

JLU

NEUE WEGE. SEIT 1607.

JUSTUS-LIEBIG-
UNIVERSITÄT
GIESSEN

INNOVATIONSLABOR



PHYSIK UNTER HARSCHEN
BEDINGUNGEN



INTRO

◀
 Schaubild eines Satelliten mit
 Ionentriebwerk im Weltraum |
 Artistic impression of a satellite
 with electric propulsion in space
 © Zentrum für Materialforschung

Dass die Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU) bei der Entwicklung von Materialien und Technologien für Weltraumanwendungen an der Spitze der Forschung mitspielt, hat schon Tradition. Vor fast 60 Jahren publizierte Prof. Horst Löb an der JLU das visionäre Radiofrequenz-Ionentriebwerk (RIT). Inzwischen wird die Vision von elektrischen Antrieben bei Satelliten und Raumfahrzeugen Realität.

Das Innovationslabor „Physik unter harschen Bedingungen“ leistet einen wichtigen Beitrag dazu, dass dies gelingt. Denn alle im Weltraum eingesetzten Materialien, mechanischen Komponenten und elektronischen Bauteile müssen unter extremsten Umwelteinflüssen höchste Anforderungen erfüllen. Dank der großzügigen Förderung aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) können wir eine einzigartige Forschungsinfrastruktur aufbauen, die bei der Entwicklung und Charakterisierung von Materialien für Weltraumanwendungen ganz neue Chancen bietet.

Mit dem Innovationslabor „Physik unter harschen Bedingungen“ führen wir also eine unserer traditionellen Stärken in die Zukunft. Hier geht es um wahre Zukunftstechnologien, die bei der Erschließung des erdnahen Weltraums, aber auch in anderen Hochtechnologiefeldern eine essenzielle Rolle spielen werden.

Research at the forefront of materials science and technology development for space applications has become a tradition for us at the Justus Liebig University of Giessen (JLU). Almost 60 years ago, Prof. Horst Löb published the ground-breaking concept of radio-frequency ion-thrusters (RIT) at JLU. His vision of electric propulsion systems for both satellites and spacecraft has now become reality as “electromobility” in space.

The innovation laboratory “rough-ambient physics” helps to ensure the ongoing success of the Giessen research activities and to address the next-generation technological challenges. All materials, mechanical parts, and electronic components for space applications must meet the highest quality requirements under the most extreme environmental conditions. The generous funding through the European Regional Development Fund (ERDF) allows us to develop and realize a unique research and testing infrastructure that offers novel opportunities in the development and characterization of materials for space applications exceeding the current state of the art.

The innovation laboratory “rough-ambient physics” thus leads the way for one of our traditional strengths into a bright future. In particular, as developing such true future technologies will not only play an essential role in entering and exploring of near-earth space, but also in other, more terrestrial high-tech fields.

PROF. DR. JOYBRATO MUKHERJEE
 PRÄSIDENT | PRESIDENT
 JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN

NEW SPACE RACE—ODER: NEUE TECHNOLOGIEN FÜR DEN WELTRAUM

Das wissenschaftliche und kommerzielle Interesse an der Raumfahrt hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Unter dem Label „New Space“ führte die dynamische Kommerzialisierung der Raumfahrt dazu, dass inzwischen neben den klassischen Weltraumorganisationen wie etwa der NASA oder ESA weitere privatwirtschaftliche Initiativen und Unternehmen im Spiel sind. Diese Entwicklung geht einher mit einem technologischen Paradigmenwechsel bei den Raumfahrt- und Satellitenantrieben: Denn elektrische Raumfahrtantriebe (Electric Propulsion EP) wie Ionentriebwerke werden immer mehr als Primärtriebssysteme im Weltraum eingesetzt.

Beide Tendenzen eröffnen der Raumfahrt ganz neue Perspektiven. Aber sie stellen auch höchste Anforderungen an die Entwicklung von Materialien und Technologien für Weltraumanwendungen. Das neue Innovationslabor „Physik unter harschen Bedingungen“ ist ein Ort, an dem diese Hochtechnologiethemata erforscht werden.

