

Ein historisches Experiment 200 Jahre danach: Die Entdeckung der UV-Strahlen durch J. W. Ritter

Mario Mascia und Michael W. Tausch

In weitläufigem Sinn ist jedes Experiment, das irgendwann in der Vergangenheit durchgeführt wurde, ein „historisches Experiment“. In engerem Sinne sollte man aber als „historische Experimente“ nur jene bezeichnen, die aus heutiger Sicht Meilensteine in der Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Disziplin darstellen. Herausragende Beispiele sind die ersten Experimente mit Röntgenstrahlung (W. C. Röntgen, 1895) und mit radioaktiver Strahlung (H. Becquerel 1896). Sie waren für die Physik und für die Chemie bahnbrechend und lösten regelrechte Lawinen von Folgeexperimenten und Entwicklungen aus, die letztlich alle Naturwissenschaften samt ihren Auswirkungen in der Technik und in der Gesellschaft nachhaltig mitbestimmt haben. Historische Experimente in engerem Sinn sind also die „Nobelpreisträger“ unter den Experimenten, haben sie doch in der Regel zu Nobelpreisen für ihre Urheber geführt - allerdings erst seit es diese Auszeichnung gibt, also erst ab Beginn des 20. Jahrhunderts.

Historische Experimente sind für die Lehre didaktische Kleinode. Sie liefern an entscheidenden Stellen von Lehrgängen Faktenmaterial für die Erschließung neuer Inhalte, Modelle, Theorien etc. Ein herausragendes Beispiel dafür ist der Rutherford'sche Streuversuch, der zu Recht in keinem Lehrbuch der Chemie fehlt, wenn es um die Einführung des Kern-Hülle Modells des Atoms geht. Aber auch Namen wie Lavoisier, Galvani, Volta, Davy, Wöhler, Faraday, Bunsen u.a. sind an historische Experimente geknüpft, auf die in allen gängigen Lehrbüchern Bezug genommen wird.

Ritters Experiment um das Jahr 1800

Zu den weniger bekannten Experimenten, die das Prädikat „historisch“ in engerem Sinn verdienen, gehört auch der Nachweis der UV-Strahlung durch Johann Wilhelm Ritter.



Abb. 1: *Johann Wilhelm Ritter* (1776 bis 1810) gilt aufgrund seiner Entdeckungen und seines Gedankenaustausches mit Romantikern wie Novalis, Naturphilosophen wie Schelling und Physikern wie Oersted, als eine der bedeutendsten Persönlichkeiten der Naturwissenschaften der Romantik. Im Jahr 1801 entdeckte Ritter die UV-Strahlung. Die Erfindung der Trockensäule (1802) und der Ladungssäule (1802/03), eine Vorform des Akkumulators, weisen J. W. Ritter als einen Pionier der galvanischen Experimente und Begründer der Elektrochemie aus [1, S. 84, S. 90].

Wie bei vielen anderen (nicht allen!) historischen Experimenten handelt es sich hierbei nicht um eine zufällige Entdeckung, sondern um das Ergebnis einer gezielten Suche. Die Historie dieses historischen Experiments lautet in Kürze folgendermaßen: Im Jahr 1800 wies Friedrich Wilhelm Herschel die IR-Strahlung nach. Er hatte mit einem Thermometer die Temperaturerhöhung an verschiedenen Stellen des Farbenspektrums gemessen und dabei festgestellt, dass die Erwärmung von Violett bis Rot kontinuierlich zunahm. Dort, wo jenseits von Rot gar nichts mehr zu sehen war, fiel die Erwärmung noch stärker aus. Damit war die infrarote Strahlung nachgewiesen. Jenseits des violetten Bereichs konnte weder Herschel noch Ritter, der Herschels Versuche zunächst wiederholte, eine Temperaturerhöhung feststellen.

Ritter vermutete jedoch, dass sich das Strahlenspektrum nicht nur jenseits von Rot, sondern auch jenseits von Violett fortsetzen musste. Ritter suchte nun nach einem

„...Reagens, das auf dieselbe Weise, wie das Thermometer nach dem Roth hin, in unserem Falle nach dem Violett hin, die stärkere Wirkung zeigt. Es wird dann leicht seyn, mit ihm über das *Violett* hinauszugehen, und außerhalb ihm mit demselben ein Maximum von Wirkung eben so gut aufzufinden, wie mit dem Thermometer über das Roth hinaus“ [1, S. 60].

