

## **Antwort**

### **der Bundesregierung**

**auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten René Röspel, Andrea Wicklein,  
Dr. Ernst Dieter Rossmann, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der SPD  
– Drucksache 17/13586 –**

### **Stand und Perspektiven der Erforschung und des Einsatzes von 3D-Druckern**

#### Vorbemerkung der Fragesteller

Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft hängt maßgeblich davon ab, dass ökonomische Potentiale von Innovationen aus Wissenschaft und Forschung frühzeitig identifiziert und vielversprechende Ansätze konsequent gefördert werden. Ein Beispiel für eine neue Technologie, die geeignet erscheint, Veränderungen in industriellen Produktionsprozessen herbeizuführen, sind so genannte 3D-Drucker. Diese Technik findet bereits heute erste Anwendung in der Industrie. Durch diese Technik lassen sich computergesteuert aus flüssigen oder pulverförmigen Werkstoffen nach vorgegebenen Maßen und Formen dreidimensionale Werkstücke produzieren. Einige Medien sprechen in diesem Zusammenhang bereits von einer „dritten industriellen Revolution“. Bereits in der letzten Legislaturperiode hat sich das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) im TAB-Bericht „Individualisierte Medizin und Gesundheitssystem“ (Bundestagsdrucksache 16/12000) in Ansätzen mit dieser Technologie beschäftigt. Die Autoren der TAB-Studie kamen unter anderem zu dem Schluss, dass mit der Herstellung von individuellen keramischen Implantaten als Knochenersatz in absehbarer Zeit zu rechnen sei.

Die Preise für 3D-Drucker sind in den vergangenen Jahren erheblich gesunken, und sie sind daher auch für Privatpersonen erschwinglich geworden. In Verbindung mit Open-Source-Mustern (Muster meint in diesem Fall die Datei, in der die Informationen abgespeichert sind, die der Drucker braucht, um einen Gegenstand zu drucken) ergeben sich für die private Nutzung vollkommen neue Möglichkeiten. Hieraus ergeben sich zahlreiche neue Fragen, die sich bisher nur im Bereich der digitalen Welt gestellt haben. So können mit 3D-Druckern problemlos verlustfreie Kopien von Inhalten oder Objekten angefertigt werden, die dem gewerblichen Rechtsschutz unterliegen. In den Medien wurde darüber hinaus vor Kurzem über ein hoch umstrittenes Projekt berichtet, in dessen Rahmen Privatpersonen in den USA an einem Muster arbeiten, welches zur Produktion einer Waffe in einem 3D-Drucker genutzt werden kann. Nach den Plänen der Beteiligten soll dieses Muster frei verfügbar gemacht werden.

Eine frühzeitige gesellschaftliche und politische Begleitung dieser Technologie ist notwendig, um die enormen Chancen und Potenziale zu erkennen und zum

Vorfeld des Wirtschaftsstandortes Deutschland nutzen zu können. Wissenschaft und Forschung können in erheblicher Weise dazu beitragen, dass eine gesellschaftliche Debatte über Einsatzgebiete und Folgen des Einsatzes von 3D-Druckern frühzeitig und fundiert geführt werden kann. Eine gezielte Forschungsförderung ist daher unabdingbar.

### Vorbemerkung der Bundesregierung

Unter dem Begriff „3D-Druck“ werden in den Medien unterschiedliche Technologien subsumiert. Bei den derzeit für Privathaushalte angebotenen Geräten werden die zu verarbeitenden Materialien (typischerweise thermoplastische Kunststoffe) in Form von dünnen Strängen zugeführt. Geräte für den professionellen Einsatz arbeiten typischerweise mit in Form von Pulvern bereitgestellten Metall-, Keramik- oder Polymerwerkstoffen. Diese werden meist mittels Laser lokal aufgeschmolzen und so zu einem dreidimensionalen Gegenstand geformt. Ohne Zweifel ermöglichen diese Technologien sowohl in der Industrie als auch in Privathaushalten völlig neue Möglichkeiten zur Herstellung von Gegenständen.

Die genannten Entwicklungen auf dem Gebiet additiver Fertigungsverfahren, zu denen auch verschiedene als „3D-Druck“ bezeichnete Technologien zählen, werden von der Bundesregierung bereits seit längerer Zeit beobachtet und analysiert.

1. Welche Einrichtungen der außeruniversitären Forschungsorganisationen arbeiten aktuell nach Kenntnis der Bundesregierung an der Entwicklung und Optimierung von 3D-Drucktechnologien?

Neben vielen universitären Forschungseinrichtungen arbeiten u. a. zahlreiche Institute der Fraunhofer Gesellschaft und der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) auf dem Gebiet additiver Fertigungsverfahren. Allein in der Fraunhofer-Allianz Generative Fertigung bündeln elf Institute ihre Kompetenzen auf diesem Gebiet. In der HGF sind insbesondere das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), das Forschungszentrum Jülich, das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) zu nennen. Darüber hinaus befassen sich u. a. auch das Bayerische Laserzentrum, das Laserzentrum Hannover, das LZN Laserzentrum Nord Hamburg, das DMRC-Direct Manufacturing Research Center in Paderborn und das Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung in Jena mit dieser Thematik.

2. Gibt es in Deutschland nach Wissen der Bundesregierung Lehrstühle oder Forschungsinstitute an Hochschulen, die sich schwerpunktmäßig mit der Entwicklung von 3D-Drucktechnologien befassen, und falls ja, um welche Einrichtungen handelt es sich?

Ja, zu nennen sind hier insbesondere:

- RWTH Aachen, u. a. Forschungscampus Digital Photonic Production
- Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der Technischen Universität München
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Sonderforschungsbereich 814 – Additive Fertigung
- Institut für Laser- und Anlagensystemtechnik (iLAS) an der Technischen Universität (TU) Hamburg-Harburg
- Institut für Produkt Engineering am Lehrstuhl für Fertigungstechnik der Universität Duisburg-Essen
- Laserinstitut der Hochschule Mittweida.

Darüber hinaus werden Forschungsarbeiten zu dieser Thematik, wenn auch nicht schwerpunktmäßig, an vielen deutschen Hochschulen wie beispielsweise der Ruhruniversität Bochum oder der TU Berlin durchgeführt.

3. Wie viele Mittel hat die Bundesregierung im Rahmen der Projektförderung des Bundes in den letzten zehn Jahren für Forschung und Entwicklung von 3D-Drucker-Techniken vergeben und an wen (bitte um tabellarische Übersicht)?

Ergänzend zu den im Rahmen der institutionellen Förderung bereitgestellten Fördermitteln wurden in den vergangenen zehn Jahren im Rahmen der Projektförderung des Bundes Fördermittel in Höhe von rund 21,2 Mio. Euro vergeben. Für die gewünschte tabellarische Übersicht wird auf den Anhang 1 verwiesen.

4. In welchen Industriezweigen und zu welchen Zwecken wird nach Kenntnis der Bundesregierung bereits heute die 3D-Drucker-Technik eingesetzt?

Additive Herstellungsverfahren werden nach Kenntnis der Bundesregierung heute u. a. in folgenden Industriezweigen eingesetzt:

- Rapid Prototyping in verschiedenen Bereichen
- automatisierte Herstellung von Zahnersatz
- medizinische Implantate (individuelle Implantate aus Titanlegierungen, Kunststoff für Hörgeräte) und medizinische Operationshilfen wie 3D-Schablonen aus Kunststoff
- Werkzeug- und Formenbau, z. B. für die Herstellung von Spritzgussbauteilen
- Sonderanfertigungen wie Greifer oder Hydraulikkomponenten mit komplexen Geometrien in geringen Stückzahlen
- Schmuckindustrie, hier insbesondere für die materialeffiziente Nutzung von Edelmetallen
- Auftragsproduktion von kundenspezifischen Designobjekten (e-Manufacturing) über Internetplattformen
- vereinzelt Sportgeräte und -ausrüstung.

5. In welchen deutschen Industriezweigen und zu welchen Zwecken erwartet die Bundesregierung den serienmäßigen Einsatz von 3D-Druckern in den nächsten zehn Jahren?

