



# UNSERE FLEX-LÖSUNGEN

Wie viel Flexibilität brauchen Sie?



# AGENDA

- 1** Das ganze Spektrum im Bereich der Flex-Lösungen
- 2** Flexibilität oder Biegbarkeit: Was leisten die unterschiedlichen Varianten?
- 3** Digital verfügbare Stackups für Ihre EDA Software
- 4** Projektspezifische Optimierung
- 5** Flexibilität und Kosten im Verhältnis



**Klaus Schill-Mulack**  
Projektmanagement



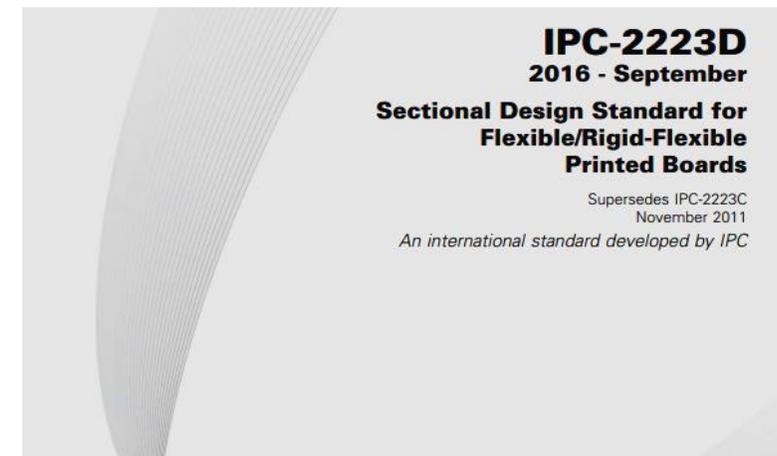
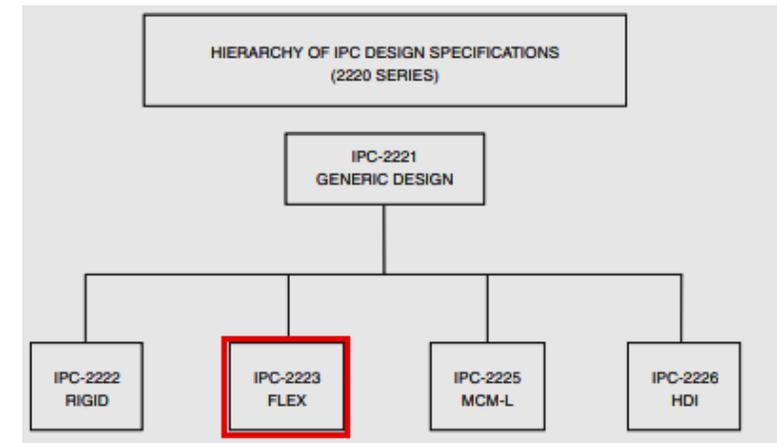
# SPEKTRUM DER WE FLEX-LÖSUNGEN

## IPC Standards



### IPC-2223 (D) – Design für flexible und starrflexible Leiterplatten

- Dielektrische flexible Folien aus Polyimid oder Polyester
- Kupferfolien aus ED oder RA-Kupfer
- Komplette flexibel oder eine Kombination aus starrer und flexibler Leiterplatte
- Verwendung A: Flex-to-install / statisch
- Verwendung B: dauerhafte, spezifizierte Biegebeanspruchung / dynamisch
  
