

# Addline

3D-Druck von Metallen





Der 3D-Druck (häufig auch Additive Fertigung genannt) von Metallen hat sich erst in den letzten Jahren entwickelt, wird aber bereits als eine der Technologien für die Zukunft gesehen. Viele Unternehmen und Forschungsstellen investieren in Forschung und Entwicklung, um den 3D-Druck in der Produktion zu standardisieren.

Als 3D-Druck wird der schichtweise Aufbau von Bauteilen bezeichnet. Dieses Verfahren unterscheidet sich von herkömmlichen Produktionsverfahren dadurch, dass das Bauteil zum Beispiel aus Pulver oder einem Draht direkt erschmolzen wird. Im Bereich der Kunststoffe ist dieses Verfahren bereits weit entwickelt und schon länger im Einsatz. Anlagen zum 3D-Druck von Metallen sind im Vergleich recht teuer und werden in der Industrie oder an Forschungseinrichtungen eingesetzt.

Im Gegensatz zur konventionellen Fertigung bietet der 3D-Druck Vorteile bei der Produktion komplexer Bauteile. Durch den lagenweisen Aufbau können sehr gut komplexe Strukturen erzeugt werden, die durch eine klassische Fertigung nur schwer oder gar nicht möglich sind. Häufig wird der 3D-Druck für die Herstellung von Einzelstücken oder Kleinserien verwendet, da der Aufbau einer konventionellen Fertigung zu teuer ist. Als Beispiele können hier Hüft- oder Zahnprothesen aus der Medizin aber auch Turbinenschaufel oder Turbolader genannt werden.

Messer hat hier speziell für die Kunden eine neue Produktlinie „**Addline**“ eingeführt.

## Addline – Gase für den 3D-Druck

Beim 3D-Druck werden unterschiedliche Gase in verschiedenen Bereichen der Produktionskette verwendet. Diese beginnt im Wesentlichen bei der Herstellung der Pulver für den 3D-Druck. Metallische Pulver werden mit einem Gasstrahl verdüst, damit sie ihre sphärische Form bekommen. Demgegenüber werden Kunststoffpulver kryogen gemahlen. Hierfür wird flüssiger Stickstoff verwendet.

Um ihre Qualität zu gewährleisten, müssen manche Pulver permanent in einer Schutzgasatmosphäre gelagert werden. Hierfür werden spezielle Behälter mit Schutzgas verwendet.

Beim Druck des Bauteils werden je nach Verfahren Schutzgase, Trägergase und Gase zum Kühlen unterschieden. Welches Gas mit welcher Reinheit benötigt wird, hängt bei den meisten Druckverfahren vom Werkstoff ab. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über mögliche Schutzgase.

Weiterhin werden Gase für die Nachbehandlung der Bauteile benötigt. Dies geschieht entweder durch Wärmenachbehandlung, um homogene Bauteileigenschaften zu erreichen, oder einen nachfolgenden Sinterprozess durchzuführen. Die typische Wärmebehandlung ist ein Spannungsarmglühen, bei dem ein Schutzgas benötigt wird. Auch andere Wärmebehandlungen können nötig werden. Nehmen Sie Kontakt mit uns auf, und wir beraten Sie gerne.

Werkstoff	Geeignete Schutzgase			
	Argon	Helium	Stickstoff	Argon-Mischgase
Titan				
Aluminium				
Austenitischer Stahl, Nickel				
Ferristischer Stahl				



## Einteilung der Verfahren

Die Prozesse zur additiven Fertigung von Metallen werden in einstufige und mehrstufige Verfahren unterteilt. Bei den mehrstufigen Verfahren werden Schutzgase bei der Wärmenachbehandlung oder beim Sinterprozess benötigt. Die bekanntesten Verfahren arbeiten hierbei mit einem Binder. Bei den einstufigen Verfahren ist ein Schutzgas auch während des eigentlichen Prozesses notwendig. Diese Verfahren lassen sich nach Wärmezufuhr und Energiequelle einteilen.