Falls die in der Antwort zu Frage 14 genannten Herausforderungen bewältigt werden können, ist mit einem stetig zunehmenden Einsatz von 3D-Drucktechnologien u. a. in den folgenden Industriezweigen zu rechnen:

- Automobilindustrie (Prototypenfertigung, Vorserienfertigung, Kleinserienfertigung, evtl. Ersatzteilerfertigung, Individualisierung, funktionsoptimierter Leichtbau)
- Sondermaschinenbau (kleine Stückzahlen, hohe Komplexität, kurze Innovationszyklen)
- Turbomaschinenbau (Flugtriebwerke, stationärer Turbinenbau) Herstellung komplexer Bauteile in Leichtbauweise (z. B. Gitterstrukturen) mit verbesserter Funktionalität (z. B. Kühlung)
- Werkzeug- und Formenbau

- Luft- und Raumfahrtindustrie (Vorserien- und Serienanwendungen, Individualisierung, funktionsoptimierter Leichtbau)
- Medizintechnik
- Elektronikindustrie
- Sportindustrie (Individualisierung)
- Konsumerprodukte (individualisierte Designobjekte).

6. Teilt die Bundesregierung die Einschätzung, dass 3D-Drucker die industrielle Produktion revolutionieren werden?

Wenn ja, warum, bzw. wenn nein, warum nicht?

Die Bundesregierung und die industrielle Forschung in Deutschland betrachten die 3D-Drucktechnik als eine kontinuierliche, längerfristige Entwicklung, die vor etwa 20 Jahren unter dem Oberbegriff „rapid prototyping“ begann. Darunter werden im Kern generative Produktionsverfahren verstanden, die geeignet sind, funktional nicht oder nur eingeschränkt verwendbare Einzelstücke effizient herzustellen, die z. B. als Design-Modelle oder Abgussformen Verwendung finden. Unter anderem aufgrund hoher Kosten war zudem die Anwendung der 3D-Drucktechnik in der Fertigung bislang auf Nischenmärkte beschränkt, etwa in der Medizintechnik oder beim Formenbau.

Aus Sicht der Bundesregierung handelt es sich beim 3D-Druck zunächst um eine – sehr interessante und vielversprechende – Ergänzung der Produktionsverfahren, die sich in den kommenden Jahren in der industriellen Praxis bewähren muss. Wenn das gelingt, dann ist in einigen Jahren mit einem soliden Wachstum auf diesem Gebiet zu rechnen.

7. In welchen Anwendungsgebieten wäre nach Auffassung der Bundesregierung eine Verlagerung des Produktionsprozesses von Unternehmen zu Konsumentinnen und Konsumenten dank des Einsatzes von 3D-Druckern wünschenswert?

Es ist nicht die Aufgabe der Bundesregierung, Vorgaben für die Entwicklung von Marktstrukturen zu machen. Man kann in einer Marktwirtschaft davon ausgehen, dass neue Produktionstechnologien in dem Maß Märkte und deren Arbeitsteilung verändern, wie das für die dort beteiligten Akteure (Anbieter/Nachfrager) vorteilhaft ist. Gegenwärtig kann von einer großflächigen Verlagerung der Produktion zum Konsumenten nicht die Rede sein. Allerdings sind Anzeichen dafür erkennbar, dass produktionsbezogene Dienstleistungen, die bislang nur innerhalb der industriellen und gewerblichen Wertschöpfung genutzt wurden, in verstärktem Maße auch für Endkunden zugänglich werden (z. B. Laserschneiden, Herstellen von 3D-Abbildungen oder Designobjekten). Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) arbeitet im Rahmen seiner Forschungsprojekte u. a. auch mit Partnern aus der sogenannten Maker-Szene zusammen, da hier das Potenzial der generativen Produktionsverfahren engagiert und vielfältig erforscht und erprobt wird. So könnte z. B. die Ersatzteilverfügbarkeit von Geräten und damit deren Lebenszyklus verlängert werden, wenn Ersatzteile künftig bei Bedarf generativ hergestellt und nicht mehr auf Lager produziert würden.

8. Welche Unternehmen sind weltweit nach Kenntnis der Bundesregierung bei der Produktion industriell nutzbarer 3D-Drucker marktführend, und wie bewertet die Bundesregierung die Weltmarktposition deutscher Hersteller?

Im Metallbereich sind nach Kenntnis der Bundesregierung eine Reihe deutscher Anlagenhersteller (z. B. EOS, SLM Solutions, Concept Laser, Realizer) führend. Namhafte internationale Wettbewerber gibt es in Großbritannien, Frankreich und Schweden. Beim Laserauftragschweißen hat die deutsche Firma TRUMPF eine marktführende Position inne. Das Laserauftragschweißen hat zur Zeit allerdings noch eine untergeordnete Bedeutung und wird vorwiegend zur Reparatur und Aufarbeitung teurer Bauteile wie Flugzeugturbinen eingesetzt.

Im Kunststoffbereich sind derzeit US-Unternehmen führend. Aber auch deutsche Unternehmen (z. B. Voxeljet und EOS) haben sich im Kunststoffbereich eine starke Marktposition aufgebaut. Als international führende Dienstleister bzw. Plattformbetreiber für Auftragsdienstleistungen sind z. B. Shapeways (USA, Niederlande) und Materialise (Belgien) zu nennen.

Neben den Herstellern der industriell nutzbaren 3D-Drucker leisten weitere Unternehmen aus dem Bereich der Lasertechnik, der 3D-Messtechnik, der CAD/CAM-Software, der Materialherstellung sowie des Maschinen- und Anlagenbaus wichtige Beiträge zu dieser guten Position der deutschen Wirtschaft im internationalen Wettbewerb. Ergänzt wird diese starke Position durch eine Reihe in Deutschland ansässiger Endanwender mit spezifischem Know-how, etwa in der Automobilherstellung oder der Luftfahrtindustrie. Durch die von der Bundesregierung betriebene Projektförderung wird in den Verbundforschungsprojekten die enge Kooperation von Ausrüstern und Anwendern gefördert, so dass Innovationen der Ausrüster stets auch auf die Bedürfnisse des Marktes abgestimmt sind und deutsche Anwender/Produzenten stets Zugang zur neuesten Fertigungsausrüstung haben und diese schneller als der Wettbewerb für die Entwicklung innovativer Produkte nutzen können.

Die Bundesregierung beobachtet sorgfältig internationale Anstrengungen auf dem Gebiet des 3D-Drucks wie etwa die Gründung des National Additive Manufacturing Innovation Institute (NAMII) in den USA. Zur Sicherung und zum Ausbau der starken Wettbewerbsposition deutscher Unternehmen im Bereich des 3D-Drucks wird die Bundesregierung ihre konsequente und nachhaltige Förderung im Bereich der relevanten Schlüsseltechnologien auch in Zukunft fortsetzen.

9. Hat die Bundesregierung in den letzten fünf Jahren zum Thema 3D-Drucktechnologie Gutachten in Auftrag gegeben, und wenn ja, welche?

Die Bundesregierung hat im genannten Zeitraum keine Gutachten in Auftrag gegeben. Stattdessen hat die Bundesregierung wiederholt einen breiten Fachdialog mit Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft geführt, der zu entsprechenden FuE-Fördermaßnahmen geführt hat. Dies gilt sowohl für die Verfahren zum „Rapid Prototyping“ (siehe Antwort zu Frage 6) in den vergangenen 10 bis 15 Jahren, als auch aktuell für die Forschungsthemen im Zusammenhang mit generativen Fertigungsverfahren.

Im Rahmen des Agendaprozesses „Photonik 2020“, der im Jahr 2010 gestartet wurde und dessen Ergebnisse 2011 in das Förderprogramm „Photonik Forschung Deutschland“ mündeten, wurden additive Fertigungsverfahren und deren Einbindung in Prozessketten als wichtiges Zukunftsthema identifiziert. Gleichzeitig stellte sich heraus, dass zur breiten Nutzung des Potenzials dieser Technologien noch erheblicher Forschungsbedarf besteht. Zur Vorbereitung geeigneter Fördermaßnahmen fand im Oktober 2012 im BMBF ein Fachgespräch mit führenden Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft statt. Im November 2012 hat das BMBF ein Expertenforum initiiert, bei dem Perspektiven und Chancen additiver Fertigungsverfahren intensiv diskutiert wurden. In der Folge hat das BMBF zwei FuE-Fördermaßnahmen erarbeitet und im März 2013 veröffentlicht. Dafür stellt

das BMBF insgesamt 50 Mio. Euro zur Verfügung. Arbeiten zu Materialien, Verfahren und Prozessketten für additive Fertigungsverfahren bilden darin einen wichtigen Schwerpunkt. Mögliche Gefahren durch neue Technologien sind parallel Gegenstand der Beratung und der Sicherheitsforschung, etwa verbesserte Verfahren zur Detektion von gefährlichen Gegenständen.

