

# Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“

## Station 1: Der Magic Pen

### **Versuch 1.1: Übermalen von Farben der Magic Marker, Farben „normaler“ Fasermaler sowie blauer Tinte mit dem Magic Pen**

#### Geräte und Chemikalien:

Magic Marker (z. B. Herlitz oder Universal), Magic Pen, Wattestäbchen, Tintenlöschstift, diverse Fasermaler, blaue Tinte

#### Versuchsdurchführung:

1. Die Farben herkömmlicher Fasermaler werden auf einem Blatt Papier mit dem Magic Pen übermalt.
2. Die Farben der Magic Marker werden auf einem Blatt Papier mit dem Magic Pen und mit einem handelsüblichen „Tintenkiller“ übermalt.
3. Blaue Tinte wird auf einem Blatt Papier mit einem Magic Pen übermalt.

#### Beobachtung:

1. Bei einigen herkömmlichen Fasermalern kann der Magic Pen ebenfalls einen Farbwechsel hervorrufen.
2. Das Übermalen der Magic Marker-Farben mit Magic Pen und Tintenkiller führen zu denselben Farbveränderungen.
3. Blaue Tinte wird beim Übermalen mit dem Magic Pen in den farblosen Zustand überführt.

#### Deutung:

1. Herkömmliche Fasermaler enthalten z. T. Farbstoffe, die ähnliche Eigenschaften wie die Farbstoffe in den Magic Markern besitzen.
2. Vermutung: Magic Pen und Tintenkiller besitzen die gleichen Inhaltsstoffe.

# Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“

## Station 1: Der Magic Pen

### Versuch 1.2: Bestimmung des pH-Werts der Magic Pen-Lösung

#### Geräte und Chemikalien:

Magic Pen, Universalindikatorpapier, Spezialindikatorpapier pH 11-13.

#### Versuchsdurchführung:

Das Indikatorpapier wird mit der Magic Pen-Lösung befeuchtet.

#### Beobachtung:

Das Indikatorpapier zeigt einen Farbumschlag nach grün.

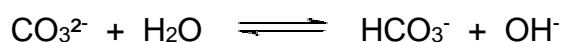


#### Deutung:

Der pH-Wert der Magic Pen-Flüssigkeit liegt bei ca. 11,5.

#### Information:

Die Löschtinte von Tintenkillern enthält u. a. Soda. Aufgrund des Carbonat/ Hydrogencarbonat-Gleichgewichts ist die Lösung somit alkalisch:



# Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“

## Station 1: Der Magic Pen

### Versuch 1.3: Nachweis des Reduktionsmittels in der Magic Pen-Flüssigkeit mit einer Iod-Stärke-Lösung

#### Geräte und Chemikalien:

2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglashalter, Trichter, Filter, Spatel, 2 Tropfpipetten, Bunsenbrenner, Zange, Magic Pen, lösliche Stärke, Lugolsche Lösung, dest. Wasser

#### Versuchsdurchführung:

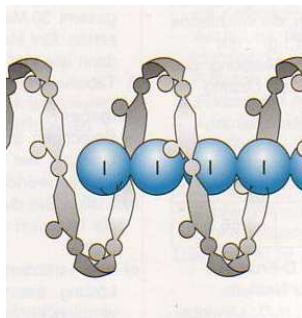
Eine Spatelspitze Stärke wird in ca. 5 mL Wasser gegeben, mittels Bunsenbrenner kurz erhitzt und filtriert. Anschließend werden wenige Tropfen Lugolsche Lösung hinzugegeben. Der Magic Pen wird am hinteren Ende geöffnet (Zange), die Mine entnommen und ein bis zwei Tropfen der Lösung durch Herausdrücken zur verdünnten Iod-Stärke-Lösung gegeben.

#### Beobachtung:

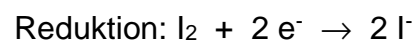
Die dunkelblaue Lösung entfärbt sich nach Zugabe der Magic Pen-Flüssigkeit vollständig.

#### Deutung:

Die Magic Pen-Flüssigkeit enthält ein Reduktionsmittel. Iod wird zu Iodid-Ionen reduziert, auf diese Weise wird der tiefblaue Iod-Stärke-Komplex zerstört und die Lösung entfärbt sich.



Iod-Amylose-Komplex



# Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“

## Station 1: Der Magic Pen

### Versuch 1.4: Nachweis des Reduktionsmittels in der Magic Pen-Flüssigkeit mit saurer Kaliumpermanganat-Lösung, Identifizierung von Sulfit-Ionen mit Bariumchlorid-Lösung

#### Geräte und Chemikalien:

3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, 10-mL-Standzylinder, 2 Tropfpipetten, Zange, Magic Pen, Kaliumpermanganat, Essigsäure,  $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2 \text{ mol/L}$ , Bariumchlorid-Lösung,  $w(\text{BaCl}_2) = 5 \%$ , dest. Wasser

#### Versuchsdurchführung:

Zunächst werden wenige Kristalle Kaliumpermanganat in 10 mL destilliertem Wasser gelöst, so dass eine schwach gefärbte Lösung entsteht, und mit 1 mL der Essigsäure angesäuert. Aus einem Magic Pen wird der Tintenspeicher entnommen und der Kaliumpermanganat-Lösung ca. 5 Tropfen der Magic Pen-Flüssigkeit durch Drücken auf den Tintenspeicher hinzugefügt. Anschließend werden wenige Tropfen der Bariumchlorid-Lösung zugegeben.

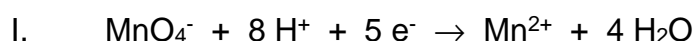
#### Beobachtung:

Nach Zugabe der Magic Pen-Flüssigkeit entfärbt sich die Lösung vollständig. Der Zusatz von Bariumchlorid-Lösung führt zum Ausfallen eines weißen Niederschlags, der eine Trübung der Lösung bewirkt (vgl. Abb.).



#### Deutung:

Aus den Beobachtungen kann gefolgert werden, dass die Magic Pen-Flüssigkeit Sulfit-Ionen enthält. Diese werden bei Umsetzung mit Permanganat-Ionen zu Sulfat-Ionen oxidiert und anschließend als Bariumsulfat ausgefällt:



# Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“

## Station 1: Der Magic Pen

### Versuch 1.5: Ergänzender Versuch zur Analyse der Magic Pen-Flüssigkeit

#### Geräte und Chemikalien:

Tropfpipette, Zange, schwarze Unterlage aus Kunststoff (ca. 5 cm x 5 cm, z. B. aus der Rückseite eines schwarzen Schnellhefters), Magic Pen, Salzsäure,  $c(\text{HCl}) = 4 \text{ mol/L}$

#### Versuchsdurchführung:

Aus einem Magic Pen wird der Tintenspeicher entnommen 1 Tropfen der Magic Pen-Flüssigkeit durch Drücken auf den Tintenspeicher auf die schwarze Unterlage gegeben. Anschließend wird 1 Tropfen der Salzsäure hinzugefügt.

