

Vortrag zum Thema:
Malereifarben



Schultyp:	Gymnasium
Adressaten:	2. Semester Chemie
Sprechdauer:	20 Minuten
Autor:	Beni Sutter
Betreuer:	Dr. Juraj Lipscher
Fassung:	1. Juli 2001

Lerntätigkeiten der Schüler/innen in den vorangegangenen Stunden

Die Lehrperson erklärt, was **Anionen** und **Kationen** sind. Sie zeigt Elemente der Gruppen 1,2 und 7. Dazu benutzt sie die Wandtafel und das Periodensystem. Die Schüler/innen sehen, welche Ladungen die Ionen tragen können. Die Lehrperson sagt den Schülern und Schülerinnen, dass eine **ionische Bindung** auf Grund der Anziehung zwischen positiv geladenen und negativ geladenen Teilchen zustande kommt. Die Schüler/innen hören zu. Die Schüler/innen schreiben die Formeln von ein paar ionischen Verbindungen auf. Dazu nehmen sie nur Elemente der Gruppen 1,2 und 7. Dabei überlegen sie mit Hilfe der vorher gehörten Theorie, die Zusammensetzung möglicher Salze. Die Lehrperson stellt einige einfache **Salze** vor, die tatsächlich in der Natur vorkommen.

Die Lehrperson erklärt an der Tafel **mehratomige Anionen**. Die Schüler/innen erhalten eine Liste mit den Summenformeln und Namen für ca. 30 komplexe Anionen. Die Lehrperson zeigt mit dem Regel-Beispiel-Regel-Verfahren, wie ionische Verbindungen benannt werden. Die Schüler/innen üben das **Benennen von ionischen Verbindungen**. Dazu erhalten sie von der Lehrperson ein Blatt mit zehn Summenformeln. Sie benennen diese Verbindungen und vergleichen ihre Antworten mit den Lösungen die auf der Rückseite des Blattes stehen.

Die Lehrperson erklärt das **Lösen von Salzen in Wasser**. Dazu schreibt sie eine Reaktionsgleichung an die Tafel. Darauf führt sie ein Demoexperiment durch. Sie löst Bariumsulfid in Wasser. Die Lehrperson erklärt **Fällungsreaktionen** an der Wandtafel mit einer Reaktionsgleichung. Darauf führt sie ein Demoexperiment durch. Sie fällt Bariumsulfid. Dazu giesst sie gelöstes BaCl_2 und gelöstes K_2SO_4 zusammen. Die Schüler/innen erhalten Gleichungen von verschiedenen Fällungsreaktionen. Die Schüler/innen unterscheiden Ionen, die an der Bildung des Produkts beteiligt sind und Ionen, die nur in der Lösung herumschwimmen. Dazu vereinfachen sie die Reaktionsgleichungen. Am Schluss kommen nur noch Ionen vor, die in der Summenformel des Fällungsproduktes stehen.

Die Schüler/innen betreiben **Stoffchemie zu ionischen Verbindungen**. Auf einem Stoffparcours erstellt jeder Schüler zu 2 verschiedenen Verbindungen ein Kurzportrait. Die Portraits werden ausgetauscht, so dass jeder/e Schüler/innen ein Portrait von 20 ionischen Verbindungen hat.

Lerntätigkeit bis zum Beginn des Vortrags

Die Lehrperson schildert den Schülern/innen, was in der Stunde passieren wird.

1. Sie erhalten ein Blatt mit fünf Repetitionsaufgaben zu den letzten vier Stunden. Sie lösen selbständig die fünf Repetitionsaufgaben. Dazu können sie das Periodensystem und das Blatt mit den mehratomigen Anionen benutzen. Sie kontrollieren sich selber. Die Lösung steht auf der Rückseite des Blattes. Sie haben dazu zehn Minuten Zeit.
2. Sie lehnen sich zurück und hören dem Vortrag über Malereifarben zu. Der Vortrag dauert etwa 20 Minuten. Er zeigt, wie die Chemie die Malerei zwischen 1500 und 1950 beeinflusst hat. Dank ihrem Wissen über ionische Verbindungen und Fällungsreaktionen, können sie den chemischen Teil des Vortrags gut verstehen.
3. Sie festigen ihr Wissen über ionische Verbindungen und Fällungsreaktionen noch einmal durch das Lösen einer einfachen schriftlichen Aufgabe.
4. Sie vertiefen das neue Wissen, das sie im Vortrag gewonnen haben. Dazu machen sie sich kurz zu einer weiteren schriftlichen Aufgabe Gedanken. Dann findet eine Diskussion der Lösungen statt. Dort können sie ihren Lösungsvorschlag einbringen.

Die Lehrperson teilt das Blatt mit den Repetitionsfragen aus. Die Schüler/innen beginnen die Aufgaben zu lösen. Sie vergleichen ihre Lösungen mit den Lösungen auf der Rückseite des Blattes.

Das Blatt mit den Repetitionsfragen ist auf der nächsten Seite dargestellt. Die Antworten zu den Repetitionsfragen sind auf der übernächsten Seite dargestellt.

