Silverberg Gymnasium Bedburg
Eichendorffstraße 1
50181 Bedburg

Schuljahr:	2007/2008
Jahrgangsstufe:	12.2
Fach:	Chemie GK
Fachlehrer:	Herr Engel

Die Wirkungsweise von "Tintenlöschern"

Warum lässt sich blaue Tinte löschen, schwarze aber nicht?

Verfasser:
Michael Schiffer
Fliederweg 52
50189 Elsdorf

Abgabetermin: 03.03.2008

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 3

2 Hauptteil 4

2.1 Informationen zu Tinte und „Tintenlöscher“ 4

2.1.1 Tinte 4

2.1.2 „Tintenlöscher“ 6

2.2 Theoretische Beantwortung der Leitfrage 7

2.2.1 Die Tinte bleibt schwarz 8

2.2.2 Die Tinte wird gelb 8

2.2.3 Zwischenfazit 9

2.3 Chromatographie 10

2.3.1 Dünnschichtchromatographie 10

2.3.2 Schwarze Tinten im Vergleich 11

2.3.3 Wirkung des „Tintenlöschers“ auf die Bestandteile 12

3 Fazit 14

4 Anhang

4.1 Quellenverzeichnis 15

4.2 Darstellungsverzeichnis 15

5 Erklärung 16

1 Einleitung

Das Phänomen, dass sich die blaue Tinte aus Füllfederhaltern mit einem sogenannten „Tintenlöscher“ löschen lässt, die schwarze Tinte jedoch nicht, beschäftigt die Schüler schon seit der Erfindung des „Tintenlöschers“. Irgendwann während seiner schulischen Laufbahn stellt sich ein jeder Schüler eben diese Frage. In den meisten Fällen reicht jedoch das Interesse an diesem Phänomen nicht so weit, dass sich der Schüler informiert, oder aber der interessierte Schüler findet keine Antwort und vergisst die Frage dann wieder.

Diese Facharbeit beschäftigt sich also mit dieser meist unbeantworteten Frage und versucht eine Antwort zu finden.

Zu Beginn dieser Arbeit wird der Aufbau des blauen Farbstoffes und die Funktion und Wirkungsweise des „Tintenlöschers“ näher beleuchtet, um so die Grundlage für eine Beantwortung der Leitfrage zu schaffen.

Dabei soll im Verlauf dieser Arbeit nicht nur theoretisch beantwortet werden, warum dieses Phänomen auftritt, sondern mit Hilfe der Dünnschichtchromatographie soll weiterhin die Zusammensetzung der schwarzen Tinte aus verschiedenen Farbstoffen untersucht werden. Es gibt sowohl die Annahme, schwarze Tinte werde gelb, wenn man versucht sie zu „löschen“, als auch die Annahme, sie bleibe schwarz. Beide Annahmen sollen in dieser Arbeit geprüft werden.

2 Hauptteil

2.1 Informationen zu Tinte und „Tintenlöscher“

2.1.1 Tinte

Die unter Schülern üblicherweise verwendete blaue Tinte ist in den meisten Fällen eines der beiden gängigsten Produkte von Lamy oder Pelikan. Die sogenannte königsblaue Tinte beider Hersteller lässt sich mit einem herkömmlichen „Tintenlöschstift“ „löschen“.
In chemischer Hinsicht ist die königsblaue Tinte ein Gemisch[1] aus einigen Substanzen, die die Verschreibbarkeit der Tinte erleichtern, sowie ein Austrocknen verhindern. Solche sind Glycerin, Glykol, Zucker und einige Konservierungsmittel, die jedoch keine Auswirkung auf die Farbe haben. Der interessante Inhaltsstoff der Tinte basiert auf Triphenylmethan[2], einem wasserlöslichen, zunächst annähernd farblosen Stoff. Dieser kann jedoch durch eine chemische Reaktion so angeregt werden, dass er Teile des Farbspektrums adsorbiert, d.h. nicht reflektiert und so sichtbar, also blau, wird.

Die fast farblose Ausgangsbasis, welche auch Leukobase genannt wird, muss in einem sauren Umfeld oxidiert werden. Dem Triphenylmethan werden in saurer, also H^+-Ionen-haltiger, Lösung Elektronen entzogen.

