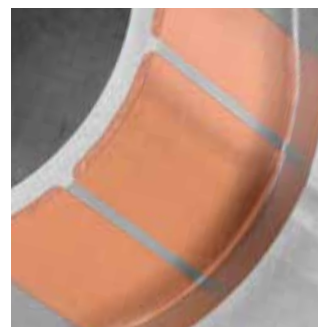


# Hermle MPA

generativ fertigen



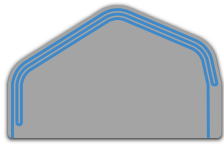
# Generative Fertigung.

Mit der Hermle MPA-Technologie.

Das von Hermle in mehr als 15 Jahren konsequenter Forschungs- und Entwicklungsarbeit vorangetriebene thermische Spritzverfahren (Metall-Pulver-Auftrag kurz MPA) ist einzigartig auf dem Markt und eröffnet komplett neue Dimensionen der additiven Fertigung. Additiv fertigen und besser fräsen werden dabei Eins, denn gerade die Kombination von Materialaufbau und Zerspanung in einer Maschine eröffnet ungeahnte Möglichkeiten für die Herstellung großvolumiger Bauteile aus Metall. Von der Integration effizienter Kühlkanäle bis hin zu ausgeklügelten Materialkombinationen – überzeugen Sie sich von den überlegenen Eigenschaften dieser neuen generativen Fertigungstechnologie.

## **VORTEILE**

- *Hohe Auftragsraten (Stähle 250ccm/h, Kupfer 900ccm/h)*
- *Schichtbildung durch plastische Verformung, daher keine Materialschmelze*
- *Geringe Spannungen im Bauteil auch bei massivem Materialaufbau*
- *Kombination unterschiedlicher Materialien möglich*