Ritter wählte als geeignetes Reagens Hornsilber (Silberchlorid) aus, von dem er wußte, daß es „...*im Violett des Farbenbildes weit eher schwarz werde, als in den übrigen Farben*“.

Im Februar 1801 führte er den folgenden Versuch durch:

„Einen etwa acht Zoll langen Streifen starkes weißes Papier überstrich ich mit feuchtem aber erst bereiteten Hornsilber, und ließ im dunklen Zimmer das reinliche Spectrum des Prisma's, in der Entfernung von fünfzig bis sechzig Zoll von diesem, auf dessen Mitte fallen. Das Hornsilber fing zuerst, und äußerst schnell, *in einer beträchtlichen Entfernung vom äußersten Violett nach außen*, an, schwarz zu werden; erst darauf folgte das im Violett selbst nach, und ganz zuletzt that es die schwächste nach innen gelegenste Nuance des sich ins Grün verlierenden *Blaues*.

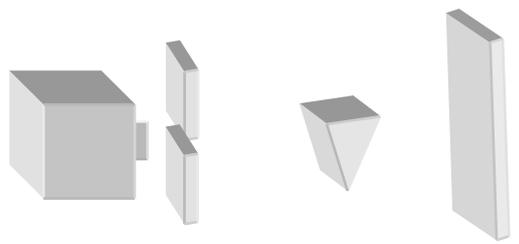
Durch das Gelb hindurch bis ins Roth und darüber hinaus aber, *blieb das Hornsilber weiß*, wie lange es auch diesem Lichte ausgesetzt bleiben mochte. Beym Herausnehmen des Streifens ..., fand ich die *stärkste Schwärzung in der Entfernung eines guten halben Zolles vom äußersten Violett...*“ [1, S. 60]

Schulversuch-Variationen im Jahr 2000

V1: Bestrahlung von AgCl mit dem Spektrum der Diaprojektor-Lampe

Geräte und Chemikalien: Diaprojektor (250 W Halogenlampe), Spaltblende, Prisma und Projektionsschirm (alle auf einer optischen Bank montiert), Bechergläser, Heizplatte, Pinsel Tonpapier (oder Filterpapier), Natriumchlorid, Silbernitrat, aqua dest., Backgelatine (gemahlen, weiß).

Durchführung und Beobachtungen: . Man setzt ca. 3 g Backgelatine in ca. 100 ml kaltem Wasser für 10 min zum Quellen an. In dieser Zeit wird frisches Silberchlorid aus einer gesättigten Natriumchlorid-Lösung mit Silbernitrat-Lösung, $c = 0,1 \text{ mol/l}$, ausgefällt. Während sich das feste Silberchlorid im Becherglas absetzt, wird die gequollene Gelatinemischung unter Rühren bis zur Homogenisierung erwärmt. Nun wird die Lösung über dem inzwischen abgesetzten Silberchlorid abdekantiert. Das feuchte, weiße Silberchlorid wird mit der Gelatine zur einsatzfähigen Paste verrührt. Von dieser Paste wird mit einem Pinsel auf ein Stück festes Tonpapier (besser handhabbar als Filterpapier) eine dünne Schicht aufgetragen und mit dem Fön getrocknet. Das präparierte Tonpapier wird mit Tesafilm am Schirm befestigt (Abb. 2). Mit dem Bleistift werden die Ränder des Spektrums und die Farben auf dem Tonpapier markiert. Es wird 25 min lang bestrahlt. Unter diesen Bedingungen erhält man eine Schwärzung im violetten Bereich und jenseits davon, dort, wo keine Farbe mehr zu sehen war (Abb. 3). Die UV-Strahlung wird hiermit also durch ihre chemische Wirkung auf Silberchlorid nachgewiesen. Offensichtlich reicht die hier gewählte Lichtintensität bzw. die Bestrahlungsdauer aber nicht aus, um eine Schwärzung des Silberchlorids im auch blauen, bereits von Ritter als „*chemisch schwächer wirksamen*“ Bereich des Farbenspektrums zu erzielen. Dazu ist die nachfolgende Versuchsvariante geeignet.