Werkstoff-zufuhr	Energiequelle		
	Laserstrahl	Elektronen-strahl	Lichtbogen/Plasmastrahl
Pulverbett	x	x	-
Pulverspritzen	x	-	x
Drahtzufuhr	x	x	x

### Pulverbett

Die heute bekanntesten Verfahren arbeiten mit einem Pulverbett. Hier wird Lage für Lage eine Pulverschicht aufgetragen und das Bauteil schichtweise erschmolzen. Als Energiequelle können hier nur der Laserstrahl oder Elektronenstrahl verwendet werden. Während beim Einsatz eines Laserstrahls vom Laser-Pulverbett-Schmelzen (L-PBF= Laser Powder Bed Fusion) gesprochen wird, wird das Verfahren mit dem Elektronenstrahl als Elektronenstrahlschmelzen (EBM= Electron Beam Melting) bezeichnet.

### Direktes Auftragen (DED= Direct Energy Deposition)

Beim direkten Auftragen wird punktuell aufgeschmolzen und das Zusatzmaterial in Form von Draht oder Pulver auf das Bauteil aufgetragen. Als Energiequellen eignen sich der Laserstrahl oder der Lichtbogen. Wenn das direkte Auftragen (DED) mit einem Pulver erfolgt, wird es auch als Pulverspritzen bezeichnet. Das Pulverspritzen mit dem Laser wird bereits unter dem Namen Laser-Metallauftragen (LMD = Laser Metal Deposition) für die Additive Fertigung verwendet. Der Einsatz eines Lichtbogens in Form eines Plasmastrahls ist als Plasma-Pulver-Auftragsschweißen bereits seit vielen Jahren im Bereich des Beschichtens bekannt. Auch in der Additiven Fertigung gibt es Bestrebungen, dieses Verfahren einzusetzen. Additive Fertigungsverfahren mit einer Drahtzufuhr können grundsätzlich mit allen dargestellten Energiequellen betrieben werden. Diese Verfahren werden aufgrund der verhältnismäßig geringen Kosten für das Zusatzmaterial immer häufiger eingesetzt.

### Binder

Metallische Pulver werden mit einem Binder (häufig Polymer) vermischt. Aus diesem Binder wird ein Bauteil Lage für Lage gedruckt. Nach dem Druck wird zuerst der Binder ausgeheizt. Im folgenden Schritt wird das Bauteil bei hoher Temperatur gesintert. Durch das Entbindern und Sintern schrumpft das Bauteil. Diese Schrumpfung muss beim Druckprozess berücksichtigt werden.

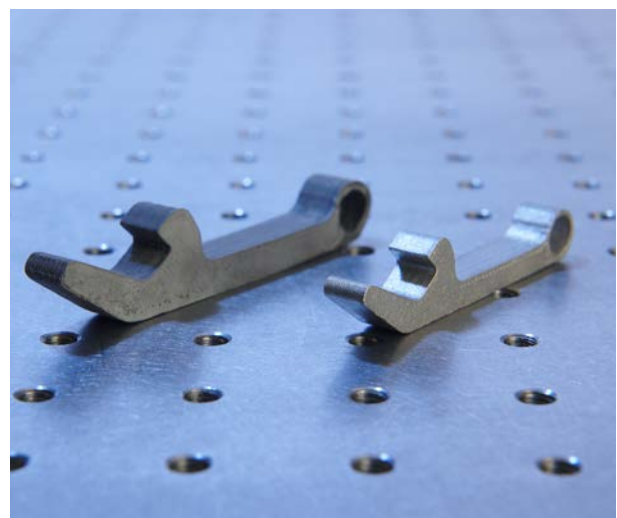


Vom Pulver zum fertigen Bauteil



© Nutech GmbH

Laser Metallauftragen mit Pulver



Binder Jetting (links: Grünling, rechts: fertiges Bauteil)