Zehn Minuten nach dem Austeilen der Blätter fordert die Lehrperson die Schüler auf, das Blatt mit den Repetitionsfragen wegzulegen und dem Vortrag zuzuhören.

Die Lehrperson beginnt mit dem Vortrag.

Repetitionsfragen zu ionischen Verbindungen

1. Welche Ladung trägt ein Bariumion, wenn es die gleiche Elektronenkonfiguration wie ein Edelgas hat?
2. Auf welchem Prinzip beruht die ionische Bindung?
3. Wenn Sie in Wasser gelöstes BaCl_2 und K_2SO_4 zusammengiessen, fällt BaSO_4 aus. Welche Ionen liegen vor der Fällung in der Reaktionslösung vor?
4. Schreiben sie eine stöchiometrisch korrekte Gleichung mit allen vorkommenden Ionen auf. Vereinfachen sie dann die Gleichung so, dass nur noch Ionen vorkommen, die in der Summenformel des gefällten Produktes stehen.
5. Wie lauten die Namen der Verbindungen KMnO_4 und AlCl_3 ?
6. Erinnern sie sich an drei Verbindungen des Stoffparcours, die sie besonders interessant gefunden haben. Schreiben sie Summenformel, Name und drei wichtige Eigenschaften der Verbindungen auf.

Antworten zu den Repetitionsfragen

1. Barium gehört zur zweiten Hauptgruppe. Es muss zwei Elektronen abgeben um Edelgaskonfiguration zu erreichen. Es ist zweifach positiv geladen.
2. Auf der Anziehung zwischen negativ und positiv geladenen Teilchen.
3. K^+ , SO_4^{2-} , Ba^{2+} , Cl^-
4. $2 \text{K}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Ba SO}_4(\text{s}) + 2 \text{K}^+(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq})$
 $\text{Ba}^{2+}(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Ba SO}_4(\text{s})$
5. Kaliumpermanganat und Aluminiumchlorid
6. Kontrollieren sie ihre Erinnerung mit den Kurzportraits, die sie und ihre Mitschüler/innen im Stoffparcours erstellt haben.

Vortrag über Malereifarben: Kunst und Naturwissenschaft

Anleitungen und Informationen für den Vortragenden sind kursiv gedruckt.

Das Gesprochene und die Hellraumprojektorfolien sind normal gedruckt.

Bemerkungen zu Advanced Organizer und Regel-Beispiel-Regel-Verfahren

Advanced Organizer:

- *Ein AO scheint aus folgenden Gründen nicht nötig zu sein:*
- *Das behandelte Thema ist nicht schwierig. Es stellt keine besonderen Anforderungen an die Chemiekenntnisse der Schüler.*
- *Es kommt in diesem Vortrag nichts vor, was nicht schon vorher im Chemie-unterricht behandelt worden ist.*
- *Es werden keine neuen chemischen Begriffe eingeführt.*
- *Es geht im Vortrag nur um die Beleuchtung eines Themas mit Hilfe von Wissen, das sich die Schüler im Chemieunterricht angeeignet haben.*

Regel-Beispiel-Regel-Verfahren:

Dieses Verfahren eignet sich zur Erklärung von Definitionen und Ähnlichem.

Im ersten Teil werden drei der vier wichtigen Pigmenteigenschaften nach dem Regel-Beispiel-Regel Verfahren definiert. Die Begriffe werden nicht physikalisch erklärt, sondern nur qualitativ erläutert. Trotzdem finde ich das Regel-Beispiel-Regel-Verfahren angebracht. Dank den Beispielen wird die Bedeutung der Eigenschaften besser sichtbar. Um den Vortrag nicht zu unterbrechen, habe ich auf eine Rückmeldung verzichtet.

Folie 1 wird eingeblendet. Sie bleibt die ganze Zeit aufgelegt. Die anderen Folien werden auf einem zweiten Projektor gezeigt. Folie 1 ist auf der nächsten Seite dargestellt.

Malereifarben: Kunst und Naturwissenschaft



<http://sunsite.dk/cgfa/t/p-tintore4.htm>

Tintoretto: Heiliger Georg mit dem Drachen 1560



<http://www.nga.gov/cgi-bin/pimage?46340+0+0>

Gauguin: Landschaft bei le Pouldu 1890

Vortrag

Betrachten sie diese beiden Bilder. Es fällt auf, dass sie sich vor allem in ihrer Farbigkeit unterscheiden. Besonders gut sichtbar ist dieser Unterschied, wenn sie die grüne Farbe betrachten. Was ist zwischen 1560 und 1890 passiert, das den Unterschied in der Farbigkeit erklären kann? Was verbindet Chemie und Kunst so direkt, dass die Chemie Entwicklungen in der Malerei ergänzend zur Kunstgeschichte erklären kann?

Die nächsten zwanzig Minuten werde ich diese zwei Fragen beantworten.

Im weitesten Sinne zeigt dieser Vortrag, wie es mit Hilfe der Chemie gelingt, auf einem nicht naturwissenschaftlichen Gebiet neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Als erstes zeige ich ihnen in einer Übersicht, was in den nächsten zwanzig Minuten geschieht.

Die Folie 2 zur Übersicht ist auf der nächsten Seite dargestellt. Folie 2 wird eingeblendet.

