



Leopoldina
Nationale Akademie
der Wissenschaften



Dezember 2016
Kurzfassung der Stellungnahme

Additive Fertigung

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Union der deutschen Akademien der Wissenschaften

Ob Handprothesen, ganze Autos oder sogar Menschen-Klone – was der industrielle 3D-Druck zu fertigen in der Lage sei, bietet Stoff für Wirtschaftsprognosen, Medien und Science Fiction gleichermaßen. Die Grenzen zwischen Vision und Realität sind fließend, die Erwartungen häufig überzogen. Fakt ist: Die Technologien für die sogenannte Additive Fertigung, also den 3D-Druck in der Industrie, stecken zum Teil noch in den Kinderschuhen, doch ihr Reifegrad nimmt stetig zu. Die Vielfalt an möglichen Anwendungen ist groß und die Branche verzeichnet seit Jahren Wachstumsraten von etwa 30 Prozent bei einem weltweiten Umsatz von 4,5 Milliarden Euro im Jahr 2015. In der digitalen, vernetzten Industrieproduktion der Zukunft werden additive Fertigungsverfahren eine wichtige Rolle spielen. Revolutionieren wird die Additive Fertigung die Produktion in absehbarer Zeit jedoch weder technologisch noch mit Blick auf die Wertschöpfung.

Additive Fertigung bezeichnet die Produktion von Bauteilen durch schichtweisen Materialauftrag aus formlosem Rohstoff. So können Objekte mit variablen Formen quasi „gedruckt“ werden. Die Additive Fertigung läuft automatisiert auf Basis von digitalen 3D-Modellen ab und zwar in drei Stufen: der Datenaufbereitung, dem schichtweisen Aufbau des Objekts und der Nachbereitung. Sowohl verschiedene Fügeprinzipien als auch Werkstoffe – Kunststoffe, Metalle oder Verbundwerkstoffe – können zum Einsatz kommen. Denkbar sind viele Kombinationen, je nachdem welche Produkteigenschaften erreicht werden sollen. Zu den kommerziell wichtigsten Verfahren zählen zum Beispiel das Strangablegeverfahren (Fused Deposition Modelling), das

sich nach dem Auslaufen des Patents 2009 schnell verbreitete und das Interesse am 3D-Druck beflügelte, oder das Laserstrahlschmelzen. Ob eine Technologie eher für die Heimanwendung, einfache Werkstätten oder die Fabrikhalle geeignet ist, hängt auch von den Anschaffungskosten für die Anlagen ab: Diese reichen von 500 Euro bis zu über 1 Million Euro.

Nachdem ab den 1990er Jahren zunächst Prototypen, vor allem in der Automobilindustrie, und später Gussformen oder Werkzeuge additiv gefertigt wurden, werden inzwischen auch Endprodukte zum Beispiel kleine Bauteile, Kleinserien und Unikate in der Schmuckindustrie oder Medizin und Dentaltechnik hergestellt.

Die additiven Verfahren unterscheiden sich von konventionellen Fertigungstechnologien in vielfacher Hinsicht. Wenn ihre Besonderheiten konsequent genutzt werden, lassen sich enorme Potenziale erschließen. Ihr wichtigster Vorteil ist die hohe Gestaltungsfreiheit: Da das Material Schicht für Schicht bis zum fertigen Objekt aufgetragen wird und keine Gussformen notwendig sind, die selbst zeit- und kostenintensiv hergestellt werden müssen, kann theoretisch jede Form gefertigt werden. Wie groß die Gestaltungsfreiheit tatsächlich ist, hängt vom Verfahren und der Formgestaltung ab. So benötigen manche Technologien zum Beispiel Stützstrukturen, die im Nachhinein wieder entfernt werden müssen. In der Medizin können so auf die individuelle Anatomie der Patienten maßgeschneiderte Produkte hergestellt werden, beispielsweise Zahnimplantate, Im-Ohr-Hörgeräte oder Hilfsmittel für chirurgische Operationen. In der Produktion von geometrisch komplexen Modellen und Formen wäre die Alternative zur Additiven Fertigung oft die reine Handarbeit. Die höhere Maßgenauigkeit und die kürzere Herstellungsdauer sind auch beim Prototypenbau von Vorteil. Für die Massenproduktion von einfachen Bauteilen mit geringer Wertschöpfung sind additive Fertigungsverfahren jedoch nicht wirtschaftlich genug und daher ungeeignet. Auch das einsatzbereite Produkt, das in einem einzigen Produktionsschritt hergestellt wird, wird wohl noch lange eine Vision bleiben.

