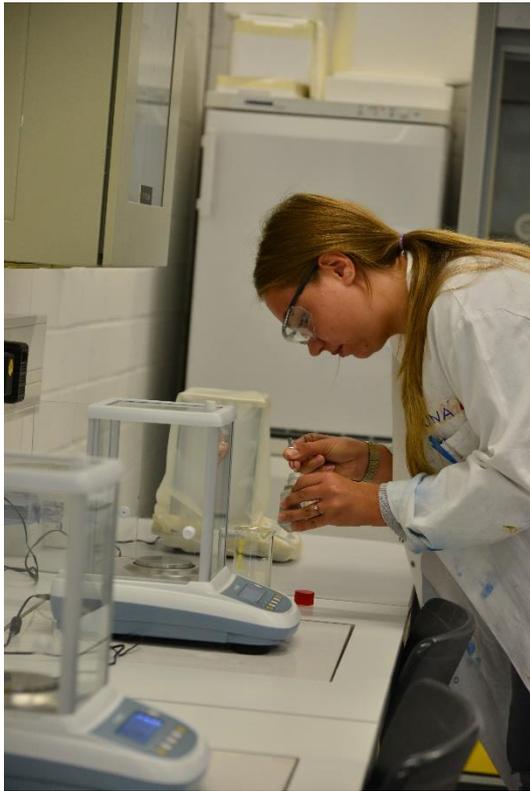


## „Blaumachen“ im Alfred-Krupp-Schülerlabor an der Ruhr-Universität Bochum



Farben haben für Menschen schon immer eine große Bedeutung gehabt. Eine rote Frucht signalisiert, dass sie reif und damit problemlos essbar ist. Mit bestimmten Farbtönen werden Stimmungen verbunden. Bereits in der Jungsteinzeit nutzten Menschen Farben, um sich mitzuteilen. Für Zeichnungen wie in den Höhlen von Lascaux, Chauvet oder Altamira wurden gemahlene Mineralien wie Mangan- oder Eisenoxid, sowie Ocker und Holzkohle auf Steinwände aufgebracht. Blaue Farbe findet sich dort nicht. Aber Blau übte auf Menschen immer schon eine Faszination aus. Blaue Schmucksteine aus Lapislazuli, der hauptsächlich in Asien gefunden wird, gefallen Menschen bereits seit über 7000 Jahren. Die aus dem Gestein gewonnene Farbe spielte bei den alten Ägyptern eine ebenso wichtige Rolle wie bei Buchmalereien und Kirchenfenstern im europäischen Mittelalter. In der Renaissance entsprach der Preis für das seltene Mineral dem des Goldes. In verschiedenen Kulturen wurde den Farben von Kleidung eine bestimmte Bedeutung zugesprochen, ein Beispiel ist der aus Drüsen von Meeresschnecken gewonnene Purpur, der die Togen von Senatoren oder Caesaren zierte. Um

Stoff blau einzufärben, wurde in Europa bereits in der Antike der aus Westasien kommende Färberwaid eingeführt. Aus ihm oder der indischen Indigopflanze kann der Farbstoff extrahiert werden. Die Pflanzen selber enthalten den Stoff Indican, der zunächst zu Indoxyl vergoren werden muss, um sich dann durch Oxidation in das blaue Indigo umzuwandeln. Heute ist Indigo aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken, fast jeder trägt Jeans, die mit Indigo gefärbt sind. Die Menge an Farbstoff, die dafür gebraucht wird, stammt selbstverständlich nicht mehr aus Pflanzen, sondern wird synthetisch hergestellt. Aber auch in Solarzellen findet es Verwendung.



Die erste Indigosynthese gelang Adolf von Baeyer, zunächst aus Isatin, später aus o-Nitrobenzaldehyd. Auf dessen Spuren wandelten die Studierenden in einem ersten Versuch. Aus Nitrobenzaldehyd und Aceton entstand unter Einfluss von Natronlauge ein Niederschlag, der abfiltriert wurde. Zunächst entstehen Indoxylmoleküle, von denen sich jeweils zwei zum Indigomolekül verbinden.





