

Warum ist Silber manchmal silbrig
und manchmal schwarz?

Die erste Assoziation, die jeder mit Silber verbindet ist ein stark reflektierender Stoff, der für Spiegel oder Silberbesteck verwendet wird. Kaum einer weiß aber, dass Silber aber genauso auch für die Fotografie verwendet wird und hier eine schwarze Erscheinungsform hat.

Warum ist nun aber Silber manchmal schwarz und manchmal silbrig? Welche chemischen oder physikalischen Prozesse laufen hier ab?

1. Zunächst wird auf die uns besser bekannte und typische silbrige Erscheinungsform des Stoffes Silber eingegangen:

Das allgemein bekannte Verhalten von Metallen beim Auftreffen von elektromagnetischer Strahlung ist die Reflexion dieser Strahlung. Diese Eigenschaft wird bei der Herstellung von Spiegeln ausgenutzt. Die Eindringtiefe von Licht liegt, in Abhängigkeit von der Wellenlänge und vom Metall, im Bereich von 50 nm bis 100 nm. Es genügen daher geringe Schichtdicken, um eine optimale Reflexion der Lichtwelle zu erzielen. Für dieses Verhalten sind die freien Elektronen in den Metallen, das sog. Elektronengas, verantwortlich. Im elektrischen Feld wird auf die Elektronen eine Kraft ausgeübt, durch die sie an die Oberfläche gezogen werden. Dort verteilen sie sich so lange, bis das Innere des Metalls feldfrei ist. Bei niedrigen Frequenzen wird diese Bewegung hauptsächlich durch „Reibungseffekte“ - die Ursache des elektrischen Widerstands - gehemmt. Im optischen Bereich ist die Feldänderung so schnell, dass sich eine Verzögerung der Bewegung durch die Eigenmasse der Elektronen bemerkbar macht: Das Metall besitzt im optischen Frequenzbereich eine negative Dielektrizitätskonstante.¹

Dieser Artikel erklärt, dass die Reflexion des Lichts darauf beruht, dass das Elektronengas eines Metalls aufgrund von Elektromagnetischen Wellen an die Oberfläche wandert und so eine Brechung des Lichts erzeugt wird.

Silber besitzt von allen Substanzen der Erde das höchste Reflexions- und Absorptionsvermögen für Licht;

Diese Eigenschaft erklärt den strahlend weißen Metallglanz des Silbers.²

Speziell bei Silber, das sich in der 11. Gruppe befindet und folglich viele Elektronen in den äußeren Schalen hat, gibt es also sehr viele bewegliche Elektronen. Denn schon allein in der d-Orbitale der 2.-äußersten Schale enthält es 9 Elektronen. Es folgt also eine sehr gute Reflexion.



Silberbesteck³

¹ <http://www.uni-saarland.de/fak7/hartmann/files/docs/pdf/download/LichtInMetallen.pdf>

² http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Anorganische_Chemie/Pfizzner/demo/demo_ws0203/silber.pdf

³ <http://www.herr-auktionen.de/katalog/60/gross/L085.jpg>

2. Warum wird nun Silber aber manchmal schwarz? Das kennt man wie schon oben erwähnt bei der Fotografie.

Silberhalogenid (Silberbromid, aber auch –iodid und –chlorid) färbt sich am Licht infolge photochemischer Zersetzung in Silber und Halogen schwarz.⁴

Das Silber bildet mit den Elementen der 7. Hauptgruppe salzartige Verbindungen, von denen das Silberchlorid (AgCl), das -bromid (AgBr) und das -jodid (AgI) wegen ihrer Lichtempfindlichkeit in der Fotografie verwendet werden...

...Silberhalogenide sind in reiner Form nur wenig lichtempfindlich...Die Empfindlichkeit kann durch verschiedene Maßnahmen aber gesteigert werden.

Durch sog. „Reifeprozesse“ werden Korngröße und -struktur beeinflusst...

