

Chromatografie

Trennung von Stoffgemischen in Lösungen
aufgrund unterschiedlicher Wandergeschwindigkeiten

Beispielanwendungen

- **Forschung:** »Haben wir Verunreinigungen im Medikament?«
- **Lebensmittelanalytik:** »Ist in alkoholfreiem Bier Alkohol?«
- **Umweltanalytik:** »Ist dieses Gewässer mit Chemikalien belastet?«
- **Kriminaltechnik:** »Mit welchem Filzstift wurde dieser Zettel geschrieben?«
- **Sport:** »Hat dieser Athlet ein Doping-Mittel eingenommen?«



Wie kann man Stoffe trennen, die in einer gemeinsamen Lösung vorliegen?



Welche Farben sind in einem Filzstift?

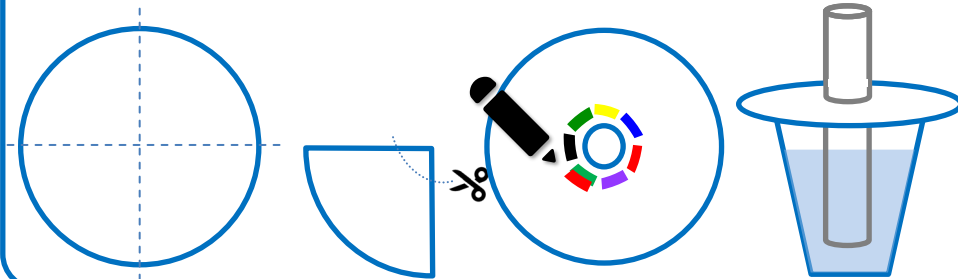
Ist ein schwarzer Filzstift
wirklich **SCHWARZ**?



Versuch: Papierchromatografie von Filzstiften

Material & Aufbau

4 Filterpapiere, 2 Plastikbecher, Filzstifte, Schere, Wasser, Baby-Öl, Trichter



Anleitung

- Falte das eine Filterpapier zweimal in der Mitte, so dass ein Viertelkreis entsteht. Schneide dann rund die Spitze ab (3-4mm) und entfalte den Kreis. Nun ist ein kleiner Kreis in der Mitte entstanden.
- Suche dir verschiedenen Filzstifte aus und male Striche rund um das Loch. Wenn du Lust hast kannst du auch Farben mischen.
- Rolle das andere Filterpapier zusammen und stecke es durch das Loch wie einen Strohhalm.
- Fülle den Becher zu $\frac{3}{4}$ mit Wasser und stülpe die Filterpapierkonstruktion so darüber, dass die Rolle ca. 2 cm in die Flüssigkeit eintaucht.
- Warte, bis sich die Flüssigkeit (fast) bis zum Rand des bemalten Filterpapiers gesogen hat.
- Entferne die Filterpapiere aus der Flüssigkeit und nimm sie wieder auseinander. Lass das Filterpapier für die besten Ergebnisse trocknen.
- Wiederhole den Versuch mit Öl als Flüssigkeit. Dabei sollte das Loch im Filterpapier so klein wie möglich sein, sonst dauert es sehr lang.

Beobachtungen

Wie sind Filzstiftfarben zusammengesetzt?

