

Triebwerksentwicklungen und ihre Anwendungen für künftige Satelliten: von nuklearen über disruptiven Antrieben bis zu Micro-Newton HEMPT

F. Jansen^{1*+}, C. Braxmaier^{1,2}, H. Kersten^{3*}, T. Trottenberg^{3*}, T. Brandt^{1*}, U. Johann⁴

¹ DLR Institut für Raumfahrtsysteme Bremen

² ZARM Bremen

³ Christian Albrechts Universität Kiel

⁴ Astrium Friedrichshafen

* DiPoP Konsortium, + MEGAHIT Konsortium



Kooperationen mit



Wissen für Morgen

Institutsschwerpunkte

1) Systemanalyse

Analyse und Evaluation komplexer **Raumfahrtsysteme** im Hinblick auf wissenschaftliche, technische, ökonomische und politische Aspekte.

2) Systemtechnologie

Konstruktion von **Raumfahrtsystemen** und Technologieentwicklungen für wissenschaftliche, kommerzielle und sicherheitsrelevante Bedarfe.

3) Projekte

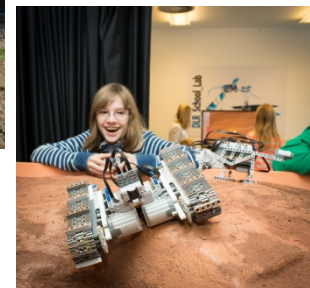
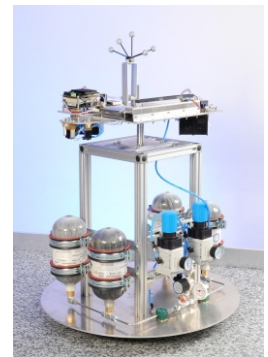
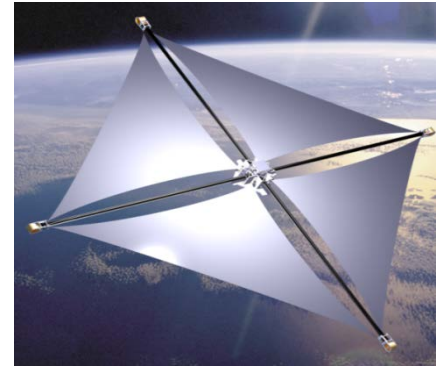
Nationale und internationale Projektarbeit mit anderen DLR-Instituten, Universitäten, Forschungspartnern und der Industrie mit hoher Sichtbarkeit.

4) Ausbildung

Kooperation/Lehre u.a. mit Uni HB, Auszubildende und Schüler über DLR_School_Lab

Zusammenfassung Institutsschwerpunkte

**Design=>Herstellung/Integration=>Qualifikation/
Test =>Auslieferung von Raumfahrtsystemen**

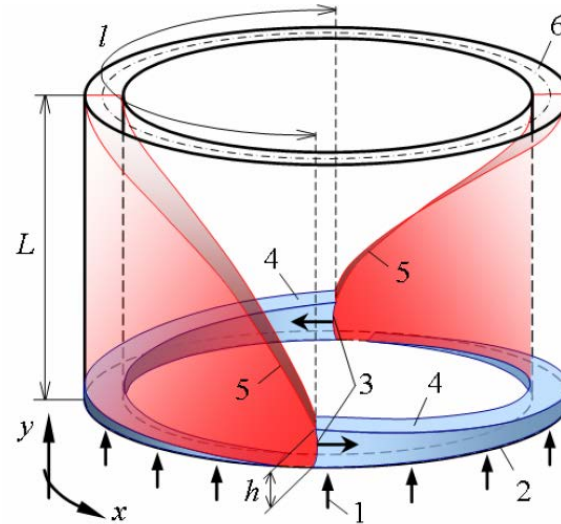


Inhalt

- 1) Hintergründe:
 - DiPoP (**D**isruptive technologies for space **p**ower and **p**ropulsion) und MEGAHit (**M**egawatt **H**ighly Efficient **T**echnologies for Space Power and Propulsion Systems for Long-duration Exploration Missions)
 - μ N-Thruster
- 2) DiPoP Details, Anwendungen und EC Horizon 2020 Roadmap:
 - CDWE
 - Micro Particle Propulsion
 - niederenergetische, nukleare Antriebe
 - Top 10 Propulsion Systems (plus Space Power Systems)
 - MEGAHit
- 3) μ N-Thruster
 - HEMP-T
 - Entwicklungen, Messungen, Simulationen und Kooperationen
- 4) Fazit ... plus.



