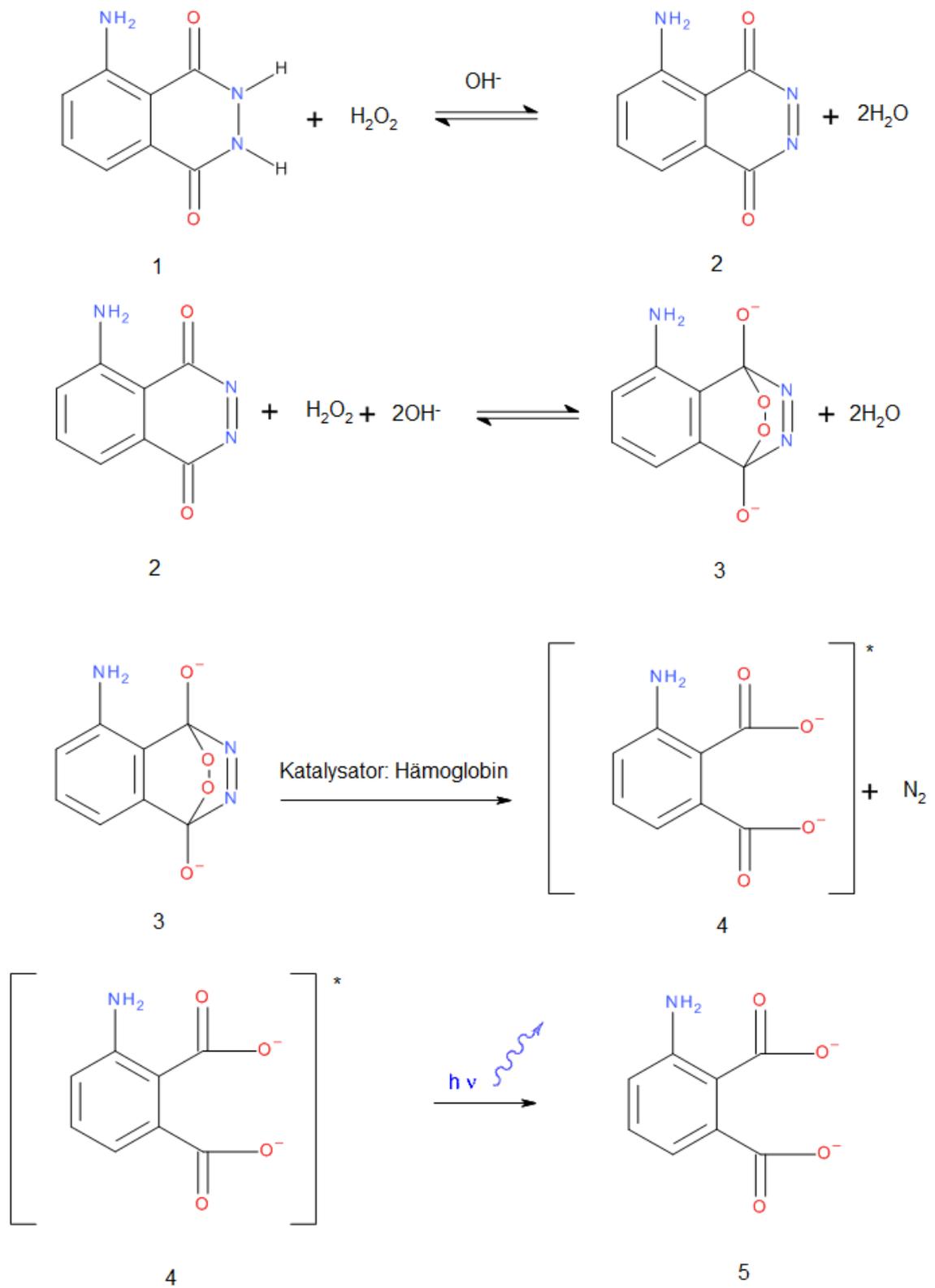
- Benecke, Mark: "Wirkung des Spülmittels "Fit" auf die Luminol-Fluoreszenz" in: Internetseite Benecke, 25.08.2013, URL: <http://home.benecke.com/publications/2013/8/24/wirkung-des-splmittels-fit-auf-die-luminol-fluoreszenz> (letzter Zugriff am 14.03.2018)
- Vogel, Mark Patrick: "Nachweis forensisch relevanter Spuren mit Hilfe der Lichtquelle Superlite 400" in: Internetseite Uni-Muenchen, 2008, URL: https://edoc.ub.unimuenchen.de/8621/1/Vogel_Mark.pdf, S.47 (letzter Zugriff am 14.03.2018)
- Weiß, Dieter: "Chemilumineszenz mit Luminol" in: Internetseite Uni-Jena, URL: <http://www.chemie.uni-jena.de/institute/oc/weiss/Luminol.htm> (letzter Zugriff am 10.03.2018)
- Wich, Peter: "Forensik - Leuchtendes Blut " in: Internetseite Experimentalchemie, 2002, URL: <http://www.experimentalchemie.de/versuch-042.htm> (letzter Zugriff

¹⁵Vgl. https://edoc.ub.uni-muenchen.de/8621/1/Vogel_Mark.pdf

am 04.03.2018)

- o.V.: "Luminol $C_8H_7N_3O_2$ " in: Internetseite Seilnacht, URL:
http://www.seilnacht.com/Chemie/ch_lumin.html (letzter Zugriff am
27.02.2018)
- o.V.: "Das Luminol und seine Derivate als Chemolumineszenzsysteme" in: Internetseite
kaltes-licht, 2004, URL: [http://kaltes-
licht.fsla.at/chemolumineszenz/frame_rechts_chemo_luminol.htm](http://kaltes-licht.fsla.at/chemolumineszenz/frame_rechts_chemo_luminol.htm) (letzter
Zugriff am 05.03.2018)
- o.V.: "Luminol" in: Internetseite Chemie, URL:
<http://www.chemie.de/lexikon/Luminol.html> (letzter Zugriff am 14.03.2018)
- o.V.: "Katalase" in: Internetseite Chemie, URL:
<http://www.chemie.de/lexikon/Katalase.html> (letzter Zugriff am 14.03.2018)

5. Anhang



Vgl. <http://www.experimentalchemie.de/versuch-042.htm>

6. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt und dass ich die Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Datum

Unterschrift