

SAMAG Saalfelder Werkzeugmaschinen GmbH
Hüttenstraße 21
07318 Saalfeld

**PRO DOT - Das System zur Qualitätsverbesserung
und Produktivitätssteigerung bei der Gravur von Tiefdruckzylindern**

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 24104 von der
Deutschen Bundestiftung Umwelt

Verfasser:
Dipl.-Ing. Rainer Lenz
Klaus Göbelhoff

Saalfeld, den 25.11.2010

SAMAG Saalfelder Werkzeugmaschinen GmbH
Hüttenstraße 21
07318 Saalfeld

**PRO DOT - Das System zur Qualitätsverbesserung
und Produktivitätssteigerung bei der Gravur von Tiefdruckzylindern**

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 24104 von der
Deutschen Bundestiftung Umwelt

Verfasser:
Dipl.-Ing. Rainer Lenz
Klaus Göbelhoff

Saalfeld, den 25.11.2010

Inhaltverzeichnis

Projektkennblatt	4
Begriffsverzeichnis	8
Bildverzeichnis	9
Kurzdarstellung des PRO DOT-Projekts	10
Einleitung	11
Erreichte Ziele	14
Fazit	27

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	24104	Referat	21/2	Fördersumme	110.700,00 €
----	--------------	---------	-------------	-------------	---------------------

Antragstitel **PRO DOT – Das System zur Qualitätsverbesserung und Produktivitätssteigerung bei der Gravur von Tiefdruckzylindern**

Stichworte Tiefdruck, Gravur, Qualitätsverbesserung, Produktivitätssteigerung

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
12 Monate	02.03.2009	02.03.2010	1

Zwischenberichte

Bewilligungsempfänger

SAMAG Saalfelder Werkzeugmaschinen GmbH
Hüttenstraße 21
07318 Saalfeld

Tel 03671 585-111

Fax 03671 585-420

Projektleitung

Dipl.-Ing. Rainer Lenz

Bearbeiter

Kooperationspartner

PRIN DOT GmbH
Am Stadtrand 54
22047 Hamburg

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

„PRO DOT“ ist ein System, mit dem im Weltmarkt befindliche Tiefdruckgraviermaschinen zu bedeutend produktiveren und qualitativ besser produzierenden Maschinen aufgerüstet werden können. Bei der Herstellung der kostenintensiven Druckformen (Druckzylinder) entstehen Fehler, die beim Druck als starke Farbunterschiede sichtbar werden. Diese Fehler müssen dann durch ein kostenintensives manuelles Korrekturverfahren beseitigt werden. Durch die völlig neuartige „PRO DOT“- Graviertechnologie wird es zukünftig möglich sein, die Qualität der Gravur so weit zu verbessern, dass diese aufwändigen und kostenintensiven manuellen Korrekturen der Druckzylinder drastisch minimiert werden. Durch diese Qualitätsverbesserung können in Europa große Mengen an Papier, Chemikalien, Farbe und Energie eingespart werden.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Neukonstruktion der Graviereinheit auf der Grundlage der mit dem vorhandenen ersten Labormuster gesammelten Erfahrungen. Ziele der Überarbeitung sind u.a. modulare Austauschbarkeit der Verschleißelemente und die Verringerung des Abstands zwischen Stichel und Gleitfuß, um den Einfluß von Ungenauigkeiten der Zylinderoberfläche auf das Gravierergebnis zu minimieren. Integration eines auf Druckluft basierenden Wärmeabfuhrsystems für den Piezoantrieb, welches gleichzeitig zur Verringerung der Lärmentwicklung verwendet werden soll. Aufrüstung einer Versuchsmaschine mit einem Winkelgeber, um die Y-Auflösung zu verbessern. Dies dient einerseits der Anpassung der Maschine an die geplante höhere Graviertgeschwindigkeit, andererseits werden durch die Kopplung mit der Hauptantriebswelle der Maschine mechanische Ungenauigkeiten aus Getriebe und Lagerungen erfaßt und können kompensiert werden, was die Laufeigenschaften des Zylinders während der Gravur verbessert. Entwicklung und Bau einer Servicestation für den Gravierkopf, um bei einem Stichelwechsel oder beim Austausch der Antriebs- und Graviereinheit den Abstand von Stichel und Gleitfuß genau einstellen zu können. Verwendung synthetischer Diamanten als Stichel und Optimierung der Stichelgeometrie zur Verbesserung der Näpf-

chenentleerung während des Druckvorgangs. Aufbau einer digitalen Endstufe auf FPGA-Basis zur Ansteuerung des Piezo-Aktors. Hierdurch wird eine Erhöhung des Wirkungsgrads der Endstufe auf über 90 Prozent erreicht und die bei analogen Endstufen erforderliche doppelte Signalumwandlung vermieden. Entwicklung einer Elektronik und deren Programmierung, um die Taktsignale eines Winkelgebers (Strichscheibe) für den Antriebsmotor als Referenzpunkte zur Auflösung des Zylinderumfangs für das so genannte stochastische Raster (rasterfreie Gravur) nutzen zu können. Entwicklung einer auf Kundenbedürfnisse anpassbaren Benutzeroberfläche mit administrativer Ebenen- und Benutzerverwaltung. Die Einflussnahmemöglichkeit unterschiedlich qualifizierten Personals auf den Gravierprozeß soll über die Benutzeroberfläche geregelt werden. Erstellung der sogenannten rasterfreien Gravur (stochastisches Raster), um die Bildqualität stark zu verbessern. Die Erfahrungen aus dem Offset-Bereich werden hierbei für den Tiefdruck umgesetzt. Durchführung von Langzeittests, um die volle Funktionalität (auch das stochastische Raster) nachzuweisen und die Technologie zu optimieren. Das automatische Einkalibrieren der Gravierköpfe wird in dieser Phase ebenfalls getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend sind die erreichten Ziele angelehnt an den Projektablaufplan dargestellt. Sie sind unterteilt in die Bereiche Mechanik sowie Elektronik und Programmierung.

Es ist ein Gravierkopfprototyp konstruiert und gefertigt worden, der mechanisch kompatibel zu allen im Weltmarkt befindlichen Graviermaschinen ist. Diese Kompatibilität ist wichtig, da in einem ersten Schritt Tuning-Systeme für im Weltmarkt befindliche Graviermaschinen angeboten werden sollen. In den Gravierkopf ist eine Auffangeinrichtung für Gravierspäne mit Absaugung integriert worden. Der Gleitfuß kann mittels einer Feinstjustage μm -genau verstellt werden. Eine Permanentbelüftung durch absolut trockene und gereinigte Pressluft sorgt in der Aktorarbeitskammer für die Wärmeabfuhr. Außerdem wird durch den leichten Überdruck in der Arbeitskammer dafür gesorgt, dass Gravierspäne nicht in die Kammer eindringen können. Es war entgegen dem ursprünglichen Konzept möglich, die elektronische Endstufe und deren Ansteuerungsplatine in dem Gravierkopf zu integrieren. Dadurch kann diese Hochleistungselektronik so abgeschirmt werden, dass sie keine EMV-Störungen verursachen kann. Im Gravierkopf kann ein neuartiger Bewegungssensor integriert werden, der die tatsächliche Stichelbewegung online misst. Gemeinsam mit dem Hersteller dieses neuartigen Sensors sind erfolgreich Tests durchgeführt worden.

Für die Hauptantriebswelle der Graviermaschine ist eine Baugruppe konstruiert und gefertigt worden, die mittels eines Adapters die Montage eines Winkelgebers (Inkrementalgeber) ermöglicht. Dieser Winkelgeber erzeugt einen Nullimpuls und Referenzpulse zur Synchronisation der Zylinderdrehgeschwindigkeit und des Graviertakts.

Zur Montage des Aktors ist eine Vorrichtung konstruiert und gebaut worden, um ihn mit der benötigten Vorspannung im Gravierkopf montieren zu können. Diese Servicestation ist von großer Bedeutung, da der Antrieb (Piezoaktor) ein Verschleißteil ist und nach Erreichen der maximalen Betriebsdauer gewechselt werden muss.

Wir verfügen über eine weitere Servicestation, mit der der Gleitfuß μm -genau bezüglich der Stichelspitze positioniert werden kann. Diese Servicestation ist gleichermaßen bedeutungsvoll, da auch der Diamantstichel ein Verschleißteil ist und ebenfalls - entweder bei einem Defekt oder nach Erreichen der maximalen Betriebsdauer - gewechselt und jedes Mal der Gleitfuß neu justiert werden muss.

Von einem renommierten Diamantwerkzeughersteller ist ein synthetischer Diamant konstruiert und geschliffen worden, der andere Winkel als die jetzt üblichen aufweist. Diese Winkelgeometrien sind über eine Reihe von Teststicheln über Testgravuren ermittelt worden. Von diesem Diamantwerkzeughersteller ist ebenfalls eine Stichelhalterung entwickelt und gebaut worden, die an dem Gravierhebel befestigt wird. Der Stichel mit Halterung ist für den Anwender einfacher zu montieren als bei den üblichen Graviersystemen. Mit dem synthetischen Diamanten kann eine signifikant höhere Standzeit erreicht werden. Bei den jetzt verwendeten Naturdiamantsticheln wird ein Stichelwechsel bei 4 kHz Gravierköpfen nach 200 Betriebsstunden und bei 8 kHz Gravierköpfen nach 100 Betriebsstunden vorgeschlagen.

Die genaue Standzeit für unseren synthetischen Diamanten kann erst bei Testgravuren bei unserem Erstkunden ermittelt werden. Im eigenen Hause ist der Zylinderwechsel an der Graviermaschine sehr aufwändig, da wir weder über die dafür benötigte Krananlage, noch über eine Galvanikanlage zur erneuten Aufkupferung der Zylinder verfügen.