Übersicht

Malereifarben bestehen aus Pigment und Bindemittel.

In diesem Vortrag geht es um Pigmente.

Teil 1

- Wir betrachten vier wichtige Eigenschaften von Pigmenten.
- Drei grüne Pigmente vor 1800
- Entdeckung der Elemente Cr, As, Co und Zn
- Drei grüne Pigmente nach 1800

Teil 2

- Herstellung eines Pigments
- Versuch

Zusammenfassung

Übersicht

Malereifarben bestehen aus Pigment und Bindemittel. In diesem Vortrag geht es um Pigmente.

Im ersten Teil des Vortrags betrachten wir vier Eigenschaften von Pigmenten. Mit Hilfe dieser vier Eigenschaften beurteilen wir drei grüne Pigmente. Sie wurden vor 1800 verwendet.

Danach schauen wir uns die Entdeckung der Elemente Cr, As, Co und Zn an. Mit diesen vier neuen Elementen gelang es der Chemie, revolutionäre grüne Pigmente herzustellen.

Die neuen Pigmente hatten einen starken Einfluss auf die Malerei. Dazu schauen wir uns drei grüne Pigmente nach 1800 an.

Im zweiten Teil des Vortrags zeige ich ihnen, wie ein Pigment hergestellt wird.

Der Vortrag endet mit einer Zusammenfassung.

Vier wichtige Eigenschaften von Pigmenten

Ich erläutere jetzt vier wichtige Eigenschaften von Pigmenten.

Die erste Eigenschaft ist **Lichtechtheit**. Sie gibt an, wie stark sich ein Pigment in seiner Farbe verändert, wenn es von Licht bestrahlt wird. (*Folie 3 Figur 1 zeigen. Folie 3 ist auf der nächsten Seite dargestellt.*) Ein lichtechtes Pigment verändert seine Farbe unter dem Einfluss von Licht nicht. Wären die in Malereifarben verwendeten Pigmente nicht lichtecht, dann könnten wir zum Beispiel das Bild von Gauguin heute nicht mehr in seiner ursprünglichen Farbigkeit betrachten. Also, ein lichtechtes Pigment ist in seiner Farbe stabil.

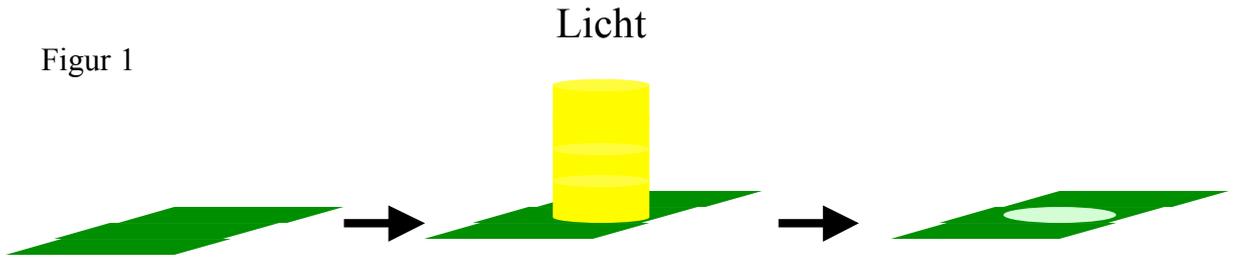
Die zweite Eigenschaft ist die Fähigkeit eines Pigments den **Untergrund gut zu decken**, so dass dieser nicht durchschimmert. (*Folie 3 Figur 2 zeigen*) In diesem Fall spricht man von einem gut deckenden Pigment. Wenn ihr zum Beispiel mit einem schlecht deckenden Weisspigment einen Kaffeefleck an der Zimmerwand übermalen wollt, wird er auch nach mehreren Schichten noch durchschimmern. Also, gut deckende Pigmente überdecken ihren Untergrund vollständig.

Die dritte Eigenschaft ist die **Verträglichkeit eines Pigments mit anderen Pigmenten**. Im ungünstigsten Fall findet zwischen zwei nicht verträglichen Pigmenten eine chemische Reaktion statt und die beiden Pigmente ändern ihre Farbe. (*Folie 3 Figur 3 zeigen*) Im Idealfall lässt sich ein Pigment mit anderen Pigmenten unterschiedlichster chemischer Zusammensetzung mischen ohne seine Farbe zu verändern. Ein Maler im 19. Jahrhundert war zum Beispiel überrascht, als seine aus Gelb und Grün gemischte Frühlingswiese plötzlich schwarz wurde. Also, ein Pigment sollte sich ohne Einschränkungen mit vielen anderen Pigmenten mischen lassen.

Die vierte Eigenschaft ist die **Giftigkeit**. Chrom Kobalt und Zink sind Nebengruppen-elemente. Sie ermöglichen die schöne Farbigkeit der Pigmente. Gleichzeitig sind sie giftig. Denken sie nur an die Giftigkeit anderer Schwermetalle wie z.B. Cadmium oder Quecksilber. Die Giftigkeit spielte bei der Entdeckung eines Pigmentes eine untergeordnete Rolle. Erst nach längerer Verwendung wurde diese Eigenschaft wichtig. Es gibt Pigmente die auf Grund ihrer Giftigkeit weder hergestellt noch verwendet werden dürfen.

