

SECURE_ACCESS

Moderne Sensorik, Algorithmik und KI für fälschungssichere und zugriffsschnelle keramische Datenspeicher

Programm / Ausschreibung	Bundesländerkooperationen TP, Oberösterreich, Security Technologies & Solutions	Status	laufend
Projektstart	01.09.2026	Projektende	31.08.2028
Zeitraum	2026 - 2028	Projektlaufzeit	24 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 437.022		
Keywords	Compressive Sensing; Computational Imaging; Super-Resolution; Random-Access-Latenz; Keramikspeicher		

Projektbeschreibung

1. Motivation und Ausgangslage

Das Projekt adressiert das Problem der energetischen und physischen Grenzen herkömmlicher Speichermedien (HDD/Tape) angesichts exponentiell steigender Datenmengen. Diese sind anfällig für Bit-Manipulationen und Cyberrisiken wie elektromagnetische Impulse (EMP). Cerabyte (Ceramic Data Solutions GmbH) nutzt keramische Nanolayer auf Glasdatenträgern, um ein unveränderbares Archivsystem mit nahezu unbegrenzter Lebensdauer und Resistenz gegen Umwelteinflüsse zu schaffen.

Dabei sollen die Latenzzeiten beim Zugriff auf die Einzelblätter einer Cartridge massiv gesenkt und die Datendichte gesteigert werden. Dies erscheint durch neue Forschungsergebnisse von KI unterstütztem Compressive Sensing als durchführbar.

2. Projektziele und Lösungsansätze

Compressive Sensing (CS) ist eine der einflussreichsten Entdeckungen der letzten Jahrzehnte, die durch die Fortschritte der Künstlichen Intelligenz, insbesondere bei neuronalen Netzen in den letzten Jahren noch wesentlich an Geschwindigkeit gewonnen hat.

Sowohl für 1D Barcodes als auch für QR Codes sollen zum Auslesen der Information aus dem Keramikspeicher die "sparsity" verwendet werden. Dabei wird die Information, dass QR-Codes aus regelmäßigen Mustern von Einsen und Nullen bestehen verwendet, um mit weniger Messaufwand als bei der Pixel-weisen Abbildung mit Kameras die Daten zu erfassen. Eine sogenannte "sparsifying function" macht aus dem herkömmlichen schlecht aufgelösten Bild des QR-Codes ein Sparsity-Bild, woraus dann mit neuronalen Netzen durchgeführtes Compressive Sensing ein Super-Resolution-Bild erstellt wird. Wir erhalten durch das hybride Framework aus Deep Learning (DL) und Compressive Sensing eine Maximierung der Speicherdichte, so wie auch durch den Einsatz des patentierten Overlapping Matrix (OLM)-Verfahrens. Weiter Ziele sind:

- Latenzreduktion (Random Access Time): Senkung der Zugriffszeit durch ein robotergestütztes System mit Leichtbau-Greifern aus Kohlenstoff-Verbundstoffen und Vakuumaktuatoren.

- Integritätsschutz (Physical Layer Security): Entwicklung eines spektroskopischen "optischen Fingerabdrucks" zur Erkennung von Manipulationen oder Fälschungen auf Hardware-Ebene.

3. Innovationsgehalt:

Software-Defined Precision:

Die Innovation liegt in der Synergie zwischen agiler Mechanik und KI-basiertem Compressive Sensing, implementiert auf einem Nvidia Jetson AGX Orin Prozessor.

- Masse-Reduktion: Substitution schwerer Hardware-Präzision durch Ultra-Lightweight-Komponenten (3D-Druck), deren Schwingungen durch Echtzeit-Algorithmen kompensiert werden.
- Super-Resolution & Computational Imaging: KI-gestütztes Compressive Sensing von QR-Codes, die unter der nativen Auflösung der Kamera liegen, spart teure Optik-Hardware.
- Prädiktive Steuerung: Ein Laser-Messverfahren berechnet Distanz und Neigung während der Anfahrt, wodurch die Fokus-Latenz faktisch auf Null sinkt.

4. Konsortium

Das Konsortium bündelt oberösterreichische Spitzenkompetenz:

- Ceramic Data Solutions GmbH (Gmunden): Pionier in der Keramik-Speichertechnologie und laserbasierten Strukturierung.
- RECENDT (Linz): Weltweit führendes Forschungszentrum für berührungslose Sensorik und Signalverarbeitung komplexer physikalischer Daten.

Fazit: Das Projekt stärkt die digitale Souveränität Oberösterreichs und Europas durch eine "Dual-Use"-Innovation, die kritische Infrastrukturen schützt und gleichzeitig eine ökologisch nachhaltige (kühlungsfreie) Alternative für globale Rechenzentren bietet.

Abstract

1. Motivation and starting point

The project addresses the problem of the energetic and physical limitations of conventional storage media (HDD/tape) in the face of exponential rising data volumes. These are susceptible to bit manipulation and cyber risks such as electromagnetic pulses (EMP). Cerabyte (Ceramic Data Solutions GmbH) uses ceramic nanolayers on glass data carriers to create an unalterable archiving system with virtually unlimited service life and resistance to environmental influences.

The aim is to massively reduce latency times when accessing the individual sheets of a cartridge and to increase data density. This appears feasible thanks to new research results from AI-supported compressive sensing.

2. Project objectives and solution approaches

Compressive sensing (CS) is one of the most influential discoveries of recent decades, which has gained considerable momentum in recent years thanks to advances in artificial intelligence, particularly in neural networks.

For both 1D barcodes and QR codes, sparsity is to be used to read the information from the ceramic memory. The information that QR codes consist of regular patterns of ones and zeros is used to capture the data with less measurement effort than pixel-by-pixel imaging with cameras. A so-called "sparsifying function" converts the conventional low-resolution image of the QR code into a sparsity image, from which a super-resolution image is then created using compressive sensing performed by neural networks. The hybrid framework of deep learning (DL) and compressive sensing maximizes storage

density, also through the use of the patented overlapping matrix (OLM) method. Further goals are:

- Latency reduction (random access time): Reducing access time through a robot-assisted system with lightweight grippers made of carbon composites and vacuum actuators.
- Integrity protection (physical layer security): Development of a spectroscopic “optical fingerprint” to detect tampering or counterfeiting at the hardware level.

3. Innovative content:

Software-defined precision

The innovation lies in the synergy between agile mechanics and AI-based compressive sensing, implemented on an Nvidia Jetson AGX Orin processor.

- Mass reduction: Substitution of heavy precision hardware with ultra-lightweight components (3D printing), whose vibrations are compensated by real-time algorithms.
- Super-resolution & computational imaging: AI-supported compressive sensing of QR codes that are below the native resolution of the camera saves on expensive optical hardware.
- Predictive control: A laser measurement process calculates distance and tilt during approach, effectively reducing focus latency to zero.

4. Consortium

The consortium brings together top expertise from Upper Austria:

- Ceramic Data Solutions GmbH (Gmunden): Pioneer in ceramic storage technology and laser-based structuring.
- RECENDT (Linz): World-leading research center for contactless sensor technology and signal processing of complex physical data.

Conclusion: The project strengthens the digital sovereignty of Upper Austria and Europe through a “dual-use” innovation that protects critical infrastructures while offering an ecologically sustainable (cooling-free) alternative for global data centers.

Projektkoordinator

- Research Center for Non Destructive Testing GmbH

Projektpartner

- Ceramic Data Solutions GmbH