

End-to-End-Datenanalyse anhand künstlicher Intelligenz im DZA

Sagar Borra

Faical Ait Benkhali

Wissenschaftliche Ausrichtung des DZA



Astrophysik

Von der Radioastronomie mit dem Square Kilometre Array Observatory (SKAO) bis hin zur Gravitationswellenastronomie mit dem Einstein-Teleskop



Technologieentwicklung

Zentrum für Entwicklungen zukünftiger astronomischer Experimente und als Entwicklungslabor für die Industrie



Datenwissenschaften

Verarbeitung riesiger Mengen astrophysikalischer Daten aus aller Welt bis hin zu innovativer KI-basierter und intelligenter grüner Datenverarbeitung

Zentrum für Innovation & Technologietransfer (ZIT)

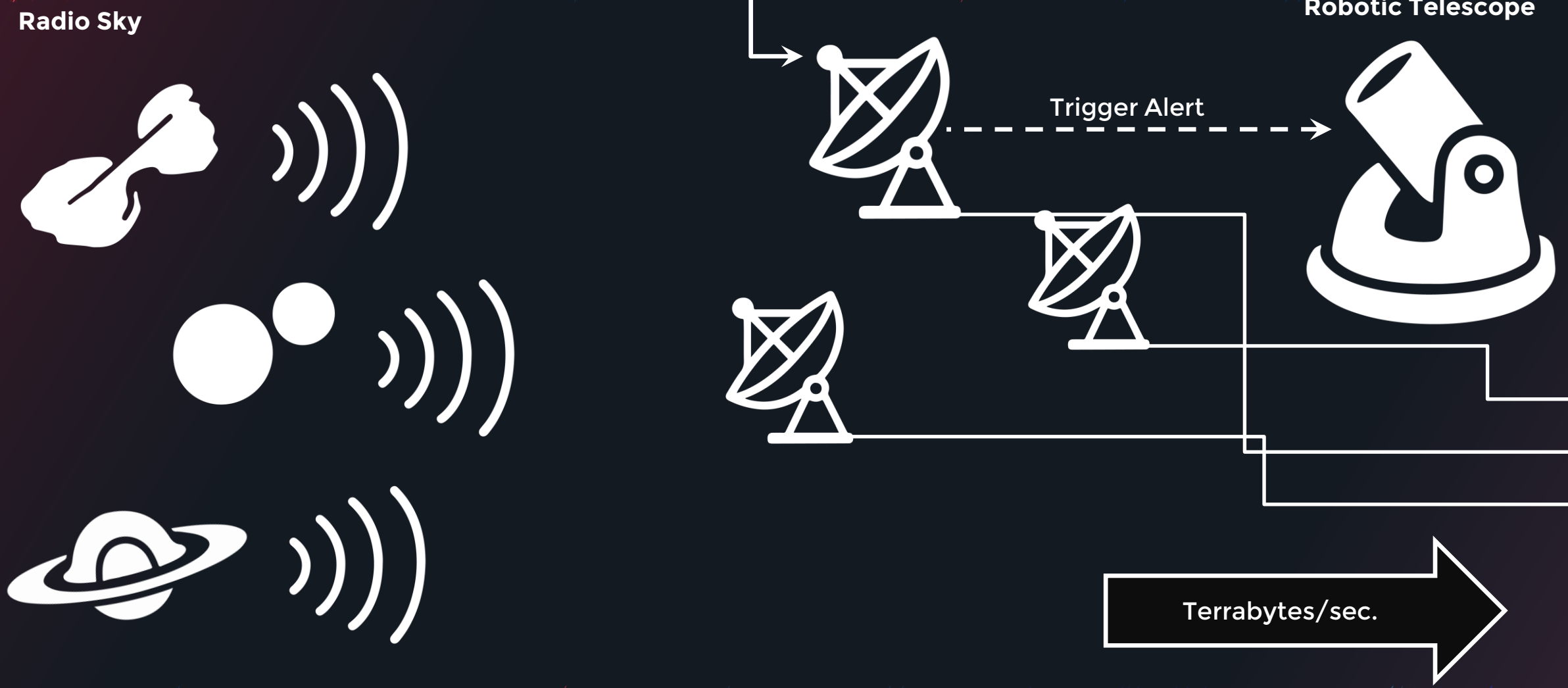
Transformationsforschung

Digitale Intelligenz

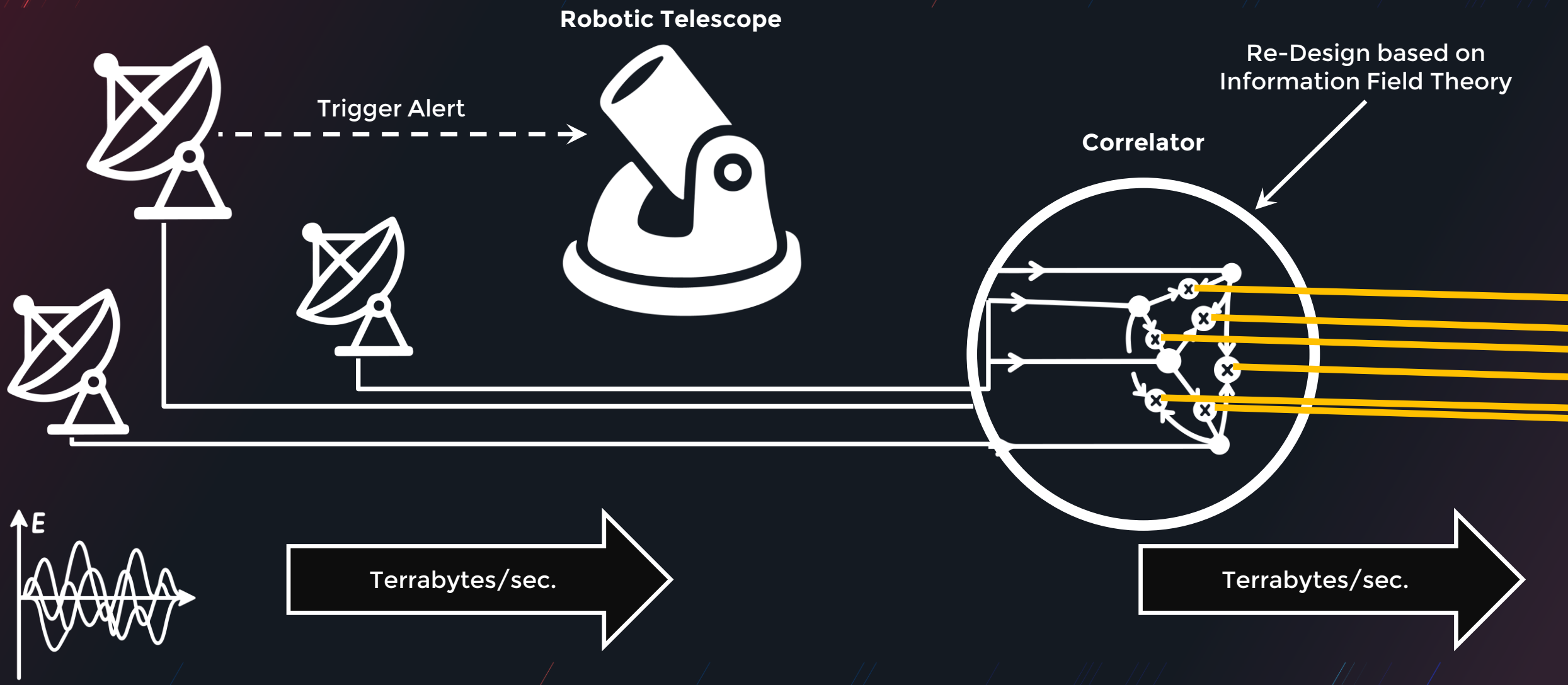