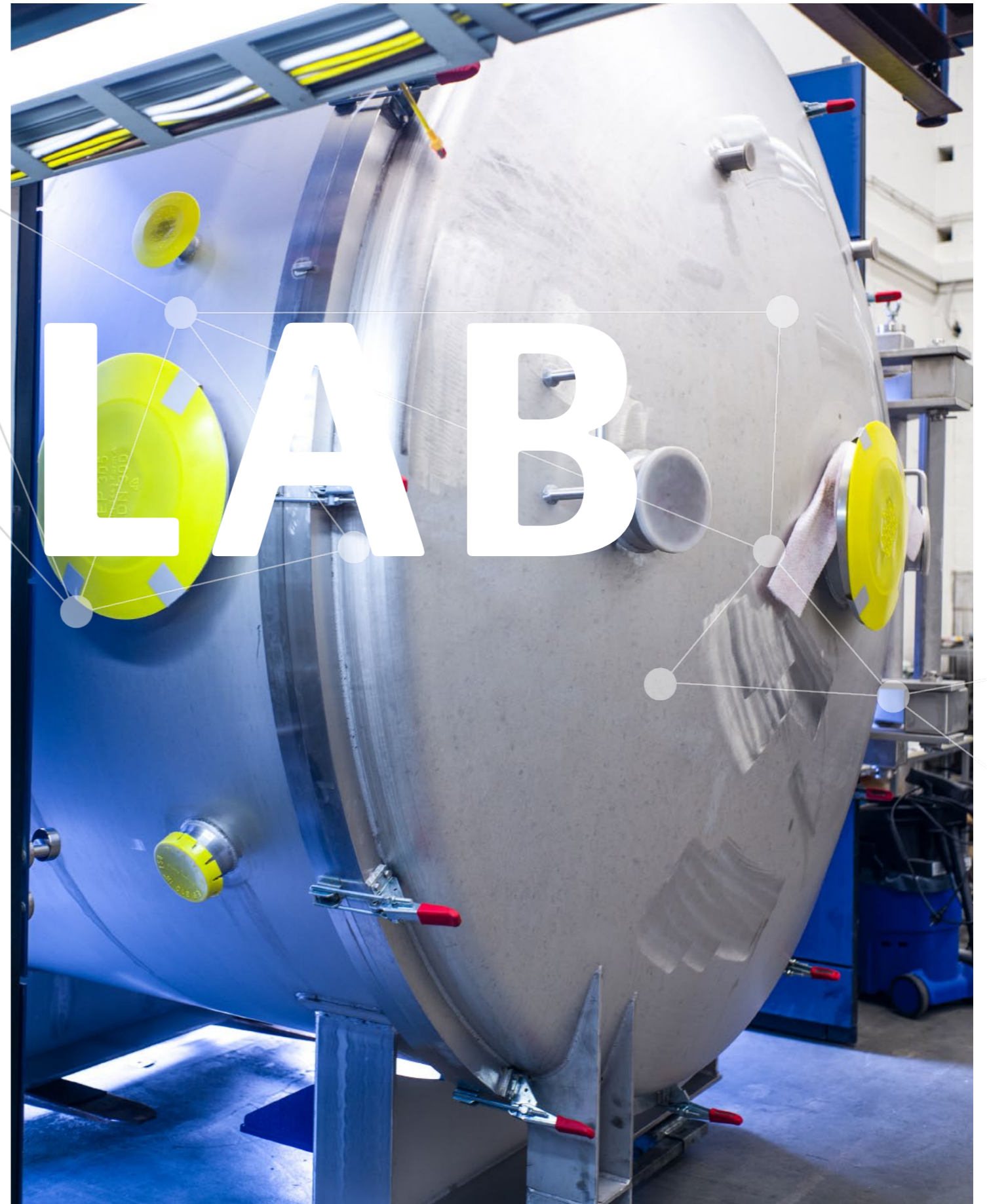
INNOVATIONSLABOR „PHYSIK UNTER HARSCHEN BEDINGUNGEN“

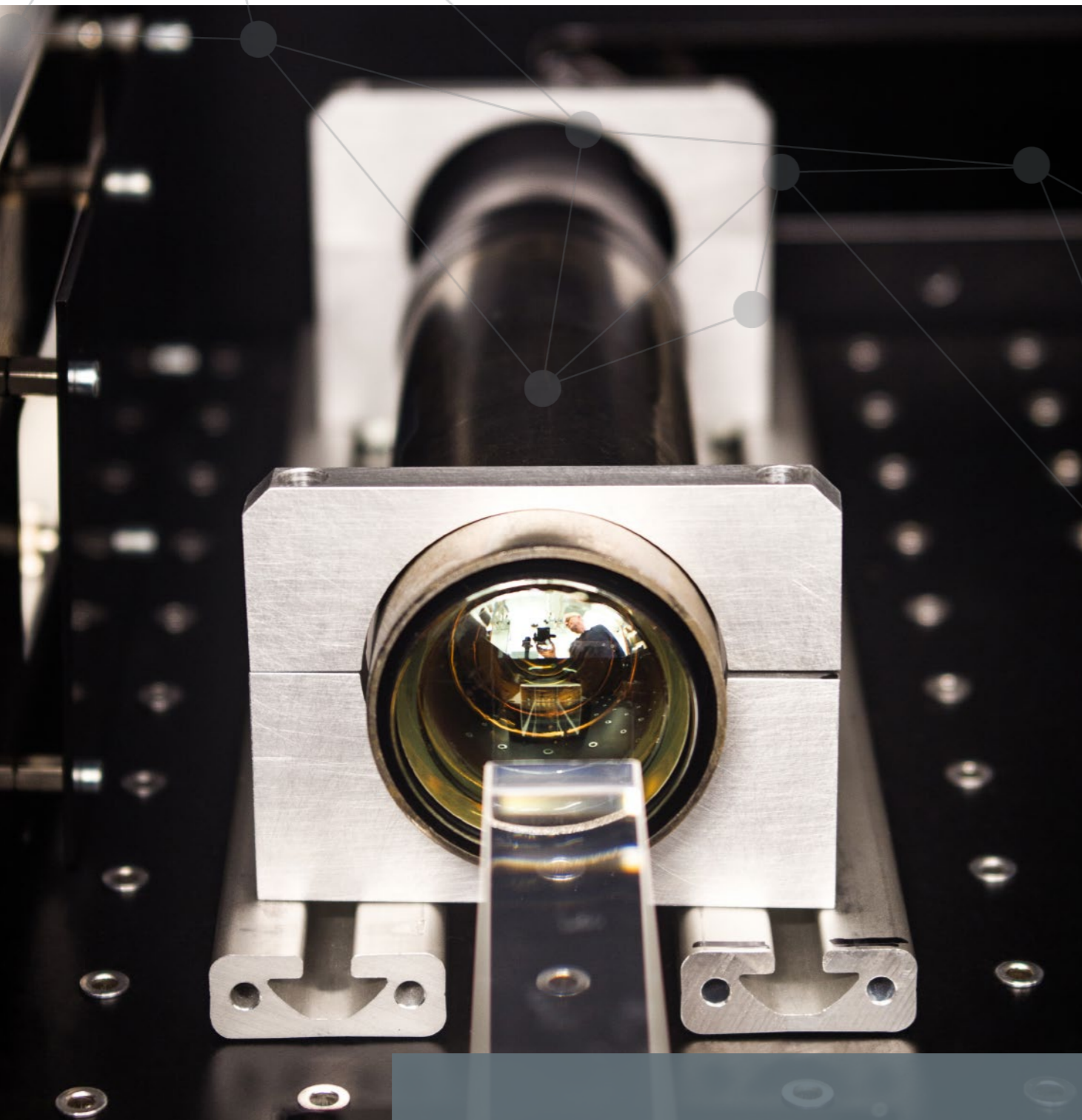
Der Hochtechnologiesektor Raumfahrt steht wie kein Zweiter für einen Forschungsgegenstand, bei dem Material und Technik wirklich „harschen Bedingungen“

ausgesetzt sind. Die Fragestellungen reichen von strahlungsresistenten Funktionsmaterialien und elektrochemischen Energiespeichern über ressourceneffiziente Transportsysteme bis zur Lebenszyklusanalyse im Weltraum. Dabei erfordert die Komplexität der genannten Themenfelder einen grundlegend transdisziplinären Forschungsansatz, der die Arbeit im Innovationslabor prägt, befruchtet und auf andere Hochtechnologiebereiche übertragbar ist. Besonders wertvoll ist in diesem Zusammenhang die Expertise und jahrzehntelange Erfahrung der JLU auf dem Gebiet der Raumfahrttechnologien. Der im Jahre 2017 gestartete Studiengang „Physik und Technologie für Raumfahrtanwendungen“ bildet eine wichtige Grundlage für die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Und mit dem Aufbau von in Deutschland einzigartigen neuen Testanlagen zündet das Innovationslabor „Physik unter harschen Bedingungen“ die nächste Stufe auf dem Weg zum „New Space“.

INLAB

►
 Vakuumtank der neuen EMV-Testanlage bei der Einbringung in die Technikumshalle | Vacuum chamber of the new EMC test facility being set-up in the laboratory
 Photography: Ralf Niggemann





▲
Entwicklung neuartiger Szintillatoren | Development of innovative scintillators
Photography: Ralf Niggemann

THE NEW SPACE RACE—OR: NEW TECHNOLOGIES FOR SPACE

Scientific and commercial interest in space travel has increased significantly in recent years. This dynamic commercialization of space travel is often tagged by “New Space”. As a consequence, private-sector initiatives and companies have started to compete with more traditional space organizations such as NASA or ESA. This development goes hand in hand with a technological paradigm shift in space and satellite propulsion systems: electric propulsion (EP) systems such as ion

to nurture and harvest research in these dynamic high-tech research areas.

INNOVATION LABORATORY “ROUGH-AMBIENT PHYSICS”

The high-tech sector of space travel stands for a research subject in which materials and technology are indeed exposed to “harsh conditions” like in no other. The challenges range from radiation-resistant functional materials via electrochemical energy storage systems to resource-efficient transport systems and life-cycle analysis in space. The complexity of these subject areas

programme “Physics and Technology for Space Applications” forms the invaluable basis for training young scientists. It was successfully launched in 2017 and has attracted classes of nearly one-hundred students from all-over Germany every year. The attractiveness of the programme is further increased by the innovation laboratory “rough-ambient physics” as it ignites the next step on the way to “New Space” by constructing beyond-state-of-the-art test facilities unique to Germany.

