

# Verbesserte Wanddickenverteilung des Vorformlings beim Blasformen

**Flexringwerkzeuge.** Die Möglichkeit, den Fließkanalspalt an beliebigen Positionen über den Umfang eines Werkzeugs verändern zu können, eröffnet völlig neue Perspektiven für das Extrusionsblasformen. Es wird nicht nur die Herstellung von noch komplexeren Teilen ermöglicht, sondern darüber hinaus wird mit der Flexringtechnologie auch der Anwendungsbereich für eine dynamische Wanddickensteuerung auf alle vorkommenden Werkzeuggeometrien ausgedehnt.

## HEINZ GROSS

Die Geometrien von blasgeformten Behältern werden immer komplexer. Verantwortlich dafür sind meist rein technische Anforderungen. Häufig sind es aber auch Designer, die losgelöst von technischen Aspekten die Formteilgeometrie bestimmen. Dem Teilehersteller kann es prinzipiell egal sein, womit die jeweilige Geometrie des Teils, das er herstellen soll, begründet wird. Seine Aufgabe ist es, mit dem ihm zur Verfügung stehenden technischen Handwerkszeug, das Teil in einer möglichst optimalen Wanddickenverteilung herzustellen.

Um im Vorformling gezielte Wanddickenunterschiede zu erzeugen, lassen sich die Düse und der Dorn über den Umfang mit einem Profil versehen sowie bei Verwendung eines verschiebbaren konischen Dorns die Wanddicke in axialer Richtung beeinflussen. Dies führt aber oft zu einer nicht erwünschten Kopplung zwischen der axialen und der radialen Wanddickensteuerung, so dass immer ein Kompromiss bezüglich der optimalen Wanddickenverteilung in den beiden Richtungen erforderlich ist. Besitzt das herzustellende Teil eine sehr komplexe Geometrie, so lässt sich eine optimale Wanddickenverteilung nur noch über eine dynamische Veränderung der Dicke des Vorformlings in axialer und in radialer Richtung erreichen. Für die radiale Wanddickensteuerung steht dem Teilehersteller, neben der seit Jahren verwendeten PWDS-Technik,

nun mit der Entwicklung der Flexringtechnologie eine interessante Alternative zur Verfügung. Sie ermöglicht eine viel genauere bzw. gezieltere Wanddickenänderung im Vorformling.

## Ausgangssituation

Bei einer runden Vorformlingsgeometrie besitzen die herzustellenden Blasformteile oft stark variierende Verstreckverhältnisse über ihrer Außenfläche. Je größer die lokalen Unterschiede im Verstreckverhältnis im konkreten Teil sind, umso interessanter wird es, die Wanddickenverteilung des Vorformlings über seinen Umfang zu verändern, um auch an jeder Stelle des Blasformteils die gewünschte Wanddicke erreichen zu können.

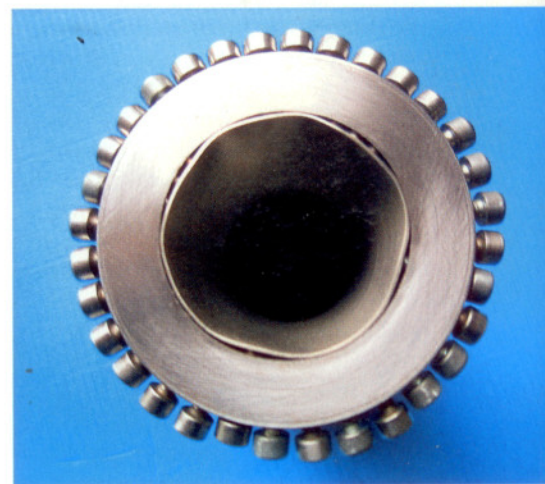
Bereits vor vielen Jahren wurde speziell für diese Aufgabenstellung das PWDS-System entwickelt [1, 2]. Es kann aber nur ab einem Werkzeugdurchmesser von 60 mm und größer sinnvoll eingesetzt werden. Aber auch dann sind die verfahrenstechnischen Möglichkeiten dieses Systems bezüglich der realisierbaren Geometrie und der damit erreichbaren Wanddickenunterschiede im Vorformling eingeschränkt. Darüber hinaus handelt es sich um eine technisch sehr aufwändige Lösung, die recht kostspielig ist.