Diaprojektor Spalt Prisma Schirm

Abb. 2: Aufbau Versuch 1: Abstände der verwendeten Geräte: Diaprojektor = 0 cm, Spalt = 2 cm, Prisma = 11 cm, Schirm = 35 cm

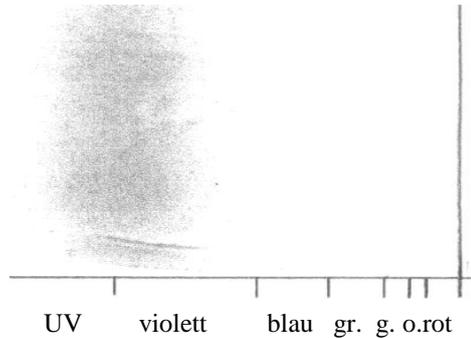


Abb. 3: AgCl auf Tonpapier. Das AgCl wurde 25 Minuten bestrahlt. Im UV- und im violetten Bereich ist eine deutliche Schwärzung von AgCl zu erkennen. (gr. = grün, g. = gelb, o. = orange).

V2: Bestrahlung von AgCl mit farbigem Licht

Geräte und Chemikalien: vgl. unter V1; zusätzlich Schablone (Abb. 4) und farbige Diaprojektor-Einsätze aus Glas oder Plexiglas (rot, gelb, grün, blau und violett).

Durchführung und Beobachtungen: Der mit AgCl beschichtete Tonpapierstreifen wird wie unter 1. präpariert und mit einer Schablone aus schwarzem Tonpapier abgedeckt (Abb. 4). Durch das Weglassen des Prismas und durch die Verkürzung des Abstandes zwischen Diaprojektor und Schirm auf 12 cm wird die Intensität des Lichts, das auf die Probe fällt, erhöht. Man bestrahlt jedes der fünf, durch die Schablone freigegebenen, Felder 4 min lang mit farbigem Licht. Die Schwärzung erfolgt am stärksten im violetten Bereich, ist nunmehr aber auch im Blauen deutlich erkennbar (Abb. 4).

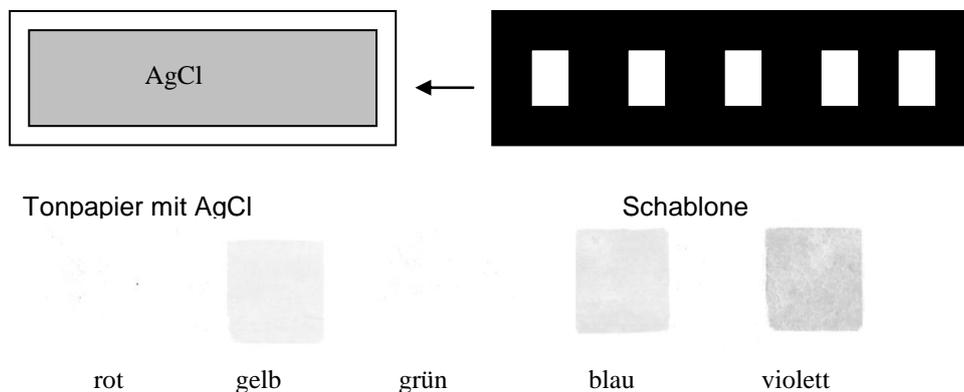


Abb. 4: Silberchlorid wurde mit farbigem Licht 4 Minuten bestrahlt.

Das liegt daran, dass das violette Licht chemisch wirksamer ist als das blaue. Dieses Ergebnis stimmt auch mit der Beobachtung Ritters überein, das Silberchlorid bei Bestrahlung mit dem Spektrum des Sonnenlichts zuerst im UV-, dann im violetten und letztendlich auch im blauen Bereich des Spektrums geschwärzt wird.

