

# Lichtfang und Tonwertzunahme: Hier scheiden sich die Geister

OFFSETDRUCK. In seinem Beitrag »Hohe Tonwertzunahme kommt hauptsächlich vom Lichtfang« in *Deutscher Drucker* Nr. 20/22.6.2006, Seite 22, hat der Autor, Christian Greim, dazu aufgerufen, seine Ausführungen zu dem vorgegebenen Thema zu kommentieren. Die bei uns eingegangenen Leser-Reaktionen sind vielfältig. Auf Grund der Bedeutung des Themas haben wir uns entschlossen, die Zuschriften vollumfänglich wiederzugeben.

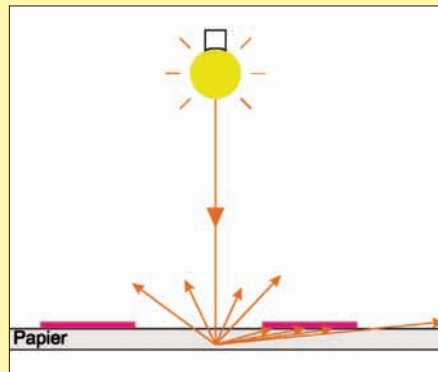
## Nicht nur auf die densitometrische Messtechnik verlassen!

Zunächst möchte ich Ihnen, Herr Greim, meine Hochachtung für die Ausarbeitung Ihres Fachbeitrages mit dem Titel »Hohe Tonwertzunahme kommt hauptsächlich vom Lichtfang« aussprechen. Sie verstehen es, den Sachverhalt klar und sehr gut verständlich zu machen. Besonders gut hat mir Ihr kleines Experiment mit dem Film und dem Papier zur Verdeutlichung der höheren Tonwertmessung trotz gleichbleibender Geometrie der Rasterpunkte gefallen. Aber auch die sonstigen Erklärungen und Illustrationen halte ich für sehr gut gelungen.

Ihr Beitrag befasst sich ausschließlich mit dem Offsetdruck. Sie beziehen sich mehrfach auf dieses Druckverfahren und »entgehen« quasi dadurch meinem Einwand ein wenig. Dennoch vermisste ich den expliziten Hinweis, dass Ihre Ausführungen *nur* für den Offsetdruck gelten. Den »Luxus« nämlich, dass der Tonwertzuwachs im Rasterdruck nicht durch Breitquetschen der Druckfarbe auf dem Substrat verursacht wird (worin ich Ihnen in Bezug auf den Offsetdruck übrigens voll und ganz zustimme, wie wir noch sehen werden), genießen leider nicht alle Druckverfahren. Der Flexodruck, das inzwischen vorrangige Druckverfahren des Verpackungsdruckes, erfährt nämlich durchaus sehr oft ein Breitquetschen der Druckfarbe und einen damit einhergehenden Tonwertzuwachs.

**AUSSAGEN NUR FÜR OFFSET.** Mangels einer Erklärung der alleinigen Geltung für den Offsetdruck lässt Ihr Beitrag beim Leser leider den Eindruck zurück, dass Ihre Aussagen auch für andere Druckverfahren

gelten könnten. Aber selbst wenn wir den Flexodruck mit seinen zwangsläufig erheblich vom Offsetdruck abweichenden Bedingungen (meist nicht-saugfähige Bedruckstoffe und dünnflüssige Lösemittel-Druckfarben) ausklammern, machen Sie meiner Meinung nach noch immer einen kardinalen Fehler: Sie verlassen sich blind auf Ihre densitometrische Messtechnik



**Lichtfang: Licht kann auch von der Rückseite der Druckfarbe absorbiert werden (Abbildung aus dem Beitrag von Chr. Greim in *Deutscher Drucker* Nr. 20/2006, Seite 22).**

und die damit generierten Tonwert-Messwerte.