## Technische Anforderungen

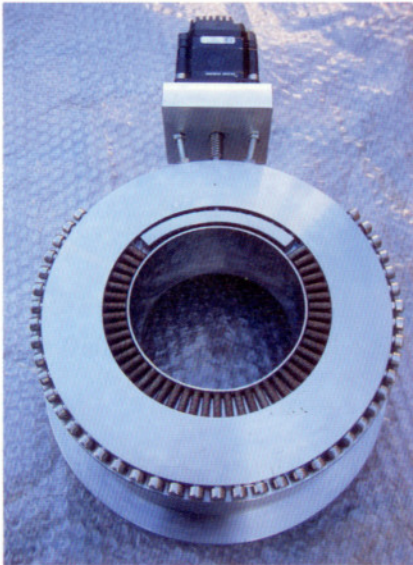
Somit war es Ziel bei der Entwicklung der Flexringtechnologie, eine einfachere Lö-

sung zu entwickeln, die aber für alle im Blasformverfahren üblicherweise eingesetzten Werkzeugdurchmesser verwendet werden kann und die eine viel feinfühligere Beeinflussung der Wanddickenverteilung des Vorformlings ermöglicht. Über diese zentrale Forderung hinaus sollte

- eine große Freiheit in der Gestaltung der Fließkanalgeometrie erhalten bleiben,
- das Werkzeug natürlich dem beim Verfahren üblicherweise auftretenden Druck standhalten,
- durch die Integration der neuen Technik in das Werkzeug keine neue Trennebene geschaffen werden, ▶



**Bild 1.** Testwerkzeug mit 32 Stellschrauben, bei dem die Flexringhülse zu Demonstrationszwecken in extremer Weise rein linear elastisch verformt worden ist



**Bild 2.** Ursprünglich für eine statische Einstellung konzipiertes Testwerkzeug, bei dem nachträglich Stellschrauben durch einen elektromotorisch bewegten Stellbacken ausgetauscht worden sind

- das System möglichst keine neuen Bereiche schaffen, an denen Leckagen auftreten können,
- bei einer Verstellung der Fließkanalgeometrie nach Möglichkeit keine Totstelle im Fließkanal entstehen,
- das Gesamtsystem korrosionsfest und damit für alle denkbaren Werkstoffe einsetzbar sein,
- das Stellsystem einfach anzusteuern sein und
- hohe Stellgeschwindigkeit möglich sein.

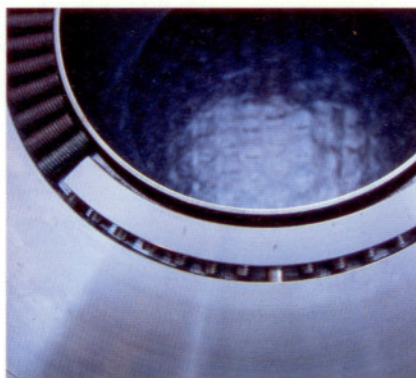
**Technische Lösung**

Es wurde eine völlig neue Fertigungstechnologie entwickelt, um Einsätze (Flexringhülsen) für Blasformwerkzeuge herstellen zu können, die partiell mehrwandig ausgeführt sind [3]. Diese Flexringhülsen lassen sich in einfacher Weise in konventionellen Werkzeugen nachrüsten bzw. in solche integrieren. Sie sind an einem Ende massiv dickwandig und besitzen dort einen konventionellen Flanschbund, mit dem sie im modifizierten Außenring gehalten werden. Die Unterseite des Flansches bildet den Dichttrand, der ohnehin in der Zentriertrennebene erforderlich ist. In diesem Werkzeugbereich ergeben sich somit keine grundsätzlichen Änderungen gegenüber einem konventionellen Werkzeug.

Das obere Ende einer Flexringhülse, das den Werkzeugmund bildet, ist dagegen mehrwandig ausgeführt, um genau dort den Fließkanalspalt lokal begrenzt

verändern zu können. Dies ist insofern besonders vorteilhaft, da Änderungen des Fließkanalwiderstands direkt am Ende des Werkzeugs erheblich wirkungsvoller sind, als solche, die im Inneren des Werkzeugs vorgenommen werden. Um einerseits dem Innendruck der Schmelze standzuhalten, auf der anderen Seite aber trotzdem flexibel deformierbar zu sein, setzt sich die Fließkanalwand in diesem Bereich nun aus einer Vielzahl extrem dünner, übereinander geschachtelter Einzelwände zusammen.

