

Lesen Sie mal: **farbe+lack 9/94** ist die Jahrhundert-Nummer! Nach zehn Jahrzehnten bringt's diese Zeitschrift erst recht – das Jubiläumsheft. 🖱️ Schauen Sie mal: So sieht die Zukunft der Lackindustrie aus. Ganz ernsthaft, echt künstlerisch, frech satirisch. Für Sie aufgezeichnet an Runden Tischen, in Ateliers und Fußgängertunnels – im Gespräch mit Menschen, die etwas gegen Schwarzsehen und Weißsagen haben: Menschen, die Leben in die Farbe bringen. farbe+lack in Wort+Bild; alles drin, alles dran; ganz klar. Unser Motto: 100 Jahre – 100 Prozent. Wer vor lauter Sonderseiten das Heft nicht mehr sieht: Nach dem Extrateil geht es richtig los. 🖱️ Staunen Sie mal: farbe+lack liefert Ihnen das Neueste aus Forschung und Entwicklung, Labor und Betrieb, Firmen und Märkten – sachgerecht selektiert, kompetent redigiert und lesefreundlich präsentiert. Lassen Sie sich dieses Heft nicht aus der Hand nehmen! Denn wir führen das Wort. Modern, nicht

100!

modisch. Seriös, nicht servil. Schließlich sind wir für Sie da. Ihre Redaktion

Goldene Zeiten

Werner Rudolf Cramer, Münster

Kein Metall übt eine derartige Faszination auf die Menschen aus wie Gold. „Nach Golde drängt, am Golde hängt doch alles“, so schreibt Altmeister *Goethe* in seinem *Faust* und charakterisiert damit die Sucht nach diesem Metall. Versuche, dieses Metall künstlich herzustellen beziehungsweise es zu vermehren, hat es schon seit Jahrtausenden gegeben. Ein gescheiter Versuch, die Farbe dieses Metalls mit moderner Technologie zu fangen, ist der Goldlack „aurum magicum“.

– auch wenn das goldene Zeitalter der Zwanziger schon längst vorbei ist. Wer finanziell den richtigen Riecher hat, wird den Erfolg sicherlich auf seine goldene Nase zurückführen. Auch in Verbindung mit anderen Materialien taucht der Begriff Gold in unserer Sprache auf, dann allerdings „umgefärbt“: Schwarzes Gold bezeichnet Erdöl, weißes Gold Elfenbein und braunes Gold Kaffee. Redewendungen aller Art strotzen nur so von diesem Metall.

Gold hatte schon lange vor unserer Zeitrechnung seinen besonderen Stellenwert. Auch wenn früher zusätzliche religiöse Verbindungen mit dem Gold aufgebaut wurden und es als Merkmal für das Göttliche galt, steht Gold nach wie vorher für Macht und Gier. In Befragungen verbinden die meisten Menschen Gold mit Vorstellungen vom Teuren und von der

Pracht. Luxus folgt in der Reihenfolge und danach schon das Angeberische. Das dieser eher negative Begriff so oft mit Gold assoziiert wird, hängt sicherlich mit dem allzu häufigen Gebrauch des Begriffes Gold in der Werbung zusammen. Diese versucht alle möglichen und unmöglichen Produkte mit diesem Begriff aufzuwerten und verwässert seinen Stellenwert entsprechend. Weitere Verbindungen zu Gold werden mit Begriffen wie der Festlichkeit und dem Extravaganzen gezogen.

„Auri sacra fames“, die verwünschte Goldgier, wie sie *Vergil* in der *Äneis* be-

zeichnet, hat mit für die Faszination des „aurum magicum“ gesorgt. Die Goldgier ist aber auch für die vielen Versuche verantwortlich, Gold künstlich herzustellen oder es auf möglichst einfache Art und Weise zu vermehren. Die Alchimisten sind es, die sich an dieser Kunst versuchten.

Stein der Weisen und Ei der Philosophen

Geträumt haben die Menschen schon immer von der Herstellung von Gold. Denn wer das Metall Gold mit seinem Glanz und seinen außergewöhnlichen Eigenschaften besitzt, hat Macht und Finanzkraft zugleich. Als Zahlungsmittel war und ist es unübertroffen und krisensicher: So viel Wert auf kleinem Raum findet man für den allgemeinen Gebrauch kaum bei anderen Materialien.

