



Neue Treibstoffe mit besonderen Eigenschaften

Helmut K. Ciezki
 Leiter Abteilung Treibstoffe
 Institut für Raumfahrtantriebe
 74239 Hardthausen (Lampoldshausen)

FAN Anwenderworkshop, 22. Februar 2011, Lampoldshausen



Deutsches Zentrum
 für Luft- und Raumfahrt e.V.
 in der Helmholtz-Gemeinschaft

Folie 1
 Preis FAN, Neue Treibstoffe/ Ciezki > Preis FAN 2011 > 22.3.2011

Anforderungsprofil für zukünftige Antriebssysteme

Klassische (primäre) Anforderungen

- höherer Schub, größere Flugreichweiten, höhere Geschwindigkeiten, etc. bei gleichzeitig abnehmenden Kosten und möglichst einfacher Handhabung

Zusätzliche „neue“ (sekundäre) Anforderungen

- Schubregelbarkeit bis hin zu einem umfassenden Schubmanagement
- einfachere Handhabung und Lagerung
- niedrige Toxizität und verbesserte Sicherheit im Umgang
- Verminderung von Abgassignaturen
- Umweltfreundlichkeit
- niedrige Verwundbarkeit des Systems (z.B. wehrtechn. Bereich: IM-Kriterien)
- Wiederverwendbarkeit (wenn gewünscht und möglich)
- Einfache Upgrading-Möglichkeiten und Dekommissionierungsstrategien (umweltverträgliche Außerdienststellung und ggf. auch Vernichtung) für Gesamtsysteme als auch Komponenten





Deutsches Zentrum
 für Luft- und Raumfahrt e.V.
 in der Helmholtz-Gemeinschaft

Bild oben: Gel-Technologiedemonstrator TD-B des DLR

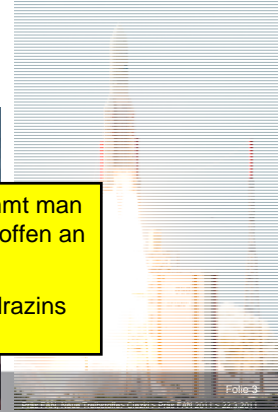
Folie 2
 Treibstoffe/ Ciezki > Preis FAN 2011 > 22.3.2011

- Für unterschiedliche Missionen und Aufgaben werden unterschiedliche Triebwerke und auch unterschiedliche Treibstoffe benötigt



Existierende Beispiele:

- Ariane5:
 - Hauptstufe Flüssigwasserstoff/Flüssigsauerstoff LH2/LOX
 - Booster Festtreibstoffe
 - Oberstufe je nach Triebwerk: LH2/LOX (HM-7B, Vinci) oder Monomethylhydrazin/Distickstofftetroxid MMH/N₂O₄ (Aestus)
- Satellitenlageregelungstriebwerke überwiegend mit Hydrazin bzw. dessen Derivate
- Flugkörperantriebe schließlich



Bei besonderen Anforderungsprofilen kommt man mit bisherigen festen und flüssigen Treibstoffen an Grenzen

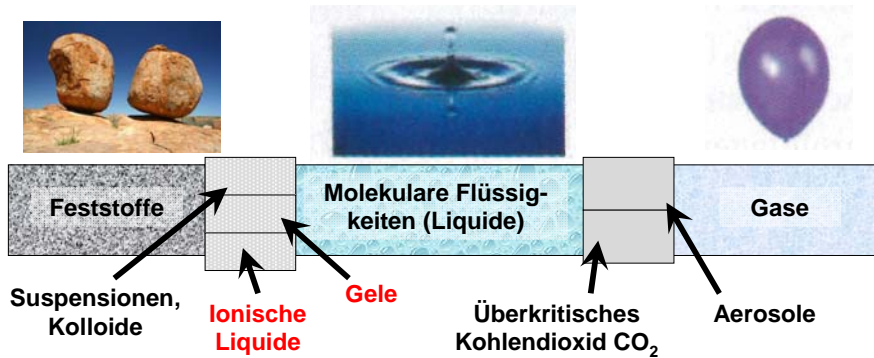
Beispiele: Ersatz des hochtoxischen Hydrazins oder regelbare Flugkörperantriebe

Oben: 5N-Hydrazintriebwerke
aus: Schmitz, in: Ley et al.