Die natürliche Biegelinie einer derartigen „blattfederartig“ aufgebauten Flexringhülse ist sehr kurz. Somit bietet sich die Möglichkeit, sie nahezu an beliebigen Stellen über dem Umfang sehr feinfühlig rein linear elastisch zu deformieren. Bild 1 zeigt am Beispiel eines Flexringwerkzeugs, das einen Durchmesser von nur 43 mm besitzt, in welcher extremer Weise ein solcher mehrwandig ausgeführter Flexring verformt werden kann, ohne dass dadurch plastische Verformungen auftreten. Da sich der Fließwiderstand in



**Bild 3.** Verstellbacken mit integrierten Madenschrauben zur Feineinstellung der aktiven Stellbackenkontur



**Bild 4.** Blasgeformte Flaschen mit extremer Dünnstelle, die zu Demonstrationszwecken durch kurzfristiges lokales Zustellen des Fließkanalspalts am Werkzeug mit Hilfe des Stellbackens erzeugt worden ist

einer Schlitzströmung mit der dritten Potenz der Größe des Fließkanalspalts ändert, lassen sich auf diese Weise sehr große lokale Wanddickenänderungen im Vorformling erzeugen. Trotzdem entstehen aber beim Einsatz eines Flexringwerkzeugs keine scharfen Sprünge im Fließkanal, die zu Totstellen führen könnten, da sich die Geometrie der Flexringhülse im verformten Bereich grundsätzlich allmählich verändert.

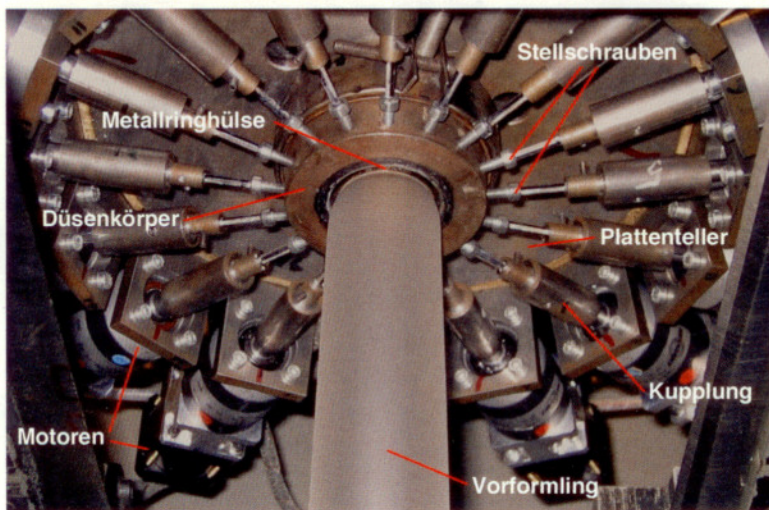
Über 32 Stellschrauben lässt sich eine viel gezieltere und auf das Endprodukt abgestimmte Wanddickenverteilung im Vorformling erzeugen als über nur vier Stellpositionen, wie beim etablierten PWDS-System. Zusätzlich gibt es bei der konventionellen Lösung noch die Einschränkung, dass dabei jeweils 2 Stellpositionen immer genau gegenüberliegend angeordnet werden müssen.

Es ist natürlich nicht sinnvoll, an 32 Stellpositionen in einer Produktionsanlage eine dynamische Verstellung vorzunehmen. Sowohl bei dem in Bild 1 dargestellten Werkzeug als auch bei dem in Bild 2 gezeigten handelt es sich um Technikumwerkzeuge. Sie erlauben, dass im Rahmen der Auslegung eines Werkzeugs für ein neues Produkt schnell und kostengünstig die optimale Fließkanalkontur ermittelt werden kann. Dabei kann mit Hilfe einer rein statischen Verstellung die geeignete Profilierung des Fließkanalspalts über dem Umfang des Werkzeugs für jede Längenposition des Vorformlings ermittelt werden. Zielgerichtet lässt sich somit die Geometrie nach jedem Schuss entsprechend dem erzielten Ergebnis optimieren.