Es ist eine neue Hardwareplattform auf einer FPGA-Basis entwickelt worden. Diese Plattform kommuniziert mit einem PC als Frontend. Sie führt die Synchronisation zwischen dem Zylinderrundlauf und dem Graviertakt durch und sendet in Echtzeit aufbereitete Graviertdaten an die Endstufensteuerung. Außerdem

werden gemeinsam mit dem in die Maschinensteuerung integrierten PC alle nötigen Operationen für die gesamte Graviermaschine durchgeführt.

Die komplette Hardware ist erfolgreich getestet worden. Alle, insbesondere die Highspeed-Datenübertragungen, funktionieren erwartungsgemäß.

Für die Aufbereitung des Graviertaktes und die Echtzeit-Kommunikation der zu gravierenden Motive an den Gravierkopf wird ein FPGA-basiertes Steuer- und Regelungssystem verwendet, das als PCI-Einsteckkarte konzipiert ist und über einen Steuerungs-PC angesprochen wird. Eine eigens entwickelte Erweiterungskarte nimmt die notwendigen Pegelwandlungen vor. Diese sorgt für eine unempfindliche, sichere Datenübertragung auch in elektromagnetisch anspruchsvollen Umgebungen, wie sie in Druckereien anzutreffen ist. Dadurch wird insbesondere die 4,5 Mbit/s schnelle Kommunikation zwischen Gravierkopf und Steuerungssystem über die geforderte Distanz ermöglicht. Der Inkrementalgeber erlaubt das Messen der Zylinderposition zu diskreten Zeitpunkten. Eine zugehörige Regelung im FPGA interpoliert die Bewegungen zwischen den Inkrementalgeber-Messpunkten und ermöglicht so eine an die tatsächliche Zylinderrotation angepasste Gravur. In der Praxis auftretenden Schwankungen im Zylindergleichlauf kann die Regelung so entgegenwirken. Die bereits vorverarbeiteten zu gravierenden Motive werden passend zur Zylinderbewegung vom Steuerungs-PC auf das FPGA-Steuer- und Regelungssystem gesendet und von dort in Echtzeit zum Gravierkopf zur unmittelbaren Gravur übertragen. Etwaige Fehlersignale werden erfasst und dem Operateur signalisiert. Das System verfügt über umfangreiche Selbstdiagnose-Möglichkeiten, die eine vereinfachte Inbetriebnahme und eine kontinuierliche Überwachung während der Gravur erlauben.

Für die Aktoransteuerung ist eine voll digitalisierte Endstufe mit einer Ansteuerung entwickelt worden. Sie ist hochfrequent getaktet und kann mit einer Ansteuerungsfrequenz von bis zu 600 kHz betrieben werden. Daraus resultiert eine mögliche Gravierfrequenz oberhalb von 16 kHz. Die Gravierfrequenz ist variabel einstellbar. Mit dieser digitalen Endstufe ist eine Verlustleistungsreduzierung von über 90 % gegenüber einer analogen Endstufe erreicht. Da sie in SMD-Technologie erstellt wurde, konnte eine Baugrößenreduzierung um fast 90 % gegenüber der analogen Endstufe erreicht werden. Die ausgeführte Endstufe verfügt über einen Eingang für einen Bewegungssensor.

Die Herstellungskosten der digitalen Endstufe konnten gegenüber einer analogen Endstufe um 50 Prozent reduziert werden. Die für analoge Endstufen typischen Übertragungs- und Verstärkungsfehler entfallen durch die Volldigitalisierung, desweiteren weist die digitale Endstufe eine deutlich höhere Störpegel-Sicherheit auf als eine analoge Endstufe. Durch die Digitalisierung der Endstufe wurde eine Vereinfachung des Spannungsversorgungs-Konzepts ermöglicht. Größere Leitungslängen von der FPGA-Hardwareplattform zur digitalen Endstufe und deren Ansteuerung sind ohne relevanten Qualitätsverlust realisierbar. Die Endstufe selbst und deren Ansteuerung konnten direkt in den Gravierkopf integriert werden. Dadurch ist diese Hochleistungselektronik gekapselt und verursacht keine EMV-Störungen. Die Leitungen zum Piezo konnten aufgrund der Integration der Elektronik in den Gravierkopf extrem kurz ausgeführt werden.

Es sind 2 Bedienoberflächen angelegt worden. Die eine Oberfläche dient dazu, die Parameter für das Gesamtsystem zu verändern. Die andere Oberfläche ist für den Anwender bzw. Maschinenbediener bestimmt. Er kann darüber unterschiedliche Raster, verschiedene Zylinderumfänge, die Farben Magenta, Gelb, Rot und Schwarz eingeben und die Gravur starten und stoppen, sowie den Graviersupport positionieren. Diese Oberflächen und deren Funktionalität werden im Laufe der Testphase ständig erweitert. Parallel dazu wird eine Serviceoberfläche erstellt, um später eine Fernwartung durchführen zu können.

Die gesamte Graviertechnologie ist so angelegt, dass in einem so genannten stochastischen Raster graviert werden könnte. Als stochastisches Raster bezeichnet man in der Druckindustrie ein Verfahren, mit dem nicht in einem starren Raster gedruckt wird, sondern sich die Rasterpunkte in einem beliebigen Abstand zueinander befinden.

Bei den Testgravuren, speziell bei Verläufen über den gesamten Zylinder, hat es sich gezeigt, dass die gesamte Elektronik und die dazu gehörige Software sehr präzise und sauber arbeiten. Anhand unserer speziellen Graviertestbilder wird das System ständig weiter optimiert.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Eine Veröffentlichung der Entwicklungsergebnisse seitens der am Förderprojekt beteiligten Firmen ist aus wettbewerblichen Gründen bis zum Vorliegen der Ergebnisse der Anschlußphase vorerst nicht geplant.

Fazit

Die vorgestellte Graviertechnologie befindet sich auf dem neuesten technologischen Stand. Durch die Möglichkeit, aus dem bisherigen starren Raster für den Tiefdruck auszubrechen, ergeben sich völlig neue Möglichkeiten für die Praxis des Tiefdrucks. Besonders beim Dekordruck wird diese Möglichkeit zukünftig von großer Bedeutung sein. Auch für die Gravur von feinsten Schriften und Strichen ergeben neue Möglichkeiten, die mit den bisherigen elektromechanischen Gravierverfahren nicht möglich waren.

Den Personalwechsel im Bereich Elektronik und hardwarenahe Programmierung haben wir zum Anlass genommen, das gesamte Entwicklungskonzept noch einmal kritisch zu durchleuchten. Dabei sind wir zu der Erkenntnis gekommen, einen etwas modifizierten Weg zum Erreichen des Ziels bei der Elektronikentwicklung und deren Programmierung einzuschlagen. Es wurde das angepeilte Ziel erreicht, ein Graviersystem zu erstellen, das zukünftig qualitativ besser graviert und die mechanisch und elektronisch bedingten Fehlerquellen bei den jetzt verwendeten Graviersystemen minimiert.

Wir sind absolut sicher, dass mit der neuen Graviertechnologie zukünftig große Mengen an Papier und Chemikalien, die bei der Korrektur von Tiefdruckzylindern durch das aufwändige manuelle Ätzverfahren und den erneuten Andruck in der Druckmaschine anfallen, eingespart werden können.

Bei den Graviertests hat sich herausgestellt, dass es vorteilhaft wäre, zukünftig einen anderen Aktor mit besseren elektrischen und mechanischen Werten einzusetzen. Das dafür notwendige mechanische Redesign könnte Bestandteil eines Folgeprojekts sein.

Begriffsverzeichnis

Inkrementalgeber bzw. Winkelgeber

Erzeugt bei einer Zylinderumdrehung jeweils einen Null-Puls und Referenzpulse während der gesamten Zylinderumdrehung.

FPGA

Ein FPGA (Field Programmable Gate Array) ist ein integrierter Schaltkreis, in den eine logische Schaltung programmiert werden kann.

Magazintiefdrucker

Als Magazintiefdrucker oder Akzidenzdrucker bezeichnet man Druckereien, die zum Beispiel Kataloge, auflagenstarke Zeitschriften wie Stern, Spiegel, Fokus usw. sowie Werbebeilagen, Telefonbücher u.ä. in großen Auflagen drucken.

Näpfchen

Als Näpfchen bezeichnet man im Tiefdruck die eingravierten Löcher im Tiefdruckzylinder. Aus Millionen von kleinen bis großen Näpfchen setzen sich dann Schriften und Bilder zusammen. In den mehr oder weniger großen Näpfchen befindet sich dann später die Farbe, die auf das Papier gedruckt wird.)

Strangunterschied

Ein Strangunterschied ist eine Farbabweichung von Seite zu Seite. Er entsteht dadurch, dass trotz Einkalibrierung bei mit bis zu 18 Gravierköpfen ausgestatteten Graviermaschinen die vorgegebene Näpfchengröße von Gravierkopf zu Gravierkopf bei der Gravur nicht erreicht wird. Bei diesen Graviermaschinen graviert ein Gravierkopf immer jeweils eine Seite.

Gleitfuß

Der Gleitfuß sorgt für einen gleichmäßigen Abstand des Gravierkopfes zur Zylinderoberfläche.

Graviersupport

Der Graviersupport ist der Träger des Gravierkopfes. Graviersupporte müssen sehr genau positioniert werden. Bei älteren Maschinen erfolgt dies manuell, bei den neuesten Maschinen voll- bzw. halbautomatisch.