Unten links: Patriot PAC-3, http://de.wikipedia.org/wiki/MIM-104_Patriot#PAC-3_Configuration_1

Unten rechts: ARIANE 5, www.esa.int

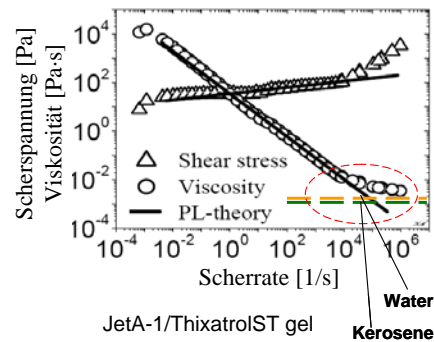
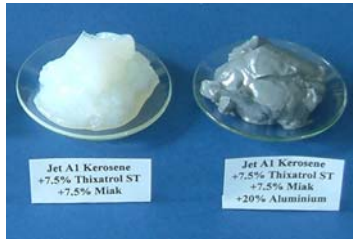
Stoffe mit besonderen Eigenschaften



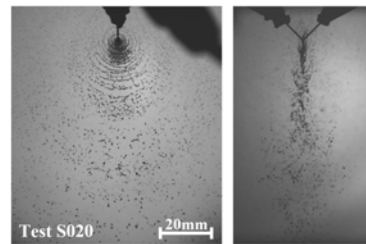
- Gel-Treibstoffe und Energetische Ionische Flüssigkeiten (Liquide) besitzen Eigenschaften, die sowohl denen von Feststoffen und als auch denen von Flüssigkeiten entsprechen

Bild oben links: Devils Marbles Conservation Reserve.
Iain Whyte, http://de.wikipedia.org/wiki/Devil%27s_Marbles

Gel-Antriebe



- Gelförmige Treibstoffe verhalten sich im Ruhezustand wie *feste Stoffe*.
- Unter Scherspannungseinfluss werden sie mit steigender Scherspannung mehr und mehr fließfähig (scherverdünnendes Fluid)
- Ihr Versprühungsverhalten ist in weiten Bereichen ähnlich dem von *flüssigen Treibstoffen*
- Der Brennkammerprozess hat Ähnlichkeiten mit dem Prozess mit flüssigen Treibstoffen
- Allerdings ist ihr Abdampfverhalten reduziert



Versprühung mit Prallinjektor



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Daten aus: Ciezki et al, JPC, EUCASS

Folie 5

Präs FAN, Neue Treibstoffe/ Ciezki > Präs FAN 2011 > 22.3.2011

Systemrelevante Aspekte von Gel-Antrieben

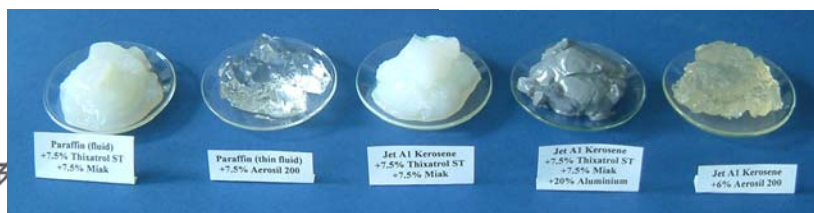
Positive Eigenschaften von Gel-Raketengeneratoren

- **Regelbarer Schub**, durch z.B. Veränderung des Treibstoffmassenstroms
- Einfache **Handhabung** und Lagerung bei geringtoxischen Grundbestandteilen
- **Niedrige Abgassichtbarkeit** wenn keine oder nur geringe Anteile von Partikeln dem Treibstoff zugesetzt sind
- Möglichkeit zur **Erhöhung des Energiegehaltes der Treibstoffe** durch Zusatz von z.B. Metallpartikeln.
Kein Absetzen (Sedimentation) im Tank
- **Kein Treibstoffschwappen**
 - Geeignetes Tankdesign
 - Gele sind im Ruhezustand fest



Umweltaspekte

- Leckagen sind weniger kritisch, nur unter Druck treten Gele aus
- Sie vermischen sich nicht von alleine bei der Freisetzung
- Reaktionen treten nur an der Kontaktstelle auf
- Sie sinken nicht so einfach ins Erdreich ein

