

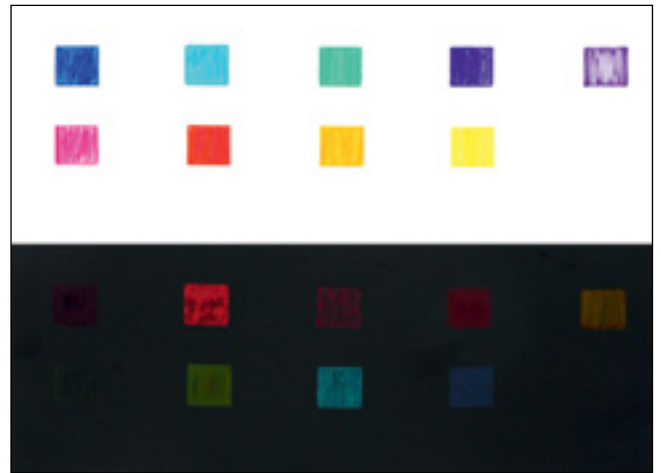
Dem Bronzieren auf der Spur

Neue Erkenntnisse erweitern das Verständnis für die Ursachen bronzierender Drucke

Matthias Prinzmeier

Mit den Begriffen Bronze und Bronzieren bezeichnet man eine störende farbliche Erscheinung, die unter anderem bei der Betrachtung weggeschlagener unlackierter Drucke im Lichtreflex auftritt. Der folgende Artikel erklärt die physikalischen Ursachen und führt die wichtigsten Parameter zur Risikominimierung auf. Sie zeigen: Der Bronzeeffekt beschränkt sich nicht auf bestimmte Pigmentgruppen.

Abb. 1: Vergleich der reflektierten Farbtöne verschiedener Farbstoffe auf weißem und schwarzem Untergrund



24

Beim Verdrucken einer blauviolett Druckfarbe – beispielsweise im Bogenoffset – zeigt sich nach der Trocknung der Oberfläche vielfach ein rotorangefarbener, metallisch glänzender Schimmer, wenn man den Druck im Lichtreflex betrachtet. Besonders prägnant tritt dieser Effekt bei der Zugabe von Blaupigmenten zur Schönung schwarzer Druckfarben auf. Derartige Fälle, die in vielen Druckereien bekannt sind, bedeuten ein beträchtliches Reklamationsrisiko, da sie das Erscheinungsbild eines Druckes deutlich verändern. Anschließendes Lackieren behebt das Problem zwar, geht jedoch mit einem zusätzlichen Produktionsschritt und damit verbundenen Kosten einher.

Bisheriger Kenntnisstand unzureichend

Es sind bis heute mehrere Theorien veröffentlicht worden, die, basierend auf unterschiedlichen physikalischen Ansätzen, Erklärungen für die Ursache bronzierender Farben geben. Die ausführlichsten Untersuchungen zu diesem Thema im deutschsprachigen Raum wurden in den 1970er Jahren von H. Schmelzer [1,2] durchgeführt. Schmelzer zieht Brechungsindizes und Absorptionskoeffizienten von Pigment und Bindemittel heran, um die

Ursache der Bronze zu erklären. Die aktuellsten, dem Autor bekannten Arbeiten gehen aus einem Bericht der amerikanischen NPIRI CMTF (National Printing Ink Research Institute Color Management Task Force), der Farbmanagement-Arbeitsgruppe des US-amerikanischen Druckfarben-Forschungsinstituts [3] hervor.

Diese vermutet Interferenzerscheinungen als Ursache für die Bronze.

Ein ausführliches und gleichzeitig überzeugendes Modell konnte bisher nicht erarbeitet werden, da sich alle Untersuchungen und Beobachtungen ausschließlich auf wenige blauviolette und rotorange Pigmente bezogen, bei denen sichtbare Bronzeeffekte am deutlichsten auftreten. Es ließen sich daher keine fundierten Aussagen für das gesamte wahrnehmbare Farbspektrum treffen und der entscheidende Schlüssel für eine fundierte physikalische Erklärung fehlte.