Haben Sie sich beim Betrachten einer gedruckten 50%igen Rasterfläche (im Film oder Datenbestand) nach deren densitometrischer Flächendeckungsmessung schon einmal gefragt, ob es wirklich sein kann, dass Sie hier einen nahezu 70% »schweren« Tonwert sehen, wie das Densitometer behauptet? Hat der gedruckte Tonwert wirklich die annähernd 70% der

»Farbkraft« des entsprechenden Volltones? Machen Sie diesen kleinen Selbstversuch bitte einmal. Ich wage vorauszusagen, dass Sie dann schon Zweifel an der Stichhaltigkeit der Messungen bekommen werden, weil der gedruckte Tonwert nämlich viel eher wie ein Mittelton aussieht. (Das ist natürlich ein sehr subjektives und qualitatives Experiment und Sie werden sicher nicht auf Anhieb sagen können, dass der gedruckte Tonwert beispielsweise wie 51% aussieht, aber einen Mittelton können Sie auf diese Art und Weise sicherlich noch von einem nahezu Dreiviertelton – das ist das, was das Densitometer behauptet – unterscheiden.)

### WIE KORREKT IST DENSITOMETRIE?

Mir begegnete diese Frage nach der Stichhaltigkeit der densitometrischen Messungen und deren »Aufbereitung« durch die in den Densitometern verwendete Murray-Davies-Formel bereits sehr früh in meiner beruflichen Praxis, indem ich einerseits mit Zweifeln Dritter an der Korrektheit der densitometrischen Tonwertmessungen konfrontiert war und andererseits im Rahmen meiner Diplomarbeit ein alternatives Maß entdeckt und sehr erfolgreich verwendet hatte. (Die Yule-Nielsen-Formel könnte übrigens die Korrektheit der Messungen zwar eher herstellen, wird aber Mangels Kenntnis und Verfügbarkeit der notwendigen Korrekturfaktoren meiner Beobachtung nach außerhalb wissenschaftlicher Einrichtungen und Labors nicht angewendet.)

### WAS IST RFF UND WIE WIRKT DIESE?

Das angesprochene alternative Maß für die Flächendeckungs-Beurteilung von gedruckten Rastertonwerten ist die so genannte Relative Farbmetrische Färbung (RFF). Wie der Name schon andeutet, werden hierbei farbmetrische Messwerte zugrundegelegt und ähnlich wie bei Murray-Davies in einer Formel zu einer optisch wirksamen Flächendeckung umgerechnet, die wie gewohnt in Prozent angegeben wird und damit sehr gut handzuhaben ist. Bei Messungen derselben gedruckten Rasterfläche, einmal mit dem Densitometer und Verrechnung der Dichten nach Murray-Davies, und einmal mit dem Spektralfotometer und Verrechnung nach der Relativen Farbmetrischen Färbung (RFF), ergeben sich erhebliche Unterschiede. Falls der (Offset-) Druck im Rahmen des etab-

# POLE POSITION - KREUZLEGER FÜR GEWINNER

LESERFORUM □□□■

lierten BVDM-Standard erfolgte, wird das Densitometer eine Ableitung von rund 69 % ergeben, während die RFF (sie ist bisher nur in einem Spektralfotometer implementiert und muss daher meist extern, zum Beispiel per MS Excel, errechnet werden) einen Wert in der Nähe von 50 % ergibt.

Wohl gemerkt haben dabei beide Messinstrumente mit der gleichen Messgeometrie (0°/45° oder 45°/0°) und ggf. gleicher Filterbestückung (Polfilter ja oder nein) gearbeitet. Wir finden in den Unterschieden damit »verdächtigerweise« ziemlich genau den laut Offsetdruckstandard im Mittelton geforderten Tonwertzuwachs wieder. Nun hätte es aber durchaus sein können, dass das relativ neue und unbekanntere Maß der RFF den Fehler macht und nicht das Densitometer nebst Murray-Davies-Formel. Gegen diesen Zweifel sprechen neben der Theorie auch noch die praktischen Experimente mit Versuchspersonen, die im Folgenden noch geschildert werden.