Ihr volles Potenzial kann die Additive Fertigung im Kontext Mass Customization ausspielen: Die Technologie erlaubt die vollständige Individualisierung von Produkten. Für die intelligente, vernetzte Produktion in der Industrie 4.0 ist sie deshalb von großer Bedeutung. Der Kunde mit seinen individuellen Anforderungen rückt in den Mittelpunkt der Produktplanung. Mithilfe additiver Fertigungsverfahren können dann Kleinstserien bis hin zur Losgröße 1 ohne größere Kostennachteile hergestellt werden. Ein U.S.-amerikanischer Sportartikelhersteller stellt beispielsweise auf der Basis biomechanischer Messdaten Schuhsohlen her, die dem Laufstil des Läufers angepasst sind. Da der Aufwand für die Nachbereitung des Endprodukts noch relativ hoch ist, stellt die massenhafte Fertigung individualisierter Einzelstücke bisher noch eine Ausnahme dar.

Industrie 4.0 verlangt auch eine Flexibilisierung der Produktion. Additive Fertigung ermöglicht es, Bauteile nah am Ort der Verwendung herzustellen, transportiert werden müsste zunächst allein der Datensatz. Die dezentrale Fertigung ist beispielsweise im Ersatzteilwesen von Bedeutung: Die benötigten Teile können dort gefertigt werden, wo sie ausgetauscht werden müssen. In der Raumfahrt könnten große Bauteile künftig direkt im All produziert werden, anstatt mit Trägerraketen kostenintensiv „angeliefert“ zu werden. Häufig weisen aber die Bauteile noch unterschiedliche Eigenschaften auf, obwohl sie auf Basis derselben Daten gefertigt wurden. Es fehlen robuste Maschinen und Fertigungsprozesse, die reproduzierbaren Output liefern.

Eine wesentliche Entwicklung bei Additiver Fertigung ist die Digitalisierung der Prozesskette; sie fördert neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen. Online-Plattformen ermöglichen beispielsweise einen Marktplatz für 3D-CAD-Modelle, Werkstoffrezepturen sowie Prozessparameter, welche über einen einmaligen Download bzw. Kauf oder über ein

Streaming-Abonnement bezogen werden können, ähnlich wie bei digitalen Musikmedien oder Filmen. Hier gilt es Fragen hinsichtlich der Datensicherheit, Urheberrechten sowie Standardisierung zu klären. Auch die internationale Normung hinkt der Realität hinterher. Die Vielfalt an additiven Fertigungstechnologien ist groß, viele Begriffe sind nicht eindeutig und es gibt unterschiedliche markenrechtlich geschützte Bezeichnungen für teilweise identische Verfahren. Auch die Ressourceneffizienz in der Industrieproduktion der Zukunft kann die Additive Fertigung unterstützen, wenngleich eine ganzheitliche ökonomische, ökologische und soziale Bilanzierung von Additiver Fertigung noch aussteht.

Additive Fertigung wird die industrielle Produktion nicht revolutionieren. Doch vieles deutet darauf hin, dass sie die etablierten Verfahren flächendeckend ergänzen wird. Um das ökonomische und ökologische Potenzial der Technologie für den Standort Deutschland voll ausschöpfen zu können, bedarf es konzertierter Aktionen in den Bereichen Forschung, Umsetzung, Bildung und Förderpolitik:

Forschung

- 1) Um die Produktivität der Additiven Fertigung zu steigern und die Defizite gegenüber konventionellen Fertigungsverfahren zu reduzieren, sollten Produktionsprozesse, Werkstoffe und Bauteileigenschaften erforscht werden und entsprechendes Wissen in die Anlagentechnik einfließen.
- 2) Konkrete, verfahrensübergreifende Gestaltungsrichtlinien sollten systematisch erforscht werden, um die neuen Möglichkeiten der Gestaltungsfreiheit auszunutzen.
- 3) Neue Datenformate für Additive Fertigung sollten kurzfristig entwickelt werden.
- 4) Das Veränderungspotenzial und die Auswirkungen Additiver Fertigungsverfahren auf Wertschöpfungsnetze, Wirtschaft und Gesellschaft sollten analysiert werden.

