



Thermochromie Chemie ist bunt!

Theresa Attenberger, SS 18

Gliederung

1	Thermochromie – das Phänomen	1
2	Thermochrome Tinte	2
2.1	Das Mischen einer thermochromen Tinte	2
2.2	Die Komponenten einer thermochromen Tinte	3
3	Der Farb-Wechsel	3
3.1	Der Indikator Phenolphthalein	3
3.2	Der Mechanismus	3
3.3	Das Triarylmethan	4
3.4	Der Farb-Wechsel	5

Einstieg: Thermochromie ist ein Phänomen, das den meisten Menschen bereits in ihrem Alltag, entweder bewusst oder unbewusst, begegnet ist. In Beispiel hierfür sind die Gel-Schreiber der Firma Pilot® Frixion. Diese lassen sich im Gegensatz zu herkömmlichen Gel-Schreibern mit einem Gummi-Stück am Stift-Ende radieren. Grund dafür ist die thermochrome Tinte des Stiftes.



Abb. 1: Gel-Schreiber der Firma Pilot® Frixion [1]

1 Thermochromie – das Phänomen

Das Wort „Thermochromie“ setzt sich aus den beiden griechischen Worten „thermos“ (= Temperatur) und „chroma“ (= Farbe) zusammen.

Dementsprechend handelt es sich bei Thermochromie um ein Phänomen, bei welchem eine Farb-Änderung auf Grund einer Temperatur-Änderung eintritt.

Die wohl bekanntesten Alltags-Beispiele für Thermochromie sind Tassen, die bei Heiß-Getränken die Farbe ändern, hitzeempfindliches Baby-Besteck, Gefühlsringe oder hitze-sensibler Nagel-Lack.



Abb. 2: Farb-Änderung der Tasse durch Temperatur-Änderung [2]



Abb. 3: hitze-sensibler Nagel-Lack [3]

2 Thermochrome Tinte

2.1 Das Mischen einer thermochromen Tinte

Experiment: Mischen einer thermochromen Tinte

Material:

- Mess-Zylinder, 20 mL
- Reagenzglas
- Reagenzglas-Klammer
- Reagenzglas-Gestell
- Brenner, Feuerzeug
- (Becherglas, 250 mL)

Chemikalien:

- **1-Butanol**
CAS-Nr.: 71-36-3
 **Gefahr**
H226, H302, H318, H315, H335, H336
P210, P208, P302+P352, P304+P340, P305+P351+P338, P313
- **Ethylendiamin**
CAS-Nr.: 107-15-3
 **Gefahr**
H226, H311, H314, H317, H334, H412, H302+H332
P261, P273, P280, P310, P305+P351+P338
- **Phenolphthalein-Lösung**
ethanolisch (Indikator)
w= 1%
CAS-Nr.: 77-09-8
 **Gefahr**
H350, H226, H319, H341
P201, P210, P305+P351+P338, P308+P313
- **Trockeneis (CO₂) (s)**
T < -78°C
CAS-Nr.: 124-38-9
 **Achtung**
H280, H281
P403

Durchführung 1: 20 mL Butanol werden mit 4 mL Ethylendiamin in einem Reagenzglas gemischt. Anschließend werden 2 – 3 Tropfen Phenolphthalein-Lösung zugegeben.

Beobachtung 1: Die vorher schwach gelbliche bis farblose Lösung färbt sich nach der Zugabe von Phenolphthalein stark pink.

Durchführung 2: Die Lösung wird im Reagenzglas in der Brenner-Flamme unter Schwenken erhitzt.

Beobachtung 2: Während dem Erhitzen entfärbt sich die Lösung.

Durchführung 3: Nach dem Erhitzen wird die Lösung wieder abgekühlt. Das Reagenzglas kann entweder in das Reagenzglas-Gestell oder, zum Beschleunigen des Vorgangs, auch in ein Becherglas mit Wasser und Eis oder Trockeneis gestellt werden.

Beobachtung 3: Nach dem Abkühlen der Lösung tritt wieder die stark pinke Färbung vom Anfang auf.

