

Studien über elektrostatische Aufladungen beim Druckprozess in schnelllaufenden Rotationstiefdruckmaschinen

Eschenbach, Wolfram; Fritsch, K.

(1965)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014015>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Article

Division: 16 Department of Mechanical Engineering
16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14015>

Studien über elektrostatische Aufladungen
beim Druckprozess in schnellaufenden
Rotationstiefdruckmaschinen



Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der
Technischen Hochschule Darmstadt

Institutsleiter: Prof. Dr. Wolfram Eschenbach

Sonderdruck aus »Archiv für Drucktechnik« Juli/August 1965

STUDIEN ÜBER ELEKTROSTATISCHE AUFLADUNGEN BEIM DRUCKPROZESS IN SCHNELL-LAUFENDEN ROTATIONS-TIEFDRUCKMASCHINEN

MITTEILUNG AUS DEM INSTITUT FÜR
DRUCKMASCHINEN UND DRUCKVERFAHREN
DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE DARMSTADT,
APRIL 1965

DIREKTOR:
PROFESSOR DR. WOLFRAM ESCHENBACH

W. ESCHENBACH UND K. FRITSCH

*Vortrag, gehalten auf der Eight International Conference of Printing
Research Institutes in Helsinki am 18. Juni 1965*

STUDIES ON ELECTROSTATIC CHARGING IN THE PRINTING PROCESS IN HIGH-SPEED ROTARY PHOTOGRAVURE

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden Versuchsergebnisse an großen Rotations-Tiefdruckmaschinen der Praxis diskutiert. Zunächst ist kurz auf den Mechanismus der elektrostatischen Aufladung sowie die physikalischen Grundgesetze eingegangen. Als Hauptursachen für die Entstehung der elektrostatischen Aufladung werden Berührung und Reibung der Papierbahn mit Papier oder anderen Materialien gesehen.

Das Problem der Ableitung der elektrostatischen Aufladung durch Entelektrisatoren sowie die Erhöhung der Leitfähigkeit des Papiers durch chemische Maßnahmen bei der Papierherstellung oder eine nachträgliche Oberflächenbehandlung werden nicht diskutiert.

Die durchgeführten Versuche sind in drei Gruppen, Messungen an der freien Papierbahn, an Papierführungsorganen und an Druckwerken, zusammengefaßt und beschrieben. Sowohl eine unterschiedliche Aufladung der beiden Bahnseiten als auch eine gegenseitige Beeinflussung der Aufladung ist möglich. Der Ladungsabfluß erfolgt nach einer e-Funktion, wobei $T_{\text{bedruckt}} > T_{\text{unbedruckt}}$. Der Einfluß von Farbmenge und Farbverteilung auf die Aufladung wird behandelt.

Druckgeschwindigkeit, Anpreßdruck und Temperatur (Raum-, Trockentrommel- und Maschinentemperatur) beeinflussen ent-

scheidend die Aufladung. Der Farbübertragungsprozeß wird, wie festgestellt worden ist, entscheidend durch die elektrostatische Aufladung beeinträchtigt. Dies wurde mit hochfrequenzkinematographischen Einrichtungen erfaßt. Eine geschickte Beeinflussung kann zur Verbesserung der Farbübertragung führen. Die Vorgänge bei der elektrostatischen Aufladung in Druckwerken sind wegen der Vielzahl der beteiligten Materialien sehr komplex. Die vom Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren auf dem Gebiete der elektrostatischen Aufladung angestellten Versuche sind noch nicht abgeschlossen und werden weitergeführt.

SUMMARY

Experimental results made on large commercial rotary photogravures were discussed. First, the mechanism of electrostatic charge development and the applicable physical laws were reviewed. Contact and friction between paper web and paper or other materials were regarded as the primary causes for the formation of an electrostatic charge on the paper web.

Questions relating to the removal of the charge through the use of dischargers or of increasing the conductivity of a paper by chemical means either during paper production or subsequent surface treatment have not been considered.

The charge development on the two sides of the paperweb may be different or influence on another. The loss of charge with time is a logarithmic function, where $T_{\text{print}} > T_{\text{plain}}$. The influence of the amount and distribution of ink on the charge is discussed. Printing speed, printing pressure and temperature (room, drying section and press) greatly affect the charge development. The discussion are supplemented by experimental results.

Ink transfer was found to be greatly affected by the electrostatic charge with the aid of the high-frequency cinematographic equipment. Skilful use of this knowledge could lead to improved ink transfer in photogravure printing.

The mechanism of electrostatic charge development in the printing units is very complex owing to the different materials involved.

The experiments of the Darmstadt Institute of Printing Machines and Printing Processes investigating the area of electrostatic charge development in rotary photogravures have not yet been completed and are being continued.

Das Problem der elektrostatischen Aufladungen in Druckmaschinen hat in den letzten Jahren zunehmende Bedeutung gewonnen und bildet daher ein wichtiges Forschungsthema. Vom Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt wurden Untersuchungen über die Entstehung elektrostatischer Aufladungen in Rotationsdruckmaschinen angestellt, die den folgenden Ausführungen zugrunde liegen.

Dieses Referat soll ein Beitrag zur Klärung der Frage sein, inwieweit der Druckmaschinenbauer durch geeignete Maßnahmen die Entstehung von elektrostatischen Aufladungen möglichst vermeiden bzw. auf einem Minimum halten kann.

Das Problem der Ableitung durch Entelektrisatoren sowie die Erhöhung der Leitfähigkeit des Papiers durch chemische Maßnahmen bei der Papierherstellung oder eine nachträgliche Oberflächenbehandlung wird nicht diskutiert. Hierzu sei lediglich gesagt: *Macourek*, Prag (1) gibt 1964 eine umfangreiche Übersicht über das internationale Angebot an Entelektrisatoren für statische Elektrizität

und gliedert sie nach ihrer Funktionsweise in verschiedene Gruppen auf. Der Versuch, durch bestimmte Zusätze zur Papiermasse die Aufladungsneigung zu verringern (2; 3; 4; 5; 6) ist bereits älter. Er stößt bekanntlich auf die Schwierigkeit, daß bei der Papierherstellung zunächst Wert auf eine optimale Bedruckbarkeit gelegt wird, andererseits wirtschaftliche Gesichtspunkte nicht außer acht gelassen werden dürfen. Hinzu kommen noch in zunehmendem Maße Kunststoffolien als Bedruckstoff. Die nachträgliche Oberflächenbehandlung mit Antistatikmitteln zielt einmal auf eine Herabsetzung der Reibung zwischen den berührenden Flächen und damit auch einer Verringerung des Kontaktpotentials hin, zum anderen verändern höhere Alkohole wegen ihrer Hygroskopizität die Leitfähigkeit. Oberflächenaktive Substanzen führen ebenfalls zu einer Verringerung des Kontaktpotentials.