In einem nächsten Schritt wurde nun mit dem selbst synthetisierten Farbstoff gefärbt. Das sollte doch jetzt einfach sein: ein bisschen von der Substanz vom Filter abkratzen, ins Wasser damit und das Stoffstück hinein. Aber so leicht geht es nicht, denn Indigo ist nicht wasserlöslich. Über Wasserstoffbrücken ist jedes Molekül an vier umgebende Nachbarmoleküle gebunden und bildet so ein Polymer. Erst wenn das Indigo in

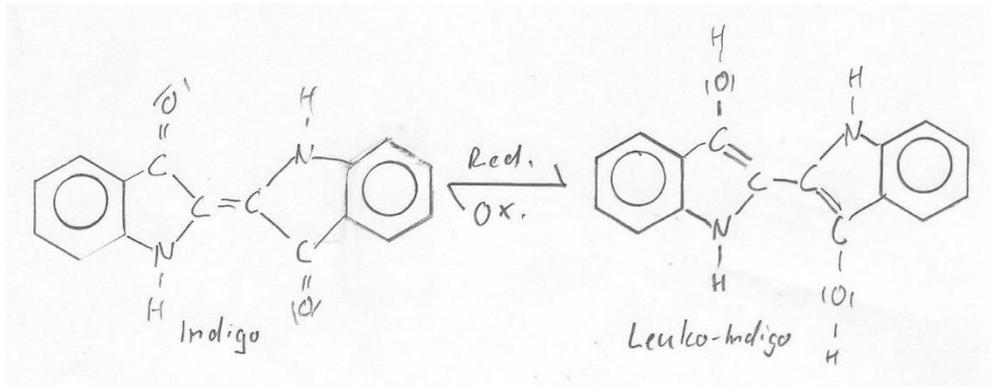


die Leuko-Indigo-Form überführt wird, wird es wasserlöslich. Diesen Färbeprozess bezeichnet man als Küpenfärbung, nach dem ursprünglich verwendeten Färbebottich, der als Küpe bezeichnet wurde. Im warmen Färbegrad sorgen Natronlauge und Natriumdithionit ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ ) dafür, dass das Leuko-Indigo

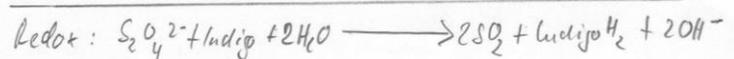
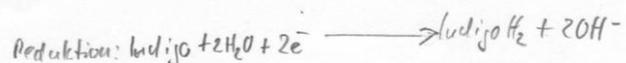
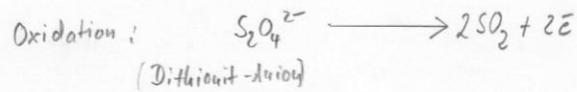


entsteht. Dieser weiße Farbstoff (leukos = weiß) kann nun in das Gewebe eindringen. Die Färbelösung ist allerdings nicht reinweiß, sondern eher gelblich bis grün.

Nimmt man nach einer Einwirkzeit das Stoffstück aus dem Färbegrad, ist es allerdings alles andere als blau. Erst unter Einwirkung von Luftsauerstoff wird aus dem weißen Leuko-Indigo wieder blaues Indigo.



Die



Küpfenfärbung früherer Zeiten war eine anrühige Sache. Denn anstelle des heute verwendeten Natriumhydroxids, das für ein alkalisches Milieu sorgt, in dem das Leuko-Indigo entsteht, dienten damals anaerobe Bakterien, die z.B. im Harn leben, als Reduktionsmittel. Aus dem weiteren Verfahren, dem Auslegen des farbgetränkten Stoffes auf einer sonnigen Wiese, bei der das Leuko-Indigo wieder zum Indigo oxidiert



wurde, stammt angeblich der Begriff „blau machen“ für „Nichtstun, nicht zur Arbeit kommen“, da die Färber während dieser Phase offenbar nichts zu tun hatten.