10. Welche Chancen sieht die Bundesregierung im Bereich des Gesundheitswesens für den Einsatz von 3D-Druckern, und ab wann rechnet sie mit einem großflächigen Einsatz dieser Technologie?

Die 3D-Druckertechnologie kommt in der Medizintechnik bereits vereinzelt zum Einsatz. Sie bietet insbesondere Anwendungspotenziale im Bereich der Fertigung therapeutischer Unikate. Zur automatisierten Herstellung von Zahnersatz werden additive Verfahren bereits seit einigen Jahren eingesetzt. Auch bei der Herstellung von Hörgeräten (individualisierte Hörgeräte haben innerhalb von zwei Jahren konventionell gefertigte nahezu komplett verdrängt) oder medizinischen Operationshilfen wie 3D-Schablonen aus Kunststoff werden diese Verfahren bereits genutzt. Die Fertigung therapeutischer Unikate mit Hilfe der 3D-Druckertechnologie oder verwandter additiver Verfahren ist zurzeit noch mit sehr hohen Kosten verbunden. Können letztere nicht durch innovative Lösungen deutlich reduziert werden, dürfte dies den weiteren Einsatz von 3D-Druckertechnologien im Gesundheitswesen stark limitieren. Vor dem Hintergrund des aktuellen Forschungsstandes und der genannten Herausforderungen ist eine belastbare Prognose, ob und wann es zu einem breiten Einsatz von 3D-Drucktechnologien im Bereich des Gesundheitswesens kommt, derzeit noch nicht möglich.

11. Welche Forschungsprojekte zum Einsatz von 3D-Drucktechnologie im Gesundheitswesen bzw. in der Medizintechnologie hat die Bundesregierung in den letzten vier Jahren gefördert (bitte um tabellarische Übersicht)?

Ergänzend zu den im Rahmen der institutionellen Förderung finanzierten Forschungsarbeiten wurden in den vergangenen vier Jahren im Rahmen der Projektförderung des Bundes im Bereich des Gesundheitswesens bzw. in der Medizintechnologie folgende Projekte gefördert:

Zuwendungsempfänger	Projekttitel
Schaefer Kalk GmbH & Co. Kommanditgesellschaft – Bereich Labor – Füllstoffe/Pigmente	Verbundprojekt: Biodegradierbare Kompositwerkstoffe für die generative Fertigung bioaktiver Knochenersatzimplantate (ActiveBone) – Teilvorhaben: Maßgeschneiderte funktionelle PCCs und die Herstellung biodegradierbarer Kompositwerkstoffe für den SLM-Prozess
EOS GmbH Electro Optical Systems – Technical Management (TM)	Verbundprojekt: Biodegradierbare Kompositwerkstoffe für die generative Fertigung bioaktiver Knochenersatzimplantate (ActiveBone) – Teilvorhaben: Grundlagenforschung zur additiven Fertigung auf Laser-Sintersystemen

Zuwendungsempfänger	Projekttitlel
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen – Fakultät 10 – Medizin und Universitätsklinikum – Lehrstuhl für Zahnärztliche Werkstoffkunde und Biomaterialforschung	Verbundprojekt: Biodegradierbare Kompositwerkstoffe für die generative Fertigung bioaktiver Knochenersatzimplantate (ActiveBone) – Teilvorhaben: Werkstoffe, bioaktive Funktionalisierung, mechanische und zellbiologische Charakterisierung
Karl Leibinger Medizintechnik GmbH & Co. KG – Abt. Innovation/Engineering	Verbundprojekt: Biodegradierbare Kompositwerkstoffe für die generative Fertigung bioaktiver Knochenersatzimplantate (ActiveBone) – Teilvorhaben: Design eines bioresorbierbaren patientenspezifischen Implantats und Aufbau von Demonstratoren mittels generativer Fertigungsverfahren
EOS GmbH Electro Optical Systems – Technical Management (TM)	Verbundprojekt: Biodegradierbare Kompositwerkstoffe für die generative Fertigung bioaktiver Knochenersatzimplantate (ActiveBone) – Teilvorhaben: Grundlagenforschung zur additiven Fertigung auf Laser-Sintersystemen
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Knochenersatzimplantaten aus resorbierbaren Werkstoffen – Resobone –, Teilvorhaben: Implantatfertigung
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen – Fakultät 5 – Georessourcen und Materialtechnik – Fachgruppe für Metallurgie und Werkstofftechnik – Institut für Gesteinshüttenkunde	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Knochenersatzimplantaten aus resorbierbaren Werkstoffen – Resobone –, Teilvorhaben: Werkstofftechnik zur Synthese eines an den Laserschmelzprozeß adaptierten bioresorbierbaren Keramik-Glas-Verbundwerkstoff
Universitätsklinikum Aachen – Klinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Knochenersatzimplantaten aus resorbierbaren Werkstoffen – Resobone –, Teilvorhaben: In vitro und in vivo Evaluierung

12. Welche Potenziale hat die Bundesregierung für den Einsatz von 3D-Drucktechnologien in Wissenschaft und Forschung identifiziert (etwa hinsichtlich der Konstruktion von nanoskaligen Gerüsten für gezieltes Zellwachstum)?

Insbesondere spezielle 3D-Drucktechnologien, die geeignet sind, um submikrometergenau Mikro- und Nanostrukturen herzustellen, eröffnen in Wissenschaft und Forschung neue Möglichkeiten. Zum Einsatz kommen sie bereits bei Forschungsarbeiten auf den Gebieten Mikromechanik, Biomedizin, Plasmonik, Mikrofluidik oder Mikrooptik. In erster Linie handelt es sich dabei um die Nutzung der Mehrphotonen-Polymerisation. Dabei werden die angestrebten Strukturen mittels Laser in photosensitive Materialien geschrieben. Diese Verfahren werden gegenwärtig genutzt, um im Rahmen der Grundlagenforschung beispielsweise photonische Kristallstrukturen oder optische Metamaterialien zu

untersuchen. Für die Biowissenschaften lassen sich mit diesen Verfahren maßgeschneiderte Gerüste für das Zellwachstum und künstliche extrazelluläre Matrizen herstellen. Solche Gerüste können genutzt werden, um beispielsweise Knorpelstrukturen als Implantat herzustellen. Des Weiteren könnten 3D-Druckverfahren durch gezielte Anordnung von beispielsweise Blutgefäßzellen die Effektivität der Blutgefäßneubildung im Gewebeersatz erhöhen. Eine große Herausforderung von mittels 3D-Drucktechnologie hergestellten Produkten, die für den Einsatz im Menschen bestimmt sind, stellt die Suche nach geeigneten Ausgangssubstanzen und Fertigungsprozessen dar, die den regulatorischen Anforderungen genügen und so die Patientensicherheit gewährleisten.

Neben der institutionellen Förderung unterstützt die Bundesregierung auch im Rahmen der Projektförderung – u. a. beispielsweise mit dem Förderprogramm „Photonik Forschung Deutschland“ – Arbeiten, die das Potenzial dieser speziellen Form des 3D-Drucks für die Untersuchung von sogenannten Metamaterialien oder neuen Elementen für die optische Datenübertragung nutzen.

13. Fördert die Bundesregierung Projekte, in deren Rahmen 3D-Drucker verwendet werden, um mittels embryonaler Stammzellen dreidimensionales Gewebe wachsen zu lassen, und welche Schlussfolgerungen zieht die Bundesregierung aus entsprechenden Forschungsprojekten?

Die Forschung an humanen embryonalen Stammzellen in Deutschland wird durch das Stammzellgesetz geregelt (Gesetz zur Sicherstellung des Embryonenschutzes im Zusammenhang mit Einfuhr und Verwendung menschlicher embryonaler Stammzellen (Stammzellgesetz – StZG)).

Gemäß § 11 StZG sind die Grunddaten der genehmigten Forschungsvorhaben durch die zuständige Behörde in einem öffentlich zugänglichen Register zu führen. Das entsprechende Register ist auf den Internetseiten der zuständigen Behörde, des Robert Koch-Instituts (RKI), einsehbar ([www.rki.de/DE/Content/Gesund/Stammzellen/Register/register\\_node.html](http://www.rki.de/DE/Content/Gesund/Stammzellen/Register/register_node.html)).

Gemäß dem Register des RKI werden in Deutschland derzeit keine Forschungsprojekte durchgeführt, in deren Rahmen 3D-Drucker verwendet werden, um auf diesem Wege embryonale Stammzellen zur Herstellung von Geweben zu nutzen.