**ZUNÄCHST ABER ZUR THEORIE.** Die Murray-Davies-Formel arbeitet mit Dichten, die in einen Subtraktions-Therm eingehen und dann noch in einen Quotienten. Densitometrische Dichten sind definiert als der negative dekadische Logarithmus der Lichtabsorption, was man gewählt hat, um die zu verwendeten Messwerte klein zu halten (zum Beispiel Wert »3« statt »1000«) und weil der menschliche Gesichtssinn nicht-linear arbeitet und starke Lichteinstrahlungen unterproportional bewertet.

Das konnte man seinerzeit mit dem Logarithmus besser als mit einer linearen Arbeitsweise abbilden, aber bereits in der Literatur ist nachzulesen, dass der Logarithmus die Nichtlinearität des menschlichen

Gesichtssinnes nur »ungefähr« nachbildet. Die RFF geht dagegen von farbmetrischen Daten (meist  $L^*a^*b^*$  aus dem Cielab-System, kann aber auch  $L^*u^*v^*$  aus dem Cieluv-System sein). Die zugrundeliegenden Farbsysteme wurden durch Untersuchungen



**Martin Dreher,**  
Dupont de Nemours  
Deutschland GmbH,  
Bad Homburg

an sehr vielen Probanden an das menschliche Farbenempfinden angepasst. Sicherlich gibt es aus heutiger Sicht Kritik zu üben an der Gleichabständigkeit dieser Farbsysteme (was neuere Farbabstandsformeln zu korrigieren versuchen), aber eine bessere Abbildung des menschlichen Gesichtssinnes als mit dem oben erwähnten (o.e.) Logarithmus gelingt hier mit Sicherheit.

Weitere Zuversicht in die Richtigkeit der RFF-Messwerte ergaben die o.e. praktischen Experimente mit Versuchspersonen, die ich mit Teilnehmern meiner CTP-Seminare und Workshops durchführen konnte. Im Durchschnitt der Beurteilungen wurde dabei nämlich eine Linearität des Druckes konstatiert, genau wie sie die RFF ausweist. Danach wird von den Probanden ein geometrisch mit 50 % Flächendeckung gedruckter Rastertonwert auch mit 50 % »Farbkraft« relativ zu seinem Vollton bewertet. Dies galt selbstverständlich auch für weitere Rastertonwerte aus dem Spektrum.

Carsten Gasczyk hat dies schließlich in seiner Diplomarbeit an der HDM Stuttgart, die ich betreuen durfte, auf breiterer Basis nachgewiesen. Er kommt zu dem Schluss, dass die Relative Farbmetrische Färbung den tatsächlich empfundenen Tonwert recht genau angibt, während die nach Murray-Davies arbeitende Densitometrie etwa um das als gefordertes Tonwertzuwachs-Maß im gängigen Offsetdruck-Standard (rund 19 % im Mittelton) zu hoch anzeigt. Der Standard basiert damit auf einem »Fehler« im Mess-System! Vertrauen Sie dem densitometrischen Mess-System daher lieber nicht mehr so blind. Nun ist es nicht automatisch eine Katastrophe, wenn das Mess-System eine Fehlweisung hat, solange diese immer die gleiche ist und man nur relative Beurteilungen durchführt, was

Druckraum | Versandraum | Buchbinderei

*Druckraum, Versandraum oder in der Buchbinderei - mit den kleinsten und schnellsten Kreuzlegern bieten wir Ihnen eine sichere Investition für höchste Produktivität und Effizienz.*

#### Schuppen-Kreuzleger:

**RS 25/30** Einstiegskreuzleger mit einfacher Bedienung & höchster Zuverlässigkeit

**RS 32/36** High-End / High-Speed Kreuzleger mit dreistufigem oder absenkendem Vorstapelkorb und Servotechnik

#### Buchbinderei-Kreuzleger:

**RS 10/12** Die beste Lösung hinter schnellen Sammelheftern, Klebebindern und Einsteckmaschinen

**RS 33** Ideal für die Verarbeitung dicker Produkte wie Telefonbücher und Kataloge

**RIMA-SYSTEM ...Progress in Post Press**



RS 36 - Indexing Kreuzleger

Besuchen Sie uns!