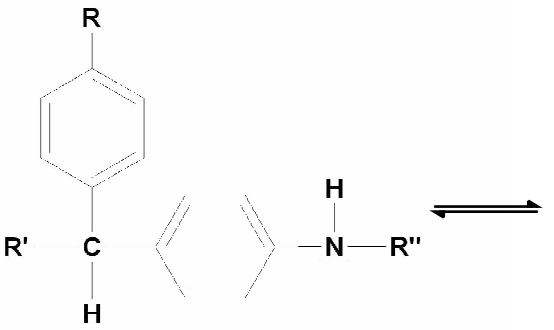


Abbildung 1: farblose Leukobase

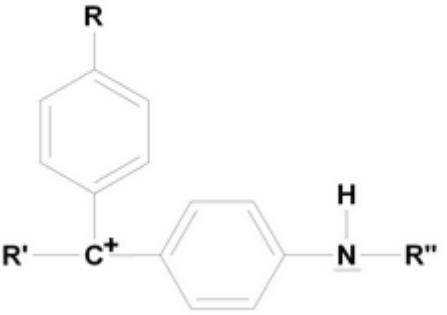


Abbildung 2: "königsblaues" Molekül

$$4\ \text{Leukobasen} + O_2 + 4\ H^+ \rightleftharpoons 4\ \text{Farbstoffmoleküle} + 4\ H_2O$$

In der oben abgebildeten Reaktion[3] reagiert der Sauerstoff mit einem H^+-Ion aus der Leukobase und einem H^+-Ion aus der sauren Lösung zu Wasser. Das benötigte

[1] vgl. [Pel_3.1]
[2] vgl. [Pel_3.1]
[3] vgl. [Pel_5]

Elektronenpaar wird dem Kohlenstoffatom zwischen den Ringen der Leukobase entzogen, wodurch dieses positiv geladen ist. Das ganze findet in saurer Lösung statt, um das Reaktionsgleichgewicht[4], zwecks größerer Gewinnung, auf die Produktseite zu verschieben.

Jetzt kommt der Effekt der Mesomerie[5] zum Tragen, der letztendlich für die Farbe des Moleküls verantwortlich ist. Dieser Effekt entsteht, wenn sich die Struktur eines Moleküls nicht durch eine Strukturformel allein darstellen lässt. Dies ist zum Beispiel beim Benzol der Fall. Es gibt weder die links noch die in der Mitte abgebildete Formel, sondern die „Realität“ liegt dazwischen. Man geht also davon aus, dass die Bindungen hin und her klappen bzw. man stellt es als Elektronenring dar (siehe rechts):

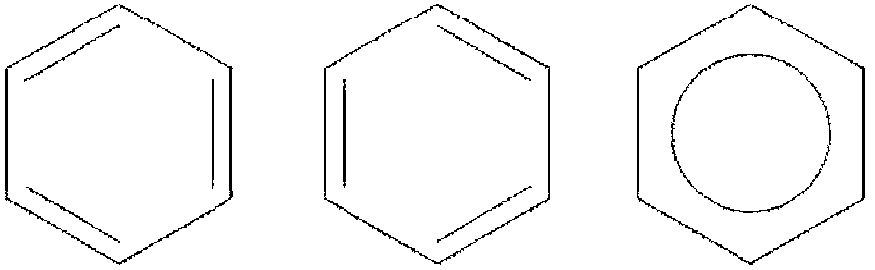
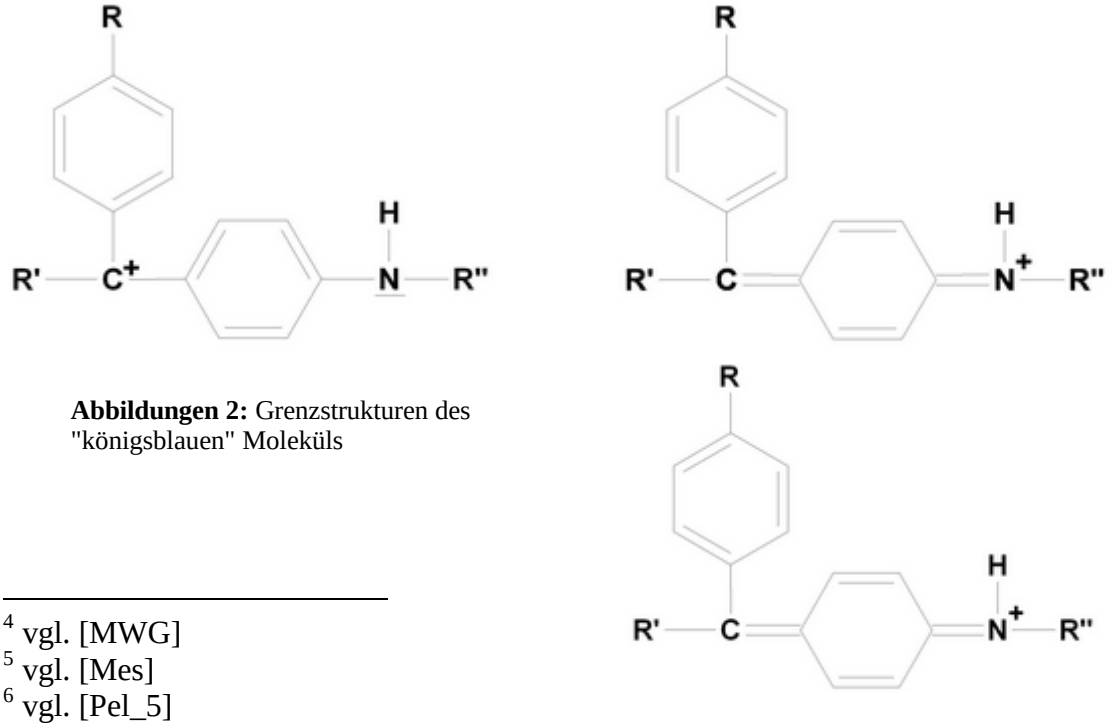


