

Cyanotypie

Lichtinduzierte Reaktionen auf Papier

Stichwörter: analoge Fotografie, Fotogramme, Berliner Blau

Unterrichtsfach: Chemie, Biologie, Kunst

Altersgruppe der Schülerinnen und Schüler: ab 9. Klasse, wenn der künstlerische/handwerkliche Aspekt im Vordergrund steht, auch für jüngere Schülerinnen und Schüler geeignet

Projekt vom Nationalen Science on Stage Festival 2014



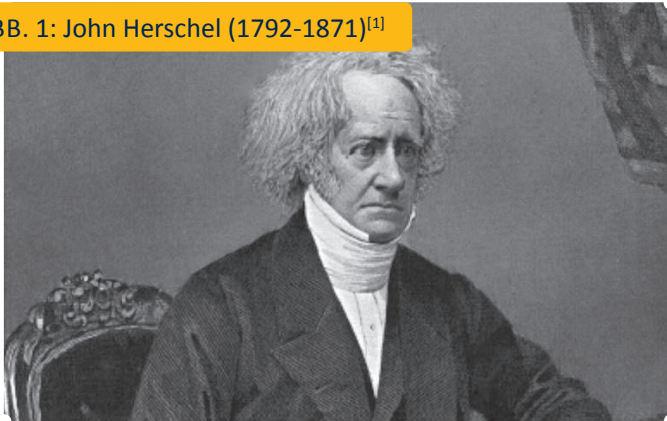
Vorstellung des Konzepts

1. GESCHICHTE DER CYANOTYPPIE

Die Entdeckung der Lichtempfindlichkeit von Eisensalzen geht auf Johann Wolfgang Döbereiner aus dem Jahr 1831 zurück.

1839 entwickelte der englische Physiker und Astronom Sir John Frederick William Herschel auf der Basis dieser Erkenntnis ein Verfahren zur Herstellung von stabilen fotografischen Bildern. Es beruht auf der Tatsache, dass bestimmte Eisenverbindungen durch Belichtung ein dunkelblaues Farbpigment (Berliner Blau) erzeugen.

ABB. 1: John Herschel (1792-1871)^[1]



Anna Atkins war mit dem Physiker Sir John Herschel befreundet und lernte durch ihn diese neue Technik kennen. Sie wendete die Cyanotypie für die Dokumentation von Farnen, Algen und anderen Pflanzen an, die sie als Fotogramme darstellte.

Sie veröffentlichte ihre Blaupausen in dem Bildband *British Algae: Cyanotype Impressions*, der erstmals Bilder zeigte, die mit Hilfe einer fotografischen Technik erstellt worden waren (siehe ABB. 2). Das Werk ergänzte sie von 1843 bis 1853 um zwölf weitere Teile. Während dieser Zeit entstanden 389 betitelte Cyanotypie-Fotogramme mit zusätzlichen Textseiten. Insgesamt wurden zwölf Exemplare des aufwändigen Buchs hergestellt, eines davon befindet sich heute im National Media Museum in Bradford.

Seit den 50er Jahren des 19. Jahrhunderts bis etwa 1945 wurde dann die Cyanotypie zur billigen Herstellung von Blaupausen (Kopien von Zeichnungen und Plänen) verwendet.

Mit der Einführung modernerer Foto- und Kopierverfahren, verlor die Cyanotypie an Bedeutung. Sie führte lange Zeit ein Schattendasein und geriet fast in Vergessenheit.

In jüngster Zeit gewinnt sie (auch im Rahmen der einfachen Negativerstellung am Computer) für kreative und künstlerische Anwendung wieder an Bedeutung.

ABB. 2: Blaupausen eines Benzinmotors von 1909^[2]



2. PRINZIP DES VERFAHRENS

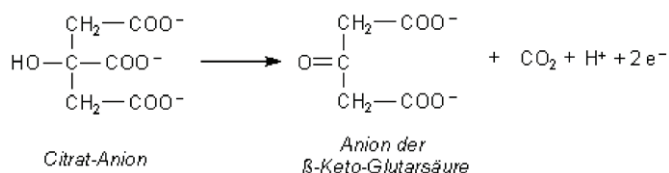
Die Cyanotypie ist ein altes fotografisches Verfahren, das auf der lichtinduzierten Reduktion von Eisen-III-Ionen zu Eisen-II-Ionen durch organische Säuren beruht. Die gebildeten Eisen-II-Ionen reagieren mit rotem Blutlaugensalz zu einem blauen wasserunlöslichen Farbstoff (Berliner Blau) dessen Farbtiefe von der Lichtintensität abhängt. Es entstehen blaue Bilder auf dem gewählten Untergrund (z.B. blau-weiß-Bild bei weißem Papier als Trägermaterial).