Man darf aber nicht davon ausgehen, daß alle Versuche in dieser Richtung durch reine Wert- und Machtgier vorangetrieben wurden. Die meisten Goldmacher (Adepten) und Alchimisten waren auch Philosophen, die sich mit den Zusammenhängen der Materie und des Lebens beschäftigten. Man muß sich bei der Betrachtung der Alchimie von unserer heutigen, abstrakt formulierten Denkweise trennen und sich den umfassenden Vorstellungen von unserer Welt hingeben. Für die Alchimisten war Gold nicht eines von vielen chemischen Elementen, für sie war Gold eine Endstufe in der Leiter (vertikale Einteilung) der Materialien. Aus dieser Vorstellung konnten sie ableiten, daß alle anderen Materialien und insbesondere die anderen Metalle nur eine Vorstufe zum Gold darstellen. Man müßte nur die geeigneten Mittel und Wege finden, um diese unedlen zum edlen Metall, dem Gold, umzuwandeln.

Das Mittel dazu wurde „Stein der Weisen“ oder „Rothe Tinktur“ genannt. Die Verwandlung, auch als Transmutation bezeichnet, geschieht mit allen Metallen und in bestimmten Massenverhältnissen. Ein weniger edles Metall sollte nur zu einem geringen Teil Gold ergeben, der Rest verflüchtigt sich, verschlackt oder



Abb. 1 „aurum magicum“ als Autolack von Herberts, Wuppertal; der Farbeindruck verschiebt sich in Abhängigkeit vom Betrachtungswinkel von gelblich-gold zu rotlich-gold.

Morgenstund' und Müßiggang

Es ist nicht alles Gold, was glänzt, so schreibt der Dichter *Friedrich Hebbel*. Gleich am Morgen heißt es schon „Morgenstund hat Gold im Mund“. Danach beginnt der Tag zumindest für die Handwerker optimistisch: „Handwerk hat goldenen Boden“, so sagt man und spricht – halb bemitleidend, halb beneidend – über Müßiggänger, die trotz ihres Luxus in einem „goldenen Käfig“ leben. Wem dies nicht gegönnt ist, kann wenigstens mit goldenen Kreditkarten bezahlen

- 1938 – Bei der Suche nach einem geeigneten Material für zahnprothetische Zwecke entdeckt Pierre Castan (de Trey Frères, Schweiz, Abb. rechts) das erste Epoxidharz, für das er ein Patent erhält
- Erste großtechnische Produktion von Cyclokautschuk (J. Reese, Fa. Albert, Wiesbaden)
 - M. v. Ardenne entwickelt auf Basis der Erkenntnisse von M. Knoll das Prinzip des Rasterelektronenmikroskops
 - Einführung von Melaminharzen
 - Brunauer, Emmett und Teller stellen ihr als „BET-Verfahren“ vielfältig angewandtes Prinzip zur quantitativen Oberflächenbestimmung parrikulärer Substanzen (Pigmente, Füllstoffe) vor

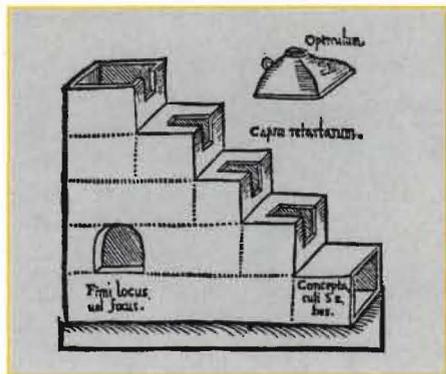


1894

100 Jahre

1994

bleibt unverändert. Als Beweis für die Transmutation wurde die gesamte Natur herangezogen. *Andreas Libavius* schreibt dazu in seinem 1597 erschienenen Buch „Die Alchemie“: „... sehen doch selbst die Köche täglich, wie aus Wasser Luft wird, aus luftartigen Fetten Feuer, aus Holz



Asche, aus Käse Würmer, aus diesen Fliegen, aus Honig Ameisen, aus dem Ei ein Vogel, aus modrigem Schlamm vielerlei Getier, ...“. Neben diesem großen Elixier stellte man sich auch das kleine Elixier vor, das als Stein zweiter Ordnung auch weiße Tinktur genannt wurde. Damit sollten Metalle der niederen Stufe (z.B. Quecksilber, Zinn, Blei, Eisen) versilbert werden. Auch diese Veredlung geschieht nach den Massenverhältnissen und der „tingierenden“ Kraft. Gemeint war mit der letzteren die zusätzliche Vermehrung des künstlichen Goldes oder Silbers durch vollkommene Reinheit der Tinkturen.