Sagar Borra, Faical Ait Benkhali, *Spreetal, 15/10/2026*

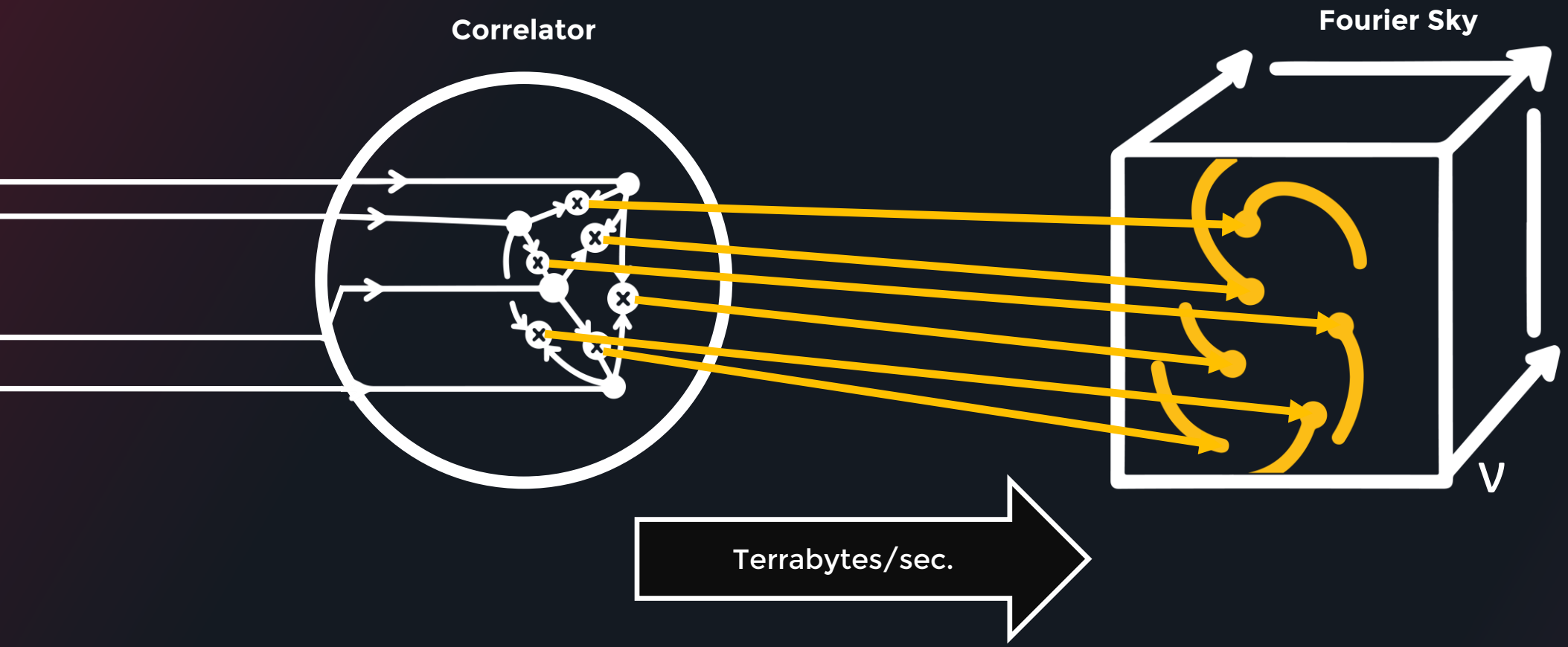
Digitale Intelligenz



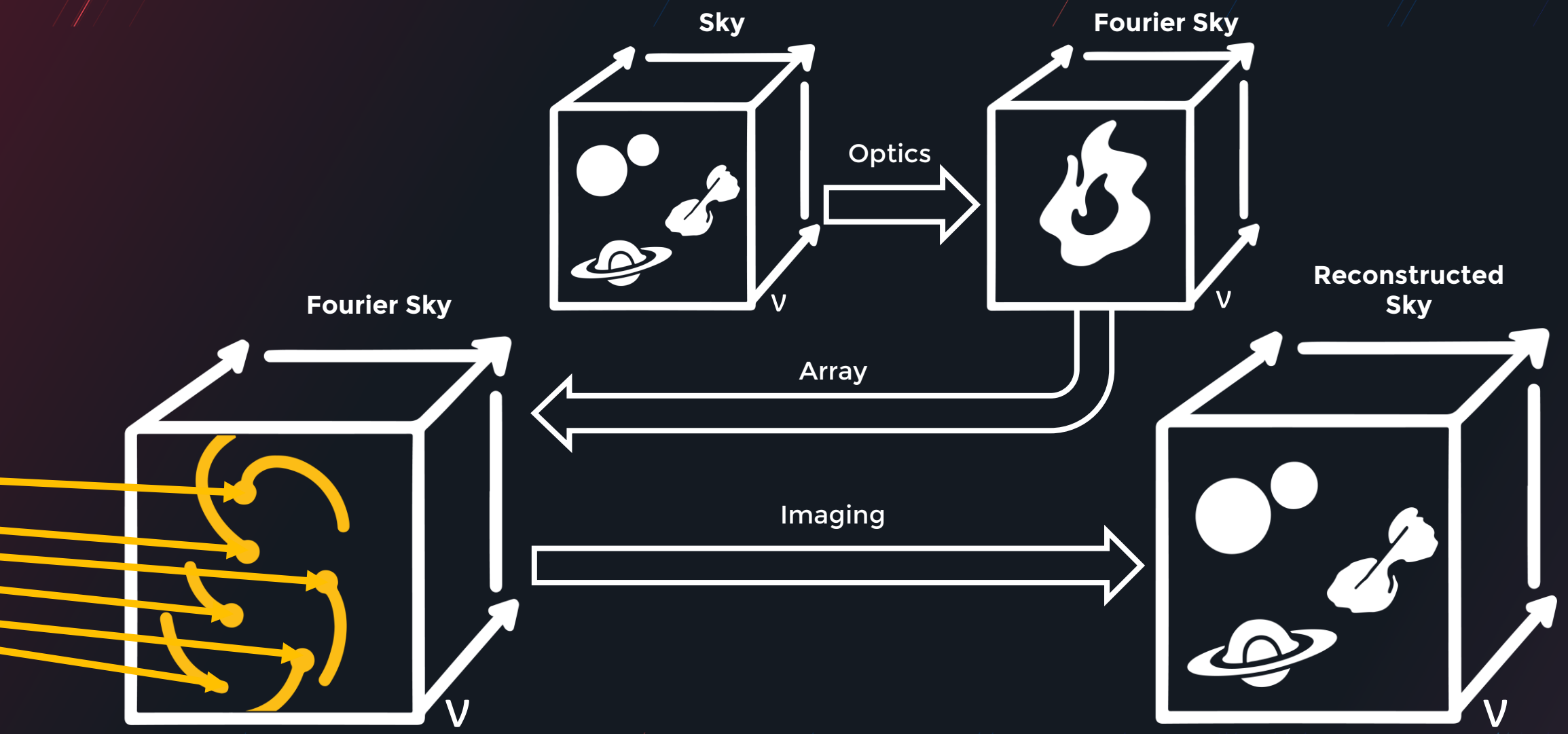
Digitale Intelligenz



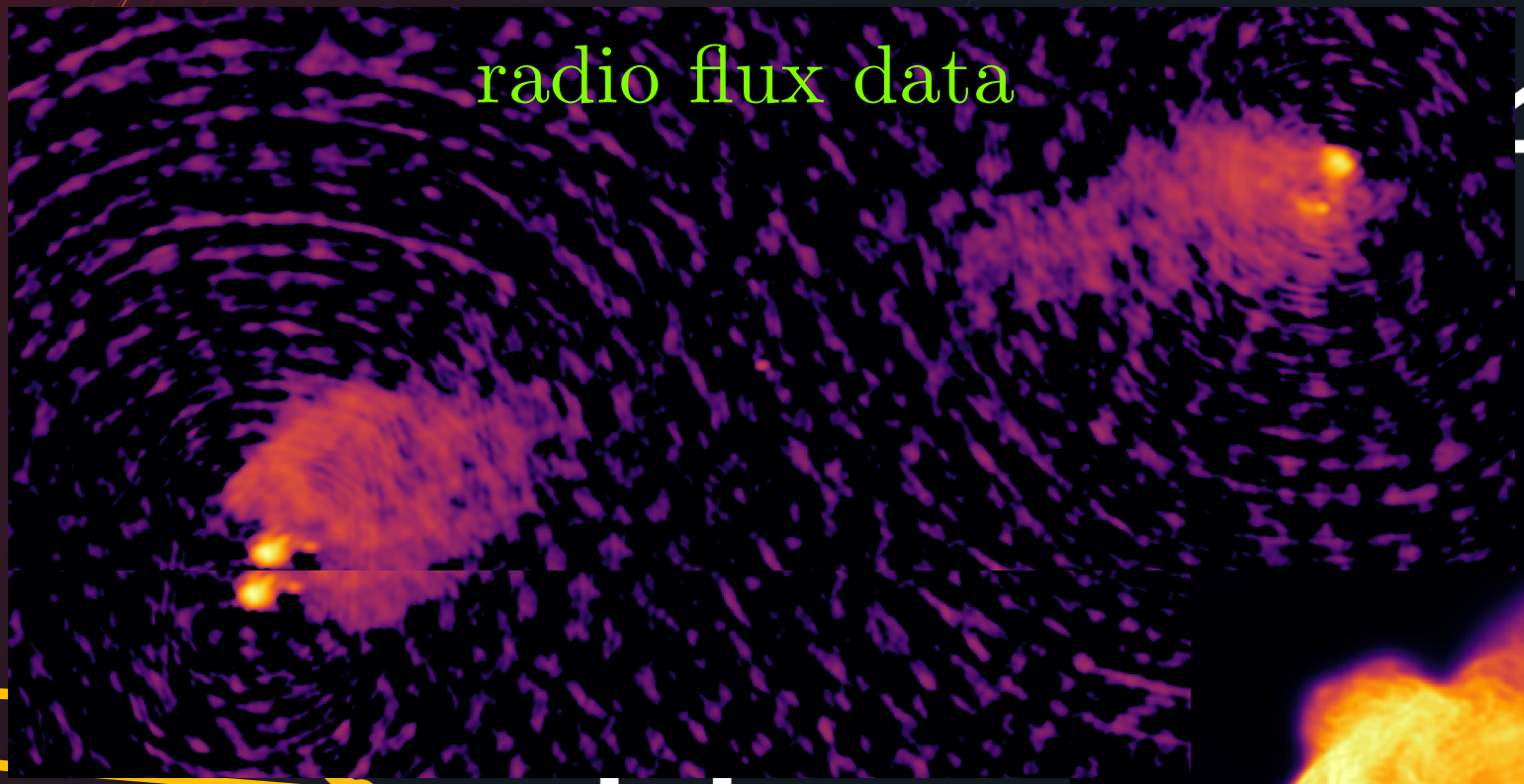