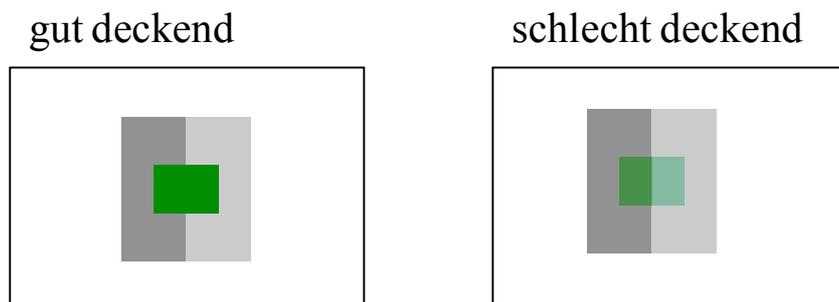
Lichtehtheit

Figur 1



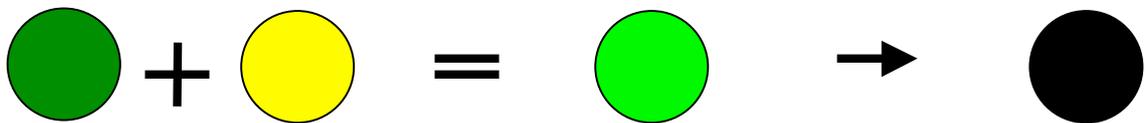
Untergrund decken

Figur 2



Verträglichkeit mit anderen Pigmenten

Figur 3



Drei Pigmente vor 1800

Zuerst schauen wir uns **Pigmente** an, die **vor 1800** verwendet wurden. (*Auf das obere Bild von Folie 1 zeigen.*) Dazu betrachten wir das Bild von Tintoretto und die Pigmente die zu den stumpfen Grüntönen führen. Die in diesem Bild verwendeten grünen Pigmente sind Grünspan und Malachit.

Malachit in der oberen Tabelle von Folie 4 einblenden. Folie 4 ist auf der nächsten Seite dargestellt.

Malachit ist ein mineralisches Pigment. Es ist basisches wasserhaltiges Kupfer(II)-carbonat. (*Auf Summenformel zeigen*) Das Pigment war schon prähistorisch bekannt. Es wird aus einem Stein gewonnen der den gleichen Namen trägt. Der Stein wird an der Fundstätte abgebaut und gemahlen. Die Helligkeit der grünen Farbe kann durch die Grösse der gemahlene Teilchen bestimmt werden. Grob gemahlener Malachit gibt ein hellgrünes Pigment. Feingemahlener Malachit gibt ein dunkelgrünes Pigment. Malachit ist sehr lichtecht. Das Pigment ist auch mit vielen Pigmenten mischbar. Einzig beim Mischen mit schwefelhaltigen Pigmenten kann sich Malachit schwarz verfärben. Das Pigment ist schlecht deckend. Es ist ungiftig.

Grüne Erde in der oberen Tabelle von Folie 4 einblenden.

Grüne Erde ist ein weiteres mineralisches Pigment. Es ist ein Silikat, das unter anderem Eisen und Aluminium enthält. Es wurde im Bild von Tintoretto nicht verwendet. Es wird auch an der Fundstätte abgebaut und zum Pigment gemahlen. Grüne Erde gleicht in seinen Eigenschaften Malachit. Das Pigment ist sehr lichtecht, schlecht deckend und ungiftig. Im Gegensatz zu Malachit ist es ohne Einschränkungen mit allen Pigmenten mischbar ohne seine Farbe zu verändern.

Grünspan in der oberen Tabelle von Folie 4 einblenden.

Grünspan ist kein mineralisches Pigment. Der chemische Name ist Kupfer(II)-acetat. Es wird gewonnen, indem man Kupferplatten Essigsäuredämpfen aussetzt. Dabei bildet sich Grünspan auf der Oberfläche der Kupferplatten. Der Grünspan wird dann abgekratzt und zum Pigment gemahlen. Grünspan reagiert in den ersten Wochen sehr empfindlich auf Licht. Das Pigment verändert seine Farbe von Blaugrün nach Grün. Nach dieser Farbveränderung ist es lichtecht. Grünspan ist ein schlecht deckendes Pigment. Es kann zur Zersetzung anderer Pigmente führen. Es ist nicht uneingeschränkt mit anderen Pigmenten mischbar. Grünspan ist giftig.

bekannt seit Farbe	Name und Summenformel	Eigenschaften			
		Licht-echtheit	deckend	Mischbar-keit	Giftig-keit
vor Antike 	Malachit $2 \text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$	gut	schlecht	ein- geschränkt	ungiftig
Vor Antike 	Grüne Erde zu kompliziert	sehr gut	schlecht	unein- geschränkt	ungiftig
Antike 	Grünspan $\text{Cu(OH)}_2 \cdot$ $(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	gut	schlecht	ein- geschränkt	giftig