Bestehen die einzelnen Filzstiftfarben jeweils aus nur einer Farbe? _____

Welche Farben kannst Du auf dem Filterpapier erkennen? _____

Welche Farbe wandert am langsamsten? _____
Welche am schnellsten? _____

Aus welchen Farben besteht die schwarze Filzstiftfarbe? _____

Mit welchem Laufmittel (Flüssigkeit) klappt der Versuch am Besten? _____

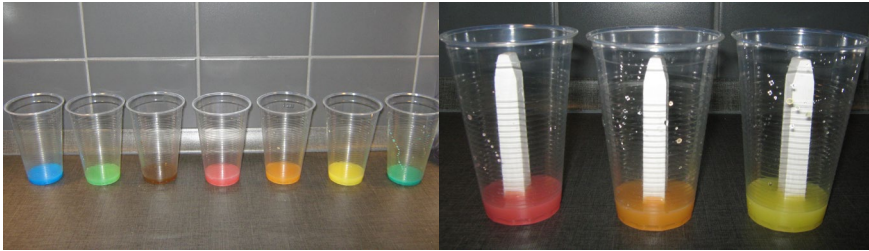
Schlussfolgerungen

Die Farbstoffe der Stifte sind gut in _____ löslich, in _____ aber nur schlecht. Deswegen kann man sie chromatografisch mit _____ als Laufmittel trennen. Die Farben bestehen aus verschiedenen Grundfarbstoffen, diese sind zum Beispiel in Druckerpatronen enthalten. Sie heißen _____, _____ und _____. Nach der Chromatografie kann man die einzelnen Farbstoffe wieder getrennt erkennen. Überlege, warum?

Versuch: Kreidechromatografie mit M&Ms

Material & Aufbau

4 Plastikbecher, je 3 M&M's von 4 Farben, 4 Tafelkreiden,
1 Teelöffel, Wasser



Anleitung

- Gib ein paar M&Ms in die Becher, immer nur gleichfarbige zusammen
- Gieße etwas Wasser hinzu (1cm hoch) und rühre um, bis sich der Farbstoff von den M&Ms gelöst hat
- Entferne nach Möglichkeit die M&Ms aus dem Wasser
- Du hast nun Extrakte hergestellt, die alle wasserlöslichen Bestandteile aus der bunten Oberfläche enthalten
- Stelle jeweils eine weiße Tafel-Kreide hinein, sodass die Flüssigkeit in ihr hochsteigt
- Wenn die Flüssigkeit fast bis zum oberen Ende der Kreide gestiegen ist, kannst Du sie herausnehmen
- Vergleiche die verschiedenen Kreidestücke miteinander
- Mische zwei verschiedene M&Ms (z.B. gelb und blau) und führe den Versuch erneut durch

Beobachtungen

Welche Farben waren in der Mischung enthalten?

Bestehen die einzelnen M&M-Farben
jeweils aus nur einer Farbe? _____

Welche Farben kannst Du in der Kreide
mit der Mischung wiederfinden? _____

Welcher Farbstoff wandert am weitesten
nach oben? _____

Sind die Farbstoffe die gleichen wie in
den Filzstiften? _____

Was passiert wenn du zwei Farben
mischst? _____

Schlussfolgerungen

Die bunten Überzüge von M&Ms sind gut in _____ löslich,
deswegen kann man sie damit gut extrahieren. Anschließend kann
man sie chromatografisch trennen, z.B. in einem Stück _____ oder
mit einem Streifen Pappe. Trennt man eine Mischfarbe, kann man die
einzelnen Farbstoffe übereinander als _____ erkennen. Dann
weiß man, welche Farbstoffe in der Mischung enthalten sind. Filzstifte
und M&Ms haben _____ Grundfarbstoffe.

Versuch: Chromatografie von Chlorophyll

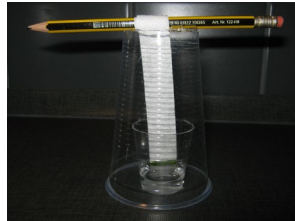
Chlorophyll – Farbstoffe in Pflanzen

Pflanzen brauchen ihre grünen Farbstoffe nicht nur um hübsch auszusehen, Chlorophyll spielt eine entscheidende Rolle bei der Photosynthese. Dabei wandeln Pflanzen Wasser und Kohlenstoffdioxid in Sauerstoff und Zucker um. Die beiden Chlorophylle a und b helfen dabei, das Kohlenstoffdioxid in der Zelle zu binden. Außerdem gibt es weitere Farbstoffe im Blatt. Nicht alle Blätter enthalten gleich viel von den verschiedenen Farbstoffen. Wenn die Blätter im Herbst gelb und rot werden, enthalten sie immer weniger Chlorophyll (grün) und irgendwann nur noch Carotin (orange/gelb) und Xanthophyll (rot/orange/gelb).