Mit der roten Tinktur ließe sich nicht nur die Goldumwandlung bewerkstelligen, auch als Arzneimittel sollte sie eingesetzt werden: Sie verjüngt das Alter, stärkt den Geist, verlängert das Leben „über das gewöhnliche Ziel hinaus“. Krankheiten sollten geheilt werden, „indem sie den Stoff der Krankheit gewaltsam durch den Schweiß austreibt“. Erkannt wurde schon, daß dieses Trinkgold (aurum potabile) nur in homöopathischen Mengen und selten eingenommen werden durfte. Die Auflösung von Gold war demnach eine gleichwertige Kunst zu der seiner Herstellung. So sahen die Alchimisten des Mittelalters *Moses* als einen der größten Adepten (=Goldmacher) an. Er hat, wie es im Alten Testament beschrieben steht, Gold zerstört und zu Staub gemacht. Dieses tat er, als er vom Berg Sinai zurückkam und sein Volk um das Goldene Kalb tanzen sah. Den Staub mischte er mit Flüssigkeit und gab diese seinen Leuten zu trinken.

Ein anderes berühmtes Vorbild war *Hermes Trismegistos*, Hermes der Dreimalgroße. Wann und wo er lebte, weiß man nicht. Überliefert sind von ihm Anweisungen zur Umwandlung und Herstellung von Gold, die er angeblich auf der tabula smaragdina, der Tafel aus Smaragd, niedergeschrieben hat. Ab dem 11. Jahrhundert allen Alchimisten bekannt, gab sie auch philosophische Ausflüge über den „Stein der Weisen“ wieder. Diese Ausflüge und Anweisungen waren größtenteils ganz allgemein und für Nicht-Alchimisten verständlich dargelegt. Beispielsweise bedeutet der Satz „Du mußt den roten Löwen dreimal durch den grauen Wolf jagen“ nichts anderes, als Gold durch Antimon zu läutern. Es sei erwähnt, daß *Hermes Trismegistos* heute noch in unserer Sprache weiterlebt. Er ließ die Goldumwandlung in einem luftdicht verschlossenen Gefäß vor sich gehen (=hermetisch abgeschlossen), das auch das „Ei des Philosophen“ genannt wurde.

Zu jener Zeit glaubte man im übrigen, daß die Metalle aus Mischungen von Schwefel und Quecksilber bestanden. Erhitzt man die meisten Erze, so entweichen ihnen tatsächlich Schwefel. Aus dieser Reaktion leiteten die Philosophen und Alchimisten die Existenz eines fünften Elementes ab: Neben Feuer und Wasser, Erde und Luft sollte als fünftes Element Äther (=Quintessenz = fünftes Wesen) gezählt werden. In der umgekehrten Reaktion sollte in einem luftdicht verschlossenen Gefäß aus zwei gegensätzlichen Materien wie Feuer und Wasser Gold entstehen. Die fünfte Materie, die Quintessenz hat in einem solchen Gefäß keine Möglichkeit des Entweichens. Daß dabei aus Feuer=Schwefel und Wasser=Quecksilber das Zinnober entstand, galt als Beweis für den richtigen Weg. Hatte man die sich streitenden Elemente Feuer und Wasser oder ihre Ersatzpartner verschmolzen, müßte eine Mutation zum Gold kein Problem darstellen. Bei den Versuchen wurde immer wieder das Quecksilber eingesetzt – man hielt es für eine Vorstufe (queck, quick (engl.) = flink bzw. flüssig). Es mußte nur gebändigt werden, um zum Silber zu gelangen. Hatte man das Verfahren im Griff, wäre eine entsprechende Umwandlung zum Gold kein Problem mehr. Wenn auch der eine oder andere glaubte, den „Stein der Weisen“ oder das entsprechende Verfahren gefunden zu haben, so

waren es meist „Verunreinigungen“ von Gold in Metallen, die diesen Anschein erweckten.

Knallharte Pigmente und fürchterliches Zähneknirschen

„aurum magicum“ wird als Autolack von *Herberts* in Wuppertal hergestellt und als 2-Schicht-Lacksystem verarbeitet. Was macht aber sein besonderes Flair? Im Vergleich zu anderen Goldmetallic-Lacken erkennt man den tiefen Goldcharakter dieser warmen Farbe, der sich je nach Betrachtungswinkel vom gelblichen zum rötlichen Gold verschiebt: Nicht nur



wurde Gold mit dem „aurum magicum“ nachempfunden, sondern es wurde zudem Bleichgold und Rotgold in einem hergestellt!

Verständlicherweise kann die Rezeptur des aus Steinen und Erden hergestellten „aurum magicum“ hier nicht bekanntgegeben werden. Aber es lassen sich einige Details darstellen, die sich allein auf die optischen Eigenschaften beziehen oder sich aus dem Vergleich mit angebotenen Pigmenten ableiten lassen. Es sei außerdem erwähnt, daß „aurum magicum“ einen Nachteil im Gegensatz zum echten Gold besitzt: Die Beißprobe, die man in früheren Jahren gerne zum Echtheitstest von Goldmünzen benutzt hat, führt beim „aurum magicum“ nur zu einem fürchterlichen Knirschen der Zähne: „aurum magicum“ ist knallhart und enthält die härtesten Pigmente.

