

■ Zauberei im Schulmäppchen

Hinter radierbaren Tintenrollern und Textmarkern sowie magischen Farbstiften steckt interessante Wissenschaft.

Wenn nach den Sommerferien die aufgeregten Abc-Schützen erstmals die Schule betreten, dürften einige davon neben klassischen Blei- und Buntstiften auch wahre Zauberstifte im Mäppchen haben. Manch ein Stift wechselt seine Farbe, wenn das Kind mit einem „Magic Pen“ darüber malt. So wird aus Grün plötzlich Orange oder aus Rot ein leuchtendes Gelb. Andere Stifte hinterlassen Geschriebenes, das sich im Handumdrehen „wegrubbeln“ lässt. Wie das funktioniert, ist den Kindern meist egal. Doch was steckt dahinter?

Im Magic Pen – dem weißen Stift, der die Farbänderungen hervorruft – steckt weniger Magie als clevere Chemie. Tatsächlich handelt es sich um einen simplen Tintenkiller – im Fachjargon weniger martialisch Tintenlöschstift genannt. Dieser enthält Wasser, ein Reduktionsmittel sowie Natriumcarbonat und damit Soda. Aufgrund des Gleichgewichts von Carbonat und Hydrogencarbonat bilden sich in der Lösung Hydroxid-Ionen, sie ist also alkalisch. Beim Reduktionsmittel handelt es sich um ein Gemisch aus Natriumsulfit und Natriumdithionit. Eine Redoxreaktion sorgt für die Entfärbung.

Füllertinte besteht aus Wasserblau, manchmal auch Methylblau oder aus einem Gemisch der beiden – beides sind Triphenylmethanfarbstoffe mit demselben Grundkörper. Beim Löschen lagert sich das Sulfit-Ion aus dem Tintenkiller an das zentrale C-Atom, das nun vier



Zauberhafte Malerei: Ein Tintenkiller lässt eine farbige Sonne oder ein lachendes Gesicht in der Fläche selbstgemixter Zaubertinte erscheinen.

Einfachbindungen hat. Dadurch wird das große mesomere System delokalisierte Elektronen, das sich vorher über das gesamte Molekül erstreckte, zerstört. Das Farbmolekül verliert dabei die Fähigkeit, mit sichtbarem Licht in Wechselwirkung zu treten – es wird farblos. Dieser Prozess ist irreversibel.

Etwas komplizierter funktionieren die eigentlichen Zaubermaler, deren Farben meist aus Mischungen mehrerer Farbstoffe bestehen. Malt man nun mit dem Magic Pen über eine der Farben, tut sich Erstaunliches. Manche Farben verändern sich, andere verschwinden (Abb. 1). Dabei sind unterschiedliche chemische Prozesse im Gange. Der blaue Stift fluoresziert beispielsweise beim Übermalen gelb, weil seine Tinte den gelben Fluoreszenzfarbstoff Pyranin enthält. Pyranin ist zunächst farblos und entfaltet seine gelbe Fluoreszenz beim Übermalen mit dem alkalischen Magic Pen. Dafür sorgt eine OH-Gruppe, die durch die

Reaktion mit den Hydroxid-Ionen deprotoniert wird. Dadurch kann das Molekül-Ion mit sichtbarem Licht wechselwirken. Gleichzeitig wird der Triphenylmethanfarbstoff Wasserblau in den farblosen Zustand überführt. Dafür sind wie oben beschrieben die Sulfit-Ionen verantwortlich, die sich an das zentrale Kohlenstoffatom des Wasserblau-Molekül-Ions anlagern.

Zaubermaler lassen sich auch selbst herstellen. Dazu nimmt man einen gelben Textmarker von Herlitz, Pelikan oder Faber Castell – diese Fabrikate enthalten den Fluoreszenzfarbstoff Pyranin. Mit einer Zange wird das hintere Ende des Textmarkers geöffnet und die Mine herausgenommen. Eine Mischung aus 0,5 ml der gelben Farbstofflösung und 2 ml blauer Tinte ist zunächst grün. Durch den Zusatz von 0,1 g Zitronensäure (z. B. Schnell-Entkalker) ändert sich die Farbe zu tiefblau. Beim Übermalen mit einem Tintenkiller erstrahlt eine gelb-fluoreszierende Farbe.

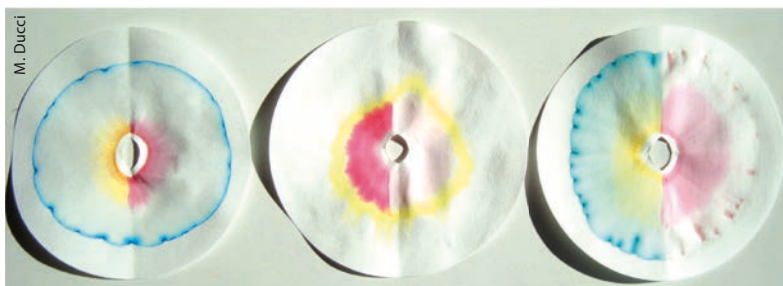


Abb. 1 Bei den drei Papierchromatogrammen mit Tinte aus Zauberstiften ist jeweils die rechte Hälfte mit dem Magic Pen übermalt.

