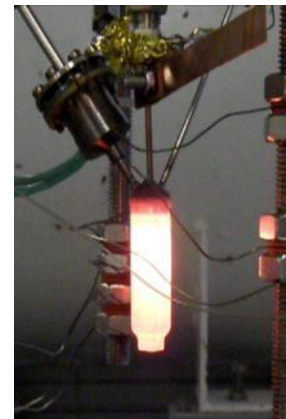


Titel: RHEFORM – neue Treibstoffe und Antriebe für die Raumfahrt

Einleitung: Die meisten Treibstoffe die in der Raumfahrt verwendet werden sind höchst toxisch. Dazu gehören Hydrazin, Monomethylhydrazin, Distickstofftetroxid und viele mehr. Manche dieser Treibstoffe sind sogar krebserregend oder werden sogar als so gefährlich für die Fortpflanzung betrachtet, dass es für Frauen verboten ist mit diesen Substanzen zu arbeiten. Trotzdem werden sie verwendet da sie höchst effiziente Treibstoffe sind und es nicht einfach ist, Substanzen zu finden die ähnliche Energiedichten haben und gleichzeitig eine multidimensionale Anforderungsmatrix erfüllen.

Seit einigen Jahren beschäftigt sich die FH bzw. ihre Forschungstochter FOTEC mit der Entwicklung von alternativen, nicht toxischen Raumfahrttreibstoffen, sogenannten „Green Propellants“. Im Auftrag der Europäischen Raumfahrtbehörde ESA wurde ein Lageregelungstriebwerk entwickelt welches mit den Green Propellants Kerosin und Wasserstoffperoxid arbeitet (siehe Bild 1). Ein zentrales Element in diese Entwicklung ist der Katalysator der das Wasserstoffperoxid in Sauerstoff und Wasserdampf zerlegt und damit den für die Verbrennung notwendigen Sauerstoff liefert. In der Entwicklung und im Testen dieser Katalysatoren hat FOTEC in den letzten 10 Jahren sich eine Kompetenz aufgebaut die in Europa fast einzigartig ist.



In dem Projekt RHEFORM, finanziert im Rahmen von Horizon2020, hat FOTEC diese Kompetenz für einen weiteren vielversprechenden Green Propellant verwendet. Zusammen mit seinen Partnern in Österreich, Frankreich, Deutschland und Schweden hat FOTEC Katalysatoren und Antriebe entwickelt um Treibstoffe die auf Ammoniumdinitramide basieren zu verwenden.

Methode: Katalysatoren die zur Zersetzung von Treibstoffen eingesetzt werden, müssen extremen Bedingungen standhalten können. Dazu gehört ein großer Temperaturbereich in dem sie betrieben werden müssen (-40°C bis 1200°C) und Temperaturgradienten bis zu 5000°C/s. Der Katalysator muss extreme Druckzyklen (in 100-200 Millisekunden von Vakuumbedingungen bis auf 20 bar und wieder zurück zu Vakuumbedingungen) sowie extrem korrodierender, mit Sauerstoff angereicherten heißen Wasserdampf, Atmosphäre aushalten. Um Katalysatoren zu entwickeln die solchen Bedingungen aushalten, werden alle Disziplinen der numerischen Methoden angewandt. Finite Methode Analysen werden verwendet um die Entwicklung der Struktur eines Katalysators bzw. die interne Temperaturverteilung zu bestimmen. Um die Effizienz des Katalysators zu maximieren,

werden genaue Untersuchungen der Strömungseigenschaften innerhalb des Katalysators untersucht und die Struktur wiederum so angepasst, dass optimale Strömungseigenschaften erreicht werden. Validierung der numerischen Vorhersagen werden dann mittels detaillierte Experimente durchgeführt.

Ergebnisse: Eine wichtige Eigenschaft eines hocheffizienten Katalysators ist ein sehr hohes Verhältnis der benetzten internen Oberfläche zum Gesamtvolumen des Katalysators. Analytische Modelle wurden entwickelt um solche Geometrien zu untersuchen. Bild 2 zeigt verschiedene Grundgeometrien von möglichen Strukturen. Ein Katalysator besteht dann aus einer Vielzahl von diesen Einheiten.

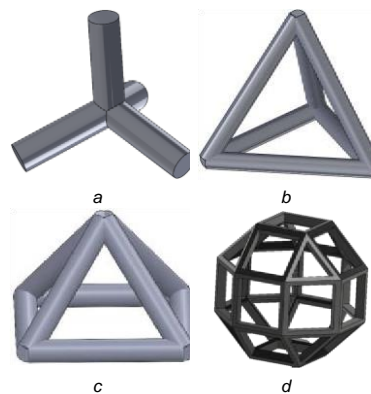


Bild 2: a) convex tetrahedron, b) concave tetrahedron, c) pyramid und d) rhombicuboctahedron

Die in Bild 2 dargestellten Geometrien lassen sich nicht mit Standardverfahren herstellen. Zusammen mit seinem Partner Lithoz, hat FOTEC diese Strukturen mit keramischen Werkstoffen 3D drucken lassen.