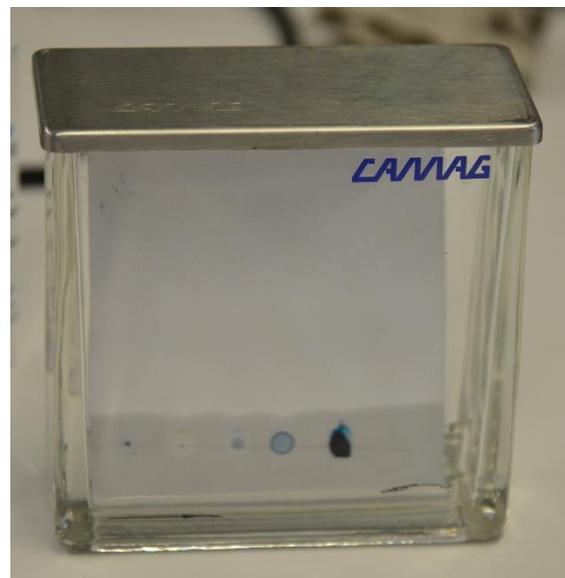
Die Oxidation ist mit ihrer Rückreaktion, der Reduktion, verknüpft. Also sollte man diesen Prozess nutzen können, um ein gefärbtes Stück Stoff wieder zu entfärben, in dem man das Indigo wieder in seine Leuko-Form umwandelt. Auch das wurde ausprobiert. Die so gewonnene Jeansfarbstofflösung wurde in einem weiteren Versuch genutzt. Dabei ging es um die Frage: ist also alles was blau ist, mit Indigo gefärbt? Ist der Farbstoff aus der Jeans überhaupt Indigo? Diese Frage kann eine vergleichende Dünnschichtchromatographie beantworten. Verschiedene Proben und Referenzsubstanzen werden mit Hilfe dünner Glaskapillaren auf eine mit Kieselgel beschichtete Platte aufgetragen. Stellt man die Platte nun in eine Glaskammer, in der sich ein Laufmittel befindet, steigt dieses im Kieselgel hoch und



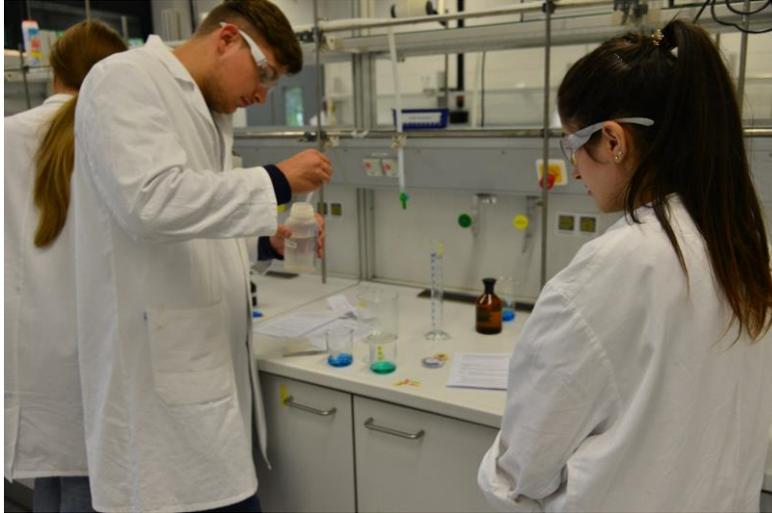
nimmt die Moleküle der aufgetragenen Substanzen mit. Da sie in der gleichen Zeitspanne abhängig von der Molekülgröße unterschiedlich weit transportiert werden, kann man im Vergleich mit Referenzwerten die Inhaltsstoffe der Proben bestimmen oder erkennen, ob eine Probe eine Mischung



