

Foto: Contitech

INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN DIE DIGITALISIERUNG DES INDUSTRIELLEN DRUCKS

Seit jeher sind Menschen von dem Wunsch beseelt, ihr Umfeld schöner zu gestalten und dadurch ihr Leben zu bereichern. Gebrauchsgegenstände und Oberflächen werden mit schmückenden Elementen oder funktionalen Materialien versehen. Die Designs dienen dekorativen oder informativen Zwecken, sollen die visuelle Wirkung verstärken oder die Funktionalität verbessern.

Zusammengestellt von
KLAUS-PETER NICOLAY

Bei industriellen Anwendungen für die Beschichtung und Veredelung von Oberflächen werden bis heute Verfahren wie Offset-, Tief-, Flexo- und Siebdruck eingesetzt. Dies gilt für Textilien, Keramik, Bodenbeläge, Lamine, Glas, Holz, Verpackungen, Schaltungen, gedruckte Elektronik und auch biomedizinische Materialien. Treibende Kraft dahinter

ist die Massenproduktion von Erzeugnissen, die in grossen Mengen vertrieben werden. Dabei verringert die Massenproduktion den Stückpreis, setzt dafür aber eine gut funktionierende Lieferkette voraus und erfordert erhebliche Investitionen in die Fertigungslinien. Industrielles Drucken ist also nicht neu. Durch den allgemeinen Trend, unser Umfeld immer individueller gestalten zu wollen, stehen wir heute jedoch an der Schwelle von der Massenpro-

duktion zur kundenspezifischen Fertigung («Mass Customization»). Dabei werden Gegenstände oder Oberflächen durch digitale Druckverfahren individuell gestaltet. Seit mehr als 20 Jahren kennen wir den professionellen Digitaldruck, der den Weg für integrierte Produktionsprozesse sowie die Individualisierung und Personalisierung von Produkten frei gemacht hat. Die frühen Systeme waren zwar vielversprechend, doch meist auch kostspielig

und sie konnten die Qualitätserwartungen oft nicht erfüllen. Einige Entwicklungen waren der Continuous Inkjet (kontinuierlicher Tintenfluss) und das DoD-Verfahren (Drop-on-Demand). Allerdings hatte der Inkjet-Druck aufgrund hoher Kosten, mangelnder Zuverlässigkeit und Anwendungsvielfalt sowie einer eingeschränkten Auswahl an verfügbaren Tinten und Materialien jahrelang mit erheblichen Akzeptanzproblemen zu kämpfen.

Infolge der Weiterentwicklungen bei Materialien, Tinten und Druckkopf-technologien in den zurückliegenden zwei Jahrzehnten hat der Inkjet-Druck jedoch Schritt für Schritt an Dynamik gewonnen. Die technischen Verbesserungen legten den Grundstein dafür, dass Inkjet-Techniken inzwischen auch in die industrielle Fertigung vorgedrungen sind.

Doch so wichtig die Wirtschaftlichkeit der Verfahren auch sein mag, ist sie nur ein Faktor des Marktwachstums. Angetrieben durch das Internet steigt die Nachfrage nach Anwendungen, die für Verbraucher und Unternehmen bislang nicht zur Verfügung standen. Durch die vergleichsweise geringen Investitionskosten digitaler Systeme und Fertigungstechnologien können nun Produkte hergestellt werden, die in Fertigungslinien für die Massenproduktion unwirtschaftlich wären.

Die Spitze des Eisbergs

Auch wenn dieser Trend alle Print-Segmente betrifft, sehen sich vor allem die industriellen Bereiche mit diesen Veränderungen konfrontiert. Und vielleicht fällt es uns gar nicht so sehr auf, doch wir sind im Alltag bereits permanent mit dem industriellen Druck konfrontiert.

«Wir sprechen von industriellem Drucken, wenn Drucktechnik in industrielle Fertigungslinien integriert ist und neben der grafischen Gestaltung weitere Funktionen hinzukommen», formuliert Dr. Markus Heering, Geschäftsführer des Fachverbands Druck- und Papiertechnik im VDMA, eine mögliche Definition.