Bildverzeichnis

Bild 1: PRO DOT - Gravierkopflabormuster	14
Bild 2: Darstellung eines Frequenztestlaufs	16
Bild 3: Winkelgeber, nachgerüstet an Graviermaschine	17
Bild 4: Größenverhältnis analoge und voll digitalisierte Endstufe	20
Bild 5: Profibedienoberfläche zur Veränderung der Parameter des Gesamtsystems	22
Bild 6: Bedienoberfläche Maschinenbediener	23
Bild 7: Testgravuren	24
Bild 8: Testgravuren	24

Kurzdarstellung des PRO DOT-Projekts

Um zukünftig durch eine verbesserte Gravurqualität bei der Formherstellung von Tiefdruckzylindern große Mengen von Papier, Farbe, Chemikalien und elektrischer Energie einsparen zu können, sind nachfolgende Punkte für die Labormustererstellung eines neuen Gravierverfahrens durchgeführt worden:

Es ist ein Demonstrator eines Gravierkopfs erstellt worden, der eine spielfreie Mechanik aufweist und in welchen die elektronische Endstufe und deren Ansteuerung integriert worden sind. Der Gravierkopfdemonstrator wurde mittels Frequenzganganalyse auf sein mechanisches Verhalten hin getestet.

An der Hauptwelle einer Graviermaschine ist ein Inkrementalgeber installiert worden. Dieser Inkrementalgeber wird für die Synchronisation der Zylinderumlaufgeschwindigkeit und des Graviertakts benötigt.

Es sind zwei Servicestationen erstellt worden, die für die Gravierkopfmontage und für den Stichelwechsel an einem Gravierkopf benötigt werden. Ein synthetischer Diamantstichel mit modifiziertem Anschliff ist gefertigt und getestet worden.

Auf FPGA-Basis in Verbindung mit einem PC ist eine neue Hardwareplattform entwickelt worden, mit der man in der Lage ist, die Synchronisation zwischen dem Zylinderrundlauf und der Gravierfrequenz zu gewährleisten, große Bilddatenmengen in Gravierdaten zu konvertieren, die Hauptmotorsteuerung, die Vorschubsteuerung sowie alle weiteren maschinenbedingten Steuerungsaktionen durchzuführen. Des Weiteren ist man mit dieser Plattform in der Lage, über eine Highspeed-Schnittstelle eine schnelle Datenübertragung zur Endstufensteuerung vorzunehmen.

Eine voll digitalisierte Endstufe zur Ansteuerung des Gravierantriebs ist aufgebaut und getestet worden. Spezialelektroniken zur Kommunikation zwischen dem FPGA und dem Inkrementalgeber für die Synchronisation zwischen der Zylinderumlaufgeschwindigkeit und dem Graviertakt sind erstellt und getestet worden.

Die gesamte Graviersteuerungstechnologie wurde so aufgebaut, dass zukünftig in einem so genannten stochastischen Raster graviert werden kann.

Mittels Testgravuren wurde die Funktionalität der entwickelten Hard- und Softwarekomponenten erfolgreich getestet.

Das Projekt wurde gemeinsam mit der PRIN DOT GmbH Hamburg durchgeführt und unter dem Aktenzeichen 24104 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

Einleitung

Bei der Gravur von Tiefdruckzylindern entstehen bei der momentan verwendeten Graviertechnologie Fehler. Diese Fehler müssen entweder durch die Neugravur von Zylindern oder durch ein aufwändiges manuelles chemisches Ätzverfahren korrigiert werden. Durch den erneuten Andruck werden große Mengen an Papier, Farbe und elektrischer Energie zusätzlich verbraucht. Hochgerechnet nur auf die europäischen Magazintiefdruckereien mit ca. 300 Druckmaschinen sind das ca. 40.000 Tonnen Papier, ca. 350 Tonnen Chemikalien, ca. 1.200 Tonnen tuluolhaltige Farbe und ca. 1,2 Gigawattstunden elektrische Energie pro Jahr. Diese Zahlen basieren auf den durch Korrekturen anfallenden zusätzlichen Papier-, Farbe-, Chemikalien und Stromverbräuchen bei der PRINOVIS Druckerei in Ahrensburg und wurden nachfolgend auf die europäischen Magazin-Tiefdruckereien hochgerechnet.

Die momentan verwendeten Graviersysteme beruhen auf einer Entwicklung von Herrn Dr. Rudolf Hell von vor über 40 Jahren und wurden seitdem vom Prinzip her nicht verändert. Diese elektromechanischen Systeme gravieren in Resonanz. Im Gravierkopf ist eine Welle gelagert, auf der eine Stichelhalterung mit Stichel aufgespresst wird. Diese Lagerung weist ein mechanisches Spiel auf, welches sich nachteilig auf die Qualität der Gravur auswirkt. Die Welle schwingt ständig mit 4 kHz und bei den neueren Systemen mit 8 kHz. Liegt ein Graviersignal an, wird dieses dann auf diese Schwingung aufmoduliert, so dass der Stichel in die Kupferhaut des rotierenden Druckzylinders eintauchen kann. Je tiefer der Stichel in die Kupferhaut eintaucht, desto breiter und länger wird ein Näpfchen, in dem sich später während des Druckprozesses die Farbe befindet.

Bei der Gravur von Druckzylindern mittels mit bis zu 16 Gravierköpfen ausgestatteter Graviermaschinen treten trotz Kalibrierung der einzelnen Gravierköpfe zueinander Größenunterschiede der Näpfchen zwischen den einzelnen Gravierköpfen auf. Diese Größenunterschiede sind einerseits mechanisch bedingt, andererseits sind sie in den fehlenden Korrekturmöglichkeiten der Resonanzgravur begründet. Beim Druck sieht man in der Folge Farbunterschiede zwischen den einzelnen Seiten (doppelseitige Anzeige oder Kataloge). Man bezeichnet diese Fehler als Strangunterschiede, die dann aufwändig über ein Ätzverfahren korrigiert werden müssen und die oben aufgeführten hohen zusätzlichen Verbräuche an Papier, Chemikalien, Farbe und elektrischer Energie erfordern.

Bei Verpackungs- und Dekordruckern, die nur mit einem Gravierkopf einen kompletten Zylinder gravieren – hierbei entstehen Gravierzeiten von teilweise über 8 Stunden - treten während der Gravur bedingt durch Materialabnutzung (Verschleiß) zwangsläufig Veränderungen der Näpfchengröße auf. Die Zylinder müssen in der Folge aufwändig korrigiert oder gar neu graviert werden.

Angeregt durch viele Diskussionen mit der Geschäftsleitung eines großen Magazin- bzw. Akzidenzdruckers wurde nach Möglichkeiten gesucht, dieses Phänomen der Strangunterschiede zu minimieren.

Daraufhin wurde ein Konzept erarbeitet, ein neuartiges Gravierverfahren zu entwickeln, welches qualitativ bessere Gravierergebnisse liefert.

Die Zielsetzung bestand darin, einen Gravierkopf zu entwickeln, der die Möglichkeit besitzt, durch eine Regelung des Gravierhebelantriebs immer den vorgegebenen Stichelhub zu erreichen. Außerdem sollte der mechanische Aufbau des Gravierkopfs so gestaltet werden, dass der Gravierhebel absolut spielfrei arbeitet. Eine zusätzliche Zielsetzung bestand darin, ein System zu entwickeln, bei dem der Gravierkopf nicht in Resonanz graviert. Das heißt, dass der Gravierhebel sich definitiv nur dann bewegen soll, wenn ein Graviersignal ausgegeben wird. Das bedeutet eine völlige Abkehr vom bisherigen Gravierverfahren, bei dem die Gravierfrequenz und die Frequenz zur Steuerung eines Synchronhauptantriebsmotors aus einem Quarz generiert werden, so dass die Gravur mit der Zylinderumlaufgeschwindigkeit synchron läuft. Dieses Verfahren lässt nur die Gravur in Resonanz und einem festen Raster zu.

Bei dem in diesem Projekt entwickelten Verfahren wird durch Referenzsignale, die von einem auf die Hauptantriebswelle montierten generiert werden, die Graviertgeschwindigkeit an die Zylinderumlaufgeschwindigkeit angepasst, um Ungenauigkeiten, die aus der Synchronmotorsteuerung und dem Antrieb inkl. Getriebe resultieren, auszugleichen. Die Auflösung der Referenzsignale, die vom Drehgeber erzeugt werden, ist so hoch, dass wir im Gegensatz zum jetzigen Gravierverfahren an jedem beliebigen Punkt eines Druckzylinders Nöpfchen gravieren können. Hiermit ist es möglich, in einem so genannten stochastischen Raster zu gravieren. Als Antrieb des Gravierhebels dient ein Piezo der neuesten Generation, der sich schon millionenfach in anderen Anwendungen, wie z.B. der Einspritztechnik im PKW-Motorenbereich, bewährt hat. Dort arbeitet er ähnlich wie bei der Tiefdruckgravur, hat vergleichbare An- und Abstiegszeiten, allerdings sind die Pausen zwischen den einzelnen Hüben bedeutend länger als bei der Gravur. Mit einem Piezo-Antrieb ist man nun in der Lage, eine höhere Graviertgeschwindigkeit als mit der derzeitigen Graviertechnologie zu erreichen.

Um die oben aufgeführten Zielsetzungen erreichen zu können, wurden umfangreiche Arbeitspakete im Bereich der Mechanik, der Elektronik und deren Programmierung definiert.

Im Bereich der Mechanik handelt sich um die Konstruktion und den Bau eines Gravierkopfprototyps, der wesentliche Verbesserungen gegenüber dem existierenden Labormuster aufweisen sollte. Er sollte eine Wärmeabfuhr aus der Piezoarbeitskammer enthalten und die Möglichkeit, die Schallentwicklung des Piezos einzudämmen. Zur Verbesserung der Y-Auflösung durch einen Winkelgeber hatten wir vorgesehen, eine mechanische Halterung für denselben zu konstruieren und ihn auf der Haupt-

antriebsachse für den Druckzylinder zu installieren. Weiterhin war der Bau einer Servicestation für den Austausch des Piezoantriebs (er ist ein Verschleißteil, der nach Erreichung der maximalen Betriebsdauer ausgewechselt werden muss) und der optischen Justierung des Abstands zwischen dem Gleitfuß und der Stichelspitze vorgesehen.