**IFRA 2006**

Stand 4140  
Amsterdam  
09. - 12. Okt. '06

**GraphExpo 06**

Stand 3646  
Chicago, USA  
15. - 18. Okt. '06

**Komplettlösungen**

**Boden- & Hochförderer**

**Schneidelinien**

**Kreuzleger & Stapler**

**Stangenstapler**

**Palettierroboter**

**RIMA SYSTEM**  
www.rima-system.com

RIMA-SYSTEM EUROPE, Germany  
Telefon +49-211-950090,  
Fax +49-211-9500911  
info@rima-system.com



# INNOVATIONSPREIS DER DEUTSCHEN DRUCKINDUSTRIE 2006

www.innovationspreis2006.de



Werner Kraft,  
geschäftsführender  
Gesellschafter  
KRAFT.DRUCK GmbH

Die Anforderungen an die Branche haben sich im Zeitalter der digitalen Medien stark geändert: Über die bloße Umsetzung von Druckprodukten hinaus, verlangen Kunden umfassende Konzepte, die medienübergreifend die Marke kommunizieren und dauerhaft Mehrwert erzeugen. Auf kurzen Wegen und zu fairen Preisen.

**DIE KRAFT.GRUPPE** erfüllt diese Ansprüche. Unsere drei innovativen Unternehmen entwickeln individuelle Lösungen, die an den entscheidenden Schnittstellen ineinandergreifen. So bündeln wir Knowhow und lösungsorientierten Service und bieten Mehrwert aus einer Hand:

**KRAFT.JUNG.S** entwickelt kreative Kommunikationskonzepte mit Inhalten, die den Absatz fördern.

**KRAFT.ALLMEDIA** publiziert die Inhalte in elektronischer oder gedruckter Form. Der ausgezeichnete Workflow von **KRAFT.DRUCK** garantiert nicht nur beeindruckende Printprodukte, sondern auch höchsten Kundennutzen zu optimalen Konditionen. Der Innovationspreis der Deutschen Druckindustrie 2005 für diese einzigartigen Synergie-Effekte bestätigt unser Konzept. Auch 2006 sind wir mit den Lösungen der **KRAFT.GRUPPE** gerne mit dabei.

## KRAFT.GRUPPE®

KRAFT.DRUCK® KRAFT.ALLMEDIA® KRAFT.JUNG.S®

Sponsorpartner des Innovationspreises 2006

## LESEFORUM

im etablierten Offsetdruck-Standard der Fall ist. Schließlich kann man als Schütze auch dann gut ins Ziel treffen, wenn man zur Korrektur von Fehleinstellungen des Visiers immer »auf den Dachfirst zielen« muss, um das Ziel im Erdgeschoss zu treffen. Auch möchte ich die Existenz und den großen Einfluss des Lichtfanges überhaupt nicht in Abrede stellen.