»Raumfahrtforschung ist Hochtechnologie-Entwicklung. Das Innovationslabor ›Physik unter harschen Bedingungen‹ versetzt uns in die Lage, auf diesem zukunftsweisenden Gebiet eine Vorreiterrolle zu übernehmen. Research for space inherently means development of high technology. The innovation laboratory ›rough-ambient physics‹ enables us to perform pioneering research in this future-oriented field.«

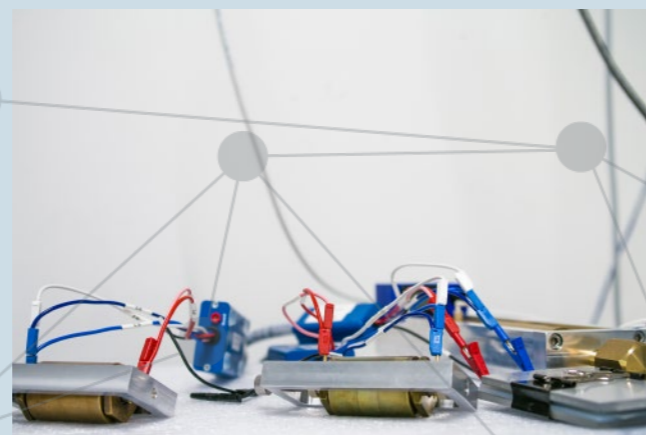
PROF. DR. PETER J. KLAR
I. PHYSIKALISCHES INSTITUT
JUSTUS-LIEBIG-UNIVERSITÄT GIESSEN

thrusters are increasingly being established as primary propulsion systems in space. Both of these new developments open up completely new perspectives for space travel. Yet, they also place the highest demands on the development of materials and technologies for space applications. The newly established innovation laboratory “rough-ambient physics” aims

requires a fundamentally transdisciplinary research approach that characterizes and stimulates the work in the innovation laboratory and can be transferred to other, e.g., terrestrial high-tech applications. Here, decades of experience and accumulation of expertise in the field of space technologies at JLU Giessen are priceless. The consecutive B.Sc./M.Sc. study

Schlüsseltechnologien & Themenfelder

Key technologies Subject areas



▲ Entwicklung neuartiger Szintillatoren | Development of innovative scintillators
Photography: Ralf Niggemann

▲ Langzeittest neuer Batterien | Endurance test of new batteries
Photography: Ralf Niggemann

Das Innovationslabor „Physik unter harschen Bedingungen“ bündelt Kernkompetenzen der JLU in der Raumfahrtphysik, der Plasmaforschung, den Materialwissenschaften und in der Instrumentierung für die subatomare Physik. Ihr Zusammenwirken eröffnet gezielt Synergiepotenziale bei Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die sich rasant entwickelnden Hochtechnologien. Vor allem in den Bereichen Raumfahrt, Elektromobilität und regenerative Energien sowie in der Medizin lassen sich so neue, auch radikale Innovationspotenziale erschließen. In der ersten Phase konzentriert sich die Arbeit des Innovationslabors „Physik unter harschen Bedingungen“ auf den Aufbau einer Forschungsinfrastruktur für die Themenfelder Strahlungshärte, elektromagnetische Verträglichkeit sowie intelligentes Material- und Systemdesign. Im Zuge dessen definiert das Zentrum für Materialforschung (ZfM) über das Innovationslabor auch einen

Zugang zur Forschungsinfrastruktur für Partner aus der Forschung und Industrie. Schon heute zeichnet sich ein signifikanter Forschungsbedarf an Materialien und Technologien ab, der für die Raumfahrt- und Satellitenanwendungen sowie für hochtechnologische Schlüsselbranchen von äußerst großem Interesse sind. Das Innovationslabor „Physik unter harschen Bedingungen“ schafft geradezu ideale Voraussetzungen zu deren Erforschung.

The innovation laboratory “rough-ambient physics” bundles core competencies of JLU in space physics, plasma research, materials science, and instrumentation for subatomic physics. The interaction of all these disciplines raises synergy potentials in research and development for the rapidly developing high technologies needed in space and beyond—including electromobility or regenerative energies research as well as in medicine—

new and radical innovation potentials can be tapped across and in all these dynamic high-tech fields. In the first phase, the innovation lab “rough-ambient physics” focuses on establishing a research infrastructure for the fields of radiation hardness, electromagnetic compatibility, and smart materials and systems design. The innovation lab is supported by the research infrastructure provided by the Center for Materials Research (ZfM). It becomes accessible via the innovation lab for joint research projects with cooperation partners from research and industry. The innovation laboratory “rough-ambient physics” aims to create ideal conditions for research to answer the significant demands for materials research and technology developments for space and satellite applications as well as for other high-tech key industries.

Functional materials
FUNKTIONSMATERIALEN

Electromobility
ELEKTROMOBILITÄT

Space travel
RAUMFAHRT

Renewable Energies
REGENERATIVE ENERGIEN

Medicine
MEDIZIN

Intelligentes Material- und Systemdesign
Intelligent materials and systems design

Strahlungshärte
Radiation hardness

Elektromagnetische Verträglichkeit
Electromagnetic compatibility



IN PROGRESS

Im Zentrum des Innovationslabors „Physik unter harschen Bedingungen“ stehen zunächst Materialien und Technologien für Raumfahrt- und Satellitenanwendungen. Weitere Schlüsselbereiche, die besondere Anforderungen an Material und Technologien stellen, kommen sukzessive hinzu, z. B. in der medizinischen Strahlentherapie oder auch in diversen Energietechnologien.