# Die gängigen Verfahren

## Laser-Pulverbett-Schmelzen (L-PBF= Laser Powder Bed Fusion)

Das Laser-Pulverbett-Schmelzen ist ein additives Verfahren, bei dem der 3D-Druck im Pulverbett erzeugt wird. Neben der eigentlichen Anlage und einem Metallpulver als Rohmaterial ist ein Schutzgas erforderlich, welches das erschmolzene Pulver vor atmosphärischen Einflüssen schützt. Bezeichnungen und Markennamen, unter dem das Verfahren auch bekannt ist, sind:

- Laserstrahlschmelzen (LBM = Laser Beam Melting)
- Selective Laser Melting (SLM®)
- Direct Metal Laser Sintering (DMLS)
- LaserCUSING®



Gekühlte Schweißdüse aus CrNi-Stahl, entwickelt von ifw Jena

## Besonderheiten und Vorteile

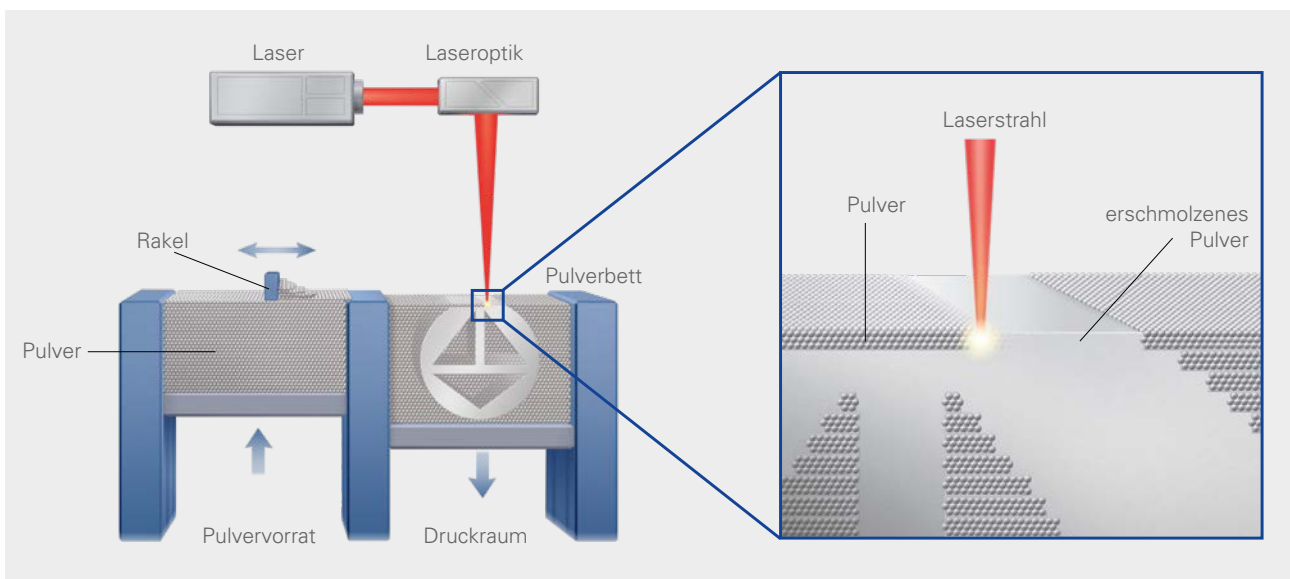
Mit dem Laser-Pulverbett-Schmelzen können hohe Genauigkeiten erreicht werden. Diese sind im Gegensatz zu anderen 3D-Verfahren sehr viel höher, da die einzelnen Lagen mit dem Laser sehr präzise und sicher erfasst werden können. Durch die hohe Genauigkeit können damit auch geringe Bauteiltoleranzen erfüllt werden. Im Gegensatz zum Elektronenstrahlschmelzen (EBM) ist das Verfahren langsamer, da der Laserstrahl träger ist. Einige Anbieter von Anlagen zum Laser-Pulverbett-Schmelzen bieten daher Anlagen mit mehreren Laserstrahlen an.