**Erste Versuchsergebnisse auf Produktionsanlagen**

Ein solches Werkzeug, das ursprünglich für eine rein statische Einstellung konzipiert worden ist, lässt sich, wie in Bild 2 gezeigt, aber auch in einfacher Weise in ein dynamisch gesteuertes Produktionswerkzeug umbauen. In einem Teilbereich wurden dazu die Stellschrauben entfernt und durch einen Stellantrieb ersetzt, dessen Achse eine lineare Vorschubbewegung ausführt. Diese Achse ist fest mit einem Verstellbacken verbunden, mit dem die Flexringhülse über einen größeren Umfangsbereich lokal begrenzt verformt werden kann. Im Verstellbacken sitzen wiederum über der Breite verteilt 14 kleine Madenschrauben (Bild 3), mit deren Hilfe die Geometrie der Backe in einfacher Weise den Erfordernissen des Produkts angepasst werden kann. ▶

**Bild 5.** Flexringversuchswerkzeug des IKV mit einem Durchmesser von 35 mm, das mit 16 Stellantrieben ausgerüstet ist [3]



Aufgrund der geringen Masse, die bei diesem System zu beschleunigen ist, können sehr schnelle Stellbewegungen ausgeführt werden. Um zu demonstrieren, was mit der Flexringtechnik möglich ist, wurde in einem Testversuch mit Hilfe des Stellantriebs der Fließkanalspalt während des Austrags des Vorformlings an einer Stelle für 0,3 s lokal begrenzt zugestellt. Dabei wurde gezielt eine Position ausgewählt, an der der mit einem konventionellen Werkzeug hergestellte Behälter immer eine unerwünschte Dickstelle aufwies. Das Ergebnis des Versuchs, der auf einer Speicherkopfanlage durchgeführt worden ist, zeigt Bild 4. Beim rein visuellen Vergleich der erzeugten Dünnstelle mit der Wanddicke an der entsprechenden gegenüberliegenden Position wird deutlich, welche gravierende Wanddickenänderungen mit einem Flexringwerkzeug möglich sind. Auch der kurze Übergangsbereich am Rand der erzeugten Dünnstelle ist so in dieser Form mit keinem anderen System erreichbar.

Am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) in Aachen wurde im Rahmen eines zweijährigen Forschungsprojekts ein Flexringwerkzeug intensiv untersucht

und getestet. Dazu wurde ein Werkzeug mit einem Durchmesser von nur 35 mm mit 16 Stellantrieben konzipiert (Bild 5) und ein Algorithmus zur Berechnung der optimalen Stellschraubenposition für eine gewünschte Geometrie der Flexringhülse erarbeitet. Schließlich wurde eine Testflasche konzipiert, die zu Forschungszwecken drei unterschiedliche Bereiche aufwies. Die Geometrie änderte sich über der Länge der Flasche von einem rechteckigen Bodenbereich über einen ovalen unteren Flaschenbereich zu einer runden Geometrie (Bild 6) im oberen Teil der Flasche [4]. In statischen Versuchen konnte für jeden Bereich der Flasche eine sehr gute Dickenverteilung erreicht werden (Bild 7). Bei den dynamischen Versuchen stellte sich ein Zeitproblem mit der Datenübertragung ein, die ein gleichzeitiges Ansteuern der 16 Kanäle verhinderte. Hier muss festgehalten werden, dass diese Untersuchungen gezeigt haben, was prinzipiell möglich ist. In einer Produktionsanwendung würde die konzipierte symmetrische Flasche auch mit den üblichen vier Stellpositionen auskommen. Damit wäre dann das Zeitproblem bei der Datenverarbeitung sicherlich überwunden.

Auch zur kostengünstigen Optimierung der Dornkontur kann die Flexringtechnik vorteilhaft eingesetzt werden. Das bisher übliche mechanische Nacharbeiten der Kontur ist nicht nur eine sehr zeitaufwändige, sondern auch eine sehr heikle Angelegenheit. Neben dem Personalbedarf und dem Materialaufwand ging dabei immer auch wertvolle Maschinenkapazität verloren. Unter Verwendung eines linear elastisch verstellbaren Flexringdorns (Bild 8) wird diese Prozedur erheblich vereinfacht, da sich mit dem ersten Anfahren des Werkzeugs die Kontur zielgerichtet optimieren lässt. Die Dornkontur kann quasi von Schuss zu Schuss nachkorrigiert werden. Das Risiko, an einer Stelle zu viel abgearbeitet zu haben und im ungünstigsten Fall wieder von vorne anfangen zu müssen, besteht nicht mehr. Mit einem Flexringdorn kann jede Än-



