

Fachveranstaltung Tiefdruck 28. Oktober 1997

### **Lasergravur im Tiefdruck aus Anwendersicht**

Illustrationstiefdruck - Testlinie bei bauer druck Köln KG mit Dätwyler Laserstar  
Verpackungsdruck - Anwenderinfo

Theodor Bayard

bauer druck köln KG, Bereichsleitung Druckformherstellung  
Vereidigter Sachverständiger für Verfahrenstechnik in der Druckindustrie

---

### **Werkzeug Laser**

Der Laser findet in der Industrie mittlerweile ein vielfältiges und beinahe alltägliches Anwendungsspektrum:

in der Informations- und Nachrichtentechnik,

In der Mikrochirurgie,

in der Stahlindustrie zum präzisen Trennen dicker Stahlplatten,

als Drucker im Büro,

als Belichter für Filme oder Platten,

als Laserstrahl-Graviermaschine für Flexodruckwalzen und Gummiklischees, u.v.m.

Also, warum nicht auch zur Herstellung von Tiefdruckzylindern?

Selbstverständlich sind Laser in Aufbau und Technologie verschieden und auf ihre Einsatzzwecke optimiert. Gestatten Sie mir aus diesem Grund eine kleine Exkursion zur Anwendungstechnik der Laser.

LASER ist die abgekürzte Bezeichnung für das englische „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“, zu deutsch Lichtverstärkung durch angeregte Emission von Strahlung. Ein Laser ist somit eine sehr spezielle Lichtquelle mit sehr speziellen Eigenschaften.

Zu unterscheiden sind:

Festkörperlaser, Halbleiterlaser, Gaslaser und Flüssigkeitslaser.

Zuwenden wollen wir uns in erster Linie dem YAG - Laser einem Festkörperlaser der das Neodym verwendet, ein Element aus der Reihe der Seltenen Erden. YAG steht für die amerikanische Bezeichnung Yttrium-Aluminium-Oxide-Garnet.

### **Lasereinsatz im Magazindruck**

Wir erinnern uns an die Versuche der Firma Crossfield in den 70er / 80er Jahren, die in der ersten Phase ihrer Entwicklung einen vorgeätzten Zylinder mit Epoxydharz füllten und mittels Laser die Nöpfchen teilweise wieder herausbrannten. In der zweiten Phase der Entwicklung wurde „Lasercoat“, ein spezielles Kunststoffmaterial, in Form eines elektrostatisch aufgeladenen Pulvers auf die metallisch reine Druckformoberfläche mit einer Düse aufgesprüht.

Nach Härtung des Pulvers durch Hitzeeinwirkung wurde der Formzylinder anschließend wieder auf Solldurchmesser abgedreht.

Der Lasergravierkopf, resp. die Laserstrahlung, auf die Zylinderoberfläche focussiert, gravierte anschließend tiefen- und flächenvariable Nöpfchen spiralförmig in den

Druckformzylinder. 1986 wurde die Lasergravur von Crossfield in der Hauptsache wegen Inhomogenitäten des Basismaterials eingestellt.

Der Historie entsprechend, sei noch die Elektronenstrahlgravur der Firma Dr. Ing. Hell, EBG (Elektro Beam Gravure) als Pioniertat erwähnt, die leider aus dem Laborstadium für Tiefdruckanwendungen nie heraus kam, aber lt. einer Verlautbarung von Hell im Jahr 2000 möglicherweise wieder zum Leben erweckt werden soll.

Im Falle Crossfield wie auch Hell ist noch anzumerken, daß neben den oben angesprochenen Schwierigkeiten auch die Datenmenge und Datenverarbeitung Probleme bereitete. Auf diesem Gebiet sind sozusagen „Quantensprünge“ in der Prozessorleistung und den Speicherkapazitäten von vor einigen Jahren zu heute erfolgt..

### **Nach diesem Rückblick ein Blick in die Laser - Zukunft**

Im Spätherbst 1996 realisierte die bauer druck Köln KG eine Anlagenkonfiguration der Firma Max Dätwyler AG. mit dem Ziel, die konventionelle elektromechanische Gravur in der Formzylinderherstellung abzulösen und durch die zukunftsweisende Lasertechnologie zu ersetzen. Eine Teststrecke in der ehemaligen Zylinderkorrektur, in der bereits 1992 der letzte Pinselstrich getan und die letzte Seite elboriert war, wurde realisiert. Die Erprobung wurde auf 12 Monate festgesetzt.