Reaktionsort ist also Papier, das heißt, alle reagierenden Substanzen werden im entsprechenden Mischungsverhältnis auf geeignetes Papier aufgetragen, welches auf diese Art und Weise lichtempfindlich, also zum „Fotopapier“, wird. Um die Haftung der lichtempfindlichen Mischung auf dem Papier zu verbessern, kann dieses vorher ein oder zweimal mit einer frisch zubereiteten warmen Gelatinelösung bestrichen werden.

Die Cyanotypie ist ein Negativ-Kontaktverfahren, dies bedeutet, dass die Negative direkt auf dem beschichteten Papier aufliegen und damit natürlich auch die Größe des fertigen Bildes haben müssen. Die Cyanotypie zeichnet sich durch recht harte Arbeitsweise aus (der Tonwertumfang ist relativ begrenzt), hat aber eine erstaunlich feine Zeichnung und Schärfe.

3. CHEMISCHER HINTERGRUND

Die Sensibilisierungslösung enthält ein organisches Eisen(III)-Salz und rotes Blutlaugensalz, in dem Eisenionen ebenfalls in der Oxidationsstufe +3 vorliegen. Für die Bildung des Berliner Blaus, müssen Eisen-II-Ionen vorhanden sein. Das geschieht durch die Einwirkung von Licht, wobei das organische Anion (Citrat) als Reduktionsmittel fungiert und Eisen (III) in Eisen (II) umwandelt:

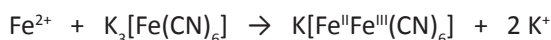


Es bildet sich aus dem Citrat durch Oxidation unter Abspaltung von CO_2 das Anion der β -Keto-Glutarsäure, das über das β -Keto-Buttersäure-Anion weiter bis zum Aceton decarboxyliert wird.

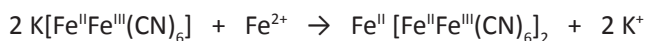
Eisen (III) wird zu Eisen (II) reduziert.



Somit werden an den belichteten Stellen der lichtempfindlichen Schicht Eisen(II)-Ionen gebildet (Konzentration hängt von der Lichtintensität ab), die dann mit dem roten Blutlaugensalz zum Berliner Blau reagieren. Bei geringer Konzentration ist dieser Farbstoff noch wasserlöslich und würde beim Entwickeln des Bildes vollständig verschwinden.



Erst wenn Eisen(II)-Ionen im Überschuss vorliegen, bildet sich „unlösliches Berliner Blau“ welches das Spülen der Fotografie im Wasserbad „übersteht“ und das Bild zeichnet.



Die nachträgliche Bleichung und Tonung der Cyanotypien beruht auf verschiedenen Komplexreaktionen des Berliner Blaus mit den verwendeten Chemikalien.

Was benötigt wird

1. CHEMIKALIEN

für die Sensibilisierungsschicht:

- Ammonium-Eisen-III-citrat (grün)
- rotes Blutlaugensalz $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- optional: Gelatine (Pulver)

für das Aufhellen bzw. Tönen von Cyanotypien:

- Ammoniak-Lösung
- Zitronensäure
- Tannin (Gerbsäure)
- Eisen (II)-sulfat
- Borax
- Ammoniumthiocyanat
- Kaliumpermanganat
- Natriumchlorid

1. GERÄTE UND WEITERE MATERIALIEN

- Waage
- Bechergläser
- Spatel, Glasstab zum Rühren
- breite Pinsel zum Auftragen der Sensibilisierungsschicht (gut eignen sich 4-5 cm breite Flachpinsel aus dem Baumarkt)
- viel Zeitungspapier als Unterlage und zum Trocknen der Fotos
- Zeichenkarton weiß; optional: Aquarellpapier oder farbiger Zeichenkarton (helle Farben)
- Fön (beschleunigt den Trocknungsprozess der Sensibilisierungsschicht)
- Fotorahmen A4, A3 oder A5 für den Belichtungsprozess
- Fotoschalen oder andere flache Wasserschalen (mind. A4) zum Wässern bzw. zum Nachbearbeiten der Fotos

Aufgabe der Schülerinnen und Schüler

1. GELATINIEREN

Geeignet sind feste Papiere (Zeichenkarton), die Oberfläche kann glatt bis hoch glänzend oder auch stumpf bzw. leicht strukturiert sein (z.B. Aquarellpapier). Eine noch heiße 5%-ige Gelatinelösung wird nun gleichmäßig mit dem Pinsel aufgetragen. Verwendet man Papiere mit guter Wasser-Aufnahmefähigkeit, kann auf das Gelatinieren verzichtet werden.

Gelatinelösung:

- 5 g Gelatine (genügt für 8-12 A4-Blätter 2-mal gelatinieren)
- 100 ml Wasser

werden unter ständigem Rühren erhitzt, bis sich die Gelatine völlig aufgelöst hat und eine klare gelbe Lösung entsteht. Nach dem ersten Gelatinieren muss völlig durchgetrocknet werden (Beschleunigung mit Fön). Struktur-Effekte erreicht man durch Auftragen einer 10-20%igen Gelatinelösung mit grobem Pinsel.