14. Worin sieht die Bundesregierung die größten technischen Herausforderungen für den Einsatz von 3D-Druckern?

Bei additiven Fertigungsverfahren für den industriellen Einsatz besteht Forschungsbedarf u. a.:

- bei der Erforschung der Werkstoff-/Bauteileigenschaften sowie deren Reproduzierbarkeit (u. a. Langzeitbeständigkeit der optischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften)
- zur Steigerung der Prozesssicherheit, Reproduzierbarkeit und Produktivität, sowie zur Senkung der Fertigungskosten einschließlich einer ggf. erforderlichen Fertigbearbeitung
- zur Einbindung additiver Fertigungsschritte in Prozessketten und zur Durchgängigkeit der Datenkette
- zu Methoden für die Online-Qualitätsüberwachung und -sicherung zur Realisierung einer first-time-right-Fertigung
- zur angepassten Bauteilauslegung und Erarbeitung von Normen und Richtlinien für die additive Fertigung sowie von Konstruktionsrichtlinien



- zur Optimierung der Werkstoffeigenschaften zur Erhöhung von Oberflächen-  
güte, Qualität in Aufbaurichtung und Bauteilfestigkeiten
- zur Erforschung der Verarbeitungseigenschaften der Werkstoffe, u. a. im Hin-  
blick auf Aufschmelz- und Kristallisationsverhalten sowie Fließverhalten der  
Schmelze
- zu optimal zugeschnittenen Partikelgrößenverteilungen bei Pulverbettverfah-  
ren und zu optimalen Fließeigenschaften
- zur Erweiterung der mit generativen Verfahren verarbeitbaren Werkstoffpa-  
lette
- zur Modellierung additiver Verfahren
- zur Entwicklung von Design- und Simulationswerkzeugen für das 3D-Dru-  
cken, die insbesondere auch für das 3D-Design durch Anwender oder End-  
kunden genutzt werden können.

Für den Einsatz im privaten Bereich bestehen technische Herausforderungen vor  
allem bei dem derzeit prinzipbedingt noch sehr eingeschränkten Materialspek-  
trum.

15. Worin sieht die Bundesregierung die größten rechtlichen Herausforderun-  
gen für den Einsatz von 3D-Druckern?

Rechtliche Herausforderungen, die aus dem Einsatz von 3D-Druckern resultie-  
ren können, sieht die Bundesregierung im Bereich des Verbraucherschutzes und  
des Waffenrechts.

Über Internet-Plattformen können Laien selbstkonstruierte Gegenstände mittels  
3D-Druckverfahren herstellen lassen und zum Kauf anbieten. Damit besteht die  
Gefahr, dass in größerem Umfang nicht sachgerecht ausgelegte Produkte in Um-  
lauf gebracht werden und im schlimmsten Fall dem Verbraucher Schaden zufü-  
gen. Auch wenn die Dienstleister in ihren AGB auf solche Gefahren ausdrücklich  
hinweisen, sind diese eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten der dort angebo-  
tenen Gegenstände für den Verbraucher nicht ohne weiteres erkennbar. Eine ge-  
füllte Espresso-Tasse suggeriert, dass die gedruckte Tasse tatsächlich auch ge-  
fährlos zum Trinken von Espresso genutzt werden kann. Gleiches gilt für einen  
Lampenschirm. Der Verbraucher ist es gewohnt, dass dieser so konstruiert ist,  
dass er sich bei zweckentsprechender Benutzung z. B. nicht entzünden kann.  
Wenn der 3D-Druck in Zukunft dazu führt, dass vermehrt Laien Produkte kon-  
struieren und in Verkehr bringen, besteht aus Sicht der Bundesregierung recht-  
licher Handlungsbedarf bei der Stärkung des Verbraucherschutzes.

Bezüglich des Handlungsbedarfs beim Waffenrecht wird auf die Antworten zu  
den Fragen 23 und 24 verwiesen.

16. Worin sieht die Bundesregierung den größten gesellschaftlichen Nutzen  
für den Einsatz von 3D-Druckern?

Gesellschaftlicher Nutzen kann sich aus der effizienten Nutzung von Ressourcen  
durch die hohe Materialeffizienz ergeben, ebenso durch die Umsetzung neuer Lo-  
gistikkonzepte mit verteilten Produktionsstätten und damit einhergehend einem  
reduzierten Transportbedarf von Endprodukten sowie durch die Herstellung von  
topologieoptimierten Strukturen für Leichtbauanwendungen.

Zu dem für das Bedarfsfeld Gesundheit erwarteten Nutzen wird auf die Antwort  
zu Frage 10 verwiesen.

Darüber hinaus profitiert die Gesellschaft von schnelleren Innovationszyklen und niedrigeren Markteintrittsbarrieren für Kleinstunternehmer. Individuell angepasste Produkte haben zudem potenziell einen größeren Kundennutzen. 3D-Drucktechnologien eröffnen für jeden Einzelnen neue Möglichkeiten, innovative Gegenstände zu erdenken und umzusetzen. Open Source- und Open Innovation-Ansätze, die bislang vor allem im Softwarebereich verbreitet sind, lassen sich so auch auf die Entwicklung und Optimierung von Alltagsgegenständen übertragen. Von der sog. Maker-Szene wurde dieses Konzept bereits vor einiger Zeit aufgegriffen. Gleichzeitig ermöglichen 3D-Druckverfahren auch die Anfertigung von nicht mehr verfügbaren Ersatzteilen, so dass defekte Geräte und Gebrauchsgüter länger genutzt werden können.

17. Worin sieht die Bundesregierung den größten wirtschaftlichen Nutzen für den Einsatz von 3D-Druckern?

Neben den in der Beantwortung der Frage 16 aufgezeigten Effekten bieten die generativen Fertigungstechnologien zusätzliche Möglichkeiten, der wachsenden Nachfrage nach höherer Individualität der Produkte kostengünstig entsprechen zu können. Weiterhin spielt im Marketing die Einbindung des Kunden in den Entwicklungsprozess von Produkten eine wachsende Rolle, und auch dafür bieten generative Herstellungsverfahren zusätzliche Optionen. Für die Angebotsstruktur der deutschen Industrie stellen schließlich Materialien, Software und Geräte für generative Fertigungsverfahren einen künftig wachsenden internationalen Markt dar.

18. Wie viel kostet nach Kenntnis der Bundesregierung heute durchschnittlich ein 3D-Drucker, wie haben sich die Beschaffungskosten für einen 3D-Drucker seit 2005 entwickelt, und liegen der Bundesregierung Schätzungen vor, wie sich die Kosten für die Beschaffung eines 3D-Druckers, der sich im privaten Bereich nutzen lässt, in den nächsten Jahren entwickeln werden?

Die Preise für 3D-Drucker, die sich prinzipiell im privaten Bereich nutzen lassen, variieren je nach Bauraumgröße, Arbeitsgeschwindigkeit, nutzbarem Materialspektrum und Präzision zwischen 400 und 25 000 USD. Im Segment unterhalb von 1 500 USD liegt der durchschnittliche Preis aktuell bei etwa 940 USD. Damit haben sich die Beschaffungskosten gegenüber 2005 deutlich reduziert. Der Bundesregierung liegen keine konkreten Schätzungen zur künftigen Entwicklung der Beschaffungskosten von 3D-Druckern für den Privatgebrauch vor. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Preise durch Innovation und zunehmenden Wettbewerb weiter sinken werden.

19. Welche Werkstoffe werden nach Kenntnis der Bundesregierung heutzutage schwerpunktmäßig bei 3D-Druckern eingesetzt, und fördert die Bundesregierung Forschungsprojekte, um neue Werkstoffe für den Einsatz in 3D-Druckern zu entwickeln?

Schwerpunktmäßig werden heute im industriellen Umfeld verschiedene Metalle, Keramiken und Polymere für die Verarbeitung in 3D-Druckprozessen eingesetzt. 3D-Drucker, die für den Einsatz in Privathaushalten konzipiert sind, verarbeiten überwiegend thermoplastische Polymere. Eine etwas breitere Materialpalette steht auch Privathaushalten über Dienstleister zur Verfügung.

Die Bundesregierung hat bereits in der Vergangenheit Forschungsarbeiten zur Erweiterung der druckbaren Materialpalette gefördert. Mit der aktuellen Förder-

maßnahme „Photonische Prozessketten“ (siehe Antwort zu Frage 9) werden explizit weiterführende Forschungsarbeiten zu diesem Thema adressiert.