- Fülle Isopropanol in den kleinen Becher (etwa 1 cm hoch), beschrifte ihn und stelle ihn in den großen Becher.
- Befestige den Filterstreifen oben an einem Stift. Wenn der Stift quer über dem abgeschnittenen Becher liegt soll der Filterstreifen in das Isopropanol eintauchen, der grüne Streifen soll aber darüber bleiben (siehe Abbildung).
- Beobachte wie die Flüssigkeit hochwandert und entferne den Streifen erst, wenn nur noch klare Flüssigkeit und keine Farbstoffe mehr am Filterpapier hochwandern.

Material & Aufbau

Blätter, Münze, Stift, Schere, Kaffeefilterpapier, Becher, Mini-Becher



Beobachtungen

	Mit Wasser	Mit Isopropanol
Wie viele unterschiedliche Streifen siehst du?	_____	_____
Welche Farben gibt es?	_____	_____
Welche Farbe ist am meisten vorhanden?	_____	_____

Anleitung

- Sammle ein paar Blätter (möglichst grün und „saftig“)
- Schneide das Filterpapier in lange Streifen.
- Leg den Filterstreifen auf ein Blatt und rolle etwa 1,5 cm vom Ende des Streifens mit einer Münze darüber, so dass ein grüner Streifen entsteht. Wiederhole das an mehreren Stellen auf dem Blatt, bis der Streifen dick beschichtet ist.
- Schneide den Boden vom Plastikbecher ab und drehe ihn auf den Kopf.

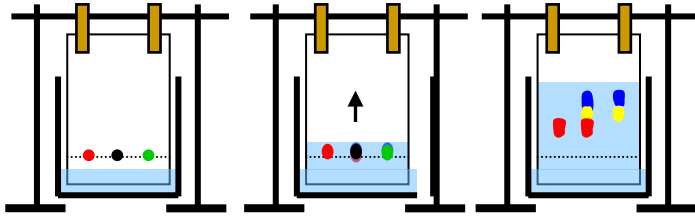
Schlussfolgerungen

Die grünen Pflanzenbestandteile sind in _____ löslich, in _____ aber nicht. Deshalb trennen sich die Farbstoffe nur mit _____ als Laufmittel auf. Es ist nicht einfach nur Chlorophyll im Extrakt, sondern _____ Arten Chlorophyll sowie mehrere andere farbige Substanzen, die alle unterschiedlich schnell durch das Filterpapier gezogen werden. Diese Substanzen sind _____ a, _____ b, _____ und _____.

Aus dem Griechischen:
chromos: Farbe
graphein: schreiben

Chromatografie

Chromatografie ist ein Trennverfahren. Die Probe, die getrennt werden soll, wird in einer Flüssigkeit (z. B. Wasser) gelöst, die durch ein saugfähiges Material mit besonderen Trenneigenschaften fließt (z. B. Filterpapier). Die Bestandteile der Lösung wandern unterschiedlich schnell durch das Material, weil sie verschieden stark daran »haften«. Mit einem geeigneten Detektor können sie dann gemessen werden (z.B. Photometer).



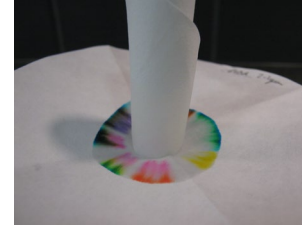
Flussbett als Veranschaulichung

So wie Kiesel in einem reißenden Fluss: Die Strömung spült den feinen leichten Sand schnell fort, während größere Steine aufgrund ihres Gewichts nur langsam vorankommen.