<http://www.educeth.ethz.ch/chemie/diverses/pigmente/pigmente/pigmhaupttab.htm>

bekannt seit Farbe	Name und Summenformel	Eigenschaften			
		Licht-echtheit	deckend	Mischbar-keit	Giftig-keit
1814 	Schweinfurter- grün $3 \text{Cu(AsO}_2)_2 \cdot$ $\text{Cu(CH}_3\text{COO)}_2$	gut	gut	ein- geschränkt	hoch- giftig
1840 	Chrom-oxidgrün $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	gut	gut	unein- geschränkt	erregt Krebs
1780 	Kobaltgrün $\text{CoO} \cdot \text{ZnO}$	gut	gut	unein- geschränkt	giftig

<http://www.educeth.ethz.ch/chemie/diverses/pigmente/pigmente/pigmhaupttab.htm>

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass **in der Zeit vor 1800 kein leuchtend grünes Pigment erhältlich** war. Die erhältlichen Pigmente waren stumpf im Ton und dazu noch schlecht deckend. Um diese Nachteile wettzumachen, wurden aufwändige Maltechniken entwickelt. Nicht nur die Qualität der Pigmente schränkte die Maler jener Zeit ein. Auch der hohe Preis konnte ein Grund sein, ein Pigment nicht zu verwenden. Das leuchtend blaue Pigment Ultramarin wurde durch das Mahlen des Halbedelsteins Lapislazuli gewonnen. Es war praktisch unerschwinglich. Noch heute kostet ein Kilogramm des natürlichen Pigments etwa 30000 Franken. Synthetisches Ultramarin ist heute viel günstiger erhältlich.

Die Entdeckung neuer Elemente in der Chemie

Eine kleine Revolution in der Chemie sollte die Malerei nach 1800 von vielen Zwängen befreien. Von 1650 bis 1800 wurden neben Anderen die Elemente **Arsen, Kobalt, Zink** und **Chrom** entdeckt. Ich gebe ihnen die Elemente in Pillengläsern herum, so dass sie sie anschauen können. Arsen fehlt, weil es extrem giftig ist. (*Pillengläser verteilen*)

Arsen wurde im Jahr 1635 von Schröder entdeckt.

Arsen in der Tabelle von Folie 5 einblenden. Folie 5 ist auf der nächsten Seite dargestellt.

Kobalt wurde vom Schweden Brandt um 1735 entdeckt.

Kobalt in der Tabelle von Folie 5 einblenden.

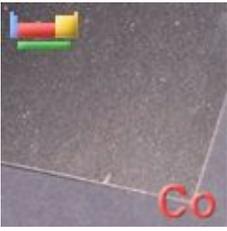
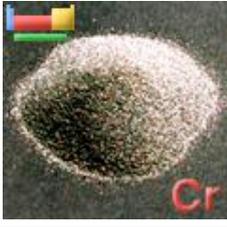
Margaf entdeckte 1746 das Element **Zinn**.

Zinn in der Tabelle von Folie 5 einblenden.

Vauquelin entdeckte 1747 in Frankreich das Element **Chrom**.

Chrom in der Tabelle von Folie 5 einblenden.

Bald wurden Verbindungen, die neu entdeckte Elemente enthielten, als Rohmaterialien verfügbar. Den Chemikern gelang es, neue grüne Pigmente herzustellen. Sie unterscheiden sich bezüglich Lichtechtheit, Fähigkeit den Untergrund zu decken, Mischbarkeit mit anderen Pigmenten und Giftigkeit klar von den alten Pigmenten.

Bild	Element	Entdecker	Jahr
kein Bild erhältlich (grau, metallisch glänzend)	Arsen	Schröder	1649
	Kobalt	Brandt	ca.1735
	Zink	Margraf	1746
	Chrom	Vauquelin	1749

<http://www.shef.ac.uk/chemistry/web->

Die neuen Pigmente nach 1800

Die neuen grünen Pigmente waren viel farbiger. Die Wirkung der neuen grünen Pigmente sehen wir im Bild von Gauguin. (*Auf das untere Bild von Folie 1 zeigen.*) In seinem Bild hat Gauguin Schweinfurtergrün und Chromoxidgrün verwendet.

Schweinfurtergrün in der unteren Tabelle von Folie 4 einblenden.

Schweinfurtergrün ist wegen seines intensiven Grüntons einzigartig. Die Farbenfabrik von Wilhelm Sattler in Schweinfurt produzierte dieses Pigment von 1814 – 1822. Die Methode wurde streng geheim gehalten. Der deutsche Chemiker Wilhelm Liebig untersuchte das Pigment. Er publizierte 1822 die Zusammensetzung und eine Synthesemethode. Bei Schweinfurtergrün handelt es sich um Kupfer(II)-acetoarsenit. Von da an wurde das Pigment von vielen Firmen in Europa günstig produziert und fand sofort weite Verbreitung in der Malerei. Schweinfurtergrün ist lichtecht und gut deckend. Wenn es mit schwefelhaltigen Pigmenten gemischt wird, färbt es sich schwarz. Der grösste Nachteil des Pigments ist, dass es Arsen enthält. Allmählich entdeckte man, dass das Pigment sehr giftig ist. In Deutschland wurde die Verwendung von Schweinfurtergrün in Spielsachen, Geschirr und Textilien 1882 verboten.