Die Anlagenkonfiguration für die Teststrecke wurde für Tiefdruckformzylinder mit 2500 mm und 3170 mm Ballenlänge, sowie einem Umfang von 860 bis 1428 mm, ausgelegt und umfaßt folgende Komponenten:

- 1) DeplateMaster (Entmetallisierung! Chem. Entfernen Zn und Cr bis zum Grundkupfer)
- 2) CombiMaster (Reinigung nach Deplate, Entfetten, chem. Aktivieren vor Zn)
- 3) Modul Zn (Zinkbad)
- 4) SuperPolishMaster (15 - 25  $\mu$  Feinfräsen und Seitenbearbeitung)
- 5) Laserstar (Lasergravur 70 kHz, R80)
- 5) CombiMaster (s.o) (Reinigung und Finish nach der Lasergravur; chem. Aktivieren)
- 6) Modul Cr (Chrombad)
- 7) FinishMaster Cr (Finish nach Cr)
- 8) Kran (vollautomatisiert, z.Zt. halbautomatisch in Betrieb)
- 9) GravoComplete Lizenz (Vereinbarung für Softwarenutzung zur Seitenberechnung und Zylinderlayouterstellung)

### **Basismaterial, Galvanik und Verfahrensschritte**

Für die Lasertestanlage kommt das Dünnschichtverfahren zur Anwendung. Das heißt, auf einen mit einer Kupferbasis versehenen Tiefdruckformzylinder werden ca 100 $\mu$  Zn in einem Zinkbad aufgalvanisiert. Vor der Laserstrahlgravur wird die entsprechende

---

Oberflächengüte durch Abfräsen sowie das entsprechende Sollmaß und die geforderte Geometrie des Zylinders auf dem SuperPolishMaster hergestellt.

### **Laserstar 96**

Der Laser ist, wie bereits erwähnt, ein YAG-Laser und arbeitet im unsichtbaren Bereich von 1064 Nm. Es werden zwei 35 KHz Laser im Twin-Betrieb betrieben, d.h. die beiden Laser „schießen“ abwechselnd durch die gleiche Optik.

Die nachfolgende Lasergravur erfolgt in die jetzt ca. 80µ dicke Zinkschicht. Zur Bedienung des Lasers (Bedienstation) kommt ein Industrie - PC als Frontend zum Einsatz. Nach beendeter Gravur wird der entstandene Abbrand bzw. Schmelze um das Näpfchen im CombiMaster mit einem Filzpolierkopf und einer speziellen Schleifpaste beseitigt, der Näpfchengrund wird elektrolytisch und chemisch gereinigt. Die abschließende Verchromung mit einem auf das Basismaterial abgestimmten Elektrolyten und einer Badtemperatur von 22 Grad bilden das vorletzte Glied in der Kette zum druckfertigen Zylinder. Nach der Chrompolitur auf dem Finishmaster ist der Zylinder bereit zum Transport zur Rotation und fertig zum Druck.

### **Digitaler Workflow**

Eine wesentliche Voraussetzung für das Arbeiten mit der Lasergravur ist ein vollkommen digitalisierter Vorstufenprozeß, ein digitaler Workflow!

Auch diese Hürde war für bdk leicht zu nehmen, da eine filmlose Fertigung bereits seit 1992 in der Vorstufe realisiert, die Anbindung der 10 Helio Klischographen K202S mittels Scitex- Logocontroller bereits erfolgte und damit die Gravur aus dem Datenbestand möglich wurde.

Eine vor einigen Jahren veränderte Firmenstruktur (Ausgliederung der Vorstufe) bedingte auch eine entsprechende Aufgabenteilung im nachfolgenden Workflow. Erläutert wird der Istzustand sowie der zu erreichende Sollzustand:

### **Datenausgabestation:**

Der Laserstar verarbeitet Strangdaten oder Komplettdatendateien im Tiff-Format. Diese werden auf einer Layout- und Impose- Workstation erzeugt und via Netzwerk auf die lokale Festplatte der Datenausgabestation übertragen. Diese fungiert als Slave-Rechner für die Online-Umrechnung der Gravurraster unabhängigen Zylinder- / Strangdaten.