Abbildung 1: Grenzstrukturen des Benzols

Bei dem Molekül der königsblauen Tinte erstreckt sich dieses sogenannte p-Elektronensystem nicht nur über einen Benzolring, sondern über beide an dem Kohlenstoff angelagerten Benzolringe. Die Mesomerie dieses Moleküls sorgt also erst dafür, dass wir das Molekül als blau wahrnehmen und es nicht mehr farblos erscheint[6]. Unten sind die Grenzstrukturen des Moleküls abgebildet.



Abbildungen 2: Grenzstrukturen des "königsblauen" Moleküls

[4] vgl. [MWG]
[5] vgl. [Mes]
[6] vgl. [Pel_5]

2.1.2 „Tintenlöscher“

Der „Tintenlöscher“ basierte auf einer Idee aus den dreißiger Jahren. Man konnte schon damals Tinte mit einem Bleichmittel unsichtbar und so einen Schreibfehler rückgängig machen. Es war jedoch noch nicht möglich, dann auf der selben Stelle wieder zu schreiben. In den Siebzigern wurde der eigentliche „Tintenlöscher“ entwickelt, der sowohl „löschen“ als auch wieder beschreiben konnte[7]. Dieser „Tintenlöscher“ erfreute vor allem die Schüler, wohingegen er bei Lehrern zu Beginn noch verpönt war.
Die Wirkungsweise des „Tintenlöschers“ basiert auf dem Gedanken, dass ein Farbstoff, den man aus einer farblosen Leukobase gewonnen hat, auch dahin zurückzuführen sein muss. So würde das Geschriebene wieder „unsichtbar“ und der Schreibfehler wäre behoben.
Der „Tintenlöscher“ macht also die oben gezeigte Reaktion rückgängig, d.h. seine Inhaltsstoffe müssen sich an dem Kohlenstoffatom des Farbstoffmoleküls anlagern. Das Ganze muss aber in Anwesenheit von basischen Bestandteilen, also OH^--Ionen, ablaufen, um das Reaktionsgleichgewicht auf die Eduktseite (Ausgangsseite) der Gleichung zu verschieben[8].

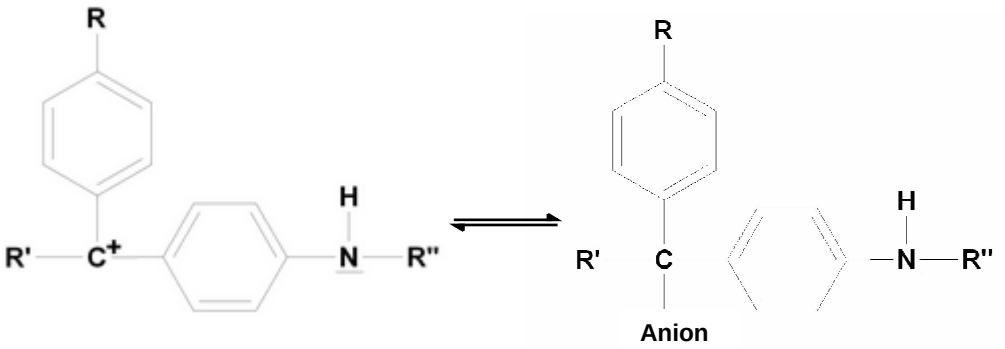


Abbildung 5: "königsblaues" Molekül

Abbildung 6: farblose Leukobase

Farbstoffmolekül + Anion ⇌ Leukobase

Es wird ein Anion, also ein negativ geladenes Teilchen, an dem Farbstoff angelagert, um die Mesomerie zu verhindern. Dadurch wird das Molekül wieder farblos, auch wenn es nicht mehr ganz der Leukobase entspricht, auf der die Tinte basiert. Als Reduktionsmittel können Sulfite, Carbonate oder Thiosulfate[9] benutzt werden, welche