Konturnahe Kühlung



Freie Formen aufbauen



Materialien kombinieren

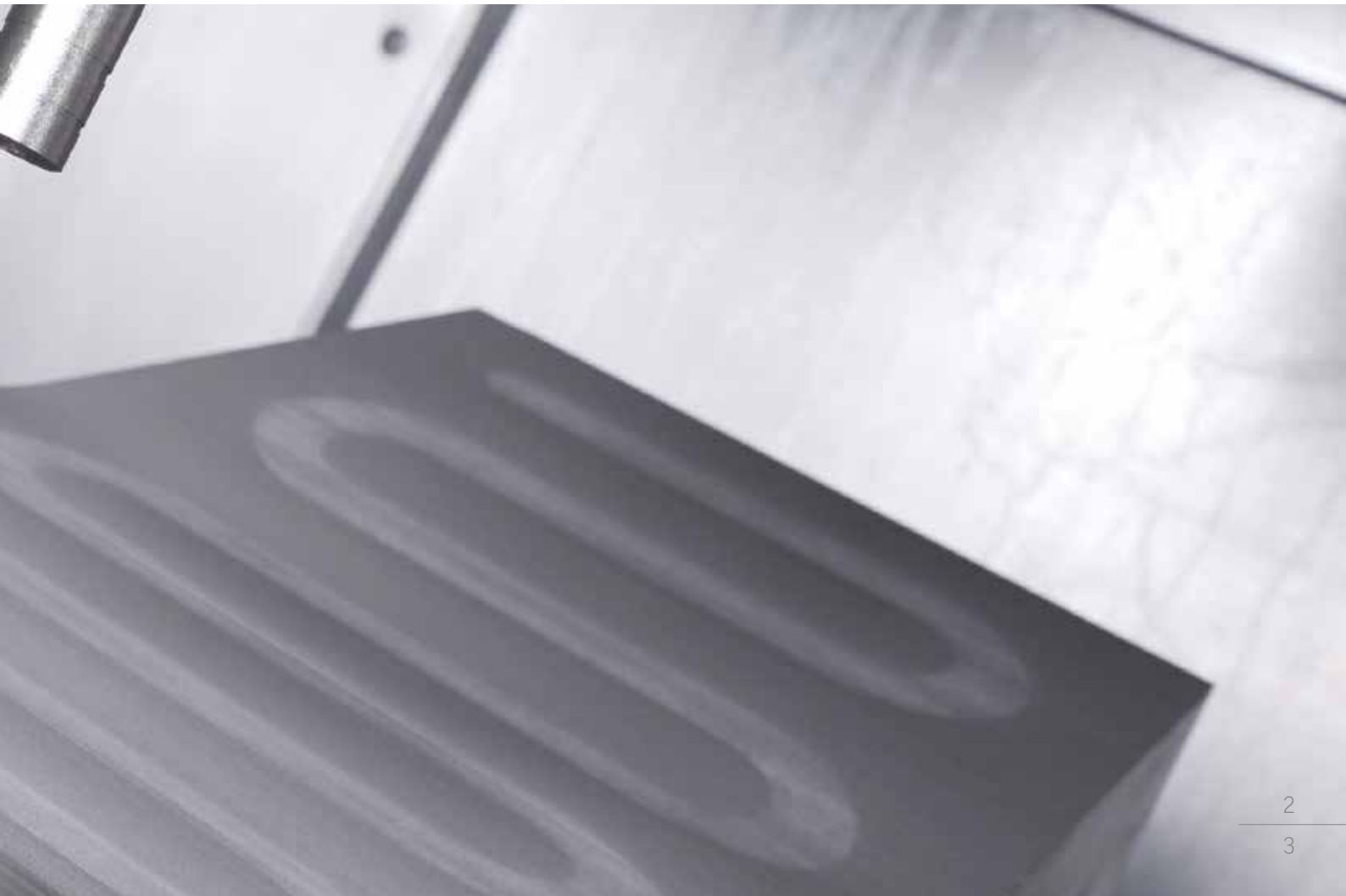


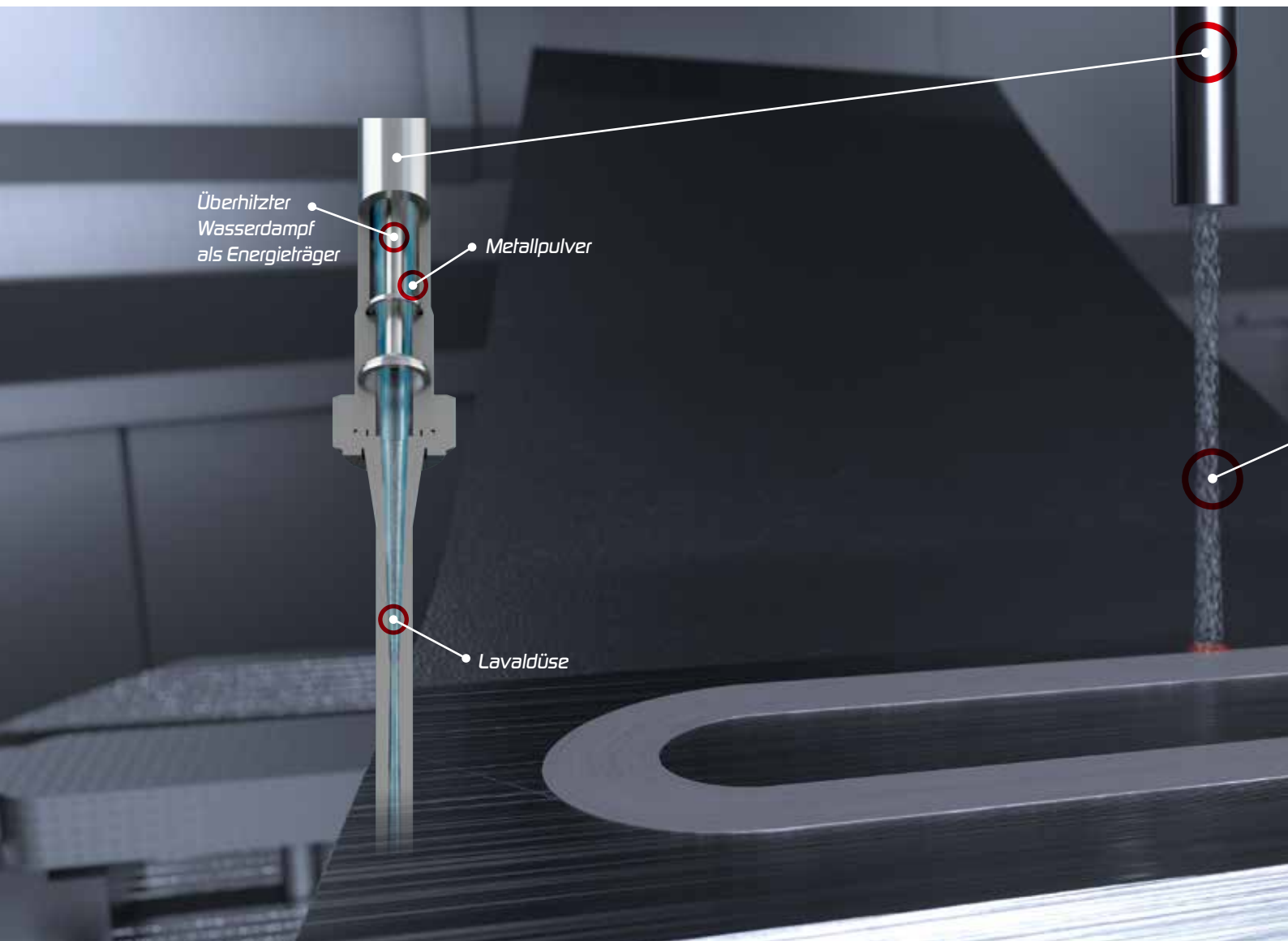
Wärmetransport optimieren

## Die Möglichkeiten der MPA-Technologie.

Aus einer Vielzahl bereits umgesetzter Projekte mit Kunden haben sich einige Schlüsselanwendungen herauskristallisiert, die das Hermle MPA-Verfahren besonders attraktiv machen. Hierzu gehört beispielsweise die Realisierung konturnaher Kanäle zur Kühlung von Oberflächen.

Neue Wege geht Hermle mit der MPA-Technologie bei der Kombination mehrerer Materialien – etwa mit unterschiedlicher Härte oder Wärmeleitfähigkeit – in einem Bauteil. Diese erlauben beispielsweise in Zusammenarbeit mit Kühlkanälen oder in das Bauteil integrierten Heizelementen einen homogenen und optimierten Wärmetransport.