The Principle of CDWE (Continuous Detonation Wave Energy)

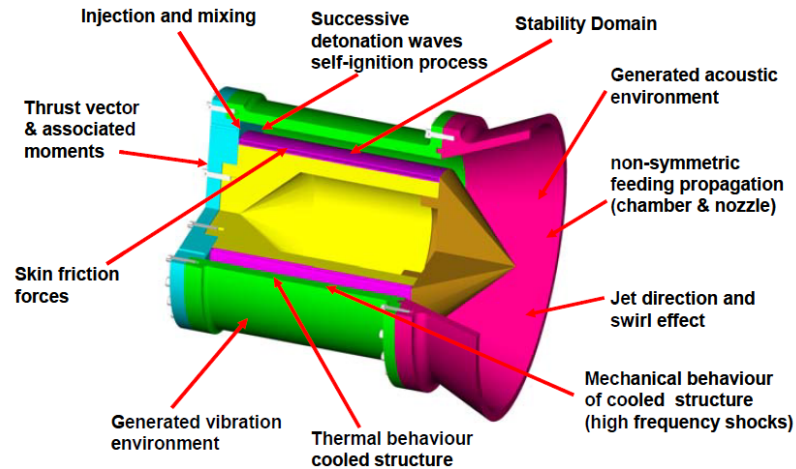


The propellants are injected (1) in the combustion chamber at the closed end (2). The fresh propellant mixture (H_2/O_2) will then accumulate (4) until it is ignited by the transversal detonation waves (TDW) (3).

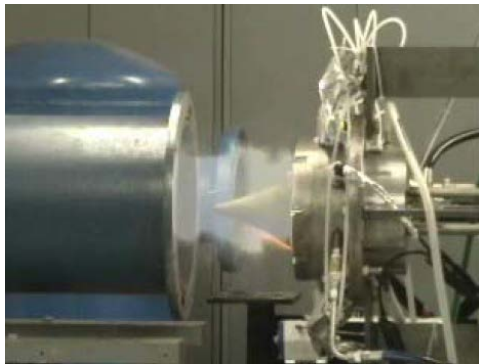
Behind the detonation waves which rotate tangentially, **the detonation products expand and transform the tangential velocity into axial velocity (5)**, before they exit the combustion chamber (6).



CDWE – Examples and Future Application (Ariane)



CAD Model of the CDWE demonstrator of French MBDA.