[7] vgl. [Pel_2]
[8] vgl. [Pel_5]
[9] vgl. [TK]

sogenannte Salzreste sind. Sie sind gut in Wasser löslich und alle einfach negativ geladen, können sich also an dem einfach positiven Kohlenstoffatom anlagern und so die Mesomerie blockieren.
Festzuhalten ist aber, dass der sogenannte „Tintenlöscher“ bzw. „Tintenkiller“ die Tinte, im Gegensatz zur landläufigen Meinung, weder „löscht“ noch „killert“, sondern nur entfärbt.

2.2 Theoretische Beantwortung der Leitfrage

Um die Leifrage dieser Facharbeit beantworten zu können, muss man sich zunächst damit auseinander setzen, was mit schwarzer Tinte eigentlich passiert, wenn man sie zu entfärben versucht.
Es existiert sowohl die Behauptung, dass schwarze Tinte gar nicht reagiert, d.h. sie bleibt schwarz und verschmiert im schlimmsten Fall, als auch die Behauptung, schwarze Tinte werde beim Entfärbungsversuch gelb.
Um also die Argumentation nicht auf eine völlig falsche Behauptung aufzubauen, wurde der Test bei schwarzer Tinte von Lamy und Pelikan durchgeführt. Mit dem erstaunlichem Ergebnis, dass beide Behauptungen über die Entfärbbarkeit schwarzer Tinte wahr sind. Während das Pelikanprodukt lediglich verschmierte, aber schwarz blieb, zeigte sich bei dem Lamyprodukt eine deutliche Gelbfärbung.

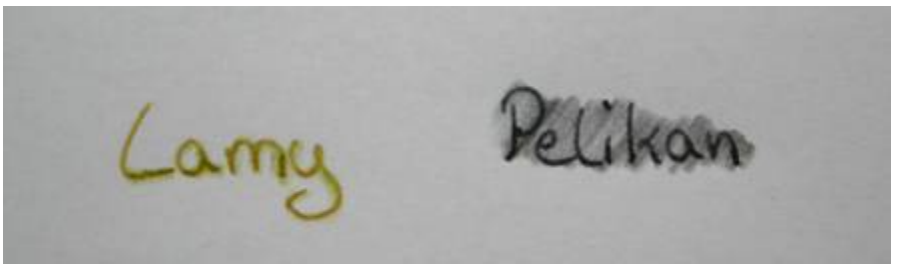


Abbildung 7: Entfärbungsversuch der schwarzen Tinten

Es gibt also zwei Argumentationsansätze, warum sich die schwarze Tinte nicht entfärben lässt, welche im Folgenden genauer erläutert werden.

2.2.1 Die Tinte bleibt schwarz

Für den Fall, dass die Tinte bei dem Entfärbungsversuch schwarz bleibt, ist die Lösung recht trivial.
Es ist davon auszugehen, dass die schwarze Tinte auf einer anderen Farbstoffbasis entsteht und so nicht durch die Inhaltstoffe des „Tintenlöschers“ angreifbar ist. Da auf der oben angesprochenen Triphenylmethanbasis nur Farben in Blau-, Grün-, Rot- und Violett-Tönen hergestellt werden können[10], muss die schwarze Tinte also auf einem ganz anderen Stoff aufgebaut sein und ist deshalb nicht entfärbbar.
Eine andere Möglichkeit wäre, dass die schwarze Tinte ein Gemisch aus zwei oder mehreren Farben ist, welche zusammen schwarz aussehen. Aber auch für diesen Fall scheint es so, dass der „Tintenlöscher“ keine sichtbare Wirkung auf die Bestandteile der Tinte hat.