Das Innovationslabor „Physik unter harschen Bedingungen“ wird dynamisch auf markt- und forschungsgetriebene Entwick-

lungen reagieren und seine Ausrichtung entsprechend anpassen. Es wird von sechs Professuren aus zwei Fachbereichen der JLU getragen. Die Forscherinnen und Forscher arbeiten mit international agierenden Forschungspartnern und Unternehmen zusammen, wie etwa dem Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)-Institut für Aerodynamik und Strömungsmechanik in Göttingen, der Technischen Hochschule Mittelhessen (THM), der GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt oder der ArianeGroup.

Initially, materials and technologies for space and satellite applications form the core of the innovation laboratory “rough-ambient physics”. Other key areas that have equally high demands on materials and technologies are gradually being added, e.g. radiation therapy in medicine or next generation energy technologies. The innovation laboratory “rough-ambient physics” will react dynamically on market and research-driven developments and adapt its orientation

accordingly. It is supported by the research groups of six tenured professorships from the faculties of physics and chemistry at JLU. Their research efforts are embedded in an international environment with partners and companies from Hesse and beyond, such as the Aerospace Center (DLR)-Institute for Aerodynamics and Fluid Mechanics in Göttingen, the University of Applied Science in Giessen (THM), the GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt or the ArianeGroup.

▲
Aufbau des EMV-Vakuumtanks | Setting up of the EMC vacuum chamber

Photography: Ralf Niggemann

THEMENFELDER *SUBJECTS AREAS*

STRAHLUNGSHÄRTE *RADIATION HARDNESS*

Der Einsatz strahlungsharter Elektronik ist bei Satelliten, die mit elektrischen Antrieben (EP) durch den Strahlungsgürtel der Erde in ihre Zielumlaufbahn gebracht werden, essenziell. Darüber hinaus spielt die Erforschung und Entwicklung strahlungsharter Materialien in Einsatzbereichen wie etwa der Medizintechnik oder der beschleunigerbasierten Grundlagenforschung eine entscheidende Rolle. Die Synergie der Kompetenzen aus der subatomaren Physik und der Materialforschung schafft im Innovationslabor eine einzigartige Konstellation, die neben interessanten Forschungsprojekten auch ein hohes Anwendungspotenzial aufweist.

The use of radiation-hard electronics is essential for satellites that are brought into their target orbit with electric propulsion (EP) through the Earth's radiation belts. In addition, the research and development of radiation-hard materials in areas of application such as medical technology or accelerator-based fundamental research play a decisive role. The synergy of competencies from subatomic physics and materials research creates a unique constellation in the innovation laboratory, which, in addition to interesting research projects, also has high application potential.

ELEKTROMAGNETISCHE VERTRÄGLICHKEIT *ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY*

Elektrische Raumfahrtantriebe müssen die höchsten Anforderungen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) erfüllen. Erhebliches Forschungspotenzial eröffnet hier der Aufbau einer Testanlage mit geschirmter EMV-Messkabine und Vakuumanlage, die EMV-Messungen an laufenden Triebwerken ermöglicht. Es ist die erste Anlage dieser Art in Deutschland und die einzige an einer Universität weltweit. *Electric space propulsion systems must meet the highest requirements for electromagnetic compatibility (EMC). The construction of a EMC test facility for performing EMC measurements on operating thrusters opens up considerable research potential. The facility consists of a shielded anechoic measuring chamber coupled to a large vacuum tank. It is the first-of-its-kind in Germany and currently the only one in an academic setting worldwide.*

INTELLIGENTES MATERIAL- UND SYSTEMDESIGN *INTELLIGENT MATERIALS AND SYSTEMS DESIGN*

Im Bereich Material- und Systemdesign arbeiten Gruppen aus der Chemie und Physik intensiv an der Charakterisierung von Materialien und Plasmen. In ersten Vorversuchen werden Erfahrungen aus den Bereichen der chemischen Katalyse, der Plasmaphysik, der Hochtemperaturchemie und der Batterietechnologie auf die Optimierung von Materialien und Systeme für die Raumfahrt übertragen. Darüber hinaus lassen sich etwa die Parameter von Plasmen gezielt einstellen, um Oberflächen zu modifizieren oder zu sterilisieren. Hier bestehen generisch Anknüpfungspunkte an die Medizin. *Scientists from chemistry and physics work intensively on the characterization of materials and plasmas in the area of materials and systems design. Their experiences from the fields of chemical catalysis, plasma physics, high-temperature chemistry, and battery technology are transferred to the optimization of materials and systems for space travel. In addition, the parameters of plasmas can be set in a targeted manner in order to modify or sterilize surfaces which is inherently linked to medicine.*