## Elektronenstrahlschmelzen (EBM = Electron Beam Melting)

Das Elektronenstrahlschmelzen ist ebenfalls ein additives Verfahren, bei dem der 3D-Druck im Pulverbett erzeugt wird. Im Gegensatz zum Laser-Pulverbett-Schmelzen erfolgt es im Vakuum, sodass ein optimaler Schutz vor atmosphärischen Einflüssen gegeben ist. Hier kann jedoch kein Einfluss auf den Schmelzprozess durch ein Schutzgas erfolgen.

## Besonderheiten und Vorteile

Anders als beim Laser-Pulverbett-Schmelzen können beim Elektronenstrahlschmelzen nicht so hohe Genauigkeiten erreicht werden. Dies ist in der hohen Energiedichte des Elektronenstrahls begründet. Der Druckprozess verläuft bei höheren Temperaturen, sodass die Schmelzbereiche größer sind. Die erreichbaren Genauigkeiten sind aber immer noch besser als bei allen anderen Druckverfahren. Zusätzlich sollte ein Gas zum Kühlen nach dem Druckprozess eingesetzt werden. Besonders vorteilhaft ist die hohe Druckgeschwindigkeit, da der Elektronenstrahl besonders schnell abgelenkt werden kann.



Laser-Pulverbett-Schmelzen (L-PBF)

## Laser-Metallauftragen mit Pulver

(LMD-P = Laser Metal Deposition with Powder)

Alternative Bezeichnung: **Direktes Auftragen mit Pulver** (DED-P= Direct Energy Deposition with Powder)

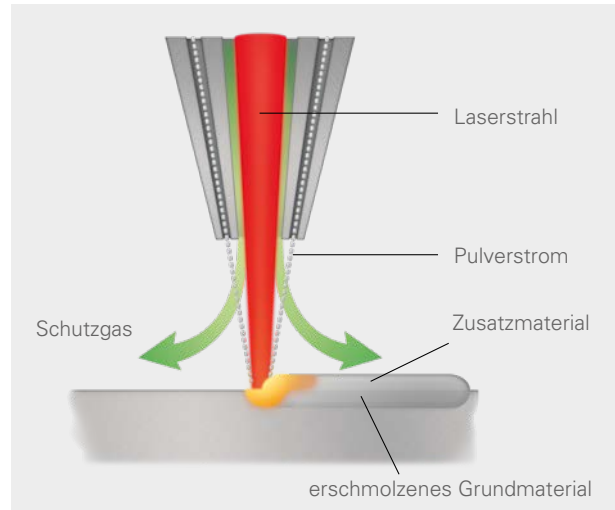
Das Laser-Metallauftragen, zeichnet sich dadurch aus, dass das Pulver direkt in die Schmelzzone gebracht wird. Das Pulver wird dabei in den Laserkopf geführt und von dort aus mit Hilfe eines Trägergases konzentrisch zum Laserstrahl in die Prozesszone (Druckzone) gespritzt. Zusätzlich zum Trägergas wird ein Schutzgas benötigt.



LMD-P gedruckte Förderschnecke

### Besonderheiten und Vorteile

Beim Laser-Metallauftragen wird der Laserkopf meistens durch einen Roboter bewegt. Hierdurch ist eine deutlich geringere Druckgeschwindigkeit im Gegensatz zu den Pulverbettverfahren gegeben. Da das Verfahren an kein Pulverbett gebunden ist, können wesentlich größere Bauteile gedruckt werden. Die erreichbaren Genauigkeiten und Toleranzen sind nicht so hoch wie bei den Pulverbettverfahren, für viele Anwendungen aber ausreichend bzw. durch Nacharbeit erreichbar. Zusätzlich kann problemlos an bereits vorhandene Bauteile gedruckt werden. Dies kann aus Gründen der Reparatur oder bei kombinierten Fertigungsverfahren (konventionelle Fertigung + 3D-Druck) erfolgen.