2.2.2 Die Tinte wird gelb

Wird die Tinte beim „Löschversuch“ gelb, heißt dies, dass zwar eine Reaktion stattgefunden hat, diese aber zu keiner vollständigen Entfärbung geführt hat.
Zunächst besteht die Möglichkeit, dass das Molekül der schwarzen Tinte angreifbar ist. Das hieße, das schwarze Farbstoffmolekül würde mit den Inhaltstoffen des „Tintenlöschers“ reagieren. Dabei würde dann die sichtbare Gelbfärbung entstehen. Es ist jedoch unwahrscheinlich, dass durch Zufall aus einem schwarzen Molekül ein gelbes wird.
Vielmehr ist davon auszugehen, dass die schwarze Tinte aus einem Gemisch von zwei oder mehr Farben besteht. Das hieße wiederum, dass der „Tintenlöscher“ einen Teil des Gemischs entfärben kann, den anderen Teil jedoch nicht.

Um die Zusammensetzung jedoch zurück zu verfolgen, ist ein kleiner Exkurs in die Physik notwendig.
Schwarze Tinte müsste, um auch schwarz auszusehen, ein Gemisch aus Komplementärfarben[11] sein. Dieser Effekt lässt sich mit Hilfe der subtraktiven

[10] vgl. [TPM]
[11] vgl. [KPF]

Farbsynthese[12] erklären. Sie besagt, dass ein Stoff, der z.B. rot erscheint, nicht nur rot reflektiert, sondern auch die Komplementärfarbe, in diesem Beispiel grün, adsorbiert. Da die schwarze Tinte nach dem Entfärbungsversuch gelb ist, müsste, nach der subtraktiven Farbsynthese, ein blauer Anteil entfärbt worden sein.

Die schwarze Tinte sieht also so aus, weil die blauen Bestandteile verhindern, dass gelb reflektiert wird, während die gelben Bestanteile die Reflexion von blauem Licht verhindern.

Man kann also die Vermutung anstellen, dass die schwarze Tinte aus einem Gemisch gelber und blauer Bestandteile zusammengesetzt ist. Der „Tintenlöscher“ entfärbt dann den blauen Teil, sodass dieser kein gelbes Licht mehr adsorbiert. Dadurch wird der gelbe Bestandteil der Tinte sichtbar.

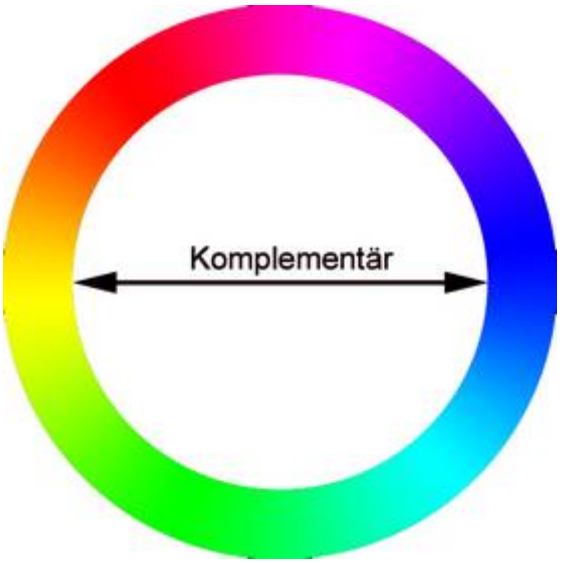


Abbildung 8: Farbkreis der Komplementärfarben

2.2.3 Zwischenfazit

Diese beiden Hypothesen über die Zusammensetzung der schwarzen Tinte haben die Leitfrage bisher nur in bedingtem Maß aufgeklärt. Um also eine der beiden Hypothesen zu beweisen oder möglicherweise eine ganz Neue zu finden, liegt es Nahe, dass eine Überprüfung durchgeführt werden muss. Diese sollte jedoch einfach und nachvollziehbar sein, aber trotzdem ein brauchbares Ergebnis liefern, mit dem sich eine Hypothese begründen lässt.

Es bietet sich die Möglichkeit, dies mit Hilfe einer Chromatographie zu überprüfen, ein Verfahren, das zur Analyse von Stoffgemischen verwendet wird. Welche Art der Chromatographie sich anbietet und wie diese funktioniert, wird im Folgenden erläutert.