### **Im Detail:**

Auf einem Server (Challenge 10000 von SGI) werden von der Vorstufe alle Seiten im Tiff\* - Format abgelegt. Von der Challenge führt eine 100 Mbit Leitung zu einem Hub und von hier aus zu einer Sun. Die Daten werden offline oder nach Beseitigung eines Softwarefehlers bei der Markenerstellung online gerippt und über die Sun dem Daten - PC für die Lasergravur zur Verfügung gestellt. Dies geschieht über eine 10 Mbit Leitung wobei das Datenformat in das ldf\*\* - Format wechselt. Ebenfalls besteht eine direkte 10 Mbit Verbindung von der Sun zum Steuer - PC, der wiederum über eine serielle Schnittstelle mit dem Daten - PC verbunden ist.

Die Sun - Workstation kann als Backup nicht nur zum Rippen der Daten, welches normalerweise auf dem Daten-PC erfolgt, benutzt werden, sondern hier kann auch das Zylinderlayout mittels der Software „Impose“ erstellt werden.

Im Soll - Zustand werden die Daten online auf dem Server gerippt und der Flaschenhals in der Übertragungsrate von 10 Mbit/s zwischen Switch und Sun, sowie Switch / Daten- / und Steuer- PC, beseitigt.

### **Impose**

Mit dem Impose - System der Firma ArtCom (Bremen), die im Tiefdruckbereich exklusiv für die Firma MDC arbeitet, werden die Aufträge interaktiv von der Dateneingabe bis hin zur Erstellung der Gravurdaten bearbeitet. Zentrale Aufgabenbereiche des Impose - Systems liegen in der Produktionskontrolle, in der Automatisierung des Produktionsablaufs und in der Erstellung des Zylinderlayout - Schemas, dem digitalen Ausschließen.

Bei diesem Vorgang werden die Formatvorgaben der Seite (Länge / Breite / Kopf-Fußbeschnitt, Überfalz sowie Umfang und Breite des Zylinders parametrisiert. Automatisch werden bestimmte Marken auf dem Zylinder vom Impose - System positioniert. Text- und Bilddatenbestände, die aus allen gängigen EBV- und DTP-Systemen kommen können, werden den Einzelseiten im Zylinderlayout - Schema zugeordnet. Die darauf folgende Konvertierung in das Gravurformat erlaubt eine sofortige filmlose Gravur.

Kontrollmöglichkeiten der einzelnen Seiten, sowie des gesamten Zylinderlayouts sind am Bildschirm, sowie über einen angeschlossenen Drucker oder Formproofer (Plotter) gegeben. Korrekturen einzelner Seiten sind bis kurz vor Gravurbeginn möglich. Derzeit ist Impose noch in der Vorstufe angesiedelt. Die technischen Möglichkeiten und der Arbeitsablauf sprechen jedoch dafür, diese Aufgaben wieder der Formherstellung zuzuordnen.

### **Vergleich Stichelgravur / Lasergravur**

Ein Stichel bei der elektromechanischen Gravur dringt in das Kupfer ein und „schneidet“ das Näpfchen.

Wenn man früher und heute die Gravurmaschine etwas respektlos mit einem Specht verglich, muß man sagen, daß die Laserstrahlgravur einer Hochleistungs-Bohrmaschine gleicht. Der Laserstrahl „bohrt“ also Löcher in den Zylinder. Dies führt daher auch zu anderen **Näpfchengemetrien und Rastern**.

In der Gravur werden z.B. Yellow, Magenta und Black im 63er Raster und Rasterwinkel 0, Cyan im Rasterwinkel 2, Texte im Rasterwinkel 4 (Feinschwarz) graviert.

Bei der Lasergravur z.B.. Black im halbautotypischen Modus mit 90 L/cm und 45°, alle anderen Farben im konventionellen Modus gelasert. Cyan im 80er Raster und 60°, Magenta im 80er Raster und 30° und Yellow im 74er Raster und 45°.