Schließlich kann sich jeder von dessen Existenz ganz einfach dadurch überzeugen, dass er einen Rasterdruck unter einer starken Lupe betrachtet, wobei dann die Schatten um die Rasterpunkte recht deutlich zu sehen sind. Nach Ihrer Interpretation wäre der Lichtfang für die Diskrepanz zwischen (vermeintlich) gemessener optisch wirksamer Flächendeckung im Rasterdruck und der geometrischen Flächendeckung maßgeblich verantwortlich, nach meiner dagegen das densitometrische Mess-System selbst. Sollte ich dabei näher an der Wahrheit liegen und dennoch ein Lichtfang stattfinden, was ich wie gesagt nicht bestreiten möchte, dann heißt das automatisch, dass bereits jetzt effektiv mit einer »Tonwertabnahme«, also einer geometrischen Reduktion des gedruckten Rasterwertes gegenüber dem Kopierfilm oder Datenbestand, gearbeitet wird, wenn man dem BVDM-Standardisierungsvorschlag folgt. Erst der auftretende Lichtfang verhilft dem Druck dann zu der mittels RFF-Methode konstatierbaren Linearität, die meines Erachtens nach das Optimum eines jeden Druckens darstellt, weil man bei jeder Abweichung – nach unten genauso wie nach oben – zwangsläufig Kontrast im Druck verliert. Dass so etwas wie eine »Tonwertabnahme mit Korrektur durch den Lichtfang« möglich ist, zeigt Ihnen die eingehende Betrachtung eines analogen Cromalin-Proofs. Darin ist es durchaus üblich, dass die Rasterpunkte kleiner sind als im Film und der Lichtfang, der aus der Dicke mehrerer Laminatschichten resultiert, eine große Rolle spielt, die Tonwertanmutung wieder »zurechtzurücken«. Wie zweifelhaft und beinahe lächerlich mutet es in diesem Lichte an, wenn der neue »Prozess-Standard Offsetdruck« nun sogar einige Prozent weniger an »Tonwertzuwachs« vorschreibt!

**Martin Dreher**

*Dupont de Nemours Deutschland  
Bad Homburg*

Antwort auf Martin Dreher

## Ergebnisse für alle Druckverfahren gültig

Sehr geehrter Herr Dreher, vielen Dank zunächst für das große Lob. Zu der Frage, ob sich die Aussagen nur auf den Offset-

druck beziehen: zunächst ein klares »Ja«, im Vorspann und nach der ersten Zwischenüberschrift habe ich sogar auf Bogenoffset eingeschränkt. Wenn sich trotzdem Leser wie Sie getäuscht fühlen, bedaure ich das sehr. Die Ergebnisse sind aber unter Berücksichtigung der jeweiligen Tonwertzunahme trotzdem auf alle Druckverfahren übertragbar. Lediglich für den Bogenoffset stelle ich die These auf, dass die Farbe bei normgerechtem Druck annähernd linear übertragen wird, und der Löwenanteil des Tonwertzuwachses (etwa 10 %) vom Lichtfang herrührt.

Dass die Sache für den Flexodruck völlig anders aussieht, ist mir aus mehrjähriger eigener Erfahrung durchaus klar. Bei der Relativen Farbmetrischen Färbung (RFF) wird wie immer in der Farbmetrik eine spektrale Remissionskurve gemessen, von der aus alles Weitere berechnet wird. Folglich ist in diesem Fall der Lichtfang in dem gemessenen Spektrum bereits berücksichtigt.

Darin, dass farbmetrische Messmethoden dem visuellen Empfinden näher stehen, als die Annäherung der Densitometrie, stimme ich mit Ihnen voll und ganz überein. Um eine wissenschaftlich relevante Aussage zu machen, habe ich nur ein allgemein anerkanntes Bezugssystem gebraucht. Wobei ich in diesem Fall eben die relative Flächendeckung mittels Densitometrie (ohne Yule-Nielsen-Faktor) gewählt habe. Meine Aussagen zur relativen Tonwertzunahme durch Lichtfang dürften aber auch bei Messung der relativen farbmetrischen Färbung ähnlich ausfallen. Deshalb wollte ich den ganzen Problemkreis, wie weit die Densitometrie und das visuelle Empfinden auseinanderliegen, aus dieser Diskussion erst einmal heraushalten. Und wie Sie selber schreiben, sollte man auch der Gleichabständigkeit von Lab und Konsorten nicht blind vertrauen.