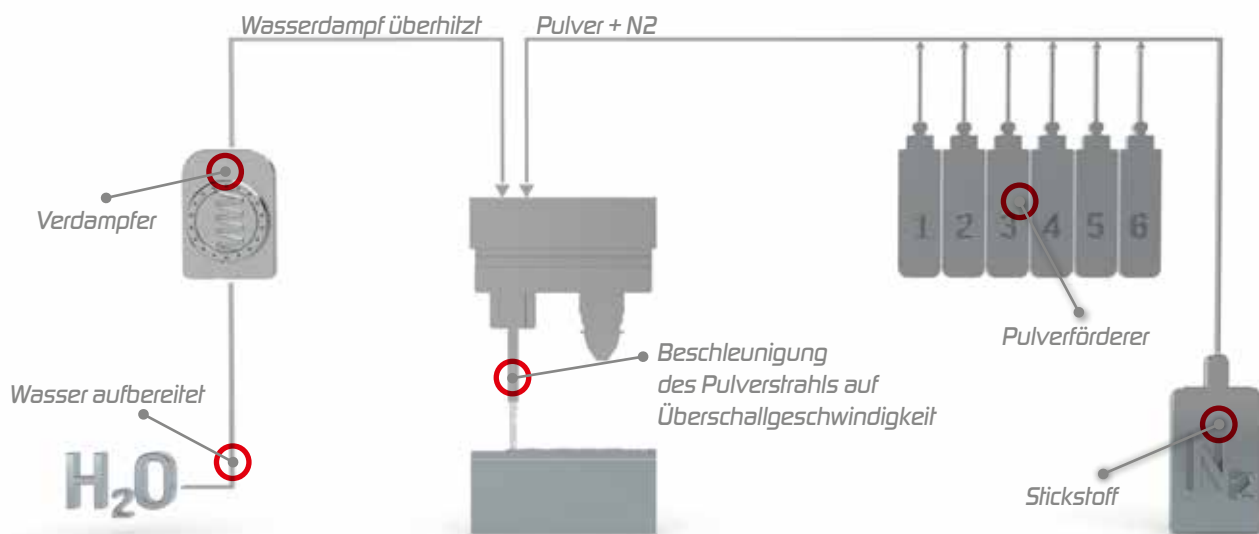
# So funktioniert die Hermle MPA-Technologie

Ein ebenso faszinierender wie genialer Ansatz steht hinter der generativen Fertigungstechnologie.

MPA ist ein additives Fertigungsverfahren, mit dem massive Bauteile Schicht für Schicht aufgebaut werden – dies nur über die Beschleunigung von Metallpulver in einer Düse. Dazu werden Pulverpartikel mit Hilfe eines Trägergases auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und durch eine Düse auf das jeweilige Substrat aufgebracht. Der Durchmesser des aus der Düse austretenden Pulverstrahls von mehreren Millimetern und mögliche Aufbauraten von mehr als  $900 \text{ cm}^3$  pro Stunde prädestinieren das MPA-Spritzverfahren für vergleichsweise schnellen Volumenaufbau auf kleinen bis großen Bauteilflächen.

## MPA = METALL-PULVER-AUFTRAG

- Additives Fertigungsverfahren – ohne Lasereinsatz
- Massive Bauteile werden Schicht für Schicht aufgebaut
- Durch Beschleunigung von Metallpulver in einer Düse (thermisches Spritzverfahren)





# Die Schichtbildung.

## Materialauftrag durch plastische Verformung

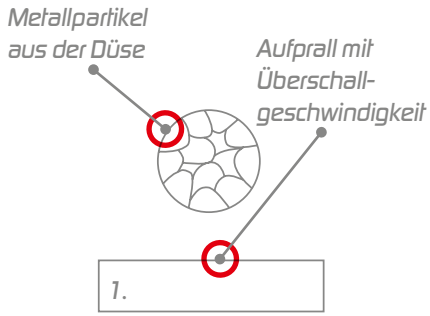
Im Unterschied zu vielen anderen additiven Fertigungsverfahren werden die Materialien beim Schichtaufbau nicht geschmolzen, sondern nur plastisch verformt. Dabei entsteht eine bindende Kontaktfläche zwischen dem Partikel und dem Substrat. Die Spannungen im Bauteil bleiben vergleichsweise gering. Damit eignet sich das Verfahren gerade auch für den massiven Materialaufbau auf großvolumigen Bauteilen.

### **VERARBEITBARE MATERIALIEN**

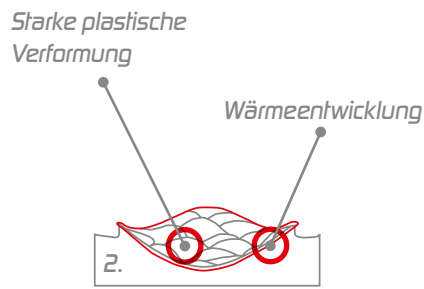
- *Warmarbeitsstähle (1.2343, 1.2344, 1.2083, 1.2367)*
- *Kaltarbeitsstähle (1.2333, 1.2379)*
- *Roslfreie Edelstähle (1.4404, 1.4313)*
- *Invar (1.3912)*
- *Reineisen, Reinkupfer, Bronze und andere*
- *hochkohlenstoffhaltige Stähle*



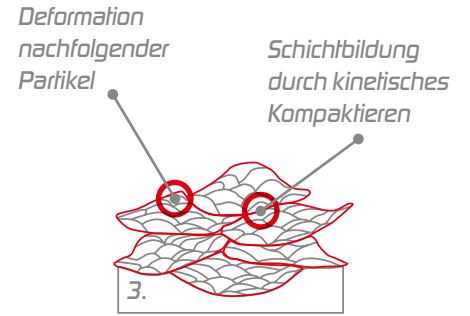
MM



Beim Aufprall auf das Substrat bringen die Metallpartikel viel kinetische Energie mit, die in plastische Verformung des Materials umgewandelt wird.



An der Kontaktfläche entsteht eine Anbindung des Partikels an das Substrat.



Aus der dichten Folge aufprallender Pulverkörner wächst so eine geschlossene Materialschicht.

Ein Video das den Prozess detailliert erläutert, finden Sie unter:  
[www.herml.de/generativ\\_fertigen](http://www.herml.de/generativ_fertigen)





# Generativ fertigen und besser fräsen werden eins.

Ein hybrides Maschinenkonzept für ein hybrides Fertigungsverfahren

Materialauftrag und Zerspanung lassen sich zu einem vielseitigen hybriden Fertigungsverfahren kombinieren. Mit der Integration der MPA-Auftragseinheit in ein Hermle 5-Achs-Bearbeitungszentrum wird die Fräsmaschine um die Möglichkeiten der additiven Fertigung erweitert.