- Biegung = Dehnung und Stauchung

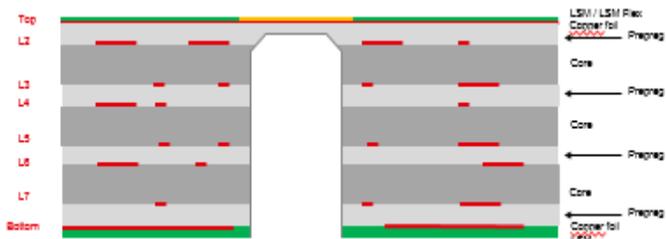


# SPEKTRUM DER WE FLEX-LÖSUNGEN

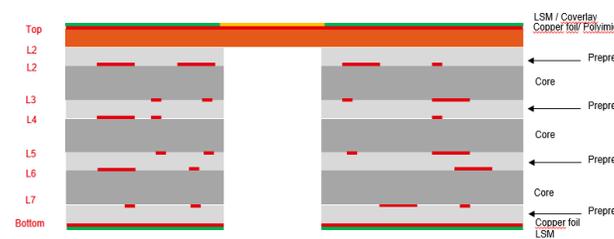
## Typische Lagenaufbauten



### SEMI.flex / BEND.flex



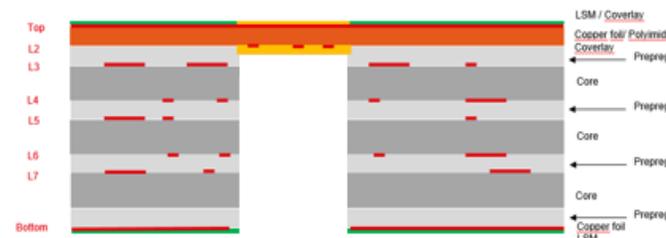
### RIGID.flex 1F-7Ri



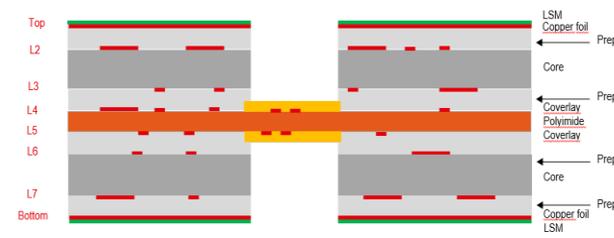
### PURE.flex 2F



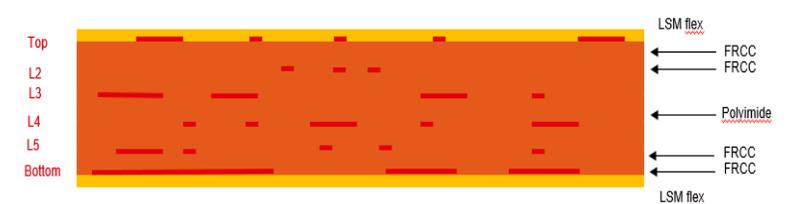
### RIGID.flex 2F-6Ri



### RIGID.flex 3Ri-2F-3Ri



### SLIM.flex 6F



# SPEKTRUM DER WE FLEX-LÖSUNGEN

## SEMI.flex / BEND.flex



### SEMI.flex



- Starres Material, nur Tg 135
- ED-Kupfer + galvanisch Kupfer
- Flexibler Lötstopplack im Flexbereich
- Z-Achsen kontrolliertes Tiefenfräsen, Fräser 45°Phase
- Anfräsen der Glas/Harzmatrix
- Kupfer nur im Außenradius

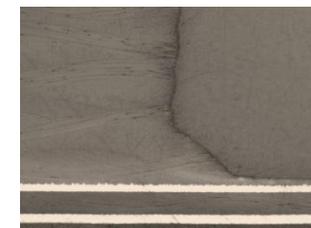
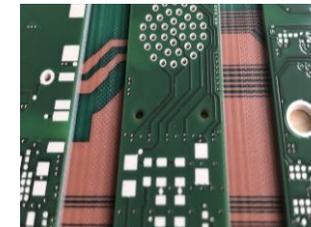
### BEND.flex



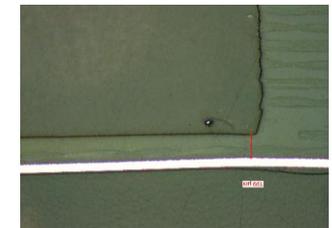
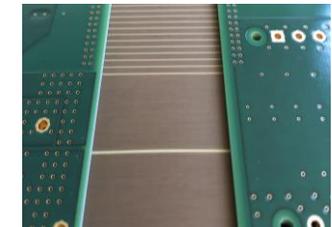
- Starres Material, Tg135 - Tg170
- ED-Kupfer + galvanisch Kupfer
- Coverlay oder flexibler Lötstopplack
- Einsatz von Spacer, FR4-Kerne, Lowflow-Prepreg
- Kupfer im Innen-oder Außenradius erlaubt