Chromoxidgrün in der unteren Tabelle von Folie 4 einblenden.

Das zweite in Gauguins Bild verwendete grüne Pigment ist **Chromoxidgrün**. Es handelt sich um Chrom(III)-oxidhydrat. 1831 war eine Methode bekannt um Chrom(III)-oxidhydrat herzustellen. Sie war sehr teuer. Chrom(III)-oxidhydrat ist ein hellgrünes Pigment. Es ist lichtecht, sehr gut deckend und mit anderen Pigmenten ohne Einschränkungen mischbar. Es ist giftig. Heute steht es im Verdacht Krebs zu erregen. Der hohe Preis des Pigments war ein Grund für seine langsame Verbreitung in der Malerei.

Kobaltgrün in der unteren Tabelle von Folie 4 einblenden.

Bei **Kobaltgrün** handelt es sich um Kobalt(II)-oxid-Zink(II)-oxid. Es wurde schon 1780 von Rinman aus Kobalt- und Zinksulfat hergestellt. Das Pigment ist lichtecht, gut deckend und mit anderen Pigmenten ohne Einschränkungen mischbar. Sein hoher Preis verhinderte jedoch eine weite Verbreitung in der Malerei.

Mit diesen drei Pigmenten standen den Malern zum ersten Mal wirklich grüne Farben zur Verfügung. Schweinfurtergrün war wegen seiner intensiven Farbigkeit und seiner frühen Verfügbarkeit einzigartig. Trotz seiner extremen Giftigkeit wurde es bis 1950 als Malereifarbe verwendet.

Zum ersten Teil lässt sich zusammenfassend sagen, dass sich die **unterschiedliche Farbigekeit** der Bilder von Gauguin und Tintoretto **mit Hilfe der Chemie erklären** lässt. Die **Entdeckung der Elemente Arsen, Kobalt, Zink und Chrom ermöglichte die Herstellung von leuchtend grünen Pigmenten**. Die Darstellung der Farbe Grün bereitete der Malerei vor 1800 Schwierigkeiten. Mit der Verwendung der neuen Pigmente konnten diese Schwierigkeiten überwunden werden.

Herstellung eines Pigments durch eine Fällungsreaktion

Im Zweiten Teil des Vortrags geht es um die **Herstellung eines Pigments**.

Das zu seiner Zeit beliebteste grüne Pigment war Schweinfurtergrün. Es lässt sich durch eine Fällungsreaktion gewinnen. Liebig war der erste, der die **Acetatmethode 1822 zur Herstellung von Schweinfurtergrün** beschrieben hat.

Obere Gleichung von Folie 6 einblenden. Folie 6 ist auf der nächsten Seite dargestellt.

Liebig ging von Grünspan aus. Der chemische Name für Grünspan ist Kupfer(II)-acetat. Er löste Kupfer(II)-acetat in heissem Essig. Dazu gab er eine Arsen(III)-oxidlösung. Es bildetet sich ein grünes Fällungsprodukt, das wieder in Essig gelöst und gekocht wurde, bis Schweinfurtergrün auskristallisierte. Die chemische Bezeichnung für Schweinfurtergrün ist Kupfer(II)-acetoarsenit. Die Acetatmethode wurde in vielen Varianten angewendet. Ich zeige euch eine Reaktionsgleichung mit Natriumarsenit und Kupfer(II)-acetat als Reaktanden. Diese Fällung kann ich nicht Demonstrieren, weil Arsenverbindungen sehr giftig sind.

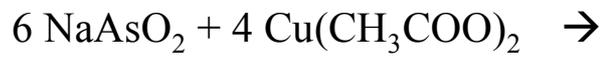
Der Zuhörer findet es wahrscheinlich unklar, wie man von Arsen(III)oxid auf Natriumarsenit kommt. Das wird ihm klar wenn er die schriftliche Aufgabe nach dem Vortrag gelöst hat.

An ihrer Stelle schauen wir uns die **Fällung von Chromgelb** an.

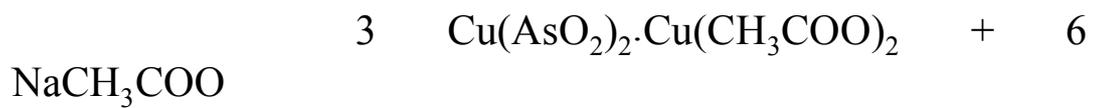
Untere Gleichung von Folie 6 einblenden.

Dazu wird in Wasser gelöstes Blei(II)-nitrat und gelöstes Kaliumchromat zusammengewaschen. Dabei fällt Chromgelb aus. Die chemische Bezeichnung für Chromgelb ist Blei(II)-chromat.

Fällung von Schweinfurtergrün



Natriumarsenit Kupfer(II)-acetat



Kupfer(II)-acetoarsenit

Fällung von Chromgelb



Blei(II)-nitrat Kaliumchromat Blei(II)-chromat

Beschreibung des Demoexperiments

Für diesen Versuch brauche ich gelöstes Blei(II)nitrat (5.1 g in 30 ml Wasser) und gelöstes Kaliumchromat (3 g in 30 ml Wasser). Die beiden Lösungen giesse ich in ein 100 ml-Reagenzglas. Dabei fällt Chromgelb aus.