Für die Herstellung des Gravierstichels konnte eine hoch qualifizierte Diamantwerkzeugfirma gewonnen werden, die im Gegensatz zu den jetzt üblicherweise verwendeten Naturdiamanten synthetische Diamanten einsetzen kann.

Es war geplant, eine neue Hardwareplattform für die gesamte Graviersteuerung auf FPGA-Basis zu entwickeln. Auf dieser FPGA-Basis sollte es möglich werden, die hohen Echtzeitanforderungen, die an die Graviersteuerung gestellt werden, zu erfüllen, um eine Gravierfrequenz von ca. 16 kHz erreichen zu können. Um diese hohe Gravigeschwindigkeit zu erreichen, war vorgesehen, die Endstufe zu digitalisieren, da analoge Endstufen einen zu schlechten Wirkungsgrad aufweisen und den Verlust in Wärme umsetzen. Die Endstufe sollte am Graviersupport befestigt werden, um eine möglichst kurze Leitungsführung zum Piezoaktor zu ermöglichen. Um eine hohe Zylinderauflösung erzielen zu können, sollte eine optimierte Auswerteelektronik entwickelt werden, welche die Referenzsignale des auf der Hauptantriebswelle montierten Winkelgebers auswertet. Die Anzahl der Referenzsignale sollte so hoch sein, dass auch bei den größten Zylinderumfängen (1.580 mm) an jedem beliebigen Punkt des Zylinders μm -genau in Umfangsrichtung graviert werden kann.

Für den späteren Anwender sollte eine Bedienoberfläche entwickelt werden, die es ihm erlaubt, Parameter wie Zylinderumfang, Farbwahl, Raster sowie evtl. zusätzliche Parameter, wie Kundennummer, Auftragsnummer usw. einzugeben. Die Oberfläche sollte so gestaltet sein, dass sie auf individuelle Vorgaben der Kunden hin angepasst werden kann.

Die gesamte Graviersteuerung sollte so angelegt sein, dass zukünftig rasterfrei graviert werden kann. Während der gesamten Entwicklungszeit sollten Graviertests durchgeführt werden.

Erreichte Ziele

Nachfolgend sind die erreichten Ziele in Anlehnung an den Projektablaufplan dargestellt. Sie sind unterteilt in die Bereiche Mechanik, Elektronik und Programmierung.

Mechanik

Gravierkopf

Es ist ein Gravierkopfdemonstrator konstruiert und gefertigt worden, der eine mechanische Schnittstellenkompatibilität zu allen im Weltmarkt befindlichen Graviermaschinen aufweist. Diese Kompatibilität ist von großer Bedeutung, da in einem ersten Schritt Tuning-Systeme für im Weltmarkt befindliche Graviermaschinen angeboten werden sollen.

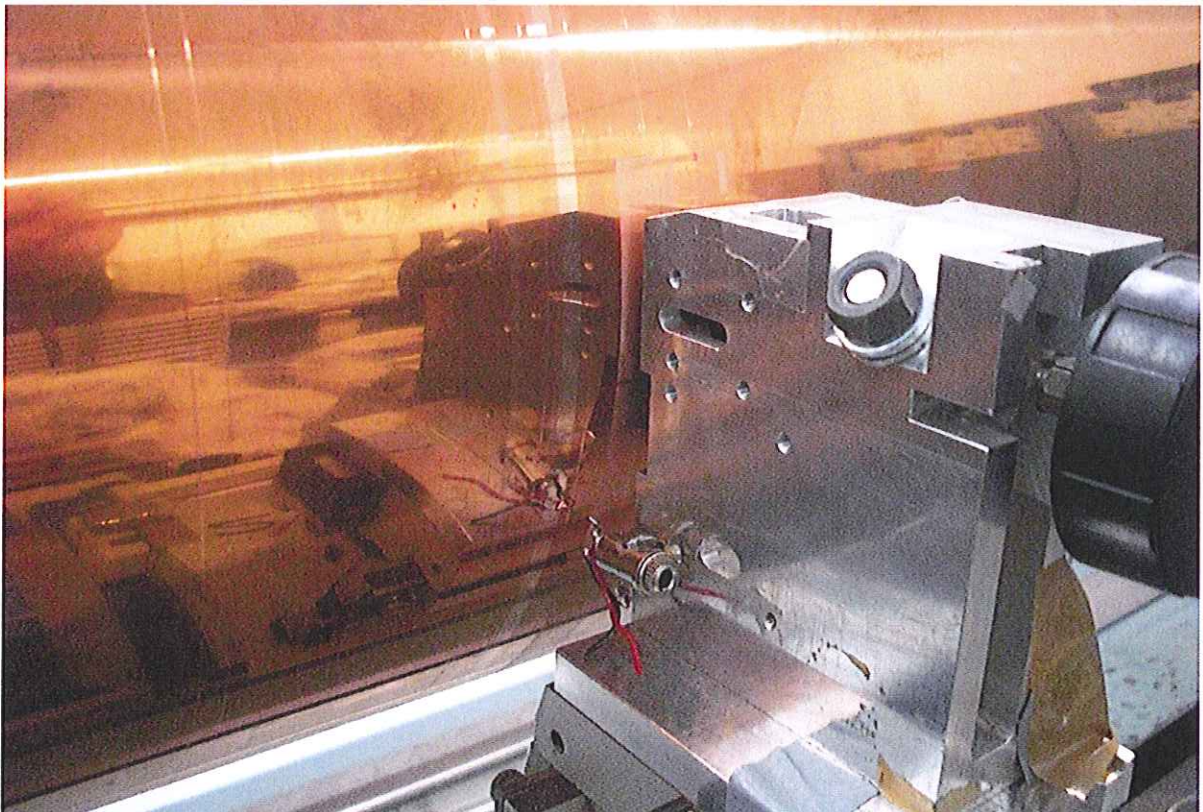


Bild 1: PRO DOT - Gravierkopflabormuster

In das Gravierkopflabormuster ist eine neuartige Auffangeinrichtung für Gravierspäne inklusive einer Absaugung integriert worden. Die Auffangeinrichtung befindet sich im vorderen Deckel des Gravierkopfs. Die bisher verwendete Gravierabsaugungseinheit konnte nicht weiter verwendet werden, da sich der gesamte Aufbau des Gravierkopfs wesentlich von den herkömmlichen Gravierköpfen der Firma HELL bzw. den Nachbauten von Daetwyler unterscheidet.

Der Gleitfuß ist als wesentliche Verbesserung gegenüber dem vorangegangenen Labormuster so nah wie möglich an den Gravierstichel versetzt worden, um aus Unebenheiten der Zylinderoberfläche resultierende Ungenauigkeiten möglichst gering halten zu können. Diese Ungenauigkeiten würden zu Veränderungen der Näpfchengröße führen. Der eigentliche Gleitfuß besteht aus einer synthetischen Diamantkalotte, ist in eine auswechselbare Halterung eingefasst und kann mittels einer Feinstjustage im Mikrometerbereich verstellt werden, um den Abstand zwischen Gleitfuß und Stichelspitze nach einem Stichelwechsel neu einstellen zu können. Bei dieser Feinstjustage bewegt sich der gesamte vordere Deckel, in den der Gleitfuß integriert ist. Auf diese Weise war es möglich, ihn so nah wie möglich am Gravierstichel zu installieren.

Der Gravierhebel ist gegenüber dem vorangegangenen Labormuster aus einem bedeutend leichteren Material gefertigt worden. Es handelt sich dabei um einen Faserverbundwerkstoff, wie er auch in der Luftfahrtindustrie Anwendung findet. Hierfür wurden Informationen vom CFK Valley Stade eingeholt. Durch die erzielte Gewichtsverringering des Gravierhebels konnte die Eigenresonanz des Systems erhöht werden, wodurch eine Erhöhung der Graviergeschwindigkeit realisierbar wurde.

Der Piezo arbeitet innerhalb einer Aktorkammer, deren Boden Lufteinlassbohrungen aufweist. Aus diesen Bohrungen tritt Druckluft aus, die den Piezo bestreicht, wodurch eine permanente Wärmeabfuhr gewährleistet ist. Durch den leichten Überdruck wird ebenfalls dafür gesorgt, dass Gravierspäne nicht in die Arbeitskammer eindringen können und den Piezo bei Kontakt evtl. zerstören. Die Druckluft wird mittels eines Feinstpartikelfilters gereinigt und getrocknet.

Mit Hilfe eines Infrarot-Wärmesensors wurden bei Testgravuren Wärmemessungen am Piezo vorgenommen. Es zeigte sich, dass der Piezo sehr schnell die vom Hersteller erwartete Betriebstemperatur erreicht, wobei teilweise auch die definierte Höchstgrenze erreicht wurde. Die Permanentbelüftung der Arbeitskammer zur Piezowärmeabführung ist daher für den Dauerbetrieb von größter Bedeutung, da ohne diese permanente Kühlung sehr schnell die erlaubte Temperatur-Höchstgrenze überschritten werden würde.

Auf dem Gravierhebel wurde mittels Klebtechnik ein Piezofilmbiegesensor befestigt, um die Auslenkung des Hebels auswerten zu können. Zwecks Analyse des mechanischen Verhaltens der gesamten Graviereinheit sind Frequenzgangtestläufe von 3 - 24 kHz durchgeführt worden. Diese Frequenzgang- und Graviertests haben ge-

zeigt, dass das Gesamtsystem im Bereich um 8 kHz und oberhalb von 12 kHz ein gutes Verhalten aufweist. Es musste jedoch konstatiert werden, dass die gewählte Klebeverbindung zwischen Piezofilm und dem aus Faserverbundmaterial bestehenden Gravierhebel den Beanspruchungen (Wärme, Schwingungen) nicht standhielt und sich Veränderungen der Messergebnisse bei gleichbleibenden Gravierabläufen (großer Verlauf) und Frequenzgängen ergaben. Als Master wurde für die diesbezüglich durchgeführten Tests ein 200 kHz schnelles Reflexionsmesssystem verwendet.