### Direkter Vergleich:

#### SEMI.flex



#### BEND.flex



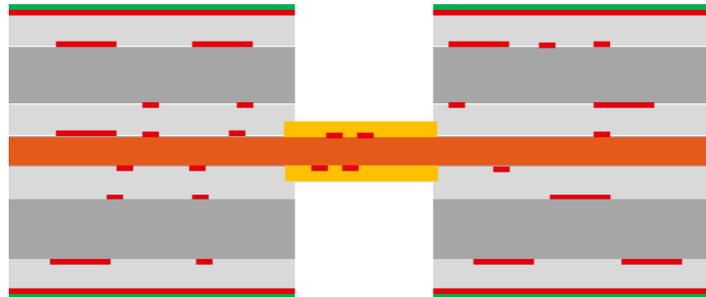
# SPEKTRUM DER WE FLEX-LÖSUNGEN

## RIGID.flex

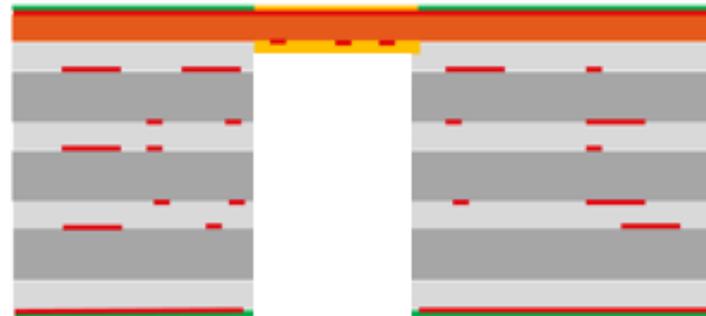


- Multilayer Lagenaufbau mit Polyimid
- Z-Achsen kontrolliertes Tiefenfräsen
- Einsatz von Spacer, Lowflow-Prepreg
- Starres Material Tg 130-220
- Polyimid kleberlos
- Coverlay im Flexbereich
- RA oder ED-Kupfer