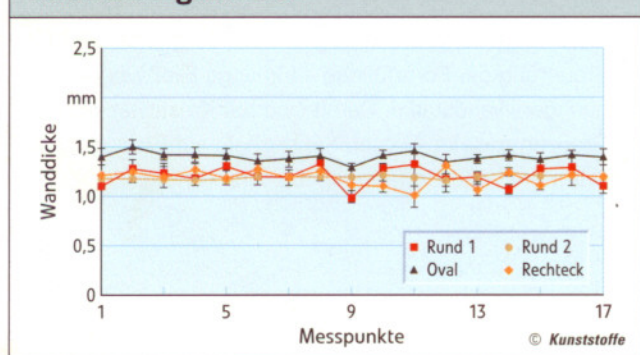
**Bild 6.** Mit dem Versuchswerkzeug hergestellte Flasche mit variierenden Querschnittsgeometrien (Foto: IKV)

derung, die nicht das gewünschte positive Ergebnis erbracht hat, sofort im nächsten Schritt sehr einfach durch Zurückstellen der entsprechenden Schrauben wieder rückgängig gemacht werden.

### Zukunftsperspektiven

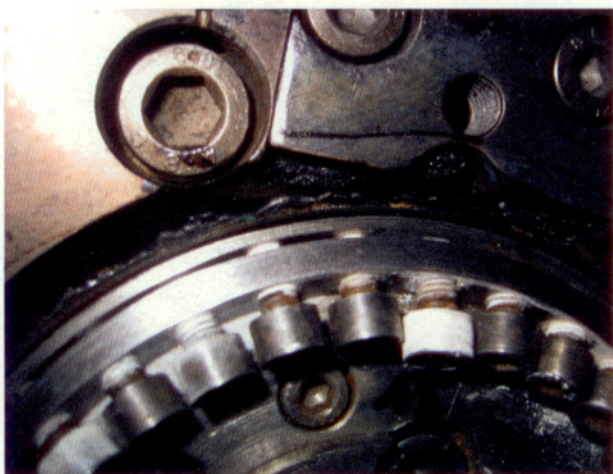
Die Möglichkeit, den Fließkanalspalt an beliebigen Positionen über dem Umfang eines Flexringwerkzeugs verändern zu können, eröffnet völlig neue Perspektiven für das Extrusionsblasformen. Es wird nicht nur die Herstellung von noch komplexeren Teilen ermöglicht, sondern darüber hinaus wird mit der Flexringtechnologie auch der Anwendungsbereich für eine dynamische Wanddickensteuerung auf alle vorkommenden Werkzeuggeometrien ausgedehnt, so dass zukünftig keine Limitierung beim Einsatz einer radialen Wanddickensteuerung wegen eines zu kleinen Werkzeugdurchmessers mehr besteht.

### Versuchsergebnisse



**Bild 7.** Wanddickenverteilung in den Schnittebenen bei optimaler statischer Hülsendeformation

(Quelle: IKV)



**Bild 8.** Teilansicht eines Flexringdorns, der zur schnelleren Optimierung der Dornkontur in ein PWDS-Werkzeug nachgerüstet worden ist

konventionelles PWDS-System und besitzt auch das erforderliche elektrische Verstellsystem neben der technischen Überlegenheit noch Kostenvorteile gegenüber dem etablierten hydraulischen Verstellsystem. ■

**DER AUTOR**

DR.-ING. HEINZ GROSS, geb. 1950, beschäftigt sich seit 1992 im Rahmen eines Ingenieurbüros mit der Entwicklung neuer Produktionstechniken im Bereich der Extrusion. 1997 gründete er zusätzlich die Groß Messtechnik, die sich auf die Entwicklung neuer Messsysteme spezialisiert hat; heinz-gross@t-online.de

**LITERATUR**

- 1 Feuerherm, H.: Vorrichtung zum Herstellen von aus thermoplastischem Kunststoff bestehenden Hohlkörpern. Deutsches Patent Nr. 26 54 001 C2, eingereicht am: 27.11.1976
- 2 Feuerherm, H.: Vorrichtung zum Regeln / oder Einstellen der Wandstärke von aus thermoplastischem Kunststoff gebildeten Hohlkörpern. Deutsches Patent Nr. 28 23 999 C2, eingereicht am: 01.06.1978
- 3 Groß, H.: Flexible Werkzeugwände. Kunststoffe 93 (2003) 8, S. 28-33
- 4 Grünewald, J.: Entwicklung und Erprobung neuer Werkzeugkonzepte zur radialen Wanddickenbeeinflussung beim Extrusionsblasformen. Dissertation RWTH Aachen 2004