Anmerkung: Gelbes Licht sollte keine Schwärzung verursachen. Wir haben in diesem Experiment gelbes Licht mit Hilfe einer Plexiglasscheibe als Lichtfilter erzeugt. Hinterher zeigte sich, dass diese Scheibe einen beträchtlichen Teil des blauen Lichts aus der Lampe des Diaprojektors durchlässt. Das erklärt, warum wir bei dieser Anordnung die in Abb. 4 dargestellte Schwärzung mit Gelblicht erhalten haben.

V3: Bestrahlung von AgCl, AgBr und AgI mit dem Spektrum der Diaprojektor-Lampe

Geräte und Chemikalien: vgl. unter V1; zusätzlich AgBr und AgI

Durchführung und Beobachtungen: Man trägt drei Streifen aus Silberchlorid, Silberbromid und Silberiodid auf Tonpapier und bestrahlt diese 25 Minuten mit dem kontinuierlichen Spektrum einer Diaprojektor-Lampe. Die einzelnen Farben und die Grenzen des Spektrums werden markiert. Außerhalb des sichtbaren Bereichs des Spektrums verfärben sich Silberchlorid und Silberbromid deutlich, und zeigen somit die UV-Strahlung an. Silberchlorid wird, wie bereits nachgewiesen, außer im UV-Bereich auch im violetten und im blauen Bereich geschwärzt. Silberbromid dagegen wird nicht nur im UV-Bereich, sondern im gesamten, sichtbaren Spektrum von Violett bis Rot photolytisch gespalten. Silberiodid wird nicht photolytisch dissoziiert. Auch im UV-Bereich ist keine Verfärbung festzustellen. Die gelbe Farbe in der untersten Reihe der Abbildung 5 ist die Farbe undissoziierten Silberiodids.

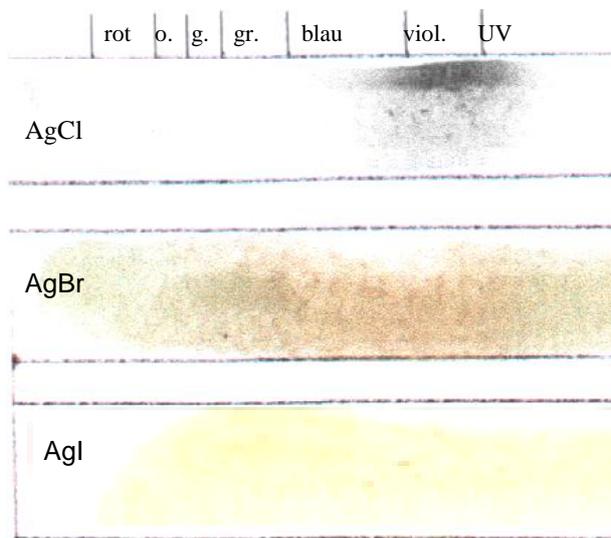


Abb. 5: AgCl, AgBr und AgI werden mit dem kontinuierlichen Spektrum der Diaprojektor-Lampe 25 Minuten bestrahlt. (o. = orange, g. = gelb, gr. = grün, viol. = violett).

Erklärung: Die Redoxreaktion $\text{Ag}^+ + \text{X}^- \rightarrow \text{Ag} + \text{X}$ findet offensichtlich bei AgBr leichter statt als bei AgCl. Eine Erklärung dafür ist, dass das Bromid-Ion aufgrund seines größeren Ionenradius ein geringeres Ionisierungspotential als das Chlorid-Ion hat. Beim Silberiodid muss die Erklärung für sein Verhalten in einer anderen Eigenschaft gesucht werden. In der Tat kristallisieren AgF, AgCl und AgBr im NaCl-Gittertyp. Silberiodid dagegen liegt unterhalb 137 °C im kubisch-flächenzentrierten Zinkblendegitter vor, zwischen 137 °C und 146 °C im hexagonalen Wurtzitgitter und oberhalb 146 °C im kubisch-raumzentrierten Kochsalzgitter. Dabei weist es Ionenleitfähigkeit auf (fester Elektrolyt). Unter den Bedingungen unseres Versuchs könnte sich AgI, in dem der kovalente Bindungscharakter größer ist als in AgCl und AgBr, wie ein Halbleiter verhalten, wobei seine Eigenschaften dann eher mit dem Bänder-Modell als mit dem Ionengitter-Modell zu beschreiben wären.