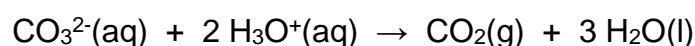
#### Beobachtung:

Bei der Zugabe der Salzsäure ist eine kurze, aber heftige Gasentwicklung zu beobachten. Darüber hinaus ist die Bildung weißer Schlieren erkennbar (vgl. Abb.).

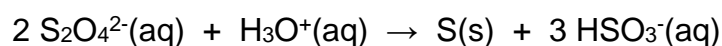


#### Deutung:

Die Gasentwicklung ist auf den Inhaltsstoff Natriumcarbonat zurückzuführen und resultiert aus der folgenden Reaktion:



Die Schlierenbildung zeigt an, dass neben Natriumsulfit (siehe Vers. 1.4) mit Natriumdithionit noch ein weiteres Reduktionsmittel vorhanden ist. Das Ansäuern führt nämlich zu einer Disproportionierung der Dithionit-Ionen, bei der u. a. Schwefel entsteht, welcher fein verteilt eine weiße Farbe besitzt. Die zugehörige Reaktionsgleichung lautet:



## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“

### Station 2: Untersuchung der Zaubermaler

#### Versuch 2.1: Untersuchung der Zaubermalerfarben in Abhängigkeit vom pH-Wert

##### Geräte und Chemikalien:

3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, 2 Tropfpipetten, 10-mL-Messzylinder, Zange, 3 Zaubermaler (gelber, blauer und schwarzer Stift mit Farbwechsel nach rot, gelb bzw. pink von Carioca), Natronlauge,  $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol/L}$ , Salzsäure,  $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L}$ , dest. Wasser

##### Versuchsdurchführung:

Die ausgewählten Stifte werden am hinteren Ende geöffnet und die Minen entnommen. Danach werden je zwei Tropfen der Farbstofflösungen durch leichtes Drücken auf den Tintenspeicher in jeweils ein Reagenzglas gegeben und mit 10 mL dest. Wasser aufgefüllt. Nun werden zunächst 2 Tropfen der Natronlauge und anschließend 3 Tropfen der Salzsäure hinzu gegeben.

##### Beobachtung:

Das Experiment zeigt, dass bei dem gelben Stift die gewünschte Farbänderung nach rot allein durch Natronlauge hervorgerufen wird, die durch Ansäuern wieder rückgängig gemacht werden kann (vgl. Abb. links). Die blaue Lösung ändert (reversibel) ihre Farbe nach grün (vgl. Abb. rechts) und nach längerem Warten schließlich nach gelb. Beim Übermalen mit dem Magic Marker entsteht jedoch spontan eine gelbe Farbe. Die schwarze Lösung ändert ihre Farbe ebenfalls nur sehr langsam nach pink.

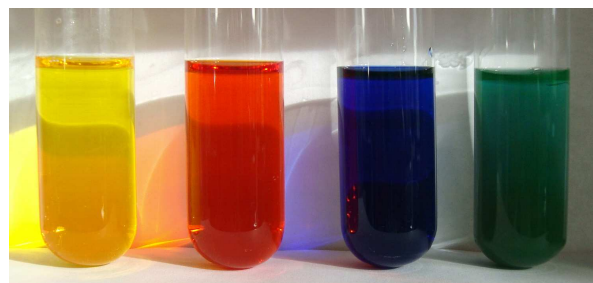


Abb.: Von links nach rechts: Gelbe Farbstofflösung, die gleiche Lösung nach Zugabe von Natronlauge (dieser Farbwechsel ist vom Hersteller so vorgesehen); blaue Farbstofflösung, die gleiche Lösung nach Zugabe von Natronlauge (beim Übermalen der blauen Farbe mit dem Magic Marker erfolgt jedoch spontan ein Farbwechsel von blau nach gelb). Beide Farbwechsel sind reversibel.

Deutung: Einige Stifte enthalten Farbstoffe, die wie Säure-Base-Indikatoren reagieren.

## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“

### Station 2: Untersuchung der Zaubermaler

#### **Versuch 2.2: Papierchromatographie der Zaubermalerfarben und Benetzen der Chromatogramme mit dem Magic Pen bzw. einer alkalischen Natriumsulfit-Lösung**

##### Geräte und Chemikalien:

6 Petrischalen, Rundfilter (Whatman Nr. 1;  $\varnothing = 125$  mm), 50-mL-Erlenmeyerkolben mit Stopfen, Spatel, Fön, Schere, diverse Zaubermaler (darunter: grüner Stift mit Farbwechsel nach lila (Herlitz), roter Stift mit Farbwechsel nach gelb (Carioca), grüner Stift mit Farbwechsel nach rot (Carioca)), Wattestäbchen, Natriumsulfit, dest. Wasser

##### Versuchsdurchführung:

Aus der Mitte eines Rundfilters wird ein Kreis von etwa 1 cm Durchmesser ausgeschnitten. Anschließend wird ca. 1 cm vom Rande des Loches mit einem der Zaubermaler ein Kreis gezeichnet. Aus einem Filterpapierstreifen wird ein Docht gerollt und in das Loch im Rundfilter geschoben. Nun wird der so vorbereitete Rundfilter mit dem Docht in eine mit etwas Wasser gefüllte Petrischale gestellt.

Nach ca. 15 min wird der Rundfilter entnommen, der Docht entfernt und das Filterpapier getrocknet (Fön). Danach wird eine Hälfte des Papierchromatogramms mittels Wattestäbchen mit Natriumsulfit-Lösung (einige Spatelspitzen in 10 mL dest. Wasser) benetzt.

##### Beobachtung:

Einige so erhaltene Papierchromatogramme sind in der Abb. zu sehen.