Ist der Stichel bei einem ca. 100er Raster und heute 4000 Hertz an die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit gelangt (in der Entwicklung befinden sich allerdings Systeme mit 8 KHz), so kann man sagen, daß der Laser weit über diese Grenze hinaus mit einer Bandbreite von 80-360er Raster und 70000 Hertz seine Leistungsfähigkeit unter

---

Beweis stellt. Feinste Detailwiedergabe und mikrofeine Texte sind seine Domäne. Die Firma Dätwyler arbeitet nach eigenen Angaben bereits an einem 140 kHz Laser.

Im Zeitschriftendruck sind solche Rasterfeinheiten jedoch nicht erforderlich. Deshalb werden Versuche und Optimierungen bei Rasterweiten von 70 / 80 / 90 L/cm konventionell (nur tiefenvariabel) und halbautotypisch (tiefen- und flächenvariabel) durchgeführt.

Eine interessante technische und qualitativ hochwertige Möglichkeit stellt das Lasern mit frequenzmoduliertem Raster dar. Leider ist diese technische Raffinesse mit einer Verlängerung der Laserzeit um ca. Faktor 4 verbunden, so daß für eine aktuelle Zeitschriftenproduktion der Zeitfaktor indiskutabel groß wird.

Von der **Anlagentechnik** unterscheiden sich die galvanischen Anlagen für die Lasergravur nicht so sehr von den bekannten, für die Stichelgravur erforderlichen Anlagen. Bis auf die Ausnahme, daß für das Aufzinken eine spezielle Anode zum Einsatz gelangt und die Zylinder nach dem Lasern kaltverchromt mit dem auf das Basismaterial abgestimmten Elektrolyten werden, sind die Anlagen durchaus ähnlich. Natürlich sind hier einige Anlagendetails auf die verwendeten Materialien exakt abgestellt.

### **Unterschiede im Material, keine Unterschiede in der Qualität?**

Die Unterschiede im verwendeten Material für die Lasergravur sind da schon erheblicher. Der durch das Aufzinken abfallende Metallgehalt im Elektrolyten, wird durch Lösen von Zinkclippings in einem externen Behälter ausgeglichen. Die bei der Elektrolyse entstehenden Wasserstoffdämpfe werden abgesaugt.

Spezielle Additive verleihen dem Zink die für die Lasergravur erforderliche Qualität.

Eine kleine Anmerkung am Rande: Die aufgezinkten Zylinder lassen sich elektromechanisch mit Diamantsticheln ausgezeichnet gravieren. Die Näpfchen sind in der Form wie aus dem Bilderbuch.

Die Qualität eines Produktes wird im Illustrationstiefdruck in erster Linie an der zu erzielenden Druckqualität gemessen. Hier ist bei der halbautotypischen Lasergravur eine verbesserte Schärfe und ein besserer Kontrast gegenüber der elektromechanischen Gravur auf der „Habenseite“ zu verbuchen. Dies ist bei LWC- und SC- Papieren der Fall. Schlechtere Papiere, z.B. AZT- Papiere, neigen zu einer höheren „Missing Dot“ Bildung und einem schlechteren Ausdrucksverhalten im Vergleich zur Stichelgravur. Der „konventionelle Modus“ scheidet für feine Textdarstellungen wegen des Sägezähneffektes bei groben Rastern aus.

### **Analyse und Abwässer**

Eine tägliche Analyse des Zinkelektrolyten ist derzeit erforderlich, um eine gleichbleibende Qualität zu erzielen. Der Zeitaufwand ist gegenüber einer Cu-Bad Analyse mit dem Faktor 3 zu bewerten.

Die Abwassersituation ist für Zink und Chrom als gleichwertig zu Cu / Cr zu betrachten, da die Elektrolyten im Normalfall für die gesamte Einsatzzeit erhalten bleiben. Zink als Rohstoff wird von Zinkhütten oder speziellen Abnehmern kostenneutral zu-

rückgenommen. Anders sieht es derzeit mit der gesättigten Deplatlösung aus, die entweder mit einer entsprechend ausgerüsteten Abwasseraufbereitungsanlage aufgearbeitet oder als Elektrolyt über einen Entsorger kostenpflichtig entsorgt werden muß. Eine Alternative bietet sich möglicherweise noch durch das Abfräsen ausgedruckter Zylinder von Chrom und Zink an. Ob dieser Metallstaub einer Verwertung zugeführt werden kann, wird derzeit geprüft.