[12] vgl. [SFS]

2.3 Chromatographie

2.3.1 Dünnschichtchromatographie

Die Dünnschichtchromatographie nutzt die Polarität, d.h. die partielle Ladung in einem Molekül aus, um unterschiedliche Stoffe voneinander zu trennen[13]. Man braucht zwei sogenannte Phasen, davon eine stationäre, d.h. nicht bewegliche, und eine mobile Phase, das Laufmittel, das sich über die stationäre Phase hinweg bewegt. Üblicherweise benutzt man Kieselgel, welches als dünne Schicht auf eine Folie aufgetragen wird, als stationäre Phase. Die mobile Phase ist jedoch von Stoff zu Stoff unterschiedlich, d.h. man muss ein passendes Laufmittel finden, um ein brauchbares Ergebnis zu erzielen. Die Polarität des Moleküls bewirkt, dass dieses weiter von der mobilen Phase mittransportiert wird oder sich eher an der stationären Phase ablagert. Lässt man also das Laufmittel von unten nach oben laufen, dann laufen die verschiedenen Moleküle verschieden weit bzw. schnell mit. Die zu untersuchende Substanz muss jedoch löslich sein, damit man sie auf die DC-Platte[14] auftragen kann. Wenn man dann ein passendes Laufmittel ermittelt hat, kann man die Substanz in ihre Einzelteile zerlegen und so Rückschlüsse auf ihre Inhaltsstoffe ziehen. Zwar hat jeder Stoff seine spezifische Laufgeschwindigkeit, womit er sich auch zweifelsfrei nachweisen lässt, dies ist jedoch für diese Facharbeit unerheblich, da die Dünnschichtchromatographie nicht nachweisen soll woraus die schwarze Tinte genau besteht, sondern ob sie ein Gemisch ist oder nicht.

Dazu wird im Folgenden ein einfaches Glas mit Schraubverschluss gewählt, worin das Laufmittel gefüllt wird. Anschließend wird dieses verschlossen und einige Zeit stehengelassen, damit etwas Laufmittel verdunstet und die Luft sättigt. Dies dient dem Zweck, dass dann während des Chromatographievorgangs kein Laufmittel von der DC-Platte verdunstet, da dies die Messung verfälschen würde.

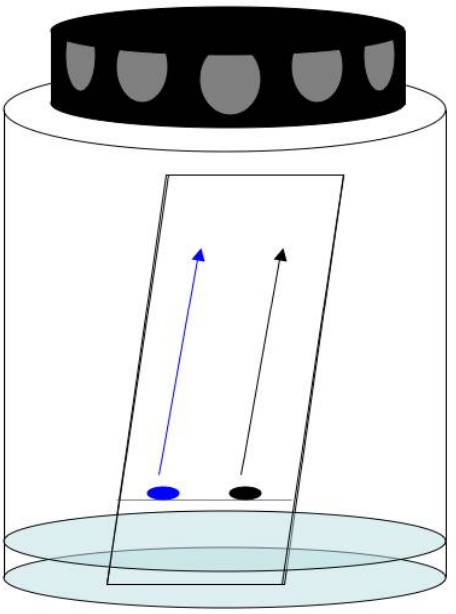


Abbildung 9: Schematische Darstellung einer Dünnschichtchromatographie

[13] vgl. [DC]
[14] DC = Dünnschichtchromatographie

Danach kann man die Tinten auf die DC-Platte auftragen und den Startstrich ziehen. Anschließend wird die Platte in das Laufmittel gestellt und das Glas wieder verschraubt. Danach wartet man so lange, bis die Laufmittelfront fast das obere Ende der DC-Platte erreicht hat und nimmt diese dann heraus.

2.3.2 Schwarze Tinten im Vergleich

Für den ersten Versuch werden die beiden schwarzen Tinten der Hersteller Lamy und Pelikan auf die DC-Platte aufgetragen. Als Referenz wird zusätzlich die königsblaue Tinte von Lamy chromatographiert, um mögliche Gemeinsamkeiten zwischen schwarzer und blauer Tinte aufzuzeigen.

Abbildung 10: DC-Platten; v.l.n.r. Lamy schwarz, blau, Pelikan schwarz, Lamy schwarz, Pelikan schwarz, blau, Lamy schwarz, Pelikan schwarz

Das Ergebnis zeigt zunächst, dass sich die schwarzen und blauen Tinten ähneln, da ihre Inhaltsstoffe etwa gleichschnell mit dem Laufmittel mitwandern. Dass die blaue Tinte keine anderen Bestandteile als blau enthält, war zu erwarten und zeigt, dass die blaue Tinte kein Gemisch ist.