Spektralmessungen zeigen, daß „aurum magicum“ Glimmerpigmente enthält. Grundbaustein dieser Pigmente ist plättchenförmiger Glimmer, der mit einem hochbrechenden Metalloxid ummantelt wird. Als Metalloxid verwendet

1894

100 Jahre
Farbe+Lack

1994

1939 – Einführung von Polyvinylharzen

man hauptsächlich Titandioxid, Eisenoxid und Chromoxid: Mit Titandioxid entstehen weißlich-bunte Pigmente, die in einer bevorzugten Farbe reflektieren. Eisenoxid ergibt rote und kupferne Farben, wobei es in Kombination mit Titandioxid zu goldgelben Farben tendiert. Intensivgrüne Farben lassen sich mit dem Ummanteln mit Chromoxid produzieren.

Das Verhalten gegenüber einfallendem Licht läßt sich besonders gut an der ersten Gruppe, den mit Titandioxid ummantelten Pigmenten, zeigen. Die anderen Gruppen besitzen zusätzlich lichtabsorbierende Eigenschaften. Nimmt man die erste Gruppe der Glimmerpigmente, so erkennt man, daß diese baugleichen Pigmente sich lediglich in der Schichtstärke des Titandioxid unterscheiden. Sie ist es, die für die jeweilige Farbe verantwortlich ist: Treffen Lichtstrahlen auf die Oberfläche des Pigments, so wird ein Teil unter Phasensprung reflektiert. Der andere Teil wird gebrochen und durchwandert die Titandioxid-Schicht zur Grenzschicht Titandioxid/Glimmerplättchen. Dort wird wiederum ein Teil reflektiert und der andere wandert weiter. Dieser reflektierte Teil verläßt das Glimmerpigment parallel zu dem ersten reflektierten Teil. Beide Reflexionsanteile interferieren miteinander und verstärken oder schwächen bestimmte Wellenlängen ab. Welche Wellenlängen verstärkt bzw. abgeschwächt werden, hängt von der Weglänge ab, die der zweite Anteil durch die Titandioxid-Schicht durchläuft. Und diese Weglänge ist von der Schichtstärke abhängig, wobei sich mit steigender Schichtstärke die Farben von Weiß über Gelb, Rot und Blau nach Grün verändern. Leider wird oft vergessen, daß die Weglängendifferenz zwischen den beiden Anteilen auch vom Einfallswinkel der Lichtstrahlen abhängt. Diese optische Weglängendifferenz läßt sich gut zur Charakterisierung von Interferenzen heranziehen.

Farbmeßgeräte wie das „GK 311/M“ von Carl Zeiss können diese Interferenzen erfassen: Unabhängig voneinander lassen sich Beleuchtungs- und Beobachtungswinkel einstellen. Ändert man den Beleuchtungswinkel und läßt den Differenzwinkel vom Glanz konstant, so kann man eine Rot-Gelb-Verschiebung

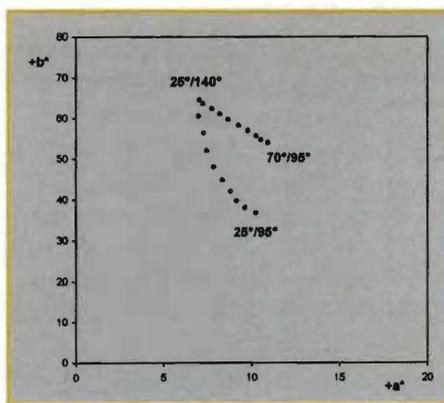


Abb. 3: Interferenzpigmente mischen sich im Gegensatz zu absorbierenden Buntpigmenten additiv. Am Beispiel des rötlichen „Royalgold 9303“ erkennt man das Verhalten gegenüber „Perlgrün 9235“ und „Perlgelb 9205“: Der Einfluß der Grünpigmente auf das „Royalgold“ ist wesentlich stärker. Um dieses gelber einzustellen, genügt eine geringere Zugabe von „Perlgrün“ als von „Perlgelb“

beim „aurum magicum“ im a^*b^* -Diagramm ausmachen. Die Meßpunkte von $25^\circ/140^\circ$ (Beleuchtungs-/Beobachtungswinkel) bis $70^\circ/95^\circ$ ergeben die charakteristische *Interferenzlinie* des „aurum magicum“. Je nach Typ des Interferenzpigments weist diese Linie eine typische Richtung aus. Verändert man den Beobachtungswinkel in Bezug auf den Glanzwinkel und läßt den Beleuchtungswinkel konstant, so erhält man ebenfalls eine typische Linie: Diese *Glanzlinie* zeigt nicht nur eine Farbänderung, sondern in der Regel auch eine Helligkeitsänderung. Beim „aurum magicum“ verschiebt sich auch bei den Glanzlinien wie beim Beleuchtungswinkel von 25° die Farbe vom gelblichen zum rötlichen Gold.