### **Automatisation**

Das Automatisierungspotential ist bei der Lasergravur sicher höher einzustufen als es nach derzeitigem Stand bei der Stichelgravur der Fall ist. Eine Bestätigung in der Praxis ist bei der bdk-Teststrecke aus räumlichen Gründen nur bedingt möglich.

### **Technische und wirtschaftliche Erwartungen**

Im Vergleich zum derzeitigen Cu-/Helio Verfahren wurden folgende Erwartungen in das neue Verfahren gesetzt:

- Höhere Wirtschaftlichkeit durch Reduzierung der Zylinder-Stückkosten
- Geringere Fertigungszeit
- Bessere Qualität
- Bessere Laufeigenschaften in der Rotationsmaschine
- Instandhaltungsaufwand nicht höher
- Bedieneraufwand: Automatisierung, Roboterisierung, möglichst Vollautomatisierung

### **Antworten und Zusammenfassung**

„Nach diesem Rückblick ein Blick in die Laser - Zukunft“, so habe ich den Zwischen - Titel gewählt, wohl wissend, daß noch einige Fragen zu lösen sind.

Beispielsweise wurde die Teststrecke zeitlich auf 12 Monate befristet eingerichtet.

Umgesetzt bedeutet dies, bis Ende 1997 müßte die Anlagenkonfiguration als Produktionsstrecke voll einsetzbar sein.

Diese Einschätzung der Zeitschiene stellt sich heute als zu optimistisch heraus, so daß Fragen in technischer, wie auch wirtschaftlicher Hinsicht derzeit noch nicht ausreichend beantwortet werden können (Stand Sept.97).

Unterschätzt wurden sicherlich die Aufwendungen, die erforderlich wurden, die Anlagen durch Änderung bzw. Neukonstruktion den jeweils technischen Erkenntnissen anzupassen.

Weitere Restriktionen die den Zeitplan massiv beeinträchtigten waren durch

- Die Menge der Test-Anlagen (jeweils nur eine Anlage)
- Fehlender Andruck. Versuche und Testdrucke mußten und müssen im Fortdruck durchgeführt werden (Auslastungsproblematik),
- Aufträge zu finden, die keiner aktuellen Terminalsituation unterliegen,

gegeben.

Heute ist festzustellen, daß zeitlich ein Nachholbedarf von einigen Monaten besteht, um das Abriebverhalten der Zylinder im Fortdruck und den Ausdruck auf schlechteren Papieren weiter zu optimieren.

Die Leistung des Lasers, im halbautotypischen Betriebsmodus, ist bei Rastern <80 L/cm zur Erreichung einer bestimmten Druckdichte, bei gleichem Farbansatz, im Vergleich zur Stichelgravur, ohne ausreichende Reserven. Außerdem werden Versuche durchgeführt, auch die Farben im halbautotypischen Modus zu lasern.

Die vorgenannten Versuche und Optimierungen erfordern eine höhere Leistung des Lasers. In den nächsten Wochen wird die erste Leistungsausrüstung erfolgen und zu Beginn des nächsten Jahres die endgültige Leistung implementiert sein.

### **Ausblick**

Schwierigkeiten sind dazu da, um überwunden zu werden. Dieser Satz ist hier sicherlich zutreffend, denn die angesprochenen Optimierungen der Elektrolyten, des Lasers und des Ausdruckverhaltens erfordern noch einiges an Arbeit und „Know How“, welches sich dann in der anschließenden Wirtschaftlichkeitsrechnung wiederfinden muß

Auch wenn das Ziel, eine produktionsreife Laser-Anlagenkonfiguration bis Ende 1997 in Betrieb zu nehmen um die Stichelgravur abzulösen, zeitlich nicht erreicht wurde, ist die Hoffnung, der Wille und die Möglichkeit unverändert groß, dieses Ziel baldmöglichst zu erreichen.

Aus diesem Grund wurde die Testphase bis zum 1.4.1998 verlängert.