Papierchromatografie

Wenn man mit Filzstift auf ein Filterpapier malt, und dieses mit einem Ende in eine Flüssigkeit stellt, wandert die Flüssigkeit durch das Papier und zieht die Farbstoffe aus dem Filzstift teilweise mit sich.



Kreidechromatografie

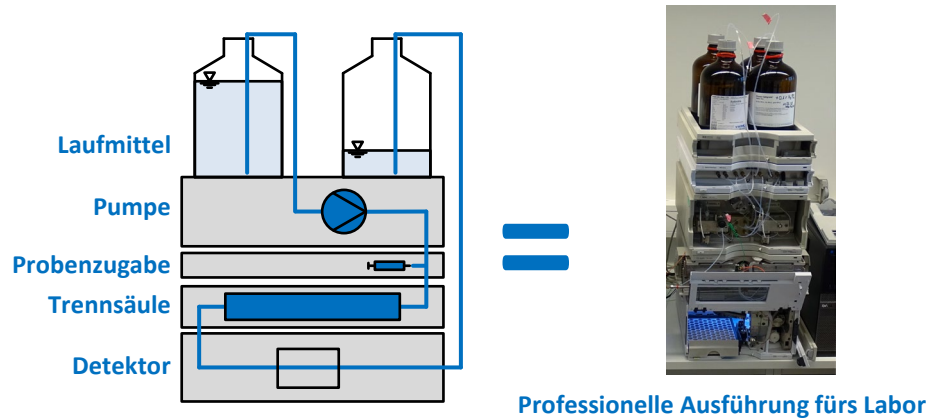
Die Kreide besteht aus vielen kleinen Partikeln, die fest zusammengepresst wurden. Das Wasser kann sich nun daran hochziehen und nimmt die löslichen Bestandteile mit. Das könnte ewig so weitergehen, würde nicht die Schwerkraft dem ganzen entgegenwirken. Deshalb bleiben die schweren/großen Partikel zuerst »stecken«, während das Wasser noch weiter an der Kreide hochklettert.

Anwendungsbeispiele in der Chemie

- Zur Analytik:
 - Wie viel Ausgangsstoff ist noch in der Probe bzw. wie viel Produkt ist bereits entstanden?
 - Sind Verunreinigungen oder Nebenprodukte entstanden?
- Zur Produktion:
 - Um unterschiedliche Produkte von einander zu trennen

Die HPLC = Hochleistungsflüssigkeitschromatografie

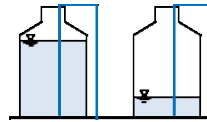
High Performance Liquid Chromatography



Das Laufmittel

Das **Laufmittel** ist die sogenannte „**mobile Phase**“ und fließt ständig durch ein festes, feinporiges Trägermaterial in der Trennsäule.

Nur zu einem Zeitpunkt wird die Probe in das Laufmittel gespritzt. Die verschiedenen Moleküle in der Probe gehen Wechselwirkungen mit dem Trägermaterial ein, also haften daran und lösen sich wieder ab. Je stärker die Wechselwirkungen, desto mehr werden die Substanzen auf ihrem Weg aufgehalten, wandern also umso langsamer. Die Probe muss im Laufmittel löslich sein, weshalb es unterschiedliche Laufmittel gibt wie z.B. Isopropanol bei Chlorophyll. Für jede Trennaufgabe muss ein geeignetes Laufmittel gefunden werden.



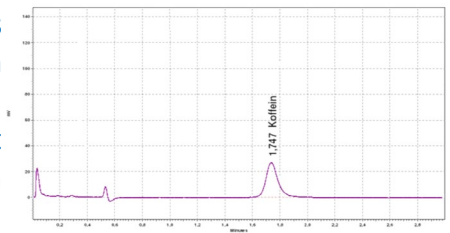
Die Trennsäule

Die **Trennsäule** besteht aus einem Rohr, das mit feinen Körnern, der sogenannten „**stationären Phase**“, gefüllt ist. Die Körner in der Säule können je nach Aufgabe aus ganz unterschiedlichen Materialien, wie reinem Sand oder Kunststoffen, bestehen. Sie werden so gewählt, dass die verschiedenen Stoffe aus der Probe unterschiedlich stark an ihnen haften, sich durch das Laufmittel aber auch wieder ablösen. Daher erreichen die verschiedenen Substanzen den Detektor am Ende der Säule zu verschiedenen Zeiten (die Retentionszeiten).