Die Auftragsdüse ist dazu parallel zur Werkzeugspindel auf dem Z-Schlitten der Maschine montiert. Über den Schwenkrundtisch ist auch die komplette 5-Achs-Dynamik der Maschine

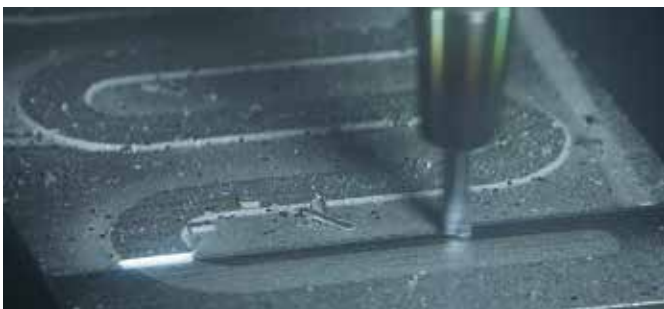




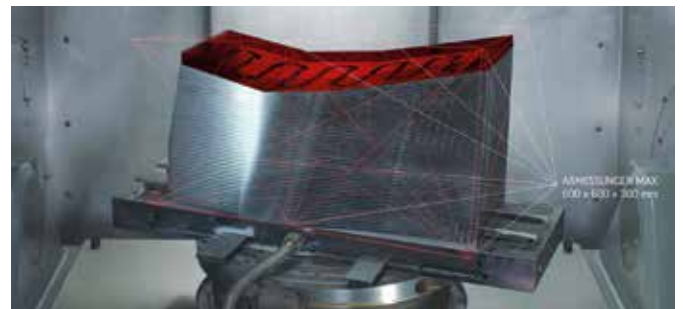


## VORTEILE

- *Materialaufbau und Zerspänung in einer Aufspannung*
- *Flexibel durch 5-Achs-Technologie*
- *Großer Arbeitsraum für Bauteile bis 600 x 600 mm*
- *Materialauftrag auch auf Freiformflächen*



Kombiniertes Fertigungsverfahren: Ein Fräser entfernt überschüssiges Füllmaterial an der Kanalgeometrie und bereitet die Oberfläche für den nächsten Materialauftrag vor.



Der große Arbeitsraum erlaubt den additiven Materialaufbau auch auf massiven Bauteilen.

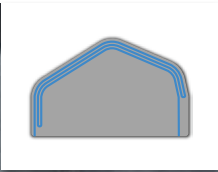
voll nutzbar und die Bauteile können beliebig zur Düse orientiert werden. So ist es möglich, auch auf gekrümmten Freiformflächen Material aufzutragen.

Mit dem großen Arbeitsraum setzt die MPA-Maschine Maßstäbe: sie erlaubt die generative Herstellung großvolumiger Bauteile mit mehreren hundert Kilogramm Masse und Abmessungen bis über 600 x 600 mm.

# Konturnahe Kühlung.

## Konturnahe Kanäle für die optimale Kühlung.

Ein Schwerpunkt bei der Anwendung des MPA-Verfahrens liegt im Werkzeug- und Formenbau für Spritz- und Druckgussverfahren. Die generative Fertigung erlaubt eine kontinuierliche Kühlung von Bauteiloberflächen, wie sie mit herkömmlichen Herstellungsverfahren nicht oder nur sehr aufwändig realisierbar ist. Erfahrungen mit Kundenbauteilen haben gezeigt, dass generativ gefertigte Bauteile mit konturnaher Kühlkanalführung enormes Potential zur Zykluszeitreduzierung beim Spritzgussvorgang haben. Im Vergleich mit Werkzeugen ohne effiziente Kühlung konnten bis zu 45 % Zeitgewinn erzielt werden. Für besonders hohe Ansprüche an die Werkzeugoberflächen ist sogar eine Hochglanzpolitur möglich. Aufgrund sehr niedriger Porosität im aufgetragenen Material kann diese zum Beispiel für aus 1.2344 Warmarbeitsstahl gefertigte Bauteile angeboten werden.