Zur Einführung sei zunächst kurz auf den Mechanismus der elektrostatischen Aufladung sowie die physikalischen Grundgesetze eingegangen. Während des Laufes des Bedruckstoffes (Papier) durch die Druckmaschine kommt dieses mit den verschiedensten Materialien wie z. B. Metallen, Kautschuk, Druckfarben, Hochpolymeren und Papier in Berührung. Dabei wird das Papier vom leichten Kontakt bis zur Deformation, Erwärmung und eventuellen Reibung mit Papier oder anderen Materialien den komplexesten Beanspruchungen unterworfen. Hierbei könnte theoretisch die Entstehung der elektrostatischen Aufladung sowohl eine Folge des piezo- wie des pyroelektrischen Effektes, als auch des Kontaktes bzw. der Reibung mit einem weiteren Material sein.

Auf Grund im Institut durchgeführter wie auch anderer Untersuchungen (7) darf angenommen werden, daß elektrostatische Aufladungen als Folge des piezo- wie des pyroelektrischen Effektes nur unerheblich sind.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher auf die beiden Hauptursachen der elektrostatischen Aufladung von Papier: Berührung und Reibung. Nach inniger Berührung vorher ungeladener Stoffe tragen die Berührungsflächen im allgemeinen eine Ladung. Man kann daher die Stoffe in eine Spannungsreihe (Bild 1) einordnen. Dabei gilt nach der Coehnschen Regel (8)

1. Das Dielektrikum mit der größeren Dielektrizitätskonstanten (DK) lädt sich positiv auf gegen das Dielektrikum mit der kleineren DK.

Eine höhere DK entspricht auch einer stärkeren Verschiebung der Ladung innerhalb der Moleküle.

2. Die bei der Trennung zweier sich berührender Dielektrika entstehende Ladungsmenge ist proportional der Differenz der DK der beiden Stoffe.

$$Q = K \cdot (\epsilon_1 - \epsilon_2)$$

Versuche über den Einfluß des Luftzustandes auf die elektrostatische Aufladung werden zur Zeit im Institut durchgeführt. Es ist bekannt, daß sich bei feuchtem Raumklima geringere elektrostatische Aufladungen in den Druckereien ergeben. Inwieweit dies auf eine geringe Entstehung oder auf eine bessere Ableitung, sei es durch die Luft oder das Papier, zurückzuführen ist, wird zur Zeit

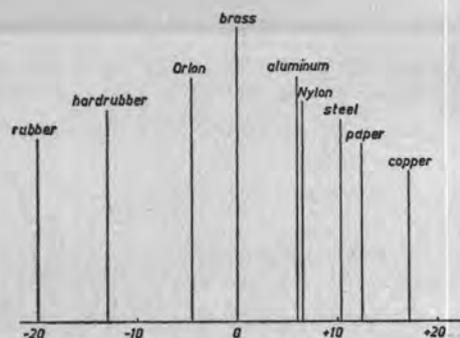


Bild 1: Elektrostatische Spannungsreihe nach Grüner

noch eingehend in unserem Institut untersucht. Hier sei im Moment lediglich auf die Arbeiten (2), (7) und (9) verwiesen.

Zwei sich berührende Medien bilden an ihrer Oberfläche elektrische Doppelschichten. Diese kann man auf das Vorhandensein eines nach innen gerichteten elektrischen Feldes, was eine Polarisierung bewirkt, zurückführen. Während Helmholtz beim Austausch der Ladungen jedoch nur eine Beteiligung von Elektronen sieht und Ionen ausschließt, vertreten Böning (10; 11; 12) und Grüner (7) die Theorie, daß speziell bei Isolatoren ein Austausch von Ionen möglich sei. Dies wird durch deren Versuche bekräftigt. Nach Böning befinden sich in der Oberfläche von Stoffen adsorbierte, feste Grenzionen, deren Art sich nach Ladung und Beweglichkeit unterscheidet. Diese Grenzionen sind von beweglichen Ergänzungionen umgeben, deren Abgabe zur Aufladung der Stoffe führt. Grüner definiert zusätzlich zur reinen Berührung zweier Stoffe den sog. »Flächeneffekt«, der bei Reibung zweier ungleich großer Flächen auftritt. Die bei der Reibung entstehende Wärme erhöht ganz allgemein die Ionenbeweglichkeit. An die größere Fläche werden dann Ionen abgegeben, was zur Aufladung führt.

Zusammenfassend darf gesagt werden, daß der Mechanismus des Ladungsaustausches an Grenzschichten noch weitgehend ungeklärt ist. Es lassen sich jedoch mit der Theorie von Böning viele Vorgänge deuten. Ferner gibt der sog. Flächeneffekt nach Grüner eine sehr verständliche Erklärung bei der Erscheinung der elektrostatischen Aufladung gleichwertiger, sich reibender Stoffe.

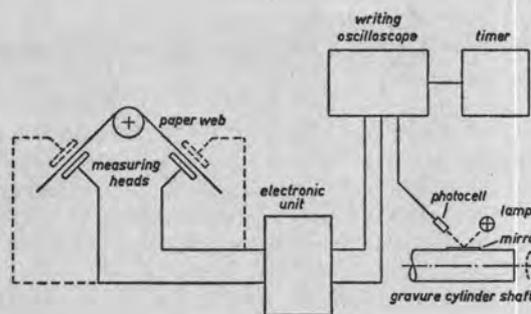


Bild 2: Schematische Darstellung der Meßgeräteanordnung

Bild 3 (rechts): Einfluß von Farbmenge und Farbverteilung auf die elektrostatische Aufladung der Papierbahn

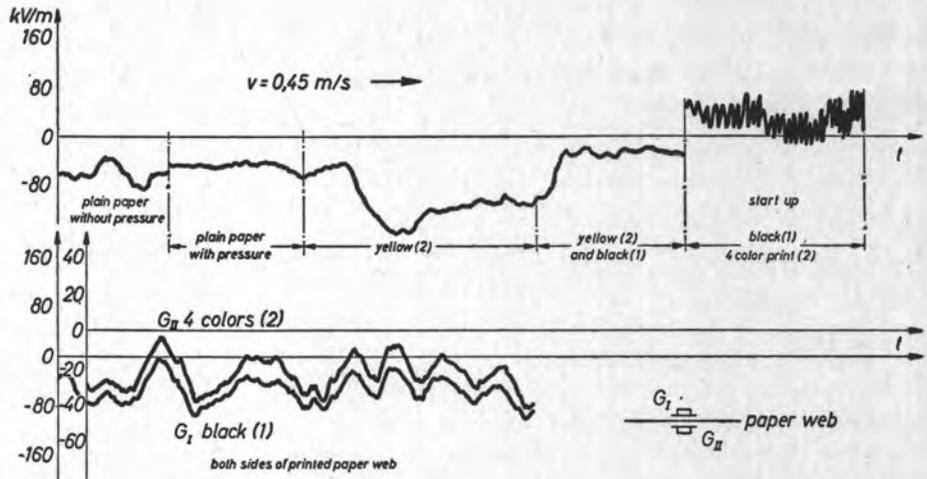


Bild 4 (unten): Leitfähigkeit von Tiefdruckfarben in Abhängigkeit von ihrer Konzentration nach Flegler (13)

