

ARC

Autonomic Resilience in Dynamic Networked Systems

Programm / Ausschreibung	KS 24/26, COMET - Zentren , COMET-Zentren 2025	Status	laufend
Projektstart	01.01.2027	Projektende	31.12.2030
Zeitraum	2027 - 2030	Projektlaufzeit	48 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 7.600.000		
Keywords	resilience technologies; self-organisation; network dynamics; swarm intelligence; humans in the loop		

Projektbeschreibung

Ein wichtigstes strategisches Ziel Europas ist die Stärkung der Widerstandsfähigkeit gegen Schocks und Krisen. Technologische Souveränität und zuverlässige Energieversorgung sind entscheidende Faktoren, um geopolitischen Spannungen und wirtschaftlichem Druck standzuhalten und so Freiheit, Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit zu sichern. Das Kompetenzzentrum ARC begegnet dieser Herausforderung durch die Erforschung und Entwicklung fortschrittlicher Methoden, Techniken und Systemlösungen zur Stärkung der Resilienz technischer Systeme, kritischer Infrastruktur und Organisationen. Unsere Vision ist die "Autonomic Resilience": Systeme, die sich weitgehend selbstständig schützen, wiederherstellen und verbessern, während Menschen die Rahmenbedingungen vorgeben und kritische Entscheidungen treffen. Besonders wichtig ist dies in dynamischen, komplex vernetzten Umgebungen wie Versorgungsnetzen und Produktionsanlagen. Diese Systeme müssen sich ständig an wechselnde Bedingungen anpassen und systembedrohenden Unterbrechungen und Schocks standhalten. Bestehende Ansätze des Risiko- und Krisenmanagements vernachlässigen jedoch oft die kollektive Dynamik und Kipppunkte in engvernetzten Systemen. Unsere Arbeit an flexibleren, autonomen Resilienzkonzepten integriert Grundlagen- und angewandte Forschung auf synergistische Weise, um (1) Resilienztechnologien und -management wissenschaftlich voranzubringen und (2) Lösungen zu entwickeln, die reale Herausforderungen von Unternehmen adressieren und damit deren Wettbewerbsfähigkeit stärken.

Das ambitionierte Forschungsprogramm umfasst drei miteinander verbundene Bereiche:

- (1) Systemdynamik und Prinzipien der Netzresilienz,
- (2) Selbstorganisationstechniken für resiliente Systeme und
- (3) autonome Resilienzlösungen.

In angewandten Projekten werden Lastausgleich, Anomaliedetektion, Selbstheilung und -lernen erforscht und in realistischen Szenarien evaluiert. Darüber hinaus werden Modelle für Fluktuationen und Schocks sowie Resilienz-Tradeoffs untersucht. Strategische Projekte befassen sich mit Emergenz und Antifragilität, wo Resilienz aus dem System heraus entsteht und durch Störungen sogar gestärkt wird. Durch die Nutzung von Methoden selbstorganisierender Systeme und KI, wie

Schwarmintelligenz und Empfehlungssysteme, verfolgt das Zentrum neue Ansätze der Resilienzforschung. Das Programm verbindet Resilienz in Technologie und Organisationen und untersucht die Balance zwischen autonomen und menschlichen Entscheidungen. Weitere Alleinstellungsmerkmale sind die Einführung von Erklärbarkeit als wesentliche Resilienzfähigkeit, die die Vertrauenswürdigkeit von Mensch-KI-Schnittstellen fördert, sowie die Entwicklung eines strategischen Tools zur Resilienz-Transformation von Unternehmen.

Das Zentrum wird in den Lakeside Labs angesiedelt, einer Organisation mit einer ausgewiesenen Erfolgsbilanz in angewandter Forschung zu selbstorganisierenden vernetzten Systemen und 17 Jahren Erfahrung in der Durchführung von Förderprojekten. Dies gewährleistet eine professionelle und effiziente Umsetzung des Programms, ermöglicht einen raschen Personalaufbau und fördert den reibungslosen Transfer in die Industrie. Das Firmenkonsortium umfasst 18 kleine, mittlere und große Partner, mit Schwerpunkt auf Energieversorgung und Industrie. Führende Infrastrukturbetreiber, Fertigungsunternehmen, Systemintegratoren und Anbieter von Technologielösungen bringen Ressourcen und umfassende Expertise in die kollaborativen Forschung ein. Das wissenschaftliche Konsortium ist schwerpunktmäßig in Klagenfurt verankert. Weitere nationale Partner sind in Wien und Graz; hinzu kommen internationale Schlüsselakteure aus Dresden, Zürich und Freiburg. International angesehene Professoren begleiten die Forschungsbereiche. Langfristig soll ARC als führendes Zentrum für kollaborative Forschung und Innovation resilienter autonomischer Systeme etabliert werden.