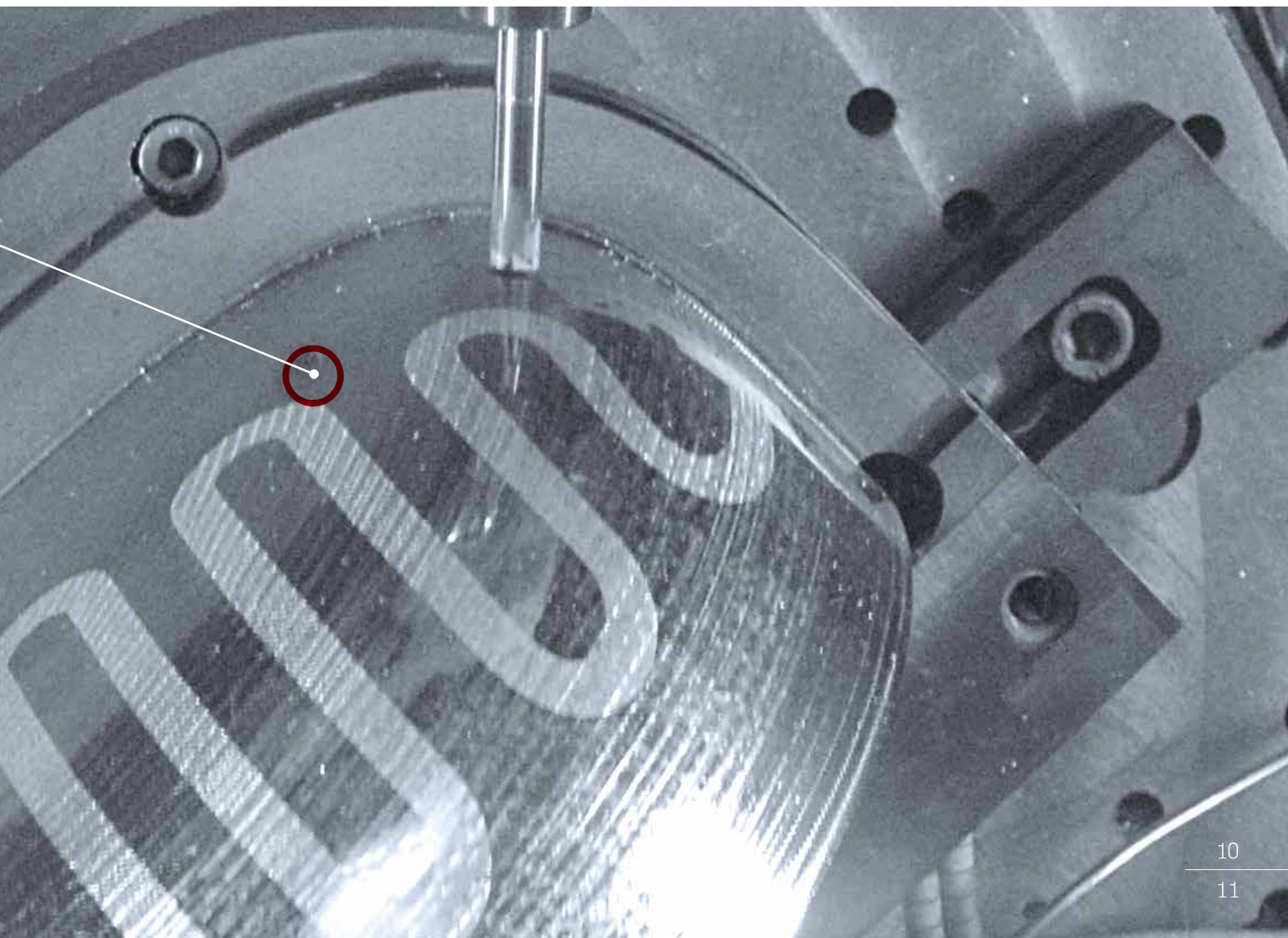


### **KONTURNAHE KÜHLUNG – DIE VORTEILE**

- Große Kanaldurchmesser in beliebiger räumlicher Orientierung
- Kühlkanäle mit exzellenten Oberflächeneigenschaften durch die spanende Bearbeitung
- Sehr lange Kühlkanäle herstellbar
- Es lassen sich Bauteile fertigen, deren thermische Eigenschaften sich gewinnbringend in ihrer weiteren Verwendung zeigen. Bspw. in Spritzgusswerkzeugen, Umformwerkzeugen oder auch Druckgusswerkzeugen



Der im Rohling vorgefräste Kühlkanal wird zunächst per MPA-Materialauftrag mit einem wasserlöslichen Material verfüllt. Mit einem Fräser wird dann überschüssiges Füllmaterial entfernt und die Oberflächenkontur für den Materialauftrag vorbereitet. Anschließend erfolgt der Auftrag des Deckmantels aus Stahl. Das Füllmaterial im Kanal kann nun ausgelöst werden. Nach einer Wärmebehandlung wird das Bauteil in die finale Form gefräst.





# Freie Formen aufbauen

Die freie Orientierbarkeit der Düse zum Bauteil bringt Gestaltungsfreiheit und Effizienz.

Gerade bei großen Bauteilen ist es nicht wirtschaftlich, das gesamte Volumen generativ aufzubauen. Oft genügt es, auf einem existierenden Bauteil einen Teilbereich additiv zu ergänzen. Hier kommt die Flexibilität der 5-Achs-Maschine zum Tragen: Die Maschine kann das Bauteil zu jedem Zeitpunkt passend zum Pulverstrahl der Düse ausrichten und erlaubt somit einen Materialauftrag auch auf gekrümmten Oberflächen. Im Rahmen der Maschinendynamik (die die Krümmungsradien limitiert) ist somit der Aufbau additiver Komponenten auf nahezu jede Freiformfläche eines vorgefertigten Rohlings möglich. Bei vielen Bauteilen liegt der additiv aufgebaute Anteil am Bauteilvolumen bei 10 - 20 %, während der zugrundeliegende Rohling kostengünstig mit konventionellen Methoden vorgefertigt wird.



