

NETZWERKVIRTUALISIERUNG IN LEO-SATELLITENSYSTEME

FÜR SICHERE KONNEKTIVITÄT UND ÜBERWACHUNG DER INFRASTRUKTUR IM ENERGIESEKTOR

Anna Volkova

Prof. Dr.-Ing. Hermann de Meer

Lehrstuhl für Informatik mit Schwerpunkt Rechnernetze und Rechnerkommunikation

Universität Passau

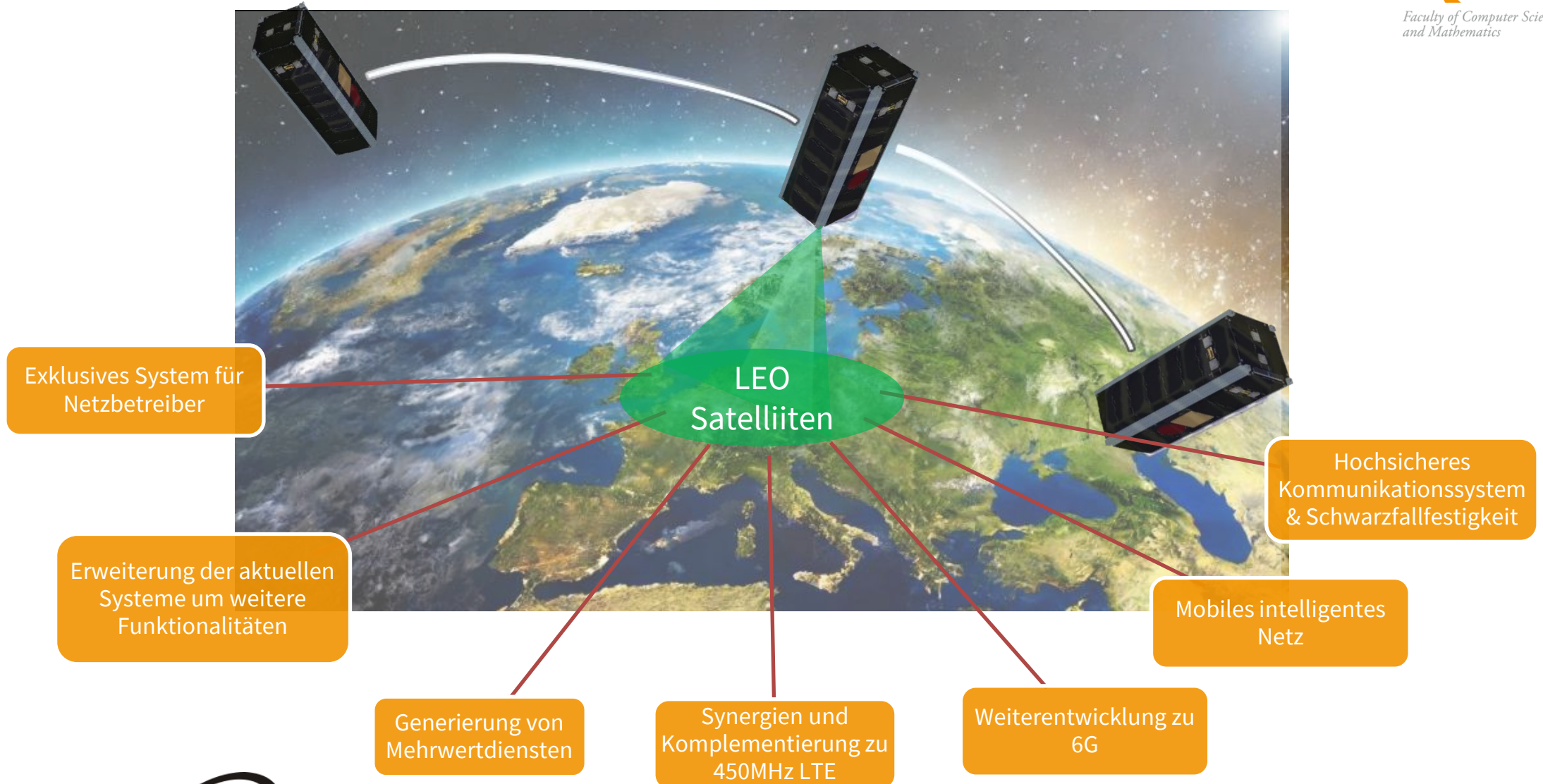
unterstützt durch:




- Umstieg auf Energieversorgung basierend auf erneuerbaren Energiequellen
 - **dezentralisiertes und zelluläres** Elektroenergiesystem auf VN-Ebene
 - konzentriertes Elektroenergiesystem **mit weitreichendem Markt auf ÜN-Ebene**
 - **digitalisiertes und interoperables** Energiesystem
 - **multimodales** Energiesystem (Sektorenkopplung)
 - **Potentielle Schwachstellen** in der Kommunikationsfähigkeit/-technik der Energienetzbetreiber bei sicherheitskritischen Ereignissen
 - **Mangelnde Resilienz** der Kommunikationstechnik
 - **Mangelhafte Verfügbarkeit** von Kommunikationskanälen mit unzureichendem Zugang wichtiger Stakeholder
- **Zunahme der Bedeutung von hochsicheren Kommunikationssystemen in Bezug auf Versorgungssicherheit, Cybersicherheit und Resilienz!**



Lösung: Low Earth Orbit (LEO) Kleinsatellitensystem

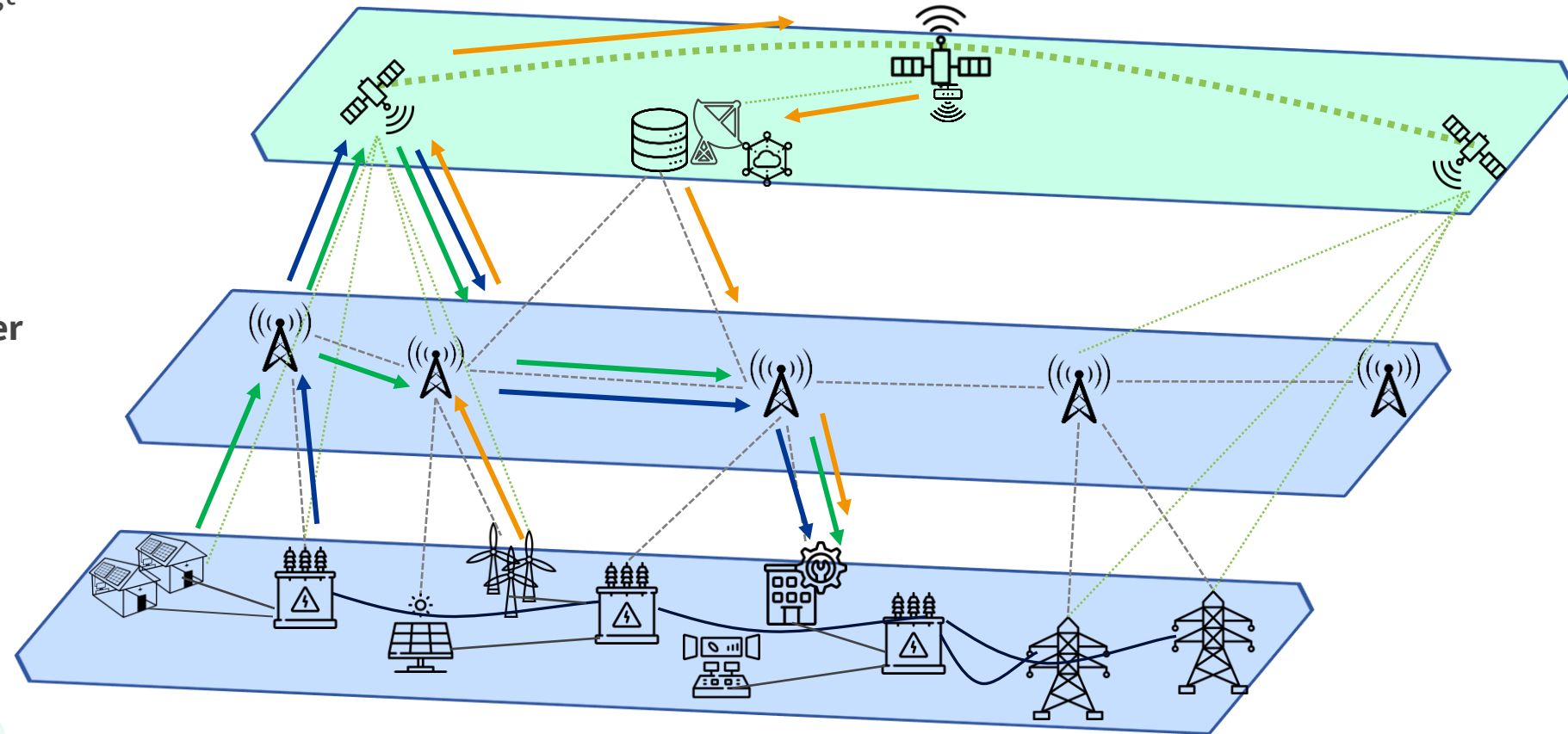


- 
- Anpassung und Erweiterung verfügbarer Kommunikationstechnologien beim Betrieb elektrischer Energiesysteme mithilfe eines **Low Earth Orbit** (LEO) gestützten Kleinsatellitensystems
 - Aufbau eines **hybriden terrestrisch-satellitengestützten Netzes** mit Schwerpunkt auf der Erweiterung der Funktionen dedizierter LTE-Mobilfunknetze
 - Unterstützung der Entwicklung eines dedizierten Netzes in **Richtung 5G/6G**
 - Nutzung des Kleinstsatellitensystems für zwei zentrale Herausforderungen:
 - Gewährleistung einer **sicheren** und **exklusiv verfügbaren** Konnektivität **im Katastrophenfall**
 - Generierung von **Mehrwertdiensten** wie Infrastrukturmonitoring und Quantenschlüsselverteilung **im Normalbetrieb**
- Aufrechterhaltung der Datenverkehrsströme von verschiedenen Grid-Diensten über ein solches hybrides Netz:
 - Einsatz von **Virtualisierung** zur Verbesserung der Datenverkehrsklassifizierung