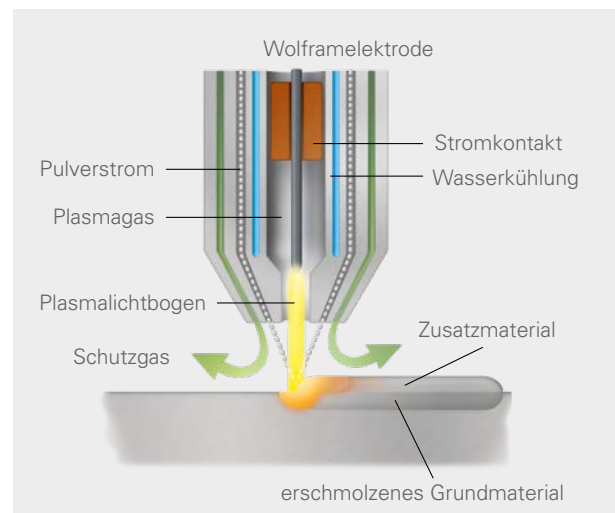
Laser-Metallauftragen mit Pulver (LMD-P)

### Plasma-Pulver-Auftragschweißen

Auch beim Plasma-Pulver-Auftragschweißen wird das Metallpulver über den Schweißbrenner konzentrisch zum Plasmastrahl zugeführt. Bei diesem Verfahren sind ein Plasmagas, Trägergas und ein Schutzgas erforderlich. Das Verfahren ist aus dem Beschichten von Bauteilen bekannt. Ein 3D-Druck wird durch eine mehrlagige Anwendung erreicht.

### Besonderheiten und Vorteile

Auch beim Plasma-Pulver-Auftragschweißen wird der Druckkopf bzw. Brenner mit einem Roboter geführt. Dies erlaubt auch hier die Herstellung von besonders großen Bauteilen. Zusätzlich eignet sich das Verfahren zum Reparaturdruck von beschädigten Bauteilen.



Plasma-Pulver-Auftragschweißen



### Laser-Metallauftragen mit Draht

(LMD-W = Laser Metal Deposition with Wire)

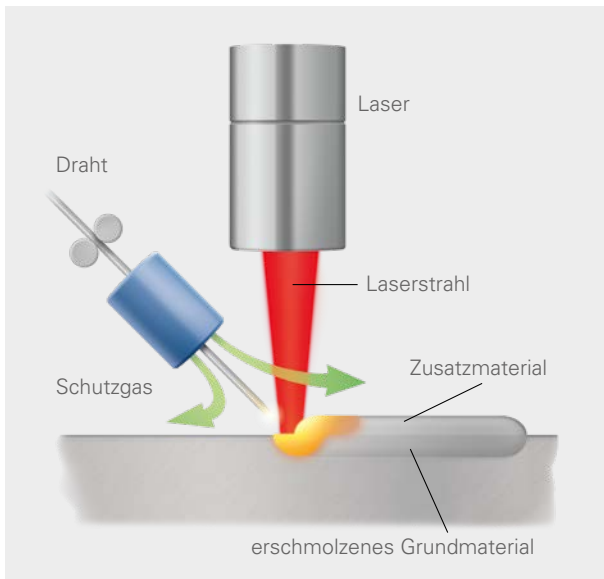
Alternative Bezeichnung: **Direktes Auftragen mit Draht**

(DED-W= Direct Energy Deposition with Wire)

Das Laserstrahlschweißen ist in der Schweißtechnik ein weit verbreitetes Fügeverfahren. Das Laser-Metallauftragen mit Draht ist eine Übertragung dieses Verfahrens in den 3D-Druck. Bei dem Verfahren wird ein Draht als Zusatzmaterial verwendet. Um den Druck vor atmosphärischen Einflüssen zu schützen, wird ein Schutzgas verwendet.