Umsetzung

- 5) Das Daten-Tripel aus digitalen 3D-Modellen, Werkstoffrezepturen und Prozessparametern ist zu standardisieren.
- 6) Additive Fertigung benötigt dedizierte Methoden und Verfahren zur Qualitätssicherung.
- 7) Umsetzung von Grundlagenforschung in die industrielle Anwendung beschleunigen.
- 8) Für Additive Fertigung werden Konzeptionen für die Integration in umfassende klassische Produktionssysteme benötigt.
- 9) Schaffung zukunftsorientierter Entscheidungsgrundlagen zur strategischen Planung im Kontext Additive Fertigung.
- 10) Belebung und Förderung einer dynamischen Start-up-Szene zur Ausschöpfung der hohen Innovationspotenziale von Additiver Fertigung.

Bildung

- 11) Klassische Berufsbilder von Facharbeiterinnen und Facharbeitern sollten durch neue Qualifikationen für Additive Fertigungstechnologien erweitert werden.
- 12) Die Potenziale der Additiven Fertigung für die MINT-Ausbildung in den Schulen ausschöpfen.

Förderpolitik

- 13) Forschungsprogramm zur Verwirklichung der Dualen Strategie: Deutschlands Position als Leitanbieter und Leitmarkt für Additive Fertigung festigen.

Empfehlungen

Um die Entwicklung der Technologien zur Additiven Fertigung voranzutreiben, neue Einsatzfelder zu erschließen und die industriellen Anwendungen zu optimieren, lassen sich eine Reihe von Handlungsempfehlungen formulieren. Sie zielen darauf, durch gezielte Forschungsförderung derzeit noch bestehende praktische Hindernisse der Produktionsverfahren zu überwinden, durch eine Etablierung von Normen und Standards Entwicklungsprozesse zu vereinfachen und den Austausch zwischen den verschiedenen Akteuren zu fördern.

Adressaten der Handlungsempfehlungen sind damit neben den staatlichen Institutionen der Forschungsförderung in erster Linie die führenden Unternehmen, in denen Additive Fertigung perspektivisch zunehmend eine Rolle spielen wird. Diese können nicht nur mit eigener Forschung zur Entwicklung von Werkstoffen und Verfahren beitragen, ihnen kommt vor allem die Aufgabe zu, bereits frühzeitig notwendige Infrastrukturen zu schaffen, um die neuen Verfahren möglichst effizient in ihre Produktionsprozesse einzubinden. Die Politik kann durch die Schaffung von geeigneten Bedingungen für junge Start-Up Unternehmen und durch die Anpassung von Schul- und Ausbildungscurricula, ein geeignetes Umfeld für zukünftige Entwicklungsprozesse etablieren. Insgesamt wäre es förderlich, wenn sich Forschung und Industrie in diesem Bereich stärker miteinander vernetzen würden. Hierzu können auch normgebende Institutionen wie DIN/ISO beitragen.

Forschung

Empfehlung 1: *Um die Produktivität der Additiven Fertigung zu steigern und die Defizite gegenüber konventionellen Fertigungsverfahren zu reduzieren, sollten Produktionsprozesse, Werkstoffe und Bauteileigenschaften erforscht werden und entsprechendes Wissen in die Anlagentechnik einfließen.*

Der Maschinenstundensatz industrieller additiver Fertigungsanlagen ist im Vergleich zu konventionellen Verfahren sehr hoch. Weiterhin reichen Bauteilfestigkeit und -qualität additiv gefertigter Produkte nur in Ausnahmen an konventionell gefertigte Bauteile heran. Auch das Werkstoffverhalten variiert und ist noch nicht in der Tiefe erforscht. Das sind Haupthindernisse auf dem Weg zur wirtschaftlichen industriellen Anwendung mit größeren Stückzahlen und qualitativ hochwertigen Bauteilen. Andererseits sind die Technologien noch längst nicht ausgereizt. Die Anwender der Technologie insbesondere in der Automotive- und Luftfahrtbranche haben bereits Pläne für die Produktion in großen Serien ausgearbeitet.

Empfehlung 2: *Konkrete, verfahrensübergreifende Gestaltungsrichtlinien sollten systematisch erforscht werden, um die neuen Möglichkeiten der Gestaltungsfreiheit auszunutzen.*

Auch wenn die Gestaltungsfreiheit der Additiven Fertigung groß ist, stößt sie an gewisse Grenzen, zum Beispiel durch eventuell nötige Stützstrukturen und die Notwendigkeit von Nacharbeiten am Bauteil. Gezieltes Design für Additive Fertigung hängt vom Verfahren ab und muss die gesamte Prozesskette berücksichtigen. Neben wenigen

grundlegenden Faustregeln gibt es zur prozessgerechten Konstruktion bisher keine Richtlinien. Diese müssen geschaffen werden und zusammen mit dem zugrunde liegenden Erfahrungswissen in die einschlägige Aus- und Weiterbildung übernommen werden.

