

Magisch bunte Klebestifte – Eine ungewöhnliche Anwendung von pH-Indikatoren und Polymeren

Andrea Altenähr, Paderborn, Dr. Herbert Sommerfeld, Bielefeld

Niveau: Sek. I (M 1, M 8, M 9); Sek. II: M 1–M 10

Dauer: Teil 1 (Struktur und Farbigkeit): 4 Unterrichtsstunden

Teil 2 (Farbstoffsynthese): 4 Unterrichtsstunden

Teil 3 (Wie funktioniert ein Klebstoff?): 3 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler¹ können ...

- den Austausch von Protonen als Donator-Akzeptor-Prinzip einordnen (Sek. I und II).
- die elektrophile Substitution an Benzolderivaten erklären.
- den Zusammenhang zwischen Farbigkeit und Molekülstruktur mithilfe des Mesomeriemodells (mesomere Grenzstrukturen) erläutern.
- vergleichend die Struktur ausgewählter organischer Farbstoffe und deren Einfluss auf die Farbigkeit erklären.
- die Synthese ausgewählter Verbindungen (Farbstoffe) erläutern.
- die Herstellung ausgewählter organischer Produkte (Farbstoffe) präsentieren.
- Nutzen und Risiken ausgewählter Produkte (Farbstoffe) unter vorgegebenen Fragestellungen beurteilen.

Der Beitrag enthält Materialien für:

- | | |
|---|---------------------------------|
| ✓ Schülerversuche | ✓ Fachübergreifenden Unterricht |
| ✓ Lehrerversuche mit Schülerbeteiligung | ✓ Hausaufgaben/Klausuraufgaben |

II/C

Hintergrundinformationen

Das vorliegende Material ermöglicht am Beispiel von handelsüblichen Klebestiften und einem Lippenstift, die jeweils eine überraschende Farbwechselfunktion haben, die **kompetenz- und kontextorientierte Erarbeitung des Mesomeriemodells** der Farbigkeit. Das Thema ist in den Kernlehrplänen der Qualifikationsphase verortet.

Bei allen Beispielen tritt durch pH-Änderungen, die entweder durch Kohlenstoffdioxid oder durch Hautfeuchtigkeit ausgelöst werden, eine deutliche Farbänderung ein – wie sie für **Säure-Base-Farbindikatoren** bekannt ist, so dass hier ein weiterer Themenkomplex angesprochen wird, der **für beide Sekundarstufen geeignet** ist.

Bei den Klebestiften wird die zunächst farbige, sichtbare Klebebahn entfärbt. Beim Lippenstift tritt eine deutliche Farbänderung ein, die vom individuellen pH-Wert der Haut abhängig ist.

Die Farbstoffbeispiele sind der Farbstoffklasse der Trimethylmethanfarbstoffe zuzuordnen. In den Klebestick-Produkten sind Pyrogallolphthalein oder Thymolphthalein enthalten, die strukturell dem bekannten Phenolphthalein sehr ähnlich sind. Im Lippenstift ist ein dem Fluorescein verwandter Xanthen-Farbstoff enthalten, der aber ebenfalls Strukturelemente eines Trimethylmethanfarbstoffes enthält.

¹ Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet. Schülerinnen sind genauso gemeint.

Durch pH-Wert-Änderungen kommt es jeweils zur Entstehung oder Auflösung eines Lactonrings bzw. einer chinoiden Struktur, die sich im Farbwechsel zeigen.

Die beiden letzten Materialien befassen sich mit den Grundlagen der Funktion von Klebstoffen. Dabei werden im Modellversuch und auf theoretischer Basis **Struktur-Eigenschafts-Beziehungen** (intermolekulare Wechselwirkungen) thematisiert. Konkret werden die Hauptbestandteile eines Klebestiftes, nämlich Wasser als Lösungsmittel und das Polymer Polyvinylpyrrolidon als Klebewirkstoff, unter die Lupe genommen.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Das Material setzt Kenntnisse der Themen „Säuren und Laugen“ und „Mesomerie“ voraus. Das Mesomeriemodell sollte in Grundzügen schon behandelt worden sein. Den Kontext für das Material stellen handelsübliche Klebestifte mit Farbwechselfunktion dar.