	Cl^-	Br^-	I^-
Ionenradius	181 pm	195 pm	216 pm

Tab. 1: Ionenradien von Cl^- , Br^- und I^- .

V4: Bestrahlung von AgCl, AgBr und AgI mit farbigem Licht

Durchführung und Beobachtungen: vgl. unter V2; zusätzlich AgBr und AgI.

AgCl, AgBr und AgI werden auf Tonpapier aufgetragen und auf einem Schirm befestigt. Anschließend werden die Silberhalogenide 3 Minuten mit farbigem Licht bestrahlt. Als Farbfilter werden farbige Plexiglasscheiben verwendet. AgBr wird von jeder Lichtsorte

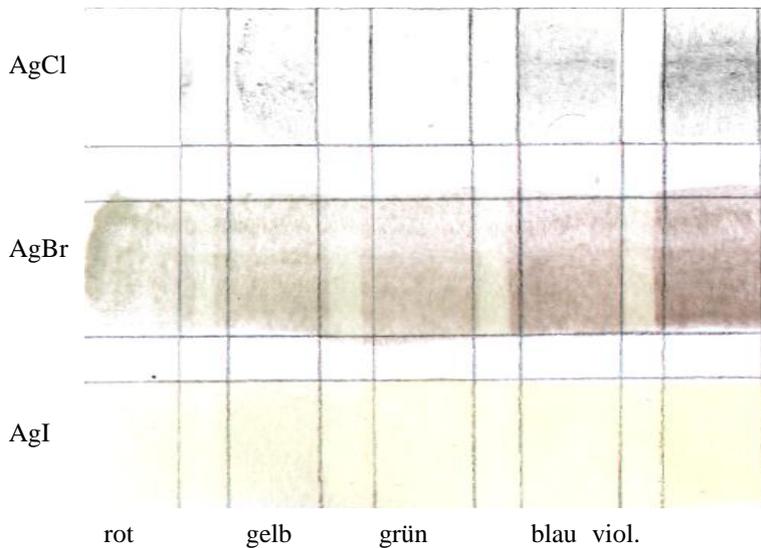


Abb. 6: Die Silberhalogenide wurden drei Minuten bestrahlt. Das Licht des Diaprojektors (Leistung der Glühlampe 250 W) wurde durch Plexiglasscheiben gefiltert. (viol. = violett).

dissoziiert, AgCl jedoch nur von violetterm und von blauem Licht. Gelbes Licht spaltet AgCl ebenfalls, jedoch in weit geringerem Ausmaß als das violette und das blaue Licht. AgI wird unter diesen Versuchsbedingungen nicht photolytisch gespalten (Abb. 6).

V5: Bestrahlung von AgCl mit einem Quecksilberhochdruckbrenner

Geräte und Chemikalien: Vgl. unter V1; der Diaprojektor wird durch einen wassergekühlten Quecksilberhochdruckbrenner (150 W) ersetzt [2 und 3].

V6: Bestrahlung von AgCl mit farbigem Licht

Geräte und Chemikalien: Vgl. unter V2.; der Diaprojektor wird durch einen wassergekühlten Quecksilberhochdruckbrenner (150 W) ersetzt.



Abb. : AgCl, Bestrahlungsdauer: 3 min, farbige Plexiglasscheiben

Die Ergebnisse der Versuche 5 und 6, in denen statt eines Dia-Projektors ein wassergekühlter,

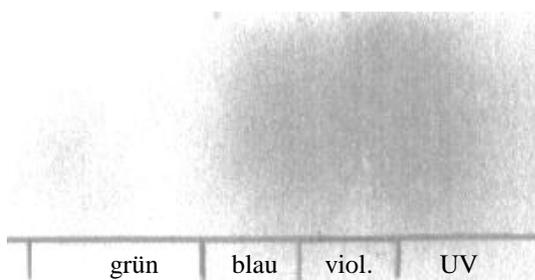


Abb.: Bestrahlung von AgCl mit dem Spektrum des Quecksilberhochdruckbrenners TQ 150; Bestrahlungsdauer 14 Minuten (viol. = violett).