## **FREIE FORMEN AUFBAUEN – DIE VORTEILE**

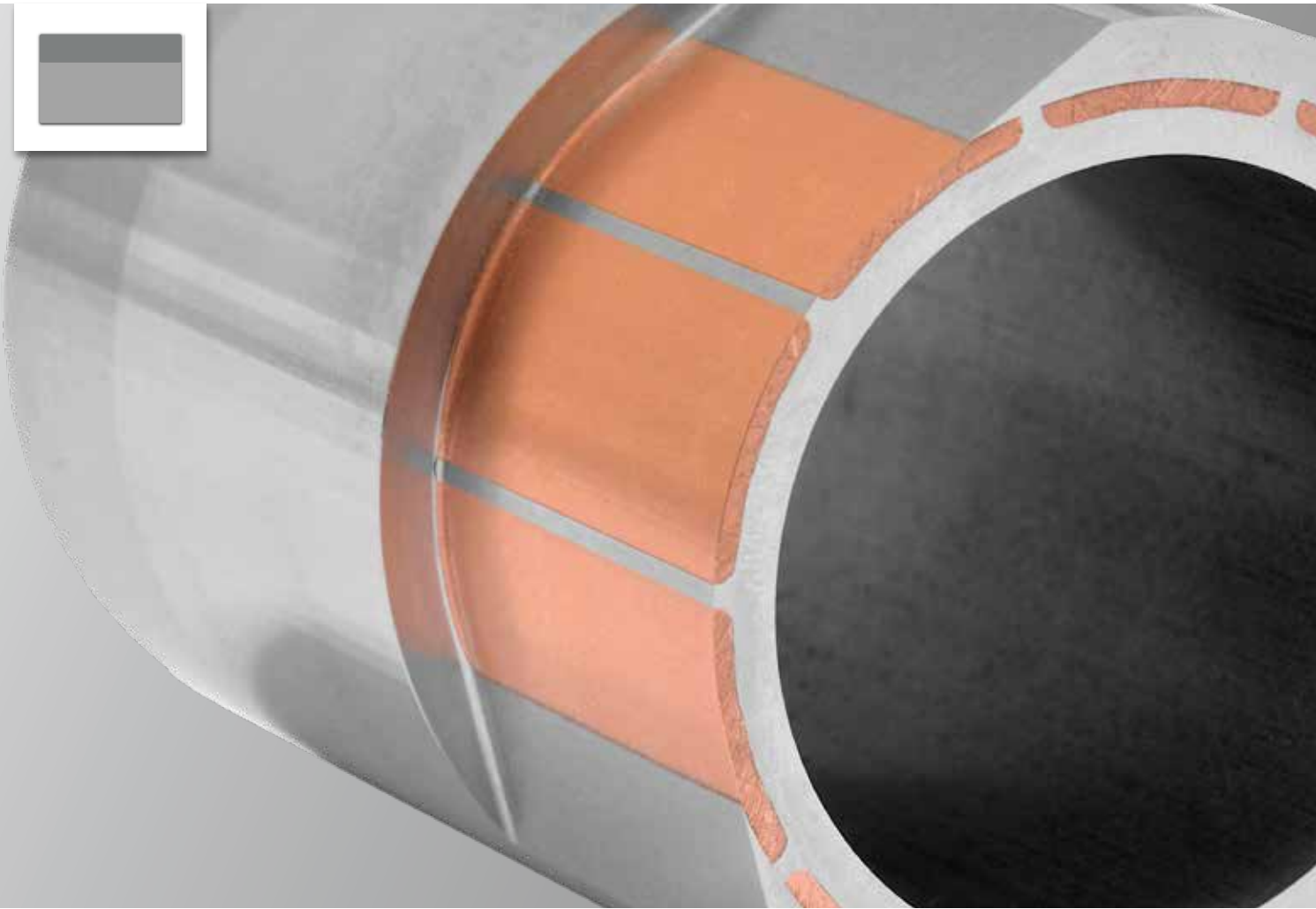
- Dank der 5-Achs-Kinematik ist ein Materialaufbau auf beliebigen Werkstückgeometrien möglich
- Materialaufbau auf beliebiges Substrat bzw. auf schon existierende Bauteile
- Großvolumige Bauteile bis 600 x 600 mm und 500 kg sind möglich
- Durch die 5-Achs-Simultanbearbeitung ist auch ein Aufbau auf rotations-symmetrische und zylindrische Bauteile möglich
- Wirtschaftliche Fertigung durch hohe Auftragsrate





Demonstrationsbauteil für Volkswagen.  
 Werkzeug zum Presshärten von Blechen. Der Anteil der additiven Fertigung beschränkt sich auf das Verfüllen der Kanäle und den anschließenden Auftrag der Deckschicht aus Stahl. Zur Veranschaulichung wurde der aufgetragene Deckmantel über den Kühlkanälen stellenweise aufgefrazt (rot eingefärbte Flächen).  
 Gesamtgewicht ca. 620 kg, aufgetragenes Material ca. 50 kg.



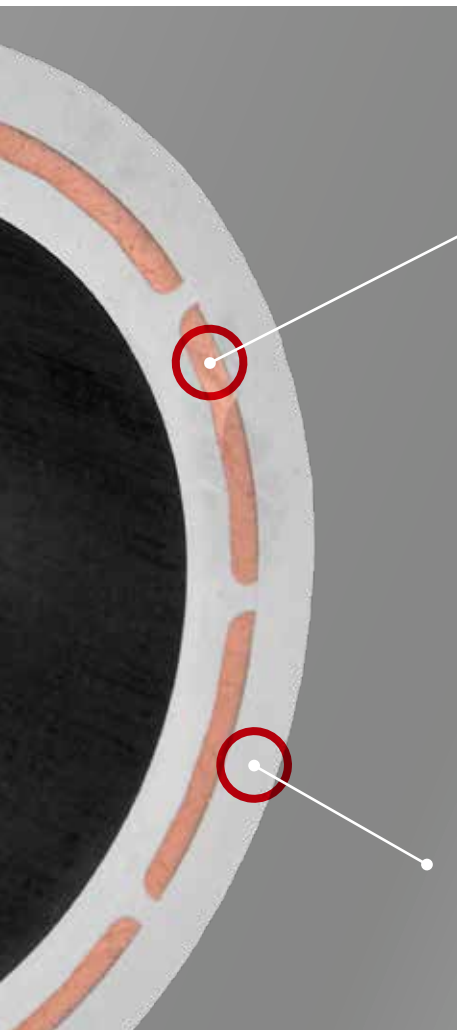


# Materialien kombinieren

## Neue Bauteilfunktionen durch Kombination unterschiedlicher Materialeigenschaften

Das MPA-Verfahren erlaubt die Kombination verschiedener Materialien in einem Bauteil. Ein herausragendes Beispiel sind Bauteile, die als Kupfer-Stahl-Kombination angelegt sind. Hier kombiniert man die Formstabilität und Beständigkeit eines gehärteten Stahls mit der hervorragenden Wärmeleitfähigkeit von Reinkupfer. In einen Stahlkörper integrierte, oberflächennahe Kupferelemente können entstehende Wärme sehr effizient verteilen und ableiten, auch an Stellen, die für einen Kühlkanal nicht zugänglich sind.