Es wurde nach einer Alternative zur Messung der Hebelauslenkung gesucht. Aus mehreren Alternativen ausgewählt wurde ein neuartiger berührungslos arbeitender Bewegungssensor, der konstruktiv in das System integrierbar ist. Auf unsere Veranlassung hin herstellerseitig durchgeführte Tests ergaben, dass dieser Sensor während des Graviervorganges überaus stabile Ergebnisse erzielt und damit für die Umsetzung unserer Aufgabenstellung bestens geeignet ist.

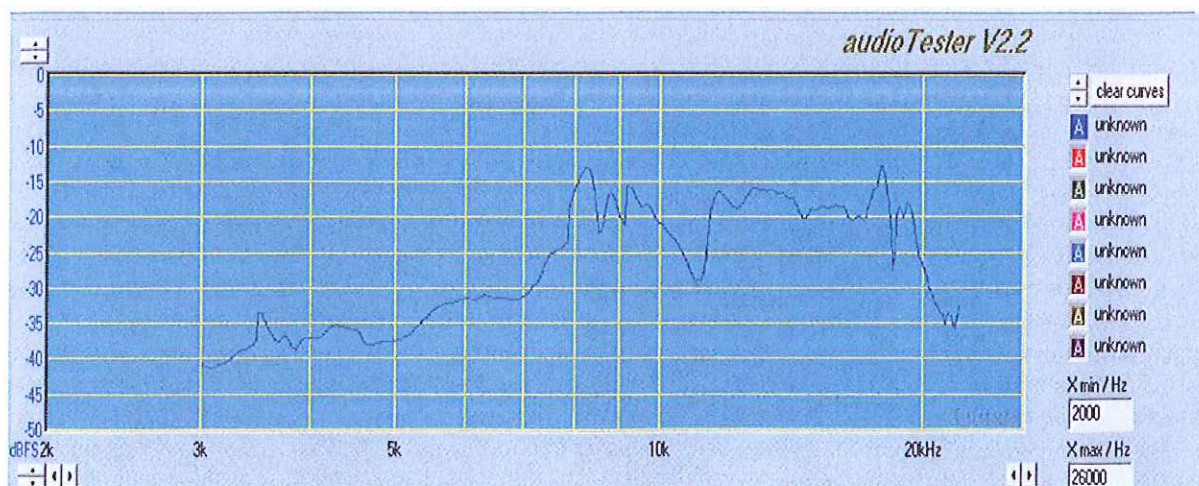


Bild 2: Darstellung eines Frequenztestlaufs

Während der Konstruktionsphase wurde innerhalb des Gravierkopfs der Platz für eine Elektronikplatine vorgesehen. Es hat sich bei der Entwicklung der voll digitalisierten Endstufe für den Piezo gezeigt, dass der vorgesehene Bauraum ausreichend ist, die komplette Endstufe und deren Steuerung aufzunehmen. Dadurch ist diese Hochleistungselektronik derartig abgeschirmt, dass sie keine EMV-Störungen verursachen kann und die Anschlussleitungen zum Piezo noch weitaus kürzer ausführbar sind, als ursprünglich geplant wurde.

Die ursprüngliche Idee, den während des Graviervorgangs entstehenden Schall mittels des Druckluftkühlsystems zu eliminieren, erwies sich als nicht umsetzbar. Das Umschließen des gesamten Gravierkopfs mit schallschluckenden Elementen (Komplettverkleidung mit eingeklebten Schallschutzmatten) bewirkte eine deutliche Redu-

zierung des Schalldruckpegels; der von uns gewünschte Zielwert wurde jedoch noch nicht erreicht. Wir sind weiterhin zuversichtlich, durch andere geeignete Maßnahmen die Schallemission derart verringern zu können, dass wir auf eine Vollumhüllung der Maschine – wie bei der Firma HELL bei Neumaschinen praktiziert – verzichten können.

Winkelgeber

Es ist eine Baugruppe konstruiert worden, die mittels eines Adapters und einer speziellen Kupplung die Verbindung eines Winkelgebers (Inkrementalgeber) mit der Hauptantriebswelle der Graviermaschine ermöglicht. Diese Baugruppe wurde erfolgreich an unserer Versuchsmaschine installiert und getestet. Der installierte Winkelgeber erzeugt einen Nullimpuls und Referenzpulse zur Synchronisation der Zylinderdrehgeschwindigkeit und des Graviertakts.

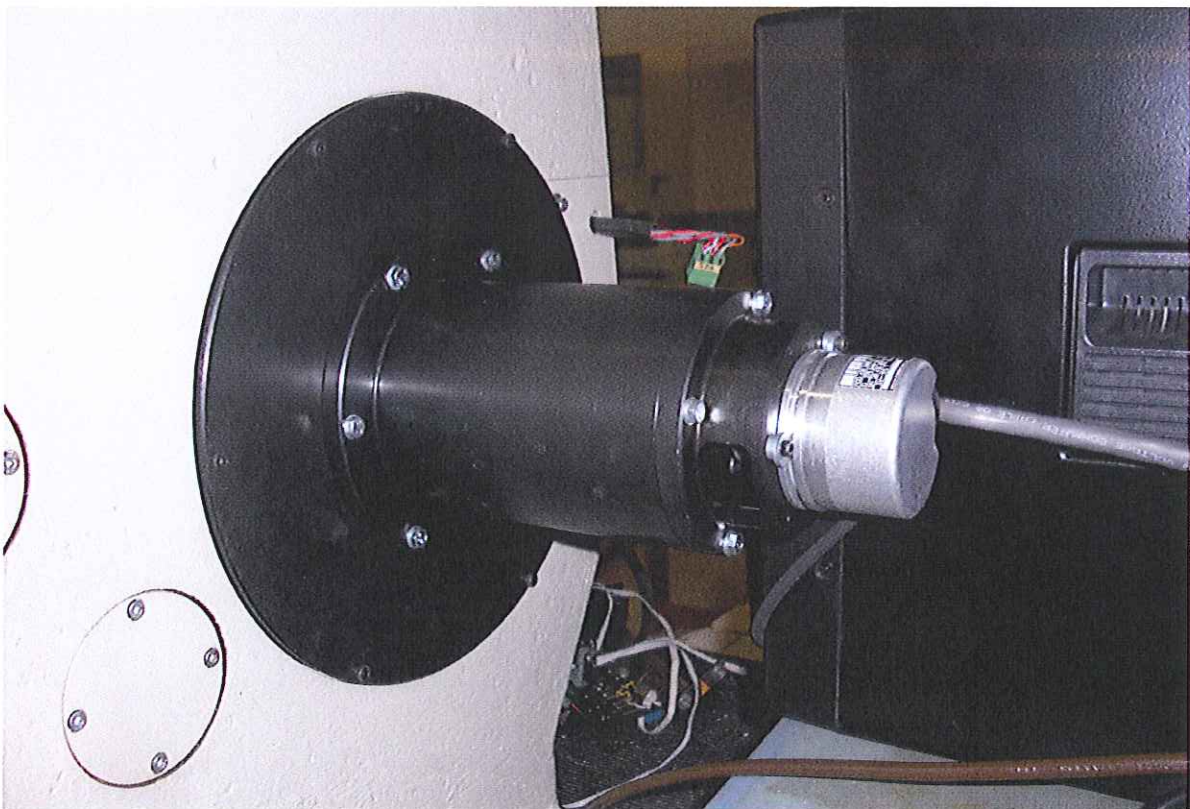


Bild 3: Winkelgeber, nachgerüstet an Graviermaschine

Servicestationen

Zur Montage des Aktors ist eine Vorrichtung konstruiert und gefertigt worden, um ihn mit der benötigten Vorspannung im Gravierkopf montieren zu können. Diese Servicestation ist von großer Bedeutung, da der Antrieb (Piezoaktor) ein Verschleißteil ist und nach Erreichen der maximalen Betriebsdauer gewechselt werden muss.

In diese Vorrichtung wird der komplette Gravierkopf eingesetzt. Mittels einer mechanischen Schiebeeinheit kann der verschlissene Piezo ausgebaut, ein neuer wieder eingesetzt und mit der nötigen mechanischen Vorspannung versehen werden. Zur Messung der aufgebrauchten Vorspannkraft dient ein in die Vorrichtung integrierter Drucksensor.

Wir verfügen mittlerweile über eine weitere Servicestation, mit Hilfe derer der Gleitfuß mikrometergenau bezüglich der Stichelspitze positioniert werden kann. Diese Servicestation ist gleichermaßen bedeutungsvoll, da der Diamantstichel ebenfalls ein Verschleißteil ist und deshalb - entweder auf Grund eines Defekts oder nach Erreichen der maximalen Betriebsdauer - gewechselt werden muß. Im Zuge des Stichel-austauschs ist es jeweils erforderlich, den Gleitfuß relativ zum Diamantstichel neu zu justieren.

Stichel

Von einem renommierten Diamantwerkzeughersteller ist während der Projektlaufzeit ein synthetischer Diamant konstruiert und geschliffen worden, der andere Winkel als die jetzt üblichen aufweist. Diese Winkelgeometrien sind über eine Reihe von Teststicheln über Testgravuren ermittelt worden. Von diesem Diamantwerkzeughersteller ist ebenfalls eine Stichelhalterung entwickelt und gebaut worden, die in den Gravierhebel konstruktiv integriert wurde. Der Stichel mit Halterung ist für den Anwender bedeutend einfacher zu montieren als es bei den derzeit üblichen Graviersystemen möglich ist. Mit den synthetischen Diamanten kann eine signifikant höhere Standzeit erreicht werden. Der Hersteller der Diamantwerkzeuge geht von einer 3- bis 4-fach höheren Werkzeugstandzeit aus. Bei den jetzt verwendeten Naturdiamantsticheln wird ein Stichelwechsel bei den 4 kHz-Gravierköpfen nach 200 Betriebsstunden und bei den 8 kHz-Gravierköpfen nach 100 Betriebsstunden vorgeschlagen. Ausfälle durch Bruch der Diamantstichel sind teilweise bedeutend früher zu verzeichnen.