Aber die Idee, die Sache einmal farbmetrisch auszumessen, ist gut und ich werde sie ausprobieren. Ihre These, dass es eventuell sein kann, dass der Übertragungsprozess eigentlich für eine Tonwertabnahme im Mittelton sorgt und erst durch den Lichtfang wieder eine Zunahme gemessen wird, halte ich für durchaus realistisch, kann sie aber mit meinen begrenzten Mitteln hier leider nicht überprüfen.

Der Lichtfang wäre dann allerdings sogar noch ein gutes Stück höher, als ich bisher geschätzt habe. Weshalb ich für alle Hinweise wie die Ihren dankbar bin.

**Christian Greim**

*Hochschule Mittweida (FH)  
Fachbereich Medien*

## Leser sind aufgerufen, an der Lösung des Problems Lichtfang mitzuwirken

# Rasterflächen mit Vollton gesucht!

Anscheinend war mein Artikel zu abstrakt, um alle Missverständnisse auszuschließen, wie ich der Polemik von Herrn Walenski entnehme. Mein Experiment mit Film, Papier und Densitometer benutze ich, um meinen Studenten die Größenordnung des Lichtfangs anschaulich vor Augen zu führen.

Ich gehe in meinem Artikel davon aus, dass annähernd mit einer Tonwertzunahme nach ISO 12647-2 gedruckt wird. Hier meine Grundthese noch etwas überspitzter als im Artikel formuliert: Nach vielen Jahren der Entwicklung sind die Systeme im Bogenoffset soweit optimiert, dass sie bei normgerechter Anwendung annähernd linear arbeiten. Dass es trotzdem noch eine deutliche Tonwertzunahme gibt, liegt zum größten Teil am Lichtfang. Ich bin früher fälschlicherweise davon ausgegangen, dass das Stand der Diskussion sei, folgender Artikel zeigt aber etwas anderes: »Die FM-Rasterung: In voller Blüte oder immer noch Exot?« (DD Nr. 32/7.10.2004, Seite 49f.), »... dass die Kantenlängen der vielen kleinen FM-Pünktchen wesentlich mehr Lichtfang erzeugen und da-

mit die hohe Tonwertzunahme verursachen. Dieser Widerspruch konnte auch in der anschließenden Diskussion nicht geklärt werden, weil diese Phänomene bisher scheinbar noch nicht wissenschaftlich erforscht wurden.«

Mit meinen Überlegungen kann ich immerhin zeigen, dass der Lichtfang am stärksten bei 50% realer Flächendeckung wirkt, aber die gemessene Flächendeckung durch den Lichtfang nicht größer als 75% werden kann. Falls wirklich Forschungsbedarf in dieser Richtung besteht, könnten mir Leser helfen, indem sie mir randscharfe Rasterflächen mit zugehörigem Vollton schicken. Durch die hohe Flächendeckung ist der Kontrast zum Papier auch bei Durchlicht hoffentlich noch groß genug, um mit einem Densitometer ein sinnvolles Ergebnis zu erhalten. Zwar nehme ich nicht an, dass eine komplette Theorie zur Vorausberechnung des Lichtfangs gebraucht wird, aber es wäre bestimmt interessant zu wissen, um welche Größenordnungen in Abhängigkeit zur Rasterweite es sich handelt. Das Brisante ist, dass sich der Lichtfang de-

finitiv nicht beseitigen, sondern allenfalls kompensieren lässt.

**Christian Greim**  
Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Medien, Technikumplatz 17, 09648 Mittweida

## Schlussfolgerungen zu früh gezogen?

**Lichtfang-Diskussion** ■ Der Autor fordert in seinem Beitrag ein breites Publikum (nicht die Fachleute?) zur Diskussion



**W. Walenski**

auf. Die Basis für eine vernünftige Diskussion ist aber nicht vorhanden, da er die in der Praxis vorhandenen drucktechnischen Realitäten (Druckkräfte plus Gummitücher plus Farbe) nicht zu kennen scheint und deshalb völlig ignoriert. Seine Schlussfolgerungen zieht er lediglich aus seinen »Experimenten« auf einem Lichttisch.