Empfehlung 3: *Neue Datenformate für Additive Fertigung sollten kurzfristig entwickelt werden.*

Das derzeitige Standard-Dateiformat .STL weist Mängel auf, da bei der Konvertierung von 3D-CAD Daten wichtige Informationen verloren gehen und Inkonsistenzen auftreten können. Dies bedingt oft umfangreiche Nacharbeiten am Datensatz. Ferner existieren viele proprietäre Datenformate, um Informationen zu transportieren, die in .STL nicht speicherbar sind. Im Vorfeld der Standardisierung von Datenformaten sind konzertierte Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten erforderlich. Neue Datenformate müssen Interoperabilität zwischen Geräten unterschiedlicher Hersteller gewährleisten und Zugänglichkeit von Informationen für den Anwender sicherstellen. Ferner muss eine Anbindung an bestehende IT-Systeme (PDM, ERP) möglich sein. Nur wenn diese Anforderungen erfüllt sind, kann breite Akzeptanz auf industrieller Ebene und in der Maker-Community geschaffen werden. Mit neuen, offenen Datenformaten, z. B. 3MF, gibt es bereits Bemühungen in dieser Richtung.

Empfehlung 4: *Das Veränderungspotenzial und die Auswirkungen Additiver Fertigungsverfahren auf Wertschöpfungsnetze, Wirtschaft und Gesellschaft sollten analysiert werden.*

Die Analysen sollten vor- und nachgelagerte Fertigungsprozesse, die Produktnutzung und das Recycling umfassen. Aufgrund veränderter Wertschöpfungsstrukturen sind soziale, ökonomische und ökologische Nachhaltigkeitspotenziale hinsichtlich einer dezentralen und bedarfsorientierten Herstellung von Produkten zu bewerten. Ein Beispiel ist die Reduktion von kostenintensiver Lagerhaltung und Logistik bei der Ersatzteilversorgung.

Umsetzung

Empfehlung 1: *Das Daten-Tripel aus digitalen 3D-Modellen, Werkstoffrezepturen und Prozessparametern ist zu standardisieren.*

Die von industriellen Anwendern geforderten Verbesserungen von Produktivität und Bauteilqualität erfordern langfristig ein standardisiertes und allgemein akzeptiertes Datenformat, das 3D-Modelle, Werkstoffrezepturen und Prozessparameter vereint. Ferner müssen treffende Qualitätsmerkmale (z. B. Kennzahlensysteme) für Additive Fertigung erarbeitet werden. Nur so ist u.a. die Qualifizierung von Daten, Werkstoffen, Prozessen und Bauteilen möglich. Teilweise fehlt auch heute noch das technisch-physikalische Verständnis von Additiven Fertigungsverfahren, so dass ein erheblicher Forschungsbedarf zur Erzeugung des Daten-Tripels besteht. Gelingt die Verbreitung des angestrebten Daten-Tripels, ist die Erstellung eines hochwertigen Imitats durch Produktpiraten deutlich aufwandsärmer. Für den Schutz des Daten-Tripels sind daher die Identifizierung des individuellen Bedrohungspotenzials und die Realisierung ganzheitlicher Schutzkonzeptionen essenziell.

Empfehlung 2: *Additive Fertigung benötigt dedizierte Methoden und Verfahren zur Qualitätssicherung.*

Zum Nachweis der Qualität von Bauteilen müssen Methoden und Verfahren zum Messen, Testen und Prüfen entwickelt werden. In diesem Zuge müssen relevante Prozessbedingungen zunächst identifiziert und dann überwacht und in laufenden Prozessen auf der Basis eines Prozessmodells geregelt werden.

Empfehlung 3: *Umsetzung von Grundlagenforschung in die industrielle Anwendung beschleunigen.*

Ein Ansatz ist die Intensivierung der vorwettbewerblichen Gemeinschaftsforschung durch den Bund und die Industrie. Ferner kann der Aufbau von Demonstrationszentren und Technologieclustern in den Bundesländern den Transfer in die Praxis stark fördern. So können

durch erfolgreiche Pilot-Implementierungen und branchenspezifische Anwendungen die Chancen und Risiken sowie die heute schon mögliche Breite der Anwendungen aufgezeigt werden. Ein weiterer konkreter Ansatzpunkt ist die Umsetzung großer Verbundprojekte im Rahmen von Public-private-Partnerships. Last but not least ist zu überprüfen, ob es in der in Deutschland relativ schwach ausgeprägten Gründerszene Potenziale für die Verbesserung von Additiver Fertigung gibt.