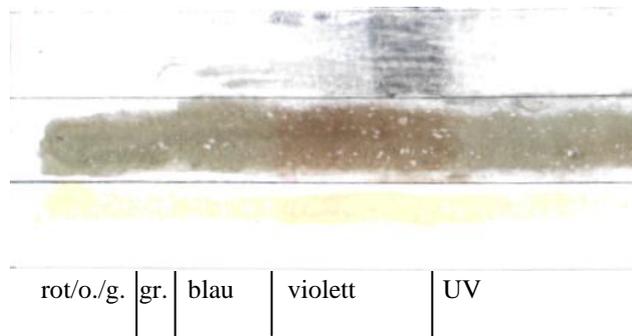


Abb.: Bestrahlung von AgCl, AgBr und AgI mit dem Quecksilberhochdruckbrenner TQ 150. Bestrahlungsdauer 20 Minuten. (o. = orange, g. = gelb, gr. = grün)

150 W – Quecksilberhochdruckbrenner als UV-Strahlungsquelle verwendet wird, stehen im Einklang mit den Ergebnissen der bereits beschriebenen Versuche. In Versuch 5 wird die UV-Strahlung nachgewiesen. Versuch 6 zeigt die unterschiedliche Wirkung des Lichts in Abhängigkeit von der Lichtfarbe.

Ein Experiment – viele Bezüge

1) Energieform Licht im Energiekonzept

Beim Ritterschen Versuch wird deutlich, dass Licht oder unsichtbare UV-Strahlung eine chemische Reaktion erzwingen kann. An anderer Stelle sollte auch auf die Chemolumineszenz eingegangen werden, weil hier Licht aus der Reaktion freigesetzt wird und die Chemolumineszenz damit komplementär zur photochemischen Reaktion ist. Das Energiekonzept im Chemieunterricht, das in der Regel nur die Energieformen Wärme und elektrische Energie berücksichtigt, wird damit um die Energieform erweitert, die für das Leben auf unserem Planeten essentiell ist.

Der Rittersche Versuch verdeutlicht auch, dass die Wirkung des Lichts von seiner Wellenlänge und von der Bestrahlungsdauer abhängt. Vor dem Hintergrund der Umweltprobleme Photosmog, Ozonloch und verstärkte UV-Strahlung spielt diese Erkenntnis eine wichtige Rolle, gerade auch für den Alltag der Schüler. Ob Licht nur die Haut bräunt, oder ob es das Risiko erhöht, an Hautkrebs zu erkranken, hängt von der Bestrahlungsdauer und von der Wellenlänge des Lichts ab. Es hängt aber auch davon ab, wie sich die Schüler in ihrer Freizeit verhalten. Wer sich ernsthaft mit den Folgen ausgedehnter Sonnenbäder auseinandersetzt, wird die Bestrahlungsdauer eventuell reduzieren und Sonnenschutzmittel verwenden, oder den Besuch von Sonnenbänken einschränken.

2) Historische Kontexte im Chemieunterricht

Der Rittersche Versuch ermöglicht die Einbeziehung historischer Aspekte in den Chemieunterricht. Die entscheidenden Entdeckungen seit dem Anfang des 19. Jahrhunderts beruhten auf der Erweiterung der Wahrnehmung durch Instrumente, wie dem Thermometer, oder der Verwendung von Reagenzien, wie dem Silberchlorid. Es wurde in der Wissenschaft ein neuer methodischer Weg eingeschlagen, „...als man ... das Licht der Sonne nicht mehr mit dem Auge, sondern wie Herschel und Ritter bezüglich seiner thermischen und chemischen Wirkung untersuchte“ [4, S. 244].

Interessant sind die historischen Aspekte der Versuche, weil mit der Entdeckung der UV-Strahlung durch J. W. Ritter (und der IR-Strahlung durch F. W. Herschel) „...zum ersten Mal in der Natur etwas gefunden [wurde], für dessen Wahrnehmung der Mensch kein Organ besitzt“ [4, S. 243]. Durch Einbeziehung der Chemiegeschichte in den Unterricht erfahren die Schüler, dass die Fragen und Probleme, die sie bewegen, auch schon von bedeutenden Wissenschaftlern in der Vergangenheit gestellt wurden. Der Rittersche Versuch verdeutlicht, dass die Aussagekraft eines Versuches wesentlich von der richtigen Wahl der Versuchsbedingungen (Apparatur, Reagenzien etc.) abhängt. Die Schüler können anhand der Experimente selbst feststellen, dass Ritters Wahl der Versuchsvorrichtung und von Silberchlorid als Nachweisreagenz für die UV-Strahlung wichtige Voraussetzungen für das Gelingen des Experiments waren.