Bronzeeffekt auch bei anderen Pigmenten

Den entscheidenden Hinweis erbrachten jüngst Versuche an der Bergischen Universität Wuppertal [4]. Es wurde untersucht, ob Bronzeeffekte auch jenseits der bisher dafür bekannten Pigmentgruppen auftreten. Hierzu wurden Proben sowohl mit farbstoffbasierten Tinten als auch mit hochkonzentrierten Pigmentpasten auf schwarzem Untergrund erstellt. Erstaunlicherweise zeigen diese Proben deutlich,

dass Farben aus dem gesamten sichtbaren Spektrum Licht in Wellenlängenbereichen der jeweiligen Komplementärfarbe reflektieren. Genau dieses Licht sollen sie aber eigentlich absorbieren. So erzeugt beispielsweise Gelb einen blauen, Orange einen blaugrünen, Rot einen grünlichen Schimmer, und Violett bronziert gelb bis orange (Abb. 1). Wie lässt sich dieses Phänomen erklären?

Reflexion statt Absorption

Trifft Licht auf die Oberfläche eines Körpers, so wird ein definierter Teil reflektiert und der Rest hineingebrochen. Innerhalb des Körpers kommt es durch Absorption, d.h. durch Schwingungsanregung bedingte Umwandlung der Lichtenergie in Bewegungs- und Wärmeenergie, zu einer Abschwächung der Strahlungsleistung. Das Ausmaß dieser Abschwächung wird über den Absorptionskoeffizienten definiert. Dessen Kehrwert wird als Eindringtiefe bezeichnet. Sie entspricht der Strecke, nach der die Strahlungsleistung um einen definierten Faktor gesunken ist.

Verfügt ein Stoff über einen hohen Absorptionskoeffizienten, so dringen Wellenlängen des Absorptionsbandes nicht sehr tief in ihn ein. Von den wenigen Absorbieren in dieser Schicht wird nicht alles Licht absorbiert – ein Teil der Wellen wird stattdessen zurückgeworfen. Ein Medium, das Licht einer bestimmten Frequenz stark ab-

Kontakt:
Matthias Prinzmeier
Bergische Universität Wuppertal
matthias.prinzmeier@uni-wuppertal.de

sorbiert, verschluckt dieses Licht daher in Wirklichkeit nicht ausschließlich, sondern reflektiert einen Teil selektiv. [5,6]

Verwandtschaft mit Metallen

Sehr hohe Reflexionsgrade zeigen vor allem Metalle, die über das gesamte sichtbare Spektrum absorbieren. Allerdings verfügen Metalle im Gegensatz zu teilabsorbierenden Stoffen, wie Farbstoffen und Pigmenten, über eine Vielzahl ungebundener Elektronen, die für diese Absorption verantwortlich sind. Betrachtet man verschiedene Metalle, so stellt man fest, dass Silber über den ganzen sichtbaren Spektralbereich gleich stark reflektiert. Gold hingegen zeigt eine rötlich-gelbe Färbung. Neben der Absorption durch ungebundene Elektronen spielt also noch eine Eigenfrequenz gebundener Elektronen im sichtbaren Bereich eine Rolle, in deren Nachbarschaft Lichtenergie selektiv absorbiert wird.

Den vorigen Ausführungen folgend müsste die Absorption genau in dem Wellenlängenbereich des vermehrt reflektierten Lichts auftreten, also im rötlich-gelben Bereich. Und tatsächlich zeigt eine sehr dünne Goldfolie im Durchlicht einen komplementären, blaugrünen Farbton. In der Nachbarschaft der Eigenfrequenzen steigen also die induzierten Schwingungen, es wird rötlich-gelbes Licht re-emittiert, während in der Durchsicht die Komplementärfarbe erscheint [8]. Um eine Brücke von den Metallen zu den teilabsorbierenden Stoffen zu schlagen, betrachten wir die Polarisation des reflektierten Lichts. Nach der Reflexion an Nichtleitern, wie Glas oder Kunststoffen, ist das Licht linear polarisiert. Licht, das von Metallen reflektiert wird, ist elliptisch polarisiert. Bereits 1871 [9] wurde bei Untersuchungen herausgefunden, dass