### Besonderheiten und Vorteile

Das Laser-Metallauftragen mit Draht ist vom Prinzip her dem LMD-P Verfahren ähnlich. Bei beiden Verfahren wird ein Laser verwendet und der Druckkopf mit einem Roboter geführt. Lediglich die Zufuhr des Zusatzmaterials unterscheidet sich. Der Draht, der beim LMD-W verwendet wird, bietet im Gegensatz zu einem Pulver Vor- und Nachteile. Drähte sind in der Regel kostengünstiger. Zudem gibt es viel mehr Drahtwerkstoffe als Pulverwerkstoff, wodurch wesentlich mehr unterschiedliche Werkstoffe zum Druck verwendet werden können. Nachteile sind im Bereich der Genauigkeit und der Richtungsabhängigkeit zu finden.



Laser-Metallauftragen mit Draht (LMD-W)

### Koaxiales Laser-Metallauftragen mit Draht

(LMD-W = Laser Metal Deposition with Wire)

Alternative Bezeichnung: **Koaxiales Direktes Auftragen mit Draht**

(DED-W= Direct Energy Deposition with Wire)

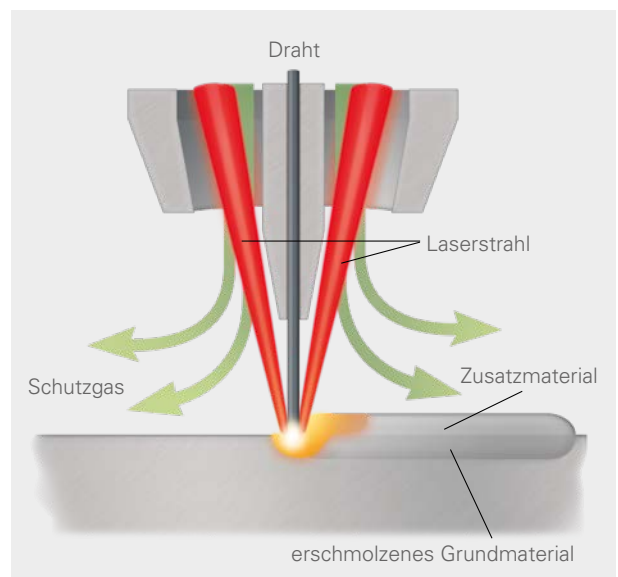
Das koaxiale Laser-Metallauftragen mit Draht ist eine Sonderform des klassischen Verfahrens. Hierbei wird der Draht mittig zur Prozesszone (Druckzone) geleitet. Der Laserstrahl wird aufgeteilt und im Schmelzbereich konzentrisch wieder zusammengeführt. Alternativ können auch mehrere Diodenlaser rings um die Drahtzuführung angeordnet werden.



Koaxiales Laser-Metallauftragen mit Draht

### Besonderheiten und Vorteile

Das koaxiale Laser-Metallauftragen mit Draht bietet nahezu alle Vorteile wie das klassische Verfahren und beseitigt die Nachteile, die das Verfahren gegenüber dem LMD-P Verfahren aufweist. Durch die mittige Drahtzuführung bietet es eine Richtungsunabhängigkeit ebenso wie das LMD-P Verfahren. Es ist damit eine kostengünstige Alternative.



Koaxiales Laser-Metallauftragen mit Draht (LMD-W)



Bauteilhalterungen, produziert von der TU Ilmenau

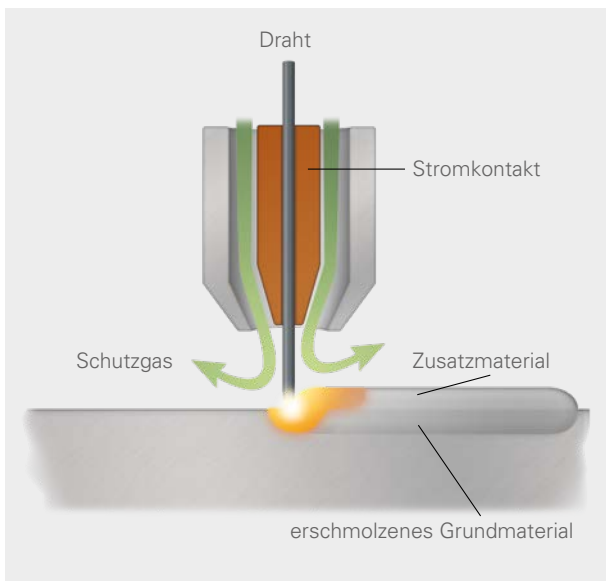
### Lichtbogenbasierte additive Fertigung