Digitale Intelligenz

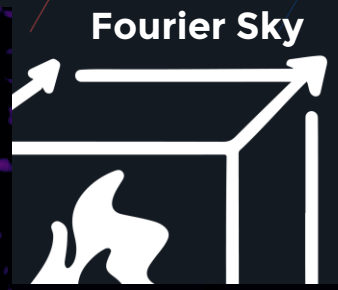


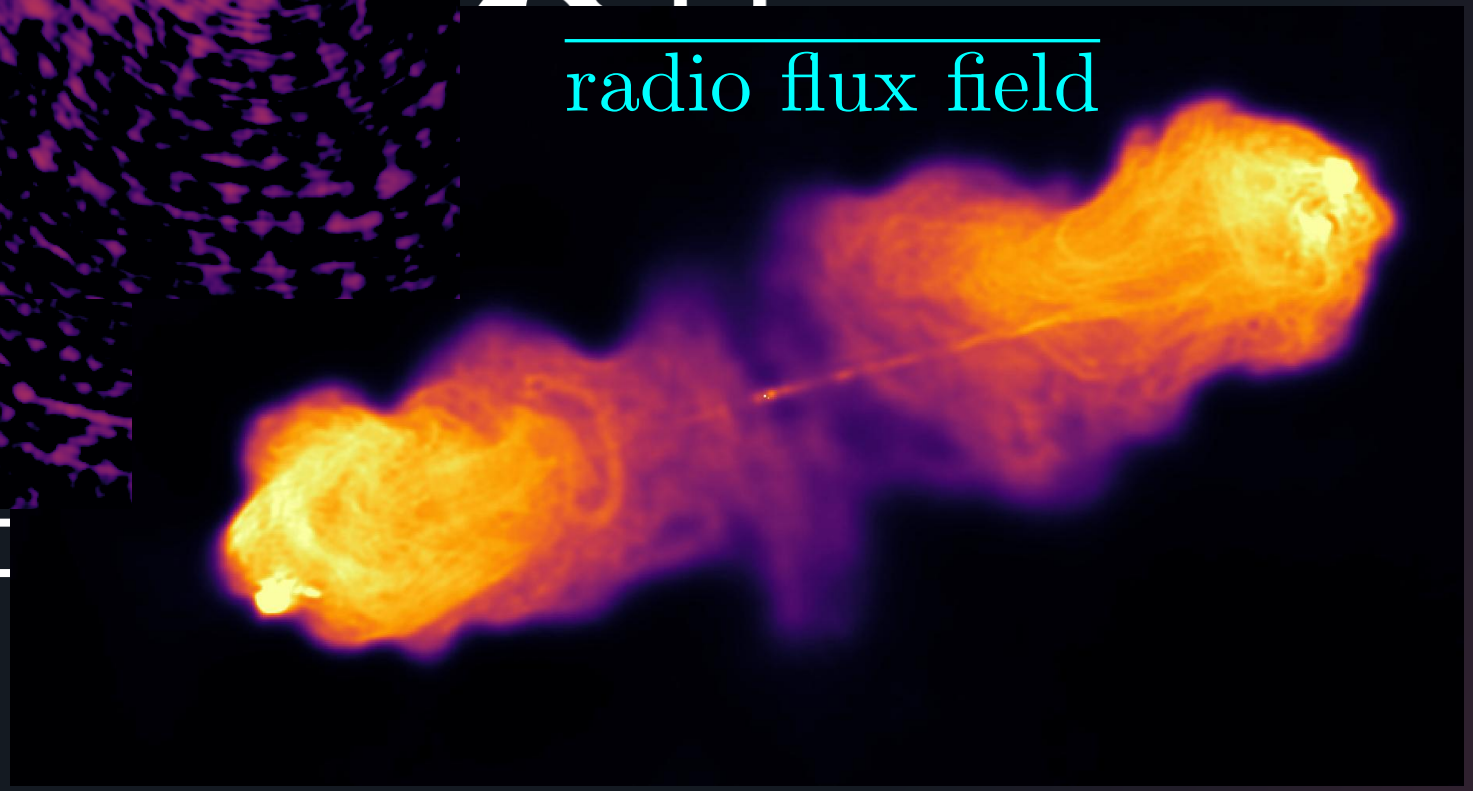
Digitale Intelligenz



Digitale Intelligenz



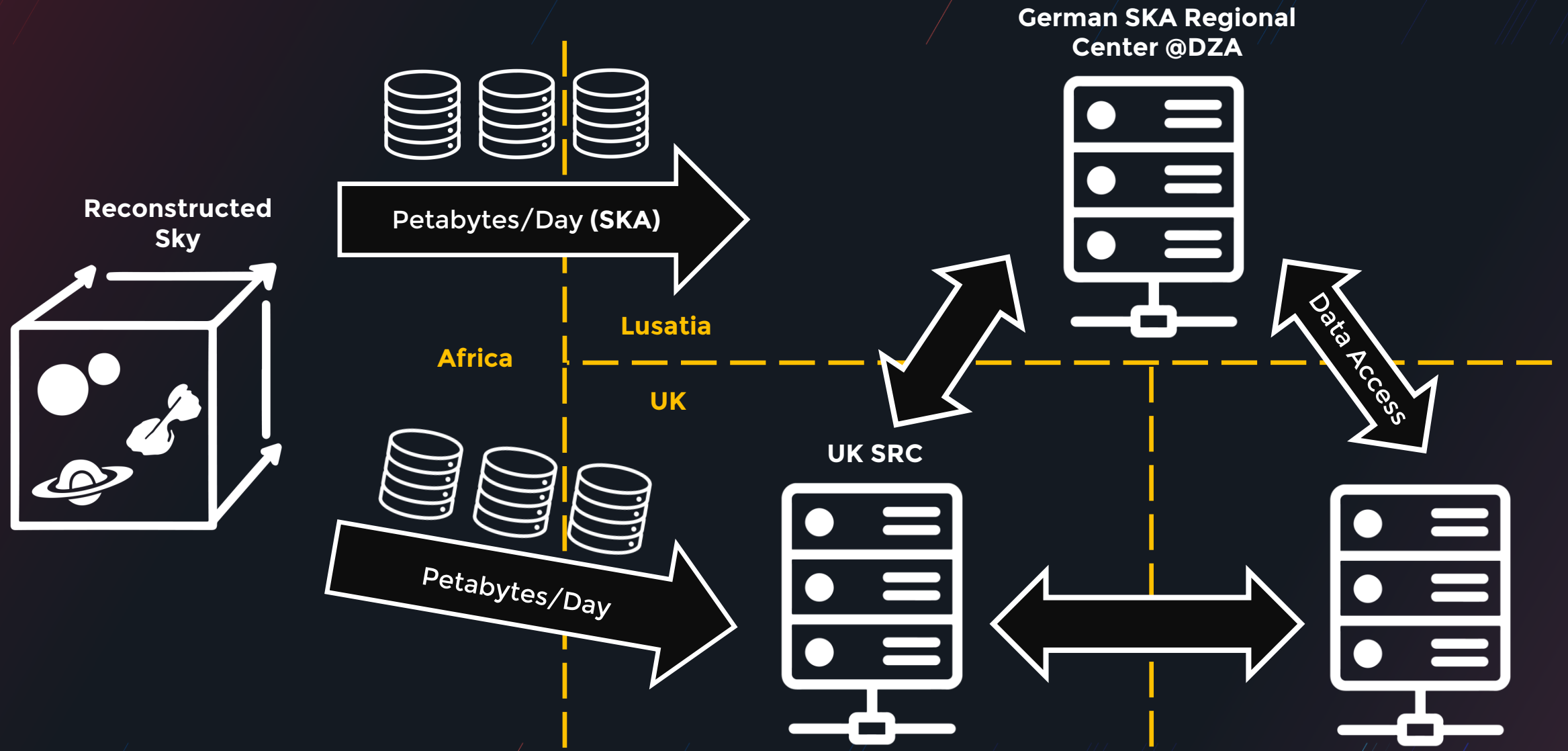




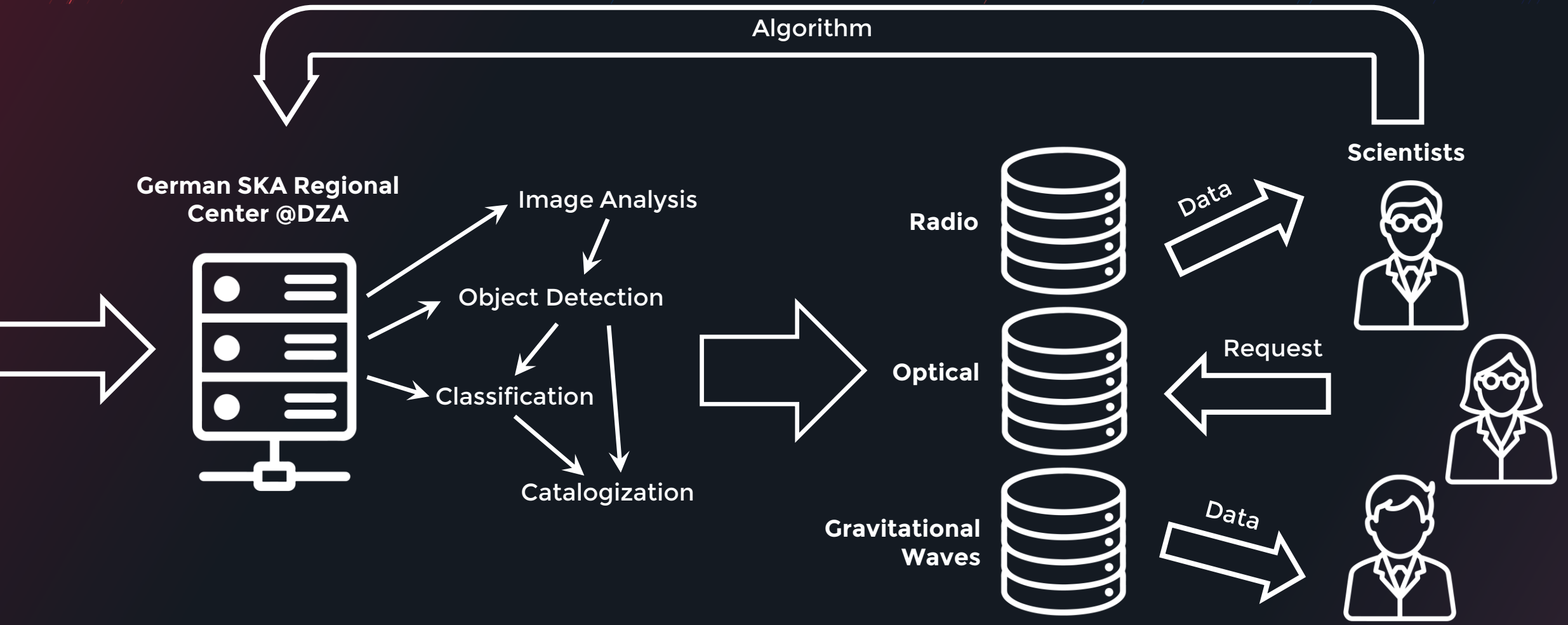


Roth et al. (2023)