Durchführung des Demoexperiments

Ich giesse zuerst gelöstes Blei(II)nitrat in das Reagenzglas. Sie sehen, die Lösung ist transparent. Alle Teilchen sind in Lösung. Ich giesse jetzt gelöstes Kaliumchromat dazu. Sie sehen wie gelbe Partikel im Reagenzglas erscheinen. Das ist das ausgefallene Bleichromat. Die gelbe Farbe ist gut sichtbar. Ich trenne nun das Bleichromat vom Lösungsmittel, gebe das Pigment in einen Mörser und mische es gut mit einem Bindemittel. Als Bindemittel verwende ich Acryl. Ich male das Pigment auf das Holztäfelchen und zeige es herum. Berühren sie das Pigment nicht. Es ist giftig. Das ist der Grund, wieso auch ich Handschuhe trage.

Währenddem ich das Pigment herumzeige, möchte ich den zweiten Teil des Vortrags abschliessen. Sie haben gesehen, wie ein Pigment auf einfache Art durch eine Fällungsreaktion gewonnen wird. Das Beispiel von **Schweinfurtergrün** zeigt, dass neben seiner **einzigartigen Farbe** auch seine **einfache Herstellung** für seine breite Anwendung wichtig waren.

Zusammenfassung

Beenden möchte ich den Vortrag mit einer kurzen Zusammenfassung. In diesem Vortrag haben sie gesehen, wie **mit Hilfe der Chemie eine Entwicklung in der Malerei ergänzend zur Kunstgeschichte erklärt** werden kann. Dazu haben wir uns die Bilder von Tintoretto und Gauguin angeschaut. Den grossen Unterschied in der Farbigkeit habe ich durch die Verwendung von neuen Farbpigmenten erklärt. Die neuen Pigmente erlaubten es zum ersten Mal, die Farbe Grün in einem Bild wirklich darzustellen. Die Herstellung dieser Pigmente wurde erst möglich nach der Entdeckung der Elemente Arsen, Kobalt, Zink und Chrom. Schweinfurtergrün hatte hervorragende farblichen Eigenschaften und war gut verfügbar. Trotz seiner hohen Giftigkeit wurde es sehr lange verwendet. Das zeigt, wie schwierig es war ein Pigment zu haben, mit dem sich die Farbe Grün auf befriedigende Art darstellen liess.

Malerei und Chemie waren in der von uns betrachteten Zeit direkt miteinander verknüpft. Neben der künstlerischen Absicht des Malers bestimmten auch die zur Verfügung stehenden Pigmente das Aussehen der Bilder. Die Chemie kann so Entwicklungen in der Malerei erklären. Die Chemie kann eine Beschreibung ergänzen, die von der Kunstgeschichte erstellt wird. Das soll zeigen, dass Chemie nicht als isolierte Wissenschaft begriffen werden soll. Chemie kann

helfen, auch auf nicht naturwissenschaftlichen Gebieten neue Erkenntnisse zu gewinnen.

Wissenssicherung

Aufg. 1:

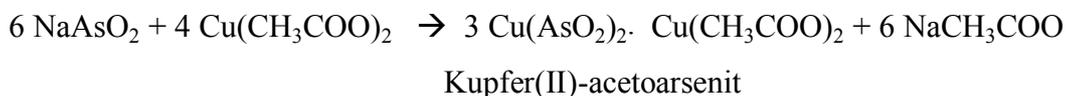
Sie haben als Demoexperiment die Fällung von Chromgelb gesehen. Dazu wurde in Wasser gelöstes Blei(II)-nitrat und in Wasser gelöstes Kaliumchromat zusammengegossen. Dabei ist Chromgelb ausgefallen. Die Chemische Bezeichnung für Chromgelb ist Bleichromat.

Schreiben sie die Reaktionsgleichung auf und vereinfachen sie so, dass nur noch Ionen vorkommen, die auch das Produkt bilden.

Sie haben sicher auch bemerkt dass die Fällung von Schweinfurtergrün etwas komplizierter ist. Darum sollen sie sie in dieser Aufgabe nochmals betrachten. In dieser Aufgabe geht es darum ihr Wissen über die Herstellung des Pigments Schweinfurtergrün zu festigen. Sie sollten nach dem Lösen dieser Aufgabe in der Lage sein, die Herstellung von Schweinfurtergrün einer Person zu erläutern. Dazu wiederhole ich nochmals das wichtigste aus dem Vortrag.

Die Beschreibung der Herstellung: „Er löste Kupfer(II)-acetat in heissem Essig. Dazu gab er eine Arsen(III)-oxidlösung. Es bildet sich ein grünes Fällungsprodukt, dass wieder in Essig gelöst und gekocht wurde, bis Schweinfurtergrün auskristallisierte. Die chemische Bezeichnung für Schweinfurtergrün ist Kupfer(II)-acetoarsenit.