Stifte für Piloten

Nicht weniger magisch sind die Frixion-Stifte von Pilot, deren Farbe wie von Zauberhand verschwindet, wenn man mit dem Gummipippen am hinteren Ende des Stifts über das Geschriebene rubbelt. Die so genannte Metamo-Tinte hat das japanische Unternehmen in drei Jahrzehnten Forschung entwickelt. Dabei handelt es sich um eine ther-

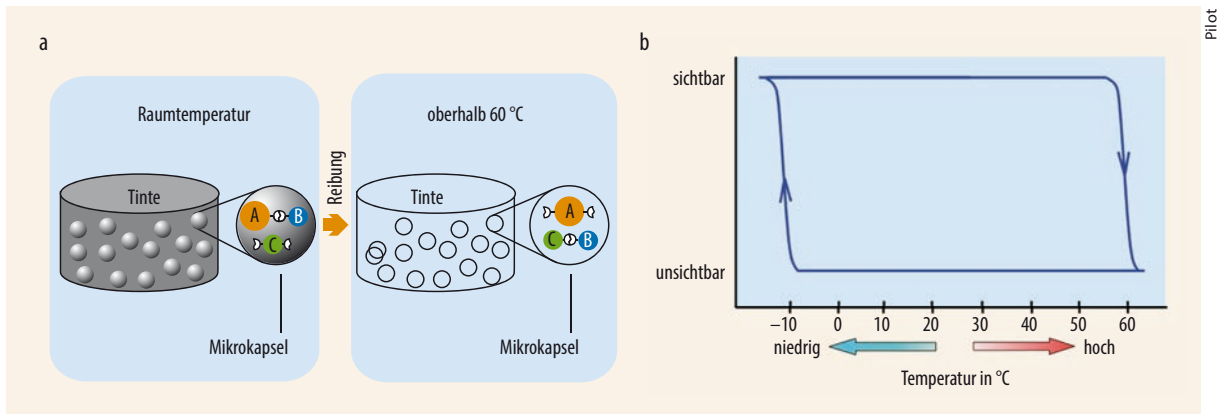


Abb. 2 Die Tinte in Pilotstiften enthält Mikrokapseln, in denen sich drei Komponenten in Abhängigkeit von der Temperatur verschieden verhalten (a). Bei

Raumtemperatur verbinden sich Leukofarbstoff (A) und Farbwentwickler (B). Beim Erhitzen verhindert der Farbtemperaturregler (C) die Bindung, sodass die

Tinte ab 60 °C farblos erscheint (b). Sinkt die Temperatur danach wieder unter -10 °C ab, taucht die Farbe wieder auf.

mosensitive Tinte, die bei 65 °C verschwindet. Durch das Reiben entsteht genug Wärme, damit die Tinte ihre Farbe verliert.

Das Geheimnis der Metamotinte sind Mikrokapseln, welche die Pigmentierung bilden. Sie enthalten eine Mischung aus drei Substanzen – einen Leukofarbstoff, der zwischen farbigen und farblosen Zuständen wechseln kann, sowie einen Farbwentwickler und einen Farbtemperaturregler (Abb. 2). Der Leukofarbstoff in der Tinte bestimmt die Farbe, produziert sie aber erst, wenn er sich chemisch mit dem Farbwentwickler verbindet. Der Temperaturregler löst diese Verbindung ab einer bestimmten Temperatur und bindet seinerseits an den Farbwentwickler, wodurch der Leukofarbstoff wieder isoliert und farblos wird. Unter -10 °C verbinden sich Leukofarbstoff und Farbwentwickler wieder. Ver-

schiedene Regler ermöglichen Farbwechsel bei unterschiedlichen Temperaturen.

Der schwierigste Teil der Entwicklung war laut Unternehmen, einen geeigneten Temperaturbereich zu treffen. Anfangs war dieser so eng, dass die Farbe von selbst verschwand und wieder auftauchte. Solche Farben kommen beispielsweise bei Bechern zum Einsatz, die ein Muster zeigen, sobald sie mit einem kalten Getränk befüllt werden. Ein weiteres Problem war das Verkleinern der Kapseln, die zunächst nicht durch die Spitze des Tintenrollers passten. Erst 2005 gelang es dem Hersteller, seine Tinte zur Serienreife zu bringen. Mit 2 bis 3 µm messen die Partikel nun ein Vierzigstel des Durchmessers eines menschlichen Haars.

2006 eroberten die Frixion-Stifte den europäischen Markt und sind seitdem aus dem Schulmappchen

kaum noch wegzudenken. Doch Vorsicht: Die Tinte verschwindet zwar bei hohen Temperaturen, wird dabei aber nicht physisch gelöscht. Legt man das Papier ins Gefrierfach, erscheinen die gelöschten Schriftzüge wieder. Zur Unterzeichnung wichtiger Verträge eignen sich die Pilotstifte somit nur bedingt. Für die ersten Schreibübungen der neuen Grundschüler erweisen sie sich aber als ungemein praktisch, sind kleine Fehler damit doch im Handumdrehen weggerubbelt.

*

Ich danke Prof. Dr. Matthias Ducci von der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe für seine Unterstützung.

Bernd Müller