Zur Fertigung solcher Bauteile werden in der Regel in einem Stahlrohling vorgefertigte Taschen per MPA-Auftrag mit Kupfer gefüllt und anschließend mit einem aufgetragenen Stahlmantel eingeschlossen. Zwischen dem Kupfer und dem Stahlkörper entsteht dabei ein direkter thermischer Kontakt.



## MATERIALIEN KOMBINIEREN – DIE VORTEILE

- Viele Materialkombinationen sind möglich, limitiert durch physikalische Randbedingungen
- Kombination unterschiedlicher Materialien bedeutet Kombination unterschiedlicher Werkstoffeigenschaften
- Verarbeitung von Reinkupfer für allerhöchste Wärmeleitfähigkeit
- Optimaler Wärmehtransport durch Kupfer-Stahl-Verbindungen (Cu + 1.4404 / 1.2344 / 1.2083) oder Kupfer-Aluminium-Kombination
- Auch Materialgradienten mit fließendem Übergang sind möglich

Flächige Kupferelemente in einem Hohlzylinder. Zylindrische Bauteile lassen sich unter Nutzung der Drehachsen der Maschine in Rotationsbauweise fertigen. Während das Bauteil rotiert, trägt die Düse radial neue Materialschichten auf.



Fertigungsstadien eines Werkzeugs mit Kupferkernen.

In einem Rohling aus Stahl werden Taschen definiert, die per MPA-Auftrag mit Kupfer gefüllt werden. Nach überfräsen der Kegeloberfläche erfolgt der Auftrag einer Stahldecke. Abschließend werden die finalen Bauteilkonturen gefräst.

# Wärmetransport optimieren.

Kühlen, heizen, Wärme leiten – die Möglichkeiten zur Bauteiltemperierung sind vielfältig.

Der Aufbau konturnaher Kühlkanäle und die Integration wärmeleitender Kupferelemente lassen sich kombinieren. Zusammen mit dem vorübergehend eingebrachten Füllmaterial für den Kühlkanal werden dann im Fertigungsprozess drei Materialien eingesetzt. So kann beispielsweise anfallende Wärme aus lokalen Engstellen am Bauteil über Kupferelemente abgeführt werden und weiter innen im Bauteil von einem leistungsfähigen Kühlkanal mit vergleichsweise großem Querschnitt abtransportiert werden.

Auch direktes lokales heizen von Bauteilen ist möglich, indem vorgefertigte elektrische Heizelemente wie auch Thermosensoren integriert werden. Dazu werden die Heizleiter in dafür vorbereitete Kanäle im Rohling eingepresst und anschließend per

Auftrag von Stahlpulver eingeschlossen. Die direkte Anbindung an das aufgetragene Material bietet eine hervorragende Wärmeleitung, die weit über die eines Presskontakts hinausgeht. Auch hier ist wieder die Kombination mit Kupferelementen zur Wärmeleitung möglich. In Summe erhält man so einen Bauteil, der vielfältige Möglichkeiten zur Bauteiltemperierung bietet.



Angussbuchse für den Kunststoffspritzguss. Das eingebettete Kupfer leitet die anfallende Wärme zum Kühlkanal hin.