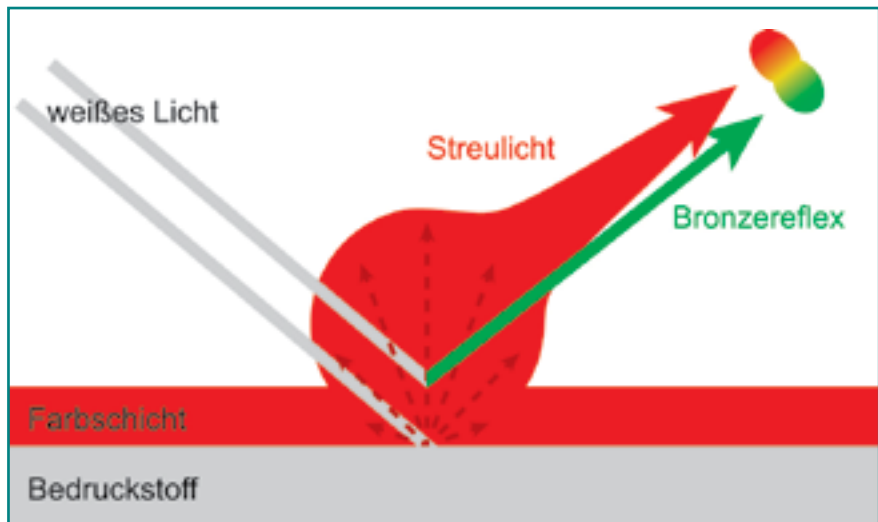


Abb. 2: Schematische Darstellung des wahrgenommenen Bronzefarbtönen für Pigment Red 53:1

Teilabsorber diejenigen Farben, die sie mit metallischem Glanz reflektieren, stark absorbieren und dieses reflektierte Licht elliptisch polarisiert ist.

Aus diesen Beobachtungen zur Polarisation des reflektierten Lichts geht hervor, dass eine direkte Verwandtschaft zwischen der Reflexion an Metallen und der Reflexion an teilabsorbierenden Medien besteht. Demnach müssten also alle Farbstoffe, die einen mehr oder weniger schmalen Bereich starker Absorption aufweisen, Licht innerhalb dieser Wellenlängen reflektieren. Diese Überlegung wird durch die eingangs erwähnten Musterproben bestätigt. Welche Einflussfaktoren führen aber dazu, dass der Bronzeeffekt nur in wenigen Fällen zu erkennen ist?

Grundsätzlich gilt: Bei praxisrelevanter Pigment-/Farbstoffkonzentration ist eine

geeignete visuelle Erfassung in den meisten Fällen nur auf schwarzem, d.h. stark absorbierendem Untergrund möglich. Erklären kann man dies anhand von Abb. 2. Im Auge oder Messgerät findet eine additive Überlagerung des Bronzeschimmers mit dem vom Bedruckstoff zurückgestreuten Licht statt. Mit zunehmendem Anteil des Streulichts verlagert sich die wahrgenommene Farbe immer weiter in Richtung Normalfarbton des Pigments.

So zeigt auch die Wuppertaler Versuchsreihe deutlich, dass bei Verwendung von schwarzem Untergrund wesentlich klarere Ergebnisse bei der Ermittlung des Bronzefarbtönen zu erzielen sind und die reflektierten Farbtöne dann auch im Bereich der Komplementärfarben liegen. Nur sehr hochkonzentrierte oder außerordentlich stark absorbierende Farbmittel zeigen

Oxylink™

The additive for better waterborne coatings



Das funktionelle Additiv für 1K-Formulierungen

- Verstärkte Quervernetzung
- Kürzere Trockenzeiten
- Bessere Früheigenschaften
- Erhöhte Blockfestigkeit
- Größere Feuchtigkeitsbeständigkeit
- Höhere Lösemittelbeständigkeit

Setzen Sie sich mit uns in Verbindung für weitere Informationen oder für ein kostenloses Muster!

Bühler Group
oxylink@buhlergroup.com
+49 (0) 681 - 394 6550
www.buhlergroup.com

BUHLER

► Ergebnisse auf einen Blick

- Der Farbton des Bronzereflexes liegt im komplementären Wellenlängenbereich der bronzierenden Farbe.
- Er tritt entlang des gesamten sichtbaren Lichtspektrums auf.
- Dunkle Bedruckstoffe erhöhen das Risiko für Bronzieren.
- Der Hauptfaktor für die Entstehung von Bronzeeffekten ist die Konzentration der farbgebenden Bestandteile in unmittelbarer Nähe zur Oberfläche.
- Hier gilt es, durch die passende Kombination von Bedruckstoff und Farbe eine Aufkonzentration zu vermeiden.
- Die vollständige Auslöschung der Bronze ist nur mit einer Lackierung zu erreichen.

auch auf hellem Untergrund wahrnehmbare Bronzefarbtöne aus dem komplementären Wellenlängenbereich. Für die Praxis sollte daher beachtet werden, dass die Verwendung stark absorbierender (dunkler) Bedruckstoffe das Risiko für wahrnehmbares Bronzieren deutlich erhöht.

