

3D-Druck im Schienenverkehr: Durch Additive Manufacturing die Systemverfügbarkeit auf bis zu 100 Prozent steigern

Mit der 3D-Druck-Technologie können viele Bauteile zu geringen Kosten konstruktiv verbessert und deutlich schneller als mit konventionellen Technologien bereitgestellt werden. Gerade bei der zeitkritischen Ersatzteilversorgung bietet dieses Verfahren enorme Vorteile und ist somit bei der Gewährleistung einer hohen Systemverfügbarkeit unverzichtbar. Ein weltweit aufgestelltes Netzwerk von 3D-Druckern ermöglicht auch über Ländergrenzen hinweg den schnellen Bezug von Ersatzteilen. Bei Siemens Mobility nutzen bereits über 100 Kunden den mit diesem Netzwerk verbundenen Service „Easy Sparovation Part®“.



1. Alliance for Availability – das offene Ökosystem für die Schiene

3D-Druck ist ein wichtiger Bestandteil der „Alliance for Availability“. In dieser bündelt Siemens Mobility seine gesamte interne Expertise mit dem Fachwissen zahlreicher Spezialisten und Partner aus der Bahnindustrie. Präzise Rückschlüsse auf den Zustand des Systems und Komponenten werden in dieser Alliance auf der Basis von Smart Monitoring und Smart Measurement erhoben. So werden Daten aus den Infrastruktur- und Fahrzeugsystemen sicher und in Echtzeit an die stationären Service-Zentren übertragen und auf Basis modernster Algorithmen ausgewertet. Das erlaubt eine vorausschauende Instandhaltung der eigenen wie auch der Fremdsysteme. In dieses offene Ökosystem bringt Siemens Mobility Customer Services seine Ressourcen und sein Know-how ein: fundierte Erfahrung aus fast zwei Jahrzehnten mit Fahrzeugen und Systemen. Die Mission: Hand in Hand mit der Bahnindustrie, mit Zulieferern, Betreibern und Universitäten für eine höchstmögliche Systemverfügbarkeit und den Schutz der Investitionen zu sorgen. Durch die enge Kooperation, effiziente Serviceprozesse und modernste, zum

Teil selbstoptimierende Technologien, wird eine herausragende Systemverfügbarkeit bis zu 100 Prozent erreicht.

Einen wesentlichen Beitrag dazu leistet die Additive Fertigung. Mit dieser Technologie lassen sich Originalteile – vom kleinsten Türgriff bis zur kompletten Front – sehr kurzfristig, teilweise innerhalb von 24 Stunden verfügbar halten. Darüber hinaus ist es möglich, Teile mit minimalem Aufwand konstruktiv zu verbessern. „Easy Sparovation Part®“ heißt dieser hochflexible Service. Ein Schlüsselwort dabei ist „Customer Co-creation“: Dabei werden die Fahrzeugteile gemeinsam in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden verbessert und modernisiert. So zum Beispiel, indem die Ergonomie optimiert, neue Funktionen integriert und die Anzahl der benötigten Einzelkomponenten reduziert werden. Auch neueste Erkenntnisse aus der Materialforschung sowie veränderte, gesetzliche Anforderungen können in die Konstruktion einfließen. So wird aus einem Ersatzteil ein „Besserteil“.

2. Wachsender Bedarf

Das Ziel, eine hundertprozentige Verfügbarkeit der Bahnsysteme zu erreichen, ist für die unter hohem Wettbewerbsdruck



Michael Kuczmik

Head of Additive Manufacturing,
Siemens Mobility GmbH
michael.kuczmik@siemens.com



Philip Emmerling

Business Development
Additive Manufacturing
philip.emmerling@siemens.com

stehenden Betreiber von hoher Priorität. Speziell die Instandhaltung der Schienenfahrzeuge ist eine große Herausforderung, besteht doch ein Zug aus mehreren tausend Teilen. Diese für den tatsächlichen Bedarfsfall zu produzieren und zu lagern, wäre für den Betreiber unwirtschaftlich. Zwar sollten häufig auszutauschende beziehungsweise zu ersetzende Standard- und Verschleißteile für die Wartung permanent vorgehalten werden. Oft können jedoch bereits einfachste, selten defekte



1: Nachhaltige Lösungen durch Additive Manufacturing. Der defekte Handapparat muss nicht mehr komplett getauscht und entsorgt werden, sondern wurde repariert und eine ggf. erneute notwendige Reparatur technisch vereinfacht

Bauteile den kompletten Ausfall eines Zuges verursachen.