In Fahrzeugen, Flugzeugen, Schiffen und Yachten werden neben Scheiben und Sonnendächern verschiedene Schalter und Flächen im Interieur bedruckt. Im Auto wird das an Bauteilen wie dem Armaturenbrett, dem veredelten Kühlergrill und Ähnlichem deutlich. «Schon diese wenigen Beispiele spiegeln ein sehr breites Spektrum wider und benennen doch nur einen winzigen Ausschnitt der Anwendungen», führt Dr. Heering aus. «Im Skiurlaub sind bedruckte Skier

zu sehen, Snowboards und Helme, im Skatepark sind es Skateboards, in Ballsportarten bedruckte Bälle, in Gebäuden sehen wir bedruckte Vorhänge, Bodenbeläge, bedrucktes Laminat oder Auslegware. Daneben werden Kacheln, Fliesen, Teller, Tassen, Schüssel und eine Vielzahl weiterer keramischer Produkte durch drucktechnische Verfahren veredelt. Jede zweite Fliese wird heute bereits bedruckt. Weitere Anwendungsfelder liegen in den Bereichen Flach- und Hohlglas oder Oberflächen von Fassadenelementen.»

Gemessen an dem Potenzial, das der industrielle Druck hat, sind all die genannten Beispiele in der Tat erst die Spitze des Eisbergs. Und vor allem: Es gibt auch Überschneidungen mit bisher konventionellen Techniken.

Verpackungen und Dekore

So war die Verpackungsbranche laut InfoTrends-Analyse mit einem Umsatz von über 400 Mrd. US-\$ im Jahr 2014 ein riesiger Markt, der von einfachen Wellpappeverpackungen bis zu hochwertigen Etiketten für Premiumprodukte reicht. Der Anteil digitaler Drucktechnologien lag 2014 bei rund 1 Mrd. m² und wird sich bis

«Wir sprechen von industriellem Druck, wenn Drucktechnik in industrielle Fertigungslinien integriert ist und wo neben der grafischen Gestaltung mehr Funktionen hinzukommen können.»



Dr. Markus Heering, Geschäftsführer des Fachverbands Druck- und Papiertechnik im VDMA.

2019 vermutlich verdoppeln. Inkjet-Systeme sind inzwischen auch für den Wellpappen- und Faltschachteldruck, für flexible Verpackungen und den «Direct-to-Shape»-Druck (das direkte Bedrucken von Oberflächen) geeignet und bewähren sich als voll integrierte Produktionslinien. Der «Direct-to-Shape»-Druck ist ein Wachstumsmarkt, auf dem kundenspezifische Druck-Erzeugnisse entstehen. So bietet eine namhafte belgische Brauerei digital bedruckte Bierflaschen nach individuellen Vorgaben. Dieses Konzept ist zwar nicht

völlig neu, doch aufgrund seiner industriellen Grössenordnung durchaus bemerkenswert.

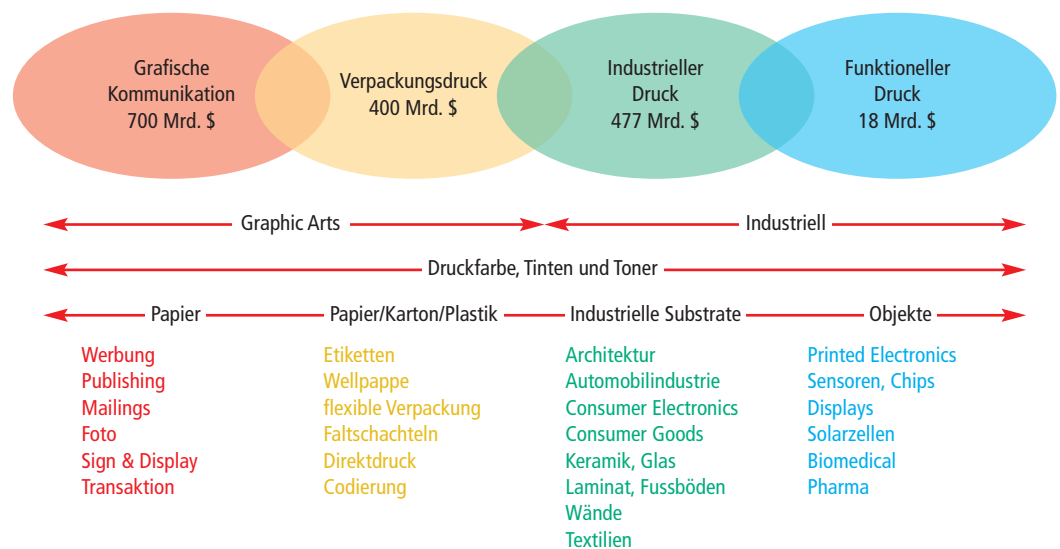
Der Dekordruck ist ein weiteres Segment, in dem die Vorteile des Digitaldrucks genutzt werden. Das Digitaldruckvolumen bewegte sich 2014 in einer Grössenordnung von 9 Mrd. m² bei grossen Zuwachsraten.