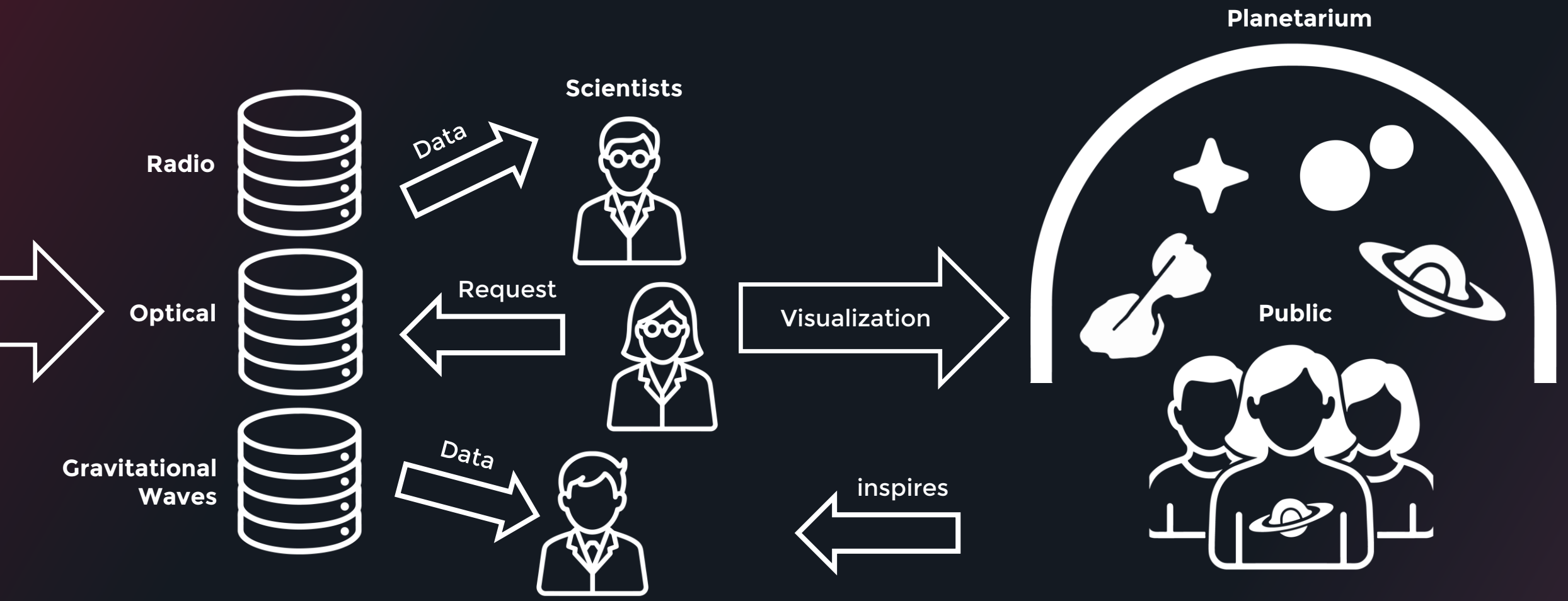
Digitale Intelligenz



Digitale Intelligenz



Digitale Intelligenz



Datenwissenschaften am DZA – Hardwareübersicht



Band Speicher



CPU-Cluster
„Barnard“



Disk Speicher

- 10 PB Band Speicher
- 10 PB Disk Speicher (Lustre)
- 2.496 CPUs (21.864.960 CPU h/y)
- 60 GPUs (525.600 GPU h/y)
- 48 TB RAM Shared Memory
- Weitere Hardware in Beschaffung (FPGA’s, ...)



GPU-Cluster „Capella“



Shared Memory
System „Julia“



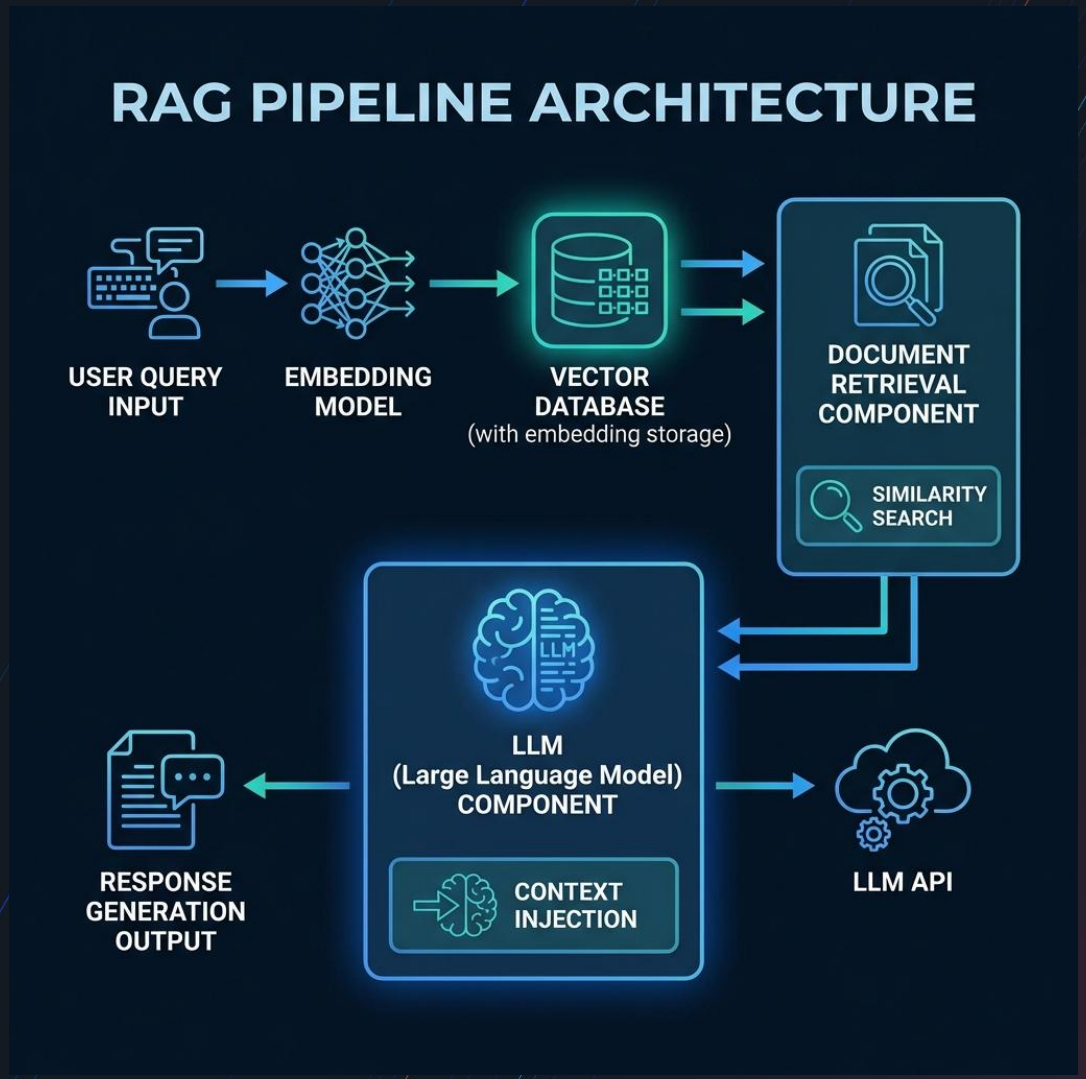
MeerKAT: Das Radioteleskop im Überblick

- **MeerKAT** ist ein Vorläufer des Square Kilometre Array (SKA)
- **Standort**: Karoo, Südafrika
- **64 Antennen**: Je 13,5 m Durchmesser, bis zu 8 km voneinander entfernt
- **Ausdehnung**: Maximale Entfernung zwischen zwei Antennen: 8 km
- **Signalverarbeitung**: Rund 2.000 Antennenpaare kombinieren Radiosignale zu astronomischen Bildern.
- **Frequenzbereiche**: 580 MHz - 3.5 GHz.
- **Wissenschaft**: Erforschung von Galaxien, Pulsaren, der Milchstraße etc.
- **Infrastructure**: Umfangreiche Sensorik, Betriebsdaten & Documentation (150K+ Sensoren)



RAG (Retrieval-Augmented Generation)

- Erweitert LLM durch den Abruf relevanter Infos aus externen Wissensquellen.
- Frage → Suche → Kontext → Sprachmodell → Antwort mit Quellen
- **Suche**: Relevante Informationen werden aus Dokumenten abgerufen.
- **Kontext**: Die gefundenen Textpassagen werden dem LLM bereitgestellt.
- **Generierung**: LLM formuliert eine Antwort auf Grundlage der gefundenen Informationen.
- **Quellen**: Fundstellen ermöglichen es, die Antwort nachzuvollziehen.
- Vorteil: KI nutzt projektspezifisches Wissen ohne zusätzliches Modelltraining.
- **Wichtig**: RAG verbessert die Wissensgrundlage, garantiert aber keine korrekten Antworten.