 - Ansätze zur **Modellierung und Simulation** eines **hybriden terrestrisch-satellitengestützten Netzes**











Netzvirtualisierung in hybriden terrestrisch-satellitengestützten Netzen

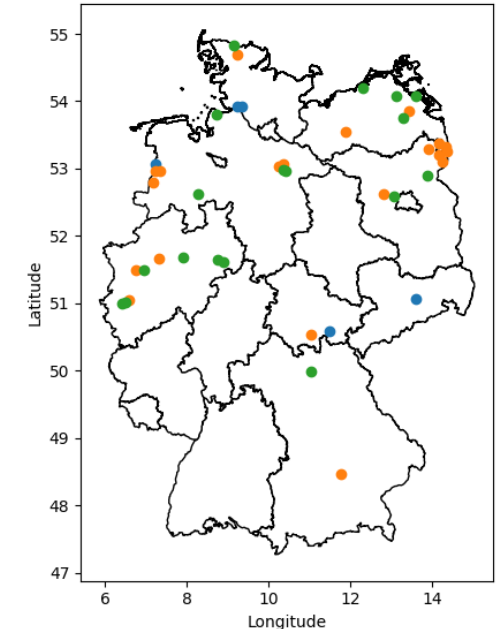
- Das digitalisierte Stromnetz erzeugt viele verschiedene Datenverkehrsströme
 - mit unterschiedlichen Prioritäten
- Netzwerkvirtualisierung ist ein Ansatz zur Schaffung **unabhängiger Netzwerke** auf der Grundlage derselben Hardware-Infrastruktur.
 - Network-Slice ist ein Teil des virtuellen Netzes, der **für einen bestimmten Dienst** zugewiesen wird.



Wie lassen sich Network-Slices in einem derart komplexen Netz modellieren und bewerten?

	Erdbeobachtung		Strom		High priority Slice
	Edge Computing		LTE		Medium priority Slice
			SatComm		Best-Effort Slice

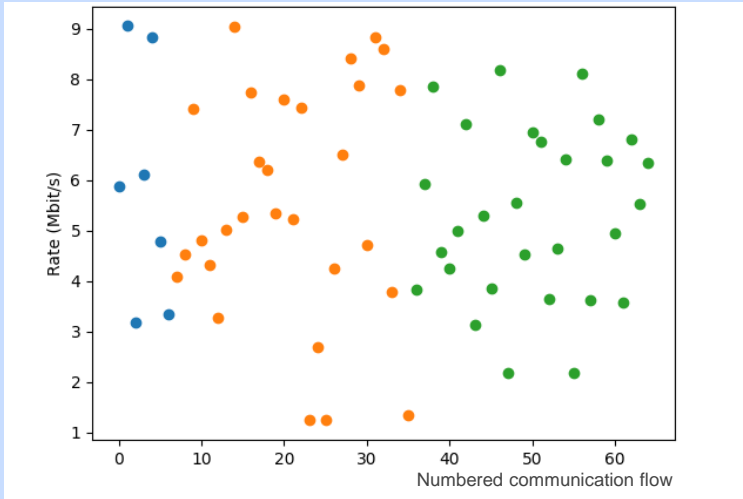
- **Ziel: Bewertung der Leistung der Netzwerk-Slicing-Ansätze**
 - von **2 verschiedenen** Kommunikationsnetzstrukturen, die für das Stromnetz verwendet werden:
 - zweckgebundenes LTE-basiertes Netz mit verbesserter Ausfallsicherheit
 - LEO-Satellitennetz
 - für **unterschiedliche Datenverkehrs- und Kommunikationsarten**
 - Hoch prioritärer Datenverkehr, e.g. Steuersignale
 - Datenverkehr mittlerer Kritikalität , e.g. Erfassung des Anlagenzustands
 - Best-Effort-Verkehr, e.g. Smart Metering
- **Pipeline für die Erstellung von Szenarien und Framework für die Simulation**
 - **Vollständige und detaillierte** Netzsimulation aller Szenarien mit den Werkzeugen NS-3 und Hypatia
 - Unterstützung aller erforderlicher Parameter, einschließlich TCP, UDP, Orbit-Spezifikationen, Boden- und Raumsegmentknoten und Linkdesign
 - Flexibilität bei der Umsetzung neuer Protokolle und Verkehrsmodelle
 - Skalierbar für größere Netze