Der Detektor

Der **Detektor** am Ende der Trennsäule macht die Trennung messbar und auf einem Diagramm sichtbar. Der Detektor misst eine Eigenschaft von dem, was gerade an ihm vorbeifließt. Das kann je nach Art des Detektors z. B. die Farbe* oder die elektrische Leitfähigkeit sein, jedenfalls eine Eigenschaft, in der sich Probe und Laufmittel unterscheiden. Fließt nur das Laufmittel am Detektor vorbei, so wird nichts oder nur ein kleiner Wert gemessen. Je mehr von der Substanz am Detektor ankommt, desto größer ist der Messwert. Diese sind auf dem Diagramm als Berge erkennbar.

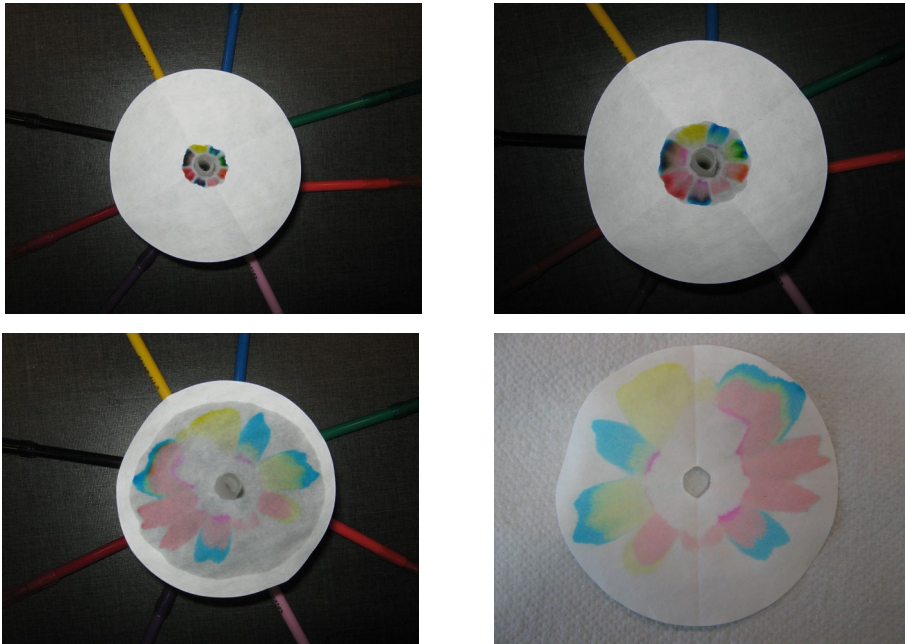
Aus der Höhe oder der Fläche des Berges kann die Konzentration in der Probe berechnet werden. Dazu wird das Diagramm mit Diagrammen bekannter Stoffe in bekannter Konzentration verglichen.



Beispiel eines Chromatogramms

* genaueres siehe Photometer-Karten

Versuch: Papierchromatografie von Filzstiften



Beobachtungen

Wie sind Filzstiftfarben zusammengesetzt?