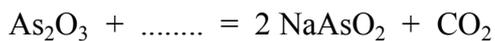
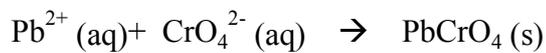
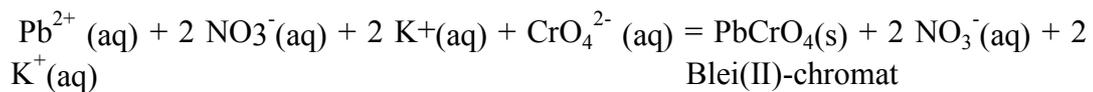
Die Reaktionsgleichung:



Betrachten sie nochmals den Text und die Reaktionsgleichung. Ihnen fällt sicher auf, dass im Text Arsen(III)-oxid (As_2O_3) als eine der Ausgangsverbindungen erwähnt wird. In der Reaktionsgleichung steht aber Natriumarsenit an seiner Stelle. Sie fragen sich sicher auch mit welcher Verbindung Arsen(III)oxid (As_2O_3) reagiert, so dass Natriumarsenit (NaAsO_2) entsteht. Beantworten sie nun diese Frage, indem sie die Reaktionsgleichung der gesuchten Reaktion aufschreiben. Ich gebe ihnen dazu noch folgende Hinweise. Arsen(III)-oxid (As_2O_3) und die

gesuchte ionische Verbindung werden in kochendem Wasser gelöst und reagieren zu Natriumarsenit (NaAsO_2). Bei der Reaktion wird als einziges Nebenprodukt Kohlendioxid freigesetzt.

Lösung Aufg. 1



Da die Anzahl der Atome in der Gleichung erhalten bleibt, muss die gesuchte Verbindung zwei Natriumatome, ein Kohlenstoffatom und drei Sauerstoffatome enthalten. Es handelt sich um Natriumcarbonat (Na_2CO_3).

Aufg. 2:

Wieso hat Raphael für das Gewand seiner sixtinischen Madonna das Pigment Ultramarin gewählt? Wieso hat er den ganzen Himmel im Hintergrund mit einem anderen blauen Pigment gemalt?

Ultramarin war ein sehr verbreitetes Pigment und wurde zu van Goghs Zeiten von vielen Malern verwendet. Denken sie daran, dass van Gogh ein armer erfolgloser Maler war.

Warum konnte Van Gogh dreihundert Jahre nach Raphael in seinem Bild den ganzen Himmel im Hintergrund mit demselben Pigment malen? Handelt es sich dabei um natürliches Ultramarin?

Nenne Gründe, warum es sich bei der gelben Farbe im Bild von Van Gogh um Chromgelb handeln könnte.

Es geht in dieser Aufgabe nicht um richtige oder falsche Antworten. Ihr sollt eure Vermutungen zu den Fragen in der anschließenden Diskussion Vernünftig begründen können. Denkt an die im Vortrag erwähnte Verbindung von Chemie und Malerei. Versucht euch vorzustellen was in der Zeit zwischen den beiden Bildern geschehen ist.

Lösung Aufg. 2

Das blaue Pigment Ultramarin wurde durch das Mahlen des Halbedelsteins Lapislazuli gewonnen. Es war praktisch unerschwinglich. Da die Madonna in Raphaels Bild besonders hervorgehoben werden sollte, wählte Raphael dieses sehr teure Pigment für ihr Gewand.

In der Zeit bis zu Van Gogh musste es der Chemie offenbar gelungen sein, das Pigment synthetisch herzustellen. Es war günstig genug, dass erfolglose, bettelarme Maler wie Van Gogh, sich das Pigment kaufen oder schenken lassen konnten. (Van Gogh bekam seine Farben oft von seinem Bruder Theo geschenkt.)

Chrom war schon seit ca. 1750 bekannt. Blei kennt man noch viel länger als Chrom. Die Rohstoffe könnten in jener Zeit schon zur Verfügung gestanden haben. Die zur Gewinnung nötige Fällungsreaktion ist einfach. Sie könnte schon früh entdeckt worden sein. Sie könnte es ermöglicht haben das Pigment günstig zu produzieren, so dass es sich schnell in der Malerei verbreitet haben könnte. Das intensive Gelb, das wir im Demoexperiment gesehen haben, könnte den Malern jener Zeit gefallen haben.

Die Bilder sind auf der nächsten Seite dargestellt.



<http://sunsite.dk/cgfa/raphael/p-raphae23.htm>

Raphael: Sixtinische Madonna 16. Jh.



<http://www.vangoghgallery.com/painting/p-0615.htm>

Van Gogh: Weizenfeld mit Zypressen.

Literatur

Feller R. L.: Artists`Pigments.Ahandbook of Their History and Charactristics, Band 1: Cambridge University Press 1986

Roy A.: Artists`Pigments.Ahandbook of Their History and Charactristics, Band 1: Oxford University Press 1993

Fitzhugh E.W.: Artists`Pigments.Ahandbook of Their History and Charactristics, Band 1: Oxford University Press 1997

Doerner M.: Malmaterial und seine Verwendung im Bilde. 18. Auflage. F. Enke Verlag. Stuttgart 1994