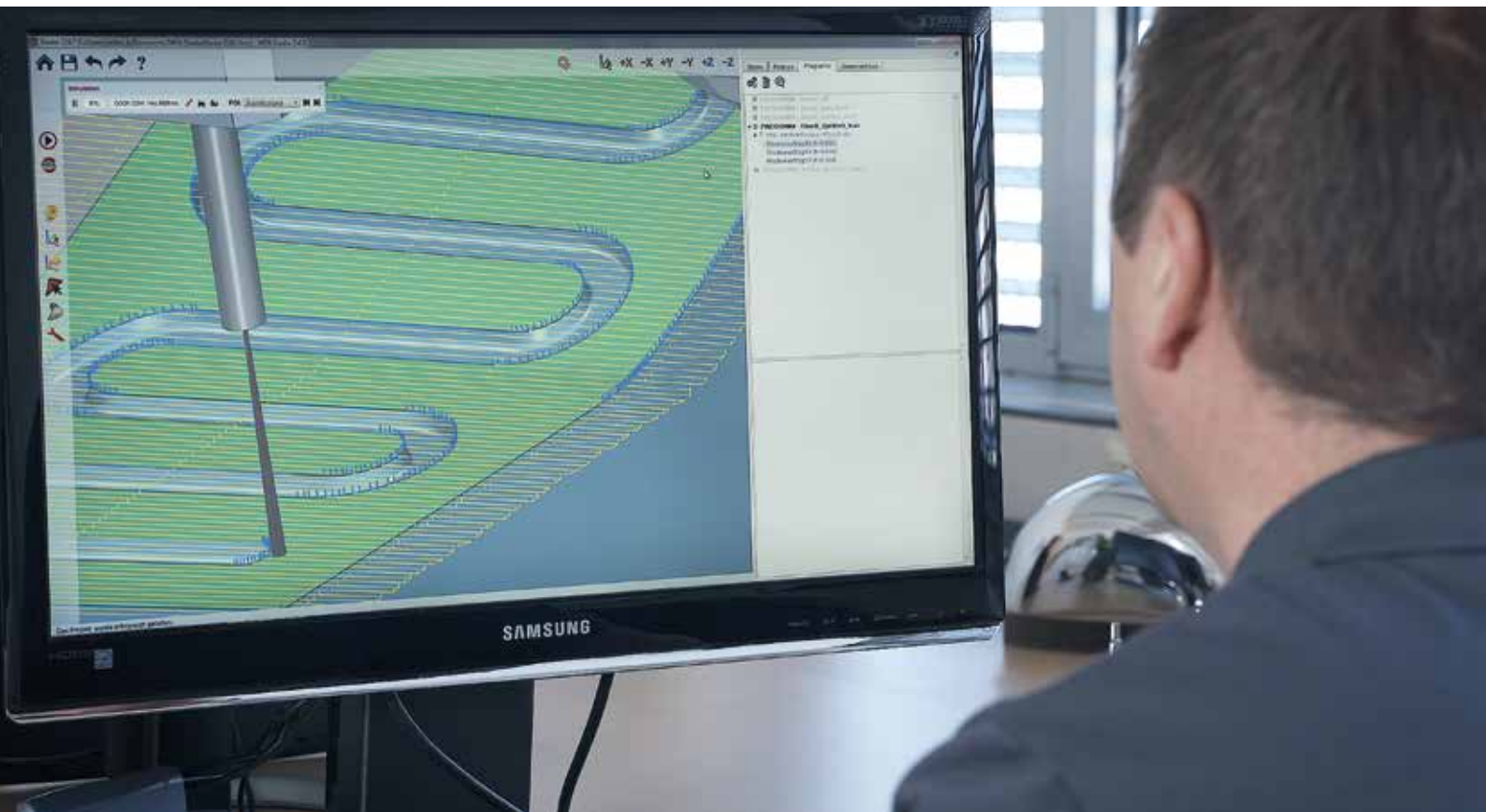


Spritzgussform mit optimierter Kühlung. Kupferelemente in den für einen Kanal nicht zugänglichen Extremitäten leiten die Wärme zum tiefer gelegenen Kühlkanal ab.



### • **WÄRMETRANSPORT OPTIMIEREN – DIE VORTEILE**

- *Kombination von Kühlkanälen und Kupferelementen für optimalen Wärmetransport*
- *Integration aktiver Heizelemente in konturnaher Ausführung*
- *Kombination von Heiz- und Kühlfunktionen in einem Bauteil*
- *Integration von Funktionselementen (z. B. Thermosensoren zur Temperaturregelung)*



# Prozessplanung mit MPA Studio.

Die CAM-Software zum MPA-Verfahren bildet den kompletten Fertigungsprozess ab.

Die additive Fertigung mit der MPA-Technologie stellt eigene Anforderungen an Bahnplanungsstrategien und Werkzeugpfade für die Auftragsdüse. Um den geometrischen, physikalischen und technischen Randbedingungen gerecht zu werden, haben wir mit dem MPA Studio eine eigenständige, speziell auf den MPA-Prozess zugeschnittene, CAD/CAM-Software entwickelt. Mit ihr können alle benötigten Werkzeugpfade für den Materialauftrag wie auch für die vorbereitende Zerspanung berechnet werden.

Darüber hinaus ermöglicht sie die Analyse und Anpassung der Bauteilgeometrie hinsichtlich des geplanten Materialaufbaus und die anschließende Simulation des Prozessablaufs. Damit wird MPA Studio zu einem essentiellen und vielseitigen Werkzeug für den Einsatz der MPA-Technologie.



MPA Studio berechnet und simuliert Auftrags- wie auch Zerspanungspfade für den MPA-Prozess.





Maschinenfabrik Berthold Hermle AG, Gosheim

# Tradition trifft generative Fertigung.

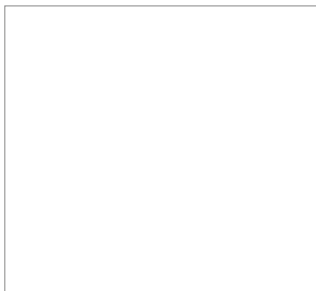
## Fräsen und generativ fertigen aus einer Hand.

Die Maschinenfabrik Berthold Hermle AG zählt zu den weltweit führenden Herstellern von Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren, bekannt für höchste Präzision, Effizienz, Zuverlässigkeit und einen perfekten Service. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Automation der Produkte.

Ergänzend zur Herstellung der Bearbeitungszentren verfügt ihr Tochterunternehmen die Hermle Maschinenbau GmbH über mehr als 15 Jahre Erfahrung in Entwicklung und Anwendung im Bereich der additiven Fertigung. Mit diesem Hintergrund bietet Hermle heute die MPA-Technologie als ein innovatives und vielseitiges generatives Fertigungsverfahren an, das seine Stärken besonders im Werkzeug- und Formenbau aber auch in anderen Branchen voll ausspielen kann.



Hermle Maschinenbau GmbH, Ottobrunn



Maschinenfabrik  
Berthold Hermle AG  
Industriestraße 8-12  
D-78559 Gosheim

Phone +49 (0)7426 95-0  
Fax +49 (0)7426 95-1309

[info@hermle.de](mailto:info@hermle.de)  
[www.hermle.de](http://www.hermle.de)

Hermle Maschinenbau GmbH  
Daimlerstraße 6  
85521 Ottobrunn

Phone +49 (0) 89 2152540-20

[sales.hmg@hermle.de](mailto:sales.hmg@hermle.de)  
[www.hermle.de](http://www.hermle.de)

Technische Änderungen vorbehalten. 10/19/MPA/1000/DT/ST



Die verwendeten Bearbeitungsbeispiele in dieser Broschüre werden mit ausdrücklicher und freundlicher Genehmigung unserer Kunden veröffentlicht. Die Informationen in dieser Broschüre enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen oder dargestellten Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsabschluss ausdrücklich vereinbart werden. Die abgebildeten Maschinen können Optionen, Zubehör und Steuerungsvarianten beinhalten.