verschiedener Stoffe ist, da diese unterschiedlich weit mitgenommen werden und so als einzelne Bereiche sichtbar werden. Im Versuch wurden reines Indigo als Vergleichssubstanz zum selbst synthetisierten Indigo, die aus den Jeans extrahierte Farbstofflösung, Indigotin, ein Farbstoff, der im Gegensatz zum Indigo



als Lebensmittelfarbstoff zugelassen ist und Eddingfarbe aufgetragen. Nachdem die Chromatographie beendet ist, kann durch den Vergleich der Retentionsfaktoren (dem Quotienten aus der Entfernung der Substanzzone vom Start und der Entfernung der Laufmittelfront vom Start) eine qualitative Aussage über die Proben gemacht werden. Befindet sich der Fleck des reinen Indigos im selben Abstand zur Startlinie wie der aus der Probe, handelt es sich dabei ebenfalls um Indigo.



Nach der Mittagspause ging es dann in weiteren Versuchen darum, weitere blaue Farbstoffe kennenzulernen, die in Lebensmitteln enthalten sind. Indigotin oder Indigokarmin hat am Sechsering des Moleküls angehängte Sulfatgruppen, ist damit polar und anders als Indigo wasserlöslich. Unter der Nummer E 132 ist es als Lebensmittelfarbstoff zugelassen. Es kann auch als pH-Indikator verwendet werden und zeigt einen entsprechenden Farbumschlag. Gibt man eine

Indigotin-Lösung in ein Photometer, zeigt sich in wässriger Lösung ein uv-Absorptionsspektrum bei Wellenlängen zwischen 608-612 nm. In einem Versuch wurden die Säure/Base-Eigenschaften getestet, indem zu einer auf pH 1 eingestellten Lösung nach und nach Natronlauge zugegeben wurde, bis der pH 14 erreicht wurde. Die dabei auftretenden Farbveränderungen wurden protokolliert.



Im Anschlussversuch wurden blaue Lollis und blaue Lebensmittelfarbe getestet. Ist in ihnen der blaue Farbstoff das Indigotin vorhanden, kann man die Lösung mit Natriumdithionitlösung entfärben. Beim Einleiten von Druckluft veränderte sich die Farbe wieder zu blau, denn Indigotin reagiert sehr empfindlich auf Licht und Oxidantien.



Anschließend wurden die Proben spektrometrisch untersucht und ihr Absorptionsmaximum bestimmt. Die Auswertung zeigte beim Lolli die für das Indigotin charakteristische Farbveränderung von blau nach gelb, bei der Lebensmittelfarbe gab es keine Farbunterschiede bei pH 1 und 14. Das gemessene Absorptionsmaximum des Indigotins entsprach dem Literaturwert und auch hier lag der Lolli in der akzeptablen Bandbreite des Absorptionsmaximums, während die blaue Lebensmittelfarbe davon abwich. Fazit: im blauen Lolli ist Indigotin enthalten, bei der blauen Lebensmittelfarbe handelt es sich um einen anderen Farbstoff.

Analyse von blauen Lebensmitteln

Eigenschaft	Indigotin	Backfarbe	Lolli
pH 1	blau-türkis	blau	blau
pH 14	gelb-grün	blau	gelb
Rkt mit $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$	hell / farblos	blau	farblos
Rkt mit Druckluft	blau	blau	blau
Absorptionsmaximum	608,5 nm	630 nm	611 nm
Indigo?		nein	ja

Ein interessanter Tag im Schülerlabor. Schade, dass die nahen Ferien doch viele Teilnehmer der Chemiekurse dazu verleitet hatten, das „blau machen“ zu wörtlich zu nehmen und der Veranstaltung fern zu bleiben.