Das Material ist in **drei Teile** gegliedert: **M 1 bis M 3** thematisieren an zwei Beispielen den **Zusammenhang von Molekülstruktur und Farbigkeit**. **M 5** und **M 6** erarbeiten die **Farbstoffsynthese** der beiden Farbstoffbeispiele durch elektrophile Substitution. **M 7** ist als **Lernzielüberprüfung** konzipiert. **M 8** und **M 9** liegen außerhalb des Farbstoffschwerpunktes und befassen sich im Sinne der ganzheitlichen Erarbeitung der Klebestickfunktion mit dem am Klebevorgang beteiligten Lösungsmittel und dem Polymer unter Anwendung von einfachen **Struktur-Eigenschafts-Beziehungen**.

Die inhaltlichen Schwerpunkte (Teil I: „Struktur und Farbe“; Teil II: Farbstoffsynthesen) sind im Sinne einer **methodischen Differenzierung** so gestaltet, dass sie **wahlweise** experimentell oder materialgebunden erarbeitet werden können.

Außerdem sind die Materialien in den Teilen I und II so aufgebaut, dass beide Themen in den Schritten **1. Erarbeitung**, **2. Einübung** und **3. Lernzielüberprüfung** behandelt werden können.

Durchführung

Das Material **M 1** ist zum Einstieg in das Schwerpunktthema und zur Problemfindung **obligatorisch**. Der Farbwechsel wird problematisiert und eine erste Hypothese wird überprüft. Aus dem Ergebnis ergibt sich die Frage, ob eine Säure den Farbwechsel verursacht.

Mit **M 2a** und **M 2b** wird experimentell oder wahlweise mit **M 3** materialbasiert der Säureeinfluss auf die Struktur und Farbe erarbeitet. **M 2a/b** kann zur **Erarbeitung** und **M 3 als Anwendungsaufgabe** gestellt werden oder umgekehrt.

Mit **M 5a** und **M 5b** wird experimentell oder wahlweise mit **M 6** materialbasiert die Farbstoffsynthese erarbeitet. Die Hilfekarten **M 5/6** bieten eine Differenzierungs- und Unterstützungsmöglichkeit. Bis auf das Experiment sind die Materialien inhaltlich gleichwertig, so dass auch hier ein Material zur **Erarbeitung** und das zweite Material für eine **Anwendungsaufgabe** genutzt werden kann.

M 4 befasst sich mit einer **Bewertung** von Klebesticks mit Farbwechselfunktion unter wirtschaftlichen und gesundheitlichen Aspekten an einem realen Beispiel. Es kann fakultativ eingesetzt werden.

M 7 ermöglicht eine **Lernzielüberprüfung** der beiden Schwerpunktthemen am Beispiel eines Lippenstiftes mit Farbwechselfunktion.

M 8 und **M 9** befassen sich im Sinne einer **ganzheitlichen Erarbeitung** der Wirkungsweise des Klebesticks mit dessen Hauptbestandteilen – Wasser und dem Polymer Polyvinylpyrrolidon (PVP). In **M 8** wird in einem einfachen Experiment Wasser qualitativ nachgewiesen und dessen Anteil am Klebestick quantitativ bestimmt. In **M 9** wird ein **Modellversuch** gezeigt und die Funktion von Wasser und PVP beim Klebevorgang unter Thematisierung von Struktur-Eigenschafts-Beziehungen behandelt.

Die Farbfolie **M 10** zeigt Farbfotos von Beobachtungen, die bei der Anwendung der Klebestifte und des Lippenstiftes gemacht werden. Dadurch sind alle wichtigen Versuchsbeobachtungen zu M 1a und M 7, sowie teilweise für M 3 auch für Übungsstunden ohne Experimente verfügbar.

Klausur/Hausaufgabe/Vertiefungsaufgabe (optional):

Für Anwendungs- oder Hausaufgaben zu den Schwerpunktthemen sind **M 3 und M 6** geeignet. Für eine Lernzielkontrolle beider Schwerpunkte eignet sich **M 7**.

Hinweise zum fachübergreifenden Unterricht

Fachübergreifende Bezüge ergeben sich zu den Themen Gesundheit und Ökonomie in **M 4**.

Literatur

Fischer, Frank; Bauer, S.: Polyvinylpyrrolidon – Ein Tausendsassa der Chemie. Chemie in unserer Zeit 2009 (43) S. 376–383.

Dieser Artikel beleuchtet weitere interessante Einsatzmöglichkeiten des Polymers Polyvinylpyrrolidon und bietet Informationsmaterial für interessierte, leistungsstarke Schüler. Es können als Differenzierungsangebot weitere Kontexte aufgezeigt werden.

Beck, Horst: Ein Stift geht um die Welt. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 2004 (80) S. 43.

In diesem Artikel wird die spannende Verbindung von Lippenstift und Klebestift erläutert. Das Material kann beispielsweise für ein Kurzreferat eingesetzt werden.