Verwendete Meßgeräte und Meßmethode Measuring Instruments and Methods

Zur Messung wurden elektrostatische Feldstärkenmeßgeräte (System Schwenkhagen) verwendet. Diese Feldstärkenmeßgeräte benutzen das Induktionsprinzip zur Erzeugung der Meßleistung aus der mechanischen Antriebsenergie eines fremderregten Generators. Das zu messende Feld dient als Erregerfeld, ihm wird während des Meßvorganges keine Energie entnommen, da die gesamte zur Anzeige erforderliche Leistung der Antriebsmotor und der Verstärker liefern.

Ferner wurden selbstgebaute, kapazitive Meßköpfe mit Elektrometervverstärkern eingesetzt.

Meßgeräte, die auf radioaktiver Basis arbeiten, kamen wegen der relativ hohen Zeitkonstanten sowie ihrer geringeren Genauigkeit nicht zum Einsatz.

Die Elektrizität (Ladung) wird durch die Kraft gemessen, mit der sie von einer anderen angezogen oder abgestoßen wird.

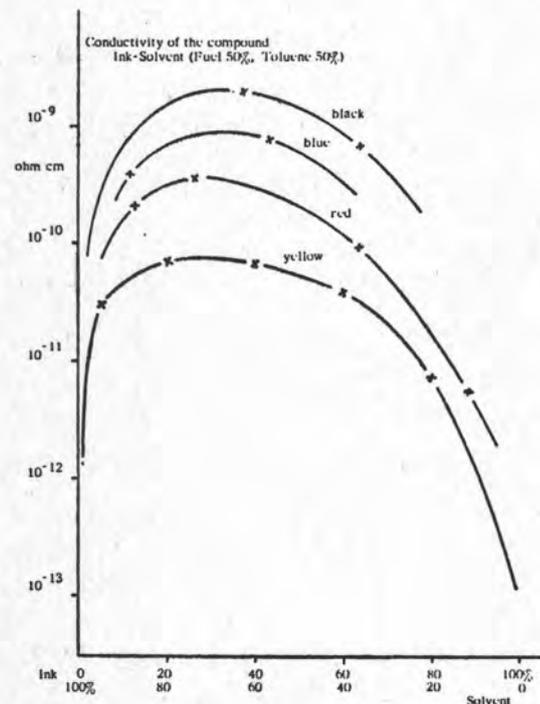


Bild 4

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \text{ (Newton)}$$

wobei

K = Kraft (Newton)

ϵ = DK des Dielektrikums

ϵ_0 = DK des Vakuums

= $8,859 \cdot 10^{-12}$ (Asec/Vm)

$Q_{1,2}$ = Ladung (Coulomb)

r = Abstand (m)

Als Ladungsdichte definiert man δ = Ladung/Fläche

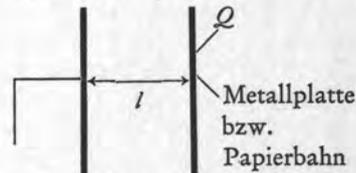
δ = $E \cdot \epsilon$ (Coul/m²)

wobei

E = Feldstärke V/m

ϵ = DK (Asec/Vm)

Beim Plattenkondensator ergibt sich die elektrische Feldstärke zu



$$E = \frac{U}{l} \left(\frac{V}{m} \right)$$

Im homogenen Feld ist die Ladung proportional der Feldstärke. Wird bei konstanter Ladung der Plattenabstand l verändert, so bleibt $E = \text{const.}$

$$Q = C \cdot U$$

wobei

Q = Ladung (Coul)

C = Kapazität (F)

U = Potential (V)

Es ergibt sich bei Einsetzen von $U = E \cdot l$ und $C = \text{const.} \cdot 1/l$

$$Q = \text{const.} \cdot E$$

Hierzu sei jedoch bemerkt, daß wir es auch an der freien Papierbahn stets mit einem mehr oder minder inhomogenen Feld zu tun haben. In der Nähe von Maschinenteilen und anderen Gegenständen sind meistens noch zusätzliche Fremdfelder vorhanden. Außerdem führen sie häufig zu einer Feldverzerrung. Die Inhomogenität des elektrischen Feldes können wir zurückführen auf

1. die Art der Ladungsverteilung auf der Papieroberfläche,
2. das Vorhandensein von Streu- und Fremdfeldern sowie eine Feldverzerrung durch die Geometrie der Umgebung,

3. die Funktionsweise der verwendeten Meßanordnung. Im folgenden seien nun einige charakteristische Versuchsergebnisse wiedergegeben.

Messungen an der freien Papierbahn verschiedener großer Rotations-Tiefdruckmaschinen

Measurements of the Paper Web of different-sized Rotary Photogravures machines

Die in Bild 3 wiedergegebenen Funktionsverläufe wurden jeweils nach dem 5. Druckwerk und einigen Leitwalzen vor dem Querschneider und Falzwerk aufgenommen. Bei der oberen Funktion wurde nacheinander aufgenommen: Starkes Schwanken der Aufladung vor der Druckanstellung, Glättung mit dem Moment des Einschaltens des Druckes am 1. Druckwerk (hierauf wird später noch eingegangen), starkes Ansteigen der bereits negativen Ladung bei Gelbdruck auf der Gegenseite des Papiers, Absinken bei Erscheinen des Schöndruckes (schwarz) und abschließend die charakteristischen Ladungsercheinungen bei vollem Widerdruck. Während der gesamten Messung lief die Maschine mit Einzugs geschwindigkeit ($v = 0,45$ m/sec).