Die genaue Standzeit für unseren synthetischen erzeugten Gravierdiamanten ist bisher noch nicht ermittelt worden. Sie soll bei umfassenden Graviertests bei unserem Pilotkunden ermittelt werden. Im eigenen Hause ist der Zylinderwechsel an der Graviermaschine sehr aufwändig, da wir weder über die dafür benötigte Krananlage, noch über eine erforderliche Galvanikanlage zur erneuten Aufkupferung der Zylinder verfügen. Übergangsweise werden uns Zylinder von einer in der Nähe ansäs-

sigen Magazintiefdruckerei zur Verfügung gestellt. Der Zylinderwechsel erfolgt dabei mittels eines Gabelstaplers.

Gleitfuß

Der in Zusammenarbeit mit dem Diamantwerkzeughersteller ebenfalls neu entwickelte Gleitfuß mit neuer Halterung ist so ausgeführt worden, dass er nicht – wie bei der aktuell durch den potenziellen Wettbewerb verwendeten Lösung zu verzeichnen – Riefen auf dem Tiefdruckzylinder erzeugt. Die Konstruktion basiert ebenfalls auf einem synthetisch erzeugten Diamanten.

Elektronik und Programmierung

FPGA-Hardwareplattform

Es ist eine neue Hardwareplattform auf einer FPGA-Basis entwickelt worden. Diese Plattform kommuniziert mit einem PC als Frontend. Sie führt die Synchronisation zwischen dem Zylinderrundlauf und dem Graviertakt durch und sendet in Echtzeit aufbereitete Gravierdaten an die Endstufensteuerung. Außerdem werden gemeinsam mit dem in die Maschinensteuerung integrierten PC alle nötigen Operationen für die gesamte Graviermaschine durchgeführt.

Die komplette Hardware ist erfolgreich getestet worden. Alle, insbesondere die Highspeed-Datenübertragungen, funktionieren erwartungsgemäß.

Für die Aufbereitung des Graviertaktes und die Echtzeit-Kommunikation der zu gravierenden Motive an den Gravierkopf wird ein FPGA-basiertes Steuer- und Regelungssystem verwendet, das als PCI-Einsteckkarte konzipiert ist und über einen Steuerungs-PC angesprochen wird. Eine eigens entwickelte Erweiterungskarte nimmt die notwendigen Pegelwandlungen vor. Diese sorgt für eine unempfindliche, sichere Datenübertragung auch in elektromagnetisch anspruchsvollen Umgebungen, wie sie in Druckereien anzutreffen ist. Dadurch wird insbesondere die 4,5 Mbit/s schnelle Kommunikation zwischen Gravierkopf und Steuerungssystem über die geforderte Distanz ermöglicht. Der Inkrementalgeber erlaubt das Messen der Zylinderposition zu diskreten Zeitpunkten. Eine zugehörige Regelung im FPGA interpoliert die Bewegungen zwischen den Inkrementalgeber-Messpunkten und ermöglicht so eine an die tatsächliche Zylinderrotation angepasste Gravur. In der Praxis auftretenden Schwankungen im Zylindergleichlauf kann die Regelung so entgegenwirken. Die bereits vorverarbeiteten zu gravierenden Motive werden passend zur Zylinderbewegung vom Steuerungs-PC auf das FPGA-Steuer- und Regelungssystem gesendet und von dort in Echtzeit zum Gravierkopf zur unmittelbaren Gravur übertragen. Etwaige Fehlersignale werden erfasst und dem Operateur signalisiert. Das

System verfügt über umfangreiche Selbstdiagnose-Möglichkeiten, die eine vereinfachte Inbetriebnahme und eine kontinuierliche Überwachung während der Gravur erlauben.

Digitalisierte Endstufe und Ansteuerung

Für die Aktoransteuerung ist eine voll digitalisierte Endstufe mit einer Ansteuerung entwickelt worden. Sie ist hochfrequent getaktet und kann mit einer Ansteuerungsfrequenz von bis zu 600 kHz betrieben werden. Daraus resultiert eine mögliche Gravierfrequenz oberhalb von 16 kHz. Die Gravierfrequenz ist variabel einstellbar. Mit dieser digitalen Endstufe ist eine Verlustleistungsreduzierung von über 90 % gegenüber einer analogen Endstufe erreicht. Da sie in SMD-Technologie erstellt wurde, konnte eine Baugrößenreduzierung um fast 90 % gegenüber der analogen Endstufe erreicht werden. Die ausgeführte Endstufe verfügt über einen Eingang für einen Bewegungssensor.

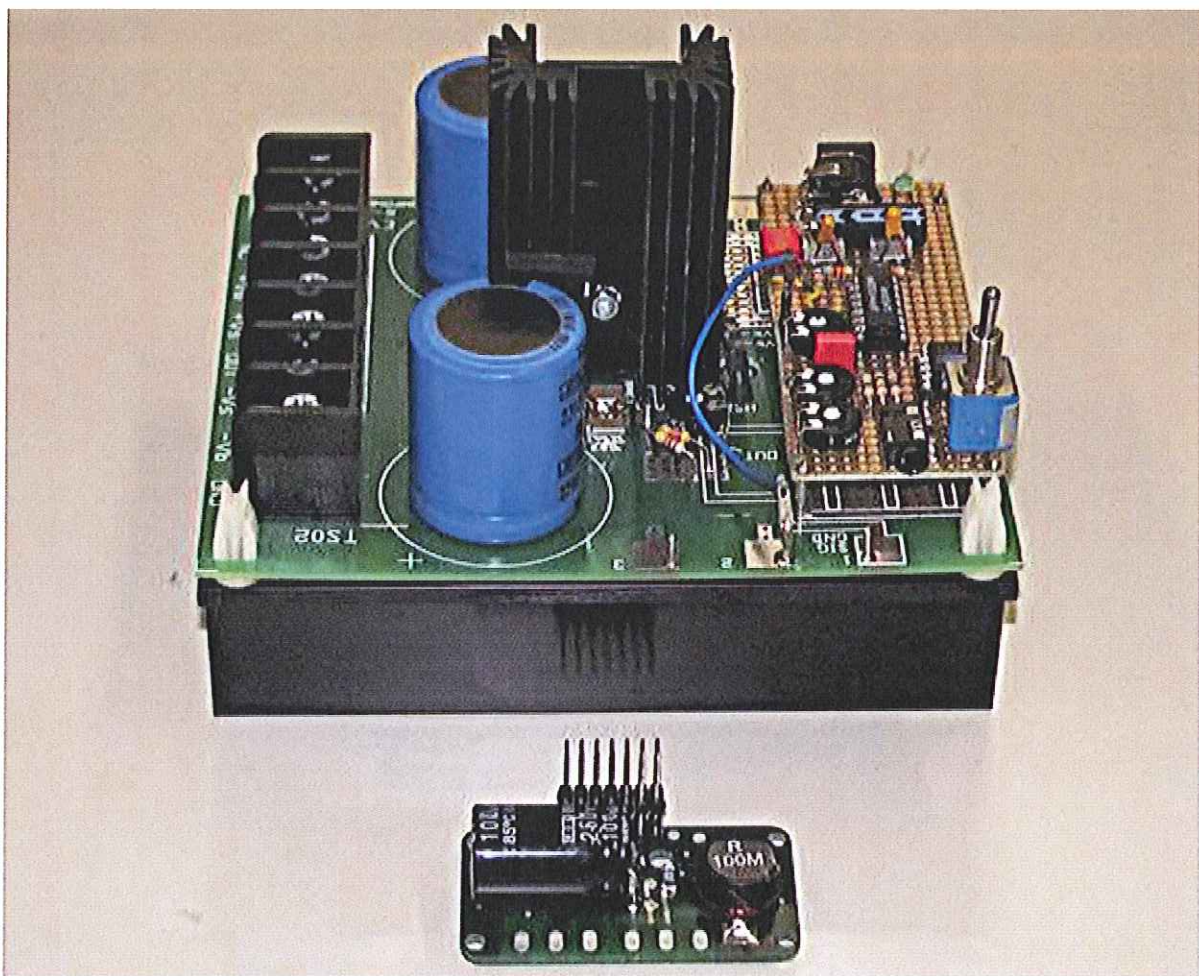


Bild 4: Größenverhältnis analoge (oben) und voll digitalisierte Endstufe (unten)

Die Herstellungskosten der digitalen Endstufe konnten gegenüber einer analogen Endstufe um 50 Prozent reduziert werden. Die für analoge Endstufen typischen Übertragungs- und Verstärkungsfehler entfallen durch die Volldigitalisierung, desweiteren weist die digitale Endstufe eine deutlich höhere Störpegel-Sicherheit auf als eine analoge Endstufe. Durch die Digitalisierung der Endstufe wurde eine Vereinfachung des Spannungsversorgungs-Konzepts ermöglicht. Größere Leitungslängen von der FPGA-Hardwareplattform zur digitalen Endstufe und deren Ansteuerung sind ohne relevanten Qualitätsverlust realisierbar. Die Endstufe selbst und deren Ansteuerung konnten direkt in den Gravierkopf integriert werden. Dadurch ist diese Hochleistungselektronik gekapselt und verursacht keine EMV-Störungen. Die Leitungen zum Piezo konnten aufgrund der Integration der Elektronik in den Gravierkopf extrem kurz ausgeführt werden.

Bedienoberflächen

Es sind 2 Bedienoberflächen angelegt worden. Die erste Oberfläche (Profibedienoberfläche, Bild 5) dient dazu, grundlegende Parameter für das Gesamtsystem zu verändern. Die Funktionalität dieser Profibedienoberfläche reicht von der Veränderung einzelner Parameter bis hin zur Steuerung der kompletten Graviermaschine.