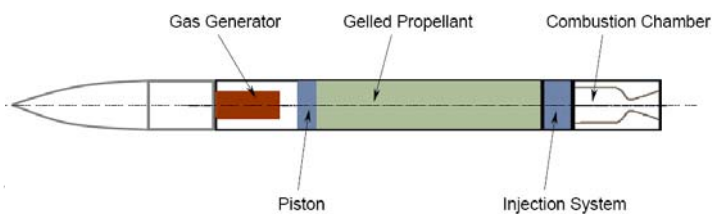
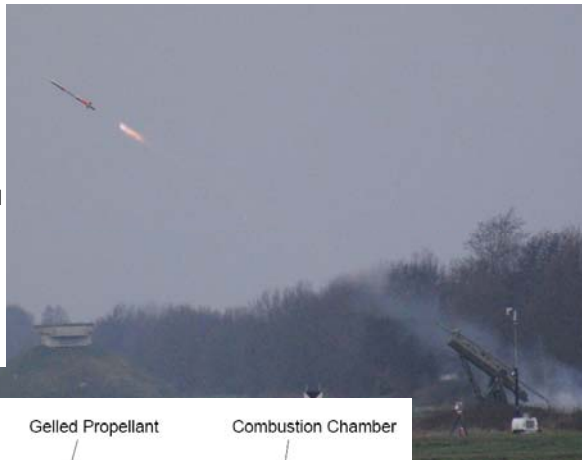


Folie 6
23.2011

Nationales Deutsches Gel-Technologieprogramm

- Ziel: Entwicklung der Triebwerkstechnologie
- Start im Jahr 2000
- Partner: DLR, Bayern-Chemie, Fraunhofer-ICT, WTD91, BWB
- Flugdemonstrator entwickelt und gebaut durch Bayern-Chemie
- Zwei Freiflüge Dezember 2009

Quelle: Ciezki, Naumann, Weiser; Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2010



Folie 7
Präs FAN, Neue Treibstoffe/ Ciezki > Präs FAN 2011 > 22.3.2011

Ionische Liquide IL

- Ionische Liquide sind Salzschmelzen mit einem Schmelzpunkt unter 100°C
- Sie bestehen aus Kationen und Anionen
- Größe und die Symmetrie der Ionen behindern die Bildung eines starken Kristallgitters → leichte Schmelzbarkeit
- Ionische Liquide vereinigen Eigenschaften von Feststoffen und Flüssigkeiten
- Feststoffähnliche Eigenschaften
 - Äußerst niedriger Dampfdruck (z.T. sogar vereinbar mit UHV Techniken)
 - Relativ geringe Diffusionsprozesse
- Flüssigkeitsähnliche Eigenschaften
 - Fließ- und förderfähig
 - Sehr gute Lösungseigenschaften
 - Makroskopisch homogen
- Toxizität bestimmter ILs ist teilweise gering
- Ionische Flüssigkeiten sind als alternative Lösungsmittel für industrielle Prozesse von Interesse, da sie oft recycelbar sind und einfachere Produkt-Separation ermöglichen
→ <http://www.organische-chemie.ch/OC/themen/ionische-fluessigkeiten.htm>

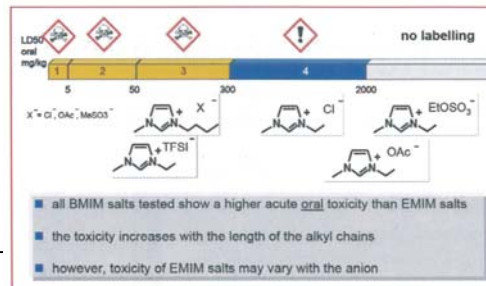


Abb. 4. Toxikologische Einordnung von ionischen Flüssigkeiten (Quelle: Vagt, BASF) CIT,1,2011

Energetische Ionische Liquide EIL

In der Antriebstechnik wird ein erweiterter Begriff verwendet:
Energereiche Schmelzen und Lösungen von Salzen, die bei niederen Temperaturen flüssig und bei Antrieben einsetzbar sind, werden als **Energetische Ionische Liquide** bezeichnet.