Die darunter wiedergegebenen Feldstärkenverläufe wurden mit zwei Meßköpfen, einer auf der Schön- und einer auf der Widerdruckseite, direkt über einer fast volltonigen Fläche montiert, aufgenommen. Wir erkennen eine laufende gleichsinnige Änderung des Mittelwertes der Aufladungen auf beiden Seiten der Papierbahn, auch Polaritätenwechsel, vornehmlich jedoch negative Aufladung. Es handelt sich hierbei um einen typischen Aufladungsverlauf beider Seiten einer bedruckten Papierbahn, wie wir noch sehen werden. Die elektrischen Ladungen auf Ober- und Unterseite korrespondieren miteinander. Die mit Meßkopf G II auf der Widerdruckseite gemessene Ladung zeigt keine Beeinflussung durch die ca. 40 cm entfernte Umlenkrolle. Dies ist auf die hohe Bahngeschwindigkeit ($v = 5,4$ m/sec) zurückzuführen. Beide Messungen wurden bei $t = 22,4^\circ$ C und $\varphi = 40\%$ r. F. im Februar 1965 aufgenommen.

Aus den soeben gezeigten Funktionen ist deutlich der Einfluß der Farbe auf die Aufladung ersichtlich. Prof. Flegler (14), Aachen, hat bei Versuchen über das Leitvermögen von Tiefdruckfarben in Abhängigkeit von der Farbe/Lösungsmittel-Konzentration die aus Bild 4 ersichtlichen Zusammenhänge erhalten.

Während bei der unbedruckten Papierbahn die Aufladungsschwankungen gering sind, sind diese bei der bedruckten Papierbahn unter Umständen sehr groß. Je nach Tonwert und Anzahl der Drucke ergibt sich eine verschiedene große Aufladung.

Die in Bild 3 wiedergegebenen Funktionen wurden durch mehrere Messungen auch an anderen Maschinen bekräftigt. In gleicher Weise bestätigte sich der starke Einfluß der Farbe auf die Aufladung. Messungen an anderen Breitenzonen des Zylinders führten zu veränderten, jedoch im Prinzip entsprechenden Ergebnissen. Das Einsetzen des I. Widerdruckes (gelb) machte sich auf der Schöndruckseite nicht immer bemerkbar, was im wesentlichen auf die veränderte Farbverteilung und Farbmenge zurückgeführt

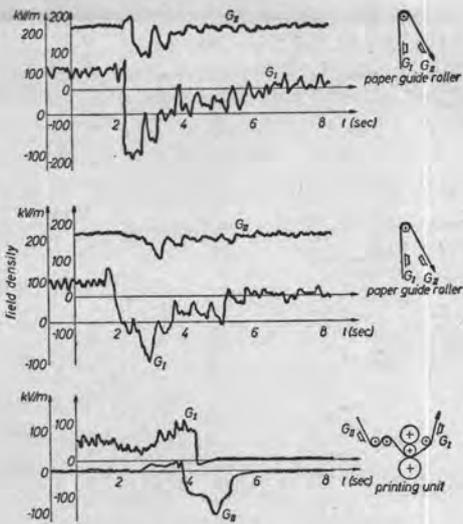


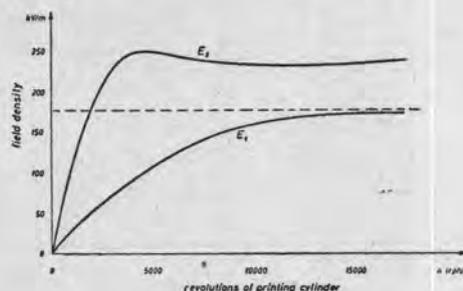
Fig. 5 The electrostatic behaviour during the automatic pasting operation at $v_{\text{paper}} \approx 5,4$ m/sec

Bild 5: Elektrostatisches Ladungsverhalten während des automatischen Klebevorgangs beim Rollenwechsel bei $v_{\text{papier}} \approx 5,4$ m/sec.

werden darf. Das Hinzukommen des Schöndruckes führte immer zu einem negativen Feldabfall und das der restlichen 3 Widerdruckwerke (rot, blau und schwarz) zu starken Ladungsschwankungen. Es bestätigte sich, daß diese Schwankungen der Anzahl der Formzylinderumdrehungen pro Zeiteinheit entsprechen.

Zur Erfassung der einzelnen Parameter wurde u. a. auch der Einfluß des Klebevorganges im Autopaster (einem Zweirollen-Autopaster, System Huck) auf die Aufladung hinter verschiedenen Papierleitwalzen sowie Druckwerken beobachtet. Die Bahngeschwindigkeit betrug beim Klebevorgang jeweils 5,3—5,4 m/sec. Es ergaben sich hierbei folgende charakteristischen Verläufe (s. Bild 5). In allen 3 gezeigten Fällen entsteht im Moment des Klebevorganges eine nicht unbedeutende negative Aufladung. Diese beim Vorgang entstehende typische Ladungsschwankung sinkt mit zunehmender Entfernung vom Autopaster. Wenn wir von der Tatsache eines momentanen Spannungsstoßes durch den Schnitt ausgehen, ist dieses Verhalten nach der Theorie des »Flächeneffektes« zu erklären. Ein Einfluß durch die für ca. 0,5—1,5 m doppelt laufende Papierbahn dürfte nur indirekt vorhanden sein (siehe hierzu auch den in Bild 11 gezeigten Einfluß des Presseurdruckes auf die Aufladung). Ein veränderter Mittelwert der Ladung ist

Bild 6: Elektrostatische Aufladung einer unbedruckten Papierbahn durch die Papierleitwalze während des Maschinenhochlaufs



auf den Papierzustand der neuen Papierrollen zurückzuführen. Das Ladungsverhalten der 3. gezeigten Funktion nach dem Klebevorgang ist zufällig und kann nicht verallgemeinert werden.

Zur Charakterisierung des Einflusses der Druckfarbe wurde die Abklingzeit der aufgeladenen Papierbahn einer mit $v_{cyl.} = 18\ 000\ \text{rph}$ ($v_{Bahn} = 5,3\ \text{m/sec}$) laufenden Maschine bei plötzlichem Stillstand gemessen. Hierbei ergab sich vom Zeitpunkt des Stillstandes der Maschine für

unbedrucktes Papier ca. 6 sec
und für bedrucktes Papier ca. 50 sec.

Der Ladungsabfluß erfolgt in jedem Fall nach einer e-Funktion, wobei die Zeitkonstante $T_{bedruckt} > T_{unbedruckt}$ ist. Es zeigt sich also, daß das mit Druckfarbe benetzte Papier die Ladung besser hält. Dieser Einfluß der Farbe wurde verschiedentlich erfaßt und läßt sich mit den oben angeführten Theorien von Böning und Grüner deuten.