Die schwarze Lamy-Tinte wurde jedoch mit Hilfe der Chromatographie deutlich in ihre Bestandteile zerlegt. So lässt sich erkennen, dass sie sowohl aus blauem Farbstoff, als auch aus goldgelben und sogar türkisen Bestandteilen zusammensetzt ist. Der blaue

Farbstoff könnte das normale Königsblau sein, da beide etwa gleichschnell „laufen“ und bei Tageslicht auch gleich aussehen.
Die Entdeckung der beiden anderen Bestandteile deckt sich zwar nicht vollständig mit der oben aufgestellten Theorie, jedoch sind goldgelb und blau nahezu Komplementärfarben, sodass sie zusammen gemischt annähernd schwarz ergeben. Der türkise Anteil wird vermutlich beigemischt werden, um die schwarze Tinte auch wirklich schwarz aussehen zu lassen.
Die schwarze Tinte von Pelikan blieb zu Beginn der Chromatographie noch schwarz, teilte sich jedoch später in gelb und blauviolett. Dies bestätigt, dass sie ebenfalls ein Gemisch ist, dessen Bestandteile jedoch nicht mit Hilfe des „Tintenlöschers“ entfärbbar sind.

2.3.3 Wirkung des „Tintenlöschers“ auf die Bestandteile

Mit der Zerlegung der Tinte wurde zwar gezeigt, dass beide schwarzen Tinten Gemische sind, jedoch ist die Frage, wie der „Tintenlöscher“ auf die einzelnen Bestandteile wirkt, nicht geklärt.
Die fertigen DC-Platten eignen sich für diesen Test allerdings nicht, da sie zu porös sind und durch den „Tintenlöscher“ beschädigt werden. Um also eine Wirkung des „Tintenlöschers“ testen zu können, muss man sich einer anderen stationären Phase bedienen. Für einen erneuten Versuch bietet sich die Chromatographie mit Chromatographiepapier an, welches ermöglichen sollte, mit dem „Tintenlöscher“ über die Tinte zu streichen, um so eine mögliche Entfärbung zu beobachten. Die Papierchromatographie unterscheidet sich von der Dünnschichtchromatographie lediglich durch die stationäre Phase, d.h. alle Vorbereitungen, wie z.B. das Glas und die Startlinie, sind exakt gleich.

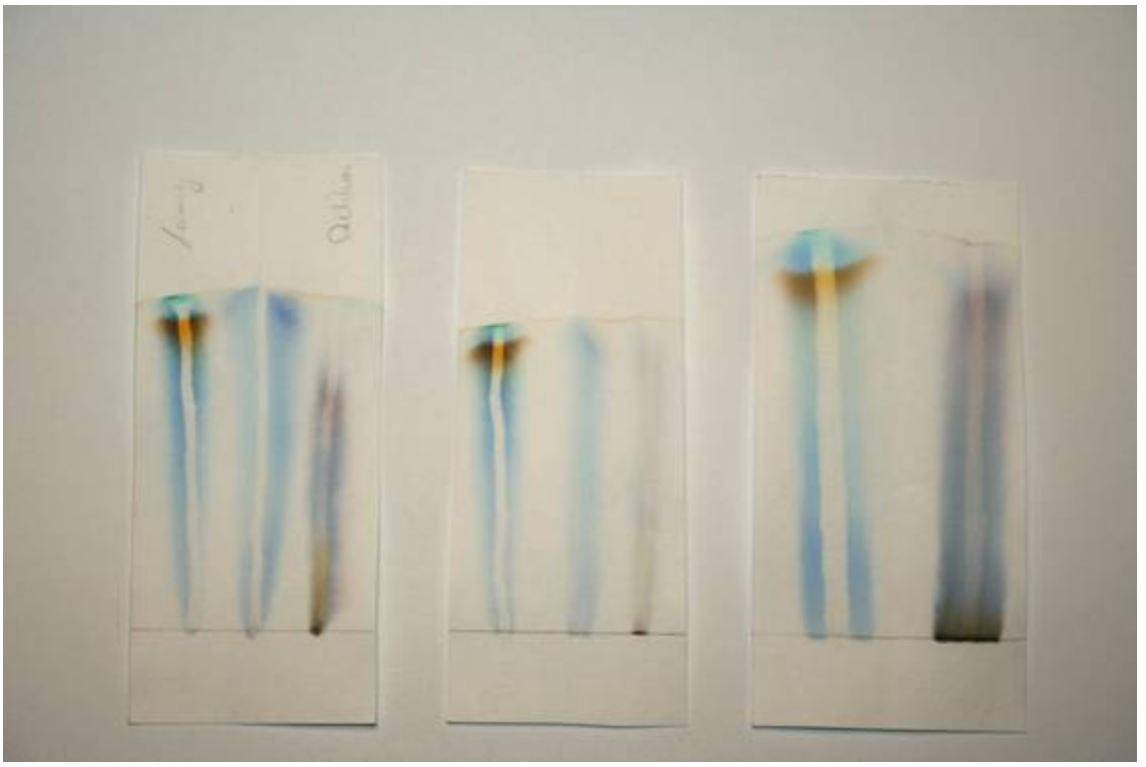


Abbildung 11: Papierchromatographieergebnisse; v.l.n.r. Lamy schwarz, blau, Pelikan schwarz, Lamy schwarz, blau, Pelikan schwarz, Lamy schwarz, Pelikan schwarz