Typisches Alltagsbeispiel: ein defekter Handapparat für den Zugfunk (siehe Bild 1). Hierbei handelt es sich um einen sogenannten A-Fehler, welcher den weiteren Betrieb des Zuges nicht erlaubt. In der Regel funktioniert lediglich die Taste nicht. Da es sich jedoch um eine Baugruppe handelt, musste bislang der komplette Apparat ersetzt und entsorgt werden. Siemens Mobility hat nun diese Taste nicht nur gedruckt, sondern deren Konstruktion auch so verbessert, dass sie sich mit wenigen Handgriffen in kürzester Zeit austauschen lässt. Bei weiteren Baugruppen ist die Problema-

tik ähnlich gelagert und Additive Fertigung bietet für diese Anwendungen intelligente und wirtschaftliche Lösungen.

Prognosen, nach welcher Betriebszeit ein Schaden oder ein Versagen einzelner Komponenten mit hoher Wahrscheinlichkeit eintritt, sind nicht immer einfach. So können ernste Situationen wie zum Beispiel Unfälle, Sturmschäden und Vandalismus unerwartet und nicht planbar auftreten.

Die Folge sind nicht selten massive Stillstände und kostspielige Ausfallzeiten. Je schneller das Problem behoben werden kann, desto geringer sind die Umsatzeinbußen und Kosten.



2: Das Center of Competence für Additive Manufacturing in Erlangen. Additive Fertigung auf höchsten industriellen Standards und durch den TÜV-Süd zertifiziert

Neben dem kompletten Ausfall des Systems können auch Einschränkungen des Betriebes für die Passagiere problematisch sein. Eine defekte Toilette kann beispielsweise den Komfort für die Fahrgäste empfindlich stören und sich negativ auf das Image des Betreibers – und damit indirekt auf die Preispositionierung und den Markenwert – auswirken. Gepflegte und vollständig intakte Fahrzeuge haben eine positive Wirkung auf die Passagiere.

Siemens Mobility setzt nicht nur bei der Systemverfügbarkeit, sondern auch in puncto Ästhetik, Fahrgastkomfort und Sicherheit hohe Maßstäbe. Dieser hohe Anspruch kann nur erfüllt werden, indem eine reibungslose Materialversorgung in den Wartungsdepots sicher gestellt ist. Und genau hier spielt der 3D-Druck eine zentrale Rolle.

