

Photochemie – Von der Farbigkeit der Stoffe

Ein Vorschlag zur Einbindung in den Chemieunterricht der 8. Klasse AHS

Barbara Enko

Die IUPAC-Definition der Photochemie lautet: „*The term photochemical reaction is generally used to describe a chemical reaction caused by absorption of ultraviolet, visible or infrared radiation*“. Streng genommen ist die Absorption von Licht selbst noch keine chemische Reaktion sondern ein photophysikalischer Vorgang. Jedoch ist die Charakteristik der Lichtabsorption abhängig von der chemischen Struktur der absorbierenden Substanzen. Deshalb die Behandlung der Lichtabsorption und der Farbigkeit der Stoffe im Chemieunterricht durchaus unter dem Titel „*Photochemie*“ im Sinne des Struktur-Eigenschaft-Konzeptes behandelt werden. Im curricularen Anteil des Chemie-Lehrplanes der AHS-Oberstufe kommt die Photochemie nicht explizit vor, jedoch spricht die Behandlung der Thematik inhaltlich zwei Abschnitte an:

Strukturen und Modellbildung: Dieser Bereich betrifft im Kontext der Photochemie den Zusammenhang zwischen der Struktur und der Farbigkeit von Stoffen – die Lichtabsorption wird zwar im Physikunterricht der Oberstufe mit Farbigkeit in Zusammenhang gebracht, es wird aber keine Struktur-Eigenschaftsbeziehung im chemischen Sinn hergestellt, weshalb den SchülerInnen meistens nicht klar ist, warum zwei verschiedenfarbige Stoffe Licht verschiedener Wellenlängen absorbieren.

Stoffumwandlungen und Energetik: Dieser Bereich wird im Chemieunterricht meistens mit der Thematik des Atombaus und der damit verbundenen Flammenfärbung angesprochen, wobei es sich um Lichtemission handelt.

In diesem Artikel wird ein Unterrichtsblock für die 8. Klasse AHS im Umfang von vier Stunden zum Thema „*Photochemie – von der Farbigkeit der Stoffe*“ beschrieben. Der Unterrichtsblock ist eingeteilt in eine Theorie- und eine Praxiseinheit. Dabei werden das Wissen um den Atombau und Molekülaufbau, das Verständnis um die Orbitale als Energieniveaus der Elektronen und grundlegende Fähigkeiten in der praktischen Laborarbeit, wie das korrekte Bedienen einer Pipette, vorausgesetzt.

Theorieeinheit

Die Theorieeinheit behandelt die Lichtabsorption, wobei die Relevanz der Thematik im Kontext der Photosynthese als Energieumwandlungsprozess aufgezeigt wird. Folgende physikalisch-chemische Grundlagen sind Voraussetzung zur Bewältigung der praktischen Aufgaben:

- Energie von Photonen, Energieniveaus der Elektronenorbitale (HOMO-LUMO), Absorptionsvorgang
- Zustandekommen und Interpretation von Absorptionsspektren
- Zusammenhang zwischen Struktur und Absorptionsverhalten organischer Moleküle (konjugierte Doppelbindungssysteme, Wirkung von Elektronendonatoren und –akzeptoren als Substituenten eines konjugierten Systems)

Praxiseinheit

Die Farbe des Rotkohls (Blaukrauts) kommt durch die Farbstoffklasse der Anthocyanidine (in der Pflanze sind diese an Zucker gebunden und heißen dann Anthocyane) zustande. Das Absorptionsverhalten dieser Farbstoffklasse ist abhängig vom pH-Wert, weil dieser die Struktur des Farbstoffs verändert. Ein Anthocyanidin heißt Cyanidin. Es gibt fünf vom pH-Wert abhängige Strukturen von Cyanidin [1]. Diese Strukturen haben charakteristische Absorptionsmaxima.

Der Arbeitsauftrag an die SchülerInnen lautet: „*Finde heraus, welche Struktur des Cyanidins bei welchem pH Wert vorliegt.*“ Zur Verfügung stehen dazu die Absorptionsspektren und die zugehörigen Strukturen des Cyanidins im Rotkohlsaft bei verschiedenen pH-Werten (Abb. 1). Es ist jedoch unbekannt, welches Spektrum bei welchem pH-Wert aufgenommen wurde.