Sieve, Bernhard u.a.: Chemische Vorgänge als Prozesse erfassen. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 2017 (160) S. 2.

Informationsbelege für die Darstellung von Reaktionsprozessen und Differenzierungsmaßnahme für leistungsstarke Schüler.

Uwe Hilgers und H. Wambach: Materialhandbuch Kursunterricht Chemie, Band 9: Leben mit Chemie. Aulis Verlag. Köln 2001. Material 4.23, S. 320f.

Ein didaktisch gut aufbereiteter Modellversuch mit Aufgaben und zusätzlichen Informationen zum Klebevorgang.

Jepsen, Dirk u.a.: Ökopol – Institut für Ökologie und Politik GmbH: Chemikalienauswahl und -anwendung in kleinen und mittelständischen Unternehmen – Analyse der Nachhaltigkeitsgrade, Umweltbundesamt Dessau-Roßlau 2014, S. 2ff. (online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/chemikalienauswahl-anwendung-in-kleinen>)

Belege für verwendete Informationen zum UHU-Klebestift „stic magic“.

Sicherheitsdatenblätter:

„Pfiffikus“ Material Safety Data Sheet, TimeTEX Hermedia Verlag, Riedenburg.

UHU stic magic: Online unter: http://www.uhu-profishop.de/downloads/dl/file/id/856/sicherheitsdatenblatt_msds_40267753_uhu_stic_magic_de_9.pdf

Internet

Informationen zu „magischen Lippenstiften“: <http://www.frauenzimmer.de/cms/ph-lippenstifte-veraendern-farbe-und-zaubern-den-individuellen-look-1740757.html>

Diese Internetseite enthält Informationsbelege für die „magischen Lippenstifte“.

Synthese von Fluorescein: http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP-0234Herstellung_von_Fluorescin.pdf

Fluorescein ist den in diesem Beitrag behandelten Farbstoffen strukturell sehr ähnlich. Aufgrund dessen kann analog die Synthese von Fluorescein thematisiert werden.

Bezugsquellen

Der **UHU-Klebestift „stic magic“** ist in allen Einkaufsmärkten, Schreibwarengeschäften, teilweise auch in Drogerien (z. B. Rossmann) erhältlich.

Den **Klebestift „Pfiffikus“** gibt es z. B. beim TimeTEX Hermedia Verlag online unter www.timetex.de (Artikel Nr. 10642; 0,80 €).

Der **Barry M Genie Lippenstift** von Barry M Cosmetics ist über das Internet (z. B. Amazon) für ca. 7,22 € erhältlich:

https://www.amazon.de/Barry-M-GLP-Cosmetics/dp/B00KOOXCNY/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1503427968&sr=8-1&keywords=barry+m+lippenstift

Den **magischen Lippenstift „Kiss the Frog“** erhalten Sie z. B. bei Rossmann für 1,95 €: <https://www.rossmann.de/produkte/essence/kiss-the-frog-lip-stick-01/4251232259759.html>

Den **magischen Lippenstift „Paris Memories Nr. 104“** erhalten Sie für 1,99 € z. B. hier: https://duftfeeling.de/Magic-Lippenstift-Paris-Memories-PH-Lippenstift-Farbe-104?googlede=1&gclid=EAlaQobChMIpubC9ezH1gIVERQbCh2a4Qv7EAOYAiABEGKhb_D_BwE

Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

⌚ D = Durchführungszeit LV = Lehrerversuch Fo = Folien FoVo = Folienvorlage

Alle Materialien sind als SV pro Gruppe zu sehen.

* Die **Gefährdungsbeurteilungen** finden Sie auf  **CD 62**.