Bestehen die einzelnen Filzstiftfarben jeweils aus nur einer Farbe? nein

Welche Farben kannst Du auf dem Filterpapier erkennen? pink(rot), gelb, blau

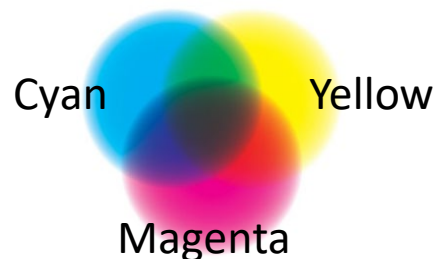
Welche Farbe wandert am langsamsten? rot
Welche am schnellsten? blau

Aus welchen Farben besteht die schwarze Filzstiftfarbe? aus allen (pink+blau+gelb)

Mit welchem Laufmittel (Flüssigkeit) klappt der Versuch am Besten? Wasser



Farben beim Drucken oder Tuschen können aus mehreren Farben zusammengesetzt sein (»Subtraktive Farbmischung«)

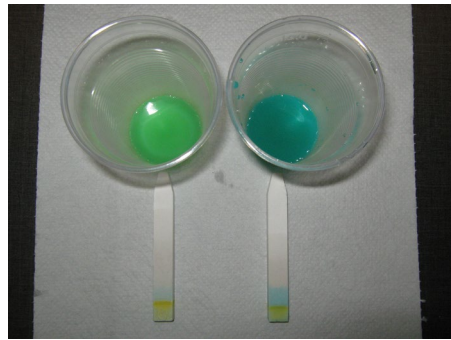
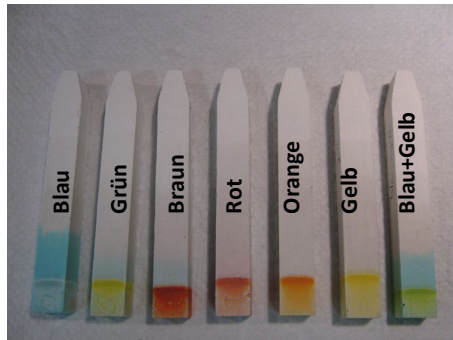
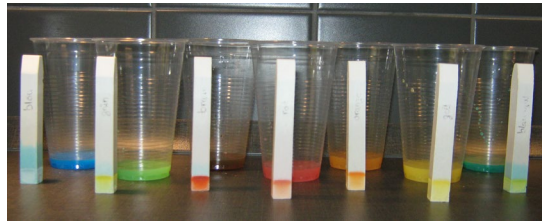


<http://i0.wp.com/fredhatt.com/blog/wp-content/uploads/2012/08/fredhatt-2012-rgb-additive-color.jpg>

Schlussfolgerungen

Die Farbstoffe der Stifte sind gut in Wasser löslich, in Öl aber nur schlecht. Deswegen kann man sie chromatografisch mit Wasser als Laufmittel trennen. Die Farben bestehen aus verschiedenen Grundfarbstoffen, diese sind zum Beispiel in Druckerpatronen enthalten. Sie heißen Magenta, Cyan und Yellow. Nach der Chromatografie kann man die einzelnen Farbstoffe wieder getrennt erkennen. Überlege, warum?

Versuch: Kreidechromatografie mit M&Ms



Farbstoffmischungen

Die Farben, die wir sehen, sind die Anteile des Lichtspektrums, die von einem Stoff reflektiert (zurückgestrahlt), also nicht absorbiert (aufgenommen) werden. Schwarz erscheint uns etwas, das fast alle Farben absorbiert und fast keine reflektiert. Die Grundfarbstoffe werden beim Mischen nicht zu einem neuen Farbstoff umgewandelt, sondern überlagern sich in der gemischten Farbe, sodass man die Mischfarbe sieht. Die Farbpartikel haben unterschiedlich starke Haftungskräfte, weshalb sie an verschiedenen Stellen an dem Filterpapier oder an der Kreide hängen bleiben. Deswegen kann man sie danach wieder auftrennen.

Beobachtungen

Welche Farben waren in der Mischung enthalten?