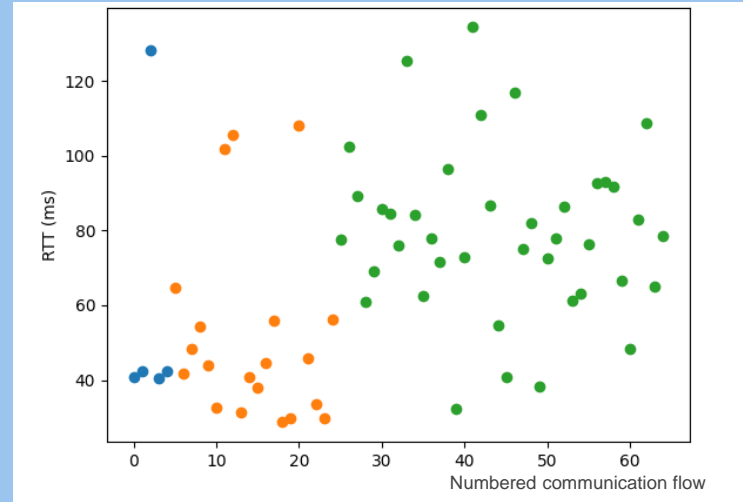
Verteilung der kommunizierenden Stromnetzknöten

Ohne Slicing

Übertragungsrate für Kommunikation über LEO-Satelliten

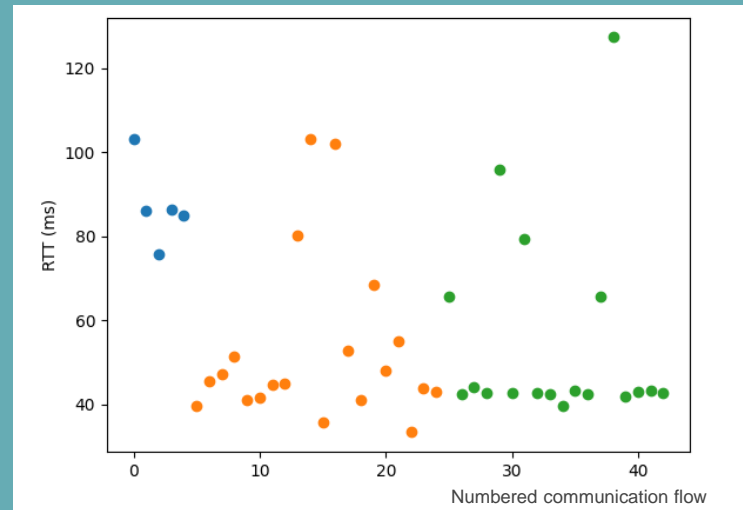
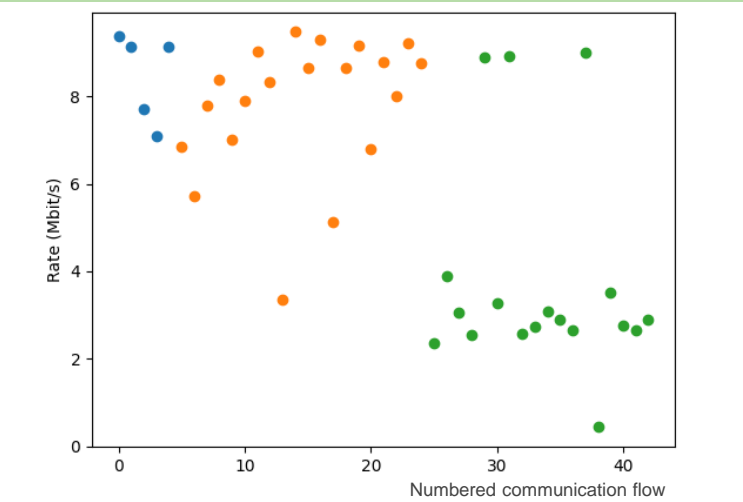