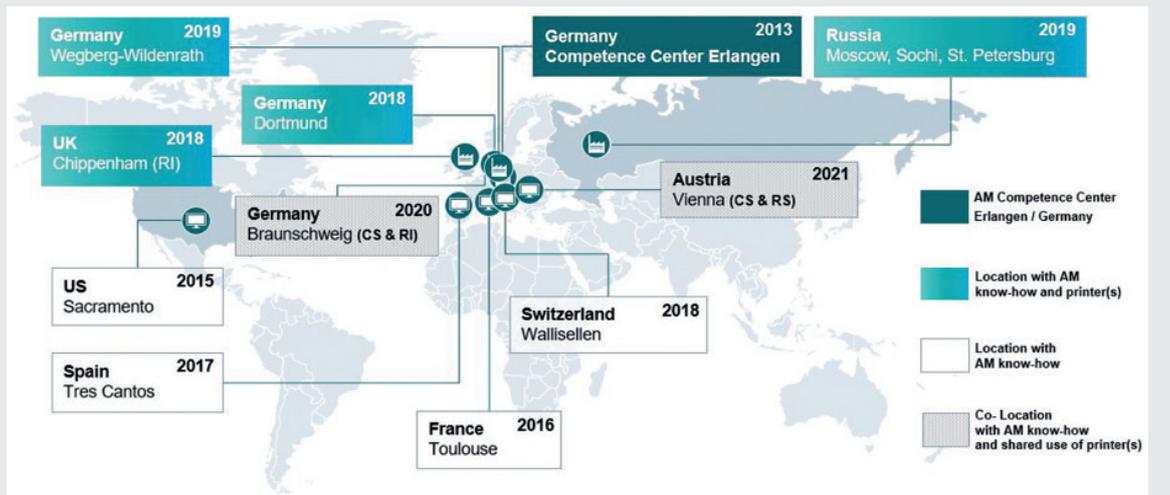
3. 3D-Druck

3.1. Die Technologie

Industrieller 3D-Druck ist in praktisch allen Wirtschaftsbereichen auf dem Vormarsch. So steigt auch in der Bahnindustrie der Wertschöpfungsanteil von Additive Manufacturing in den letzten Jahren kontinuierlich an. Als Materialien kommen verschiedene Kunststoffe, Metalle wie Aluminium (AlSi10Mg) und Edelstahl (1.4404) sowie Verbundwerkstoffe zum Einsatz. Schicht für Schicht – daher der Name „Additive“ Fertigung – wird das Rohmaterial aufgetragen und verschmolzen. Jede Lage ist nur wenige zehntel Millimeter dick. Ganz ohne Werkzeug, allein auf der Basis von digitalen Druck-Daten wird so durch dieses Verfahren ein dreidimensionaler Körper geformt.

Je nach Größe des Bauteils dauert dieser Prozess nur wenige Minuten, wie zum Beispiel für einen einfachen Druck- oder Wählschalter aus Kunststoff, bis zu mehreren Stunden beispielsweise für ein Verkleidungsteil wie eine Bug-, Front- oder Seitenschürze. Ein entscheidender Faktor ist das Know-how rund um die oft hochkomplexen Materialmischungen. Zudem ist die Herstellung von 3D-Druck-Bauteilen auf industriellem High-End-Niveau nur durchgängig digital beherrschbar. Dank seines konsequenten Digitalisierungsansatzes, seiner jahrzehntelangen Kenntnis industrieller Komponenten und seiner Infrastruktur in der Additiven Fertigung zählt Siemens Mobility zu den Vorreitern der 3D-Druck-Technologie in der Bahnindustrie.

3: Weltweites Druckernetzwerk der Siemens Mobility mit dem Center of Competence in Erlangen



3.2. Einsatzfelder

Enormer Vorteil der 3D-Druck-Technologie ist die hohe Flexibilität, die eine schier grenzenlose Formen- und Funktionsvielfalt ermöglicht. Auch konstruktive Erkenntnisse aus der Natur, dem Fachgebiet der Bionik, sind umsetzbar. Dadurch lassen sich technische Lösungen und Produktverbesserungen realisieren, die teilweise in anderen Herstellungsverfahren nicht möglich sind. Das Anwendungsspektrum ist breit gefächert: Von der Herstellung einzelner Objekte zur Ansicht oder zum Testen über Klein- und Mittelserien bis hin zur Serienfertigung kann der Einsatz von 3D-Druck sinnvoller sein als herkömmliche Fertigungsmethoden.

Im Bahnbereich kann 3D-Druck insbesondere in folgenden Szenarien von großem Nutzen sein:

- Die technische **Verbesserung und Optimierung** von Bauteilen durch Designanpassungen
- Bei **kleinen Stückzahlen** zahlt sich die hohe Flexibilität des 3D-Drucks aus, da keine teuren Werkzeuge konstruiert und produziert werden müssen.
- Bei einem **individuellen oder sehr speziellen Bedarf** bietet sich 3D-Druck als schnelle und kostengünstige Lösung an.
- Wenn das Bauteil aufgrund von **Obsoleszenz** nicht mehr verfügbar ist, kann 3D-Druck sogar die einzige Möglichkeit sein, das Bauteil zu vertretbarem Aufwand zu re-produzieren.
- 3D-Druck kann langen Lieferzeiten vorbeugen, wenn **vor Ort keine Fertigungskapazitäten** vorhanden sind.

- Und schließlich kann 3D-Druck extrem hilfreich sein, wenn es darum geht, einzelne Teile innerhalb von **Baugruppen** zu ersetzen.

Die häufigsten Fälle im Alltag betreffen Teile der Verkleidung, funktionelle Teile, Interieur-Teile, Neuteile, Ersatzteile, Prototypen, Werkzeuge und Vorrichtungen. Immer, wenn es um einen der folgenden Faktoren geht, ist es prinzipiell ratsam zu prüfen, ob Additive Fertigung eine bessere Option sein kann: Optimierung eines Bauteils, Reduktion Einmalkosten, Designflexibilität oder kurze Reparaturzeiten. Unter dem Strich geht es um einen gesteigerten Kundennutzen bei optimierten Kosten.