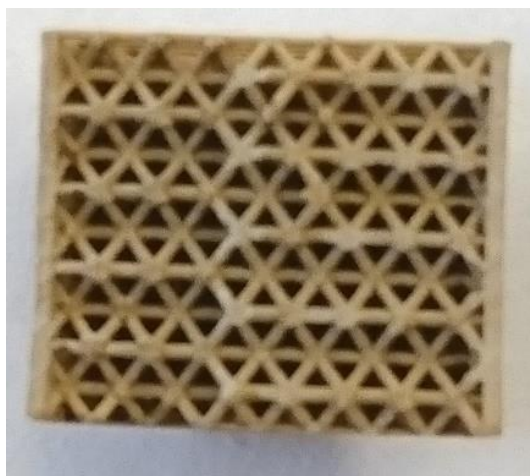


Abbildung 1: Querschnitt von einem 3D gedruckten Katalysator

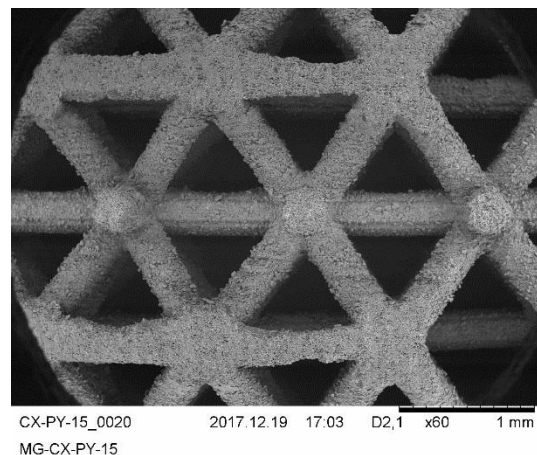


Abbildung 2: SEM Bild von einem 3D gedruckten Katalysator

Wenn die Aufenthaltszeit zu kurz ist, wird Wasserstoffperoxid nur teilweise zersetzt. Die Temperaturen liegen dann weit unter den theoretischen Wert. Wenn die Aufenthaltszeit zu lang ist, nehmen die thermischen Verluste zu und auch dann liegen die Temperaturen weit unter dem theoretischen möglichen Wert.

Abbildung 3 zeigt den Mittelwert der Kammertemperatur als Funktion der Aufenthaltszeit in der Kammer. Diese Figur zeigt, dass bei steigende Aufenthaltszeit die Temperatur abnimmt. Grund dafür sind die thermischen Verluste. Also, idealerweise werden die Katalysatoren bei einem höheren Massenfluss betrieben. Mit dem neu-entwickelte Produktionsverfahren können jetzt Katalysatoren hergestellt werden, die höheren Massenflüsse aushalten können.

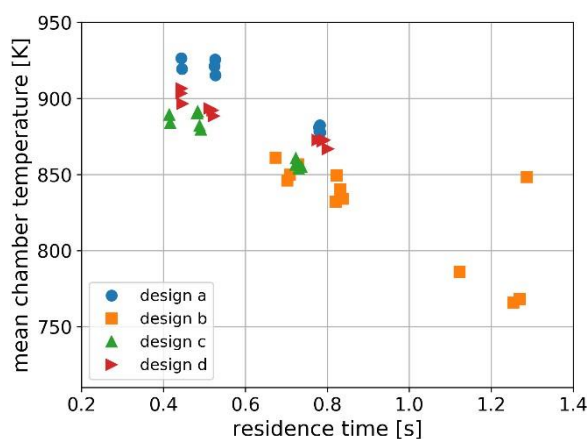


Abbildung 3: Kammertemperatur als Funktion der Aufenthaltszeit in der Kammer

Das RHEFORM Projekt, in dessen Rahmen diese Ergebnisse erzielt wurden, war ein internationales Forschungs- und Entwicklungsprojekt, welches von der EU im Rahmen von H2020 gefördert wurde. Beteiligt waren Partner aus Schweden (FOI und ECAPS), Frankreich (CNRS-IC2MP Universität von Poitiers), Deutschland (DLR und Ariane Group) und Österreich (Lithoz GmbH, Fachhochschule Wiener Neustadt und die FOTEC Forschungs- und Technologietransfer GmbH).