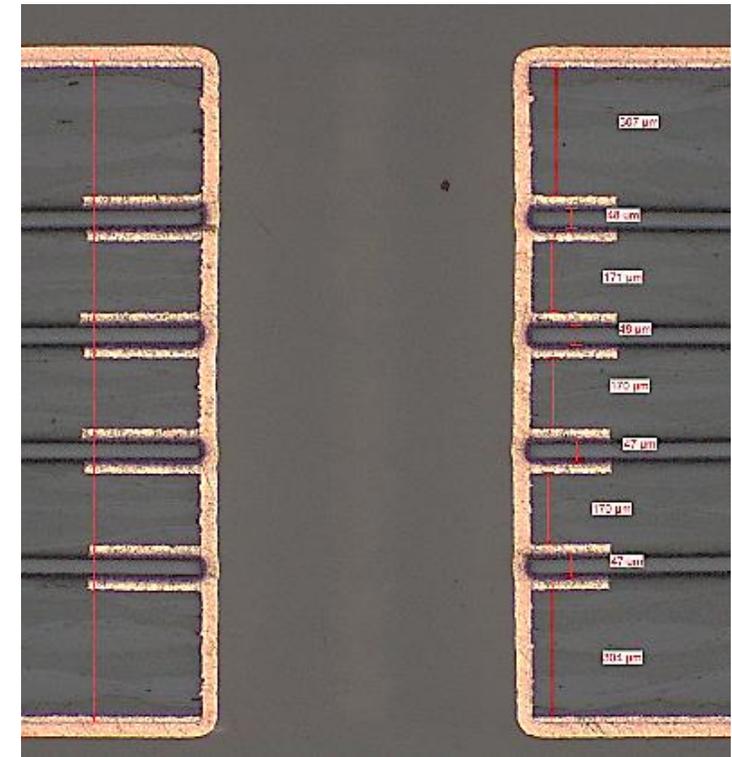
### ▪ Aufbau xRi-2F-xRi



### ▪ Aufbau 2F-xRi



### ▪ Mikroschliff 1Ri-8F-1Ri



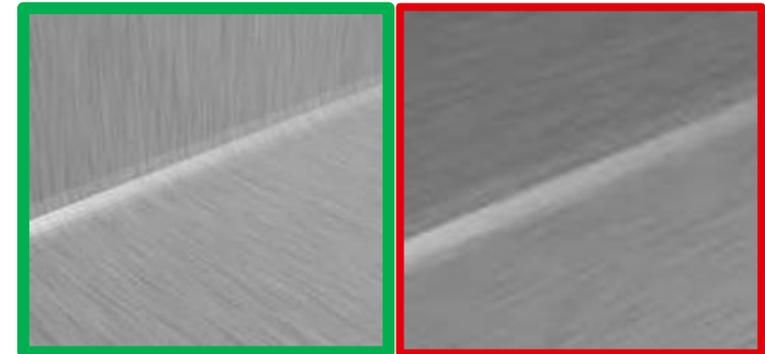
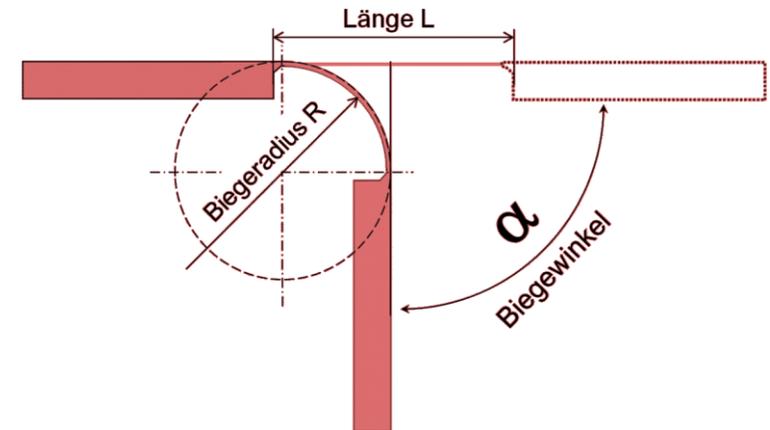
# FLEXIBILITÄT ODER BIEGBARKEIT

## Definitionen



Jedes Leiterplatten-Material ist flexibel, wenn es dünn genug ist

- **Steifigkeit** beschreibt den Widerstand eines Körpers gegen elastische Verformung.
- **Flexibilität** beschreibt die Anpassungsfähigkeit an wechselnde Umstände. Fähigkeit, sich leicht zu biegen oder zusammenzudrücken.
- **Biegbarkeit** beschreibt die Umformung. In der Umformzone wirken Biegespannungen.
- **Biegeradius** beschreibt den Radius, mit dem ein Material ohne zu knicken gebogen werden kann. Dabei wird das Material so eng wie möglich um  $180^\circ$  gebogen. Der Radius wird dabei an der Innenseite des Materials bestimmt.
- **Walzrichtung** beschreibt die Streckung des Kupfers durch Walzen. Es entsteht ein faserartiges Werkstoffgefüge, siehe Bilder rechts. Die Dehnung der Fasern stellt sich immer in Walzrichtung ein.



# FLEXIBILITÄT ODER BIEGBARKEIT

## Statische Beanspruchung



- Die Biegeradien so groß wie möglich halten
- Aufbau der flexiblen Lagen mit Polyimid oder FR4
- Der minimale Biegeradius sollte die zehnfache Dicke des fertigen flexiblen Leiterplattenbereichs betragen
- Flexible Leiterplattenbereich sollten vorzugsweise ihrem natürlichen Kurvenverlauf in der Biegung folgen können
- Bei FR4-Semiflex-Leiterplatten kann der Einsatz einer Biegeunterstützung / Vorformung sinnvoll sein
- FR4-Material  $>250\mu\text{m}$  und Polyimid mit  $>4$  Kupferlagen im Flexbereich sind als biegesteif zu bezeichnen

- Richtwerte für die Praxis:

Aufbau Cu 35 $\mu\text{m}$	Dicke ca. ( $\mu\text{m}$ )	Rmin (mm)
Flex 1-lagig	120	$>1,2$
Flex 2-lagig	200	$>2$
Flex 4-lagig	300	$>6$
FR4 1-lagig	200	$>5$
FR4 2-lagig	300	$>8$

# FLEXIBILITÄT ODER BIEGBARKEIT

## Dynamische Beanspruchung



- Aufbau flexibler Lagen ausschließlich mit Polyimid/ Acrykleber
- Die neutrale Achse sollte sich in der Mitte der Flexlage befinden. Auf beiden Seiten der Leiterbahn identische Materialien verwenden
- Verwendung von RA-Kupfer und Ausrichtung der Walzrichtung parallel zur Biegerichtung
- Keine Durchkontaktierungen im Biegebereich (ED-Kupfer)

### DuPont™ Pyralux® AP

All-Polyimide Double-Sided Copper-Clad Laminate  
Flexible Circuit Materials

Property	AP9121 Typical Value	Test Method
Flexural Endurance, cycles	6,000	IPC-TM-650 2.4.3

- Richtwerte für die Praxis:

Aufbau Cu 35µm	Dicke ca. (µm)	Rmin (mm)
Flex 1-lagig	120	>12
Flex 2-lagig	200	>30
Flex 4-lagig	nicht empfohlen	

- Leiterbahnen in zweiseitigen Leiterplatten dürfen nicht direkt übereinander angeordnet werden:

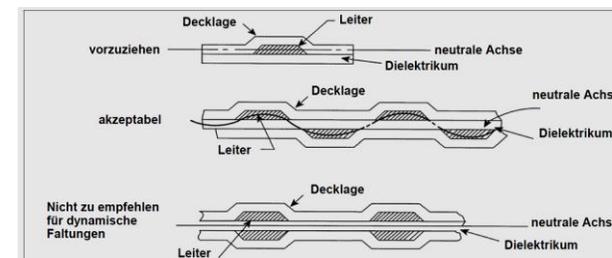
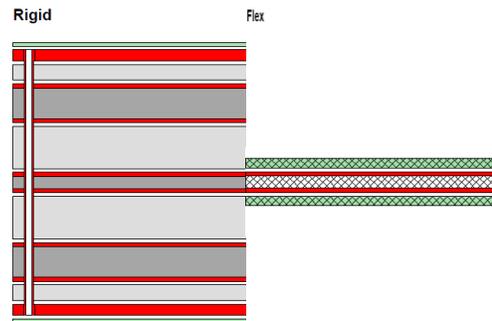