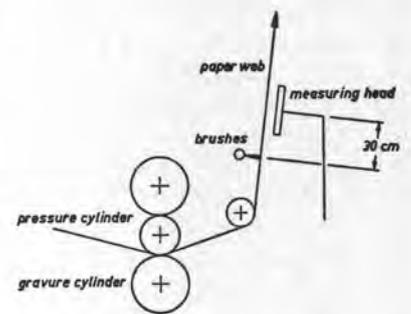
Messungen an Papierleitwalzen großer Rotations-Tiefdruckmaschinen

Measurements at the Paper Guide Rollers of commercial Rotary Photogravures

Zur Erfassung des Einflusses der Papierleitwalzen auf die elektrostatische Aufladung wurde mittels 2 Meßköpfen gemessen. Bei Messungen auf der mit dem Metall der Leitwalze in Berührung kommenden Bahnseite ergab sich zunächst, daß Schwankungen der Aufladung bei unbedruckten Papierbahnen praktisch ganz ausgeglichen wurden, bei bedruckten Papierbahnen dagegen nur teilweise.

Das Papier entlädt sich bei Auflaufen auf die Leitwalzen teilweise, um sich beim Ablösen erneut aufzuladen. Dabei ist der Verlauf der Aufladung vor derselben unabhängig von dem nach derselben. Bei hohen Bahngeschwindigkeiten ist die Ladung jedoch nicht mehr in der Lage, völlig abzufließen. Es kommt praktisch nur noch zu einer Glättung. Der Parameter Papiergeschwindigkeit ist von entscheidendem Einfluß bei allen Messungen. Mit zunehmender Papiergeschwindigkeit sinkt der Ladungsausgleich. Die bei Ablösen der Papierbahn von der Leitwalze ent-

Bild 8: Schematische Darstellung der Meßanordnung zur Bestimmung des Bürsteneinflusses



stehende Ladung addiert sich zu der bereits vorhandenen Restaufladung des Papiers.

Des weiteren ist die Aufladung des Papiers an den Leitwalzen u. a. auch eine Funktion der Papierspannung. Dies wurde sowohl bei schnelllaufenden Papierbahnen, die durch Unrundheit der Papierrollen starke Spannungsschwankungen aufwiesen, als auch bei Anlaufvorgängen (Bild 6) beobachtet. Die Aufladung steigt, wie aus Bild 6 zu ersehen ist, hinter der Leitwalze steil an bis zu einer Maschinengeschwindigkeit von $v_{cyl.} 3500\ \text{rph}$, um dann auf diesem Wert bis zu $v_{cyl.} = 18\ 000\ \text{rph}$ praktisch konstant zu verharren. Dieses Verhalten ist nach der Grüner'schen Theorie des »Flächeneffektes« zu erklären. Eine Erhöhung der Papierspannung führt zu einer Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Papier und Metall. Hierzu sind jedoch noch weitere Versuche notwendig.

Polarität der elektrostatischen Aufladungen von Papierbahnen

Polarity of the Electrostatic Charge on a Paper Web

Unbedruckte Papierbahnen wurden entsprechend der Stellung des Papiers gegenüber Stahl in der elektrostatischen Spannungsreihe durchweg positiv aufgeladen. Jedoch wurden entgegen dieser Feststellung oft auch negative Aufladungen registriert, z. B. bei plötzlichem Bremsen der Maschine (Bild 7). Diese Erscheinung läßt sich mittels der Theorie des »Flächeneffektes« erklären. Er besagt, daß sich die größere Reibfläche positiv auflädt. Bei der plötzlichen Bremsung der Papierbahn dreht sich die Leitwalze

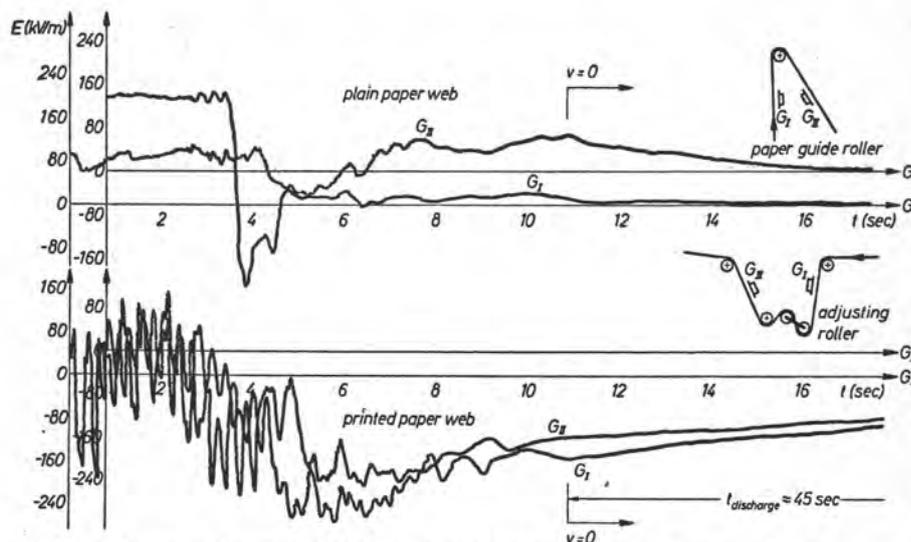


Fig. 7 The electrostatic characteristic of a paper web during cut off on a production rotary photogravure

Bild 7: Elektrostatisches Ladungsverhalten einer Papierbahn bei plötzlichem Maschinenstillstand

noch reibend weiter. Pro Zeiteinheit kommen also mehr Flächenelemente der Metallwalzenoberfläche mit denen der Papieroberfläche in Berührung als umgekehrt, d. h. das Papier hat die kleinere Reibfläche, muß sich also negativ aufladen.

Bei bedruckten Papierbahnen wurden sowohl positive als auch negative Aufladungen gemessen. Hier spielt auch die auf die Leitwalzen abschmierende Farbe, die u. a. eine Veränderung des Oberflächeneinflusses bewirkt, eine Rolle.