### **Informationen aus dem Verpackungsdruck:**

#### **Was machen die Verpacker mit dem Laser?**

Die Firma Illochroma in Belgien kann 14 Monate länger als bdk auf ihre Lasererfahrung mit dem Dätwyler-Lasersystem zurückblicken. Eine zweite Laseranlage wurde Mitte 1997 gekauft. Mittlerweile ist die Installation abgeschlossen, die komplette Übernahme der gesamten Produktion mit dem Laser für Januar 1998 vorgesehen.

Die Anwendung bzw. Aufgabenstellung im Verpackungsdruck unterscheidet sich jedoch erheblich vom Illustrationstiefdruck:

Gefragt ist die feine Wiedergabe von Schriften und Zeichnungselementen auf Etiketten oder sonstigen Verpackungen, die überwiegend mit sehr feinen Rastern von 80 - 160 L/cm halbautotypisch oder konventionell realisiert werden.

Bei Spezialfarben wie zum Beispiel Gold, wird zweifach in das Näpfchen „gebohrt“, um ein höheres Volumen zu erzielen. Bei einem 100er Raster erreicht man z.B. normalerweise eine Tiefe von 25µ. Durch doppeltes „bohren“ mit gleicher Leistung werden 50µ Tiefe erreicht.

Die Bedruckstoffe sind unterschiedlich. Die Zylinderabmessungen mit durchschnittlich 910 mm Umfang und 865 mm der Auftragsituation angepaßt (bdk Zylinder = Umfang 1428 mm, 3170 mm Ballenlänge).

Die Druckgeschwindigkeit ist ebenfalls dem Material angepaßt, beträgt jedoch max. ein Viertel einer modernen Illustrations - Tiefdruckmaschine.

Im Klartext: 12 -14.000 U/Std. zu 50.000 U/Std. oder anders ausgedrückt die Papierbahngeschwindigkeit beträgt im einen Fall 3-4 m/s, im anderen Fall fast 14 m/s!!

Abschließend ist festzustellen, daß Erfahrungen aus dem Verpackungsdruck nicht, oder nur in einem sehr geringem Umfang, auf den Illustrationstiefdruck übertragen werden können.

### **GravoComplete**

(ebenfalls Firma ArtCom) heißt das Gegenstück zu Impose für die Verpacker. Im Fall von Illochroma hat allerdings die Firma Barco mit einem eigenen Programm diesen Part übernommen.

GravoComplete, in der Aufgabenstellung natürlich für den Verpackungs- und Dekordruck ausgerichtet, dient als universelles Bindeglied zwischen der völdigitalen Tiefdruck-Direktgravur und anderen Systemen, die Bilddaten digital bereitstellen.

### **Alles ist etwas kleiner, auch die Probleme?**

Ohne Übertreibung kann man Sagen: Ja!

Abgesehen von der Entsorgung, die gleichzusetzen ist, sind u.a. die Belastungen der Zylinder während des Druckens durch die geringere Geschwindigkeit im Verpackungsbereich erheblich geringer. Hinzu kommen ein geringerer Presseur- und Rakedruck.

Auch bei den Rasterweiten kann der LaserStar in der Verpackung und im Dekordruck voll seine „**Rasterfeinheiten**“ einsetzen, während der Illustrationstiefdruck in der Regel mit 63 - 70 L/cm (evtl. Texte in Feinschwarz) an der unteren Skala „kraxelt“.

An der Bestellung einer weiteren Laseranlage kann abgelesen werden, daß die Firma Illochroma den zukunftssträchtigen Weg der Lasertechnologie auch weiterhin beschreiten will. Auch die Firma „Keating Gravure USA“ hat einen Laser bestellt. Die Lieferung erfolgt Ende Oktober 1997.