Die Datenflut: Wissen zuverlässig finden

- MeerKAT erzeugt umfangreiche wissenschaftliche Daten und technische Dokumentation.
- **Dokumente**: Handbücher, Datenblätter, Betriebsprotokolle und Wartungsberichte.
- **Formate**: Texte, Tabellen, Diagramme und technische Abbildungen.
- **Herausforderung**: Informationen sind über viele Dokumente verteilt.
- **Präzision**: Zahlen, Einheiten und technische Randbedingungen müssen korrekt sein.



Die zentrale Frage: Wie finden Operateure, Ingenieure und Wissenschaftler schnell die richtige Information, mit überprüfbaren Belegen aus der Originalquelle?

Ansatz: MeerKAT-RAG verbindet Sprachmodelle mit gezielter Suche und systematischer Verifikation.

Warum generische KI-Systeme nicht ausreichen

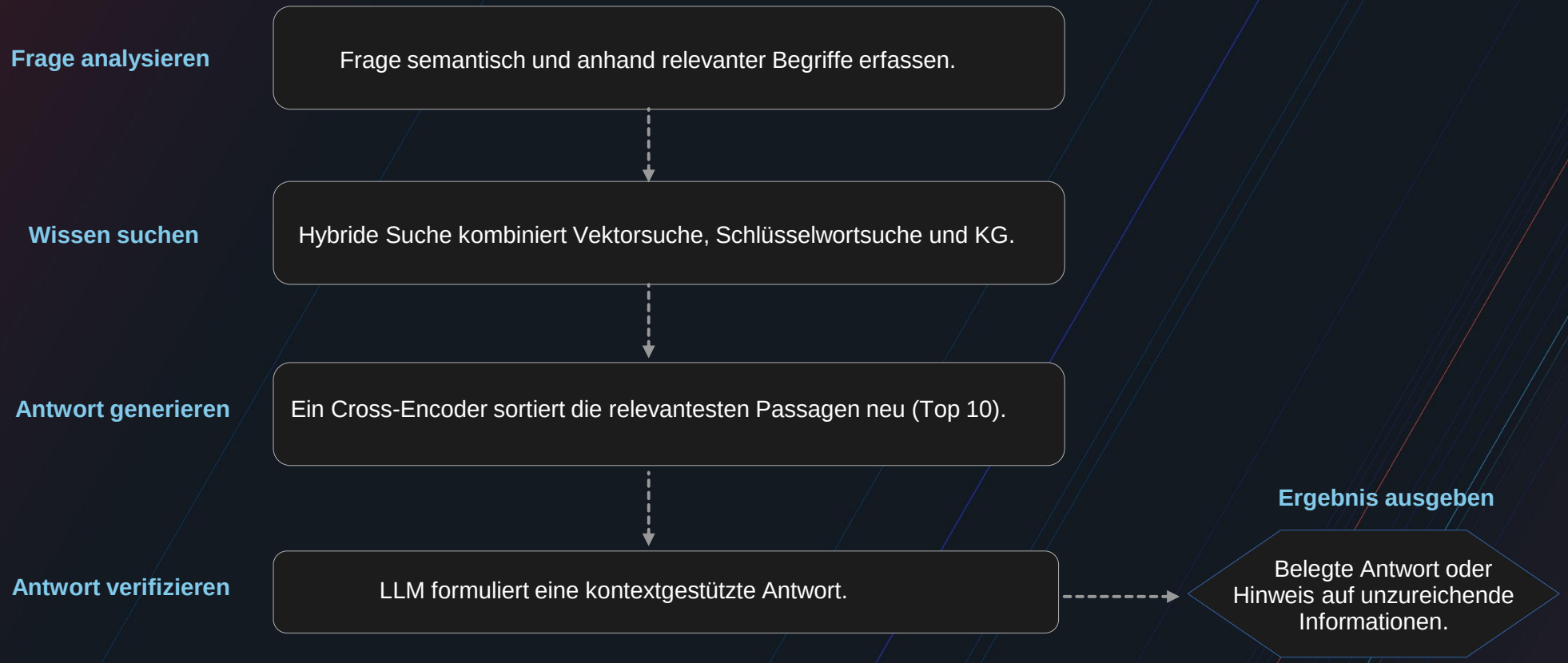
Herausforderung	Risiko
Komplexe Tabellen/PDFs	Zahlen und Einheiten werden falsch zugeordnet (etwa MHz und mHz).
Halluzinationen	Die KI ergänzt unbelegte Angaben.
Unpassende Suchtreffer	Relevante Informationen werden übersehen.
Fehlende Quellenprüfung	Zitate stützen die Antwort möglicherweise nicht.
Fehlende Evaluation	Die tatsächliche Zuverlässigkeit bleibt unklar.



Das Grundproblem: Eine überzeugende Antwort ist nicht automatisch richtig.

Was benötigt wird: Ein System, das Informationen findet, Antworten prüft und unbelegte Aussagen erkennt.

MeerKAT-RAG – von der Frage zur verifizierten Antwort



Kernprinzip: MeerKAT-RAG kombiniert flexible KI mit belegbaren Quellen und systematischer Verifikation, um Fehler zu reduzieren – ohne Fehlerfreiheit zu garantieren.

Das Problem: Wenn Beobachtungszeit zum knappen Gut wird

Beobachtungszeit an Großteleskopen wie MeerKAT, ALMA und JWST etc. ist begrenzt.

→ Welche Forschungsprojekte erhalten Zugang?

- **Anträge**: Forschende reichen wissenschaftliche Beobachtungsprojekte (Proposals) ein.
- **Begutachtung**: Time Allocation Committees (TACs) bewerten die eingereichten Projekte.
- **Kriterien**: Wissenschaftlicher Wert, technische Machbarkeit und methodische Qualität.
- **Herausforderung**: Anträge lesen, Aussagen prüfen, Literatur recherchieren und Projekte vergleichen kostet Zeit.

Was wird benötigt? Eine Intelligente Unterstützung für die Begutachtung, ohne die menschliche Entscheidungshoheit zu ersetzen.



MARS : Multi Agent Review System

Mehrere spezialisierte KI-Agenten analysieren wissenschaftliche Anträge aus unterschiedlichen Perspektiven.