M 1a	SV/LV	Der Klebestift „Pfiffikus“ ist magisch?	
	⌚ V: 1 min	<input type="checkbox"/> „Pfiffikus“-Klebestift der Firma TimeTEX	<input type="checkbox"/> Papierstreifen (weiß)
	⌚ D: 1 min		<input type="checkbox"/> Uhr mit Sekundenanzeige
M 1b	FoVo/Ab	Die Klebebahn wird farblos – kommt es auf die Luft an? (Differenzierungsaufgabe)	
M 2a	*SV/LV	„Pfiffikus“ mal violett, mal farblos – wie funktioniert das?	
	⌚ V: 5 min	<input type="checkbox"/> „Pfiffikus“-Klebestift der Firma TimeTEX 	<input type="checkbox"/> 3 Reagenzgläser mit Stopfen
	⌚ D: 15 min	<input type="checkbox"/> dest. Wasser	<input type="checkbox"/> Reagenzglasständer
		<input type="checkbox"/> Salzsäure (c = 0,1 mol/l und w = 37 %) 	<input type="checkbox"/> kleines Küchenmesser
		<input type="checkbox"/> Natronlauge (c = 0,1 mol/l) 	<input type="checkbox"/> 2 Einweg-Pipetten (3 ml)
		<input type="checkbox"/> Ammoniak-Lösung (w = 25 %)   	<input type="checkbox"/> für <i>Alternativ-Versuch</i> : 4 Papierstreifen (weiß)
			<input type="checkbox"/> Pinzette
			<input type="checkbox"/> Dokumentenkamera und Beamer (nur beim LV)
M 2b	FoVo/Ab	Magie des „Pfiffikus“ molekular betrachtet	
M 3	FoVo/Ab	Der Farbwechsel des „Stic magic“ blau – Magie oder Chemie?	
M 4	FoVo/Ab	„Stic magic“ pink – nützlich und gefährlich?	

M 5a	#SV/LV	„Pfiffikus“-Farbstoff nachgemacht – Herstellung von Pyrogallolphthalein
⌚ V: 10 min ⌚ D: 20 min	<input type="checkbox"/> Phthalsäureanhydrid (1 g) <input type="checkbox"/> Pyrogallol (2 g) <input type="checkbox"/> wasserfreies Zinkchlorid (4 g) <input type="checkbox"/> Natronlauge (c = 0,1 mol/l) <input type="checkbox"/> Salzsäure (c = 0,1 mol/l) <input type="checkbox"/> dest. Wasser	<input type="checkbox"/> 3 Reagenzgläser <input type="checkbox"/> Gasbrenner <input type="checkbox"/> Reagenzglasklammer <input type="checkbox"/> Reagenzglasständer <input type="checkbox"/> Waage <input type="checkbox"/> Spatel <input type="checkbox"/> Luftballon <input type="checkbox"/> Einweg-Pipette (3 ml)
M 5b	FoVo/Ab	Pyrogallolphthaleinsynthese des violetten „Pfiffikus“ – was läuft da ab?
M 5/6	Ab	Anlage: Hilfekarten für M 5b und M 6
M 6	FoVo/Ab	„Stic magic“ blau – Farbstoff theoretisch nachgemacht – Herstellung und Syntheseschritte von Thymolphthalein
M 7	Ab	Magischer Lippenstift zeigt Emotionen an?
M 8	SV/LV	Untersuchung weiterer Bestandteile eines Klebestifts
⌚ V: 10 min ⌚ D: 5 min (jeweils an 5 Tagen)	<input type="checkbox"/> „Pfiffikus“-Klebestift <input type="checkbox"/> Watesmo-Papier	<input type="checkbox"/> Petrischale <input type="checkbox"/> Filterpapier <input type="checkbox"/> kleines Küchenmesser <input type="checkbox"/> Waage <input type="checkbox"/> Gasbrenner <input type="checkbox"/> 1 Reagenzglas <input type="checkbox"/> Reagenzglasklammer <input type="checkbox"/> Pinzette
M 9	SV/LV	Warum klebt der Klebestift?
⌚ V: 3 min ⌚ D: 5 min	<input type="checkbox"/> Leitungswasser	<input type="checkbox"/> 2 Käme <input type="checkbox"/> große Petrischale <input type="checkbox"/> Pasteur-Pipette
M 10	Fo	Abbildungen: Versuchsbeobachtungen M 1, M 3 und M 7

Minimalplan

Ihnen steht nur wenig Zeit zur Verfügung? Dann lässt sich die Unterrichtseinheit auf **vier bis fünf Stunden** kürzen. Die Planung sieht dann wie folgt aus:

1. Stunde	M 1 (Problemaufwurf und erste Hypothesenüberprüfung)
2./3. Stunde	M 2a/b oder M 3 (Experiment und Material zum Zusammenhang von Struktur und Farbe)
4./5. Stunde	M 5a/b oder M 6 (Experiment und Material zur Farbstoffsynthese)
6. Stunde	Auswertungsstunde

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie auf Seite 20.

M 1b Die Klebebahn wird farblos – kommt es auf die Luft an? (Differenzierungsaufgabe)

© Andrea Altenähr



II/C

Aufgaben

- Führe** den Versuch aus M 1 durch. **Wiederhole** anschließend mit Anhauchen der Klebespur und **miss** dabei die Zeit!
- Hilf** dem Jungen, seine Beobachtung zu erklären:
 - Gib** die Gase **an**, die in ausgeatmeter Luft enthalten sind.
 - Erkläre**, welcher der enthaltenen Stoffe für das Phänomen verantwortlich ist.