2. SENSIBILISIEREN

Die lichtempfindliche Schicht wird durch Auftragen der folgenden Mischung erzeugt (genügt für 8 -12 A4-Blätter):

- 5 g Ammonium-Eisen-III-citrat
- 2 g rotes Blutlaugensalz
- 40 ml Wasser



ABB. 4: Ausgangsmaterialien

Die Lösung ist lichtempfindlich und muss deshalb in gedämpftem Licht angesetzt und verarbeitet werden. Die Lösung wird mit einem Pinsel auf die gut getrocknete Gelatineschicht des Papiers aufgetragen, dabei soll nichts auf die Papierrückseite gelangen.

ABB. 5: Sensibilisieren



Getrocknet wird im abgedunkelten Raum mithilfe eines kalten Föns. Als günstig erweist sich ein zweimaliges Auftragen der Sensibilisierungsschicht.

3. BELICHTEN

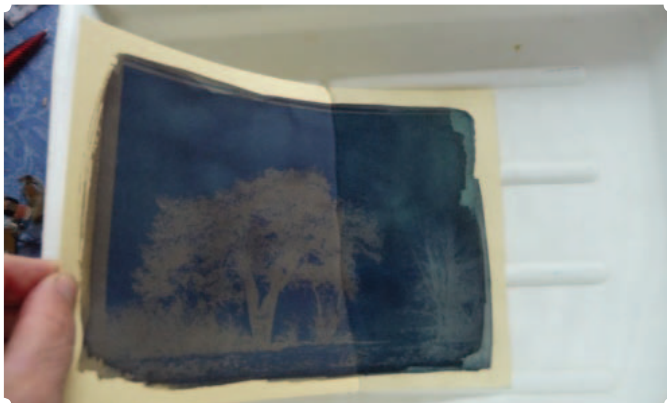
Es werden 1:1-Abzüge vom gewünschten, in Negativform vorliegenden, transparenten Original erzeugt. (Das Negativ kann man sich z. B. wie folgt herstellen: Foto digital aufnehmen, am Computer in schwarz-weiß umwandeln und dann invertieren, in gewünschter Größe auf Folie ausdrucken.) Das Negativ wird nun auf das sensibilisierte Papier gelegt, beides in einen Fotorahmen gespannt und auf diese Weise fixiert.

ABB. 6: Belichtungsprozess



Nun kann der so präparierte Fotorahmen dem möglichst hellen Sonnenlicht ausgesetzt werden. Je nach Sonneneinstrahlung belichtet man 15-45 min bis die freiliegenden Ränder des Fotopapiers dunkelgrau erscheinen.

ABB. 7: Nach dem Belichten



4. WÄSSERN/FIXIEREN

Das fertig belichtete Papier wird aus dem Rahmen genommen und in eine Fotoschale mit kaltem Wasser untergetaucht. Die wasserlösliche Sensibilisierungsschicht löst sich nun von den nicht belichteten Stellen, die belichteten Stellen bleiben, wenn die Belichtungszeit ausreichend war, als blaue, das Bild „zeichnende“, Substanz auf dem Papier. Das Bild/Foto muss noch mehrmals gespült werden, bis das ablaufende Wasser völlig ungefärbt ist. (Zurückbleibende lichtempfindliche Substanz würde bei Lichtkontakt weiter reagieren und das Bild nachträglich verschleiern.)

5. TONUNG VON CYANOTYPIEN

Cyanotypien (Ct) können durch Tonung in ihrer Farbwirkung nachträglich verändert werden. Wenn man dies vorhat, müssen die Cyanotypien jedoch auf ungelatiniertem Papier erzeugt werden.

1. Man badet eine fertige Ct in verdünnter NH_3 -Lösung bis zur völligen Bleichung, wässert und badet sie dann in 3%iger Tannin-Lösung. Es ergeben sich blaulila bis purpurfarbene Töne. Schaltet man nach dem Tanninbad ein schwaches Säurebad ein (Essig- oder Zitronensäure), so ergeben sich dunkelviolette bis schwarzviolette Töne. Eine Schlusswässerung wird angeschlossen (gut geeignet für Nachteffekte).
2. Eine kräftige Ct wird in stark verdünnter NH_3 -Lösung ein wenig gebadet, bis eben der typische Lila-Ton erreicht ist. Nach Wässern wird in 10%iger Eisensulfatlösung gebadet, eine Schlusswässerung schließt sich an. Es ergeben sich blaugrüne Töne.
3. Grüntöne ergeben sich auch wenn eine fertige Ct gebadet wird in einer Lösung aus 4 g Kochsalz und < 1 g Kaliumpermanganat in 1 l Wasser. Der Tonungsprozess geht sehr langsam vor sich.
4. Eine sehr kräftige Ct wird in einer 5%igen Boraxlösung für etwa drei Minuten gebadet, abgespült und in ein 2%igen Ammoniumthiocyanatbad gebracht, eine Schlusswässerung schließt sich an. Es ergeben sich neutral bis dunkelblaue Töne