Zur Bearbeitung des Auftrages wird aus NaOH und HCl eine pH-Reihe hergestellt (was die SchülerInnen selbst machen können oder von der Lehrperson vorbereitet wird) und mit Rotkohlsaft versetzt. Die Aufgabe kann gelöst werden, in dem die Farben der verschiedenen Verdünnungen den Spektren zugeordnet werden.

Mag. Dipl. Ing. Dr. Barbara Enko, BRG Petersgasse Graz und HTL Ortweingasse Graz E-Mail: barbara.enko@gmail.com

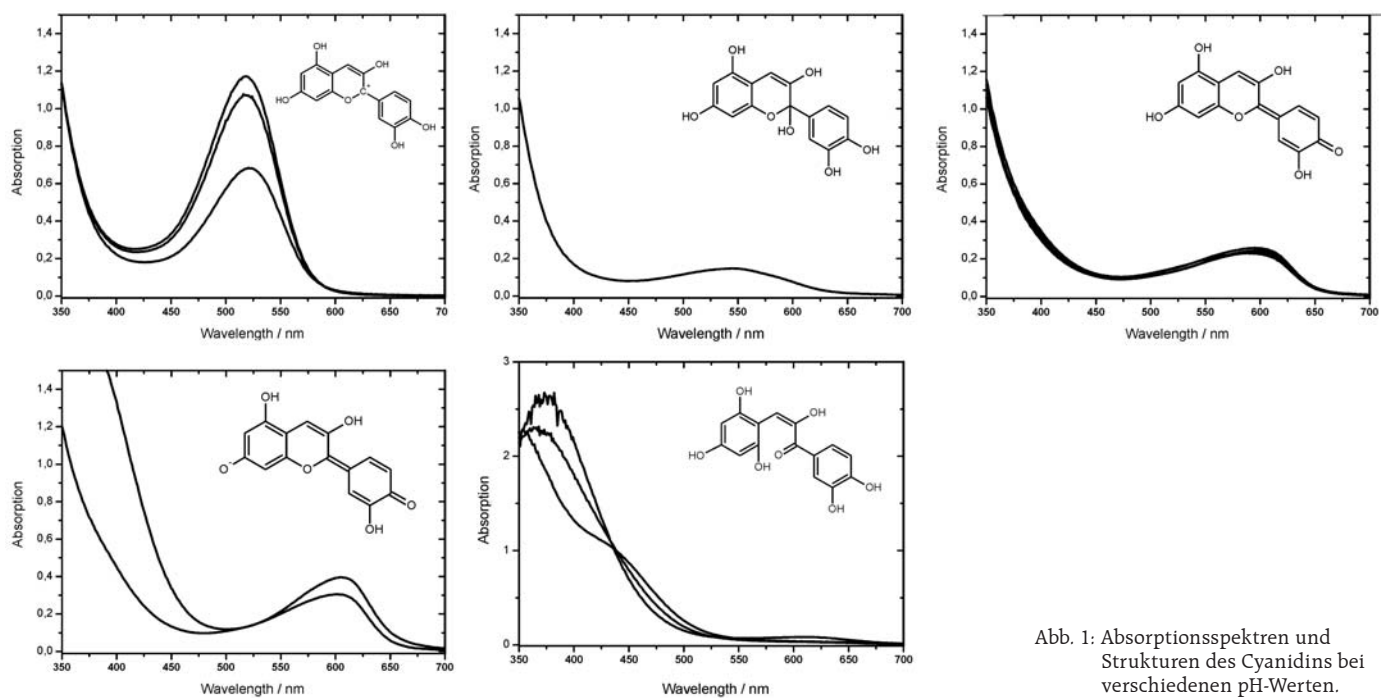


Abb. 1: Absorptionsspektren und Strukturen des Cyanidins bei verschiedenen pH-Werten.

