

Hochentwickelte Hyperschalltechnologien für Raumfahrt- und terrestrische Anwendungen*

Prof. Dr. V. David Sánchez A., Ph.D.
 Brilliant Brains, Palo Alto, California
 August 2023

Zusammenfassung

Hyperschallwaffen genießen derzeit viel Aufmerksamkeit, weil sie im Konflikt in der Ukraine von Russland eingesetzt werden. Es handelt sich dabei u.a. um die Hyperschall-Luft-Boden-Kinschal-Rakete (NATO-Codename AS-24 Killjoy). Es können entweder Hyperschallgleitvehikel oder Hyperschallmarschflugkörper gemäß dem NATO Bericht über Hyperschallwaffen [1] sein, die in den USA, Russland, China und anderen Ländern z. Zt. entwickelt werden (auf Englisch: HGV = Hypersonic Glide Vehicle, HCM = Hypersonic Cruise Missile). Aufgrund ihrer erhöhten Geschwindigkeit (hyperschallschneller, d.h., schneller als Mach 5. Z.B., Mach 5 = $5,400 \text{ km/h} = 5 \times 1080 \text{ km/h}$ nach Standardatmosphäre, üblich in ca. 10.000 m Flughöhe: Temperatur und Luftdruck von jeweils -50°C und 26 kPa) und wegen der Manövrierbarkeit unvorhersehbarer Flugbahn sind Hyperschallwaffen schwerer abzufangen als ballistische Raketen. Hyperschalltechnologien und -Systeme können nicht nur für militärische sondern auch für zivile Anwendungen entwickelt werden.

Im Wettrennen um solche Sonderwaffen sind Entwicklungen im Westen spät daran, auch in den USA [2]. Laut einem diesjährigen Bericht des US-Kongress [3] hat das Verteidigungsministerium der USA (auf Englisch: DoD = Department of Defense) noch keine Entscheidung zum Erwerb von Hyperschallwaffen getroffen, weil keine ausgereift zur Verfügung stehen. Diese Waffen werden vor allem zum Entgegenwirken von feindlichen Anti-Zugangs- und Flächen-Verweigerungs-Systemen (auf Englisch: A2/AD=AntiAccess and Area-Denial) berücksichtigt [4]. Die Realisierung solcher Waffensysteme, auch von Verteidigungssystemen gegen Hyperschallwaffen, z.B. von Marschflugkörperverfolgungssystemen, erfordert den Einsatz von Bauteilen, Methoden und Management der FuE nach dem letzten Stand der Technik. Abbildung 1 zeigt einige der strahlungsfesten System-on-Chip (SoC), Entwicklungsumgebungen und herausfordernde Anwendungen dieser einzusetzenden Technologien.

*Diese Zusammenfassung wurde zur Veröffentlichung freigegeben. Der Verfasser entwickelt derzeit Hyperschalltechnologien und Missions-kritische Systeme für Raumfahrt-Verteidigungsanwendungen der nächsten Generation, z.T. für die Space Force der U.S.A., keine sicherheitsvertrauten Details sind hier enthalten.

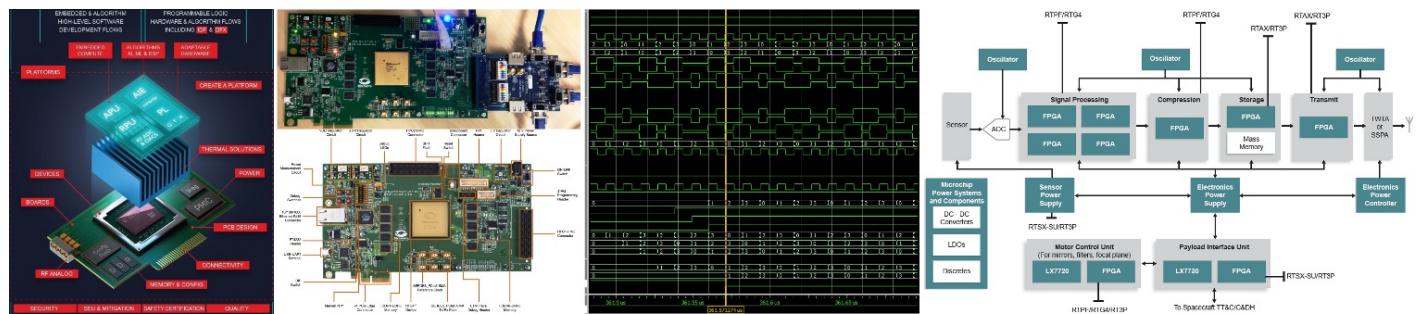


Abbildung 1: Strahlungsfeste System-on-Chip, Entwicklungsumgebungen und Anwendungen