«Im Vergleich zum grafischen Druck, wo das Druck-Erzeugnis das eigentliche Produkt ist, ist der industrielle Druck in der Regel Bestandteil eines mehrstufigen industriellen Produktionsprozesses, in dem es seine Aufgabe ist, Produkte mit Informationen zu versehen, zu dekorieren oder zu



veredeln», grenzt Dr. Christian Maas, einer der beiden Geschäftsführer der Koenig & Bauer Kammann GmbH in Bad Oeynhausen, den industriellen vom grafischen Druck ab. «Die Unterschiede liegen vor allem bei den Substraten. Wir bedrucken in der Regel dreidimensionale geformte Glas- oder Kunststoffkörper im Grössenbereich von maximal 50 x 50 x 50 Zentimetern», erläutert Dr. Maas. Im Vergleich zu Papier und Pappe schwankten die Oberflächenqualitäten bei Glas jedoch beträchtlich. ▶

SEGMENTIERUNG DER DRUCKMÄRKTE



Quelle: Infotrends. Druckmarkt-Grafik: 12/2017.

Grafische Kommunikation, Verpackung, industrieller oder funktioneller Druck – alle Branchensegmente haben die gemeinsame Anforderung: das präzise Auftragen von Farben auf eine Vielzahl von Oberflächen – angefangen von Papier bis hin zu dreidimensionalen Druckobjekten. In der Regel bahnen sich wichtige Technologien den Weg in angrenzende Märkte und werden für segmentspezifische Anforderungen leicht geändert. Dabei ist die digitale Drucktechnik der bislang wohl bedeutsamste Schritt.



Direct-to-Shape statt Etiketten: individualisierte Bierflaschen aus Plastik. Tapeten, Textilien, Glas, Keramik für Innen- und Aussenanwendungen sind längst auch Teil industrieller Druckanwendungen. Gedruckte Lamine kommen schon seit Jahren in der Möbeldruckindustrie zum Einsatz. Mit dem Digitaldruck werden nun auch individuelle Lamine möglich.

«Die Toleranzen liegen oft im Millimeterbereich. Und die Formen und Grössen der Gefässe sind nicht standardisiert. Denken Sie an die Vielfalt an Flakons oder die unterschiedlichen Whisky- und Cognacflaschen. Um dennoch die gebotene Druckqualität zu erreichen, kommt es auf exakte Führung der Objekte und auf genaue Prozessüberwachung an», erläutert Dr. Maas.

Glas und Keramik

Ohnehin ist Glas in der industriellen Produktion ein ganz besonderer Stoff. Seit Jahrtausenden schmückt Dekorglas Kathedralen und Schlösser sowie öffentliche und private Gebäude. Die Anwendungen reichen von verbleitem Buntglas bis zum Siebdruck auf Glasscheiben. Solche Glasprodukte setzen künstlerische Akzente oder haben funktionellen Charakter als Licht gebende Komponenten. Der Flachglasmarkt hat einen Jahresumsatz von mehr als 70 Mrd. \$ und verzeichnet eine Zunahme des Digitaldrucks. Seit der Entwicklung von Inkjet-Druckköpfen und Farben, die Glas bedrucken können, kommt der Digitaldruck zur Herstellung langlebiger, robuster Dekorgläser zum Einsatz, die für architektonische und industrielle Zwecke geeignet sind. Der Markt für Keramikfliesen hatte 2014 laut InfoTrends ein Volumen von über 12 Mrd. m² weltweit. In diesem Marktsegment kommen traditionell Rollendruckmaschinen für den Auftrag der Keramikfarben vor

dem Einbrennen zum Einsatz. Dabei haben Rotationsdruckzylinder jedoch auch Nachteile, da die Anzahl der Musterwiederholungen beziehungsweise Rapporte beschränkt und die Umrüstung kostspielig ist.

Da der Digitaldruck die Rüstzeiten drastisch reduziert und Design-Änderungen ermöglicht, hat er inzwischen einen Löwenanteil an der Fliesenproduktion in Europa. Zudem ermöglichen digitale Drucksysteme einen reliefartigen, dreidimensionalen Druck, um die Keramikfliesen neben der Dekorschicht mit einer strukturierten Oberfläche zu versehen.

Wandschmuck und Tapeten

Wandverkleidungen waren schon im antiken China als Dekoration von Palästen bekannt. Überliefert ist auch, dass der französische König Ludwig XI. um das Jahr 1480 etwa 50 Rollen Tapeten bei seinem Hofmaler Jean Bourdichon zur Dekoration seiner königlichen Gemächer bestellte, die tragbar sein sollten, damit er sie von Schloss zu Schloss mitnehmen könne. Seither wurden Wandverkleidun-



gen und Tapeten enorm weiterentwickelt, sind als Dekoration nicht mehr wegzudenken und werden als Massenware im Offset-, Flexo- und Tiefdruck hergestellt.

Dabei gehen die Schätzungen der Menge weit auseinander. In Deutschland wurden 2015 nach den Zahlen des Deutschen Tapeten-Instituts rund 75 Mio. Rollen Tapeten hergestellt (das entspricht etwa 375 Mio. m²). Diese sind jedoch nicht alle bedruckt. InfoTrends schätzt die Jahresproduktion an Tapeten 2014 auf 52 Mio. m² und kann damit eigentlich nur die Menge digital bedruckter Tapeten gemeint haben. Denn digital und individuell bedruckte Tapeten (auch Fototapeten) erfreuen sich gerade im Grossformatdruck zunehmender Beliebtheit. Technische Verbesserungen bei den Digitaldruckfarben (Latextinten und UV-Farben) ermöglichen selbst das Bedrucken von Standardmaterialien unter Einhaltung der Gesundheitsschutz- und Sicherheitsauflagen.

Textilien

Auch wenn Textilien wie Samt und Seide eine Rolle bei Tapeten spielten, sind sie in diesem Segment heute kaum noch anzutreffen und dürften kaum zur Menge beitragen. Nach Angaben von InfoTrends belief sich das Produktionsvolumen bedruckter Textilien 2014 auf mehr als 35 Mrd. m², die vorwiegend im Rollensiebdruck hergestellt werden. In diesem Segment sind digitale Drucksysteme

allerdings seit einiger Zeit auf dem Vormarsch. Da spezielle Tinten auf einer Vielzahl von Kunst- und Naturfasern verwendet werden können, lassen sich kostengünstige Dekors mit hoher Farbbrillanz und attraktiven Designs herstellen.

Innovative Designs, individuelle Textilien in kleineren Mengen waren die Schlüsselfaktoren bei der Weiterentwicklung des Textildruckmarkts zur Digitaltechnik. Seit Anfang der 1990er Jahre haben Anbieter von Inkjet-Drucktechnologie alles daran gesetzt, das Verfahren als geeignete Lösung für Textilhersteller zu optimieren. Bis 2019 soll der digitale Textildruck laut InfoTrends bei jährlichen Wachstumsraten von etwa 30% ein Produktionsvolumen von mehr als 3,2 Mrd. m² erreichen. Dieses rasche Wachstum auf dann immerhin fast 10% des gesamten Textilmarktes ist auf die Verkürzung der Rüstzeiten, Kosteneinsparungen und die umweltfreundlichere Herstellung zurückzuführen, durch die Produkte schneller und effizienter auf den Markt gebracht werden können.

Dies hat aus europäischer Sicht für Aufbruchstimmung gesorgt. «Der Textilbereich war eigentlich abgeschlossen, da alles nach Asien abgewandert war. Durch den digitalen Druck erstarbt die heimische Textilindustrie aber wieder und bringt die



Wertschöpfung wieder zurück», erklärt **Stefan Lang**, Director Marketing & Sales bei der Zünd Systemtechnik AG.

BEORDA
Direktwerbung

Mit über 40 Jahren...
Kompetenz und Erfahrung!

www.beorda.ch



Soft Signage

Das sind aber alles andere als die typischen Märkte, in denen klassische Druckereien zu Hause sind. Papier und Karton ja, aber Textilien? Klar doch, denn ausser Stoffen für Mode und Heimtextilien lassen sich Textilien auch anderweitig einsetzen. Unter Soft Signage ist der Druck auf Kunststofftextilien in Marketing und Werbung zu sehen. Beispiele sind Banner, Roll-ups, Fahnen im Aussen- wie Innenbereich oder am POS (Point of Sale). Der Grund, weshalb gerade hier Textilien interessanter sein können als Papier, Plakate oder Poster ist das Handling. Textilien sind weniger empfindlich als Papier, das schwieriger anzubringen ist und zudem knittert. Ein Plakat muss professionell aufgezogen werden, ein Textilbanner

ist mit einer entsprechend vorbereiteten Befestigung leicht zu montieren oder auszuwechseln. Es kann dem Kunden per Post zugestellt werden, der es selber anbringen und mehrfach verwenden kann. Die höheren Kosten für den Soft-Signage-Druck im Vergleich zu Papier rechnen sich für den Kunden bei einer mehrfachen Benutzung also vergleichsweise schnell. Bei den Werbetechnikern hat der Textildruck schon Fuss gefasst. Die Frage ist jedoch, ob es auch eine lohnende Geschäftserweiterung für einen Akzidenzdrucker sein kann? Die Antwort ist typisch: Es ist abhängig vom Geschäftsmodell.

Laminat und Holz

Diese Frage stellt sich bei Holz und Laminaten eher nicht, obwohl der Di-

rektdruck auf Faserplatten, Sperrholz und Naturholz mit einem Large-Format-Drucker keine aussergewöhnliche Anwendung ist. Bedrucktes Holz kann als dekorative Oberfläche für diverse Anwendungen im privaten wie gewerblichen Bereich dienen. Innerhalb der Bau- und Möbelindustrie kommen gedruckte Dekorpapiere und Laminat schon seit Jahrzehnten zum Einsatz. Mit einer Vielzahl von Designs, die eine natürliche Holzmaserung oder Steinmuster imitieren, sind Laminat ein kostengünstiger Ersatz für die natürlichen Materialien. In bestimmten Fällen werden Laminat sogar bevorzugt, weil sie robuster sind. Die normalerweise auf Tiefdruckmaschinen hergestellten Dekorpapiere werden nach mehreren Verfahren zu Laminaten weiterverarbeitet. Laut InfoTrends soll

das Produktionsvolumen von Laminaten 2014 bei mehr als 300 Mio. m² gelegen haben.

Etliche Hersteller bieten inzwischen Laminat auch nach Kundenwunsch an und erlauben grosse Designfreiheit. Dass dies vor allem im Digitaldruck möglich ist, steht ausser Frage. So hat Koenig & Bauer eine Rota-Jet Inkjet-Druckmaschine bei einem Hersteller von entsprechenden Materialien installiert.

Funktioneller Druck und Printed Electronics

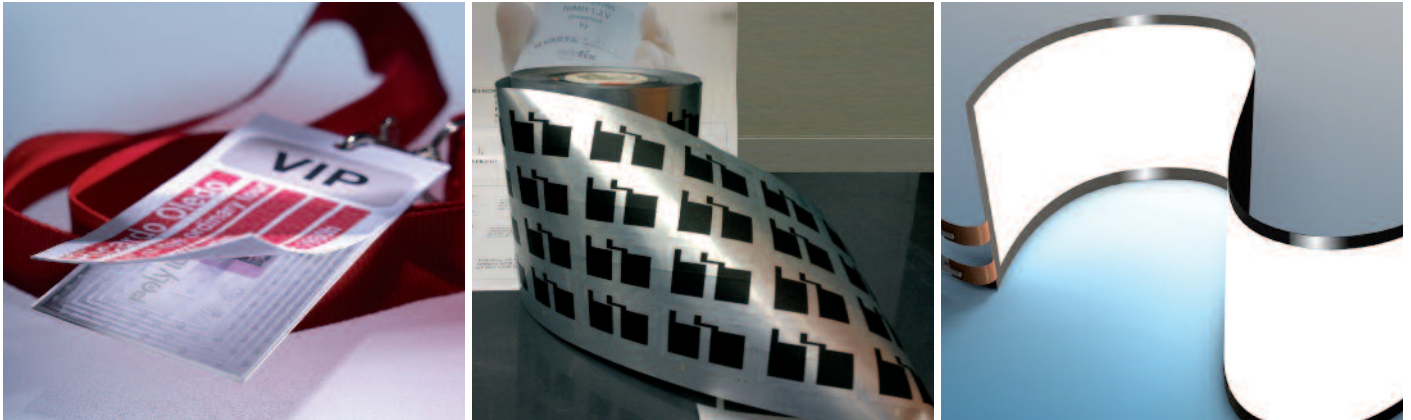
Der funktionelle Druck ist der wohl spannendste Bereich des industriellen Drucks, bei dem Materialien oder Farben zur Unterstützung bestimmter Funktionen auf eine Oberfläche aufgebracht werden. ▶



graphax
IT Services
Document Solutions




Die Farbe ins Zentrum gerückt
Die Farbigkeit unserer neuen **bizhub PRESS C71hc**: rein, brillant und unglaublich lebendig.



Funktionaler Druck: vom RFID-Chip über gedruckte Batterien bis zur Lichtquelle. Neben dem Einsatz von OLED-Modulen in Displays wird das flächige Licht, das die Augen nicht blendet, in falt- oder aufrollbaren Bildschirmen schon bald keine Utopie mehr sein.

Für viele dieser Anwendungen werden Kombinationen aus verschiedenen Druckverfahren eingesetzt. Zu den Anwendungen zählen Printed Electronics sowie Innovationen in der Nanotechnologie, die bis in die pharmazeutische und biomedizinische Branche hineinreichen.

Printed Electronics steht unter anderem für elektronische Anwendungen, die per Druckverfahren hergestellt werden können. Statt mit Druckfarben wird mit funktionalen Tinten gedruckt. So werden heute beispielsweise RFID-Lösungen, Sensoren oder Solarzellen mit dieser Methode hergestellt.

Membranschalter oder kurzzeitige Ein-/Ausschalter, bei denen mindestens ein Kontakt geschaltet ist, und die aus einem flexiblen Substrat (in der Regel PET) bestehen, sind in Haushalts- oder medizinischen Geräten, bei Spielen, Smartphones und Spielzeug gang und gäbe. Hier kommen Druckverfahren normalerweise bei der Herstellung des grafischen Overlays sowie von Schaltungen mit leitfähigen Tinten zum Einsatz. Verbesserungen in der UV-Digitaldrucktechnologie einschliesslich flexibler Tinten und LED-Trocknung erweitern die Anwendungsmöglichkeiten und die Auswahl an Trägermaterialien. Gedruckte Elektronik auf diversen Substraten ist bislang auf herkömmliche Druckverfahren angewiesen. Jahrelang wurden elektrische Schaltungen im Sieb-, Flexo-, Tief- und Offsetdruck und/oder Kombinationen daraus gedruckt. Seit einiger Zeit ist

auch der Inkjet-Druck eine mögliche Alternative. Dabei werden funktionale Tinten zur Herstellung von Transistoren oder Widerständen auf das Substrat aufgebracht. Gedruckte Elektronik geht aber längst über flexible Displays, intelligente Etiketten, animierte Poster sowie intelligente Bekleidung hinaus. Ein Bereich, in dem die Digitaltechnologie als Alternative auf dem Vormarsch ist, ist die Herstellung von OLED-Displaykomponenten (Organic Light Emitting Diode). Die Drucktechnik zum Auftragen funktionaler Materialien, die seit den frühen 1990er Jahren entwickelt wird, ist in einer Vielzahl von Anwendungen anzutreffen. Dazu gehören RFID-Tags, Transponder, intelligente Textilien etc. Konventionelle Druckverfahren kommen jedoch immer noch bei der Massenherstellung gedruckter Elektronik zur Anwendung.