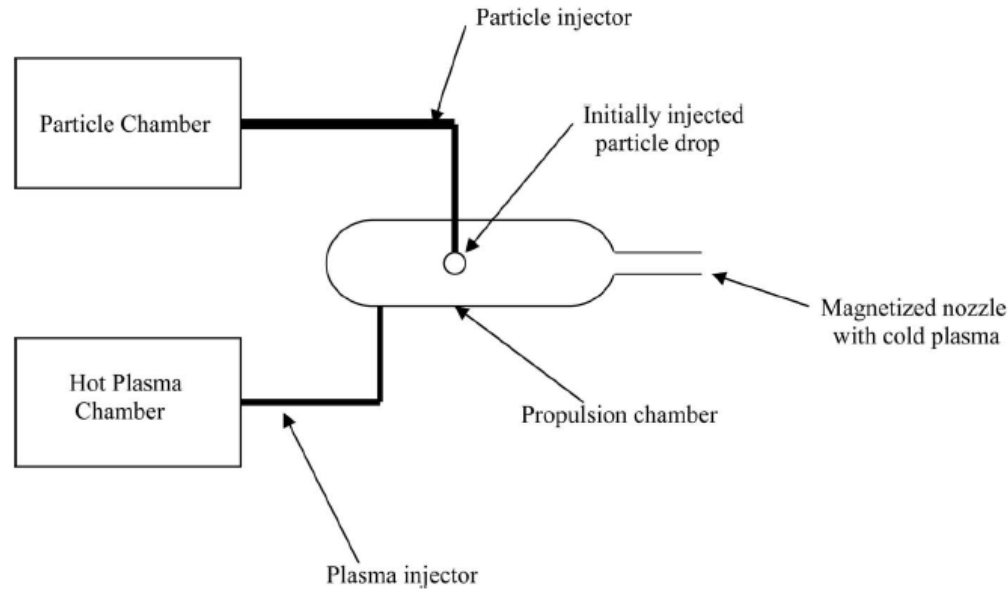
Test of a CDWE with swirled injection at the University of Texas at Arlington.



Test of a CDWE model of the Warsaw University of Technology.



Micro Particle Propulsion – Principle and Future Applications (interplanetary / Asteroid / Moon / Mars)



Layout of dust–plasma thruster:

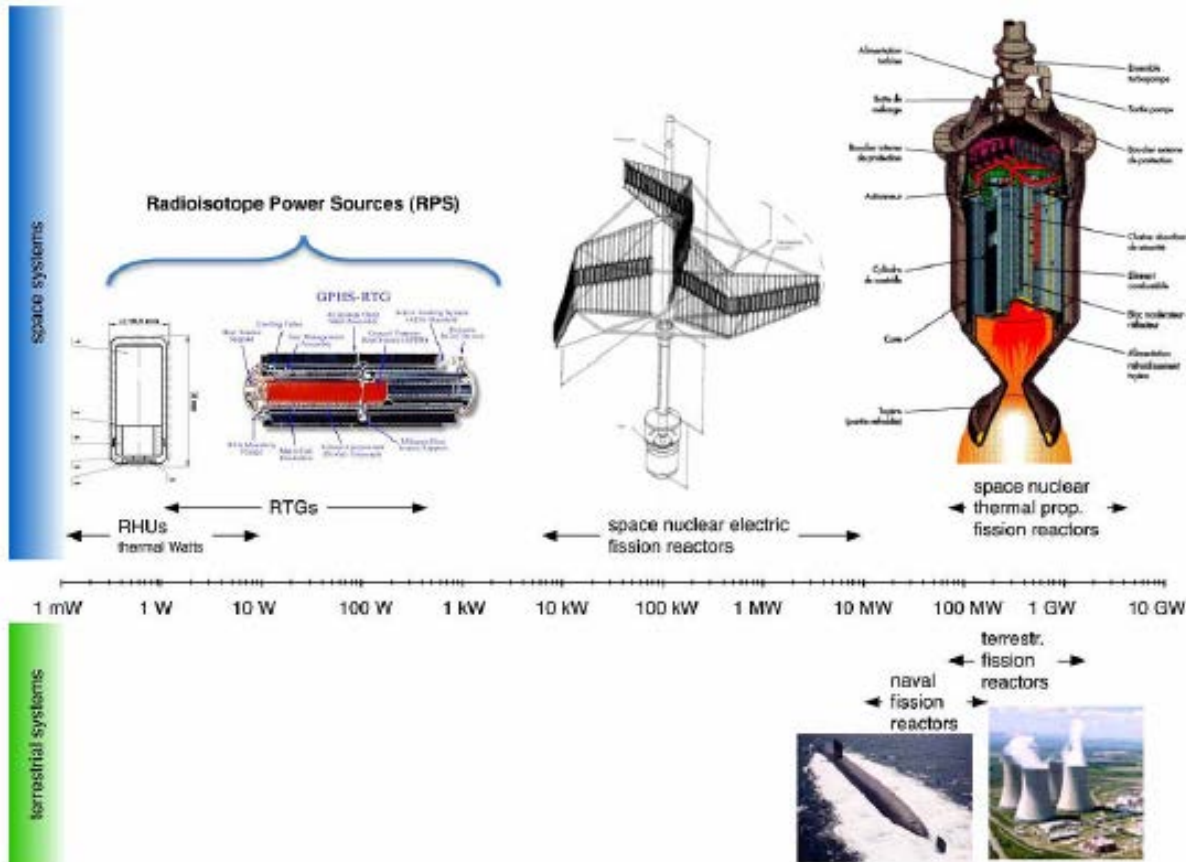
- hot plasma and particles (dust from ...) are stored in separate chambers
- plasma followed by particles are injected in the propulsion chamber
- **initial particle drop expands under electrostatic pressure => create the thrust**
- magnetic nozzle contains cold plasma to strip the charge and produce a neutral exhaust of particles (nozzle is magnetized to allow particles but prevents the xenon plasma exhausted)