Messungen mittels zwei Meßköpfen an der der Leitwalze gegenüberliegenden Bahnseite ergaben bei unbedrucktem Papier kaum eine Beeinflussung der Aufladung. Im Gegensatz dazu war bei bedruckten Bahnen, die höhere Ladungen mit sich führten, eine leichte Glättung zu beobachten. Hierbei sind die Ladungen Ausgangspunkt elektrischer Feldlinien, die durch die Rückseite des Papiers hindurchdringen und auf diese Weise die Messung beeinflussen. An einer großen Rotationsdruckmaschine in einer anderen Druckerei wurde der Einfluß der Bürsten hinter dem 1. Widerdruckwerk (gelb) gemessen (Bild 8). Dabei ergab sich bei einer Maschinengeschwindigkeit von $n_{\text{cyl.}} = 8000$ rph ohne Bürstenanstellung ein mittlerer Wert der Aufladung von -270 KV/m auf der Widerdruckseite. Nach Anstellen der Bürsten sank die Ladung auf -110 KV/m. Hieraus kann gleichermaßen gefolgert werden, daß die Ladungen auf Schön- und Widerdruckseite der bedruckten Papierbahn einander beeinflussen. Abschließend zu den Versuchen an Papierleitwalzen sei noch erwähnt, daß mit zunehmender Maschinengeschwindigkeit neben einem Ansteigen des Mittelwertes der Aufladung auch ein Anwachsen der Amplitude der Schwankungen festzustellen ist (Bild 9). Aus der Abbildung erkennen wir, daß bis etwa $v_{\text{cyl.}} = 10000$ rph die Aufladung linear anwächst, um anschließend steil anzusteigen. Bei diesen Aufladungsschwankungen handelt es sich keineswegs um eine eindeutige Schwingung. Hier haben wir es mit einer Überlagerung mehrerer Schwingungen von ungleicher Frequenz zu tun, die teils drehzahlabhängig sind. Als Ursachen konnten bisher die Farbmenge, das Farbverteilungsbild und Bahnspannungsschwankungen erfaßt werden. Klimatische Einflüsse, besonders durch Zugluft, Trockentrommel o. ä. beeinflussen die Aufladung in jedem Fall.

Messungen an den Druckwerken verschiedener großer Rotationstiefdruckmaschinen

Measurements at the Printing Units of Different Sized Rotary Photogravure

Die Messungen hinter den Druckwerken zeigten, daß je nach den Tonwerten und Farbmengen auf der Bahn sich unterschiedliche charakteristische Ladungsbilder ergaben. Dies wird durch die bereits zu Anfang gezeigten Aufladungsschwankungen, die über die Bahnbreite sich ändern, bekräftigt.

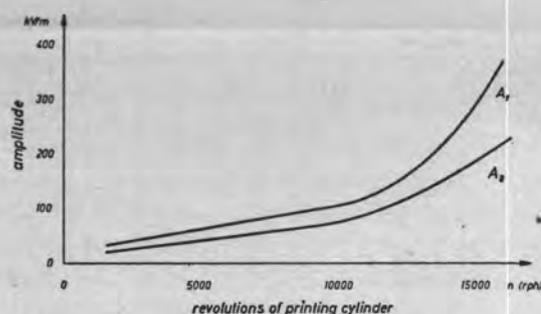


Bild 9: Abhängigkeit der Amplitude der elektrostatischen Ladung von der Formzylinderdrehzahl

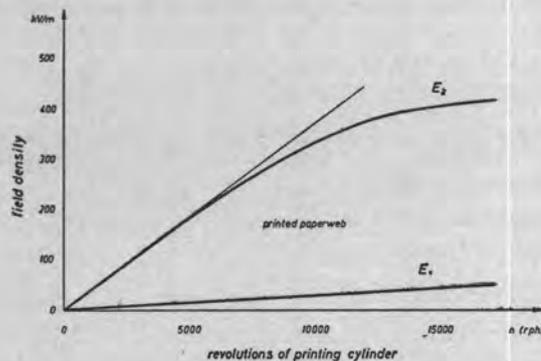
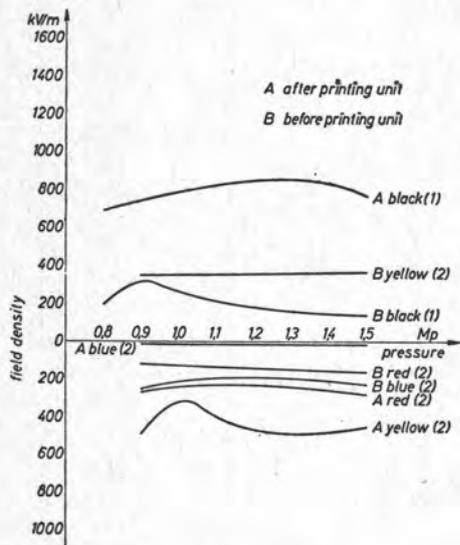


Bild 10: Einfluß des Druckprozesses auf die Entstehung der Ladung einer bereits bedruckten Papierbahn

Mit zunehmender Bahngeschwindigkeit wächst die Aufladung nach einer e-Funktion (Bild 10). Messungen über den Einfluß der Heizung der Trockentrommel ergaben in der Produktionsmaschine mit zunehmender Temperatur ein Sinken der Aufladung sowohl vor als auch nach der Heizzone. Hierbei sank die Aufladung auch bei kleinen Werten von ca. 200 KV/m auf 35—40 % des vor der Trockentrommel gemessenen Wertes. Die Aufladung direkt vor der Trockenpartie sank verschiedentlich um ca. 3—5 %. Über die genaue Trockentrommeltemperatur bzw. die der Aluminiumleitwalzen in der Trockenstrecke kann noch keine Aussage gemacht werden. Hierzu sind zunächst ebenfalls Laborversuche notwendig.

Über den Einfluß des Presseurdruckes an Produktionsmaschinen kann noch keine exakte Aussage gemacht werden. Aus den Bildern 11 und 12 ist zu erkennen, daß eine Steigerung des Presseurdruckes sowohl zu einer positiven als auch negativen Aufladung führte; die an den Druckwerken 11, 12 und 13 gemessenen Ladungen lassen keinerlei direkte Tendenz feststellen. Wesentlich ist hierbei jedoch der Einfluß der jeweiligen Farbe, der bisher noch nicht eliminiert wurde.

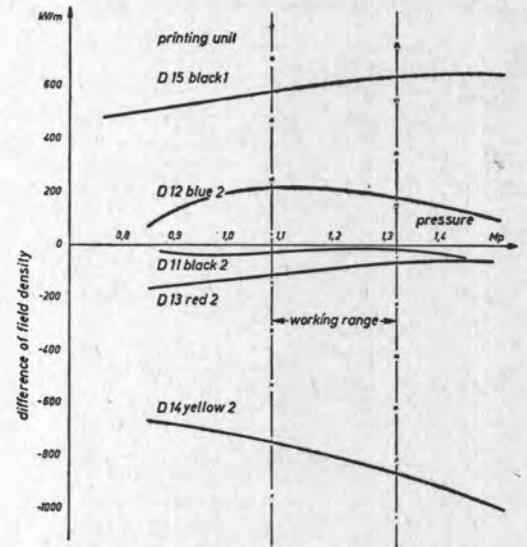
Bei weiteren Versuchen im Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren wurde hierzu festgestellt, daß die elektrostatische Aufladung einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die Farbübergabe während des Druckprozesses hat. Dies konnte mittels der im Institut vorhandenen hochfrequenzkinematographischen Einrichtungen erfaßt



A after printing unit
B before printing unit

Bild 11 (links): Abhängigkeit der elektrostatischen Aufladung vom Presseindruck vor und nach den Druckwerken

Bild 12 (rechts): Einfluß des Presseindruckes und der Druckfarbe auf die elektrostatische Aufladung



werden. Geeignete Apparaturen zur verlustlosen Messung der sich während des Kontaktes Presseur-Farbe (Schön-druck)—Papier—Druckfarbe—Formzylinder ergebenden elektrostatischen Aufladung wurden bereits gebaut und erprobt und werden zur Zeit verbessert. Hierzu werden zur Zeit im Darmstädter Institut Versuche mit verschiedenen Presseuren an einer kleinen Versuchs-Tiefdruckmaschine gefahren. Als Presseurwerkstoff wurden verschiedene leitende, halbleitende und nichtleitende Materialien gewählt.