2.2 Die Komponenten einer thermochromen Tinte

Komponenten aus dem Versuch	Stoffklasse	Besonderheiten / Funktionen
1-Butanol	Lösemittel	Alkohole oder Ester $\geq C_4$
Ethylendiamin	Säure / Base (im Beispiel: Base)	<ul style="list-style-type: none">Moleküle, die Protonen abgeben können, nennet man Säuren.Bsp.: Alkylphenole (pKs > 10)Moleküle die Protonen aufnehmen können nennt man Basen.Bsp.: Aliphatische Amine, Diamine
Phenolphthalein	Indikator	Stoffe, die auf Grund einer pH-Änderung die Farbe wechseln.

3 Der Farb-Wechsel

3.1 Der Indikator Phenolphthalein

- Phenolphthalein ist einer der bekanntesten pH-Indikatoren
- Im Basischen bis pH-Wert 8,2 ist der Indikator pink, während er bei niedrigeren pH-Werten farblos erscheint.

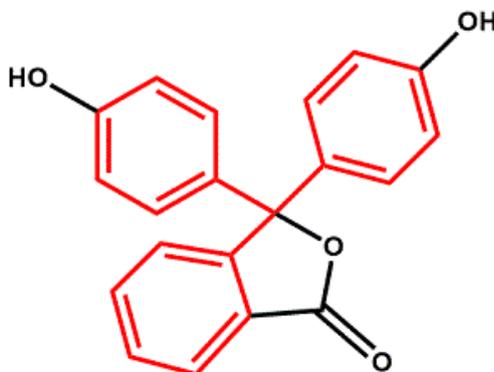


Abb. 4: Phenolphthalein

3.2 Der Mechanismus

- Bei der Farb-Änderung findet eine Wechselwirkung zwischen einer schwachen Säure/Base und einem Indikator in einem geeigneten Lösemittel statt

- Im Versuch findet die Wechselwirkung zwischen der schwachen Base, Ethylendiamin und dem Indikator, Phenolphthalein statt. Das Lösemittel ist hierbei 1-Butanol
- In Abhängigkeit von der Temperatur ändert sich das Protonierungsgleichgewicht, wodurch ein Farb-Wechsel hervorgerufen wird
- Beim Abkühlen wird die farblose Lakton-Form von Phenolphthalein (sp³-hybridisiert) durch Ethylendiamin deprotoniert, weswegen sie in die farbige (pinke) chinoiden Säureform (sp²-hybridisiert) umgelagert wird
- Durch das Abkühlen der Lösung, stellt sich ein neues Gleichgewicht ein, das auf der Seite der chinoiden Säure-Form (farbig) liegt

Abkühl-Vorgang:

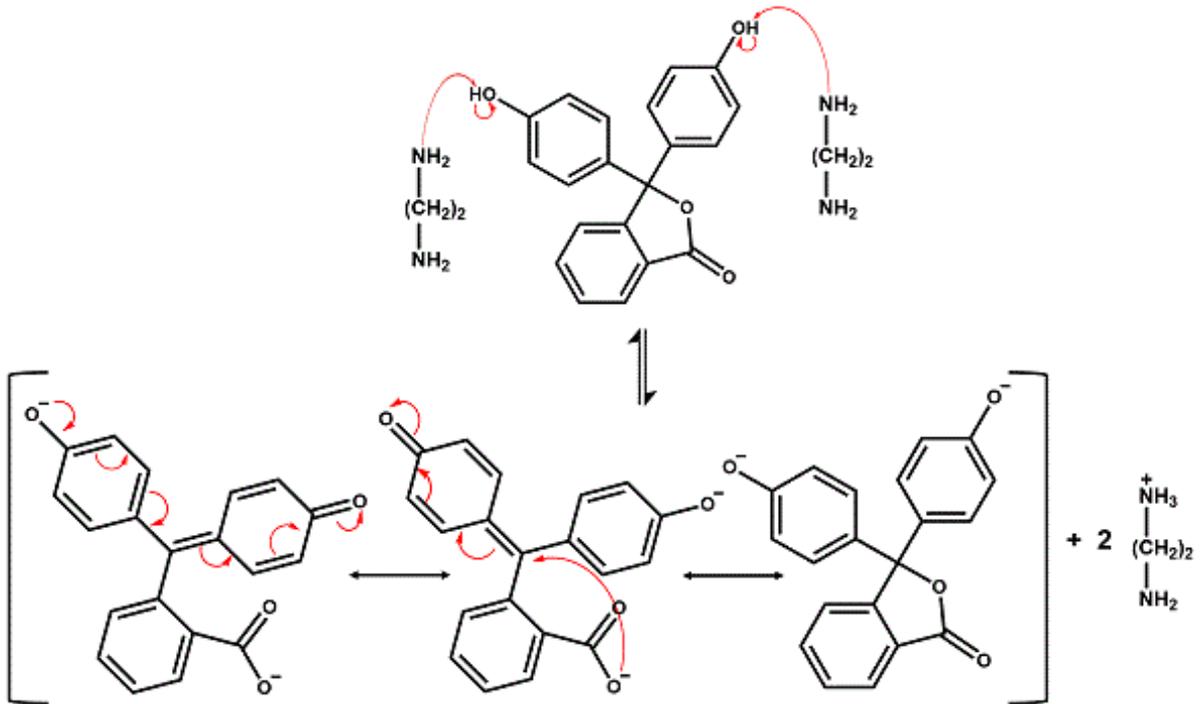


Abb. 5: Mechanismus von Phenolphthalein und Ethylendiamin

3.3 Das Triarylmethan

- Die Farbigkeit hängt mitunter von der räumlichen Struktur der Triarylmethan-Einheit (rot) ab
- Genau diese Einheit kommt auch in vielen anderen Indikatoren, wie Bromthymolblau und Phenolrot, vor

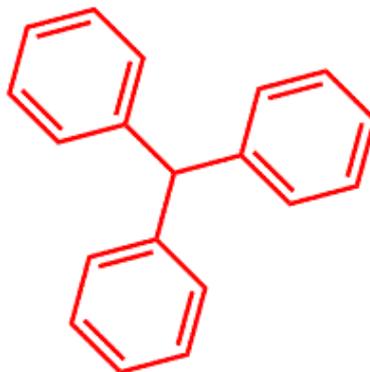


Abb. 6: Triarylmethan

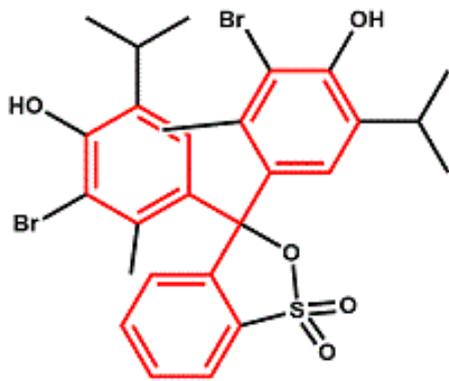


Abb. 7: Bromthymolblau

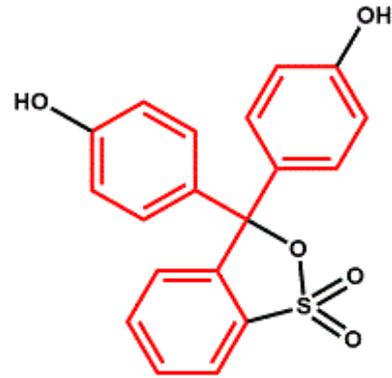


Abb. 8: Phenolrot

3.4 Der Farb-Wechsel

Hybridisierung:

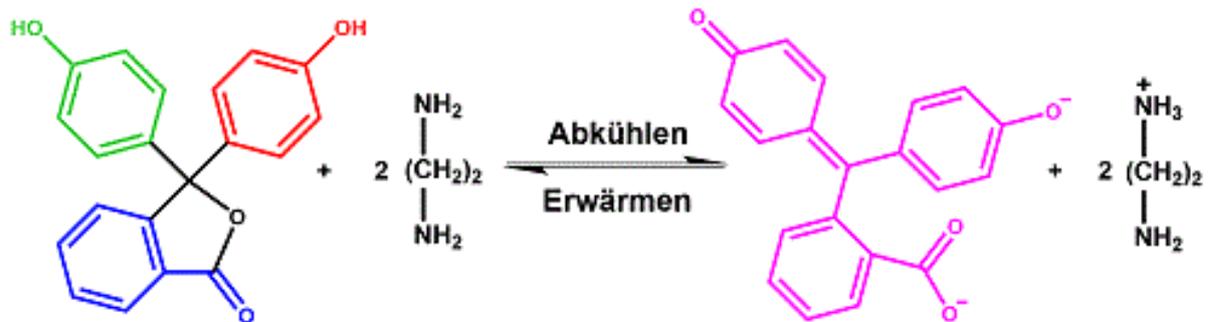


Abb. 9: Phenolphthalein bei Temperatur-Änderungen

protonierte Form

- zentrales C-Atom ist sp^3 -hybridisiert
- nicht planar
- drei voneinander unabhängige delokalisierte π -Elektronen-Systeme

farblos

(warm)

deprotonierte Form

- zentrales C-Atom ist sp^2 -hybridisiert
- planar
- ein delocalisiertes π -Elektronen-System, das sich über das ganze Molekül erstreckt

farbig (Pink)