PILOTPROJEKTE *PILOT PROJECTS*

1 PLASMAMEDIZIN *PLASMA MEDICINE*

Design einer Niedertemperatur-Plasmaquelle zur Keimabtötung für Wundbehandlung oder zur Sterilisation. *Design of a low-temperature plasma source for killing germs for wound treatment or for sterilization.*

2 ENERGIESPEICHER *ENERGY STORAGE*

Auswahl und Beschaffung eines Batteriemoduls für den Einsatz auf Satelliten; Grundcharakterisierung der Zyklierbarkeit des ausgewählten Batteriemoduls und Studien zu dessen Alterung. *Selection and procurement of battery modules for space use on satellites; basic characterization of the cyclability of the selected battery module and studies on its aging.*

3 RAUMFAHRTMATERIALIEN *SPACE MATERIALS*

Design und Bau eines RIT-Triebwerkssystems (Triebwerk, Neutralisator und Peripherie) für den Betrieb mit Jod als alternativem Treibstoff; Nachweis der Triebwerksfunktion mit Jod. *Design and construction of an RIT engine system (engine, neutralizer, and peripherals) for operation with iodine as an alternative propellant; proof-of-principle of engine operation with iodine as propellant.*

4 EMV-CHARAKTERISIERUNG *EMC CHARACTERIZATION*

Design von zwei RIT-Triebwerkssystemen auf Basis bestehender RIT-4 und RIT-10 mit zugehöriger Peripherie für EMV-Tests und Demonstrationsexperimente in der neuen EMV-Messkabine unter Weltraumbedingungen. *Design of two RIT engine systems based on the existing RIT-4 and RIT-10 with associated peripherals for EMC tests and demonstration experiments in the new EMC test cabin under simulated space conditions.*

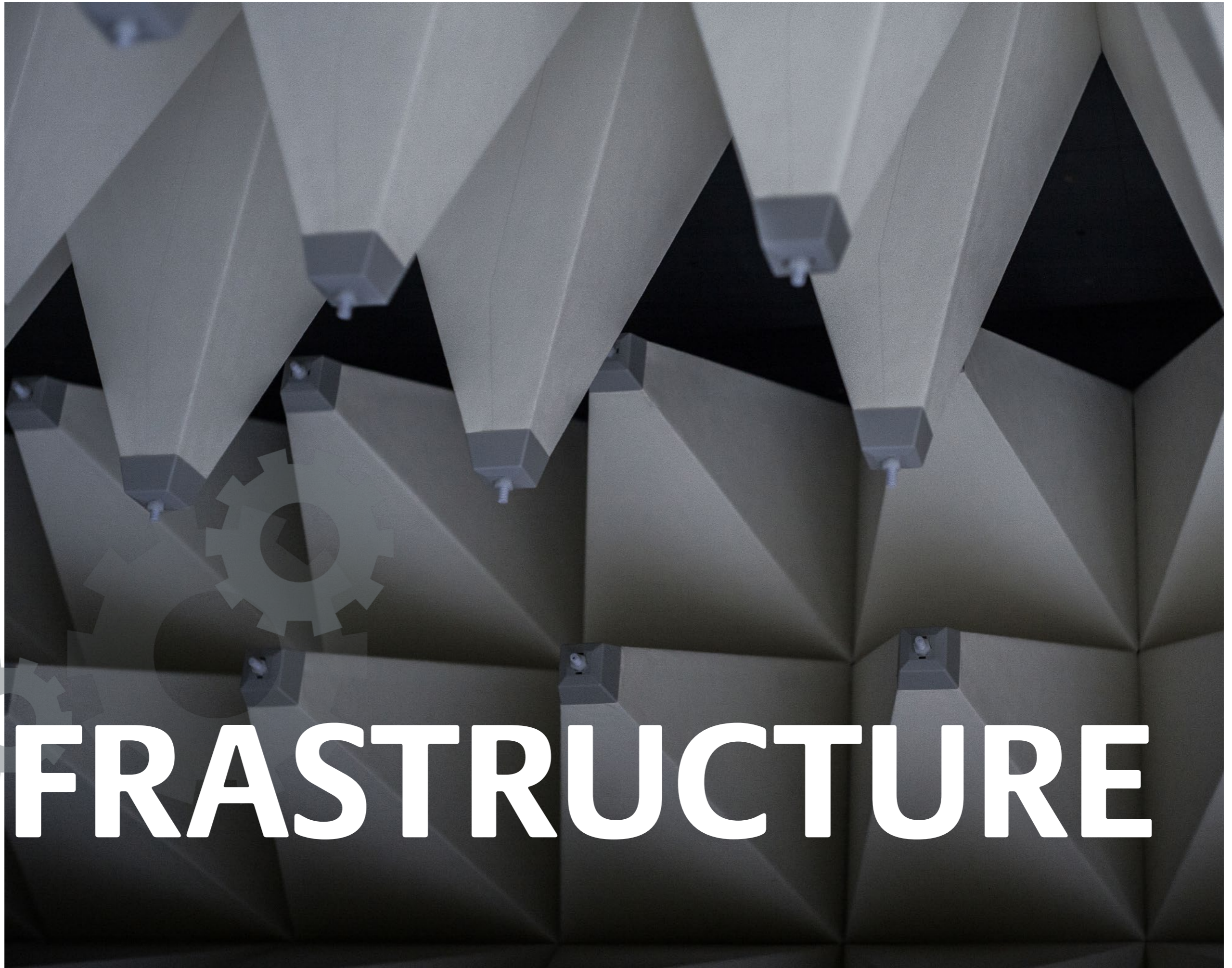
5 STRAHLUNGSHÄRTE VON BAUELEMENTEN FÜR RITs *RADIATION HARDNESS OF COMPONENTS FOR RITs*