Bild 5-8 Neutrale Zonen bei Biege-/ Faltbereichen

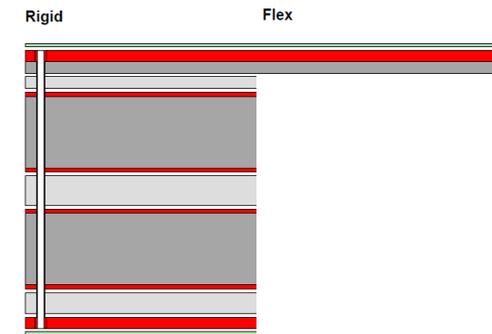
Quelle: IPC-2223

# DIGITALE STACKUPS

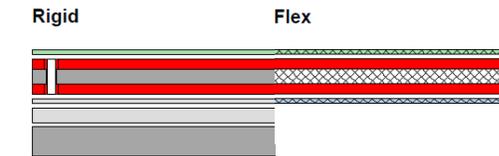
## ■ Starrflex, Flex innen



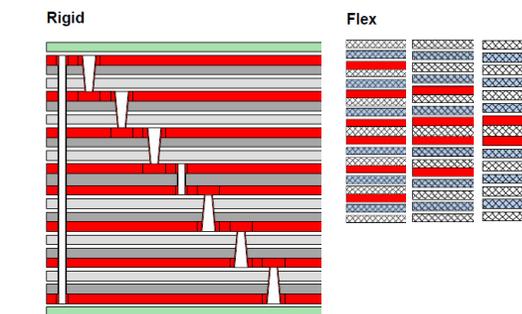
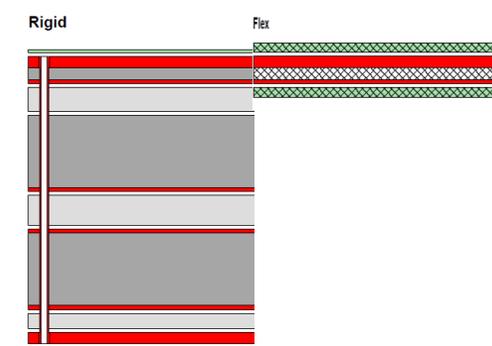
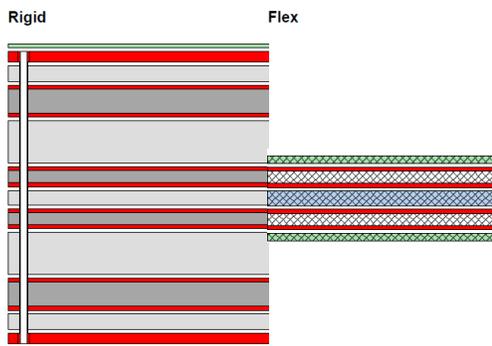
## ■ Starrflex, Flex außen



## ■ Flex mit Stiffener



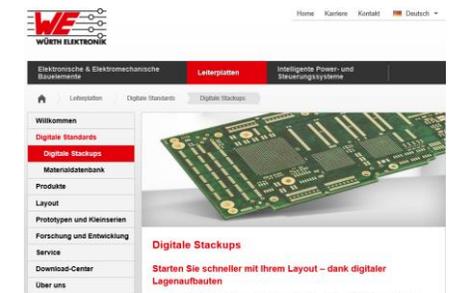
## ■ SLIM.flex



## EDA Tools:

- Cadence OrCAD / Allegro
- Altium AD20
- IPC-2581
- weitere Tools sind geplant

## ■ LINK

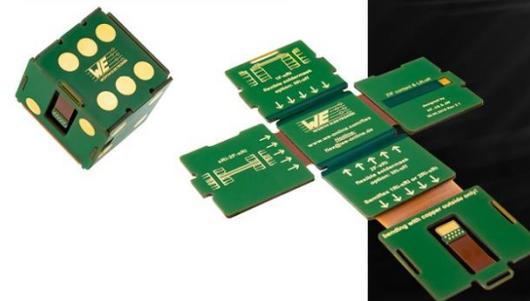
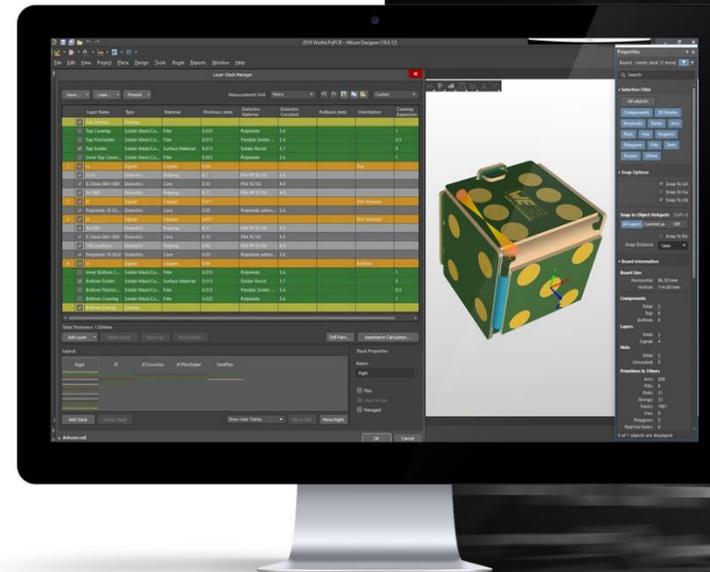
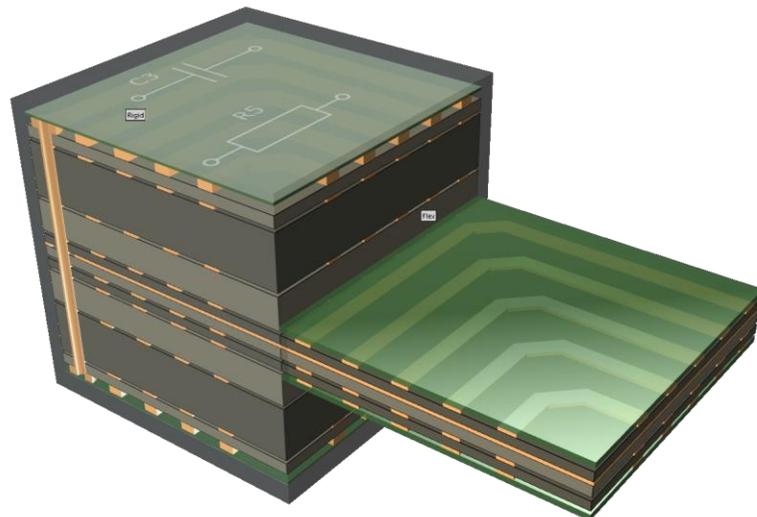