Abbildung 2: Planetare Verteidigung und Himmelkörperkolonisierung mit Hilfe von autonomen Robotersystemen [8, 9]



Abbildung 3: Neue Ansätze zum Entwurf, Entwicklung und Verifikation von autonomen fliegenden Robotersystemen der nächsten Generation für Weltraum-Exploration und -Kolonisierung

Planetare Verteidigung muß auf einer koordinierten Entscheidungskette basieren, die als eine OODAA-Schleife (auf Englisch: OODAA = Observe, Orient, Decide, Act & Access) beschrieben werden kann, gemäß der Strategie und Plan zur planetaren Verteidigung der NASA [5], die den entsprechenden Plan des U.S. Präsidenten unterstützt [6]. Wir müssen zunächst Asteroiden und Kometen, d.h., erdnahme Objekte (auf Englisch: NEO = Near-Earth Object) suchen, finden und verfolgen, dann sie auch charakterisieren, d.h., ihre Größe, Zusammensetzung, Drehung usw. bestimmen. Die Planung und Koordination der geeigneten Vorbereitungen und Maßnahmen auf eine mögliche Kollision auf nationaler und internationaler Ebene gehören auch zu den notwendigen Aktivitäten der planetaren Verteidigung. Kontinuierlich müssen wir feststellen ob die NEO-Erhebung vollständig ist und welche dieser Objekte die gefährlichsten sind. Die Forschung und Entwicklung von Technologien und Systemen, die die Flugbahn erdnaher Objekte ablenken bzw. umleiten können, ist unabdingbar. Die NASA und die U.S. Space Force haben eine gemeinsame Absichererklärung (auf Englisch: MOU = Memorandum of Understanding) im September 2020 unterschrieben, nach der eine weitergehende Kooperation u.a. im Bereich der Weltraumüberwachung (auf Englisch: SDA = Space Domain Awareness) und der planetaren Verteidigung erfolgt, um Fähigkeiten zu erweitern, um SDA sowie NEO-Detektion und Verfolgung über geosynchrone Umlaufbahnen hinaus zu betreiben. Technologien und hochkomplexe Systeme zum Schutz eigener oder freundlicher Gegenstände im Weltraum oder zur Verteidigung gegen feindliche, einfliegende Flugkörper teilen mehrere Anforderungen an die Technologien und Systeme, die zur planetaren Verteidigung [8] bzw. zum Entwurf und Entwicklung autonomer fliegender Robotersysteme zur Exploration und Kolonisierung von Himmelskörpern im Universum [9] erforderlich sind, siehe Abbildung 2.

Im Rahmen der NASA-ESA Kooperation bzgl. der MSR Missionen-Kampagne (auf Englisch: MSR = Mars Sample Return) [10] zur Rückführung von Proben vom Mars zur Erde, z.T. als Vorbereitung für bemannte Mars-Missionen angedacht, wird der NASA's Probenberglander (auf Englisch: SRL = Sample Retrieval Lander) zusammen mit dem ESA's Erdrückführorbiter (auf Englisch: ERO = Earth



Abbildung 4: Konzepte und Anwendungen von Hyperschalltechnologien in der zivilen Industrie und im Verteidigungsbereich