Auswahl von Galliumnitrid (GaN)- und Siliziumcarbid (SiC)-basierten Bauelementen, die in den Radiofrequenzverstärkern für RITs eingesetzt werden können; Charakterisierung der Kennlinienfelder der ausgewählten GaN- und SiC-Bauelemente. *Selection of gallium nitride (GaN) and silicon carbide (SiC) -based components that can be used in the radio frequency amplifiers for RITs; Characterization of the characteristic fields of the selected GaN and SiC components.*



INPROGRESS

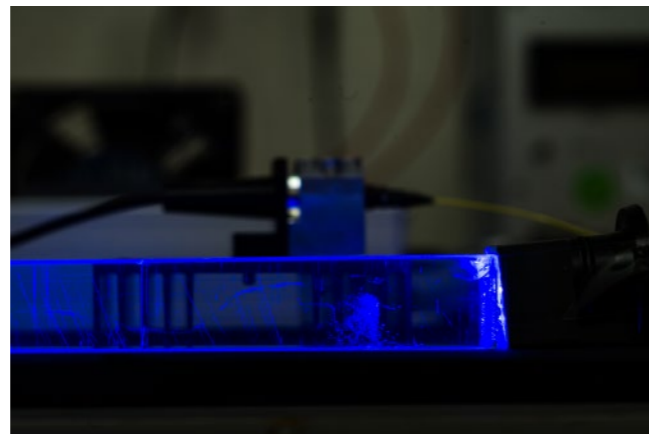
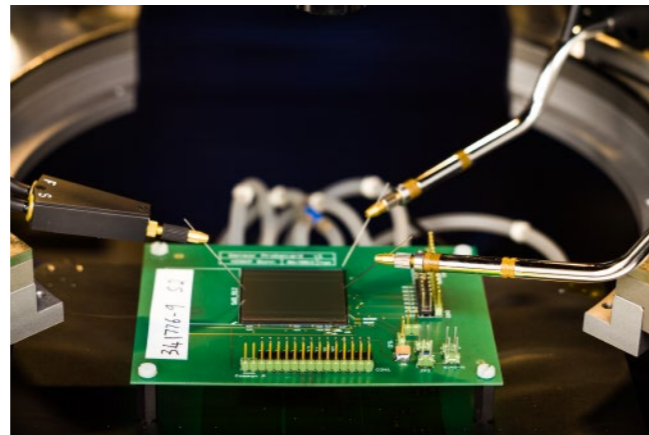
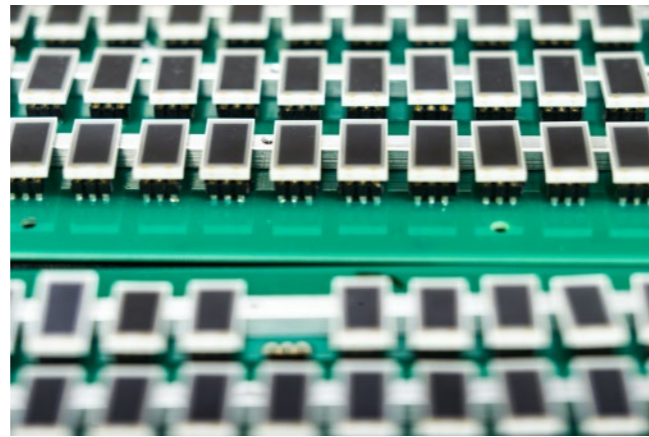
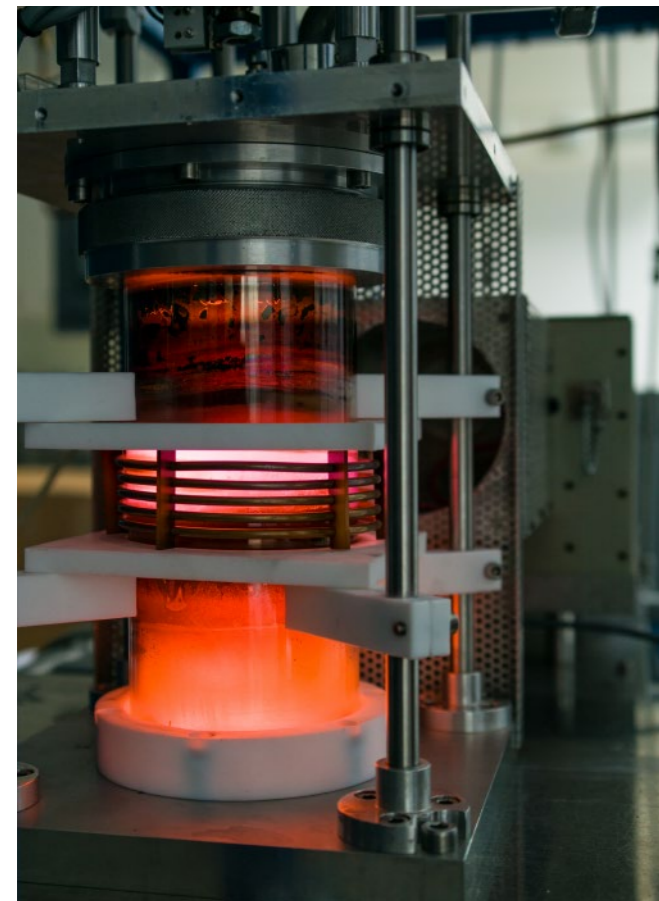
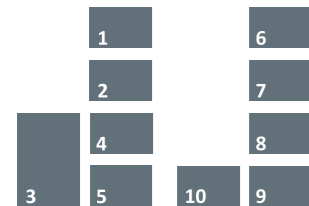
Absorberpyramiden in der EMV-Messkabinen |
Absorber pyramids inside the semi-anechoic
chamber
Photography: Ralf Niggemann