20. Welche energetischen Vorteile oder Nachteile bietet nach Kenntnis der Bundesregierung der Einsatz von 3D-Druckern in Produktionsprozessen?

Eine pauschale Aussage zu energetischen Vor- und Nachteilen von 3D-Druckern ist kaum möglich und muss stets für den konkreten Anwendungsfall getroffen werden. In einigen Fällen, wenn beispielsweise auf die aufwändige Herstellung einer Form verzichtet werden kann, ergeben sich energetische Vorteile. Gleiches gilt, wenn mit Hilfe neuer Logistikkonzepte und verteilter Produktionsstätten Gegenstände erst dort gefertigt werden, wo sie benötigt werden, so dass Transporte über längere Strecken vermieden werden können. Grundsätzlich ist das Aufschmelzen von Materialien mittels Laserstrahl im Allgemeinen energetisch ungünstiger als alternative Heizmethoden. Energetische Vorteile bietet der Laser dann, wenn durch seinen Einsatz eine gezielte lokale Erwärmung erfolgt und Ofenprozesse, bei denen das gesamte Bauteil erwärmt wird, vermieden werden. Im Fall des 3D-Drucks muss jedoch zur Bauteilherstellung das gesamte Volumen des Bauteils Schritt für Schritt aufgeschmolzen werden, so dass hier gegenwärtig in der Regel eher mehr Energie als bei vergleichbaren konventionellen Fertigungsprozessen aufgewendet werden muss.

21. Lassen sich nach Kenntnis der Bundesregierung 3D-Drucker nutzen, um auch größere Produkte (z. B. Roboter, Triebwerke) produzieren zu können, und falls ja, welche Herausforderungen ergeben sich hieraus für die Zukunft des Industriestandortes Deutschland?

Derzeit ist der Bauraum von 3D-Druckern noch beschränkt. Hinzu kommt, dass für größere Bauteile auch die Problematik der herstellungsbedingten internen Verspannungen stark an Gewicht gewinnt. Prinzipiell ist es aber denkbar, dass es in Zukunft zu einer weiteren Skalierung des Bauraums kommt. Derzeit gibt es aber keine konkreten Anhaltspunkte dafür, dass in absehbarer Zeit große, komplexe, aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien bestehende Produkte wie komplette Roboter oder Triebwerke vollständig mittels 3D-Druck hergestellt werden.

22. Sieht die Bundesregierung im Zusammenhang mit 3D-Druckern einen Gesetzgebungsbedarf, und wenn ja, welchen?

Nein, die Bundesregierung sieht gegenwärtig keinen Gesetzgebungsbedarf. Zur generellen Einschätzung siehe die Antworten zu Frage 15 sowie zu den Fragen 23 bis 25.

23. Wäre nach Auffassung der Bundesregierung der Ausdruck einer einsatzfähigen Waffe (etwa einer Pistole) in einem 3D-Drucker nach geltendem Recht verboten, und falls ja, welche rechtlichen Vorgaben wären hier einschlägig?

Der Ausdruck einer einsatzfähigen Waffe in einem 3D-Drucker ist eine gewerbsmäßige Waffenherstellung nach § 21 Waffengesetz (WaffG) bzw. § 21a WaffG oder eine nichtgewerbsmäßige Waffenherstellung nach § 26 WaffG, für die jeweils eine Waffenherstellungserlaubnis erforderlich ist. Die Strafvorschrift für die gewerbsmäßige Waffenherstellung ohne Erlaubnis ist in § 52 Absatz 1 Nummer 2 Buchstabe c WaffG geregelt (Freiheitsstrafe von sechs Monaten bis zu fünf Jahren).

Die Strafvorschrift für die nichtgewerbsmäßige Waffenherstellung ist in § 52 Absatz 3 Nummer 3 WaffG geregelt (Freiheitsstrafen bis zu drei Jahren oder Geldstrafe).

24. Inwieweit ist die Erarbeitung bzw. die Verbreitung eines Musters, mit dem eine Waffe an einem 3D-Drucker produziert werden kann, in Deutschland strafbar?

Die Erarbeitung und Verbreitung von Bauplänen oder Software für die Herstellung herkömmlicher Waffen ist waffenrechtlich nicht strafbar.

25. Welche Herausforderungen sieht die Bundesregierung im Bereich Urheberrecht und gewerblicher Rechtsschutz im Zusammenhang mit 3D-Druckern, und wie plant sie diesen zu begegnen?

3D-Drucktechnologien ermöglichen mit verhältnismäßig geringem Aufwand die Vervielfältigung von Werken und Schutzgegenständen, die durch Immaterialgüterrecht, insbesondere durch das Urheberrecht, Patentrecht, Markenrecht oder Geschmacksmusterrecht (Designrecht) geschützt sind. Verletzungen dieser Rechte beim Einsatz von 3D-Druckern sind im Einzelfall möglich.

Nach Ansicht der Bundesregierung reicht der bislang vorhandene Rechtsrahmen in diesem Bereich aus, um den mit dem Einsatz von 3D-Druckern verbundenen Rechtsfragen sachgerecht begegnen zu können. Für das Urheber-, Geschmacksmuster- und Markenrecht sind neue, durch die Verwendung von 3D-Druckern aufgeworfene Rechtsfragen bis jetzt nicht bekannt geworden. Regelungsbedarf in diesem Bereich ist derzeit nicht erkennbar. Die Technologie für 3D-Drucker ist unter den allgemeinen patentrechtlichen Voraussetzungen patentierbar. Das Patentrecht trifft allerdings keine Aussage zu der Zulässigkeit oder Rechtswidrigkeit der Nutzung patentierter Erfindungen. Regelungsbedarf ist auch im Patentrecht derzeit nicht erkennbar.

26. Wie viele Unternehmen in Deutschland arbeiten, produzieren oder bieten Dienstleistungen im Bereich von 3D-Druckern an (bitte nach Unternehmensgröße aufschlüsseln)?

Amtliche Statistiken derartiger Unternehmen liegen nicht vor. Eine innerhalb der Bearbeitungszeit dieser Anfrage durchgeführte, kurze Recherche ergab eine Zahl von mindestens 28 kleinen und mittelgroßen sowie 19 großen Unternehmen, die in Deutschland im genannten Bereich arbeiten, produzieren oder Dienstleistungen anbieten.

27. Welche Chancen verbindet die Bundesregierung mit dem Einsatz von 3D-Druckern?

Hierzu wird auf die Antworten zu den Fragen 6, 7, 10, 12, 16 und 17 verwiesen.

28. Teilt die Bundesregierung die Einschätzung, dass auch in Kultur und Kunst der Einsatz von 3D-Druckern erhebliche Potenziale bietet, und falls ja, in welcher Form fördert der Bund diese Form des Einsatzes von 3D-Druckern?

Die Bundesregierung ist sich bewusst, dass die 3D-Drucktechnik auch im Bereich von Kunst und Kultur Potenziale bietet. Durch die Möglichkeit der Ent-

kopplung von Kreativität und manueller Ausführung entstehen neue Freiräume für die künstlerische Gestaltung von Objekten und die Schaffung von Kunst. So wurde etwa vor kurzem in Deutschland ein mit einem 3D-Drucker gefertigtes Kleid vorgestellt; eine LED-Lichtinstallation an einer Brücke in San Francisco erfolgte unter Verwendung einer großen Zahl von mit einem 3D-Drucker gefertigten Befestigungselemente usw.

Die potenzielle Bedeutung von 3D-Druckern ergibt sich für Designer, Architekten und Künstler zunächst aus der Möglichkeit, neue, komplexe Formen zu schaffen, die mit konventionellen Techniken nicht realisierbar sind. Darüber hinaus stellt der 3D-Druck aber auch eine neue Grundlage für die Verknüpfung von digitaler und realer Erfahrung dar. So wie digitale Kameras und Bildbearbeitung die Fotografie verändert haben und online-Netzwerke heute dazu beitragen, unser Leben zu digitalisieren, so erschließt der 3D-Druck den umgekehrten Weg: die Übertragung des digitalen Schaffens in eine „Dingwelt“.