DiPoP low energy and MEGAHit high energy studies

Studied in DiPoP: past experiences, technologies, past / current activities, 30kWe, range of potential applications (30 – 200 kWe), technical options (reactor, fuel, safety, control, lifetime, safety, shield), public acceptance...

European capabilities => **EC / Horizon 2020 roadmap**



DiPoP Top 10: Space Propulsion Systems

	AHP Factors				
Technology Name	Social	Technical	Economical	Political	Total
SABRE Engine	5,00	8,00	8,00	5,00	7,54
Alternative Solid Propellants: CL-20	5,20	7,80	4,80	5,80	6,79
Micro Electric Space Propulsion (MEP)/ NanoFET	5,33	7,17	6,17	5,83	6,72
Pulsed inductive thruster	7,00	7,00	6,00	6,00	6,67
Ambient Plasma Wave Propulsion	5,40	7,00	6,20	5,40	6,57
Fission Fragment Rocket Engine	3,00	8,00	5,00	3,00	6,55
Magneto-plasmdynamic thruster (MPDT)	5,40	7,40	4,60	5,80	6,51
Magnetic Sails	5,00	7,17	5,50	5,33	6,49
Variable specific impulse magnetoplasmarocket (VASIMR)	5,20	7,20	5,20	5,40	6,46
Electrodynamic Tether	5,17	6,50	6,67	6,17	6,44



μ N-Thruster: Bedarf bei Weltraummissionen

- zukünftige Missionen benötigen μ -Newton Antrieb: z.B. LISA und NGO – Next Gravity Observatory)
- Constellation Missionen: z.B. NGGM – Next Generation Gravity Mission)
- Schub und Rauschen?
- Meßeinrichtung & Triebwerksanforderungen:
 - 0,1...150 μ N
 - Auflösung 0,1 μ N
 - Rauschen: spektrale Auflösung $< 0,1\mu\text{N}/\sqrt{\text{Hz}}$
zwischen 10^{-4}Hz ...1Hz



HEMP-T (High Efficiency Multistage Plasma – Thruster) Konzept

Idee: den Thales HEMP-T (Kornfeld) herunterskalieren in μN Domain => durchführbar?

- Original Thales Design: Schub ca. $100\mu\text{N}$
- spezifischer Impuls $\sim 125\text{s}$
- erosionsfreier Betrieb
- minimale Komplexität