...Die Energieübertragung vom Sensibilisator auf das Silberhalogenidkorn ist bis heute nicht geklärt. Es kann sich dabei nicht lediglich um eine Elektronenabgabe unter Zerstörung des Farbstoffmoleküls handeln...⁵

Das Licht katalysiert die Reduktion der Silberkationen zu elementarem Silber, die Chloridionen werden dabei zu Chlor oxidiert.⁶

In anderen Worten bildet das Silber mit Jod, Brom oder Chlor sehr lichtempfindliche Stoffe, die auch bei der Fotografie verwendet werden. Durch gewisse Prozesse, in denen beispielsweise die Korngröße der Moleküle erhöht wird kann die Lichtempfindlichkeit noch gesteigert werden.

Warum und wie genau die Energieübertragung von Sensibilisatoren auf das Silberhalogenid vor sich geht ist noch unbekannt, eine einfache Elektronenabgabe würde hier nicht reichen.

Jedenfalls wird das Silber von dem gebundenen Stoff der 7. Hauptgruppe durch Lichteinstrahlung wieder voneinander getrennt. Das Produkt ist für unsere Augen als schwarz erkennbar.

Zusammenfassend ist Silber aufgrund seines freibeweglichen Elektronengases ein Stoff, der sehr stark Licht reflektieren kann. Daher kommt auch die für unser Auge sichtbare silbrig-glänzende Erscheinungsform.

In der Fotografie ist bekannt, dass sich Silber mit Elementen der 7. Hauptgruppe bindet und diese Verbindung ist sehr lichtempfindlich. Wenn nun Licht auf diese Verbindung wirkt, so entsteht ein durch Oxidation schwarzes Produkt. Welche genauen chemischen Vorgänge ablaufen ist heute noch nicht bekannt.

⁴ <http://www.old.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/farbfotografie/farbfoto.htm#1.%20Einleitung>

⁵ Die Chemie der fotografischen Prozesse, Hänsel, 1989, Auflage 2, S. 24-33

⁶ http://www.uni-regensburg.de/Fakultaeten/nat_Fak_IV/Anorganische_Chemie/Pfizzner/demo/demo_ss05/cf1kPhoto.pdf

Begriffserklärungen:

Elektromagnetische Strahlung: Als elektromagnetische Welle bezeichnet man eine Welle aus gekoppelten elektrischen und magnetischen Feldern.

Reflexion: Von Reflexion spricht man, wenn Wellen, zum Beispiel elektromagnetische oder Schallwellen, von einer Oberfläche zurückgeworfen werden.

Wellenlänge: Als Wellenlänge wird der kleinste Abstand zweier Punkte gleicher Phase einer Welle bezeichnet.

Elektron: Das Elektron ist ein negativ geladenes Elementarteilchen.

Frequenz: Mit Frequenz bezeichnet man allgemein die Anzahl von Ereignissen innerhalb eines bestimmten Zeitraums.

Dielektrizitätskonstante: Gibt die Durchlässigkeit eines Materials für elektrische Felder an.

Elektrisches Feld: Das elektrische Feld ordnet jedem Raumpunkt die richtungsabhängige Größe der elektrischen Feldstärke zu. Diese ist definiert durch die Kraft, die auf eine in dem Punkt befindliche Ladung Q wirkt.

Brechung: Die Richtungsänderung einer Welle aufgrund einer Veränderung der Ausbreitungsgeschwindigkeit.

Absorption: Verschiedene Transformationsvorgänge, vor allem bei Akustik, Astronomie, Optik und Radioaktivität.

Zersetzung: Die Aufspaltung einer chemischen Verbindung.

Halogen: Die Elemente der 7. Hauptgruppe des chemischen Periodensystems.

Energie: die im System gespeicherte Arbeit oder die Fähigkeit des Systems, Arbeit zu verrichten.

Kation: ein positiv geladenes Ion.

Anion: ein negativ geladenes Ion.

Hauptgruppe: diejenigen Gruppen des Periodensystems, die zum s- und p-Block des Periodensystems gehören.