Auflösung [2]

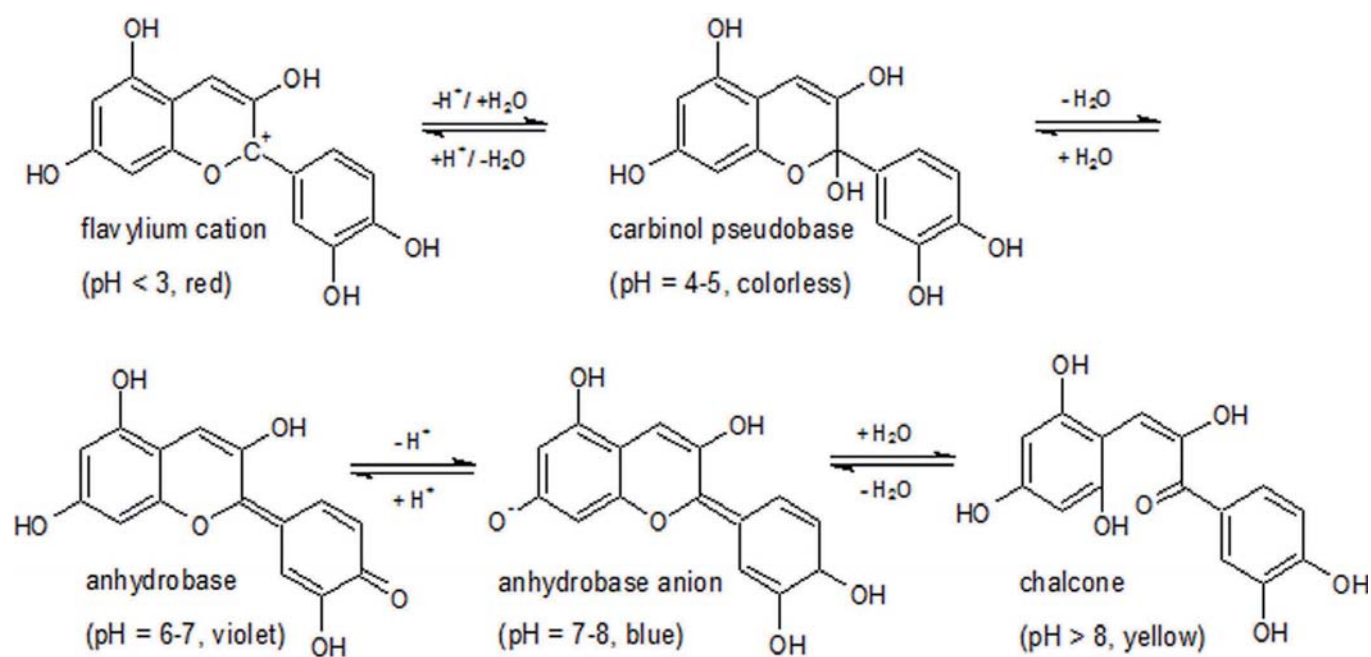


Abb. 2: Cyanidin-Derivate in verschiedenen pH-Bereichen

In Abbildungen 2 und 3 ist gut erkennbar: Je ausgeprägter das konjugierte π -Bindungssystem ist, desto langwelliger (und niedrig-energetischer) ist die Absorption des jeweiligen Cyanidin-Derivates. Besonders deutlich wird dieser Aspekt des Struktur-Eigenschaft-Basiskonzeptes im basischen pH-Bereich, in dem eine Ringöffnung stattfindet und das konjugierte System unterbrochen wird. Der Farb umschlag geht hier von blau über grün nach gelb – das

Absorptionsmaximum des Anhydrobase-Anions (Abb. 3) befindet sich im (niedrigenergetischen) roten Bereich um 600 nm, während das Absorptionsmaximum bei einem pH > 8 im (hochenergetischen) blauen Bereich liegt. Das hoch-konjugierte System hat einen relativ kleinen HOMO-LUMO Abstand, das nicht konjugierte System einen relativ großen, was der strukturelle Grund für die Farbigkeit der Lösungen ist.