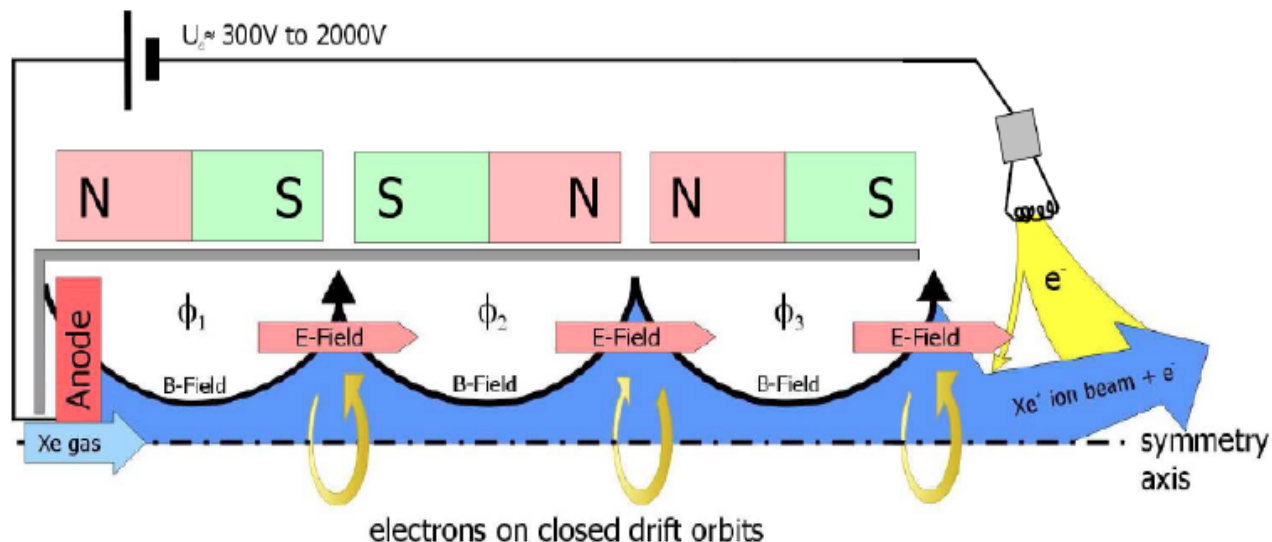
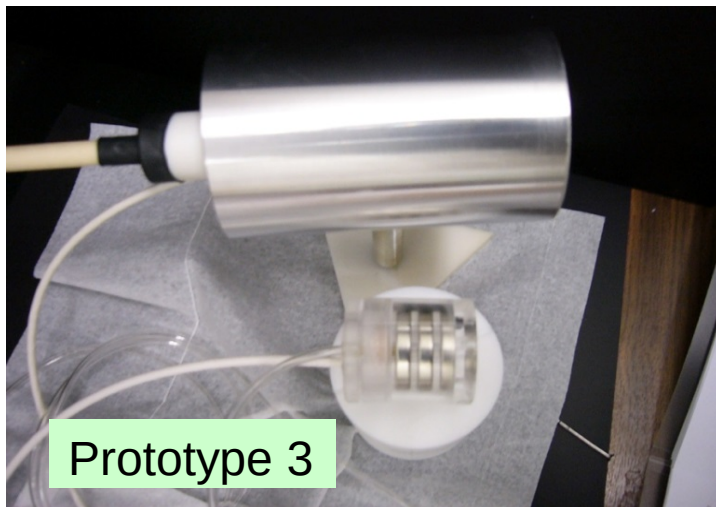
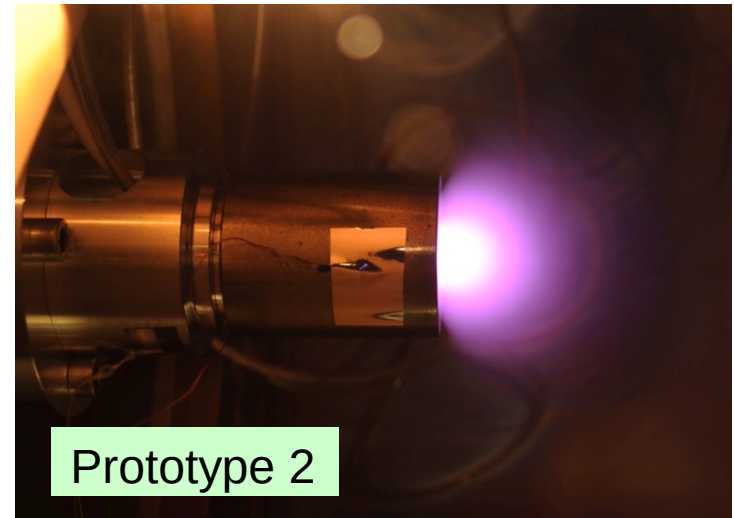
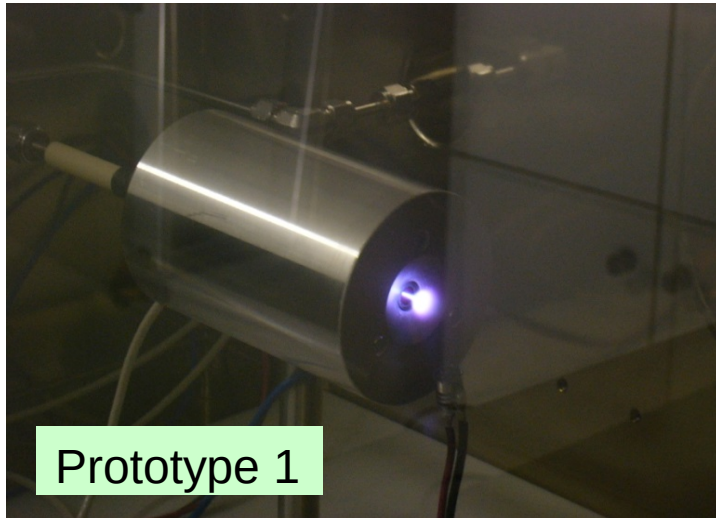