Bei allen Tonungsprozessen sinkt die Brillanz der Bilder, die weißen Stellen werden häufig gelblich belegt oder bleiben nicht rein. Das Bild erscheint insgesamt dumpfer oder auch weicher, was je nach Art des Motivs durchaus reizvoll sein kann.

Fazit

Die Cyanotypie ist ein relativ einfaches Verfahren, mit dem ohne größerem materiellen und zeitlichem Aufwand sehr schöne Ergebnisse erzielt werden können. Die Schwierigkeit besteht in der Einschätzung der richtigen Belichtungszeit, da die Dauer der Belichtung von vielen Faktoren abhängt (Tages- und Jahreszeit, Bedeckungsgrad des Himmels, Art und Beschichtung des Trägermaterials). Es empfiehlt sich daher, ein wenig Erfahrungen mit diesem fotografischen Prozess zu sammeln, bevor man ihn mit Schülerinnen und Schülern anwendet. Am Besten beginnt man mit Fotogrammen (Blätter, Blüten, ganze Pflanzen) und wählt eine relativ lange Belichtungszeit, da hier nicht die Gefahr der Überbelichtung besteht. Das Gelingen guter Fotografien hängt stark vom geeigneten Negativ ab (klare Strukturen, kontrastreich) und erfordert eine optimale Belichtungszeit (Tipp: lieber Über- als Unterbelichten, da zu dunkle Fotos nachträglich aufgehellt werden können).

Neben der faszinierenden Anwendung chemischer Reaktionen während Belichtung und nachträglicher Tonung, bietet das Verfahren auch für den Biologieunterricht interessante Aspekte. So kann z.B. die unterschiedliche Lichtdurchlässigkeit von Blättern und Blüten in Abhängigkeit von ihrer Blattstärke und Farbe erforscht werden. Günstig ist es, die Cyanotypie im Rahmen der Projektarbeit oder im Wahlpflichtbereich Naturwissenschaften einzusetzen.

Bildquellen und Literatur

[1] https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:John_Herschel?uselang=de#/media/File:Herschel_sitzend.jpg (gemeinfrei)

[2] Cyanotypie aus Anna Atkins, British Algae: Cyanotype Impressions, 1843

Frank Heidtmann: Kunsthistorische Edeldruckverfahren heute, Berlin Verlag 1978

Wolfgang Autenrieth: Neue und Alte Techniken der Radierung und der Edeldruckverfahren, Krauchenwies Selbstverlag 2010

Tony Worobiec and Ray Spence: Beyond Monochrome: A Fine Art Printing Workshop, Fountain Press Limited 1999

Science on Stage

WER WIR SIND

Science on Stage bietet mit Europas größten Lehrerfestivals, Workshops und Fortbildungen Lehrkräften von MINT-Unterrichtsfächer eine Bühne, ihre besten Unterrichtsprojekte gemeinsam zu präsentieren und voneinander zu lernen. Die Initiative besteht seit 2003 und erreicht von der Grundschule bis zur Oberstufe 100.000 Lehrkräfte in 29 Ländern.

UNSERE UNTERRICHTSMATERIALIEN

Science on Stage Deutschland bietet kostenlose Unterrichtsmaterialien für Grundschul- und MINT-Lehrkräfte von der Vorschule bis zur Sekundarstufe II. Alle Unterrichtsmaterialien wurden von Lehrkräften für Lehrkräfte entwickelt. Als Unterrichtsmaterial des Monats stellt Science on Stage neben Unterrichtseinheiten aus den in internationalen Kooperationen entwickelten Broschüren auch Projekte aus vergangenen nationalen und internationalen Festivals vor.

HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Science on Stage übernimmt keine Haftung für die Vollständigkeit und Richtigkeit des angebotenen Materials. Diese Unterrichtseinheit wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Science on Stage übernimmt keine Haftung für die mögliche Urheberrechtsverletzung Dritter.

Creative-Commons-Lizenz:

Namensnennung, Nicht-kommerziell, Weitergabe unter gleichen Bedingungen



Hauptförderer:

think
ING.

Die Initiative für
Ingenieurnachwuchs

IMPRESSUM

Science on Stage Deutschland e.V.

Poststraße 4/5

10178 Berlin | Deutschland

+49 (0)30 400067-40

info@science-on-stage.de

www.science-on-stage.de

facebook.com/scienceonstagedeutschland

twitter.com/SonS_D