Empfehlung 4: *Für Additive Fertigung werden Konzeptionen für die Integration in umfassende klassische Produktionssysteme benötigt.*

Die Integration von Additiven Fertigungsverfahren in bestehende Fertigungsprozesse muss auf der Entwicklung von Standardroutinen, prozessorientiertem Qualitätsmanagement und neuen Maschinensystemen für eine robuste Fertigung basieren. Ein zentraler Aspekt ist die Anhebung des Automatisierungsgrads der Maschinen und Anlagen der Additiven Fertigung auf das heute und in Zukunft erwartete Niveau der klassischen Fertigungssysteme. Dabei spielt sicher auch die sich abzeichnende Entwicklung der industriellen Wertschöpfung im Kontext Industrie 4.0 eine wesentliche Rolle.

Empfehlung 5: *Schaffung zukunftsorientierter Entscheidungsgrundlagen zur strategischen Planung im Kontext Additive Fertigung.*

Sollten Visionen wie die dezentrale Fertigung und das Paradigma „Prosumer“ Wirklichkeit werden, werden sich Wertschöpfungsnetze von Grund auf verändern. Um darauf vorbereitet zu sein, müssen Szenarien für die beteiligten Akteure in veränderten Wertschöpfungsnetzen entwickelt werden. Ferner muss ein Instrumentarium geschaffen werden, das die ökonomische, ökologische und soziale Bilanzierung von Additiver Fertigung ermöglicht. Szenarien und Bilanzierungs-Instrumentarium sind dringend benötigte Entscheidungsgrundlagen für die strategische Positionierung der Akteure in der industriellen Wertschöpfung.

Empfehlung 6: *Belebung und Förderung einer dynamischen Start-up-Szene zur Ausschöpfung der hohen Innovationspotenziale von Additiver Fertigung.*

Da Deutschland viel Know-How in den Bereichen Produktionsforschung und Industrieautomatisierung besitzt, ist die Ausgangssituation zur Verbesserung bestehender Maschinen und Anlagen gut. Völlig neue Technologien und Geschäftsmodelle der Additiven Fertigung werden aber auf dieser gewachsenen Basis kaum entstehen. Das Potenzial dazu haben sowohl etablierte Akteure aus anderen Branchen als auch Start-ups. Insbesondere im Start-up-Bereich sind stimulierende Maßnahmen und Förderangebote seitens der öffentlichen Fördermittelgeber notwendig, um das Innovationspotenzial auszuschöpfen und eine neue, vitale Unternehmensszenen entstehen zu lassen.

Bildung

Empfehlung 1: *Klassische Berufsbilder von Facharbeiterinnen und Facharbeitern sollten durch neue Qualifikationen für Additive Fertigungstechnologien erweitert werden.*

Additive Fertigung wird zukünftig gleichberechtigt mit anderen Fertigungsverfahren in vielen Branchen zur Anwendung kommen. In Folge muss Additive Fertigung in der beruflichen Aus- und Weiterbildung verankert werden, wozu zunächst Lehrpersonal für die beruflichen Schulen auszubilden ist. Eine besondere Herausforderung stellt dabei der schnelle technologische Wandel dar: Digitale Plattformen für Lehre und Lernen sowie neue Ansätze zur Wissensvermittlung wie Massive Open Online Courses (MOOC) sind zu verwirklichen. Ferner ist zu prüfen, ob Zertifikate der Weiterbildung zeitlich zu befristen sind, um der Innovationsdynamik des Technologiefelds Additive Fertigung gerecht zu werden.

Empfehlung 2: *Die Potenziale der Additiven Fertigung für die MINT-Ausbildung in den Schulen ausschöpfen.*

Additiven Fertigungstechnologien weisen für die schulische Ausbildung erhebliche Potenziale auf. Sie können als anschauliches Vehikel zur Gestaltung und Herstellung von Artefakten eingesetzt werden. Sogenannte living labs, in denen Schülerinnen und Schüler mit 3D-CAD-Systemen und 3D-Druckern für den Home-Anwenderbereich selbst arbeiten können, bieten die Chance, Technik greifbar zu machen und junge Menschen für MINT-Fächer zu begeistern.

