

1 3D-Drucker basierend auf der Materialextrusion.

2 Druckkopf im Detail.

## 3D-DRUCK VON ENERGETISCHEN MATERIALIEN

### Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT

Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7  
76327 Pfinztal (Berghausen)

Ansprechpartner

Daniel Mitró  
Telefon +49 721 4640-580  
daniel.mitro@ict.fraunhofer.de

[www.ict.fraunhofer.de](http://www.ict.fraunhofer.de)

Wir forschen und entwickeln auf dem Gebiet neuer Herstellungsmethoden, die das Eigenschaftsspektrum von Treib- und Explosivstoffen erweitern und neue Anwendungsfelder erschließen können. Dabei kommt der Additiven Fertigung, auch 3D-Druck genannt, eine besondere Bedeutung zu. Sie erlaubt die Herstellung dreidimensionaler Objekte aus einer digitalen Vorlage. Auf diese Weise können geometrisch sehr komplexe Bauteile realisiert werden, deren Materialzusammensetzung zusätzlich lokal variiert werden kann.

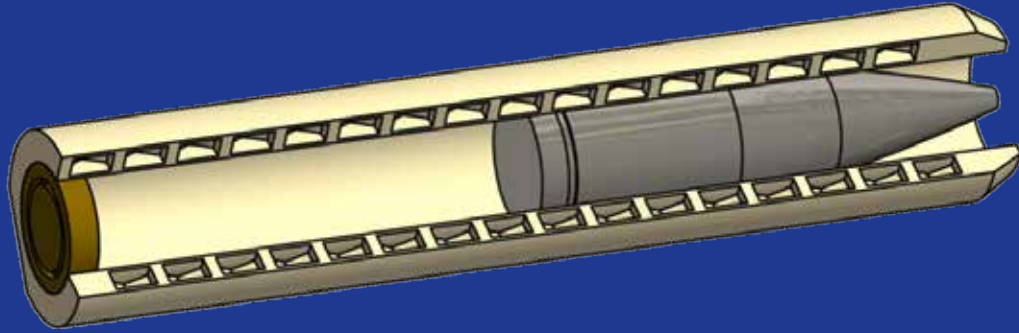
Auf dem Gebiet der Treib- und Explosivstoffe bietet der 3D-Druck das Potenzial energetische Formkörper herzustellen, die mit traditionellen Techniken nicht oder nur sehr schwer zu realisieren sind.

Anwendungsfelder, die sich daraus ergeben, sind beispielsweise:

- die Realisierung von energetischen Formkörpern mit reduzierter Empfindlichkeit
- die Erhöhung der Progressivität von Rohr Waffen (Kampfdistanz und Durchschlagskraft)
- die Leistungssteigerung von Sprengstoffen
- die gezielte Beeinflussung des Abbrandverhaltens von Raketentreibstoffen
- die Miniaturisierung pyrotechnischer Komponenten

Neben der gezielten Eigenschafts- und Leistungsänderung von Treib- und Explosivstoffen bietet der 3D-Druck weitere potenzielle Vorteile:

- eine werkzeugfreie Herstellung von energetischen Formkörpern
- eine effiziente Herstellung von Prototypen und kleinen Chargen
- logistische Freiheitsgrade durch eine zeitlich und örtlich flexible Herstellung von Formkörpern



### Prozesssicherheit und Prozessanalyse

Obwohl im zivilen Bereich bereits ein großes Know-how bei der Verarbeitung von Kunststoffen mittels 3D-Druck besteht, erfordert die additive Herstellung kunststoffgebundener energetischer Materialien neue material- und verfahrenstechnische Konzepte. Insbesondere sicherheitstechnische Anforderungen machen Neuentwicklungen sowohl auf Seiten der Drucktechnik als auch auf Seiten der Verfahrenstechnik notwendig. Die Verarbeitung thermisch und ggf. mechanisch empfindlicher energetischer Materialien erfordert die Wahl geeigneter Prozessparameter und Drucktechniken. Kommerziell erhältliche 3D Drucker verfügen in der Regel nicht über den benötigten Explosionsschutz und müssen daher aufwendig modifiziert werden, um ein sicheres Arbeiten zu gewährleisten.

Zur Unterstützung der Entwicklung von 3D-Druckverfahren für energetische Materialien verfügen wir über verschiedenste Möglichkeiten zur Prozessanalyse. Hierzu zählen beispielsweise Temperaturkontrollsysteme und IR-Kameratechnik, die Erfassung des Pressdrucks und der Pressgeschwindigkeit, die Messung des Abkühlverhaltens von Bauteilen oder Highspeed-Beobachtungen am Düsenaustritt des Druckers.

### Formulierungsentwicklung

Die Formulierung bzw. chemische Zusammensetzung hat den größten Einfluss auf die energetischen Eigenschaften eines gedruckten Formteils. Darüber hinaus beeinflusst sie aber auch maßgeblich die Verarbeitbarkeit und Handhabbarkeit beim 3D-Druck. Da energetische Formulierungen typischerweise einen hohen Feststoffanteil aufweisen, was ihre Druckbarkeit erschwert, müssen Formulierungen angepasst bzw. neu entwickelt werden. Hierzu liegen unsere Forschungsschwerpunkte auf folgenden Bereichen:

- die Synthese neuer energetischer Materialien, die für einen 3D-Druck geeignet sind
- die Erhöhung des Energieinhaltes von gedruckten Treib- und Explosivstoffen
- die anwendungsspezifische Anpassung der mechanischen Eigenschaften

### Neue Geometrien für Treib- und Explosivstoffe

Nicht nur die Formulierung selbst bestimmt die energetischen Eigenschaften, sondern auch die äußere und innere Form. Mit Hilfe des 3D-Drucks können bestehende Geometrien optimiert oder vollkommen neu generiert werden, um beispielsweise einen Leistungsgewinn zu erzielen. Zur Unterstützung und Beschleunigung des Entwicklungsprozesses nutzen wir hierfür auch numerische Methoden und führen entsprechende Simulationen zur Leistungsvorhersage durch.

### Charakterisierung

Zur Evaluierung 3D-gedruckter energetischer Formkörper kommen eine Reihe von Charakterisierungsmethoden zum Einsatz. Hierzu zählen u.a. die Polarisationsmikroskopie, die Nano-Computertomographie mit integrierter Zugprüfung, die Zug- und Druckprüfung über einen weiten Temperaturbereich, die Bestimmung von Empfindlichkeit sowie von chemischer und thermischer Stabilität und Untersuchungen zum Abbrand- und Detonationsverhalten.

### Unser Angebot

Wir unterstützen Sie bei der Entwicklung und Erprobung von additiven Fertigungsverfahren für die Herstellung von 3D-gedruckten Formkörpern für kunststoffgebundene Treib- und Explosivstoffe durch

- Synthese von geeigneten energetischen Materialien
- Entwicklung von Rezepturen und Formulierungen
- Verfahrensentwicklung und Prozessoptimierung
- 3D-Druck von Prototypen
- Evaluierung der Leistung und weiterer Eigenschaften 3D-gedruckter energetischer Formkörper