Folgende Funktionalitäten sind enthalten:

- Ein- bzw. Ausschalten der Maschine
- Fahren des Geräteträgerwagens mit Gravierkopf auf den Nullpunkt
- Positionierung des Geräteträgerwagens im Schnell- und Kriechgang
- Bestimmung der Verweildauer des Stichels in der Kupferoberfläche bis hin zur Erzeugung von Strichen beliebiger Länge
- Bestimmung der Pausen zwischen Näpfchen
- Definition von Testkeilen
- Veränderung des Startpunkts der Gravur bezogen auf den Nullpunkt
- Kalibrierung des Gravierkopfs mit dem Startwert
- Definition des Vorschubs nach jeder Zylinderumdrehung
- Veränderbarkeit des Versatzes zur 2. Spur
- Laden und Gravieren beliebiger Bilder
- Festlegung einer auf den Gravierkopf abgestimmten Kennlinie

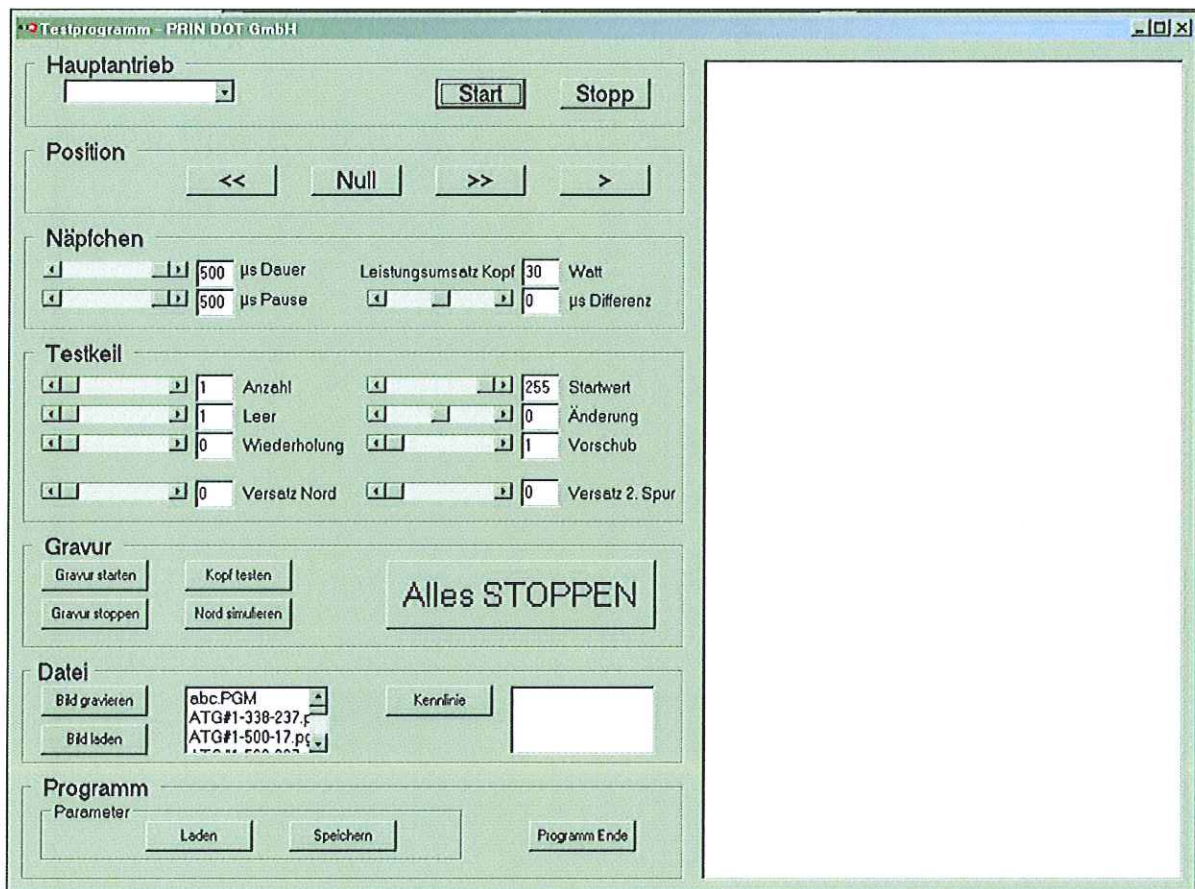


Bild 5: Profibedienoberfläche zur Veränderung der Parameter des Gesamtsystems

Die zweite Bedienoberfläche ist für den Anwender bzw. Maschinenbediener bestimmt (Bild 6). Der Maschinenbediener kann mittels dieser Oberfläche:

- Bildelemente laden
- unterschiedliche Raster eingeben
- Zylinderumfänge eingeben
- die Farben Magenta, Gelb, Rot und Schwarz auswählen
- den Geräteträgerwagen mit dem Graviersupport positionieren
- die Maschine hochfahren
- Testkeile zum Kalibrieren einschneiden
- Parameter verändern, um die vorgegebene 100 % -, 50 % - und 5 % - Größe der Testkeilnäpfchen zu erreichen
- die Gravur starten und stoppen

Diese Oberfläche kann individuellen Vorgaben von Kunden entsprechend angepasst werden.

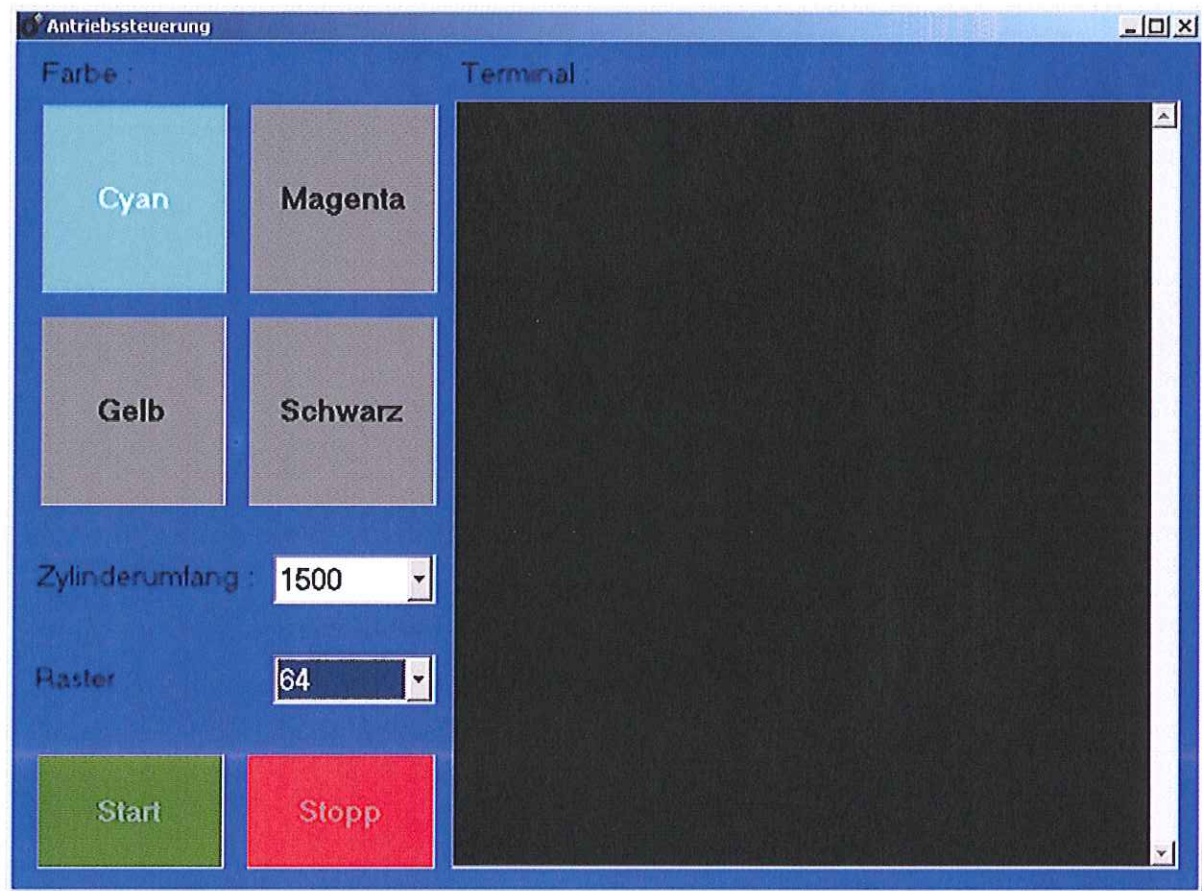


Bild 6: Bedienoberfläche Maschinenbediener

Stochastisches Raster

Die gesamte Graviertechnologie ist so angelegt, dass in einem so genannten stochastischen Raster (frequenzmodulierten Raster) graviert werden könnte. Als stochastisches Raster bezeichnet man in der Druckindustrie ein Verfahren, mit dem nicht in einem starren Raster gedruckt wird, sondern sich die Rasterpunkte in einem beliebigen Abstand zueinander befinden, wodurch die Bildqualität erhöht wird.

Testgravuren

Bei den Testgravuren, speziell bei der Gravur von Verläufen über den gesamten Zylinder, hat es sich gezeigt, dass die gesamte Elektronik und die dazu gehörige Software sehr präzise und sauber arbeiten. Anhand unserer speziellen Graviertestbilder wird das System ständig weiter optimiert. Im ersten Quartal des kommenden Jahres wird PRO DOT bei unserem Pilotkunden unter Produktionsbedingungen erprobt werden.