Bestehen die einzelnen M&M-Farben jeweils aus nur einer Farbe? nein

Welche Farben kannst Du in der Kreide mit der Mischung wiederfinden? blau, gelb, lila, orange

Welcher Farbstoff wandert am weitesten nach oben? blau

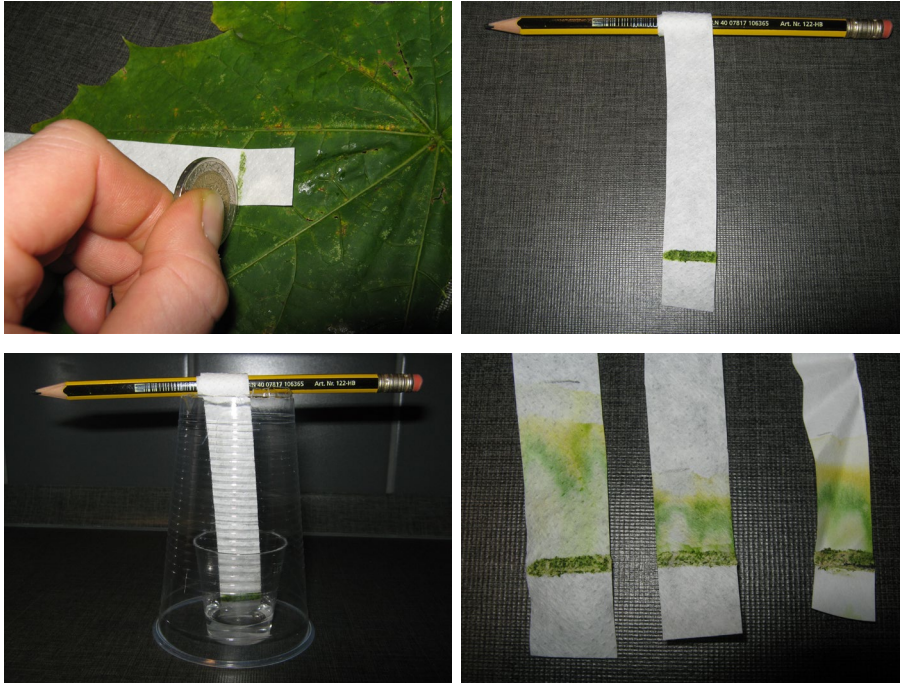
Sind die Farbstoffe die gleichen wie in den Filzstiften? nein

Was passiert wenn du zwei Farben mischst? sie trennen sich wieder auf

Schlussfolgerungen

Die bunten Überzüge von M&Ms sind gut in Wasser löslich, deswegen kann man sie damit gut extrahieren. Anschließend kann man sie chromatografisch trennen, z.B. in einem Stück Kreide oder mit einem Streifen Pappe. Trennt man eine Mischfarbe, kann man die einzelnen Farbstoffe übereinander als Streifen erkennen. Dann weiß man, welche Farbstoffe in der Mischung enthalten sind. Filzstifte und M&Ms haben verschiedene Grundfarbstoffe.

Versuch: Chromatografie von Chlorophyll



Beobachtungen

	Mit Wasser	Mit Isopropanol
Wie viele unterschiedliche Streifen kannst du erkennen?	<u>einen</u>	<u>vier</u>
Welche Farben gibt es?	<u>grün</u>	<u>grün, hellgrün, orange, gelb</u>
Welche Farbe ist am meisten vorhanden?	<u>grün</u>	<u>vom Blatt abhängig</u>

Schlussfolgerungen

Die grünen Pflanzenbestandteile sind in Alkohol löslich, in Wasser aber nicht. Deshalb trennen sich die Farbstoffe nur mit Isopropanol als Laufmittel auf. Es ist nicht einfach nur Chlorophyll im Extrakt, sondern 2 Arten Chlorophyll sowie mehrere andere farbige Substanzen, die alle unterschiedlich schnell durch das Filterpapier gezogen werden. Diese Substanzen sind Chlorophyll a, Chlorophyll b, Carotin und Xanthophylle.