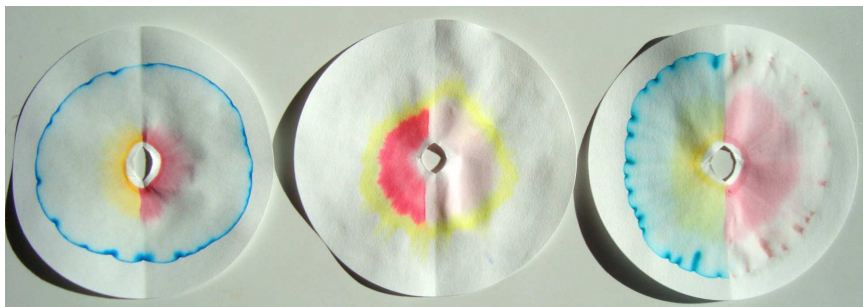
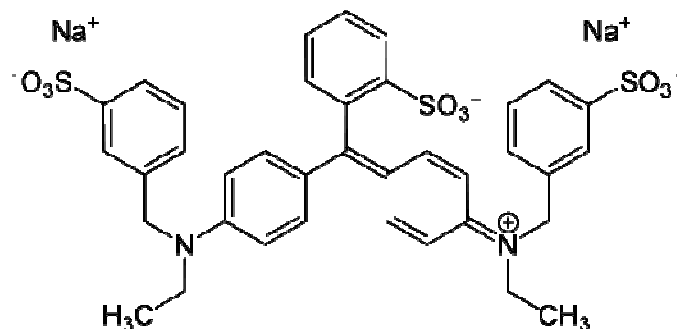


Abb.: Papierchromatogramme und Benetzung der jeweils rechten Hälfte des Chromatogramms mit alkalischer Natriumsulfit-Lösung oder Magic Marker-Flüssigkeit (von links nach rechts: grüner Stift mit Farbwechsel nach lila (Herlitz), roter Stift mit Farbwechsel nach gelb (Carioca), grüner Stift mit Farbwechsel nach rot (Carioca))

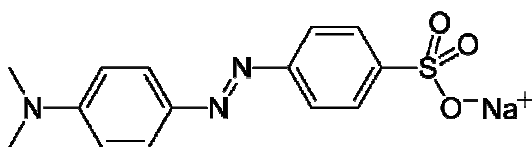
Deutung:

Aus der Abbildung geht hervor, dass die Farbänderungen auf unterschiedlichen Effekten beruhen. So führt die Benetzung mit der alkalischen Natriumsulfit-Lösung bei einigen Chromatogrammen zur Farbänderung einzelner Komponenten des Farbstoffgemisches (z. B. Abb., links), bei anderen werden einzelne Komponenten in den farblosen Zustand überführt (z. B. Abb., Mitte) oder sowohl die „Löschung“ einzelner Farben als auch eine Farbänderung einer oder mehrerer Komponenten liegen gleichzeitig vor (z. B. Abb., rechts).

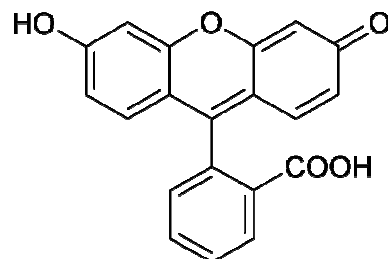
Somit enthalten die Stifte gegenüber hohen pH-Werten und/oder gegenüber Sulfitionen empfindliche sowie unter diesen Bedingungen stabile Farbstoffe („stabil“ im Sinne der Beibehaltung der ursprünglichen Farbe). Zur erstgenannten Gruppe gehören beispielsweise viele Triphenylmethanfarbstoffe sowie zahlreiche Azofarbstoffe. Demgegenüber sind z. B. Xanthenfarbstoffe, zu denen u. a. die Rhodamine zählen, weitgehend resistent gegenüber den genannten Einflüssen.

Beispiele:

Brillantblau FCF – ein Triphenylmethanfarbstoff



Methylorange – ein Azofarbstoff



Fluorescein – ein Xanthenfarbstoff



## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“

### Station 3: Identifizierung einiger Farbstoffe

#### **Versuch 3.1: Papierchromatographie mit dem blauen Zaubermaler von Carioca (gelbe Kappe) auf unterschiedlichen Filterpapieren**

##### Geräte und Chemikalien:

3 Petrischalen, 3 Rundfilter (1x Whatman Nr. 1;  $\varnothing = 125$  mm und 2x Rotilabo-Rundfilter, Filtrationszeit 180 s;  $\varnothing = 125$  mm), Fön, Schere, Zaubermaler (blauer Stift mit Farbwechsel nach gelb (Carioca)), Magic Pen (oder Tintenkiller)

##### Versuchsdurchführung:

Aus der Mitte eines Rundfilters wird ein Kreis von etwa 1 cm Durchmesser ausgeschnitten. Anschließend wird ca. 1 cm vom Rande des Loches mit dem Zaubermaler ein Kreis gezeichnet. Aus einem Filterpapierstreifen wird ein Docht gerollt und in das Loch im Rundfilter geschoben. Nun wird der so vorbereitete Rundfilter mit dem Docht in eine mit etwas Wasser gefüllte Petrischale gestellt.

Nach ca. 15 min wird der Rundfilter entnommen, der Docht entfernt und trocken gefönt. Danach wird eine Hälfte des Chromatogramms mit dem Magic Pen übermalt. Der Versuch wird 1x mit Whatman- und 2x mit Rotalibo-Filterpapier durchgeführt.

##### Beobachtung:

In diesem Chromatogramm kommt die vom Hersteller beabsichtigte gelbe, stark fluoreszierende Farbe erst nach Benetzung mit der Magic Pen-Lösung zum Vorschein, während die blaue Farbe gelöscht wird. Auf den verschiedenen Filterpapieren ergibt sich eine unterschiedliche Auftrennung, die zur Isolierung des gelben Farbstoffes genutzt werden kann.



Abb.: Chromatogramme auf Whatman- (links und Mitte) sowie auf Rotalibo-Filterpapier

##### Deutung:

Offensichtlich ist der gelbe Farbstoff bei einem niedrigen pH-Wert farblos und zeigt erst im alkalischen Medium seine gelbe Fluoreszenz. Diese Vermutung soll im nächsten Experiment bestätigt werden.

## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“ Station 3: Identifizierung einiger Farbstoffe

### Versuch 3.2: Isolierung des gelben Farbstoffs aus dem blauen Magic Marker mit gelber Kappe (Carioca) und Untersuchung der Farbe in Abhängigkeit vom pH-Wert

#### Geräte und Chemikalien:

Reagenzglas, Reagenzglasständer, Schere, 10-mL-Messzylinder, 25-mL-Becherglas, Glasstab, 2 Chromatogramme des blauen Magic Marker auf Rotilabo-Rundfiltern (vgl. vorheriger Versuch), Salzsäure,  $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L}$ , Natronlauge,  $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol/L}$ , Tintenkiller oder Magic Pen, dest. Wasser

#### Versuchsdurchführung:

Die Papierchromatogramme werden mit dem Magic Pen so übermalt, dass ein gelb fluoreszierender Ring sichtbar wird. Dieser wird ausgeschnitten und die Schnipsel werden in einem Becherglas mit 5 mL dest. Wasser versetzt. Nach 2 min (rühren!) wird die inzwischen gelb erscheinende überstehende Lösung in ein Reagenzglas gefüllt und ca. 5 Tropfen Salzsäure hinzu gegeben.

#### Beobachtung:

Die gelbe Lösung wird nach Zugabe der Salzsäure farblos (vgl. Abb.). Wird nun Natronlauge hinzu getropft (ca. 5-8 Tropfen), nimmt die Lösung eine gelb-fluoreszierende Farbe an.

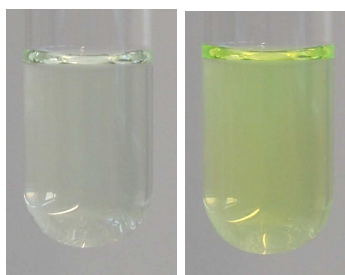


Abb.: Saure (links) und alkalische Lösung

#### Deutung:

Die Versuchsbeobachtungen lassen vermuten, dass es sich bei dem gelben Farbstoff um Pyranin handelt, das genau die beobachteten Eigenschaften aufweist. Diese Hypothese soll im folgenden Versuch durch Aufnahme von Absorptionsspektren untermauert werden.

## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“

### Station 3: Identifizierung einiger Farbstoffe

#### Versuch 3.3: Aufnahme eines Absorptionsspektrums vom gelben Farbstoff aus dem blauen Magic Marker (Carioca) und einer Pyranin-Vergleichslösung

##### Geräte und Chemikalien:

Spektralphotometer, Küvetten, Reagenzglas und –ständer, Spatel, Schere, 5-mL-Messpipette, 25-mL-Becherglas, Papierchromatogramm vom blauen Magic Marker (gelbe Kappe, Carioca) auf Rotilabo-Rundfilter, Tintenkiller, Pyranin (CAS-Nr. 228-783-6), Puffer-Lösung (pH 9)

##### Versuchsdurchführung:

Die Papierchromatogramme werden mit dem Magic Pen so übermalt, dass ein gelb fluoreszierender Ring sichtbar wird. Dieser wird ausgeschnitten und die Schnipsel werden in 5 mL der Puffer-Lösung gegeben. Nach sichtbar eingetretener Gelbfärbung der überstehenden Lösung wird mit dieser ein Absorptionsspektrum aufgenommen.

Zum Vergleich wird eine Pyranin-Lösung (pH 9) hergestellt, die optisch dieselbe Farbtintensität aufweist (da bereits geringste Mengen Pyranin eine starke Färbung hervorrufen, ist entsprechend zu verdünnen). Dazu wird in einem Reagenzglas eine kleine Spatelspitze Pyranin in ca. 5 ml Wasser gelöst. Auch von dieser Lösung wird ein Absorptionsspektrum erstellt.

##### Beobachtung:

In beiden Messreihen ist bei gleicher Wellenlänge ein Absorptionsmaximum (bei ca. 450 nm) deutlich zu erkennen.

##### Deutung:

Hiermit ist der gelbe Farbstoff als Pyranin identifiziert. Der systematische Name des Pyranins, das zu den polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen gehört, lautet 8-Hydroxypyren-1,3,6-trisulfonsäure.

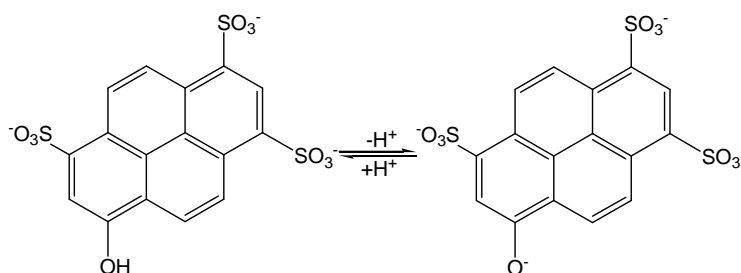


Abb.: Der Fluoreszenzfarbstoff Pyranin

## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“ Station 3: Identifizierung einiger Farbstoffe

### Versuch 3.4: Isolierung des blauen Farbstoffs aus dem grünen Magic Marker mit lilafarbenen Ring (Herlitz) und Untersuchung der Farbe in Abhängigkeit vom pH-Wert

#### Geräte und Chemikalien:

3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Schere, Spatel, 10-mL-Messzylinder, 1 Papierchromatogramm des grünen Magic Marker auf Whatman-Rundfilter, Salzsäure,  $c(\text{HCl}) = 1 \text{ mol/L}$ , Natronlauge,  $c(\text{NaOH}) = 1 \text{ mol/L}$ , Patentblau V, Brillantblau FCF, dest. Wasser

#### Versuchsdurchführung:

Zur Untersuchung des blauen Farbstoffs wird das Papierchromatogramm zerschnitten und die blau gefärbten Bereiche in 5 mL dest. Wasser gegeben. Die Lösung wird zunächst mit einigen Tropfen der Salzsäure angesäuert, anschließend werden einige Tropfen der Natronlauge zugegeben.

Zum Vergleich werden jeweils wenige Kristalle Patentblau V sowie Brillantblau FCF in Wasser gelöst, angesäuert und anschließend Natronlauge zugetropft.

#### Beobachtung:

Alle Farbstoffe zeigen eine sehr gute Wasserlöslichkeit und ändern beim Ansäuern ihre Farbe nach grün. Nach Zugabe der Lauge erscheinen die Lösungen wieder blau.

#### Deutung:

Der unbekannte Farbstoff sowie Patentblau V und Brillantblau FCF weisen sehr ähnliche Eigenschaften auf.