3) Fachübergreifender Unterricht

Auch unter Berücksichtigung fächerübergreifender Aspekte ist der Rittersche Versuch eine sinnvolle Ergänzung des Physik-, des Biologie- und des Technikunterrichts.

Das Wissen, das die Schüler aus dem **Physikunterricht** über das kontinuierliche Spektrum des Lichts, die Farben des Lichts und deren Mischbarkeit mit einbringen, kann vertieft und

angewendet werden. Die Zerlegung und die Zusammensetzung des weißen Lichts gehören zu den Inhalten des Physikunterrichts der Sekundarstufe I an Gymnasien.

Im **Biologieunterricht** werden die Photosynthese und die Wirkung der UV-Strahlung auf die Haut behandelt. Auch in diesem Zusammenhang ist der Rittersche Versuch geeignet, Zusammenhänge aufzuzeigen und zu vertiefen. Er verdeutlicht, dass die UV-Strahlung in ihrer chemischen Wirkung das sichtbare Licht übertreffen kann. Im Sinne einer Gesundheits- und Umwelterziehung der Schüler ist eine Unterscheidung des Lichts in sichtbares Licht und unsichtbare UV-Strahlung (UV-A, UV-B und UV-C) bereits in der Sekundarstufe I angebracht. Dabei ist aus Alltagserfahrungen und Experimenten eine Skala zu erstellen, auf der diese Lichtsorten nach steigender Energie angeordnet werden, wie man an anderer Stelle des Unterrichts z.B. die Metalle nach steigendem Reaktionsvermögen anordnet [6].

Die Bestrahlung der Silberhalogenide mit dem Farbenspektrum des Lichts ist geeignet, eine solche Skala aufzustellen. Man orientiert sich dabei an der Intensität und der Schnelligkeit der Schwärzung von AgCl und AgBr durch Licht unterschiedlicher Farbe oder dem Farbenspektrum des Lichts.

Im **Technikunterricht** wird exemplarisch die Herstellung einfacher Platinen für elektronische Schaltungen nach dem UV-Photoverfahren besprochen und in einer schülergerechten Version durchgeführt. Die Möglichkeiten der Nutzbarmachung von Sonnenenergie sind ebenfalls Themen, die im Technikunterricht behandelt werden [6, S. 45].

4) Chemische Fachsystematik und alltägliche Lebenswelt der Schüler

Der Rittersche Versuch ist ein gutes Beispiel für eine Möglichkeit, den Alltag und die Lebenswelt der Schüler sinnvoll in die Erschließung der chemischen Fachsystematik zu integrieren. Bereits in der Sekundarstufe I kann der Rittersche Versuch dazu dienen, fachsystematische Aspekte wie Elementfamilie der Halogene, Fällungsreaktionen, Energiebeteiligung bei chemischen Reaktionen u.a. mit alltäglichen Erfahrungen wie Sonnenbaden am Meer und im Gebirge, Tanzen im Disco-UV-Licht, Bräunen im Sonnenstudio u.a. miteinander zu verknüpfen. Dazu wird nachfolgend eine Unterrichtsreihe für die Sekundarstufe I skizziert. Die Arbeitsblätter zu dieser Unterrichtsreihe können aus dem Internet von unserer Homepage unter der Adresse <http://www.theochem.uni-duisburg.de/DC/> heruntergeladen werden.