# DIGITALE STANDARD STACKUPS

Starten Sie schneller mit Ihrem Layout



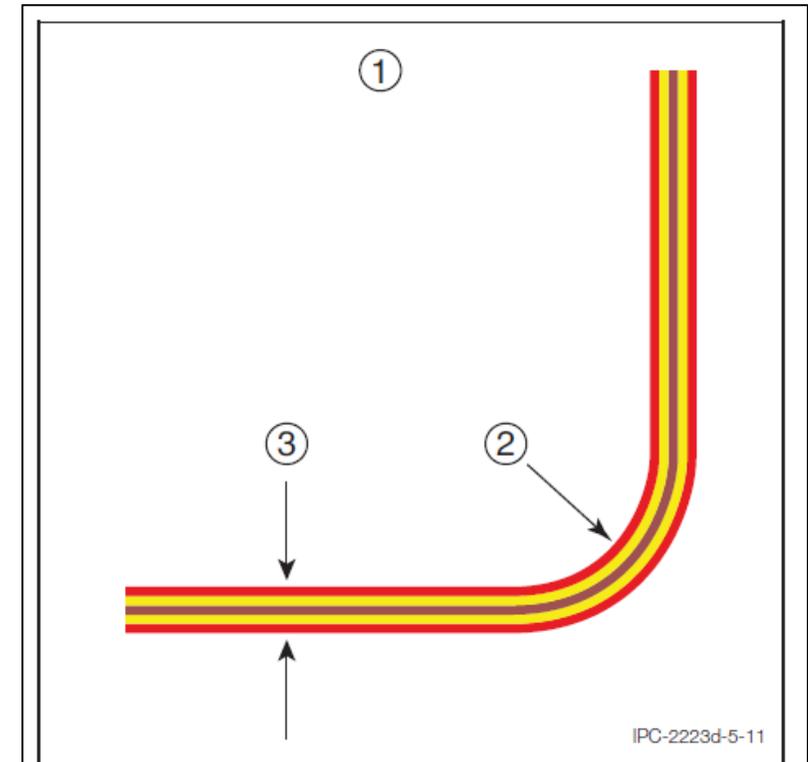
- Fehler vermeiden
- Produktivität erhöhen
- Zuverlässigkeit designen
- Sicherheit erreichen



# PROJEKTSPEZIFISCHE OPTIMIERUNG

## Einflussfaktoren

- LP-Material im Biegebereich  
Polyimid von 25-125 $\mu\text{m}$ , >10 verschiedene Coverlaytypen
- LP-Dicke im Biegebereich >130 $\mu\text{m}$
- Kupfertype (ED / RA...Walzrichtung)
- Design: Leiterführung, Rasterung
- Nutzensauslegung
- Verarbeitungsempfehlungen