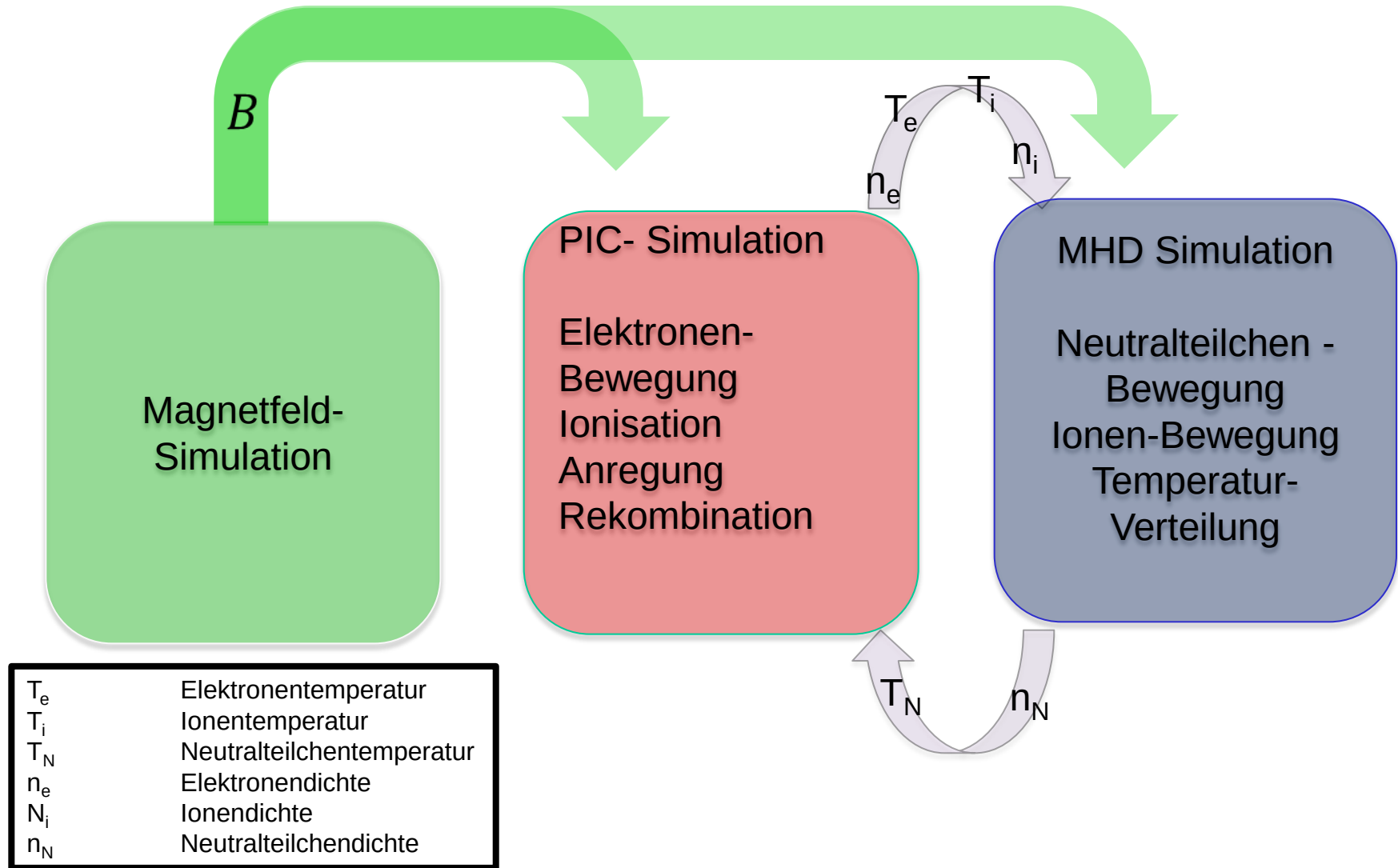
Bild: Thales



HEMP-T Entwicklung und Messung



HEMP-T Simulationen: PIC & MHD Hybrid !



HEMP-T Entwicklungs-Netzwerk

Astrium
(Friedrichshafen)

Entwicklung
Bau Prototypen
Messung
Magnetfeld-Simulation

Andreas Keller



Institut für
Raumfahrtssysteme
(Bremen)

PIC-Simulation

Tim Brandt



ZARM (Bremen)

MHD-Simulation

Rodion Groll



Fazit

1) DiPoP => MEGA HIT:

- Positionierung und Missionsauswahl in den EC Länder,
- internationale Abstimmung bezüglich Technologien bezogen auf ausgewählte Mission und
- Beginn der einzelnen Phasen 0, A...D

2) HEMP-T:

- Simulation zum Verständnis und Optimierung der plasmaphysikalischen Prozesse