Return Orbiter) es ermöglichen. Der SRL Lander wird die Marsaufstiegsrakete (auf Englisch: MAV = Mars Ascent Vehicle) und zwei Probenabholhubschrauber (auf Englisch: SRH = Sample Recovery Helicopter) [11] auf die Marsoberfläche bringen. Der NASA-Rover Perseverance übernimmt die Probenksammlung in Probenbehälter und legt sie auf der Marsoberfläche ab. Später sollen sie mit dem Rover oder zu Not mit den Hubschraubern aufgesammelt und zum SRL Lander gebracht werden. Die MAV Rakete bringt dann die Proben zum ERO Orbiter, der sie zurück zur Erde bringt. In den vorgenannten NASA- und Space Force-Programmen: Entwicklung autonom fliegender Robotersysteme für Weltraum-Exploration und -Kolonisierung wie die der SRH Mars-Hubschrauber und darüberhinaus, sowie Hyperschall-Raumfahrt-Verteidigungs-Systeme, beides der nächsten Generation, hat der Verfasser bereits neue Ansätze eingeführt, um die System-Zuverlässigkeit und -Optimalität sowie Entwicklungstempo und Managementsolidität zu erhöhen, siehe Abbildung 3. Realisierungs-Beispiele schließen spezifische Entwurfs-, Entwicklungs- und Verifikations-Methoden wie parametrisierbare Module in Hardware, Firmware und Software, methodisch optimierte höchstempfindliche Schnittstellen zwischen SoC/ASIC/FPGA-Subsystemen und Missions-kritischer Flugsoftware ein. Die Nachfrage nach Spezialisten ist hoch. Z.T. verfügt sogar das beste Personal bei der NASA/DoD und ihren Auftragnehmern über unzureichendes Wissen und Erfahrung, insbesondere im Bereich der Multiprozessorsysteme, Echtzeitbetriebssysteme und Automatentheorie i.A. und speziell im Bereich der modernen Verifikations-Methodik und -Techniken, auch formeller Art, um ein paar konkret zu erwähnen.

In diesem Bericht werden Hyperschall-Technologien und Systeme der nächsten Generation analysiert, konzipiert und entworfen, um das Leben auf der Erde und auswärts komfortabler und sicherer zu gestalten. Abbildung 4 zeigt oben das SABRE Konzept (auf Englisch: SABRE = Synergistic Air-Breathing Rocket Engine) der Fa. Reaction Engines eines hybriden Jet- und Raketen-Triebwerkes, das sowohl für Interkontinentalflüge als auch für den Zugang zum Weltall eingesetzt werden könnte. Es handelt sich um ein skalierbares Luft-atmendes Konzept dessen FuE in Kooperation mit der Europäischen Weltraumorganisation (auf Englisch: ESA = European Space Agency) entsteht. Abbildung 4 zeigt unten ein Beispiel operationeller Hyperschallwaffensysteme im Einsatz: links, der Fall der Kinschal-Rakete mit einer Reichweite von zwischen etwa 1,500 und 2,000 km, und rechts und in der Mitte, der Fall der Zirkon-Rakete (NATO-Codename SS-N-33), eines Seezielflugkörpers, mit einer Reichweite von zwischen etwa 350 und 500 km.

Literatur

- [1] S. Davis. *Hypersonic Weapons – A Technological Challenge for Allied Nations and NATO*. NATO Science and Technology Committee (STC), General Report, 20 November 2020.
- [2] L. Heckmann. *Years after kicking off, U.S. Hypersonic Programs still in development (updated)*, National Defense, 08/10/2023.
- [3] Congressional Research Service. *Hypersonic Weapons-Background and Issues for Congress*, CRS Report R45811, February 2023.
- [4] Congressional Budget Office. *Hypersonic Weapons and Alternatives*, Publication 58255, January 2023.
- [5] National Aeronautics and Space Administration. *NASA Planetary Defense Strategy and Action Plan*. April 2023.
- [6] National Science and Technology Council. *National Preparedness Strategy & Action Plan for Near-Earth Object Hazards and Planetary Defense*. Executive Office of the President of the United States, April 2023.
- [7] National Aeronautics and Space Administration & United States Space Force. *Memorandum of Understanding – Cooperative areas including: 'deep space survey and tracking technologies to support extended SDA and NEO detection beyond geosynchronous orbit'*. September 2020.
- [8] V.D. Sánchez. *Planetare Verteidigung gegen Asteroiden und Kometen – Ereignisse, Technologieansätze und Missionen*. Januar 2017.
<https://profdrvdsaphd.lima-city.de/documents/PlanetareVerteidigung.pdf>.
- [9] V.D. Sánchez. *Colonizing the Red Planet*. November 2022.
<https://profdrvdsaphd.lima-city.de/documents/MarsColonization.pdf>.
- [10] NASA. *Why Mars Sample Return?*. NASAfacts NF-2022-04-622-HQ Rev. 1.
- [11] S. Withrow-Maser. *Mars Sample Recovery Helicopter: Rotorcraft to Retrieve the First Samples from the Martian Surface*. Vertical Flight Society's 79th Annual Forum & Technology Display, West Palm Beach, FL, USA, May 16-18, 2023