Bezüglich der Unterstützung durch die Bundesregierung ist anzumerken, dass die Förderung einzelner Künstlerinnen und Künstler zu den Aufgaben der Länder und Kommunen gehört. Der Staatsminister für Kultur und Medien fördert Künstlerinnen und Künstler in der Regel nicht individuell, sondern indirekt, indem er Kultureinrichtungen mit bundesweiter Bedeutung unterstützt. Durch die Vergabe von Fonds hat die Kulturstiftung des Bundes wichtige Aufgaben in der Künstlerförderung übernommen. Die Fonds entscheiden in eigener Verantwortung über die Vergabe von Mitteln; Arbeiten zum 3D-Druck können hierbei Berücksichtigung finden.

29. Ist es zutreffend, dass die Europäische Weltraumorganisation (ESA) Projekte unterstützt bzw. verfolgt, in deren Rahmen die Möglichkeit untersucht werden soll, aus Mondgestein eine Mondstation auszudrucken, und falls ja, sieht die Bundesregierung grundsätzlich die Möglichkeit, 3D-Drucktechnologien zu nutzen, um etwa in schlecht erreichbaren Regionen Infrastrukturen aufzubauen?

Die ESA hält die additive Fertigung für eine Zukunftstechnologie mit großem Potential. Dabei arbeitet die ESA nicht an den Herstellungsverfahren selbst, sondern untersucht deren möglichen Einsatz für die Weltraumforschung und die Weltraumtechnologie. So ließ die ESA die Nutzung des Mondgesteins als Ausgangsmaterial für die Herstellung von großen Strukturen studieren. Auch sollen Einsatzmöglichkeiten zur Herstellung von Antennenschüsseln, Komponenten von Treibstofftanks usw. untersucht werden. Alle aktuellen Projekte der ESA hierzu befinden sich derzeit in der Studien- bzw. Machbarkeitsphase. Eine Bewertung der Übertragbarkeit der Ergebnisse für den Aufbau von Infrastrukturen in schwer zugänglichen Regionen lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht durchführen. Prinzipiell ist die Nutzung von 3D-Drucktechnologien für solche Aufgaben denkbar. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass in den schwer zugänglichen Regionen in ausreichendem Maß Energie zum Betrieb eines 3D-Druckers bereitgestellt werden kann und dass die hohen Kosten eines solchen Vorgehens akzeptiert werden. Zudem ist zu beachten, dass ein 3D-Drucker kein Material erzeugt, sondern auf die Verfügbarkeit von druckbarem Material angewiesen ist. In der Regel und auf absehbare Zeit wird der konventionelle Aufbau von Infrastruktur, im einfachsten Fall mittels Wasser und Lehm, deutlich kostengünstiger und wesentlich einfacher umsetzbar sein.

30. Welche Konsequenzen sieht die Bundesregierung im Hinblick auf die Veränderung von Produktionsabläufen durch die Einführung von 3D-Druckern auf die heutigen Berufsbilder?

Wie jedes neue Fertigungsverfahren wird auch der 3D-Druck bestehende Berufsbilder verändern und ggf. sogar neue Berufsbilder schaffen. In Ausbildungsordnungen, die duale Ausbildungsberufe regeln, werden verbindliche Mindestinhalte einer Ausbildung festgelegt. Es können aber auch nur solche Ausbildungsinhalte in Ausbildungsordnungen bindend geregelt werden, die bereits von einem Großteil der Betriebe vermittelt bzw. praktisch umgesetzt werden können. Ausbildungsordnungen können organisatorische, technische oder gesellschaftliche Entwicklungen nicht vorwegnehmen, dies würde die Ausbildungsbetriebe in Bedrängnis bringen und letztlich betriebliche Ausbildung verhindern. Daher können neue Technologien erst dann in Ausbildungsordnungen berücksichtigt werden, wenn diese eine nachhaltige und branchenweite Verbreitung in Betrieben gefunden haben.

Die Entwicklungen im Bereich von 3D-Druckern sind zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht so weit gediehen, dass entsprechende Inhalte bereits in Ausbildungsordnungen als verbindliche Mindestinhalte aufgenommen werden könnten. Betriebe, die aber schon über entsprechende Technologie verfügen, können jederzeit über die Ausbildungsinhalte hinausgehende Qualifikationen anbieten und vermitteln. Seitens der Bundesregierung wird die Entwicklung im Bereich der 3D-Technologien aufmerksam verfolgt. Bei einem entsprechenden Stand der Entwicklung und Verbreitung von 3D-Druckern werden adäquate Ausbildungsinhalte Eingang in duale Ausbildungsordnungen finden. Erste Veränderungen bei einzelnen Berufsbildern sind bereits in den Bereichen Dentallabor, Formen- und Modellbau zu beobachten. Neben handwerklichen Fähigkeiten gewinnt zunehmend auch die Arbeit am Computer mit entsprechender Design-Software an Bedeutung.

**Anhang 1 – Tabellarische Übersicht im Rahmen der Projektförderung des Bundes in den vergangenen zehn Jahren vergebenen Fördermittel**

Empfänger	Projekt	Fördermittel
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)	KMU-innovativ - Verbundvorhaben Klimaschutz: Steigerung der Energieeffizienz durch Generative Fertigung mittels Selective Laser Melting - Teilvorhaben 1	319.978 €
SLM Solutions GmbH	KMU-innovativ - Verbundvorhaben Klimaschutz: Steigerung der Energieeffizienz durch Generative Fertigung mittels Selective Laser Melting - Teilvorhaben 2	140.703 €
Precitec Optronik GmbH	KMU-innovativ - Verbundvorhaben Klimaschutz: Steigerung der Energieeffizienz durch Generative Fertigung mittels Selective Laser Melting - Teilvorhaben 3: Entwicklung und Integration einer Topographie-Messtechnik in SLM Anlagen	100.767 €
IQ Evolution GmbH	KMU-innovativ - Verbundvorhaben Klimaschutz: Steigerung der Energieeffizienz durch Generative Fertigung mittels Selective Laser Melting - Teilvorhaben 4: Entwicklung und Anwendung der Prozesskontrolle zur generativen Fertigung von Hochleistungsbauelementen, insbesondere von Halbleiterkühlern	66.915 €
Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)	Verbundvorhaben: Entwicklung einer generativen Fertigungstechnik für die Bauteilherstellung nach biologischen Konstruktions- und Strukturierungsprinzipien am Beispiel des Freischwingers - Teilvorhaben 1	948.262 €
rpm rapid product manufacturing GmbH	Verbundvorhaben: Entwicklung einer generativen Fertigungstechnik für die Bauteilherstellung nach biologischen Konstruktions- und Strukturierungsprinzipien am Beispiel des Freischwingers - Teilvorhaben 3	123.428 €
SLM Solutions GmbH	Verbundvorhaben: Entwicklung einer generativen Fertigungstechnik für die Bauteilherstellung nach biologischen Konstruktions- und Strukturierungsprinzipien am Beispiel des Freischwingers - Teilvorhaben 4	19.468 €
Angiomed GmbH & Co. Medizintechnik KG	Verbundvorhaben: Generative Fertigungsverfahren zur Herstellung von Funktionsflächen auf Mikrobauteilen - Teilprojekt 1	64.130 €
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)	Verbundvorhaben: Generative Fertigungsverfahren zur Herstellung von Funktionsflächen auf Mikrobauteilen - Teilprojekt 2	567.295 €
Horst Scholz GmbH & Co. KG	Verbundvorhaben: Generative Fertigungsverfahren zur Herstellung von Funktionsflächen auf Mikrobauteilen - Teilprojekt 3	33.704 €
C. Josef Lamy GmbH	Verbundvorhaben: Generative Fertigungsverfahren zur Herstellung von Funktionsflächen auf Mikrobauteilen - Teilprojekt 4	40.542 €
INOVAN GmbH & Co. KG	Verbundvorhaben: Generative Fertigungsverfahren zur Herstellung von Funktionsflächen auf Mikrobauteilen - Teilprojekt 5	63.668 €
SITEC Industrietechnologie GmbH	Verbundvorhaben: Generative Fertigungsverfahren zur Herstellung von Funktionsflächen auf Mikrobauteilen - Teilprojekt 6	175.061 €