3D-Druck

Und wenn schon von industriellen Anwendungen die Rede ist, darf der additive 3D-Druck mit seiner Vielzahl an Technologien, Anwendungsmöglichkeiten, Materialien und Lösungen nicht fehlen. An dieser Stelle die Druckverfahren mit ihren Vor- und Nachteilen aufzuführen, führte jedoch zu weit. Nur so viel: Objekte, die auf 3D-Druckern hergestellt werden, sind Prototypen, Guss- und Stanzformen. Diese kommen in nahezu allen Industriezweigen – angefangen bei kleinsten Produkten aus der Nanotechnologie bis hin zu Flug-

zeugteilen – zum Einsatz. Das Segment entwickelt sich schnell weiter und es vergeht kaum ein Tag, an dem nicht von einer weiteren Innovation die Rede ist. Die Attraktivität des 3D-Drucks liegt in seinem additiven Charakter: wenig Abfall, kürzere Markteinführungszeit und individuellere Designs.

Technologische Herausforderungen

Doch ist der 3D-Druck, auch wenn der Begriff Druck im Namen steht, im eigentlichen Sinne kein Druckverfahren. Deshalb muss es auch mit dem industriellen Drucken nicht zwingend in Verbindung gebracht werden.

Das Gros neuer Anwendungen entfällt heute allerdings zweifellos auf den Inkjet-Druck. Digitaldruck und analoge Verfahren wie Tampondruck, Sieb- und Flexodruckverfahren ergänzen sich perfekt. So nutzen Hersteller von Bodenbelägen, Textilien und Keramikprodukten den digitalen Druck, um neue Muster in kleinen Auflagen zu drucken und die Kundenresonanz zu testen. Bevorzugte

Designs werden dann mit analogen Verfahren schnell und kostengünstig in hoher Auflage hergestellt. Lässt die Nachfrage nach, können die Bestellungen wieder per Digitaldruck bedient werden.

Da beim industriellen Drucken die Drucktechniken als Prozessschritt in Fertigungslinien integriert werden müssen, kommt es auf hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit an. Daran muss sich auch der Digitaldruck messen lassen. Nicht umsonst setzen viele Hersteller auf langjährig bewährte analoge Verfahren.

«Zudem müssen Schnittstellen für die Einbindung in vernetzte Prozessketten der Industrie 4.0 angepasst werden», erklärt Dr. Heering. «Und es geht um die Weiterentwicklung der Druckfarben und Tinten, um die nötige Präzision und Funktionalität in den Anwendungen gewährleisten zu können, um Farbechtheit auf unterschiedlichen Untergründen garantieren zu können und um die Migration von gesundheitsschädlichen Chemikalien in Lebensmittel, Spielzeug oder Bekleidungstextilien ausschliessen zu können.»

Es gibt also noch eine Menge zu tun, um den industriellen Druck zu digitalisieren.

BEORDA
Direktwerbung

Couvertieren, Folieren...
ein Fall für uns!

www.beorda.ch

Quellen:

Ron Gilboa, InfoTrends, drupa-Expert Artikel;
Deutsches Tapeten-Institut GmbH;
VDMA-Interview-Reihe zum industriellen Drucken.



WIR VERNETZEN WISSEN!

USECASE

Freie Farbe – sichere Farbe

Crossmediale Datenaufbereitung erleichtert unsere Arbeit, erhöht die Farbsicherheit und senkt die Kosten!

Donnerstag, 18. Januar 2018, 19 Uhr

AKTION ZUM BUCH

Die PostScript Revolution

Das Grafischen Forum Zürich veranstaltet **Anfang 2018 eine Lesung** mit dem Autor Kurt K. Wolf. Als Mitglied des Grafischen Forum Zürich erhalten Sie das Buch zum Preis von CHF 20.– statt CHF 25.–.

Die Aktion dauert bis zum 20. Dezember 2017

VERANSTALTUNGSREIHE SFGZ

Neue Herausforderungen, neue Wege!

Effizienzsteigerung und Ressourcenoptimierung für Fachleute in der Medienbranche: Sechs Veranstaltungen mit Referaten und Workshops an der **Schule für Gestaltung Zürich**.

Weitere Informationen auf www.gfz.ch