Die Bilder zeigen, dass sich die Zerlegungen durch die Dünnschichtchromatographie und die Papierchromatographie nicht vollständig gleichen, jedoch lassen sich bei beiden die Bestandteile deutlich erkennen. Dies ermöglicht auch den Versuch, die Wirkung des „Tintenlöschers“ auf die Bestandteile der Tinten zu erproben.

Dabei stellt sich heraus, dass der blaue Anteil der schwarzen Lamy-Tinte problemlos entfärbbar ist. Es handelt sich vermutlich um das normale Königsblau, welches hier verwendet wird.

Der goldgelbe und der türkise Anteil zeigen jedoch keine Reaktion. Dies lässt darauf schließen, dass dies die beiden Farbbestandteile sind, welche nach dem Entfärbungsversuch zusammen als gelbe Schrift zu sehen sind.

Die schwarze Pelikan-Tinte hat auch einen entfärbbaren, blauen Anteil, jedoch zeigt sich deutlich, dass die violetten, gelben und schwarzen Anteile nicht auf den „Tintenlöscher“ reagieren. Das erklärt, warum sich keine sichtbare Reaktion zeigt, wenn man versucht die schwarze Pelikan-Tinte zu entfärben.

3 Fazit

Im Verlauf dieser Arbeit beschäftigte ich mich mit dem Aufbau der blauen Tinte und der Wirkung des „Tintenlöschers“ auf diese, um dann die verbreiteten Behauptungen über die Entfärbbarkeit schwarzer Tinte thesenartig aufzustellen.
Die anschließenden Chromatographien zeigten nicht nur, dass sich die schwarzen Tinten der Hersteller Lamy und Pelikan unterscheiden, sondern auch, dass sich die beiden zuvor aufgestellten Theorien über die Entfärbbarkeit schwarzer Tinte als wahr herausstellten.
So zeigte sich, dass die schwarze Tinte von Lamy ein Gemisch ist, welches sowohl blaue als auch gelbe Bestandteile enthält. Da sich der blaue Anteil entfärben lässt, erscheint die Tinte danach gelb. Dabei wurde auch ein türkiser Anteil entdeckt, der sich ebenfalls nicht entfärben lässt und dem Gemisch den nötigen schwarzen Farbton verleiht.
Weiterhin wurde bewiesen, dass die schwarze Tinte von Pelikan schwarz bleibt, obwohl auch sie, entgegen der ersten Vermutung, ein Gemisch ist, dessen blauer Anteil zwar entfärbbar ist, jedoch aufgrund seiner geringen Menge keine Auswirkung auf die Farbe der Tinte hat.
In dieser Facharbeit konnte ich nachweisen, dass schwarze Tinte nicht gelöscht werden kann und beide Annahmen, die in der Einleitung erwähnt wurden, zutreffen, da verschiedene Hersteller für schwarze Tinte unterschiedliche Mischungen verwenden.

4 Anhang

4.1 Quellenverzeichnis

[DC] http://de.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnnschichtchromatographie

[KPF] http://de.wikipedia.org/wiki/Komplementärfarben

[Mes] http://de.wikipedia.org/wiki/Mesomerie

[MWG] Klaus Dehnert, Manfred Jäckel, Horst Oehr, Prof. Dr. Hatto Seitz, Allgemeine Chemie, Schroedel Verlag, 2004[1]

[Pel_Zahl] „Pelikans Königsblaue Tinte und der ‚Tintenkiller'"
Zahl gibt den Abschnitt innerhalb des Briefes an

[SFS] http://de.wikipedia.org/wiki/Subtraktive_Farbsynthese

[TPM] http://de.wikipedia.org/wiki/Triphenylmethan

[TK] http://de.wikipedia.org/wiki/Tintenkiller

4.2 Darstellungsverzeichnis

Abb. 1; 2; 4-6 vgl. [Pel_5]

Abb. 8 vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Komplementär.png (verändert)

Abb. 3; 7; 9-11 Eigenentwürfe bzw. Fotografien

5 Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als im Literaturverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

_____ , den _____ _____

Ort Datum Unterschrift