RTT für Kommunikation über LEO-Satelliten



- High priority Slice
- Medium priority Slice
- Best-Effort Slice

Mit Slicing



Anzahl der Knoten	43
Anzahl der Knoten in Datenverkehrsklassen	5; 20; 18
Anzahl der Kommunikationen pro Datenverkehrsklasse	5; 20; 40
Durchsatzrate an der Satellitenschnittstelle	0.6; 0.3; 0.1
Bandbreite	10Mbps
Paketgröße	100 Kb



- Die ständigen Veränderungen in der Natur und im Betrieb der Stromnetze erfordern **flexible und widerstandsfähige Kommunikationsnetze**:
 - Digitalisierung in der Mittel- und Niederspannungsebene **wird einen weiteren Ausbau der Kommunikationsnetze erfordern**
 - **Der Klimawandel** wird die Stabilität des Betriebs beider Systeme weiter in Frage stellen.
- Dedizierte zellulare Infrastrukturen ist eine vielversprechende Lösung, um bestehende Lücken in der Kommunikation mit kritischen Infrastrukturen zu schließen. Folgende Schwierigkeiten können auftreten:
 - **Abdeckungslücken** sind der Fall bei schwierigen Landschaften,
 - Notfallsituationen (Stromausfälle, Buschfeuer usw.) **bedrohen die Integrität** der terrestrischen Netze,
 - die Netze sollten in der Lage sein, **fortgeschrittene Funktionen für 5G/6G** zu unterstützen.
- **LEO-Satellitennetzwerke sind eine Lösung**, um die zukünftigen Herausforderungen zu bewältigen:
 - Die Latenzzeiten mit denen der terrestrischen Netze vergleichbar,
 - **Pfadredundanz und Diversität** verbessern die allgemeine Widerstandsfähigkeit,
 - **Die flächendeckende Abdeckung** eröffnet die Möglichkeit, **zusätzliche Dienste** zu implementieren.

Seien Sie Teil der Zukunft und melden Sie sich heute noch an:

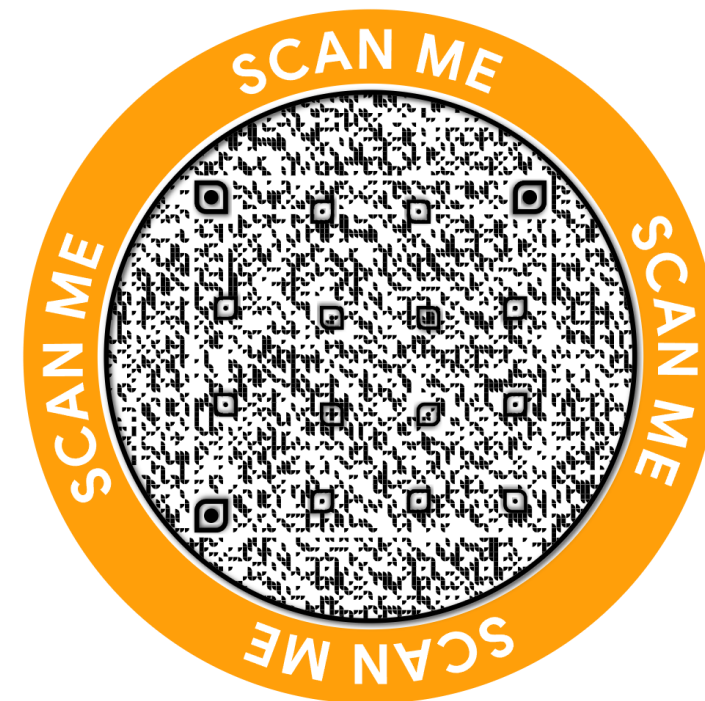
Innovationsworkshop „Satellitenkommunikation für resiliente Energiesysteme“

07.03.2024 – 13:00 bis 17:00 Uhr

Zentrum für Telematik e.V.

Magdalene-Schoch-Straße 5

97072 Würzburg



Anmeldung über: anna.volkova@uni-passau.de

unterstützt durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt