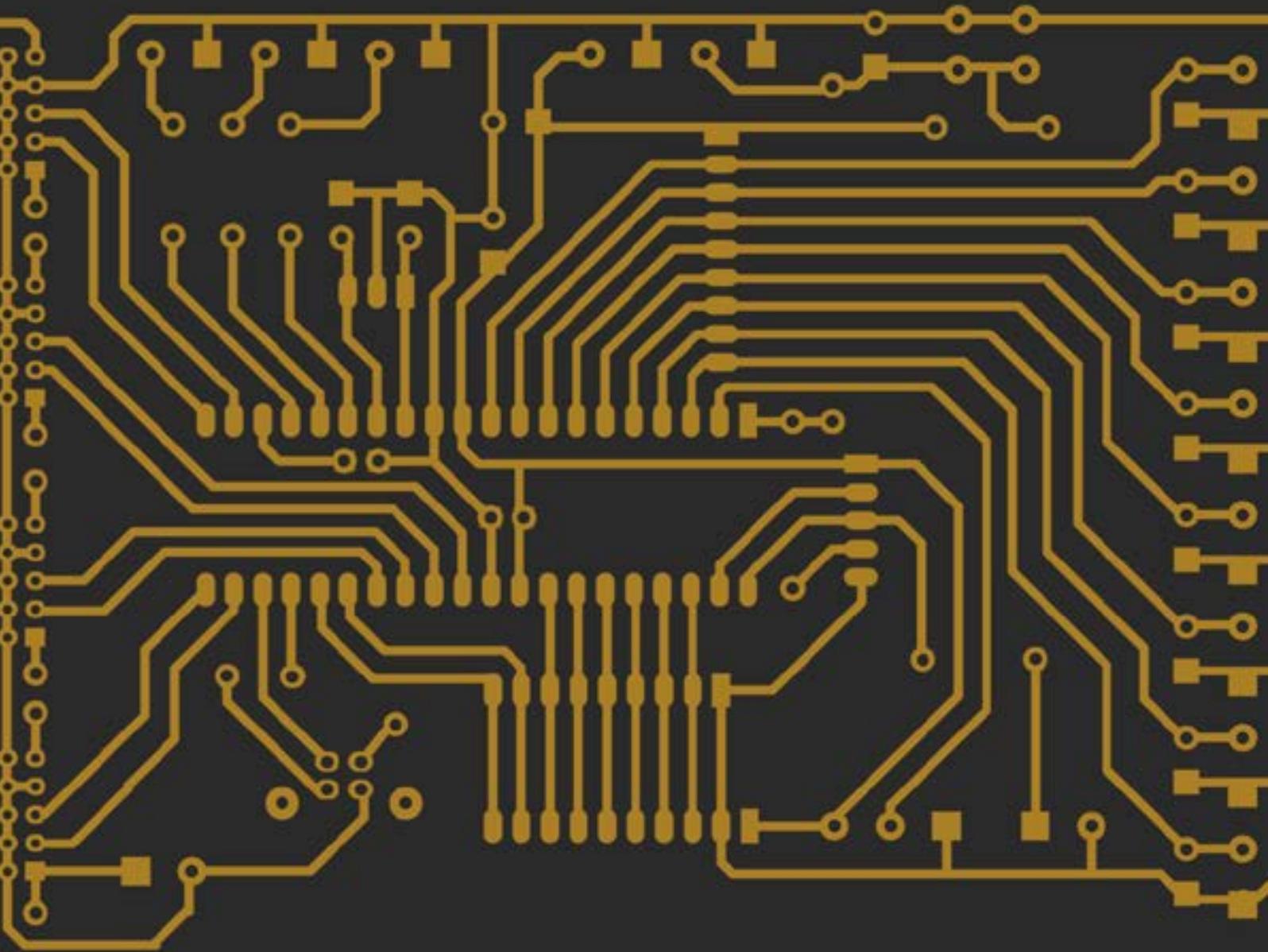


***Altium***<sup>®</sup>

# Die Herausforderungen von tragbaren Geräten meistern



Mark Forbes

Director of Marketing Content

# DIE HERAUSFORDERUNGEN VON TRAGBAREN GERÄTEN MEISTERN

Es besteht keine Zweifel daran, dass tragbare Elektronikgeräte Produkte „mit Durchschlagskraft“ sind. Der Markt für Wearables wird 2016 auf 30 Mrd. \$ prognostiziert und soll bis 2026 auf 150 Mrd. \$ wachsen[1]. Viele dieser Geräte lassen sich ohne Rigid-Flex in der PCB-Technologie einfach nicht bewerkstelligen. Das heißt, dass Elektronikentwickler und PCB-Designer zu Experten beim Design, Test und bei der Herstellung in der tragbaren und „faltbaren“ Welt werden müssen.

Die bekanntesten Produkte sind vermutlich Smartwatches, die mit Smartphones verbunden werden, und Fitness-Tracker, die ebenfalls am Handgelenk getragen werden. Aber neben diesen Verbraucherprodukten haben Wearables vor allem bei Medizingeräten und militärischen Anwendungen Wirkung gezeigt. Jetzt taucht schon die erste intelligente Kleidung auf, bei der praktisch keine festen PCBs mehr verbaut werden können. In diesem Artikel besprechen wir die einzigartigen Eigenschaften von Wearables und die Voraussetzungen für das erfolgreiche Design von Flex- und Rigid-Flex-PCBs.

## KOMPLEXE FUNKTIONEN ERFORDERN KOMPLEXE PCBs

Es versteht sich von selbst, dass ein tragbares Gerät klein sein und praktisch vom Träger nicht bemerkt werden sollte. Bei medizinischen Wearables möchten die Anwender für gewöhnlich auch nicht, dass andere sie bemerken. Erst vor Kurzem waren „tragbare Medizingeräte“ ziemlich groß und mussten an einem Gürtel oder Schultergurt befestigt werden.

Heute sind Wearables überall – Fitness-Tracker im Armbanduhr-Design werden zu einer der führenden tragbaren Geräte. Diese Geräte nutzen Sensoren, um mehrere Parameter zu überwachen und verschiedene fitnessbezogene Werte zu berechnen. Für solche Ansprüche sind sie aber auch sehr klein und erfordern biegsame PCBs. Smartwatches bieten Designern etwas mehr Platz, fordern aber mit ihrem größeren Funktionsumfang auch mehr Rechenleistung.

Tragbare Medizingeräte haben sich zu kleinen, unauffälligen „Aufklebern“ entwickelt, die der Benutzer trägt, um einen bestimmten anatomischen Bereich zu überwachen. Sie sind vollkommen unabhängig und umfassen Elektroden, Klebstoff, Akkus und Rechenleistung auf kleinstem Raum, wie in Abbildung 1 zu sehen.



*Abbildung 1: Tragbare Medizingeräte haben sich auf die Größe eines Verbands verkleinert, enthalten aber eine Menge Speicher und Rechenkraft. Geräte wie diese nutzen dreidimensionale Rigid-Flex-PCBs in großem Umfang. Foto mit freundlicher*

Es versteht sich von selbst, dass ein tragbares Gerät klein sein und praktisch vom Träger nicht bemerkt werden sollte. Bei medizinischen Wearables möchten die Anwender für gewöhnlich auch nicht, dass andere sie bemerken. Erst vor Kurzem waren „tragbare Medizingeräte“ ziemlich groß und mussten an einem Gürtel oder Schultergurt befestigt werden.

Heute sind Wearables überall – Fitness-Tracker im Armbanduhr-Design werden zu einer der führenden tragbaren Geräte. Diese Geräte nutzen Sensoren, um mehrere Parameter zu überwachen und verschiedene fitnessbezogene Werte zu berechnen. Für solche Ansprüche sind sie aber auch sehr klein und erfordern biegsame PCBs. Smartwatches bieten Designern etwas mehr Platz, fordern aber mit ihrem größeren Funktionsumfang auch mehr Rechenleistung.

Tragbare Medizingeräte haben sich zu kleinen, unauffälligen „Aufklebern“ entwickelt, um einen bestimmten anatomischen Bereich zu überwachen. Sie sind vollkommen unabhängig und umfassen Elektroden, Klebstoff, Akkus und Rechenleistung, wie in Abbildung 1 zu sehen.

## DESIGN VON RIGID-FLEX-PCBS

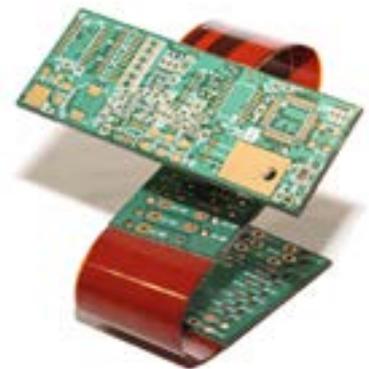
# DIE HERAUSFORDERUNGEN VON TRAGBAREN GERÄTEN MEISTERN

Tragbare Geräte, die am menschlichen Körper auf irgendeine Weise angebracht werden, benötigen biegsame Schaltkreise und sehr dicht bestückte Layouts. Und nicht nur das: Oft sind Leiterplattenformen rund, elliptisch oder sogar noch unregelmäßiger. Aus der Designer-Perspektive braucht es für diese Projekte eine kluge Platzierung und intelligentes Routing. Für derart kleine und dicht bestückte Platinen gestaltet sich die Handhabung unregelmäßiger Formen wesentlich leichter, wenn man über ein PCB-Werkzeug verfügt, das auf Rigid-Flex-Designs optimiert ist.

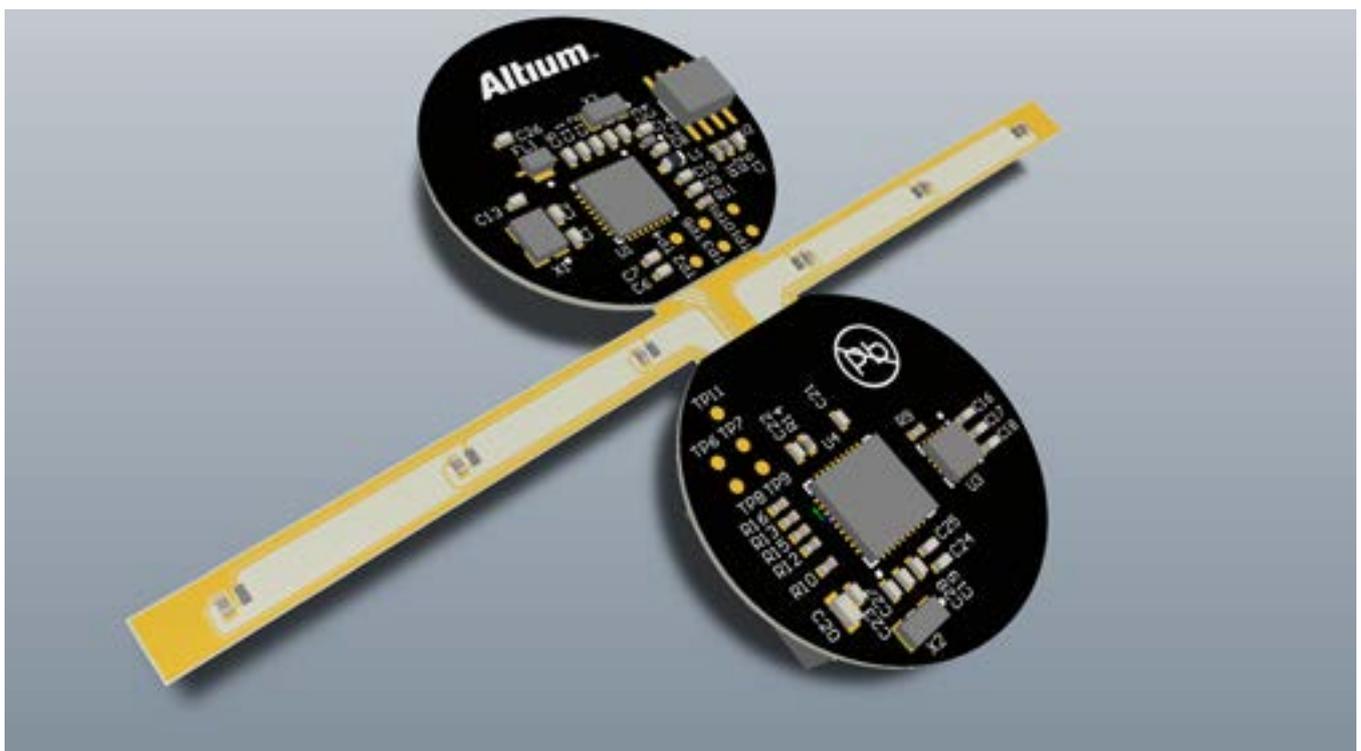
Der Großteil der heute entwickelten PCBs besteht praktisch aus starren Leiterplatten, die Schaltkreise verbinden. Wearables stellen PCB-Designer allerdings vor viele Herausforderungen, die bei steifen Leiterplatten nicht gegeben sind. Wir führen hier einige dieser Probleme und mögliche Lösungswege für Designer auf.

## Dreidimensionales Design

Einer der wesentlichen Vorteile des Rigid-Flex-Designs ist die Möglichkeit, die biegsamen Teile auf jede erforderliche Art und Weise zu falten, um die Elektronik in einem dreidimensionalen Raum unterzubringen. Mit den flexiblen Teilen der Leiterplatte kann die gesamte Baugruppe so gebogen und gefaltet werden, wie es das Gehäuse erfordert. Abbildung 2 zeigt ein typisches Rigid-Flex-Produkt. Drei starre Leiterplatten sind durch flexible Teile miteinander verbunden. Der biegsame Teil wird dann gebogen, damit die starren PCBs



*Abbildung 2: Üblicherweise werden beim Rigid-Flex-Design die Bauteile auf den starren Teilen der Leiterplatte verbaut, die dann mit flexiblen Teilen verbunden werden. Die flexiblen Teile der Leiterplatte ermöglichen eine Biegung der Baugruppe, um sie in das*



*Abbildung 3: PCB-Design-Software mit 3D-Modellierung zeigt Designern genau, wie die PCB-Baugruppe zusammenpasst.*

# DIE HERAUSFORDERUNGEN VON TRAGBAREN GERÄTEN MEISTERN

in das Produktgehäuse passen, und nehmen selbst nur minimal Platz ein.

Es gibt viel mehr Herausforderungen bei Rigid-Flex-Designs als nur die Verbindung von starren Leiterplatten. Die Biegungen müssen präzise definiert werden, damit die starren Teile genau dort liegen, wo sie montiert werden sollen, ohne dass die Übergangspunkte belastet werden. Bis vor Kurzem arbeiteten Entwickler noch mit Papiermodellen, um die PCB-Bestückung zu simulieren. Jetzt gibt es Design-Werkzeuge, die eine 3D-Modellierung der Rigid-Flex-Baugruppe und damit schnelleres

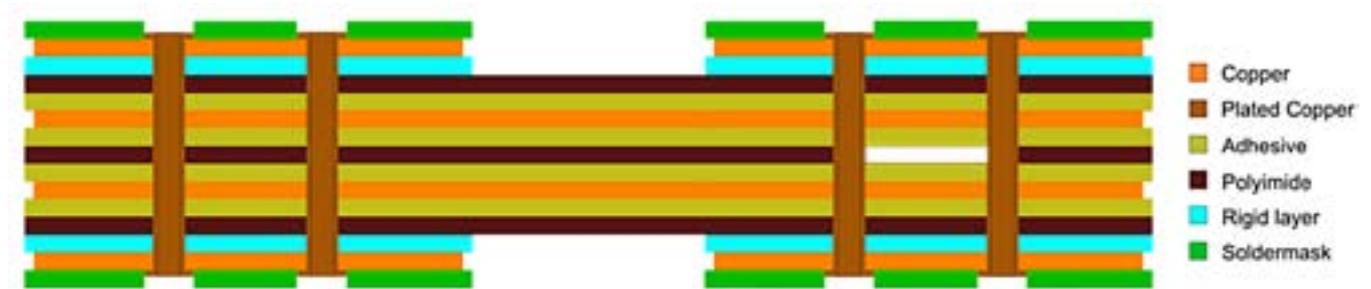


Abbildung 4: PCB-Design-Software sollte Ihnen die Arbeit an der gesamten Baugruppe ermöglichen. Hier befinden sich die starren Leiterplatten jeweils an den Enden und sind durch einen zweischichtigen flexiblen Teil miteinander verbunden.

Design sowie viel mehr Präzision ermöglichen, wie in Abbildung 3 zu sehen ist.

## Rigid-Flex Lagenaufbau

Der Lagenaufbau einer Leiterplatte beschreibt die Anordnung der einzelnen Lagen übereinander. Der Lagenaufbau ist für jedes PCB-Design essenziell, wird aber beim Rigid-Flex-Design noch wichtiger. Die besten Design-Werkzeuge für Rigid-Flex-PCBs ermöglichen Ihnen die Definition eines Lagenaufbaus in den die starren und biegsamen Teile der Baugruppe integriert werden – so wie schließlich auch beim Endprodukt. Bei flexiblen Schaltungen sollte der Biegebereich so ausgelegt sein, dass Leiterbahnen und Pads möglichst wenig belastet werden.

Ein vollständiger Lagenaufbau mit starren Leiterplatten links und rechts sowie dem flexiblen Teil dazwischen ist in Abbildung 4 zu sehen. Die Anzahl der Lagen und der verwendeten Materialien machen das Design noch komplexer. Deshalb ist es wichtig, den Lagenaufbau mit der PCB-Software sorgfältig zu planen, damit die gesamte Baugruppe gehandhabt werden kann.

## Die Biegen der Flex-Leiterplatte

Die Fähigkeit, die endgültige Baugruppe aus starren und flexiblen Teilen zur Einpassung in ein Produktgehäuse zu gestalten, ist der Hauptvorteil von biegsamen Leiterplatten. Natürlich sorgt das für eine Reihe von Problemen, die bei starren PCBs nicht auftreten, zum Beispiel die Belastungen durch das Biegen der flexiblen Teile einer Leiterplatte.

Hier sind vier Tipps, die Sie bei Ihrem nächsten Rigid-Flex-Design

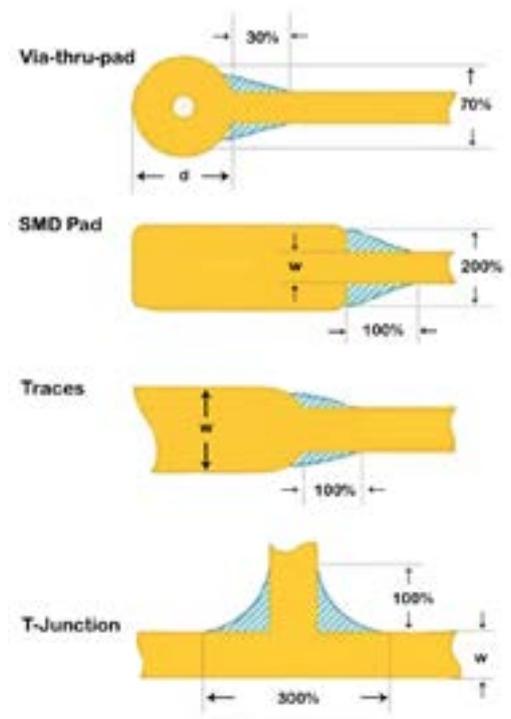


Abbildung 5: Tropfenförmige Pads verstärken die Leiterbahnenstärke und steigern den Fertigungsertrag.

# DIE HERAUSFORDERUNGEN VON TRAGBAREN GERÄTEN MEISTERN

---

berücksichtigen sollten:

- 1. Zuverlässigkeit der Leiterbahnen steigern:** Die Biegung von flexiblen Leiterplatten bedeutet, dass die Ablösung von Kupfer wahrscheinlicher als bei der starren Leiterplatte ist. Die Haftkraft des Kupfers auf dem Trägermaterial ist geringer als auf FR4. Die meisten Leiterplattenhersteller empfehlen plattierte Durchkontaktierungen und Ankerstichleitungen an SMT-Pads sowie die kleinstmögliche Öffnung bei der Beschichtung.
- 2. Leiterbahnen und Durchkontaktierungen mit Teardrops verstärken:** Wenn die Biegung des Trägermaterials nicht kontrolliert erfolgt, kann das zur Schichtablösung und zum Produktausfall führen. Leiterbahnen und Durchkontaktierungen können jedoch verstärkt werden, um die Ablösung zu verhindern. Ersetzen Sie runde Pads einfach durch tropfenförmige Pads (Abbildung 5). Tropfenförmige Pads liefern mehr Materialstärke, verstärken das Pad und verhindern eine Ablösung. Außerdem können tropfenförmige Pads in der Herstellung auch weniger Ausschuss erzeugen, weil sie eine höhere Bohrtoleranz zulassen.
- 3. Leiterbahnen auf doppelseitigen Flex-Schaltungen versetzt anordnen:** Wenn Sie die Leiterbahnen auf doppelseitigen Flex-Schaltungen übereinander anordnen, kann das zu Problemen mit der Verteilung der Materialspannung führen (insbesondere an der Biegung). Zum Ausgleich der Belastungen sowie für mehr Flexibilität sollten Sie einen Versatz zwischen Leiterbahnen auf doppelseitigen Flex-Leiterplatten vorsehen.
- 4. Rechte Winkel auf Leiterbahnen vermeiden:** Die Ecken von Leiterbahnen sind einer wesentlich höheren Biegebelastung ausgesetzt als gerade Pfade. Mit der Zeit kann es an Ecken zur Schichtablösung und zum Produktausfall kommen. Mit geraden Pfaden vermeiden Sie eine Ablösung. Wenn die Leiterbahnen die Richtung ändern müssen, können Sie Kurven oder stückweise geradlinige Kurven verwenden, um rechte Winkel zu vermeiden.

## HERSTELLUNG

Die Qualifizierung mehrerer Hersteller ist in den meisten Firmen Standard, aber die Qualifizierung von Herstellern von Rigid-Flex-PCBs ist ein wenig schwieriger als bei den üblichen Herstellern von starren Leiterplatten. Wenn Sie sicherstellen wollen, dass Ihre Rigid-Flex-Baugruppe ordnungsgemäß gefertigt wird, sollten Sie die Hersteller genau unter die Lupe nehmen und Ihre Anforderungen klar formulieren.

Die beste Herangehensweise an die Herstellung ist es, diese von Beginn des Designs an zu berücksichtigen. Sie können mit den Herstellern kommunizieren, um jederzeit zu gewährleisten, dass Ihr Design ihren Anforderungen entspricht. Außerdem können Sie die Anforderungen der Hersteller in Ihre DFM- und DRC-Regeln berücksichtigen. Am wichtigsten ist jedoch die Verwendung von Normen wie der IPC-2223 zur Kommunikation mit Ihren Herstellern.

Die Fertigungsdaten müssen zur Übergabe an Ihren Hersteller zusammengestellt werden. Das Format gerber kann bei starren PCBs funktionieren, aber bei komplexeren Rigid-Flex-Baugruppen empfehlen sowohl die Anbieter von PCB-Softwarewerkzeugen als auch Hersteller die Verwendung von intelligenten Datenaustauschformaten. Die beiden beliebtesten intelligenten Formate sind ODB++ (Version 7 oder neuer) und IPC-2581, weil diese Anforderungen an den Lagenaufbau beinhalten.

## WERDEN SIE EXPERTE FÜR RIGID-FLEX-DESIGN

Wearables erfordern das, was herkömmliche PCBs nicht leisten können: Biegsamkeit, Dehnbarkeit und Beweglichkeit beim Tragen oder bei der Anbringung am menschlichen Körper. Kombinationen aus starren PCBs, auf denen der Großteil oder alle Bauteile platziert sind, werden durch flexible Teile verbunden, die sich bei Körperbewegungen biegen lassen und den Designern die Ausführung faltbarer 3D-Baugruppen ermöglichen.

Das Design flexibler Leiterplatten birgt mehr Herausforderungen als die Entwicklung starrer Leiterplatten. Am wichtigsten ist der Lagenaufbau: er muss funktionsgerecht aber auch langfristig zuverlässig sein. Da bei der Biegung starke Kräfte auf das Kupfer wirken, müssen Sie mit Verfahren arbeiten, welche die Leiterbahnen und Pads verstärken und die Haftkraft

# DIE HERAUSFORDERUNGEN VON TRAGBAREN GERÄTEN MEISTERN

---

gewährleisten. Schließlich müssen Sie sowohl bei der Suche nach und der Kommunikation mit Rigid-Flex-Herstellern sorgfältiger arbeiten.

Altium Designer® bietet das reichhaltigste Werkzeugangebot für die Arbeit mit Rigid-Flex-Designs. Sie können den Lagenaufbau definieren und 3D-Modelle des PCBs erstellen. Tropfenförmige Pads und Zuverlässigkeitsoptimierungsverfahren lassen sich schnell und einfach realisieren. Und zur vollständigen Übergabe an die Fertigung können Sie Ihre Herstellungs-Ausgabedaten entweder im Format ODB++ oder IPC-2581 erstellen.

## LITERATUR

[1] [Wearable Technology 2016-2026: James Hayward, Dr. Guillaume Chansin, Harry Zervos: IDTechEx.](#)

[Lesen Sie mehr zum Thema Lagenaufbau](#)

[Lesen Sie mehr über das Arbeiten in nativem 3D](#)

[Visualisierung Ihres Rigid-Flex-Designs vor der Prototyp-Herstellung](#)