**Wolfgang Walenski**

Wie man mit einem Modell den Lichtfang anschaulich darstellen kann

## »Neues lernen, aber das Alte nicht vergessen!«

Richtig! Der Lichtfang ist hauptverantwortlich für die Tonwertzunahme. Das ist jedoch nicht neu, auch wenn manche Fachleute, die Sie gefragt haben, das nicht wissen. Es ist offensichtlich bei uns in der Branche ein Problem die richtigen Fachleute zu finden. Eine kritische Literaturrecherche hätte Sie zu dem

Druckplatten entsprechend der Papierverzerrung, insbesondere an den Bogenhinterkanten gedehnt und gestaucht werden müssen. Heutzutage wissen wir, dank präziserer CtP-Belichtung, dass die Platten nach dem automatischen Platteneinspannen üblicherweise hervorragend passen. Nur selten hört man,

dass die damalige Lehrmeinung vom Papierverzug falsch war.

Ähnlich ist es auch mit dem Tonwertzuwachs. Der Praktiker weiß davon, kann damit umgehen und kümmert sich nicht um die physikalisch-optischen Ursachen.

Ihre Erläuterungen und insbesondere die Zeichnungen sind goldrichtig. Es ist offensichtlich in unserer Branche unvermeidlich, dass altbekannte Tatsachen in der Ausbildung den jungen Leuten nicht qualifiziert genug weitergegeben werden. Möglicherweise liegt es daran, dass wir fortwährend so viel Neues lernen müssen, das Alte aber nicht vergessen dürfen.

Mich hat damals ein Modellversuch fasziniert, der den Lichtfang sehr deutlich darstellte. Eine sternförmige, schwarze Maske (Abb. 1) wird mit einer Glasplatte auf eine weiße Schaumgummiunterlage abgedeckt. Das Schaumgummi erscheint am Rande der schwarzen Maskenstrahlen dunkler (Abb. 2). Wird das Schaumgummi gepresst, so verändert sich dieses Bild deutlich, abhängig von der Anpressung (Abb. 3). Lichtfang ist die einzige Ursache für diese Erscheinung. Der Lichtfang ändert sich, abhängig von der Anpressung.

**Dr.-Ing. Rolf Bosse**

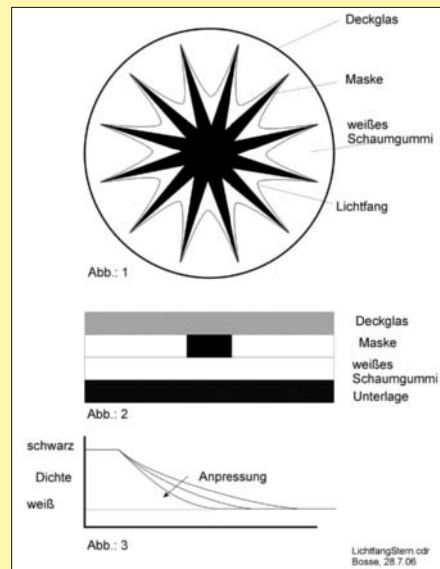
Industrieberater und  
vereidigter Sachverständiger



**Dr.-Ing. Rolf Bosse**

Ergebnis gebracht. (Viele Arbeiten der Fogra aus der Zeit 1965 bis 1975, hauptsächlich Manfred Brune sowie diverse Arbeiten aus USA in dieser Zeit.)

Dieser Hinweis soll bitte nicht als Vorwurf an Sie aufgefasst werden, sondern er zeigt ein kritisches Bild auf Fachleute in unserer Branche. Es hat sich im Laufe der Jahre gezeigt, dass selbst in Lehrbüchern Sachverhalte erklärt werden, die so nicht richtig sind. Nur ein Beispiel: Beim Einrichten im Bogenoffset wurde immer wieder behauptet, dass die



**Abbildungen 1 bis 3: Modellversuch zur Darstellung des Lichtfang-Phänomens.**