3.3. Das Additive Manufacturing Netzwerk der Siemens Mobility

Um das volle Potenzial der 3D-Druck-Technologie auszuschöpfen, hat Siemens Mobility ein globales Additive Manufacturing Netzwerk aufgebaut mit einer lückenlosen, digitalen Datenkette von der Konstruktion bis zur Endkontrolle. Herzstück ist das Kompetenz-Zentrum in Erlangen, wo mehr als ein Dutzend Expertinnen und Experten in den Bereichen Engineering, F&E und Fertigung arbeiten. Hier werden auch die nötigen Prozesse designed. Zum Equipment gehören hochauflösende 3D-Scanner, die Teileumrisse erfassen und in CAD-Daten umwandeln lassen, SLM-3D-Drucker (Selective Laser Melting) für Aluminiumlegierungen und Edelstahl, FDM-3D-Drucker (Fused Deposition Modeling) für bahntaugliche, feuerhemmende Kunststoffe sowie eine Spezialausrüstung zur mechanischen

und thermischen Nachbearbeitung der gedruckten Teile einschließlich Beschichtung.

Daneben stehen weitere Standorte mit Know-how und eigenen industriellen Druckern zur Verfügung: in Deutschland drei (Dortmund, Wegberg-Wildenrath und Braunschweig), in Großbritannien einer (in Chippenham) und in Russland zwei (Moskau und St. Petersburg). Jüngster Standort im stetig wachsenden Netzwerk ist die österreichische Hauptstadt Wien, wo Serienteile und Ersatzteile gemeinsam produziert werden. Dieses Netzwerk wird stetig ausgebaut und besteht bereits heute aus weiteren Standorten, wo die Additive Fertigung bereits verstanden und eingesetzt wird und dafür bereits erste Prototypendrucker zum Einsatz kommen.

Die dezentrale Produktionsinfrastruktur, möglichst nahe vor Ort beim Kunden, bietet eine Reihe zusätzlicher strategischer und operativer Vorteile: Transportkosten, -zeiten und -wege – und damit auch der CO₂-Ausstoß – werden insgesamt und insbesondere über Ländergrenzen hinweg reduziert. Aufgrund der Nähe ist ein enger persönlicher und direkter Austausch mit dem Kunden möglich.

Zentraler Vorteil des Netzwerks ist es, die Bedarfe und Nachfragen aus den Satelliten im Center of Competence zu bündeln, die passenden Lösungen zu erarbeiten und diese dann umgekehrt im gesamten Netzwerk zur Verfügung zu stellen. So können Anwendungsfälle, die in einem Fahrzeug identifiziert wurden, weltweit auf vergleichbare Aufgaben und Situationen übertragen werden. Das beschleunigt die Bewertung von Problemfällen und die Lösungsentwicklung erheblich.



4: Defekter konventionell gefertigter Betätiger für einen Mülleimer verbaut in einem Triebwagenzug (links). Konstruktiv verbesserter und additiv gefertigter Betätiger (rechts)

Konkretes Beispiel: Ein defekter Betätiger für einen Mülleimer schränkt zwar nicht den Fahrkomfort ein, ist aber für den Kunden ein wichtiger Ästhetikaspekt. Dieser Betätiger ist Bestandteil einer komplexeren Baugruppe. Ist er defekt, musste bislang die gesamte Baugruppe ersetzt werden – und die restlichen Komponenten unter Umständen sogar im Neuzustand entsorgt werden. Im Center of Competence konnte nicht nur die Ursache für den häufigen Defekt gefunden werden, sondern das Bauteil wurde konstruktiv überarbeitet: Es wurde verstärkt und mehr mechanisches Spiel hinzugefügt. Gleichzeitig sorgte eine neue umlaufende Kante für eine einfachere Montage und größere Passgenauigkeit. Die in Erlangen aufbereiteten Druckdaten wurden direkt ins Depot übertragen. Nach dem Druck wurde das Teil kurz darauf eingebaut. Der ganze Vorgang dauerte nur wenige Tage.