Eine Unterrichtsreihe für die Sekundarstufe I

Wie bereits angeführt, gibt es eine ganze Reihe von Gründen, die dafür sprechen, den Versuch von Ritter in den Chemieunterricht zu integrieren. Die Unterrichtsreihe, die in diesem Kapitel vorgestellt wird, ist ein Vorschlag, wie der Versuch von Ritter in einer schülergerechten Form in den Unterricht eingebracht werden könnte. Sie ist folgendermaßen strukturiert:

1. Doppelstunde: Die Eigenschaften der Silberhalogenide
2. Doppelstunde: Die Wirkung des farbigen Lichts auf Silberhalogenide
3. Doppelstunde: Die „Entdeckung“ der UV-Strahlung

In der ersten Doppelstunde sollen die Schüler einige Eigenschaften der Silberhalogenide, wie die Schwerlöslichkeit, die Farbe und besonders die Lichtempfindlichkeit experimentell erarbeiten. Wässrige Lösungen von NaCl, KCl, NaBr, KBr, NaI und KI werden mit wässriger Silbernitrat-Lösung versetzt. Die Reagenzgläser mit den ausgefällten Silberhalogeniden werden mit Licht bestrahlt. Jeweils eine Gegenprobe wird mit Alu-Folie abgedeckt, damit die Schüler die Schwärzung der Silberhalogenide auf die Bestrahlung mit Licht zurückführen können. Anschließend wird Silberbromid bzw. Silberchlorid mit Gelatine vermischt, auf

Tonpapier aufgetragen, durch eine Schablone (Schlüssel, Laubblatt o. ä.) abgedeckt und mit Licht bestrahlt. Man erhält das Negativbild der Schablone.

Nachdem die wichtigsten Eigenschaften der Silberhalogenide erarbeitet wurden, werden in der zweiten Doppelstunde die Kenntnisse der Schüler über die chemischen Wirkungen des Lichts vertieft. Ein Silberchlorid-Gelatinegemisch wird auf Tonpapier aufgetragen und mit unterschiedlichen Farben des Lichts bestrahlt. Man erkennt, daß die chemische Wirkung des Lichts von seiner Farbe abhängt. Silberchlorid wird von blauem und violetter, nicht aber von rotem, gelbem und grünem Licht geschwärzt.

In der dritten Doppelstunde wird die UV-Strahlung entsprechend dem Ritter-Versuch von den Schülern nachentdeckt. Ein Silberchlorid-Gelatinegemisch wird auf Tonpapier aufgetragen und mit dem kontinuierlichen Spektrum des Lichts bestrahlt. Die einzelnen Farben des Lichts und die Ränder des Spektrums müssen markiert werden, damit man eindeutig erkennt, daß Silberchlorid auch außerhalb des sichtbaren Bereichs des Spektrums, nämlich im UV-Bereich geschwärzt wird. Erstaunlicherweise ist die chemische Wirkung der unsichtbaren UV-Strahlung größer als die des sichtbaren Lichts.

Zum Abschluss der dritten Doppelstunde empfiehlt es sich, im Sinne einer Umwelt- und Gesundheitserziehung die Versuchsergebnisse zu thematisieren (Stichworte: Ozonloch, UV-Schädigung, Hautkrebs). Dazu bieten sich die Texte und Bilder aus dem Arbeitsblatt 3 an, die durch aktuelle und lokalspezifische Probleme und Informationen ergänzt werden sollten.

Literatur

- [1] Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaft, *Johann Wilhelm Ritter*: Die Begründung der Elektrochemie. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main, 1968
- [2] *M. W. Tausch*: Photochemie - aktuelle Bedeutung und Möglichkeiten der Integration in den Chemieunterricht, PdN-Chemie 40, (4), 3, (1991)
- [3] *M. Tausch*: UV-Tauchlampenreaktor für Schulversuche. H. Jürgen & Co (GmbH & Co) Bremen, 1983
- [4] *W. Gerlach*: Fortschritte der Naturwissenschaft, in : Propyläen, Weltgeschichte. Das neunzehnte Jahrhundert, Bd. 8, Hrsg. Golo Mann, Propyläen Verlag Berlin, Frankfurt am Main, 1960
- [5] *M. Tausch, H. Brandl*: Lichtbeteiligung bei chemischen Reaktionen. MNU, 50, (4), 206, (1997)
- [6] Richtlinien Technik / Wirtschaft (Arbeitslehre), Gesamtschule: Hrsg. Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein - Westfalen, 1. Auflage 1980, unveränderter Nachdruck 1996, Verlagsgesellschaft Ritterbach mbH, Heft 3103