TLS Technik GmbH & Co. Spezialpulver KG	Verbundvorhaben: Generative Fertigungsverfahren zur Herstellung von Funktionsflächen auf Mikrobauteilen - Teilprojekt 7	46.019 €
Gräbener Maschinentechnik GmbH & Co. KG	Verbundvorhaben: Generative Fertigungsverfahren zur Herstellung von Funktionsflächen auf Mikrobauteilen - Teilprojekt 8	141.604 €
Forschungszentrum Jülich GmbH - Institut für Werkstoffe und Verfahren der Energietechnik (IWV)	Verbundvorhaben: Generative Fertigungsverfahren zur Herstellung von Funktionsflächen auf Mikrobauteilen - Teilprojekt 9	210.000 €
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)	Verbundvorhaben: Generative Fertigung von Aluminiumbauteilen für die Serienproduktion	515.062 €
Zentrum für Funktionswerkstoffe gemeinnützige Gesellschaft mbH Clausthal	Verbundvorhaben: 'Generative Fertigung von Aluminiumbauteilen für die Serienproduktion - Modifizierung der Pulverwerkstoffe'	122.598 €
C.F.K. CNC-Fertigungstechnik Kriftel GmbH	Verbundvorhaben: 'Generative Fertigung von Aluminiumbauteilen für die Serienproduktion - Bauteilfertigung auf Serienanlagen'	53.570 €
EADS Deutschland GmbH	Verbundvorhaben: AluGenerativ - Generative Fertigung von Aluminiumbauteilen für die Serienproduktion	214.234 €
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT)	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Extrusionswerkzeugen aus Hartmetall (GENIAL), Schwerpunkt: Generative Fertigung von Hartmetall-Einsätzen für die Extrusion	578.341 €
aiXtrusion GmbH	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Extrusionswerkzeugen aus Hartmetall (GENIAL), Schwerpunkt: Modellierung und Simulation des Extrusionsprozesses	86.958 €
KUNEX Kunststoff-Extrusions- und Verarbeitungs GmbH	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Extrusionswerkzeugen aus Hartmetall (GENIAL), Schwerpunkt: Analyse - Werkzeugeinsatz für die Extrusion von Naturfaserprofilen	54.767 €
ttp GmbH technische Teile und Profile	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Extrusionswerkzeugen aus Hartmetall (GENIAL), Teilvorhaben: Analyse-Werkzeugeinsatz für die Extrusion von Bauprofilen	10.803 €
Saar-Hartmetall und Werkzeuge GmbH	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Extrusionswerkzeugen aus Hartmetall (GENIAL), Schwerpunkt: Qualifizierung von Hartmetallpulver	91.552 €
Concept - Laser GmbH	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Extrusionswerkzeugen aus Hartmetall (GENIAL), Schwerpunkt: Modifikation einer Lasersinteranlage für die WC-Co-Verarbeitung	254.030 €
REHAU AG + Co - Verfahrenstechnik Extrusion Projekte	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Extrusionswerkzeugen aus Hartmetall (GENIAL), Schwerpunkt: Analyse - Werkzeugeinsatz für die Extrusion von Dichtungsprofilen	24.721 €



CADFEM GmbH - Geschäftsstelle Hannover	Verbundprojekt: Modulares Simulationssystem zur ganzheitlichen Optimierung von direkten, Metall verarbeitenden, generativen Fertigungsverfahren (Simusint), Teilprojekt: Simulation des Fertigungsprozesses	200.509 €
Technische Universität München - Fakultät für Maschinenwesen - Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften - Anwenderzentrum Augsburg	Verbundprojekt: Modulares Simulationssystem zur ganzheitlichen Optimierung von direkten, Metall verarbeitenden, generativen Fertigungsverfahren (Simusint), Teilprojekt: Entwicklung und Konfiguration von Simulationsmodulen für DMF-Verfahren	428.324 €
EOS GmbH Electro Optical Systems - Predevelopment	Verbundprojekt: Modulares Simulationssystem zur ganzheitlichen Optimierung von direkten, Metall verarbeitenden, generativen Fertigungsverfahren (Simusint), Teilprojekt: Entwicklung und Anwendung des modularen Simulationsbaukastens	165.245 €
SLM Solutions GmbH	Verbundprojekt: Modulares Simulationssystem zur ganzheitlichen Optimierung von direkten, Metall verarbeitenden, generativen Fertigungsverfahren (Simusint), Teilprojekt: Erprobung und Validierung der Struktursimulation für DMF-Verfahren	218.699 €
Concept - Laser GmbH	Verbundprojekt: Modulares Simulationssystem zur ganzheitlichen Optimierung von direkten, Metall verarbeitenden, generativen Fertigungsverfahren (Simusint), Teilprojekt: Erprobung von Simulationsmodulen zur Verfahrensoptimierung	137.523 €
apocas GmbH	Wachstumskern AL-CAST: Verbundprojekt: Dauerformwerkzeuge - Teilprojekt: Generative Fertigung von Dauerform-Serien-Werkzeugen für Premium-Aluminium-Gussprodukte	210.363 €
Folkwang Hochschule - Campus Essen - Fachbereich 4 - Industrial Design, Kommunikationsdesign & Fotografie	Verbundvorhaben: Entwicklung einer generativen Fertigungstechnik für die Bauteilherstellung nach biologischen Konstruktions- und Strukturierungsprinzipien am Beispiel des Freischwingers - Teilvorhaben 2	193.418 €
Authenticity GmbH	Verbundvorhaben: Entwicklung einer generativen Fertigungstechnik für die Bauteilherstellung nach biologischen Konstruktions- und Strukturierungsprinzipien am Beispiel des Freischwingers - Teilvorhaben 5	68.500 €
Sintermask GmbH	Verbundvorhaben: Entwicklung einer generativen Fertigungstechnik für die Bauteilherstellung nach biologischen Konstruktions- und Strukturierungsprinzipien am Beispiel des Freischwingers - Teilvorhaben 6	131.841 €
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)	Verbundvorhaben: Selektive Funktionalisierung von Oberflächen durch generative Mikro-Lasermaterialbearbeitung - Teilvorhaben 1	852.374 €

Forschungszentrum Jülich GmbH - Institut für Energieforschung (IEF-3)	Verbundvorhaben: Selektive Funktionalisierung von Oberflächen durch generative Mikro-Lasermaterialbearbeitung - Teilvorhaben 2	292.653 €
SITEC Industrietechnologie GmbH	Verbundvorhaben: Selektive Funktionalisierung von Oberflächen durch generative Mikro-Lasermaterialbearbeitung - Teilvorhaben 3	201.867 €
Gräbener Maschinenteknik GmbH & Co. KG	Verbundvorhaben: Selektive Funktionalisierung von Oberflächen durch generative Mikro-Lasermaterialbearbeitung - Teilvorhaben 4	197.709 €
Angiomed GmbH & Co. Medizintechnik KG	Verbundvorhaben: Selektive Funktionalisierung von Oberflächen durch generative Mikro-Lasermaterialbearbeitung - Teilvorhaben 5	176.531 €
Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS)	Verbundprojekt: Entwicklung, Erprobung und Systemintegration hochpräziser, generativer Laserverfahren in der industriellen Fertigung (MikroGen) - Teilvorhaben: Mikro-Laser-Auftragschweißen	743.400 €
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)	Verbundprojekt: Entwicklung, Erprobung und Systemintegration hochpräziser, generativer Laserverfahren in der industriellen Fertigung (MikroGen) - Teilvorhaben: Verfahrensgrundlagen und Komponentenentwicklung	899.900 €
pro forma - Leistungen für den Werkzeugbau GmbH	Verbundprojekt: Entwicklung, Erprobung und Systemintegration hochpräziser, generativer Laserverfahren in der industriellen Fertigung (MikroGen) - Teilvorhaben: Anwendungen im intelligenten Werkzeugbau	189.900 €
C.F.K. CNC-Fertigungstechnik Kriftel GmbH	Verbundprojekt: Entwicklung, Erprobung und Systemintegration hochpräziser, generativer Laserverfahren in der industriellen Fertigung (MikroGen) - Teilvorhaben: Verfahrens- und Komponentenentwicklung zum Mikro-Selective-Laser Melting (Mikro-SLM)	150.600 €
DILAS Diodenlaser GmbH	Verbundprojekt: Entwicklung, Erprobung und Systemintegration hochpräziser, generativer Laserverfahren in der industriellen Fertigung (MikroGen) - Teilvorhaben: Mikrokanalwärmesenke für Hochleistungsdiodenlaser	127.400 €
Precitec Optronik GmbH	Verbundprojekt: Entwicklung, Erprobung und Systemintegration hochpräziser, generativer Laserverfahren in der industriellen Fertigung (MikroGen) - Teilvorhaben: Grundlagen der Prozesskontrolle und -regelung	208.300 €
Hugo Kern und Liebers GmbH & Co. KG Platinen- und Federnfabrik	Verbundprojekt: Entwicklung, Erprobung und Systemintegration hochpräziser, generativer Laserverfahren in der industriellen Fertigung (MikroGen) - Teilvorhaben: Realisierung elektrischer Schleifkontakte	287.100 €
Schaefer Kalk GmbH & Co. Kommanditgesellschaft - Bereich Labor - Füllstoffe / Pigmente	Verbundprojekt: Biodegradierbare Kompositwerkstoffe für die generative Fertigung bioaktiver Knochenersatzimplantate (ActiveBone) - Teilvorhaben: Maßgeschneiderte funktionelle PCCs und die Herstellung biodegradierbarer Kompositwerkstoffe für den SLM-Prozess	465.575 €
EOS GmbH Electro Optical Systems - Technical Management (TM)	Verbundprojekt: Biodegradierbare Kompositwerkstoffe für die generative Fertigung bioaktiver Knochenersatzimplantate (ActiveBone) - Teilvorhaben: Grundlagenforschung zur additiven Fertigung auf Laser-Sintersystemen	298.495 €