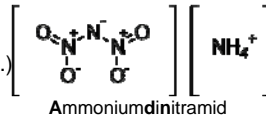
Beispiele:

ADN-basierende EILs

LMP-103 (ADN, Ammoniak, Methanol,...)

FLP-106 (ADN, Wasser, ...)

(entwickelt von FOI)



Vergleich	Hydrazin	LMP-103	FLP-106
spez. Impuls I_{sp} (50:1) [s]	190 – 220	225	260
Dichte [g/cm ³]	1,01	1,24	1,36

→ interessant z.B. für Satellitenlageregelungstriebwerke

LMP-103 Triebwerkstest an Bord der Prisma Satellitenmission 2009 (Bild oben)

FLP-106 wird im Rahmen des EU-Projektes GRASP (Green Advanced Space Propulsion) untersucht. DLR-Beteiligung

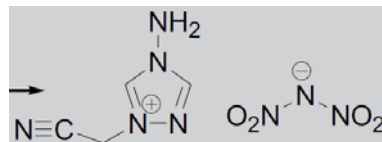


Bild oben: ECAPS-Triebwerk SSC für Prisma Satelliten, www.ecaps.se
unten: FLP-106, FOI, Wingborg et al, Space Propulsion 2008



Energetische Ionische Liquide EIL

- Weltweit werden Anstrengungen unternommen „reine“ energetische ionische Liquide zu entwickeln
- z.B. in D: Zusammenarbeit Fraunhofer-ICT – DLR: Entwicklung und Untersuchung des Einsatzes reiner und vergellter EILs. Beispiel:
4-Amino-1-(cyanomethyl)-1,2,4-triazolium dinitramide



Bildungsenthalpie 302 kJ/mol; Dichte 1,68 g/cm³

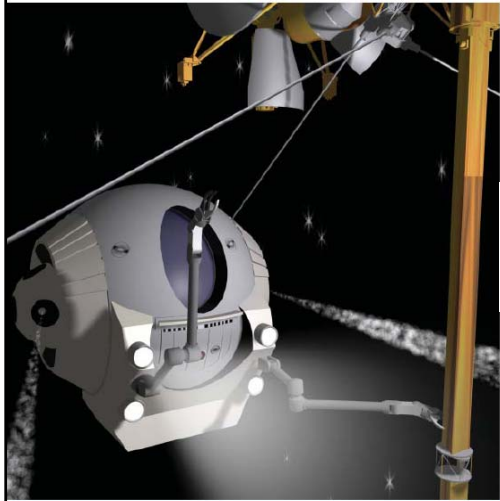
- Weitere Entwicklungen: Vergelte ionische Liquide, z.B.
 - DLR/ICT
 - M. Coil, Orbital Technologies: methyl ethyl imidazolium dicyanamide and nitric acid



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Bild oben: Schaller et al, ICT

Folie 10
Pris FAN, Neue Treibstoffe/ Ciczi > Pris FAN 2011 > 22.3.2011



IMPACTS:

- Replaces hydrazine a bio-hazard
- Increase satellite orbit life time
- Provide cheaper and more reliable access to space

Projektbeschreibung, Juni 2009
 DTIC –Defense Technical Information Center
<http://www.asc.hpc.mil/aboutus/success/IonicLiquids.pdf>

Maneuverings during an Extra-Vehicular activity (EVA) in space could be performed more efficiently by the use of new Ionic Liquids.

Zusammenfassung

- Gel-Treibstoffe und Energetische Ionische Flüssigkeiten (Liquide) besitzen Eigenschaften, die sowohl denen von Feststoffen und als auch denen von Flüssigkeiten entsprechen
- Gel-Treibstoffe sind gegenwärtig insbesondere als Ersatz von Festtreibstoffen bei kleineren und mittleren Triebwerken von Interesse (siehe Ciezki et al. Status of Gel Propulsion in the Year 2010 with a Special View on the German Activities,“ Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2010)
 Die Technologie steht bereit für erste Anwendungen
- Energetische Ionische Liquide sind gegenwärtig insbesondere als Ersatz für Hydrazin bei Satellitenlageregelungstriebwerken von großem Interesse
- Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind für die Erhöhung der Technology Readiness Levels als auch für die Erschließung weiterer Anwendungsgebiete notwen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