Einflüsse auf die Bronze

Einer der entscheidenden Aspekte, der sich aus den physikalischen Überlegungen ergibt, ist die Schichttiefe, die für die Reflexion verantwortlich ist. Relevant ist in diesem Zusammenhang die oben erwähnte Eindringtiefe, die eine Einschränkung für die an der Reflexion beteiligte Schicht vorgibt. Es ist daher naheliegend, die Konzentration der farbgebenden Bestandteile in unmittelbarer Nähe zur Oberfläche als Hauptfaktor für die Entstehung von Bronzeeffekten zu betrachten. Hierzu sollen die Hauptursachen für Störungen einer gleichmäßigen Verteilung der Pigmente in der Farbschicht erläutert werden.

Zu hohe Pigmentkonzentration

Bei allen Druckverfahren, die zu einem großen Teil das Wegschlagen des Wassers und des Verdünners als Trocknungsprozess nutzen, sind die Saugeigenschaften des Bedruckstoffs zu beachten. Verwendet man Bedruckstoffe mit groben Poren und einer hohen Saugkraft, so wird zusätzlich zur Aufnahme des Verdünners auch ein Teil des Bindemittels aus der Farbschicht aufgenommen. Dies hat eine Aufkonzentration des Pigmentanteils zur Folge und erhöht das Risiko auftretender Bronze erheblich.

Es ist also vor allem bei Pigmenten mit bekannter Bronzierneigung darauf zu ach-

ten, dass die Poren des Bedruckstoffs fein genug sind und nur der Verdüner selektiv aus dem Farbfilm entfernt wird, das Bindemittel jedoch in der Farbschicht zurückbleibt. Die Wahl des Bindemittels ist im Umkehrschluss so zu treffen, dass seine Harze ausreichend hochmolekular ausgebildet sind, um nicht in erhöhtem Maße von den Kapillaren des Bedruckstoffs aufgenommen zu werden.

Neben dem Wegschlagen trägt auch die Trocknung (mit Ausnahme der Strahlenhärtung) dazu bei, dass die Bindemittelschicht schrumpft und die Pigmente näher aneinander rücken. Während die feuchte Farbe in der Regel noch keine erkennbare Bronze aufweist, wird diese während des Trocknungsvorgangs immer deutlicher sichtbar. Oberflächenaufnahmen mit einem Rasterelektronenmikroskop zeigen, dass das Bindemittel nach dem Schrumpfvorgang nur noch eine dünne Haut bildet, die sich um die oberste Pigmentschicht legt.

Starke Absorber bronzieren stärker

Der Grad der Reflexion – und damit auch die Stärke der Bronze – ist abhängig von den Brechungsverhältnissen und den Absorptionseigenschaften in der Farbschicht. Es spielt demnach eine entscheidende Rolle, wie effektiv ein Farbstoff oder Pigment absorbiert und wie breit die entsprechenden Absorptionsbanden sind, da sich hieraus gleichzeitig der reflektierte Farbton ergibt. Beim Vergleich unterschiedlich gefärbter Proben stellt sich heraus: Einige Farben scheinen besonders deutlich zu Bronzeerscheinungen zu neigen. Nennenswert sind z.B. Pigment Red 51 und Pigment Blue 56, die bezeichnenderweise für ihre hohe Farbstärke bekannt sind [10].