(WAAM = Wire Arc Additive Manufacturing)

Die klassischen Lichtbogenschweißverfahren MAG, MIG und WIG wurden bereits in der Vergangenheit für formgebende Schweißungen eingesetzt. Durch moderne Prozessvarianten und verbesserter Automatisierungsanlagen wird vor allem das MAG-Schweißen immer häufiger für den 3D-Druck verwendet. In der 3D-Technik ist es unter dem Begriff WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) bekannt. Bei dem Verfahren wird zwischen dem Draht und dem Bauteil ein Lichtbogen gezündet, der den Draht aufschmilzt. Ein Schutzgas schützt den Prozess vor atmosphärischen Einflüssen.

### Besonderheiten und Vorteile

Die preisgünstigste Methode, ein metallisches Bauteil zu drucken, ist durch den Einsatz eines Lichtbogenschweißverfahrens gegeben. Bei dem Verfahren können hohe Abschmelzraten erreicht werden. Der Brenner bzw. Druckkopf wird in der Regel durch einen Roboter geführt, so dass große Bauteile gedruckt werden können. Nachteilig ist die verhältnismäßig hohe Ungenauigkeit, wodurch ein Aufmaß der Druckkontur erforderlich ist. Häufig erfolgt eine spanende Nacharbeit, mit der die erforderliche Genauigkeit und Oberflächengüte erreicht wird.



Lichtbogenbasierte additive Fertigung (WAAM)



Knotenpunkt aus dem Stahlbau, produziert von der TU Ilmenau

# Kompetenzzentren für Schweiß- und Schneidanwendungen



## Technische Zentren: Quellen für Innovationen

Zur Entwicklung neuer Technologien im Bereich Schweißen und Schneiden betreibt Messer in Europa, Asien und Amerika Technische Zentren. Hier bieten sich beste Voraussetzungen für Innovationsprojekte sowie Kundenpräsentationen und Schulungen.

## Gaseprogramm: umfassend und klar

Messer bietet ein Gaseprogramm, wie es nicht selbstverständlich ist: Das beginnt mit dem passenden Gas für jede Anwendung, geht über die nachvollziehbare, anwendungsorientierte Namensgebung der Produkte und reicht bis hin zu immer wieder neuen Gasegemischen, passend zu den aktuellen Trends.

## Fachberatung: direkt vor Ort

Direkt in Ihrer Anwendung zeigen wir Ihnen, wie Sie Ihre Prozesse in Richtung Effizienz und Qualität optimieren können. Wir unterstützen Sie bei der Fehlersuche genauso wie bei Verfahrensentwicklungen.

## Kostenanalysen: schnell und effizient

Gerne analysieren wir Ihre bestehenden Prozesse, entwickeln Optimierungsvorschläge, begleiten Prozessänderungen und vergleichen unsere Ergebnisse mit dem vorherigen Zustand – denn Ihr Erfolg ist auch unser Erfolg.

## Schulungen: auf dem neuesten Stand

Unsere Schulungen zeigen den Einsatz der unterschiedlichen Schweißschutzgase und erläutern den sicheren Umgang damit. Dazu gehören auch die Lagerung der Gase sowie der sichere Transport kleiner Mengen. Informations- und Schulungsmaterial für Ihren Betrieb gehören natürlich auch zum Service. Zum Einsatz unserer Produkte bieten wir regelmäßig Webinare an.



**MESSER**   
Gases for Life

Messer SE & Co. KGaA  
www.messergroup.com  
applications.messergroup.com  
welding-technology@messergroup.com