

# Elektronik

## Elektronikfertigung

**Elektronik•medical**  
Innovative Produkte und Lösungen für die Medizintechnik

18 Bildgebung Stabile Kamerasensoren mit Vibrationskompensation	21 Schaltstellen In die MedTech-Zukunft mit Bluetooth-LE	28 Messgeräte Helligkeit und Kontrast auf die Compound 2023
--------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

**Hygienische und effektive  
Hygienic Design  
für MedTech**

**ALS  
HEFT IM  
HEFT!**

Mit GaN-FETs zu höherer  
Effizienz und Leistungsdichte  
in Schaltnetzteilen

Elektronikfertigung mit  
neuen generativen 3D-Druck-  
verfahren und Materialien

Optical Bonding als Garant  
für langlebige, kontraststarke  
(Touch-)Displays in HMIs



Hanno Platz

ist Vorsitzender des FED-Arbeitskreises 3D-Elektronik: »Jetzt geht es nicht mehr nur um reine Elektronik; die Entwickler müssen neu, ganz neu und aus dem Kasten heraus denken. Die 3D-Entwicklungsaufgabe ist interdisziplinär, Entwurfs- und Simulationstools werden dazu benötigt sowie neue Tools für die Kategorien Planung der Produktion und die Verwaltung der Materialeigenschaften: Welche Prozesse müssen Einsatz finden? Welche Maschinen werden dafür benötigt?«

Additive Manufacturing of Electronics

## »Wie wir 3D-Elektronik schneller in den Markt transformieren können«

Aktuell befassen sich vornehmlich Forschungsprojekte mit der additiven Fertigung von Elektronik (AME). In der Industrie ist die Menge der additiv gefertigten 3D-Serienprodukte noch überschaubar.

Die Gründe dafür und was diesen Stillstand überwindet, erklärt Hanno Platz, Vorsitzender des Arbeitskreises 3D-Elektronik im Fachverband Elektronikdesign und -fertigung (FED).

Von Heinz Arnold

### **Kürzlich hat der FED-Arbeitskreis 3D-Elektronik ein White Paper zur additiven Fertigung in der Elektronik veröffentlicht, das unter Ihrer Leitung erstellt wurde. So ganz neu ist das Thema nicht. Warum war das White Paper erforderlich?**

**Hanno Platz:** Der Druck auf die deutsche und europäische Elektronikindustrie ist groß. Nur mit leistungsstarken, innovativen Produkten und Technologien können wir im internationalen Wettbewerb mithalten. Miniatürisierung und Leistungssteigerung gehen einher mit der heterogenen Systemintegration. Und das nicht nur auf Halbleiterebene, sondern auch auf der nächsten Stufe der Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT), was wir bisher als bestückte Leiterplatte kennen. Das bedeutet: Gehäuse, Sensorik, Aktorik, HF und Elektronik verschmelzen auf engstem Raum. Neue generative 3D-Druckverfahren und Materialien ermöglichen schon jetzt, eine formfreie werkzeuglose Fertigung, in die sich auch elektrische Bauteile integrieren lassen.

Der FED-Arbeitskreis 3D-Elektronik hat sich in den vergangenen zwei Jahren mit vielen Experten und Praktikern der neuen additiven Technologien ausgetauscht. Daraus ist eine Aufteilung in fünf Klassen der Fertigungsverfahren entstanden. Sie spiegeln die aktuellen aber auch künftigen Fertigungstechniken wider, die heute auch von hybriden Maschinen produziert werden können.

Mit dem White Paper geben wir allen Beteiligten aus Entwicklung und Fertigung eine einfache Basis an die Hand, um die Technologie grob einzuordnen. Zugleich soll es Herstellern und Anwendern bei der Auswahl und Zuordnung der neuen, umfangreichen Möglichkeiten

der 3D-Elektronikkonzepte helfen. Das schafft bei den Partnern gleiche Voraussetzungen für die Diskussion und senkt beim Anwender die Einstiegsschwelle für die neuen Technologien. Übrigens: Das 26-seitige White Paper kann man kostenfrei als PDF auf der FED-Webseite herunterladen: <https://www.fed.de/3d-elektronik/>

### **Was sind denn aktuell die größten Hürden?**

Die Einstiegshürden sind ganz verschieden. Aus Sicht des Designentwurfs beginnt es damit, dass die Entwickler sich von altbewährter AVT lösen müssen. Zudem müssen sie die generativen Fertigungsmöglichkeiten erst einmal erlernen und die Chancen begreifen. Ein Bauteil z. B. in einer beliebigen Position in einen Körper anzuordnen, oder eine verdrehte Leitung herzustellen, ist bisher in der AVT schlicht nicht möglich.

Dadurch wird die Entwicklung viel komplexer und auch interdisziplinär. Mechanik, Elektronik, Optik sowie Materialeigenschaften werden auf engstem Raum kombiniert und wachsen zusammen. Das erfordert kreative Entwickler und eng zusammenarbeitende spezialisierte Teams.

Ein anderer wichtiger Punkt sind die aktuell fehlenden eCAD-Funktionen für die 3D-Elektronik. Tatsächlich ist das im Moment der Show-Stopper. Vorhandene eCAD-Lösungen für Embedded, Flex oder Hybrid-Layout gehen nur bis zu 2,5D. Manche behelfen sich deshalb und malen mit mechanischen CAD-Tools die Leiterzüge; leider ohne jegliche elektrische Kontrolle oder eine Verbindung zum Schaltplan im Hintergrund. Bei den komplexeren 3D-Elektronikkonzepten ist die Simulation von Signalintegrität, EMV, Spannungsab-

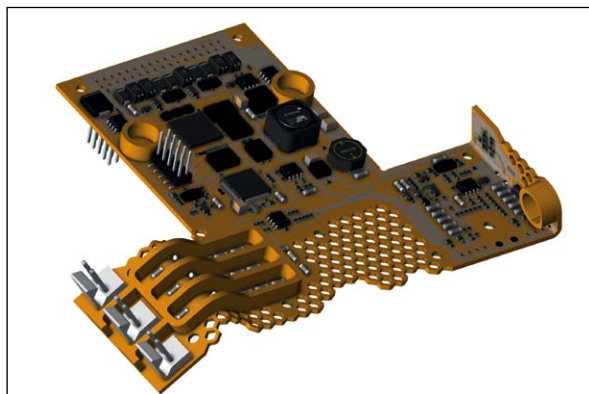
ständen, Entwärmung u.v.a. ein ganz wichtiger Faktor. Voraussetzung ist deshalb eine möglichst heterogene Toolchain, die alle elektrischen Parameter verfügbar hält, die Constraints in Echtzeit überprüft und »barrierefrei« mit den Simulationstools verbunden ist. Für die Simulation gibt es bereits gute Lösungen im Umfeld der heute bestehenden eCAD-Systeme. Nur, für die Verwaltung von verschiedenen leitenden, halbleitenden, isolierenden Materialien gibt es in den eCAD-Systemen bisher noch keine Lösungen.

Was sicherlich auch noch einer Weiterentwicklung bedarf, sind Tools für die Planung und Simulation der Fertigungsabläufe für die hochintegrierte räumliche Elektronik. Wie bei »More than Moore« schon beschrieben, wachsen Funktionen und die Bauteile mit dem Träger ineinander. Dabei entstehen, wie etwa bei einer künstlichen Hand, sogar bewegliche, robotische Funktionen.

Die dafür erforderlichen Fertigungsvorrichtungen bestehen heute bereits bei den aktuellen Anbietern aus hybriden Systemen, die drucken, bestücken, fräsen, lasern, testen und einiges mehr können. Bei der Entwicklung ist es deshalb erforderlich, den Produktionsablauf zu planen und zu simulieren, damit das System überhaupt produzierbar ist.

### Die EDA-Unternehmen entwickeln doch in diese Richtung?

Die Grundfrage ist, was verstehen die Beteiligten unter 3D-AVT und additiver Fertigung? Antwort: Jeder nur das, was er bisher kennt. Man darf es nicht damit verwechseln, die Bauteile in 3D darzustellen, oder in 2,5D Bauteile auf einer schrägen Ebene zu drucken. Es geht



Demonstrator mit den Möglichkeiten additiver Fertigungsverfahren am Beispiel einer elektronischen Baugruppe. (Bild: FED)



## Zuverlässige Produkte für stabile Datenübertragungen

Modulare und gleichzeitig standardisierte Steckverbinder ermöglichen es, Automatisierungslösungen für die Echtzeitkommunikation flexibler und effizienter zu gestalten.

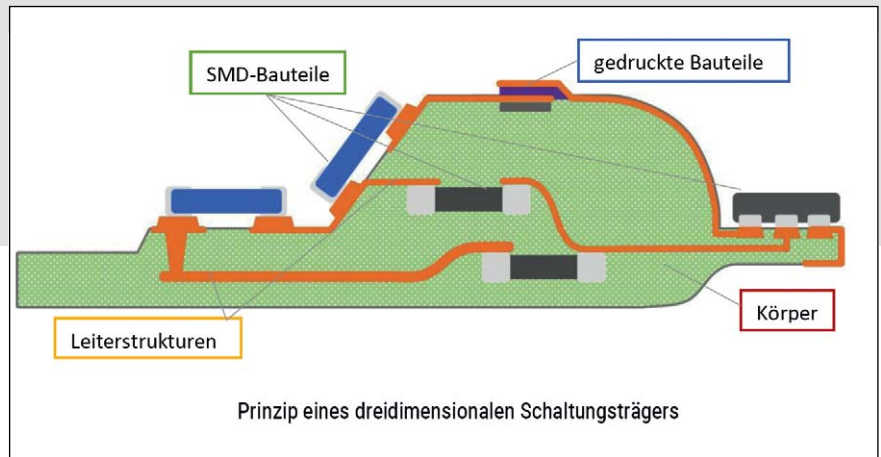
Phoenix Contact als führender Anbieter für Gerätehersteller bietet Ihnen für Ihre Anwendungen den passenden Anschluss am Gerät und im Feld.



**Elektronische und elektromechanische Bauelemente - sofort ab Lager**

**WWW.GUDECO.DE**

3D-Elektronik bezeichnet Freiformbauteile mit Funktionsschichten, elektronischen Komponenten und Leiterstrukturen in jedem Winkel auf der Oberfläche und im Körper. (Bild: FED)



auch nicht darum, die klassische Leiterplatte zu drucken statt zu ätzen. Es geht vielmehr darum, losgelöst von der bisherigen Funktion der eCAD-Tools, die Leiterbahnen von Lage zu Lage mit Vias zu verbinden, jetzt die Leitungen von Bauteil zu Bauteil frei im 3D-Bauraum zu platzieren. Das alleine erhöht die Verbindungsdichte erheblich und bringt große Vorteile bei den Highspeed-Datenleitungen oder für die Hochfrequenz- und Antennentechnik. Diese Möglichkeiten bietet aktuell kein eCAD-Tool!

### Sind Sie darüber nicht im Gespräch mit den EDA-Herstellern?

Vor zweieinhalb Jahren haben wir die fünf größten EDA-Firmen zu einem Round Table auf die FED-Konferenz eingeladen. Die wichtigste Frage der EDA-Firmen lautete: Wenn wir solche 3D-eCAD-Tools entwickeln, wie groß ist der Markt und wie viele Lizenzen können wir verkaufen? Aus Gesprächen mit FED-Mitgliedern erfahren wir, dass die Anwender die Tools kaufen würden, wenn es sie denn gäbe. Also stecken wir mitten im Henne-Ei-Problem.

Ich erinnere mich an eine ähnliche Situation in den Anfängen der HDI-Technik als BGA-Bauteile aufkamen. In einem User Group Meeting 1995 mussten wir den EDA-Entwicklern aus den USA erklären, welche Funktionen und Arten von Vias wir für die komplexen HDI-Designs brauchen. Auch da war die Frage, braucht man sowas wirklich? Heute ist die Funktion in jedem einfachen eCAD-System integriert.

### Wo wäre der Ausweg?

In unseren Diskussionsrunden mit Hinweisen aus dem Arbeitskreis haben wir schon etwas bewegt: Immerhin zwei EDA-Unternehmen arbeiten bereits in diese Richtung und zeigen entsprechende Features, die teilweise relativ weit fortgeschritten sind. Eine namhafte EDA-Firma hat Zusatzfunktionen für dehnbare Leiterbahnen entwickelt, sogenannte Stretchable Traces für Wearables oder andere Lösungen, die auch im Automotive-Segment gefragt sind.

Eine andere EDA-Firma bietet jetzt neue 2,5D-Designfunktionen an und will es zum echten 3D weiterentwickeln. Vor Kurzem habe ich mit einem anderen großen EDA-Hersteller gesprochen, der prüft, ob man

in diese Richtung Tools entwickelt. Nur, Stand heute fehlen die 3D-fähigen eCAD-Systeme.

### Es gibt doch bereits Unternehmen, die sich mit 3D-Druck in der Elektronik beschäftigen?

Ganz wichtig in dieser Diskussion: wir müssen differenzieren, welche Technologievariante gemeint ist. Zur additiven Elektronikfertigung zählt beispielsweise auch der Siebdruck, um leitende und isolierende Pasten oder Tinten aufzubringen.

Eine Variante davon, die In Moulded Elektronik (IME), wird schon erfolgreich im Großseriengeschäft für Automotive und andere Branchen produziert. Hier wird zunächst eine Folie bedruckt und dann in eine 2,5D-Form gebracht. Auch elektronische Bauteile können Bestandteil sein – etwa LEDs.

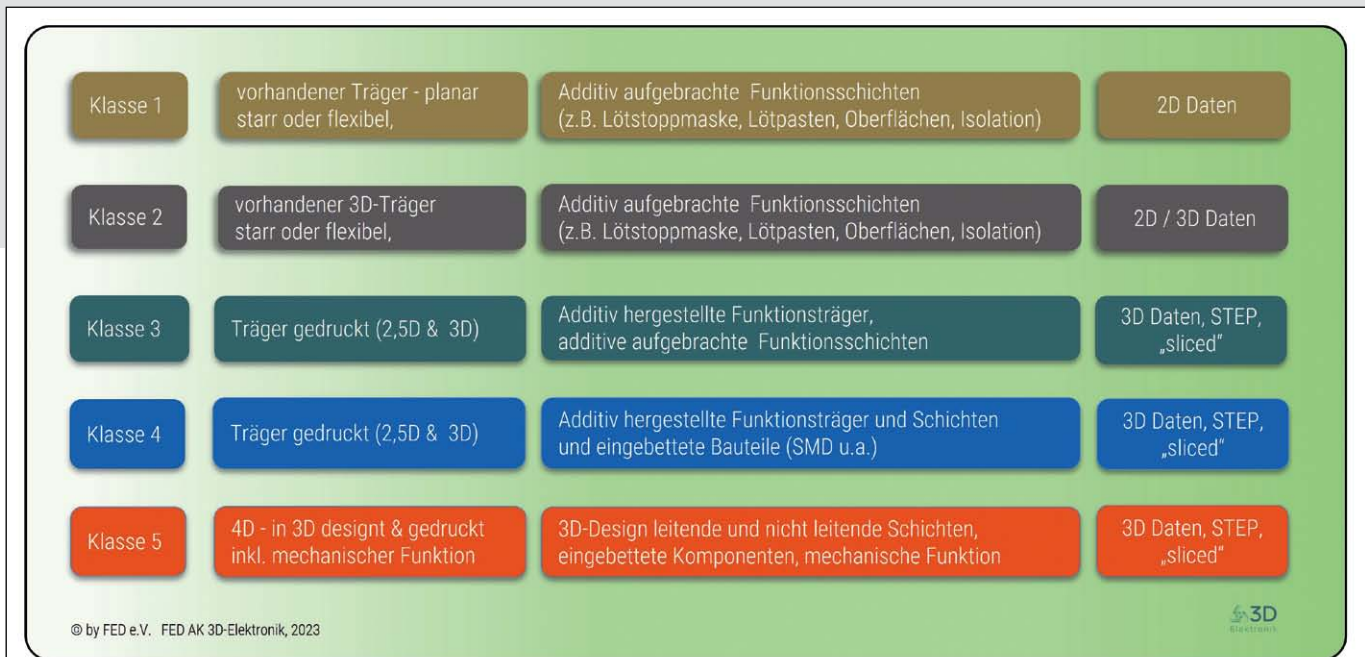
Oder der 3D-Druck für Lötstoppmasken, z. B. an Finepitch-BGA-Anschlüssen mit Ballpitch von unter 0,4 mm. Zwei Leiterplattenhersteller in Deutschland bieten den additiv hergestellten 3D-Lötstopplack bereits für Serienleiterplatten an. Hier beginnt übrigens die Klasse 1 unserer fünfstufigen Klassifizierung.

Und ja, es gibt Pioniere der additiven Elektronikfertigung in Deutschland, wie die Firmen NeoTech AMT oder Nano Dimension. Auch in unserem Arbeitskreis sind Mitgliedsfirmen, die sich damit intensiv beschäftigen. Wir sind dabei, weitere Arbeitsgruppen zu formieren, die sich speziell mit den Themen 3D-eCAD-Tools und Datenformate beschäftigen werden.

### Wie können diese Unternehmen überhaupt Produkte fertigen, wenn die eCAD-Tools dazu weitgehend fehlen?

Wie gesagt, einfache Leiterstrukturen können auch mit dem mCAD-Tool gezeichnet werden. Einige unserer Mitglieder entwickeln mit ihrem CAD-Partner Add-On-Funktionen zu den bestehenden eCAD-Tools. So kann man beispielsweise mäanderförmige Leiterbahnen für dehnbare Verbindungen realisieren.

Bei GED haben wir schon vor über zehn Jahren mit Workarounds das VAD-System so erweitert, das wir



Der FED-Arbeitskreis 3D-Elektronik definiert fünf Klassen der Elektronikintegration mit additiven Fertigungsverfahren. (Bild: FED)

## Die fünf Klassen des Additive Manufacturing

### »Basis-Klasse 1 – 2D-Träger und Druck«:

Hier geht es darum, eine oder mehrere leitende, halbleitende oder nichtleitende Schichten auf einen vorhandenen Träger aufzubringen. Er kann starr, flexibel oder dehnbar sein. Die Verfahren – vom Tief- und Siebdruck bis hin zu den verschiedenen additiven Verfahren – sind bekannt. Die Maschinen dafür sind vorhanden.

### »Basis-Klasse 2 – Mehrdimensionaler Träger und Druck«:

In dieser Kategorie können die Träger unebene und unregelmäßige Oberflächen besitzen.

### »Klasse 3 – Gedruckte mehrdimensionale Träger«:

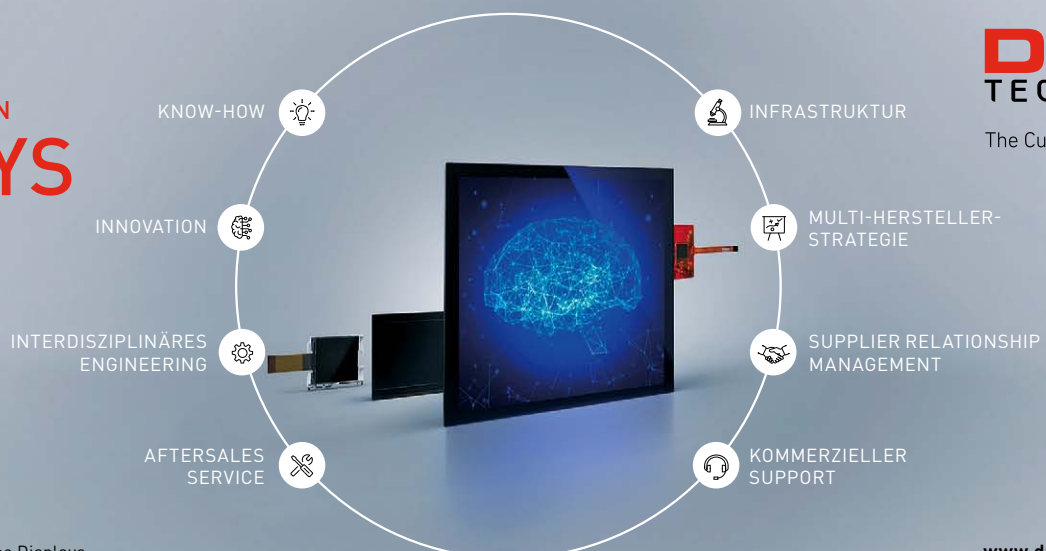
Diese Klasse definiert den Auftrag von Funktionsschichten ohne Träger. Die so hergestellten Produkte können also frei gestaltbare dreidimensionale Formen annehmen.

### »Klasse 4 – Gedruckter 3D-Träger + gedruckte Bauteile«:

Zusätzlich zu Klasse 3 lassen sich innerhalb der Druckprozesse bestückbare Komponenten platzieren und durch Drucktechnologien verbinden. Die Komponenten werden auf diese Weise in das 3D-Produkt eingebettet.

»Klasse 5 – Formveränderbare Lösungen (4D)«: Sie definiert den Auftrag von einer oder mehreren Funktionsschichten ohne Träger. Die »Klasse 5« unterscheiden sich von der »Klasse 3« und »Klasse 4« dadurch, dass die Produkte auf dieser Ebene im sogenannten 4D-Druck hergestellt werden. Das geschieht wie im herkömmlichen 3D-Druck, allerdings kommen dabei sogenannte »smart Compounds« zum Einsatz. Diese »intelligenten« Polymere und damit die aus ihnen bestehenden Teile ändern in einer bestimmten Zeit ihre Form, wenn sie stimuliert werden. Die 4D-gedruckten Teile erhaltenen also eine gewisse Beweglichkeit, etwa für verstellbare oder bionische Funktionen. Damit unterscheiden sich Objekte der »Klasse 5« von den üblichen 3D-Druckobjekten der »Klasse 1 bis 4«.

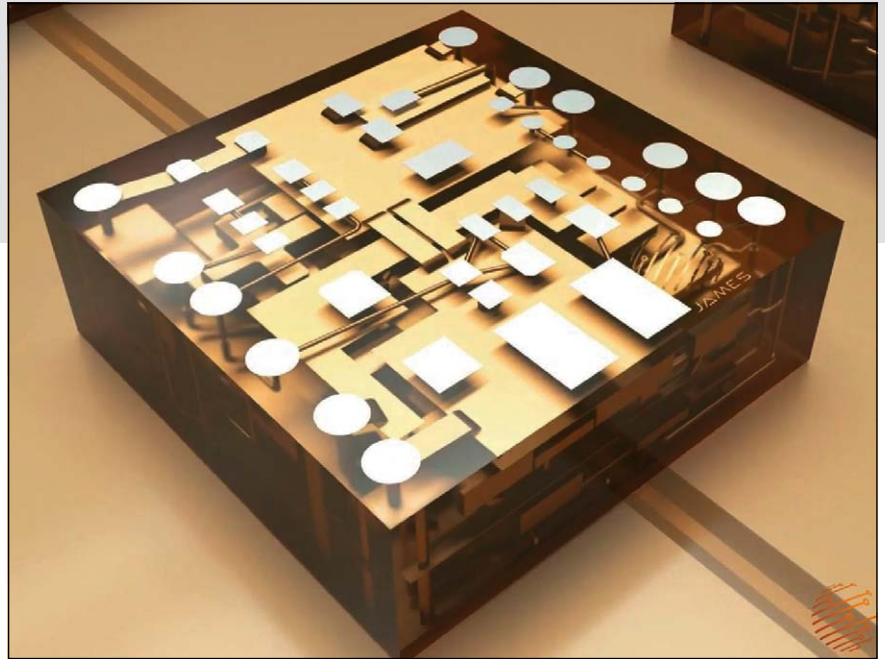
360°-EXPERTLÖSUNGEN  
**DISPLAYS  
NACH  
MASS**



**DMB  
TECHNICS**

The Customizing Class

HF-Synthesizer aus dem 3D-Drucker: Die Möglichkeit, gleichzeitig leitende und nichtleitende Materialien zu verarbeiten, bietet mehr Freiheit beim Design der elektrischen Verbindungen. (Bild: J.A.M.E.S.)



ein hochintegriertes 3D-Kameramodul mit 3D-CSP realisiert haben. Es gab drei Bauteilebenen und Leiterbahnen auf 14 Lagen mit 20 µm schmalen Leiterzügen. Die Gerberdaten wurden dann aufwendig in STL-Daten umgesetzt. Mit Erfahrung und kreativen Verbiegen der Tools geht natürlich schon einiges. Nur, das ist sehr aufwendig und natürlich auch fehlerbehaftet.

### **Also entwickelt die EDA-Branche immer noch zu wenig in Richtung additive Fertigung für die Elektronik?**

So pauschal kann man das auch nicht sagen. Wie erwähnt, es gibt Ausnahmen. Sicherlich ist die EDA-Branche nicht allein schuld, dass alles nur zögerlich voranschreitet. Es liegt auch an den Entwicklern in den Elektronikfirmen selbst. Viele Entwickler haben das Potenzial der additiven Fertigung für sich häufig noch nicht erkannt. Wir können heute beispielsweise verdrehte oder geschirmte Leitungen in den Verbindungsträger drucken. Das ändert sehr viel!

Allerdings muss interdisziplinär gedacht werden. Es geht es nicht mehr nur um reine Elektronik. Es geht auch um Mechanik und vor allem um die Planung der Produktion: Welche Fertigungsprozesse braucht es? Welche Maschinen werden dafür benötigt? Das ist für alle Neuland und es gibt bisher nur wenige, die das können. Und natürlich geht die Qualifikation der Prozesse und Zuverlässigkeit nicht von heute auf morgen.

### **Warum ist es überhaupt so schwierig, mCAD und eCAD unter einen Hut zu bringen?**

Es gab ja in der Vergangenheit sogar CAD-Tools, wie von Intergraph ein mCAD-Tool mit weiterentwickelten Modulen für PCB und sogar für Additiv-Keramik-Lösungen. Nur die haben sich im Elektronikmarkt nicht durchgesetzt. Man hat sich dann über die Jahre mit mehr oder weniger einfachen Interface-Lösungen beholfen, die IDF oder STEP-Format im eCAD importieren können. Jetzt ist die Herausforderung noch größer. Ein 3D-Drucker kann mit ODB++ oder dem Gerber-Format nichts anfangen. Wir müssen uns überlegen, wie wir die Fertigungsdaten für die unterschiedlichen Maschinen und Prozessschritte aus dem eCAD-System herausbekommen. In Japan gab es Bestrebungen für ein 3D-eCAD-Format,

die leider eingestellt wurden. Das Thema ist komplex. Alleine die CAD-Modelle von Bauteilen benötigen für das Embedding viel mehr Informationen und die Materialien müssen mit Daten hinterlegt werden können. Die Arbeitsgruppe 3D-Elektronik mit additiver Fertigung hat sich zum Ziel gesetzt, daran mitzuarbeiten und im FED Normen- und Standards zu erarbeiten. Der FED arbeitet seit Jahren in verschiedenen Gremien von IPC und IEC aktiv mit.

### **Sind denn in Deutschland die Voraussetzungen gegeben, um in der additiven Fertigung durchstarten zu können?**

An sich schon! Sowohl ganz große Unternehmen als auch die typischen KMU sind hier unterwegs. Kreativität, Ideen und interdisziplinäres Arbeiten sind also schon vorhanden. Was damit möglich ist, führen einige Unternehmen auch schon vor. Es gab tolle Forschungsprojekte von Festo, wo auf Bionik basierende Prototypen entwickelt wurden. Möven, die fliegen, Ameisen mit Schwarmintelligenz, Roboter-Libellen u. a. die allerdings nicht additiv, sondern mithilfe der werkzeugbasierenden 3D-MID-Technik gefertigt wurden.

Bei den Forschungsinstituten gibt es eine Vielzahl von öffentlich geförderten F&E-Projekten. Forscher in Aachen, Berlin, Chemnitz, Dresden, Karlsruhe, Stuttgart und anderen Instituten entwickeln bereits seit Jahren Systeme und Materialien für die additive Fertigung. Es bleibt zu hoffen, dass es einige in die industrielle Umsetzung schaffen. Dafür braucht es kreative und mutige Unternehmer und Anleger.

Aus dem Arbeitskreis heraus haben wir dafür auch ein Innovationsnetzwerk gegründet. Im Netzwerk gibt es einen Förderberater, der hilft, Partner zusammenzubringen und Förderanträge für öffentliche Mittel zu



Wir liefern maßgefertigte, programmierbare Stromversorgungen für Projekte in den Bereichen Automotive, Laser, Solar, Bahn, Industrie, Luft- und Raumfahrt sowie Forschung und Entwicklung.

## INDIVIDUELLE SONDERLÖSUNGEN FÜR

48V Bordnetz-Simulation und Hochvolt Testsysteme bis 1.500 V, bidirektional



### Schulz-Electronic GmbH

Dr. Rudolf-Eberle-Straße 2  
D-76534 Baden-Baden

Tel.: +49 7223 96 36 0

E-Mail: [vertrieb@schulz-electronic.de](mailto:vertrieb@schulz-electronic.de)

Web: [www.schulz-electronic.de](http://www.schulz-electronic.de)

beschaffen. Bisher konnten bereits fünf Förderprojekte erfolgreich umgesetzt werden.

Doch die anderen Regionen schlafen natürlich nicht: In den USA gibt es sehr viele 3D-Elektronikentwicklungen in der Medizintechnik oder Robotik für militärische Anwendungen. Hierfür stehen sehr große Summen für die Forschung und Entwicklung zur Verfügung. In Europa ist Großbritannien auch schon sehr weit und auch in Südeuropa und Benelux gibt es Unternehmen, die bereits Serien additiv produzieren.

Zunächst werden die 3D-Produkte Erfolg haben, die entweder eine ganz neue Möglichkeit bieten, oder z. B. durch eine »funktionale Integration« und absolute Verkleinerung eine besonders hohe Performance ermöglichen. Der Preis für die Funktion pro Kubikmillimeter oder Gramm ist z. B. in der Luftfahrt oder bei Fluggeräten sehr bedeutend.

Die Anwendung in Hörgeräten oder Hearables ist natürlich auch prädestiniert für die 3D-Integration. Die Möglichkeiten mit intelligenten Prothesen oder gar 3D-gedruckten Organen mit Elektronik und Sensorik, wie sie heute schon als mechanisches Model 3D-gedruckt werden, wird künftig sehr hohe Verkaufspreise erzielen. Aufgrund der langwierigen Medizinproduktzulassung dürfte das jedoch noch zehn Jahre dauern. Es gibt auch Beispiele in der Veterinärmedizin wo bereits 3D-gedruckte Prothesen mit integrierter Elektronik und Sensorik für besonders teure Rennpferde zu einem sehr guten Preis verkauft werden.

Unser White Paper enthält auch Prognosen aus Marktstudien zum weltweiten Wachstum der additiven Elektronikfertigung. In den deutlichen Wachstumsprognosen bis 2030 liegen wir in Deutschland und Europa zwar weit hinter Nordamerika, aber gleich zu China. Wir werden hier keine 50 Millionen InEar-Kopfhörer oder Alexas additiv produzieren, sondern eher die Produkte, die aufgrund besonderer Leistungseigenschaften für Medizintechnik, Luftfahrt oder Maschinenbau einen hohen Preis erzielen können.

Ein anderer zunehmend wichtiger Aspekt ist die Nachhaltigkeit oder der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Mit additiver Technik kann man viel sparsamer fertigen als mit subtraktiver Technik. Im Kontext des »Digitalen Zwilling« kann damit ab Serienstückzahl »1« gefertigt werden – ohne teure Werkzeuge und mit erheblich reduzierter Lagerhaltung.

# Spannende Lösungen dürfte in Zukunft die Klasse der formveränderbaren Lösungen (4D) ermöglichen.

## Sie arbeiten im Hauptberuf als Geschäftsführer von GED. Was bringen Sie im eigenen Unternehmen in Richtung additive Fertigung auf den Weg?

Wir haben seit 2015 schon an mehreren 3D-Elektronikprojekten mitgearbeitet, beispielsweise an dem F&E Projekt »Freiform-Elektronik« zusammen mit dem Fraunhofer IZM und Schaeffler. Mit einem 3D-Multimaterialdrucker haben wir unsere ersten Erfahrungen für die Entwicklung und Produktion sammeln können. Es folgten weitere F&E-Kooperationen z. B. mit Philips, KOB und dem Fraunhofer EMFT in einem Projekt für ein elektronisches Sensorpflaster (SensorPatch) zur Versorgung chronischer Wunden. Bei diesen Projekten ging es um funktionale Integration und Miniaturisierung mittels additiver Verfahren.

Seit letztem Jahr kooperieren wir mit dem Foliensensorhersteller Accensors. Das Ziel der Zusammenarbeit ist, aus unseren beiderseitigen Baukastenlösungen schnell neue preisgünstige Sensorlösungen zu entwickeln. Der IoT-SensorNode-Baukasten von GED besteht aus fingernagelgroßen Leiterplatten mit dem ein Multisensorsystem einfach konfigurierbar ist. Die SensorNodes haben u. a. Bluetooth Low Energy und ein intelligentes Batteriemangement für autarke Sensorlösungen. Die Firma Accensors entwickelt Foliensensoren, die unterschiedlichste Werte und Vitaldaten am Patienten messen können. Sensorpatches, die Ph-Wert, Dehydratation und andere elektrochemische Werte im Schweiß oder Blut messen können, werden gerade entwickelt. Sowohl für IoT als auch für die Medizintechnik sind diese Lösungen aktuell stark gefragt. GED hat jetzt ein weiteres Steckmodul entwickelt, für die elektrochemischen hochempfindlichen Messungen, amperometrisch, voltametrisch und Bioimpedanz.

Der Vorteil der »Smart Patch Produkte« – sie sind so preisgünstig, dass sie nach dem Gebrauch entsorgt werden können. In diesem Projekt punktet GED mit Erfahrung und der Zulassung nach ISO13485 als Entwickler und Hersteller für Medizinprodukte.

Wir sind überzeugt, dass die beiden Baukastenlösungen für Sensorik und Auswerteelektronik einen hohen Nutzen für die schnelle Umsetzung von Kundenprodukten bieten. Die Folien können entweder von der Rolle mit dem SMD-Automaten bestückt oder als Multisensoren kundenspezifisch hergestellt werden. Hier spielen schon heute die Verfahren der additiven

Fertigung eine große Rolle. Beispielsweise findet diese Technik eine Einordnung in der Klasse 3. Wenn elektronische Bauteile mit in die Folie integriert werden, reden wir über Klasse 4.

## Zeichnen sich weitere interessante Zukunftsprojekte ab?

Wir bereiten Anträge für Forschungsprojekte vor, wo wir genau diese Techniken mit der additiven Fertigung umsetzen wollen. Mit Mikrofluidik und Mikropneumatik wollen wir intelligente Multisensorsysteme entwickeln, bei denen wir »on the Edge« die Messdaten auf dem integrierten Mikrocontroller mit KI auswerten können. Das haben wir bereits mit dem Fraunhofer Institut IMS erfolgreich ausprobiert.

Spannende Lösungen dürfte in der Zukunft auch die fünfte Klasse formveränderbare Lösungen (4D-Technologie) ermöglichen. Mit 3D-Druck werden hier zusätzliche »smart Compounds« eingesetzt, aus denen Teile bestehen, die ihre Form ändern können, wenn sie etwa über Temperatur, Strom oder Spannung stimuliert werden. Weil also noch eine zeitliche Komponente hinzukommt, sprechen wir auch von »4D-Technologie«. Auch wenn die 4D-Technologie noch nicht in der realen Fertigung angekommen ist, steckt hier sehr viel Potenzial. Forschungsinstitute in den USA haben bereits beachtliche Lösungen damit entwickelt, wie z. B. einfache Aktoren wie Greifersysteme. Dieses Zukunftsthema haben wir in der Klassifizierung dann auch bewusst mit aufgenommen, um es weiter bekannt zu machen.

## Was will die Arbeitsgruppe »Additive Fertigung« im FED bis in zwei Jahren erreicht haben?

Bis dahin wollen wir die Hemmschwelle für den Einstieg in die additive Fertigung für die Elektronik deutlich gesenkt haben. Alle Beteiligten sollen genau wissen, mit welcher Art von Technologie sie es zu tun haben und welche Möglichkeiten sich damit eröffnen. Das soll helfen, schnell die richtigen Partner zusammenzubringen, mit denen sie an ihren Projekten arbeiten können. Dazu pflegt der FED natürlich auch enge Zusammenarbeit und Kooperationen mit anderen Fachverbänden, wie dem MID e. V. oder der Firma J.A.M.E.S. ha

**Vielen Dank für das Gespräch.**