Abstract

One of Europe's key strategic priorities is to enhance its resilience against crises and shocks. Specifically, achieving technological sovereignty and ensuring reliable energy supply are vital factors to withstand geopolitical tensions and economic coercion while preserving freedom, competitiveness, and sustainability. The competence center ARC tackles this major challenge by exploring and developing advanced methods, techniques, and solutions that strengthen the resilience of technical systems, critical infrastructures, and organizations. Our distinct vision is to realize autonomic resilience – achieving systems that protect, recover, and improve themselves in a largely autonomous manner while humans provide guidance and make high-level and critical decisions. This capability is crucial in dynamic environments where complex networks, like energy grids or production facilities, must continuously adapt to change and withstand system-threatening disruptions and shocks. Existing risk and crisis management practices often fail to account for the collective dynamics and tipping points that emerge in tightly interconnected systems. Our work toward more flexible, autonomic resilience concepts integrates foundational and applied research in a synergistic way to achieve two overall goals: (1) advance the science of resilience engineering and management and (2) collaboratively develop industry-proven solutions that address real-world challenges faced by companies, ultimately enhancing their competitiveness.

The ambitious research program comprises three interconnected areas:

- (1) system dynamics and network resilience principles,
- (2) self-organization techniques for resilient systems, and
- (3) autonomic resilience solutions for industry.

The multi-firm projects perform research on proactive load balancing, anomaly detection, self-healing, and self-learning, together with fluctuation/shock models and resilience tradeoffs, evaluated in near-realistic scenarios. Beyond this, strategic projects explore the concepts of emergence and antifragility, where resilience capabilities evolve from within the system and become stronger through exposure to stress. From a methodological perspective, the center ventures into novel directions of resilience research through harnessing methods from self-organizing systems and artificial intelligence, like swarm

intelligence and recommender systems. The program bridges technological and organizational resilience and examines the balance between autonomous and human decision-making. Further unique value propositions are the introduction of explainability as an essential resilience ability that fosters trustworthiness at human-AI interfaces as well as the development of a strategic tool for guiding the transformation of companies toward autonomic resilience.

The center will be hosted and led by Lakeside Labs, an organization with a proven track record of applied research in self-organizing networked systems and 17 years of expertise in the management of funded projects. This integration ensures a professional and efficient implementation of the program, enables a rapid ramp-up of personnel, and fosters a smooth transfer of results into industry. The industrial consortium comprises 18 large, medium, and small companies with emphasis on the energy utilities and industrials sectors. Leading energy infrastructure operators, advanced production facilities, system integrators, and technology solution providers are strongly committed to bringing in resources and extensive expertise for collaborative research. The scientific consortium has its core in Klagenfurt, partners in Vienna and Graz, and a strong international dimension with key players from Dresden, Zürich, and Freiburg. Internationally recognized professors guide the three areas. The long-term ambition is to establish ARC as a leading hub for collaborative research and innovation in resilient autonomic systems.

Projektkoordinator

- Lakeside Labs GmbH

Projektpartner

- ABR Austrian Battery Research Laboratory GmbH
- ADES - Echtzeitdatenverarbeitungs- systeme-Gesellschaft m.b.H.
- AIT Austrian Institute of Technology GmbH
- CircuitMind Inc.
- ETH Zürich Reliability and Risk Engineering Lab (RRE)
- Felder KG
- fobi solutions GmbH
- Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. Fraunhofer-Institut für Kurzzeiddynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI
- HIVEMIND ACADEMY LTD
- Infineon Technologies Austria AG
- JES ELEKTROTECHNIK GESELLSCHAFT m.b.H.
- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
- KELAG-Kärntner Elektrizitäts-Aktiengesellschaft
- KNG-Kärnten Netz GmbH
- Microporous GmbH
- NISAR Autonomy GmbH
- Novotek Austria GmbH
- PMS Group GmbH
- Solerte GmbH
- Starmann GmbH

- Technische Universität Dresden Chair for Network Dynamics
- Technische Universität Wien
- Universität Klagenfurt Institut für Artificial Intelligence und Cybersecurity
- Universität Klagenfurt Institut für Statistik
- Universität Klagenfurt Institut für Unternehmensführung
- Universität Klagenfurt Institut für Vernetzte und Eingebettete Systeme
- Verband der Versicherungsunternehmen Österreichs
- Woschitz Engineering ZT GmbH