Die Bilder 13 und 14 geben eine Übersicht über die an den verschiedenen Druckwerken gemessenen Aufladungen. Aus Bild 13 ist zu erkennen, daß hinter dem Schön-druck (schwarz) Extremwerte von + 1300, + 1200 und + 1450 KV/m gemessen wurden. So führt die Papierbahn 2 vor Einlauf in das Schön-druckwerk (schwarz) bereits eine Ladung von 350 KV/m. Im Druckwerk lädt sich die Bahn um + 850 KV/m auf + 1200 KV/m und bei weiterem Verlauf durch die Trockenstrecke bis zum 1. Wider-druck (gelb) auf + 1450 KV/m auf. Beträchtlich ist der

Bild 13: Teilansicht der Maschine 5 mit Angabe der Meßstellen und der ermittelten Meßwerte

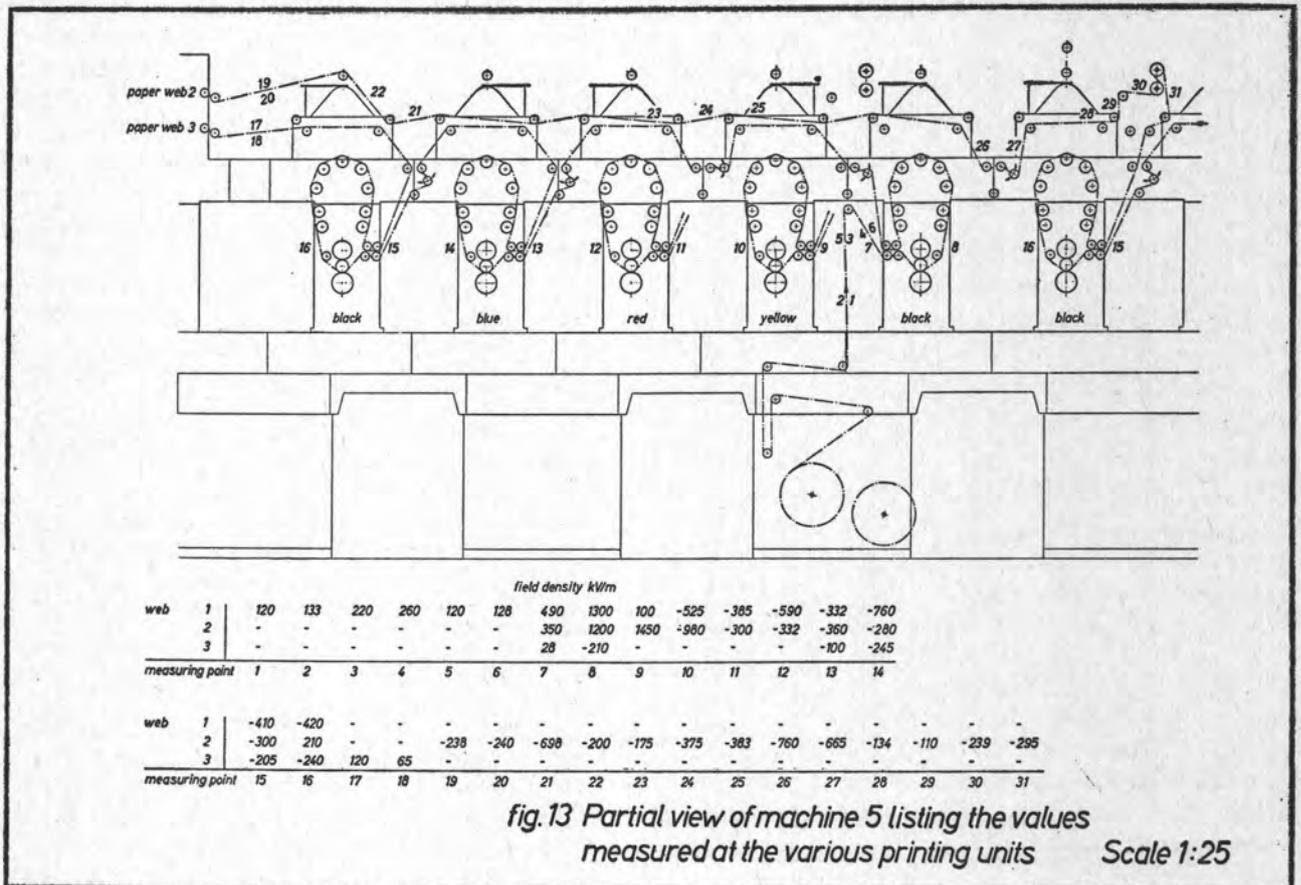


fig. 13 Partial view of machine 5 listing the values measured at the various printing units