**Figure 5-11 Definition of Bend Ratio**

**Note 1:** Bend ratio = Bend radius / Circuit Thickness.

**Note 2:** Bend radius.

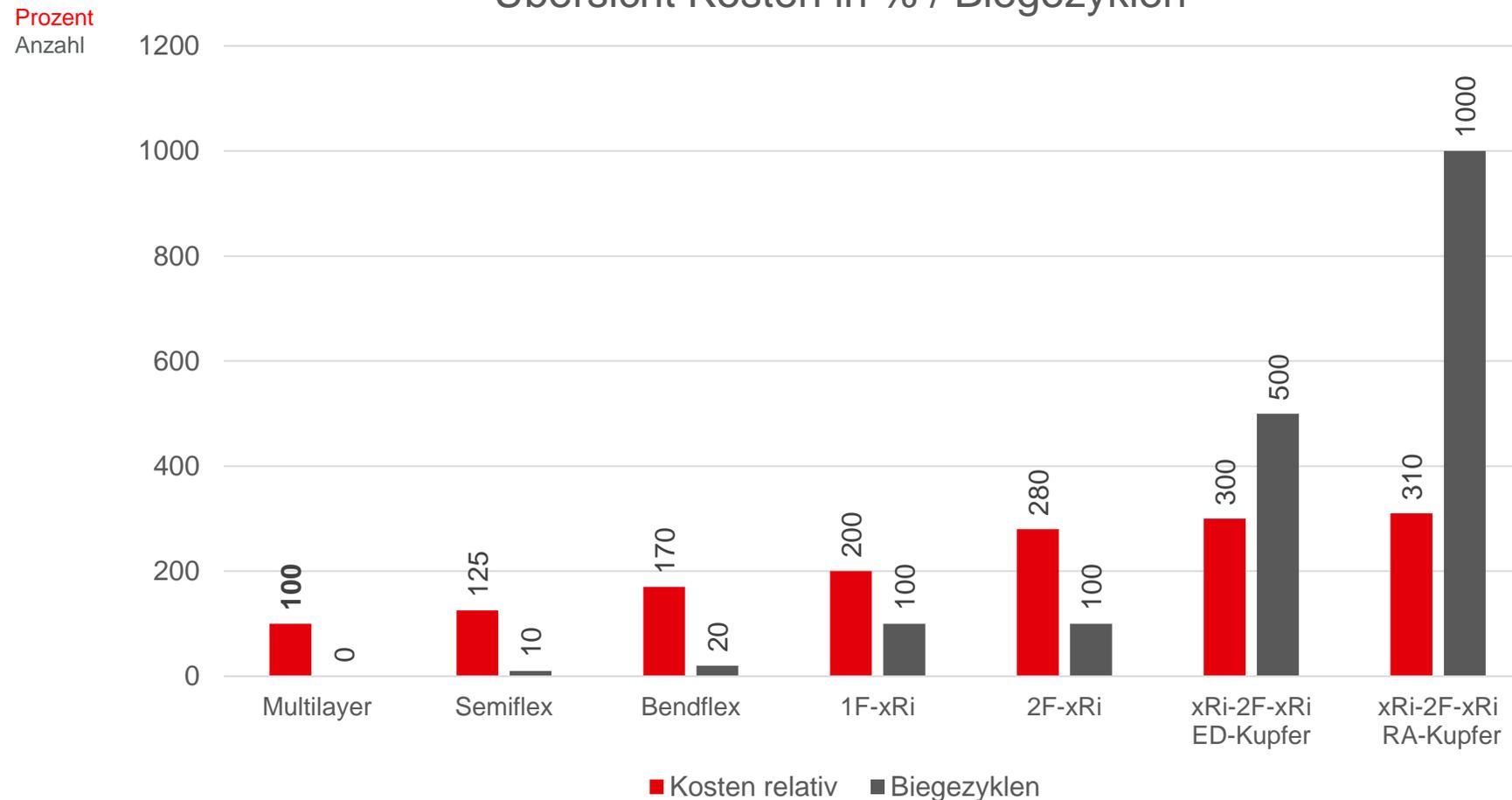
**Note 3:** Circuit thickness.

# FLEXIBILITÄT UND KOSTEN IM VERHÄLTNIS

## Eine Abschätzung



Übersicht Kosten in % / Biegezyklen



**VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!**



**Welche**

**Applikation**

**haben Sie?**

**Wie können wir**

**Sie unterstützen?**

**Kontakt:  
flex@we-online.de**