Hinweis: Vergleiche mit reiner Luft. Der Klebestift enthält auch Wasser.

Mit diesem Klebestift „stic magic“ von UHU® wurde ein weiterer Versuch durchgeführt: In mehreren Erlenmeyerkolben wurde eine frische Klebebahn verschiedenen Gasen ausgesetzt. Die Zeiten bis zur kompletten Entfärbung wurden gemessen:

Kolben gefüllt mit CO₂
oder N₂ oder Propangas
oder Erdgas



Papierstreifen
(weiß) mit Klebstoffprobe

Kohlenstoffdioxid- Atmosphäre	Propangas-/ Erdgas- oder Stickstoff-Atmosphäre	Luft
Entfärbung nach ca. 10 s	Keine Entfärbung	Entfärbung ca. 60 s

Aufgabe

- Erläutern** Sie die Versuchsergebnisse.

Hinweis: Der Klebestift enthält ca. $w = 60\%$ Wasser.

M 2a „Pfiffikus“ mal violett, mal farblos – wie funktioniert das?

Auf dem in M 1 untersuchten „Pfiffikus“-Klebestift befindet sich der folgende Aufdruck:

• Lila kleben, farblos trocknen für bessere Sichtbarkeit

Wie funktioniert die Entfärbung, die auch in M 1a untersucht wurde?

**Schülerversuch oder Lehrerversuch mit Schülerbeteiligung:
Wie funktioniert der „Pfiffikus“-Klebestift?**

🕒 Vorbereitung: 5 min 🕒 Durchführung: 15 min



© Andrea Allenähr

Chemikalien/Gefahrenhinweise	Geräte (pro Gruppe)
<input type="checkbox"/> „Pfiffikus“-Klebestift der Firma TimeTEX <input type="checkbox"/> dest. Wasser <input type="checkbox"/> Salzsäure (c = 0,1 mol/l) <input type="checkbox"/> Natronlauge (c = 0,1 mol/l) Alternativ (für Reaktion in der Gasphase): <input type="checkbox"/> Salzsäure (w = 37 %) <input type="checkbox"/> Ammoniak-Lösung (w = 25 %)	<input type="checkbox"/> 3 Reagenzgläser mit Stopfen <input type="checkbox"/> Reagenzglasständer <input type="checkbox"/> kleines Küchenmesser <input type="checkbox"/> 2 Einweg-Pipetten (3 ml) Alternativ (für Reaktion in der Gasphase): <input type="checkbox"/> 4 Papierstreifen (weiß) <input type="checkbox"/> 2 Reagenzgläser mit Stopfen <input type="checkbox"/> 2 Einweg-Pipetten (3 ml) <input type="checkbox"/> Pinzette
Achtung: Beim Experimentieren im Chemie-Fachraum immer eine Schutzbrille tragen (Laborstandard)!	
Entsorgung: Säuren und Laugen im entsprechenden Sammelbehälter entsorgen. Feststoffe können im Restmüll entsorgt werden.	

Versuchsdurchführung



Im wässrigen Medium	Alternative im gasförmigen Medium (Abzug!)
<ul style="list-style-type: none"> • Schneide eine ca. 1 mm dicke Scheibe vom Klebestift ab und teile diese in drei Stücke. Gib jeweils ein Stück in jeweils ein Reagenzglas. • Füge nun in einem Reagenzglas ca. 3 ml Natronlauge hinzu, in einem anderen ca. 3 ml Salzsäure. • In das dritte Reagenzglas gib das destillierte Wasser als Vergleich. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pipettiere in ein Reagenzglas ca. 3 ml Salzsäure (w = 37 %), in das andere ca. 3 ml Ammoniak-Lösung (w = 25 %). Verschließe die Reagenzgläser mit einem Stopfen. • Ziehe auf zwei Papierstreifen je eine Klebebahn. Halte einen der Streifen über die Säure. Der andere Streifen dient als Vergleich. • Führe nun den Versuch erneut mit der Ammoniak-Lösung durch.

Aufgaben

1. **Notiere** deine Beobachtungen.
2. **Erkläre** die Beobachtungen. Welche Eigenschaft hat der Farbstoff im Klebestift?
3. **Erläutere**, welcher Luftbestandteil für die Entfärbung verantwortlich ist.

Hinweis: Der Klebestift besteht zu 60 % aus Wasser.