Scale 1:25

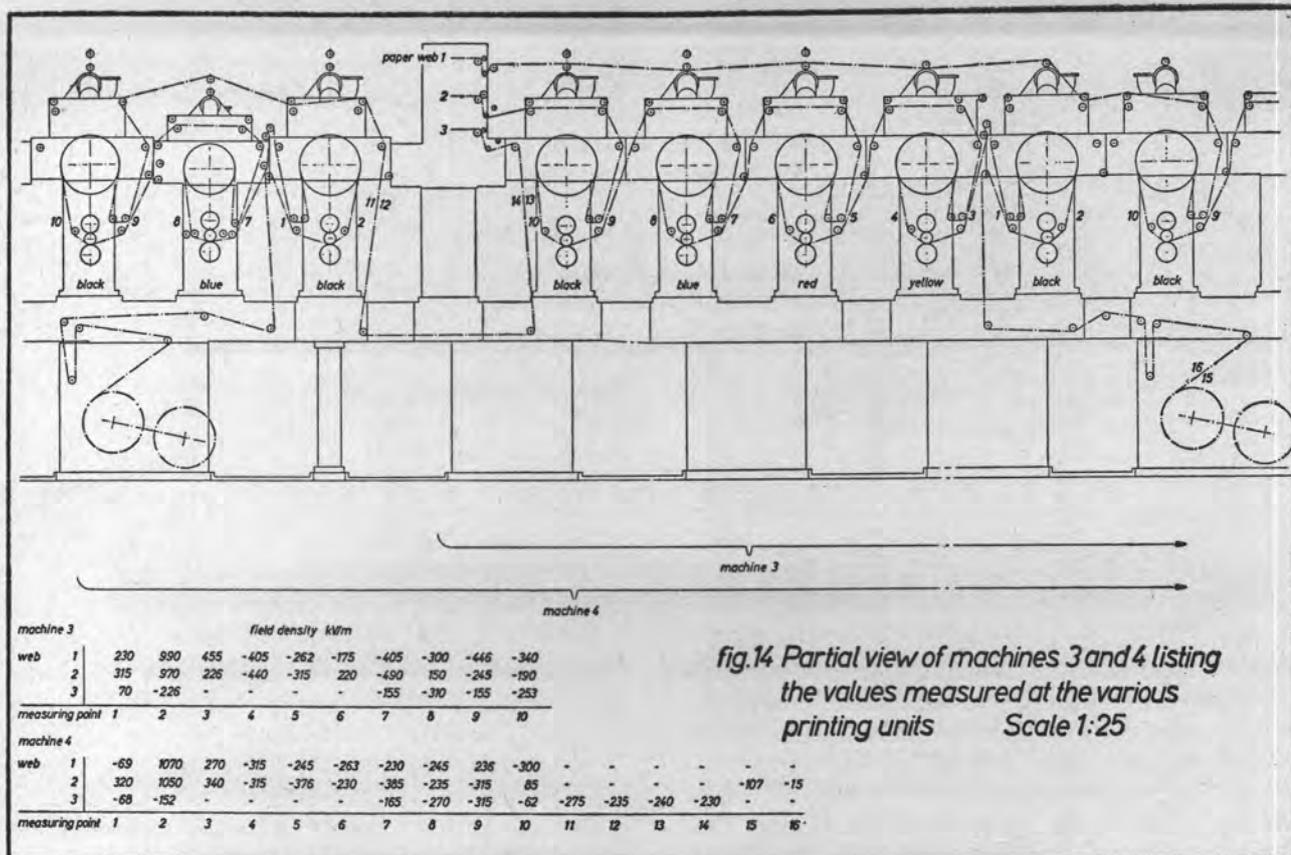


fig.14 Partial view of machines 3 and 4 listing the values measured at the various printing units Scale 1:25

Bild 14: Teilansicht der Maschinen 3 und 4 mit Angabe der Meßstellen und der ermittelten Meßwerte

Abfall um -2430 KV/m im 1. Widerdruckwerk auf -980 KV/m. Mit -2430 KV/m wurde eine extrem hohe Feldstärkenänderung erreicht. Alle gemessenen Feldstärken lagen jedoch noch weit unter der Durchschlagfestigkeit der Luft (U_d), die wie folgt definiert wird:

$$U_d = f(\delta \cdot a) = f(p \cdot a)$$

wobei

δ = rel. Luftdichte

a = kl. Elektrodenabstand der beiden Medien

p = Luftdruck

Für $p = 1$ atm; $t = 20^\circ$ C und $a = 1$ cm ist die Durchschlagfestigkeit der Luft $U_d \approx 32$ KV. Bemerkenswert ist hierbei, daß auch Reuter (15) hinter dem Widerdruckwerk einer Hochdruckrotation die größten Aufladungen bis $+1750$ KV/m feststellte.

Zunächst überraschend erscheint die negative Aufladung hinter dem Schöndruckwerk (schwarz) bei der 3. Papierbahn. Jedoch wurde gleichermaßen auch an den Meßstellen 15 und 16 bei den Bahnen 1 und 3 eine Zunahme der negativen Ladung gemessen. Aus Bild 14 entnehmen wir ähnliche Tendenzen. Hier wurden bei Maschine 4 die höchsten Aufladungen mit $+1140$ KV/m nach dem Schöndruckwerk (schwarz) gemessen. Typisch ist auch hier der relativ hohe Ladungsabfall ins Negative durch das Widerdruckwerk (gelb) bei Maschine 3 um -860 bzw. -666 KV/m und bei Maschine 4 um -585 bzw. -655 KV/m.

Die Messungen an Druckwerken von Rotationsmaschinen ergaben, daß wegen der Vielzahl der beteiligten Parameter jede Aussage zunächst mehr oder minder komplexer Natur ist. Aus diesem Grunde wurden neben Messungen an 4 verschiedenen Typen von Produktionsmaschinen der Praxis gleichzeitig Versuche im Labor an einer kleinen Versuchs-Tiefdruckmaschine begonnen.

Literaturverzeichnis:

1. Macourek, V.: Neutralizatory statické elektriny (Entelektrisatoren). Rozvoj techniky v polygrafii, Praha (1964) Nr. 3.
2. Schmid, F.: Über elektrische Ladungserscheinungen an Papieren. Dissertation TH Darmstadt (1937).
3. Hayek, M.: Elektrisch leitendes und aufladungsfreies Papier. TAPPI, Februar 1960, 43/2.
4. Elektrisch leitendes Papier. DBP 1 134 579 vom 14. 2. 1963.
5. Hochhaus: Mit Ruß gefüllte Papiere. Zellstoff und Papier (1961) Nr. 9.
6. Electrically conductive Paper for non impact printing. TAPPI, December 1964, 47/12.
7. Grüner, H.: Untersuchungen über den Entstehungsmechanismus der elektrostatischen Aufladung von Faserstoffen. Dissertation TH Darmstadt (1953).
8. Cohn, A., und Curs, A.: Studien zur Berührungselektrizität. Zeitschrift für Physik, Band 29 (1924).
9. Wegener, W., und Quambusch, D.: Zusammenhang zwischen Raumklima und der elektrostatischen Aufladung des Spinnmaterials. Veröffentlichung Nr. 897, TH Aachen (1960).
10. Böning, P.: 1. Die Rückspannung. 2. Zur Theorie des Ionendurchschlages fester Isolierstoffe. Woosung (1933).
11. Böning, P.: Ionenbewegung. Woosung (1935).
12. Böning, P.: Elektrische Isolierstoffe. Vieweg (1938), Braunschweig.
13. Schwenkhagen, H. F.: Elektrostatische Aufladungen und ihre Beseitigung. Melliland-Textilber. (1953).
14. Flegler, E.: Electrostatic charges on printed paper webs. GRI-Newsletter. Februar 1965.
15. Reuter, K.: Bemerkungen zur elektrostatischen Aufladung an Druckmaschinen. Papier und Druck (1960).