Bild 7: Testgravuren

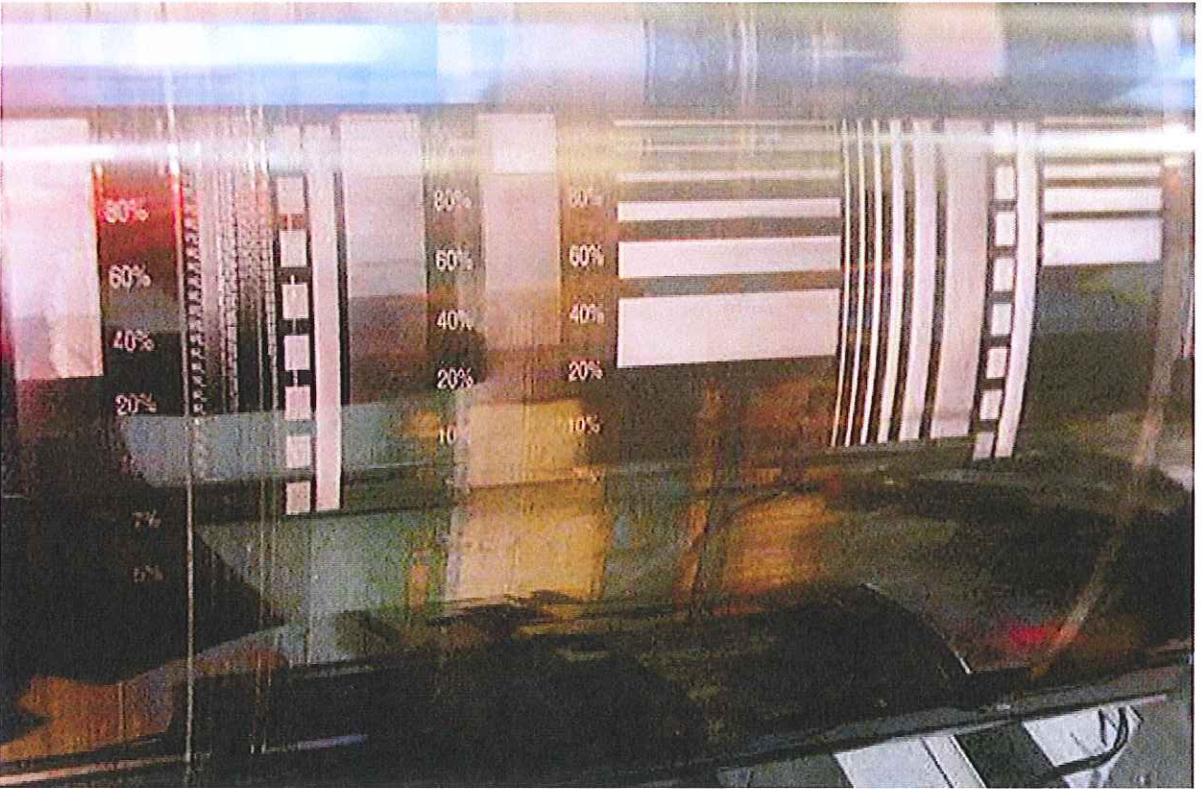


Bild 8: Testgravuren

Diskussion der Ergebnisse

Das Ziel, den Prototyp eines neuen Graviersystems zu erstellen, das qualitativ besser graviert als die etablierten Systeme, ist erreicht worden. Es wurde bei der Erstellung der Elektronik und deren Programmierung ein leicht modifizierter Wege eingeschlagen, der sich gegenüber der ursprünglichen Planung als besser erwies. Durch die Integration der gesamten Hochspannungselektronik direkt in den Gravierkopf wurde eine bessere Lösung gefunden, als die ursprünglich angedachte, diese Elektronik auf dem Graviersupport zu integrieren. Dadurch sind die Versorgungsleitungen zum Piezo extrem kurz gehalten, so dass Verluste minimiert werden. Die ursprünglich vorgesehene Installation der Endstufe auf dem Graviersupport in einem separaten Gehäuse wäre mechanisch aufwändiger gewesen, da dort in der Vergangenheit kein Platz für eine Gravierkopfstufe vorgesehen wurde.

Bei den Graviertests hat sich gezeigt, dass die digitalisierte Endstufe sehr sauber und präzise den Piezo ansteuert. Wir können Verläufe, das heißt eine kontinuierliche Farbabstufung von 100 % bis 0 %, in einer bedeutend höheren Auflösung als bei der jetzt verwendeten Graviertechnologie in einer sehr stabilen Qualität erzeugen.

Bei der Schalleliminierung haben wir das gewünschte Ziel bisher noch nicht erreicht. Um schallschluckende Elemente direkt in die Piezoarbeitskammer zu integrieren, fehlt leider der benötigte Platz. Wir möchten aber unbedingt vermeiden, eine schallschluckende Haube über der gesamten Graviermaschine zu installieren, wie das vom Mitbewerber praktiziert wird. Für die demnächst unter Produktionsbedingungen bei unserem Erstkunden beginnenden Tests werden wir übergangsweise eine schallschluckende Haube über dem Gravierkopf installieren.

Zwischenzeitlich haben wir einen anderen Piezotyp ausfindig gemacht, der bedeutend bessere elektrische Eigenschaften als der jetzt durch uns verwendete aufweist. Er ist geometrisch kleiner gehalten, so dass bei dem Einsatz dieses Piezotyps schallschluckende Elemente direkt in die Arbeitskammer integriert werden können. Die Wärmeabfuhr ist bei diesem Typ wegen des verwendeten Querschnitts (Rechteck- vs. Quadratquerschnitt bei gleichem Umfang) effektiver möglich, da durch die umtreichende Druckluft eine bessere Durchkühlung des Piezos erreicht werden kann.

Ökologische, technologische und ökonomische Bewertung

Dank unseres umfassenden Konzeptes zur Verbesserung und Optimierung des bisherigen Gravierverfahrens wird der ökologische Nutzen beträchtlich sein. Der Anwender wird bei Einsatz unseres PRO DOT-Systems nicht nur erhebliche Mengen an Papier einsparen, die durch die notwendigen Andrucke erforderlich sind, sondern auch Tonnen von Chemikalien und Farbe. Gleichzeitig wird bedeutend weniger Energie durch die Minimierung des erneuten Andrucks der Druckmaschinen und der evtl. erneuten Aufkupferung der Druckzylinder bei einer Neugravur verbraucht,

so dass die Energiebilanz beim Einsatz des PRO DOT-Systems insgesamt als äußerst positiv zu bewerten ist (siehe dazu auch die Zahlen in der Einleitung Seite 9).

Die gesamte Graviertechnologie ist auf dem neuesten technologischen Stand. Durch die Möglichkeit, aus dem bisherigen starren Raster für den Tiefdruck auszubrechen, ergeben sich völlig neue Möglichkeiten für die Praxis des Tiefdrucks. Besonders beim Dekordruck wird diese Möglichkeit zukünftig von großer Bedeutung sein. Auch für die Gravur von feinsten Schriften und Strichen ergeben neue Möglichkeiten, die mit den bisherigen elektromechanischen Gravierverfahren nicht möglich waren.

Da es sich bei PRO DOT um ein Tuning-System handelt, wird den zukünftigen Kunden die Möglichkeit gegeben, vorhandene Graviermaschinen auf den höchsten technologischen Stand aufzurüsten. Besonders interessant ist dabei der attraktive Preis gegenüber Neumaschinen bzw. Aufrüstsystemen des momentanen Monopolisten. Dieses hat sich bei Gesprächen mit unserem Erstkunden und anderen Lohngravierern und Druckereien sehr deutlich gezeigt.

Maßnahmen zur Verbreitung von PRO DOT

Da es sich bei der Tiefdruckindustrie vom Volumen her um einen sehr großen, aber auch sehr übersichtlichen Markt handelt, wird unsererseits eine Direktakquisition durchgeführt. Mit sehr wichtigen zukünftigen potentiellen Kunden aus dem Bereich Magazindruck, Verpackungsdruck, Dekordruck und Lohngravierern sind schon intensive Gespräche geführt worden. In Deutschland handelt es sich dabei um 42 Tiefdruckereien und 10 Lohngravierer. Wir verfügen über die Absichtserklärung eines weltweit sehr renommierten Erstkunden, der so schnell wie möglich unsere Technologie einsetzen möchte, weil ihm damit neue Wege geöffnet werden.

Ähnlich sieht es in Europa und Nord- und Südamerika aus. Es sind Vorbereitungen getroffen worden, über die ERA (European Rotogravure Association) das System weltweit publik zu machen. Bei der ERA handelt es sich um die größte Druckvereinigung der Welt. Eine Veröffentlichung zum momentanen Zeitpunkt ist aus wettbewerblichen Gründen bis zum Vorliegen der Ergebnisse der Anschlussphase vorerst nicht vorgesehen.

Fazit

Den Personalwechsel im Bereich Elektronik und hardwarenahe Programmierung haben wir zum Anlass genommen, das gesamte Entwicklungskonzept noch einmal kritisch zu durchleuchten. Dabei sind wir zu der Erkenntnis gekommen, einen etwas modifizierten Weg zum Erreichen des Ziels bei der Elektronikentwicklung und deren Programmierung einzuschlagen. Es wurde das angepeilte Ziel erreicht, ein Graviersystem zu erstellen, das zukünftig qualitativ besser graviert und die mechanisch und elektronisch bedingten Fehlerquellen bei den jetzt verwendeten Graviersystemen minimiert.

Wir sind absolut sicher, dass mit der neuen Graviertechnologie zukünftig große Mengen an Papier und Chemikalien, die bei der Korrektur von Tiefdruckzylindern durch das aufwändige manuelle Ätzverfahren und den erneuten Andruck in der Druckmaschine anfallen, eingespart werden können.

Bei den Graviertests hat sich herausgestellt, dass es vorteilhaft wäre, zukünftig einen anderen Aktor mit besseren elektrischen und mechanischen Werten einzusetzen. Das dafür notwendige mechanische Redesign ist Bestandteil eines Anschlußprojekts.