Hier tragen die Absorptionseigenschaften des Pigments die Hauptverantwortung. Eine dieser Eigenschaften ist die Breite des Absorptionsbandes, in dem die Eigenfrequenzen der verwendeten farbgebenden Verbindungen liegen. Je geringer die Breite, desto eindeutiger sind der Farbton in Absorption und der Farbton in Reflexion definiert. Gleichzeitig erhöht sich der Reflexionsgrad bei einem möglichst schmalen Absorptionsband und die Bronze wird deutlicher sichtbar. Ein tiefes Blauviolett weist zusätzlich eine hohe Absorption über weite Teile des sichtbaren Spektrums auf. Es dunkelt daher den Untergrund so stark ab, dass auch auf hellen Bedruckstoffen eine deutliche Bronze zu erkennen ist.

Irrtümer der Vergangenheit

Abschließend seien erneut jene stark bronzierenden Farben aufgegriffen, da sie

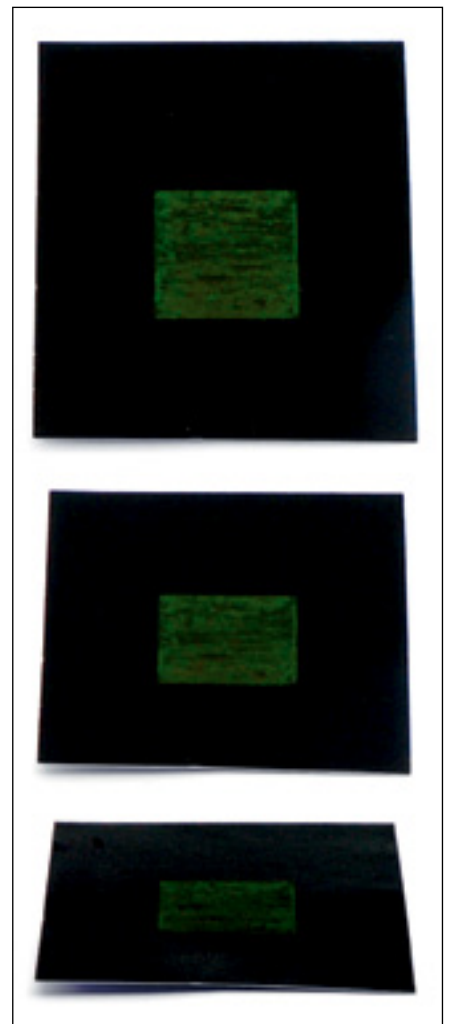


Abb. 3: Reflexion von rotem Farbstoff auf schwarzem Untergrund bei unterschiedlichen Betrachtungswinkeln

die Impulsgeber und Forschungsobjekte früher durchgeführter Untersuchungen waren. Federführend war hier die farbstellende Industrie, deren Prioritäten verständlicherweise auf Problemanalyse und zielgerichteter Produktoptimierung lagen. Die fehlende Auseinandersetzung mit Farben aus dem gesamten wahrnehmbaren Spektrum führte jedoch zu einer Missdeutung der beobachteten Erscheinungen und somit zu unvollständigen oder sogar falschen Erklärungen.

Schmelzer begründet das Auftreten der Bronze zwar mit Absorptionskoeffizient und Brechzahl, gibt jedoch keine tiefergehenden Erklärungen zu den genauen Zusammenhängen. Dem Leser bleibt verborgen, warum Absorption und Reflexion eine direkte Verbindung miteinander haben.

Ausgehend von der Annahme, dass aufgrund der Adsorption des Bindemittels an die Pigmente auch beim Durchbrechen der Farboberfläche immer eine Restschicht um das Pigment verbleibt, formuliert die NPIRI CMTF die Theorie, dass Restschichtdicken des Bindemittels von unter 350 nm auftre-

ten und eine Interferenzschicht bilden. Sie vergleicht den Effekt der Bronze mit dem der Interferenz- und Perlglanzpigmente. Solche Interferenzen zeigen jedoch unterschiedliche Farbtöne bei unterschiedlichen Schichtdicken des Bindemittels. Bronzierende Farben weisen hingegen im Reflex nur die im Absorptionsverhalten des Pigmentes begründeten Farben auf, unabhängig vom Betrachtungswinkel (Abb. 3).

Erst die Ergebnisse aus Wuppertal führen zu einem verständlichen, physikalisch fundierten Modell – einem Mechanismus, der die Bronze nicht makroskopisch und mithilfe klassischer Formelphysik, sondern auf der Basis elementarer Prozesse erklärt. Zudem stellen sie die Verbindung zwischen bronzierenden Färbungen und den Farben von Buntmetallen wie Kupfer oder Gold her.