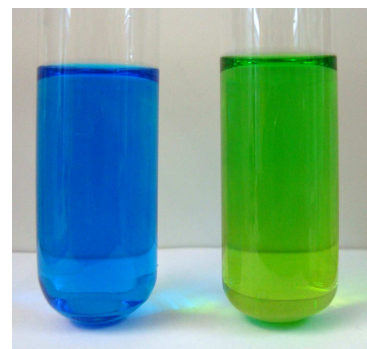
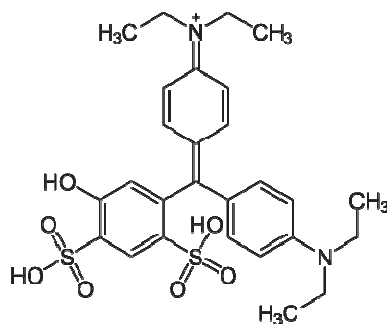
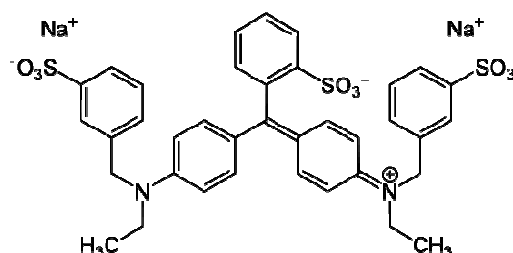


Abb.: Patentblau V im Neutralen (links) und im Sauren



Patentblau V



Brillantblau FCF

## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“ Station 3: Identifizierung einiger Farbstoffe

### **Versuch 3.5: Aufnahme von Absorptionsspektren vom unbekanntem blauen Farbstoff aus dem grünen Magic Marker (Herlitz, lilafarbener Ring) und von Patentblau V- sowie Brillantblau FCF-Vergleichslösungen**

#### Geräte und Chemikalien:

Spektralphotometer, Küvetten, 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Spatel, Schere, 10-mL-Standzylinder, Papierchromatogramm vom grünen Magic Marker (lilafarbener Ring, Herlitz) auf Whatman-Rundfilter, Patentblau V, Brillantblau FCF, dest. Wasser

#### Versuchsdurchführung:

Zur Untersuchung des blauen Farbstoffs wird das Papierchromatogramm zerschnitten und die blau gefärbten Bereiche in 5 mL dest. Wasser gegeben. Nun wird ein Absorptionsspektrum aufgenommen. Dasselbe geschieht mit verdünnten, wässrigen Patentblau V- sowie Brillantblau FCF-Lösungen.

#### Beobachtung:

Die Aufnahme von Absorptionsspektren dieser Farbstoffe in neutraler Lösung sowie der Probenlösung ergeben für Brillantblau FCF und für den zu identifizierenden Farbstoff identische Absorptionsmaxima bei 630 nm, wohingegen das Absorptionsmaximum für Patentblau V bei 639 nm liegt.

#### Deutung:

Im Herlitz-Magic Marker wird als blauer Farbstoff Brillantblau FCF verwendet.

## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“ Station 3: Identifizierung einiger Farbstoffe

### **Versuch 3.6: Bestimmung des Farbumschlagsbereichs vom unbekanntem gelben Farbstoff aus dem grünen Magic Marker (Herlitz, lilafarbener Ring)**

#### Geräte und Chemikalien:

Tropfpipetten, 2 Papierchromatogramme vom grünen Magic Marker (lilafarbener Ring, Herlitz) auf Whatman-Rundfilter, 3 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Pufferlösungen (pH 7, 8 und 9), Brillantgelb

#### Versuchsdurchführung:

Durch Auftropfen einer Lauge auf die gelben Bereiche des Papierchromatogramms kann festgestellt werden, dass der gelbe Farbstoff nach rot umschlägt. Dieser Farbwechsel kann durch Ansäuern umgekehrt werden. Zur ungefähren Bestimmung des Umschlagsbereichs werden verschiedene Pufferlösungen (pH 7-9) aufgetropft. Zum Vergleich werden wenige Kristalle Brillantgelb in 2 mL der jeweiligen Pufferlösung gelöst.

#### Beobachtung:

Wie der Abb. zu entnehmen ist, liegt der Umschlagsbereich dieses Indikators zwischen pH 7 und pH 9. Sehr ähnliche Ergebnisse werden mit Brillantgelb erhalten.



Abb.: Ausschnitt aus dem Papierchromatogramm des grünen Herlitz-Stiftes mit aufgetropften Pufferlösungen (links pH 7-, Mitte pH 8- und rechts pH 9-Pufferlösung)

#### Deutung:

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es sich bei dem gelben Farbstoff im Magic Marker um den Azofarbstoff Brillantgelb handeln könnte. Dies kann durch Aufnahme vergleichender Absorptionsspektren bestätigt werden.

## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“ Station 3: Identifizierung einiger Farbstoffe

### Versuch 3.7: Reduktion des gelben Farbstoffes aus dem grünen Magic Marker (Herlitz, lilafarbener Ring) im Farbstoffgemisch

#### Geräte und Chemikalien:

Herlitz-Stift (grüner Stift mit Farbwechsel nach lila), Kneifzange, 10-mL-Messzylinder, Spatel, 50-mL-Erlenmeyerkolben, 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Tropfpipetten, Salzsäure,  $c(\text{HCl}) = 0,01 \text{ mol/L}$ , Natriumdithionit

#### Versuchsdurchführung:

Der Tintenspeicher wird aus dem Herlitz-Stift genommen (dieser muss hierbei z. B. mit einer Kneifzange zerbrochen werden) und ein Tropfen des Farbstoffgemisches in 5 mL dest. Wasser gegeben. Die Lösung wird auf zwei Reagenzgläser aufgeteilt. Danach wird eine Lösung aus 5 mL der Salzsäure sowie 0,25 g Natriumdithionit hergestellt. 5-10 Tropfen dieser Lösung werden in eines der Reagenzgläser zur grünen Farbstofflösung gegeben.

#### Beobachtung:

Das Zutropfen der sauren Natriumdithionit-Lösung führt zur Blaufärbung der Lösung.

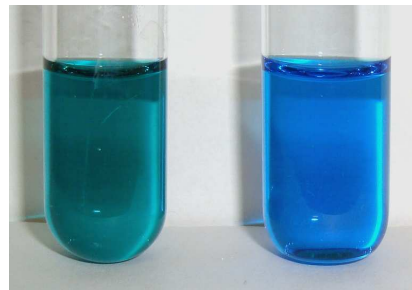


Abb.: Wässrige Farbstofflösung vor (links) und nach Zutropfen von saurer Natriumdithionit-Lösung

#### Deutung:

Die Blaufärbung zeigt an, dass der gelbe Farbstoff durch reduktive Spaltung (Entstehung von Aminen) zerstört wird. Dies kann durch Aufnahme von Absorptionsspektren bestätigt werden (vgl. nächster Versuch).

## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“ Station 3: Identifizierung einiger Farbstoffe

### Versuch 3.8: Aufnahme von Absorptionsspektren vor und nach der Reduktion des gelben Farbstoffes aus dem grünen Magic Marker (Herlitz, lilafarbener Ring) im Farbstoffgemisch

#### Geräte und Chemikalien:

Spektralphotometer, Küvetten, Tropfpipette, Salzsäure,  $c(\text{HCl}) = 0,01 \text{ mol/L}$ , Lösungen aus vorherigem Versuch

#### Versuchsdurchführung:

Von beiden Lösungen wird ein Absorptionsspektrum aufgenommen. (Gegebenenfalls muss die blaue Lösung ein wenig angesäuert werden, falls die Maxima > 406 nm gegeneinander verschoben sind.)

#### Beobachtung:

Die Absorptionsspektren der Lösungen vor und nach der Reaktion zeigen bestätigend an, dass der Peak bei 406 nm deutlich kleiner geworden ist. Gleichzeitig hat sich bei ca. 340 nm einer neuer Peak gebildet, der auf die Reduktionsprodukte von Brillantgelb zurückzuführen ist.

#### Deutung:

Brillantgelb wird reaktiv gespalten, die Reaktionsprodukte sind farblos.

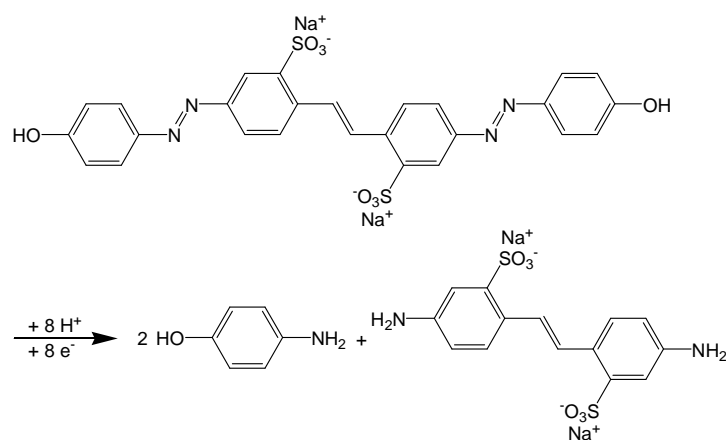


Abb.: Reduktive Spaltung von Brillantgelb



# Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“

## Station 4: Herstellung von Zaubermalern

### Versuch 4.1: Herstellung von Magic Marker

#### Geräte und Chemikalien:

Waage, 2 Wägeschälchen, Spatel, 5 kleine Schnappdeckelgläser (z. B. Höhe: 45 mm, Bodendurchmesser: ca. 20 mm), Fasermaler (der Fasermaler muss einen Tintenspeicher enthalten, der sich herausnehmen lässt, z. B. didago-Fasermaler), 2 50-mL-Bechergläser, Tropfpipetten, 25-mL-Messzylinder, Schlauchmaterial, Spritzen, Tintenlöschstift („Tintenkiller“), Ethylenglycol (gesundheitsschädlich, Xn), Lösungsvermittler LV 41 (erhältlich z. B. im Naturkosmetikhandel), Citronensäure (reizend, Xi), Malachitgrün (C.I.: 42000, gesundheitsschädlich, Xn; umweltgefährlich, N), Phenolrot (CAS-Nr.: 34487-61-1, reizend, Xi), Brillantgelb (C.I.: 24890), Acid Fuchsin (C.I.: 42685, reizend, Xi), Pyranin (C.I.: 59040, reizend, Xi), Methylblau (C.I.: 42780), Chinolingelb (C.I.: 47005, gesundheitsschädlich, Xn), Gelborange S (C.I.: 15985, reizend, Xi)

#### Versuchsdurchführung:

Zuerst müssen die Spitze und der Tintenspeicher herkömmlicher Fasermaler gereinigt werden. Um an den Tintenspeicher zu gelangen, muss der Schaft hinten geöffnet werden. Es sollte darauf geachtet werden, dass der Stift sowie der Verschluss beim Öffnen nicht beschädigt werden, um den späteren Zaubermaler zum Schutz vor Austrocknung wieder verschließen zu können. Der Tintenspeicher wird senkrecht unter fließendes Wasser gehalten und die Farbstoff-Lösung mit Hilfe eines Schlauchstücks ausgespült. Der Stift sollte dabei nur von einer Seite ausgespült und nicht umgedreht werden. Bei den verwendeten didago-Fasermalern ist die Reinigung des Tintenspeichers nach spätestens 1 min beendet. Dieser Vorgang kann jedoch bei Tintenspeichern anderer Marken länger dauern. Um die Spitze zu reinigen, wird durch die hintere Öffnung im Schaft Wasser gespült.

Herstellung der Lösungen:

1. In einem Becherglas werden 3,5 g Ethylenglycol als Feuchthaltemittel und 7,0 g Lösungsvermittler zur Verbesserung der Fließeigenschaften der Farbmittel gemischt
2. In einem zweiten Becherglas werden 0,75 g Citronensäure zur Vermeidung von Schimmelbildung im Fasermaler in 15 mL destilliertem Wasser gelöst. Anschließend wird diese Lösung unter ständigem Rühren in das erste Becherglas (Ethylenglycol/Lösungsvermittlergemisch) gegeben.

3. Nun werden je 2 mL dieser Lösung in fünf Schnappdeckelgläser mit folgenden Farbstoffen gegeben (die Mischungen sind fertig abgewogen) und durch kräftiges Schütteln so gut wie möglich vermischt:

Glas 1:	27 mg Acid Fuchsin und 50 mg Pyranin (Stift 1)
Glas 2:	45 mg Brillantgelb und 38 mg Phenolrot (Stift 2)
Glas 3:	30 mg Methylblau und 45 mg Chinolingelb (Stift 3)
Glas 4:	24 mg Malachitgrün und 50 mg Phenolrot (Stift 4)
Glas 5:	30 mg Methylblau und 46 mg Gelborange (Stift 5)

Anschließend wird jeweils ein gesäuberter Tintenspeicher, aus dem noch einmal das Wasser herausgedrückt wird, mit Hilfe einer Spritze und einem Stück Schlauch mit der Farbstofflösung befüllt.