(kalt)

Farb-Verschiebung:

- Beim Abkühlen tritt der **bathochrome Effekt** auf. Hierbei findet eine Verschiebung des Absorptions-Spektrums in den länger-welligen, energie-ärmeren Bereich des elektro-magnetischen Spektrums statt (Rot-Verschiebung).[5]
- Beim Erwärmen tritt der hypsochrome Effekt auf. Hierbei findet eine Verschiebung des Absorptions-Spektrums in den kürzer-welligen, energie-reicheren Bereich des elektro-magnetischen Spektrums statt (Blau-Verschiebung).[6]

Zusammenfassung:

1. Durch Temperatur-Veränderungen stellt sich in thermochromen Farbstoffen das Säure-Base-Gleichgewicht neu ein. Dadurch liegt der Indikator entweder in der protonierten oder der deprotonierten Form vor, wodurch sich die Farbe verändert.
2. Im Anfangsbeispiel wird durch die Reibung beim Radieren Wärme erzeugt, die dazu führt, dass die thermochrome Tinte „verschwindet“. Durch längeres Aufbewahren im Kühlschrank kann die Farbe wieder hervorgerufen werden.

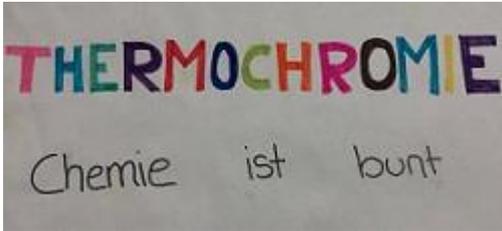


Abb. 10: Zeichnung mit thermochromer Tinte „kalt“



Abb. 11: Zeichnung mit thermochromer Tinte „warm“

Abschluss: Thermochromie ist nicht nur eine Spielerei, die man in Ringen, Stiften oder Tassen vorfindet. Auch in der Technik hat die Farb-Änderung durch Temperatur Anwendung gefunden. Thermochromes Fenster-Glas beispielsweise dunkelt sich bei extremer Sonnen-Einstrahlung und somit bei höherer Temperatur von selbst ab.



Abb. 12: thermochromes Fenster-Glas [4]

Quellen:

1. <https://picclick.co.uk/PILOT-friXion-ERASABLE-ROLLERBALL-PENS-GEL-INK-MEDIUM-262298327915.html#&qid=1&pid=1>, 20.02.2019
2. <http://www.leblogdeco.fr/stars-mug-les-etoiles-drapeau-americaain/mug-magique-drapeau-americaain/>, 20.02.2019
3. <https://de.aliexpress.com/item/10ml-Thermal-Temperature-Gel-Nail-Polish-Color-Change-UV-Gel-Varnishes-Lacquer-Soak-Off-Polish-Manicure/32815402741.html?spm=a2g0x.10010108.1000016.1.4b9a5ca7oQ7hOU&isOrigTitle=true>, 20.02.2019
4. <https://www.fensterversand.com/info/verglasung/thermochromes-glas.php>, 21.02.2019
5. http://www.chemie.de/lexikon/Bathochromer_Effekt.html, 21.02.2019
6. http://www.chemie.de/lexikon/Hypsochromer_Effekt.html, 21.02.2019
7. Leppin I., Voß C., Freiberg J., Evers R., Flint A., Thermochromie – ein altes und neues faszinierendes Phänomen, ChemKon, 2008, 15/1
8. <https://www.dgzfp.de/Portals/24/IZ/PDF/Jugend%20forscht/Mecklenburg-Vorpommern%20050815.pdf>, 21.02.2019 (Quelle verschollen, 14.12.2020)
9. http://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/17_07.htm, 21.02.2019