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen - Fakultät 10 - Medizin und Universitätsklinikum - Lehrstuhl für Zahnärztliche Werkstoffkunde und Biomaterialforschung	Verbundprojekt: Biodegradierbare Kompositwerkstoffe für die generative Fertigung bioaktiver Knochenersatzimplantate (ActiveBone) - Teilvorhaben: Werkstoffe, bioaktive Funktionalisierung, mechanische und zellbiologische Charakterisierung	453.660 €
Karl Leibinger Medizintechnik GmbH & Co. KG - Abt. Innovation / Engineering	Verbundprojekt: Biodegradierbare Kompositwerkstoffe für die generative Fertigung bioaktiver Knochenersatzimplantate (ActiveBone) - Teilvorhaben: Design eines bioresorbierbaren patientenspezifischen Implantats und Aufbau von Demonstratoren mittels generativer Fertigungsverfahren	481.500 €
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Knochenersatzimplantaten aus resorbierbaren Werkstoffen - Resobone -, Teilvorhaben: Implantatfertigung	336.000 €
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen - Fakultät 5 - Georesourcen und Materialtechnik - Fachgruppe für Metallurgie und Werkstofftechnik - Institut für Gesteinshüttenkunde	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Knochenersatzimplantaten aus resorbierbaren Werkstoffen - Resobone -, Teilvorhaben: Werkstofftechnik zur Synthese eines an den Laserschmelzprozeß adaptierten bioresorbierbaren Keramik-Glas-Verbundwerkstoff	216.750 €
Universitätsklinikum Aachen - Klinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie	Verbundprojekt: Generative Fertigung von Knochenersatzimplantaten aus resorbierbaren Werkstoffen - Resobone -, Teilvorhaben: In vitro und in vivo Evaluierung	56.984 €
SKZ-KFE gGmbH Kunststoff- Forschung und -Entwicklung	Verbundprojekt: Entwicklung von innovativen Werkzeugen auf der Basis oberflächenfunktionalisierter, generativ gefertigter Formeneinsätze - InnoSurface -, Teilvorhaben: Projektkoordination und kunststofftechnische Begleitung	430.258 €
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)	Verbundprojekt: Entwicklung von innovativen Werkzeugen auf der Basis oberflächenfunktionalisierter, generativ gefertigter Formeneinsätze - InnoSurface -, Teilvorhaben: Entwicklung der generativen Fertigung von Formeinsätzen aus Werkzeugstahl und Kupfer	402.752 €
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)	GenSat - Generative Fertigung von Antennenkomponenten für Satelliten	513.581 €
Steinbeis Innovation gGmbH - Steinbeis Innovations Zentrum Innovation Engineering SIZ IE	Verbundprojekt: MAC4U - Mass Customization für individualisierte Produkterweiterungen Teilvorhaben: Entwicklung von standardisierten Gestaltungsregeln für Produkt- und Prozess-Module im Additive Manufacturing Prozess	244.267 €

CAS Software AG	Verbundprojekt: MAC4U - Mass Customization für individualisierte Produkterweiterungen, Teilvorhaben: Entwurf und Entwicklung eines adaptiven Demonstrators für eine standardisierte Kundenschnittstelle im Additive Manufacturing Prozess	255.116 €
CP Centrum für Prototypenbau GmbH	Verbundprojekt: MAC4U - Mass Customization für individualisierte Produkterweiterungen Teilvorhaben: Additive Manufacturing für Konsumenten	87.434 €
BCT Steuerungs- und DV-Systeme GmbH	Verbundprojekt: Additive Manufacturing basierend auf Ultraschall Polymer Schmelzen: Prozess Erforschung und Technologie Entwicklung, Teilprojekt: Entwicklung der Software zur NC-Programm-Erzeugung und Automatisierung des Datenflusses	267.172 €
EADS Deutschland GmbH - Innovation Works	RADIKAL - Ressourcenschonende Werkstoffsubstitution durch additive & intelligente (FeAl-) Werkstoff-Konzepte für angepassten Leicht- und Funktionsbau	332.627 €
Siemens Aktiengesellschaft - Corporate Technology - CT T DE HW 5	RADIKAL - Ressourcenschonende Werkstoffsubstitution durch additive & intelligente (FeAl-) Werkstoff-Konzepte für angepassten Leicht- und Funktionsbau	273.810 €
NANOVAL GmbH & Co. KG	RADIKAL - Ressourcenschonende Werkstoffsubstitution durch additive & intelligente (FeAl-) Werkstoff-Konzepte für angepassten Leicht- und Funktionsbau	43.512 €
Dr. Kochanek Entwicklungsgesellschaft	RADIKAL - Ressourcenschonende Werkstoffsubstitution durch additive & intelligente (FeAl-) Werkstoff-Konzepte für angepassten Leicht- und Funktionsbau	202.221 €
Max-Planck-Institut für Eisenforschung Gesellschaft mit beschränkter Haftung	RADIKAL - Ressourcenschonende Werkstoffsubstitution durch additive & intelligente (FeAl-) Werkstoff-Konzepte für angepassten Leicht- und Funktionsbau	353.863 €
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)	RADIKAL - Ressourcenschonende Werkstoffsubstitution durch additive & intelligente (FeAl-) Werkstoff-Konzepte für angepassten Leicht- und Funktionsbau	433.985 €
EOS GmbH Electro Optical Systems - Technical Management (TM)	Verbundprojekt: Biodegradierbare Kompositwerkstoffe für die generative Fertigung bioaktiver Knochenersatzimplantate (ActiveBone) - Teilvorhaben: Grundlagenforschung zur additiven Fertigung auf Laser-Sintersystemen	298.495 €
Technische Universität München - Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb)	Verbundprojekt: Additive 3D-Fertigung von elektrischen und elektronischen Anwendungen - 3DAMEEA -, Teilvorhaben: 3D-Aufbau von Schaltungen mittels pulverbettbasiertem 3D-Drucken	219.375 €
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg - Technische Fakultät - Department Maschinenbau - Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik	Verbundprojekt: Additive 3D-Fertigung von elektrischen und elektronischen Anwendungen - 3DAMEEA -, Teilvorhaben: Aerosol-Jet	223.398 €

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM)	Hybride selektive additive Prozesstechnik für Elektronik und - Sensoren auf Polymerbasis - HADPEP -	2.595.000 €
BEGO Medical GmbH	Verbundprojekt: Entwicklung von gradiertem Knochenersatz aus Titanwerkstoffen und CoCr - Legierungen mit verbesserten biokompatiblen Eigenschaften bei gleichzeitig guten mechanisch- technologischen Eigenschaften auf Basis des Selective Laser Melting (SLM)	183.471 €
C.F.K. CNC-Fertigungstechnik Kriffel GmbH	Verbundprojekt: Entwicklung, Erprobung und Systemintegration hochpräziser, generativer Laserverfahren in der industriellen Fertigung (MikroGen) - Teilvorhaben: Verfahrens- und Komponentenentwicklung zum Mikro-Selective-Laser Melting (Mikro-SLM)	150.600 €
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen - Fakultät 4 - Maschinenwesen - Lasertechnik - Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme	Verbundprojekt: Entwicklung von korrosionsbeständigen und ausdehnungsangepassten Mikrokanalwärmesenken für Hochleistungsdiodenlaser - NextGen, Teilvorhaben: Verfahrensentwicklung und Herstellung von Mikrokanalkühlern mit SLM	251.088 €
Summe:		21.221.325 €