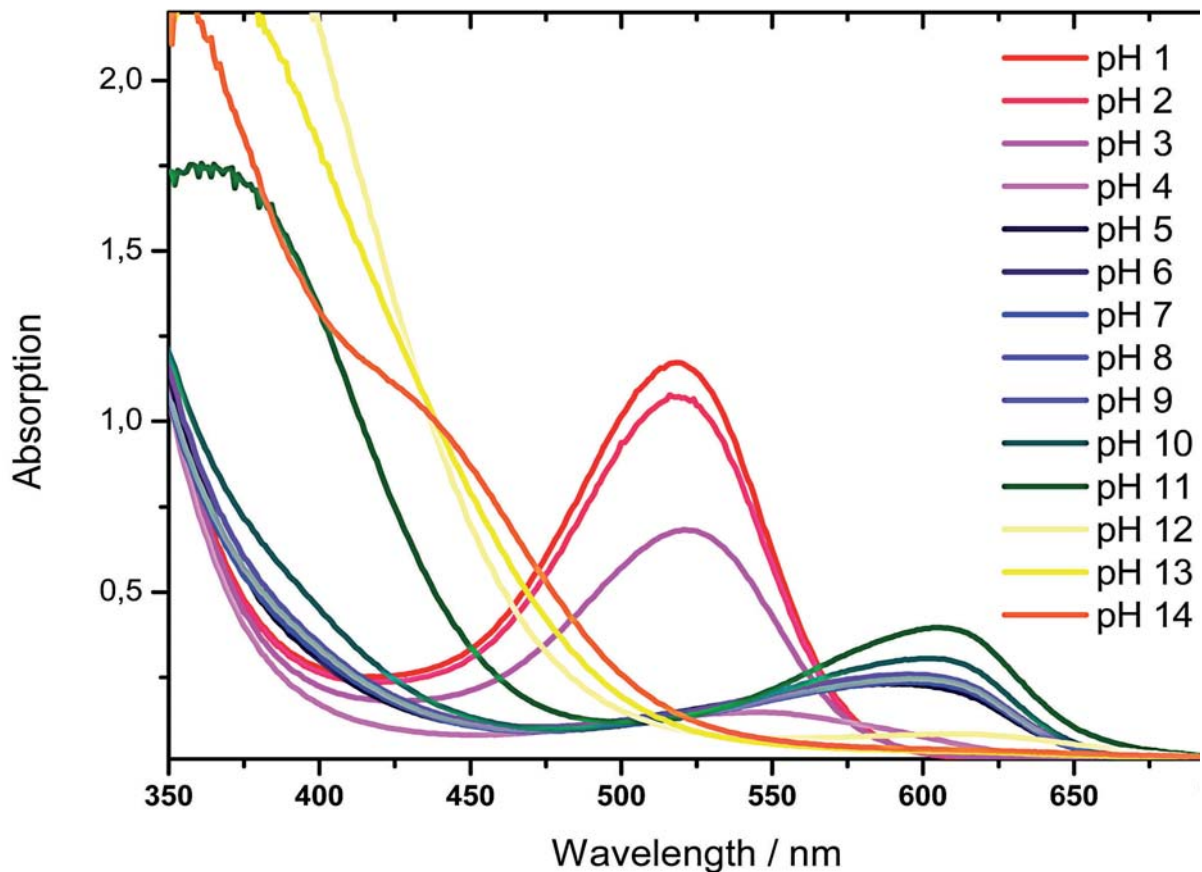


Abb. 3: Absorptionsspektren des Cyanidins bei verschiedenen pH-Werten.

Anhand der von den Schülerinnen und Schülern gelösten Aufgabe wird der Zusammenhang zwischen der Struktur des Cyanidins und der Farbe / Absorptionsspektren der Lösungen noch einmal besprochen, wobei das Struktur-Eigenschaftskonzept besonders hervorgehoben wird.

Anmerkung: Sämtliche Abbildungen sind in kopierfähiger Auflösung in der online-Ausgabe enthalten.

Quellen

- [1] Heyer, Mara, Wittwer Katrin, „*Naturstoffe als Indikatoren*“, Projektarbeit am Institut Dr. Flad (2005/06), <http://www.chf.de/eduthek/projektarbeit-naturstoffe-indikatoren.html#1-8> (Stand: 22.06.2013)
- [2] Lecture Demonstration der University of Massachusetts „*4.9A Natural Acid/Base Indicators: Red Cabbage Juice Extract*“ http://lecturedemos.chem.umass.edu/chemReactions4_9A.html (Stand: 22.06.2013)