Abb. 1: „Befüllen“ der Tintenspeicher

Die ausgewaschene Spitze wird kurz mit einem Papiertuch getrocknet und dann kurz in die Farbstofflösung gehalten – sie nimmt die Lösung sehr schnell auf. Jetzt wird der Tintenspeicher wieder in den Schaft gesteckt und der Stift verschlossen. Gelegentlich dauert es eine Weile bis der Stift wieder farbig malt. Die Farben werden dann mit einem Tintenkiller übermalt.

Beobachtung:

Die Abb. 2 zeigt die Versuchsergebnisse.



Abb. 2: Die Farben der Stifte 1-5, auf denen mit einem Tintenkiller gemalt bzw. geschrieben wurde.

Es ergeben sich somit die folgenden Farbveränderungen:

- Stift 1: von pink nach gelb-fluoreszierend
- Stift 2: von gelb nach pink-rot
- Stift 3: von grün nach gelb
- Stift 4: von grün nach pink
- Stift 5: von grau-braun nach orange

Es sei an dieser Stelle ergänzt, dass sich bei einigen Stiften die Farbveränderung in den ersten Minuten nach dem Übermalen noch intensiviert.

Deutung:

Die Stifte enthalten Farbstoffgemische, von denen eine oder mehrere Komponenten mit den Inhaltsstoffen des Tintenkillers reagieren, während andere auch nach dem Übermalen unverändert vorliegen. Bei Acid Fuchsin (Stift 1), Methylblau (Stifte 3 und 5) und Malachitgrün (Stift 4) handelt es sich um Triphenylmethanfarbstoffe, die bei Addition von Hydrogensulfit-Ionen am zentralen C-Atom in den farblosen Zustand überführt werden (Abb. 3). Die Anlagerung des Hydrogensulfit-Ions führt dazu, dass das große System delocalisierter Elektronen unterbrochen wird, da das zentrale C-Atom nun vier Einfachbindungen aufweist. Somit können sich die Elektronen nicht mehr über das ganze Molekül verteilen und der Stoff verliert seine Farbigkeit, da er nicht mehr mit dem sichtbaren Licht in Wechselwirkung treten kann.

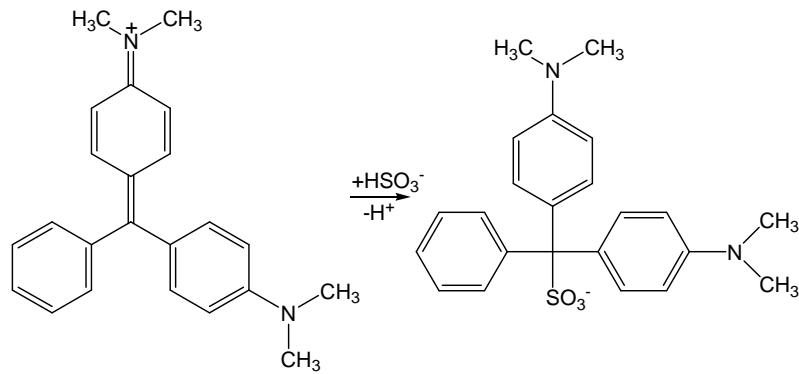


Abb. 3: „Löschen“ der Farbe eines Triphenylmethanfarbstoffes am Beispiel von Malachitgrün

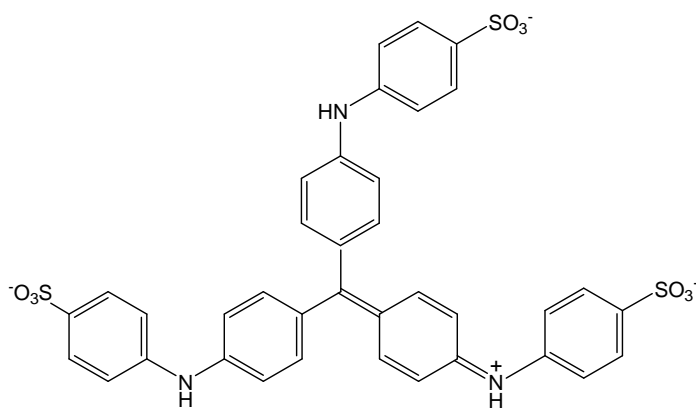


Abb. 4: Methylblau

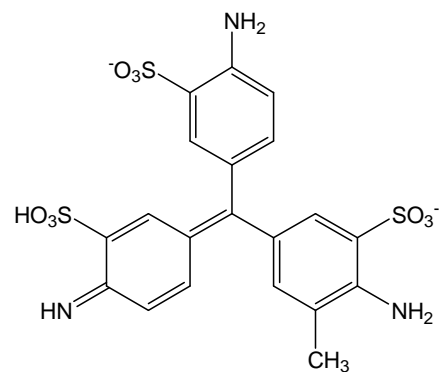


Abb. 5: Acid Fuchsin

In Stift 1 wird demnach die Farbe Pink (Acid Fuchsin) gelöscht. Gleichzeitig ändert sich die Farbe des zweiten enthaltenen Farbstoffs, des Pyranins, durch Deprotonierung seiner Hydroxid-Gruppe von farblos nach gelb-fluoreszierend (Abb. 6).

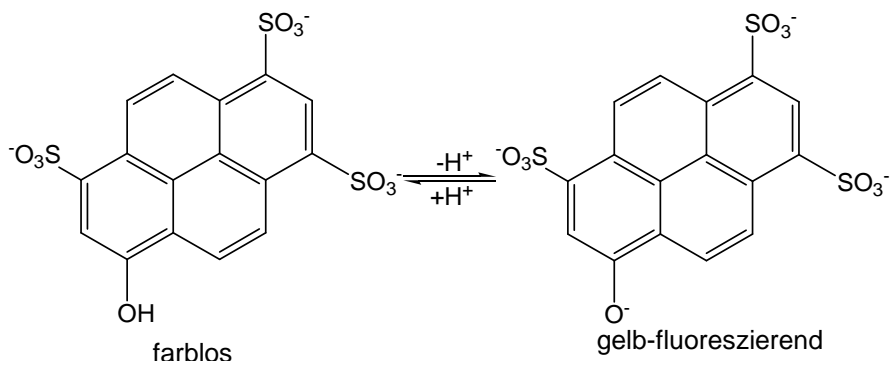


Abb. 6: Der Fluoreszenzfarbstoff Pyranin

In Stift 2 ist mit Phenolrot ein besonderer Triphenylmethanfarbstoff enthalten, und zwar ist Phenolrot die Basisverbindung der so genannten Sulfonphthaleine. Phenolrot (Abb. 7) geht durch Deprotonierung der Hydroxy-Gruppe vom gelben in den rotvioletten Zustand über – ebenso wie beim zweiten Inhaltsstoff von Stift 2, dem Azofarbstoff Brillantgelb (Abb. 8).