Förderpolitik

Empfehlung 3: *Forschungsprogramm zur Verwirklichung der Dualen Strategie: Deutschlands Position als Leitanbieter und Leitmarkt für Additive Fertigung festigen.*

Bereits heute nehmen Maschinen- und Anlagenhersteller sowie Werkstoffentwickler aus Deutschland international eine Spitzenposition als Anbieter von Additiver Fertigung und der zugrundeliegenden Werkstoffe ein. Zugleich versuchen deutsche Anwenderunternehmen mit Hilfe Additiver Fertigung ihre Wettbewerbsposition zu verbessern. Zukünftig gilt es, Deutschlands Position einerseits als Leitanbieter für Additive Fertigung zu festigen und andererseits die notwendigen Voraussetzungen zu schaffen, um die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen durch Additive Fertigung zu erhöhen. Die Herausforderungen auf dem Weg dazu wurden in dieser Stellungnahme dargelegt. Die Bewältigung dieser Herausforderungen erfordert erhebliche und gut abgestimmte Forschungsanstrengungen. Das entsprechende Programm sollte folgende Themenbereiche adressieren:

- 1) Automatisierung der Prozessketten
- 2) Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Werkstoff- und Prozesswissenschaften
- 3) Neue, auf diese Prozesse ausgerichtete Legierungen und thermomechanische Behandlungen
- 4) Produktivitätssteigerung
- 5) Standardisierte Ausgangswerkstoffe hoher Reinheit und angepasster Morphologie
- 6) Qualitätsregelung
- 7) Reproduzierbarkeit der Bauteileigenschaften
- 8) Gezielte Beeinflussung und Variation der Bauteileigenschaften (gradierte Bauteileigenschaften)
- 9) Multimaterialverarbeitung
- 10) Datenintegrität (Datenschutz, Datensicherheit und Datenkonsistenz)
- 11) Safety und Security in Cyber-Physischen Produktionssystemen
- 12) Prävention von Produktpiraterie
- 13) Auswirkungen einer dezentralen Fertigung auf Wertschöpfungsnetze und ganzheitliche Bilanzierung

Mitwirkende der Arbeitsgruppe

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn (Projektleitung)), Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt (Lehrstuhl für Photonische Technologien, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und Bayerisches Laserzentrum (Projektleitung)), Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl (Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion, Technische Universität Darmstadt), Prof. Dr.-Ing. Christoph Leyens (Institut für Werkstoffwissenschaft, Technische Universität Dresden), Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Schmid (Lehrstuhl für Partikelverfahrenstechnik, Universität Paderborn), Prof. Dr.-Ing. Günther Seliger (Fachgebiet Montagetechnik und Fabrikbetrieb, Technische Universität Berlin), Prof. Dr.-Ing. Petra Winzer (Fachgebiet Produktsicherheit und Qualitätswesen, Bergische Universität Wuppertal)

Kontakt:

Dr. Martina Kohlhuber
acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.
Stellv. Themenschwerpunktleiterin Bereich Technologien
kohlhuber@acatech.de
Tel: (089) 52 03 09 68

Die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften unterstützen Politik und Gesellschaft unabhängig und wissenschaftsbasiert bei der Beantwortung von Zukunftsfragen zu aktuellen Themen. Die Akademiemitglieder und weitere Experten sind hervorragende Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem In- und Ausland. In interdisziplinären Arbeitsgruppen erarbeiten sie Stellungnahmen, die nach externer Begutachtung vom Ständigen Ausschuss der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina verabschiedet und anschließend in der *Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung* veröffentlicht werden.

**Deutsche Akademie der
Naturforscher Leopoldina e.V.
Nationale Akademie der
Wissenschaften**
Jägerberg 1
06108 Halle (Saale)
Tel.: (0345) 472 39-867
Fax: (0345) 472 39-839
E-Mail: politikberatung@leopoldina.org
Berliner Büro:
Reinhardtstraße 14
10117 Berlin

**acatech – Deutsche Akademie
der Technikwissenschaften e.V.**
Karolinenplatz 4
80333 München
Tel.: (089) 52 03 09-0
Fax: (089) 52 03 09-900
E-Mail: info@acatech.de
Hauptstadtbüro:
Pariser Platz 4a
10117 Berlin

**Union der deutschen Akademien
der Wissenschaften e.V.**
Geschwister-Scholl-Straße 2
55131 Mainz
Tel.: (06131) 218528-10
Fax: (06131) 218528-11
E-Mail: info@akademienunion.de
Berliner Büro:
Jägerstraße 22/23
10117 Berlin