**SUMMARY PLAST EUROPE**

**Improved Wall-thickness Distribution of the Preform during Blow Moulding**

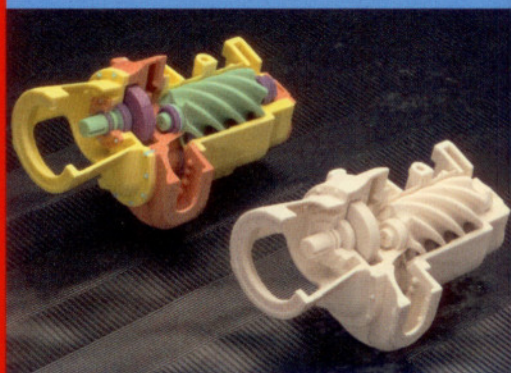
**FLEX-RING DIES.** *The possibility of varying the flow-channel gap at any position around the circumference of a die opens up completely new horizons for extrusion blow moulding. It not only makes it possible to manufacture even more complex parts, but flex-ring technology also extends the applications of dynamic wall-thickness control to all required die geometries.*

*NOTE: You can read the complete article by entering the document number PE103188 on our website at [www.kunststoffe.de/pe](http://www.kunststoffe.de/pe)*

Die Flexringtechnologie bietet die Chance, zukünftig eine beachtliche Verringerung der Herstellkosten zu erreichen. Dies erfolgt nicht nur durch die Reduzierung des Materialeinsatzes aufgrund einer verbesserten Wanddickenverteilung im Blasformteil, sondern hauptsächlich auch durch eine Verkürzung der Zykluszeit, die sich durch die Vermeidung von unnötigen Dickstellen im Blasformteil automatisch einstellt. Es ist davon auszugehen, dass die Differenz zwischen der gewünschten Wanddickenverteilung im Formteil und der tatsächlich erreichten kleiner wird. Dazu kommt es unter Einsatz eines Werkzeugs, das im Vergleich zu den bisher eingesetzten PWDS-Werkzeugen einfacher und damit voraussichtlich im Betrieb auch unanfälliger gegenüber möglichen Störungen sein wird.

In Zeiten, in denen der Ruf nach Innovationen von vielen Seiten nicht nur immer häufiger, sondern auch immer lauter und eindringlicher wird, verwundert es deshalb ein wenig, wie lange sich die Branche den „Luxus“ leistet, auf einer technisch unterlegenen, dafür aber langjährig erprobten und bewährten Technologie zu beharren. Die von allen Seiten geforderten Innovationen bewirken nichts, wenn nicht gleichzeitig auch der Mut aufgebracht wird, sie auch einzusetzen, obwohl es natürlich keine langjährigen Erfahrungen aus dem Einsatz in zahlreichen Produktionsanlagen gibt. Nur derjenige, der Innovationen in seinem Bereich auch erfolgreich umsetzt, wird seine Wettbewerbsfähigkeit steigern oder zumindest erhalten können. An den Kosten sollte es im Fall der Flexringtechnik sicherlich nicht scheitern, lässt sich doch der rein mechanische Teil eines Flexringwerkzeugs kostengünstiger fertigen als ein

**Anwendertagung und Fachausstellung für Rapid-Technologie**



**31. Mai - 01. Juni 2005  
Messe Erfurt**

**Anwendertagung**

*„Potenziale in der Prozesskette vom Rapid Prototyping bis zum Rapid Manufacturing“*

**Rapid Manufacturing**

- Der Weg zur direkten Fertigung von Bauteilen
- Beispiele für RM- und RP-Anwendungen

**Reverse Engineering**

- effektive CAD Konstruktion auf der Basis bestehender Produkte

**Fachausstellung**

- Führende Anwender und Hersteller der Rapid-Technologie präsentieren sich
- Special "Produktentwicklung in Thüringen"

Senden Sie uns bitte Informationsunterlagen zur Rapid.Tech Antwort per Fax an: 0361-400 11 11

Firma \_\_\_\_\_

Name / Vorname \_\_\_\_\_

Straße / Nr. \_\_\_\_\_

PLZ / Ort \_\_\_\_\_

[www.messe-erfurt.de](http://www.messe-erfurt.de)  
[www.rapidtech.de](http://www.rapidtech.de)