Fazit...plus

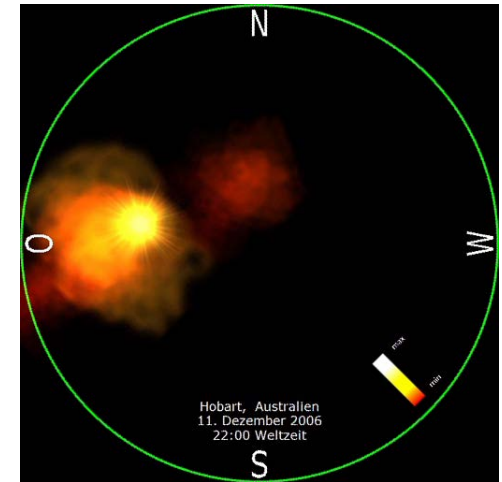


Echtzeitvisualisierung CME / interplanetarer Plasmawolken

Space Situational Awareness

(SSA – u.a. Weltraumwetter):

- solare Teilchenstürme + CMEs
- SOHO/STEREO/Solar Orbiter: CMEs über UV Koronographen bis ca. Merkur-Bahn
- 5 CR muon telescopes (NST, HST, KPC, GST, SMST) erstmalig Visualisierung der interplanetaren CMEs über kosmische Strahlung ab ca. Venus-Bahn (2 Tage vor Ankunft an der Erde)
- **WWW Ampel DLR HB + Sternwarte HGW**
- Zukunft: **space based CR hodoscope**



Real Time Space Weather Cloud Warning (Network: NST, HST, SMST, KPC, GST)
17 January 2013 - 21 January 2013