Fazit für die Praxis

Aufgrund der oben dargestellten Erkenntnisse der Physik ist anzunehmen, dass Bronzeerscheinungen bei der Verwendung sowohl von Pigmenten als auch von Farbstoffen auf einen erhöhten Reflexions-

grad innerhalb bestimmter Wellenlängen des Absorptionsspektrums zurückzuführen sind. Dieses Phänomen lässt sich nicht grundsätzlich abstellen. Es gibt jedoch zahlreiche Parameter, deren Optimierung eine Verringerung der Störungen im Reflex erlaubt. Hier gilt es vor allem, durch die passende Kombination von Bedruckstoff und Farbe eine hohe Farbmittelkonzentration in der obersten Schicht zu vermeiden.

Einige Farben, vor allem im tiefen blau-violetten Bereich, neigen jedoch auch unter für die Bronze ungünstigen Bedingungen noch zu sichtbaren Effekten. Hier geben gerade das Lackieren und das Laminieren als erfolgreiche Methoden zur Elimination der Bronzewahrnehmung Anlass zu weiteren Untersuchungen, da die genaue Wirkungsweise noch einige Fragen offen lässt. ◀

Dank

Ein Dank gilt Dr. Bernd Grande sowie Prof. Dr. Peter Urban von der Bergischen Universität Wuppertal für eine anregende fachliche Diskussion.

Literaturverzeichnis:

- [1] Schmelzer, H.: Anomalien in der Oberflächenreflexion von Drucken. FARBE UND LACK, Sonderdruck 9/1977, S. 812-818.
- [2] Schmelzer, H.: XIII. FATIPEC-Kongress, Juanes-Pins, Kongressbuch, 1976, S. 572 f.
- [3] NPIRI Color Measurement Task Force: A Method for the Identification and Assessment of the Presence of Bronzing in Printing Ink Films. TAGA Proceedings, 2001, S. 444-463.
- [4] Prinzmeier, M.: Ursachen des Bronzeeffekts beim Einsatz von pigmentierten oder farbstoffbasierten Druckfarben und Tinten, 2009 Bachelor-Thesis Bergische Universität Wuppertal – Fachbereich E, Druck und Medientechnologie
- [5] Hecht, E.: Optik, 4. Auflage, 2005, ISBN 3-486-27359-0, S. 217-219.
- [6] Bergmann, L.; Schäfer, C.: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 3, Optik, 10. Auflage, 2004, ISBN 3-11-017081-7, S. 242-246.
- [7] Bergmann, L.; Schäfer, C.: Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 3, Optik, 10. Auflage, 2004, ISBN 3-11-017081-7, S. 247-248, 265.
- [8] Hecht, E.: Optik, 4. Auflage, 2005, ISBN 3-486-27359-0, S. 219, 226.
- [9] Jaffé, G.: Dispersion und Absorption, aus der Serie „Handbuch der Experimentalphysik“, 1928, S. 6-7.
- [10] Herbst, W.; Hunger, K.: Industrielle organische Pigmente, 2. Auflage, 1995, ISBN 3-527-28744-2, S. 330, 546.



• Matthias Prinzmeier

B.Sc., Jahrgang 1981, befindet sich im Masterstudium der Druck- und Medientechnologie an der Bergischen Universität Wuppertal. Er befasste sich in seiner Bachelor-Thesis intensiv mit den physikalischen Ursachen des Bronzierens und den Einflussgrößen auf die Sichtbarkeit dieses Effekts.

Und nun sind Sie gefragt:
Bewerten Sie diesen Beitrag für den
FARBE UND LACK Preis 2012
www.farbeundlack.de/bewertung

TURN-KEY SOLUTIONS FOR THE COATINGS INDUSTRY



profarb

PROFARB Niederlassung
für Deutschland, Österreich
und die Schweiz.

PROFARB Service und Produkte sind ISO 9001:2000 zertifiziert.

Alle PROFARB Anlagen und Maschinen selbstverständlich auch
Ex-geschützt (bis Zone 0) gem. ATEX.

Beethovenallee 18

D-53173 Bonn

Tel.: +49 (0)228 32 97 959

Fax: +49 (0)228 32 97 957

Email: info@profarb.de

Internet: www.profarb.de