### **Merke: Es lasert!!**

\* Tiff - Format = Bildformat

\*\* ldf - Format = Gravurformat



**bdk bauer druck köln****Anlagenkonfiguration Laserteststrecke****MDC Max Dätwyler AG**

Stand: 6/97

Durchschnittlich zu bearbeitende Zylinderfläche: BL=3170mm, U=954; F=3 m<sup>2</sup>

	<b>Anz. Maschinen</b>	<b>Maschine</b>	<b>Maschinenfunktion</b>	<b>Zykluszeit incl. Kran [min]</b>	
Zn:	1	<b>Deplate</b>	Chem. Entfernen Zn und Cr bis zum Grundkupter	29	Elektrolyt: Schwefelsäure, 250 g/l I ankinhalt: 1500 l
	1	<b>Combimaster</b>	mech. Reinigung nach Deplate, Entfetten, chem. Aktivieren vor Zn	12	2 Entfettungstanks à 1100 l (Rapid S, S 199) 2 Dekapierungstanks à 320 l (2% Schwefelsäure, 3% Citronensäure)
	1	<b>Modul Zn</b>	Zinkbeschichtung	90	alkal. Elektrolyt mit 30 g/l Zink und 160 g/l NaOH plus spez. Additive Tankinhalt: 5000 l T=29°C, 100% Tauchung <u>Ist-Stromdichte:</u> 6 A/dm <sup>2</sup> , 100um in 90 min <u>Soll-Stromdichte:</u> 15-20 A/dm <sup>2</sup> , 100 um in 48 min  <u>Externe Anodenauflösung:</u> ca. 800 l stromlose Auflösung der Zn Clippings in katalytisch beschichteten Körben
SPM:	1	<b>Superpolishmaster</b>	Schlichten und Feinfräsen	41	
Gravur:	1	<b>Laserstar 37-VII-70</b>	Gravur (Ein Strang, . 70 kHz)	58	siehe Beiblatt
	1	<b>Finishstar Zn</b>	Reinigung im Zn nach Combi	25	osz. Schleifkopf, Dekapierungsmöglichkeit
Cr:	s.o.	<b>Combimaster</b>	Entfetten, chem. Aktivieren vor Cr	12	s. o.
	1	<b>Modul Cr</b>	Kaltchrom	22	300 g/l Chromsäure, 2,5-2.8 g/l Schwefelsäure 3-6 g/l Cr III, 40-50 g/l alkal. Zusätze Tankinhalt: 4000 l T=21-24 °C, j=50 A/dm <sup>2</sup> , 50% Tauchung
	1	<b>Finishstar Cr</b>	Finish nach Cr	22	osz. Schleifkopf
Layout:	1	<b>Impose</b>	Zylinder ausschneiden, Gravurdaten (Farbauszüge) berechnen		

Vergleich der Gravurzeiten (exklusive Rüstzeit) el.-mech. - Laser							MDC Max Dätwyler AG					
Raster	R63			R70			L70			L80		
Gravurfrequenz	4000Hz			4000 Hz			70000 Hz			70000 Hz		
	Auflösung [l/cm]	Gravurzeit [min] 10 K,4U (=2,9 m <sup>2</sup> )	Gravurzeit [min] 12 K, 6U (=4,5 m <sup>2</sup> )	Auflösung [l/cm]	Gravurzeit [min] 10 K,4U (=2,9 m <sup>2</sup> )	Gravurzeit [min] 12 K, 6U (=4,5 m <sup>2</sup> )	Auflösung [l/cm]	Gravurzeit [min] 10 K,4U (=2,9 m <sup>2</sup> )	Gravurzeit [min] 12 K, 6U (=4,5 m <sup>2</sup> )	Auflösung [l/cm]	Gravurzeit [min] 10 K,4U (=2,9 m <sup>2</sup> )	Gravurzeit [min] 12 K, 6U (=4,5 m <sup>2</sup> )
C (RW 2)	63	48,0	74,4	70	59,2	91,9	70	33,8	52,5	80	44,2	68,6
M (RW 0)	63	48,0	74,4	70	59,2	91,9	70	33,8	52,5	80	44,2	68,6
Y (RW 3)	53	33,9	52,7	58	40,6	63,1	67	31,0	48,1	75	38,8	60,3
K (RW 4)	90	97,9	151,9	100	120,8	187,5	90	55,9	86,8	95	62,3	96,7
Summe:CMYK		227,7	353,4		279,9	434,3		154,6	239,9		189,5	294,1
Durchschnittliche Gravurzeit pro Farbe:		56,9	88,3		70,0	108,6		38,6	60,0		47,4	73,5
Durchschnittliche Gravurzeit pro Farbe pro m <sup>2</sup> :			19,6			24,1			13,3			16,3