INFRASTRUCTURE

INNOVATIONSLABOR „PHYSIK UNTER HARSCHEN BEDINGUNGEN“

Ein Schwerpunkt des Innovationslabors „Physik unter harschen Bedingungen“ besteht im Aufbau einer erstklassigen Infrastruktur für die Forschung und Entwicklung von Materialien, die extremen Umgebungseinflüssen standhalten. Einzigartig in Deutschland ist etwa eine Testanlage, mit der Triebwerke im Betrieb und Kleinstsatelliten unter Weltraumbedingungen auf elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) überprüft werden können. Sowohl die neue EMV-Testanlage als auch das Strahlungshärtelabor werden langfristig in Forschung und Lehre eingesetzt. Potenzielle Kooperationspartner aus der Industrie haben ebenfalls ihr Interesse angemeldet.



INNOVATION LABORATORY “ROUGH-AMBIENT PHYSICS”

Establishing first-class infrastructure for research and development of materials that can withstand extreme environmental influences is one of the core goals of the innovation laboratory “rough-ambient physics”. For example, the facility for electromagnetic compatibility (EMC) assessment of engine operation or small satellites under space conditions is unique in Germany. Both, the new EMC test facility and the radiation-hardness laboratory, will be used in research and teaching over the long term. Potential cooperation partners from industry have also expressed their interest.

1. Elektrische Bauelemente für den Strahlungshärte-Test | Electronic components for radiation hardness testing—
 2. Vermessen der Bauelementcharakteristiken | Measuring device characteristics—
 3. Plasmabehandlung von Raumfahrtmaterialien | Plasma treatment of space materials—
 4. Mit UV Licht angeregter Bleiwolframat-Szintillationskristall | Lead tungstate scintillation crystal excited with UV light—
 5. Batteriezyklisierer | Battery cycling equipment—
 - 6-7. Einbringung des EMV-Tanks in die Technikumshalle | Bringing the EMC chamber into the laboratory—
 8. EMV-Tank nach Positionierung | EMC chamber after positioning—
 9. Aufbau der EMV-Absorberkammer | Setting up of the anechoic chamber—
 10. Ferritwandverkleidung in der Absorberkammer | Ferrite panels on the wall inside the anechoic chamber—
- Photography: Ralf Niggemann



Kontakt



PROF. DR. P. J. KLAR //

I. Physikalisches Institut



PROF. DR. K.-TH. BRINKMANN //

II. Physikalisches Institut



INFORMATION



Zentrum für Materialforschung

Heinrich-Buff-Ring 16

35392 Gießen

Deutschland

www.uni-giessen.de/inlabs

inlabs@natwiss.uni-giessen.de



Das Innovationslabor „Physik unter harschen Bedingungen“ wird gefördert mit Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) für Vorhaben zur Stärkung von Forschung, technischer Entwicklung, Transfer und Innovation von Hochschulen, Forschungs- und Transfereinrichtungen.

The innovation laboratory “rough-ambient physics” is funded by the European Regional Development Fund (ERDF) for projects to strengthen research, technical development, transfer, and innovation from universities, research, and transfer institutions.

Justus-Liebig-Universität Gießen
Ludwigstraße 23
35390 Gießen

Tel.: 0641 99-12004
Fax: 0641 99-12009
e-mail: info@jlu.de
www.uni-giessen.de

EUROPÄISCHE UNION:



Investition in Ihre Zukunft
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

HESSEN



**Hessisches
Ministerium für
Wissenschaft
und Kunst**