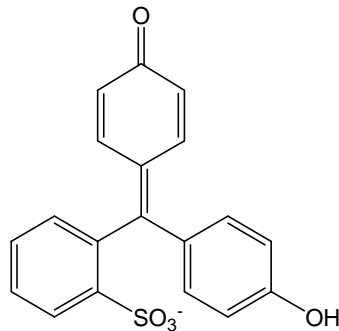


Abb. 7: Phenolrot im pH-Wert-Bereich 1-7,3

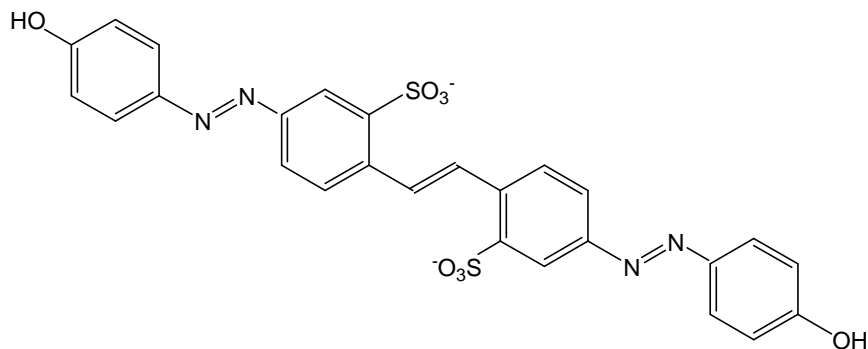


Abb. 8: Brillantgelb

Grundsätzlich hätte demnach schon einer der beiden Stoffe für einen Farbwechsel ausgereicht, die Kombination beider Farbstoffe ergibt jedoch, wie die experimentellen Untersuchungen gezeigt haben, strahlendere Farben.

Stift 3 malt aufgrund der Mischung von Methylblau und Chinolingelb mit grüner Farbe. Nach dem Übermalen mit dem Tintenkiller bleibt nur die gelbe Farbe des Chinolinfarbstoffs Chinolingelb erhalten, die blaue Farbe von Methylblau wird „gelöscht“ (vgl. oben).

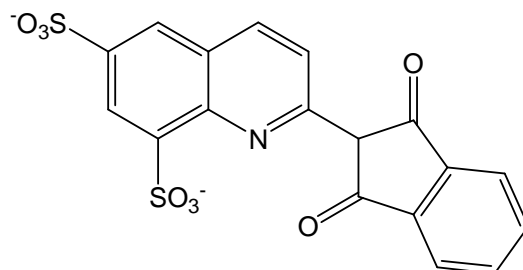


Abb. 9: Chinolingelb

In den Farbstoffgemischen von Stift 4 und 5 wird Malachitgrün bzw. Methylblau durch Bildung der Hydrogensulfit-Addukte jeweils in den farblosen Zustand überführt, Phenolrot vollzieht den oben beschriebenen Farbwechsel und der Azofarbstoff Gelborange bleibt unverändert (Abb. 10).

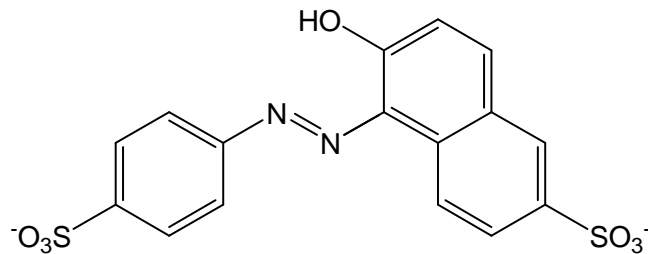


Abb. 10: Gelborange S

Die so hergestellten Stifte können über Monate aufbewahrt werden, ohne dass sich der Farbwechseleffekt abschwächt.

Ergänzung:

Weitere Farbkombinationen:

- Stift (a) 35 mg Ethylgrün und 35 mg Pyranin
- Stift (b) 28 mg Kiton Red S und 52 mg Guinea Green B
- Stift (c) 20 mg Malachitgrün und 43 mg Brillantgelb
- Stift (d) 40 mg Bromthymolblau
- Stift (e) 24 mg Brillantgelb, 30 mg Wasserblau und 15 mg Acid Fuchsin

## Lehrerfortbildung „Colour Changing Markers“ Station 4: Herstellung von Zaubermalern

### Versuch 4.2: Herstellung eines Magic Pen

#### Geräte und Chemikalien:

Waage, Spatel, Tropfpipetten, Glasstab, kleines Schnappdeckelgläschen, herkömmlicher Fasermarker (vgl. Versuch), Zaubermarker aus vorherigem Versuch, Natriumsulfit  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , Kaliumcarbonat  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (reizend, Xi), Ethylenglycol (gesundheitsschädlich, Xn), dest. Wasser

#### Versuchsdurchführung:

Zunächst werden Tintenspeicher sowie Stiftspitze eines handelsüblichen Fasermarkers gereinigt (vgl. vorheriger Versuch). Im Schnappdeckelglas wird eine Lösung aus 0,25 g Kaliumcarbonat, 0,3 g Natriumsulfit, 1,5 mL dest. Wasser und 0,25 g Ethylenglycol angesetzt und durch Schütteln vermischt. Der gereinigte Tintenspeicher wird für ca. 30 min in die Lösung gestellt und anschließend wieder in den Stift eingesetzt. Mit diesem Stift werden nun die Farben der Zaubermarker aus dem vorherigen Versuch übermalt.

#### Beobachtung und Deutung:

Die Wirkungsweise des selbst hergestellten Farbwechselstiftes ist in Abb. 11 zu sehen.



Abb. 11: Mit dem Farbwechselstift übermalte Farben der Stifte aus dem vorherigen Versuch

Zur Erklärung der chemischen Vorgänge, die zu den verschiedenen Farbwechseln führen, sei auf den vorherigen Versuch verwiesen.