Integraler Bestandteil des Netzwerkes ist „Smart Prediction“. Die Echtzeit-Analyse von Belastungskurven, Geräuschen, Vibrationen, Sensordaten und anderen Messwerten sowie von Bildern und Videos, die von Fahrzeugen im Betrieb aufgezeichnet werden, liefert Hinweise auf defekte oder abgenutzte Bauteile. Diese Identifikation ist nahtlos eingebunden in die bestehenden Bestellverfahren und somit auch für den 3D-Druck. Tiefgehende Lernroutinen verbessern laufend die Präzision der eigenen Vorhersagen.

Ergänzend bietet Siemens Mobility ihren Kunden neben Beratung und Trainings, intelligente Lösungen und einen 360°-Full-Service rund um den 3D-Druck an. Dazu zählen Print-on-demand und Serienfertigung ebenso wie Vermessung, Scan und Digitalisierung von Ersatzteilen,

umfassendes Engineering und Re-Engineering bis hin zum Testen und der Zulassung unter Einhaltung aller relevanten Normen und Gesetze. Das Qualitätsversprechen umfasst höchste Prozessstabilität und Qualitätssicherungsmaßnahmen und ist unter anderem belegt durch die Erfüllung aller typischen Industriestandards der Bahnindustrie sowie für die industrielle Nutzung der Additiven Fertigung zertifiziert durch den TÜV Süd. Bis heute hat Siemens Mobility für mehr als 100 Kunden bereits über 13 000 Teile gedruckt. Mehr als 1300 verschiedene Teile sind in einem virtuellen Lager rund um die Uhr an 365 Tagen im Jahr verfügbar und können per Mausclick einfach und schnell bestellt werden.

3.4. Vision

Evolutionär aber mit Hochdruck wird das 3D-Druck-Verfahren mit all seinen Komponenten immer weiter verfeinert: So wird die Software leistungsfähiger und bald vollständig in CAD-Programme integriert sein. Sensoren und maschinelles Lernen werden intelligentere Additive Manufacturing Prozesse und neue Mikrostrukturen, Materialeigenschaften und Oberflächenbeschaffenheiten ermöglichen. Großes Potenzial für den Bahnbereich bietet insbesondere der Metalldruck mit neuen Werkstoffen. Die Kombination von Hard- und Software, von Robotik, Sensoren und Netzwerken (Smart-Factory-Konzepte) werden die Automatisierung vorantreiben und die digitalen Produktionsprozesse und Fertigungsworkflows zunehmend verschlanken. Der technische Fortschritt wird dem 3D-Druck auch den Weg in Richtung Serienproduktion ebnet.

All diese Entwicklungen werden starke positive Effekte auch auf die Maintenance im Bereich der Bahnindustrie zeitigen. Instandhaltung wird damit schneller, flexibler, intelligenter und nachhaltiger. Das Zukunftspotential zur Senkung von Kosten auch in diesem wichtigen Teilsegment ist enorm.

Das Ziel von Siemens Mobility ist es, weltweit noch mehr Drucker-Standorte zu etablieren, um direkt vor Ort beim Kunden Ersatzteile drucken zu können. Darüber hinaus werden alle Prozesse vereinfacht und optimiert – von der Konstruktion über die Fertigung bis hin zur Administration.

4. Zusammenfassung

Längst hat der industrielle 3D-Druck auch in der Bahnindustrie Einzug gehalten. Insbesondere das auf dieser Grundlage mögliche intelligente Ersatzteil-Management ist für die hundertprozentige Verfügbarkeit von Bahnsystemen eine zentrale Voraussetzung. Durch seine enorme Flexibilität senkt Additive Manufacturing aber nicht nur das Ausfallrisiko und die Instandhaltungskosten, sondern ermöglicht gleichzeitig auch die kontinuierliche Steigerung des funktionalen Nutzens und der Ästhetik von Bauteilen. Mit seiner Kompetenz, seinen Ressourcen und seinem globalen 3D-Druck-Netzwerk zählt Siemens Mobility zu den Pionieren dieser innovativen Technologie.

<https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/schiene/services/spare-part-services/easy-sparovation-part.html>

Summary

**3D-print in rail transport:
By using Additive Manufacturing increase system availability up to 100 per cent**

With 3D-print technology, many components can be constructively improved at low cost and provided significantly easier than by conventional technologies. Especially in the time-critical spare part supply, this process offers enormous advantages and is thus indispensable in ensuring high system availability. A global network of 3D printer enables the rapid receipt of spare parts even across national borders. At Siemens Mobility, more than 100 customers are already using the service „Easy Sparovation Part®“ linked with this network.