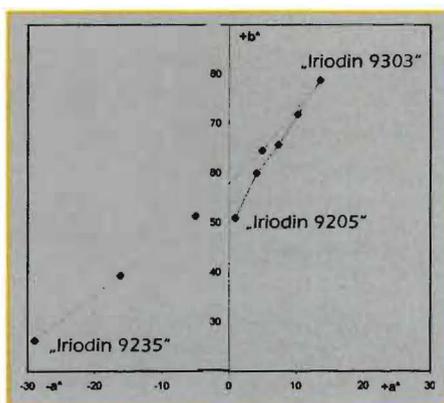


Abb. 2: Aufgetragen sind die a^*b^* -Werte von „aurum magicum“ unter verschiedenen Meßgeometrien: Von $25^\circ/140^\circ$ (Beleuchtungswinkel/Beobachtungswinkel) verläuft die Interferenzlinie in 5° -Schritten nach $70^\circ/95^\circ$. Der Differenzwinkel vom Glanz ist gleichbleibend 15° . Von $25^\circ/140^\circ$ verläuft die Glanzlinie nach $25^\circ/95^\circ$. Hierbei ändert sich der Differenzwinkel gleichbleibend in 5° -Schritten vom Glanz, der Beleuchtungswinkel bleibt konstant.

Gleichzeitig wird „aurum magicum“ dunkler und tiefer im Farbeindruck.

Da Interferenzpigmente und auch die Farbe „aurum magicum“ nicht durch eine Farblinie, sondern durch eine Farbfläche im a^*b^* -Diagramm charakterisiert werden, ist die Nachstellung solcher Farben aufwendiger als die absorbierenden Buntpigmente. Es kommt außerdem eine Eigenschaft der Interferenzpigmente hinzu, die den meisten Anwendern einiges Kopfzerbrechen bereitet: Interferenzpigmente mischen sich untereinander additiv. So entsteht aus einer Mischung von Perlgelb und Perlblau kein Grün, sondern ein blasses Gelb (Weißgelb). Charakteristisch sind die Mischungslinien in einem a^*b^* -Diagramm: Mischungen liegen auf nahezu gradlinigen Verbindungen zwischen den Ausgangsfarben; 1:1-Mischungen liegen fast in der Mitte auf diesen Verbindungsgeraden. Auch die Helligkeiten (L^*) zeigen ein gradliniges Verhalten zwischen den Ausgangsfarben. So ergeben 1:1-Mischungen von Perlgelb und Perlrot sowie von Perlrot und Perlblau entsprechend (Perl-)Orange und (Perl-)Violett, was mit absorbierenden Buntpigmenten kaum möglich ist.

Dieses Verhalten der Interferenzpigmente macht auch das „aurum magicum“ interessant; hier liegen aber neben additiven auch subtraktive Mischeigenschaften vor. Ein dem „aurum magicum“ vergleichbares Pigment ist das Kombinationspigment „Iridion Royalgold 9303“ (E. Merck, Darmstadt), dessen Glimmerkern mit Titandioxid und Eisenoxid ummantelt ist und welches auch absorbierende Eigenschaften besitzt. Mischt man dieses Pigment mit den Interferenzpigmenten „Perlgelb 9205“ und „Perlgrün 9235“, so stellt man fest, daß sich das „Royalgold“ besser mit dem „Perlgrün“ zum Gelb mischt. Mit Zugabe von wenig „Perlgrün“ wird es deutlich gelber als mit der gleichen Zugabemenge von „Perlgelb“. Für die Praxis bietet sich hierin der Vorteil, daß weniger Anteile eines stärker transparenten Pigments zugesetzt werden müssen.

Diese interessanten Eigenschaften von Interferenzpigmenten bringen es mit sich, daß Farben wie das „aurum magicum“ ihren Reiz voll entwickeln können. Diese ungewöhnlichen Farbspiele lassen es zudem geheimnisvoll, mystisch und faszinierend zugleich erscheinen: Eine moderne Farbe mit alchemistischem Ambiente!