Drei Agentic Fachanalysten

Wissenschaftlicher Agent: Relevanz & Neuartigkeit der Forschungsfrage.

Technischer Agent: Machbarkeit, Instrument und Beobachtungszeit.

Methodischer Agent: Qualität & Robustheit der geplanten Verfahren.

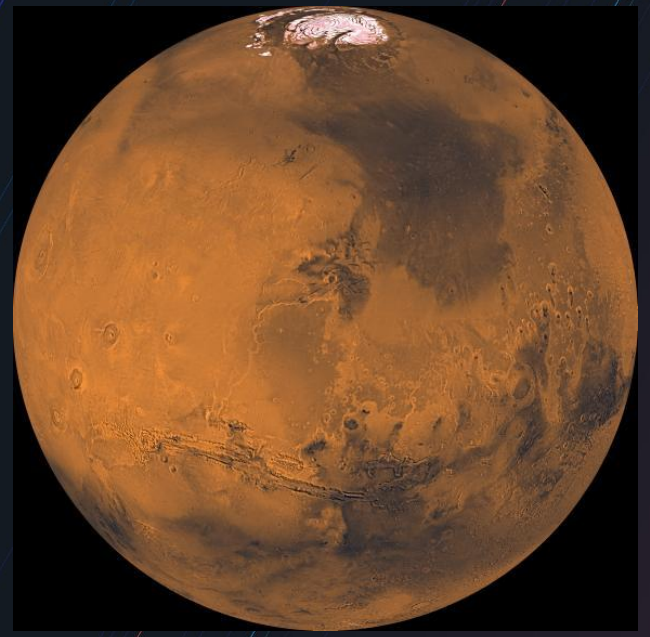
Kritische Prüfung und Zusammenführung

Kritischer Agent: Erkennt Widersprüche, Schwachstellen & fehlende Belege.

Konsensbildung: Führt die Ergebnisse nach festgelegten Regeln zusammen.

Ergebnis

Eine strukturierte Empfehlung mit Begründungen, Belegen & ausgewiesenen Unsicherheiten



Detektorforschung, Deutsches Zentrum für Astrophysik

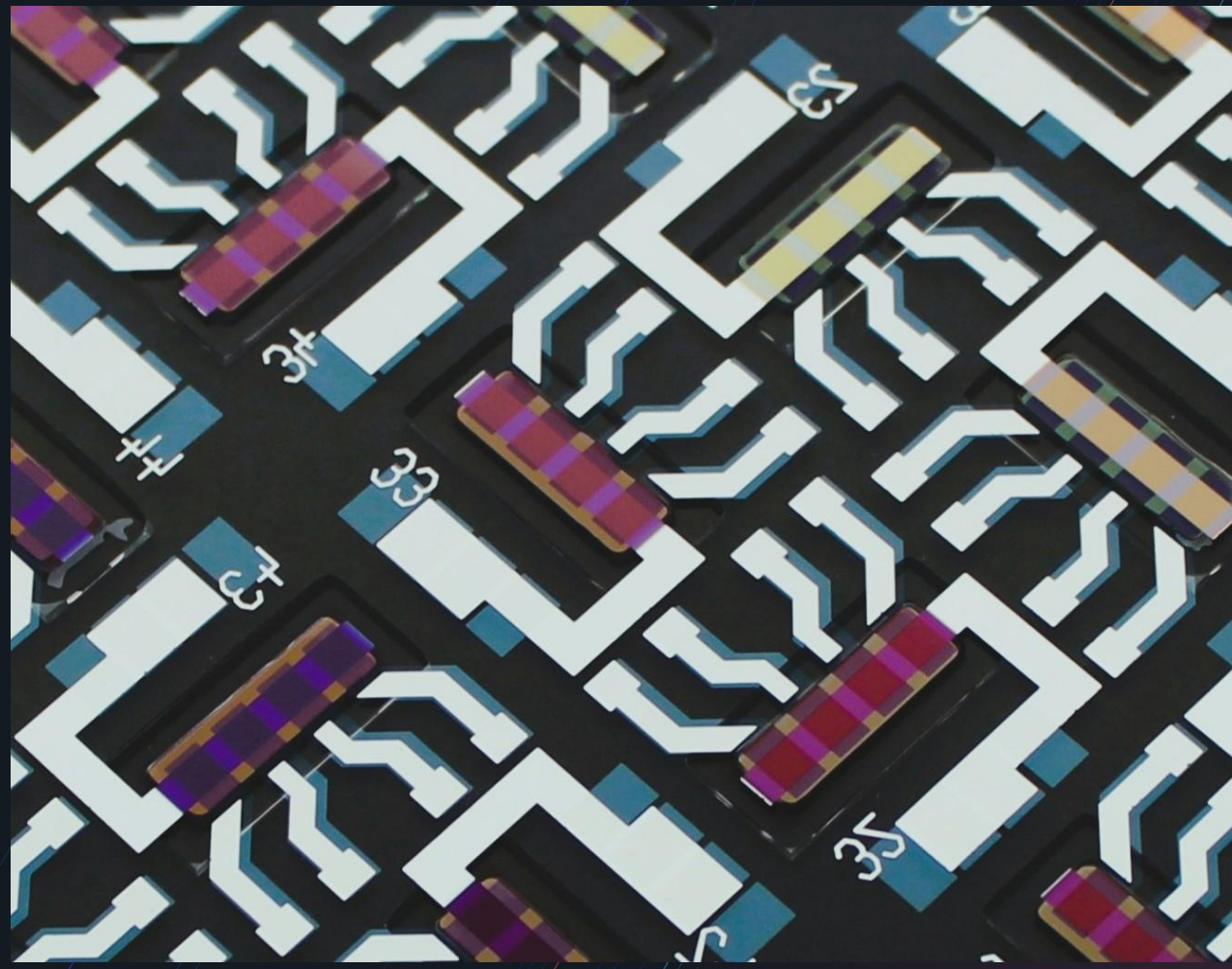
Messroboter für optoelektronische Messungen

Sagar Borra, Faical Ait Benkhali, *Spreetal, 15/10/2026*

Anforderungen an den Roboter

Automatisierte Messung von Photodetektoren

- Charakterisierung eines gesamten Wafer
  - 36 Geräte, je 4 Pixel
  - Normalerweise Dioden (zwei Kontakte)
- Sensitive elektrische Messung
  - AC und DC
  - 10 fA bis 1 mA
- Optische Messungen
  - Monochromatisches Licht
  - Weißes Licht



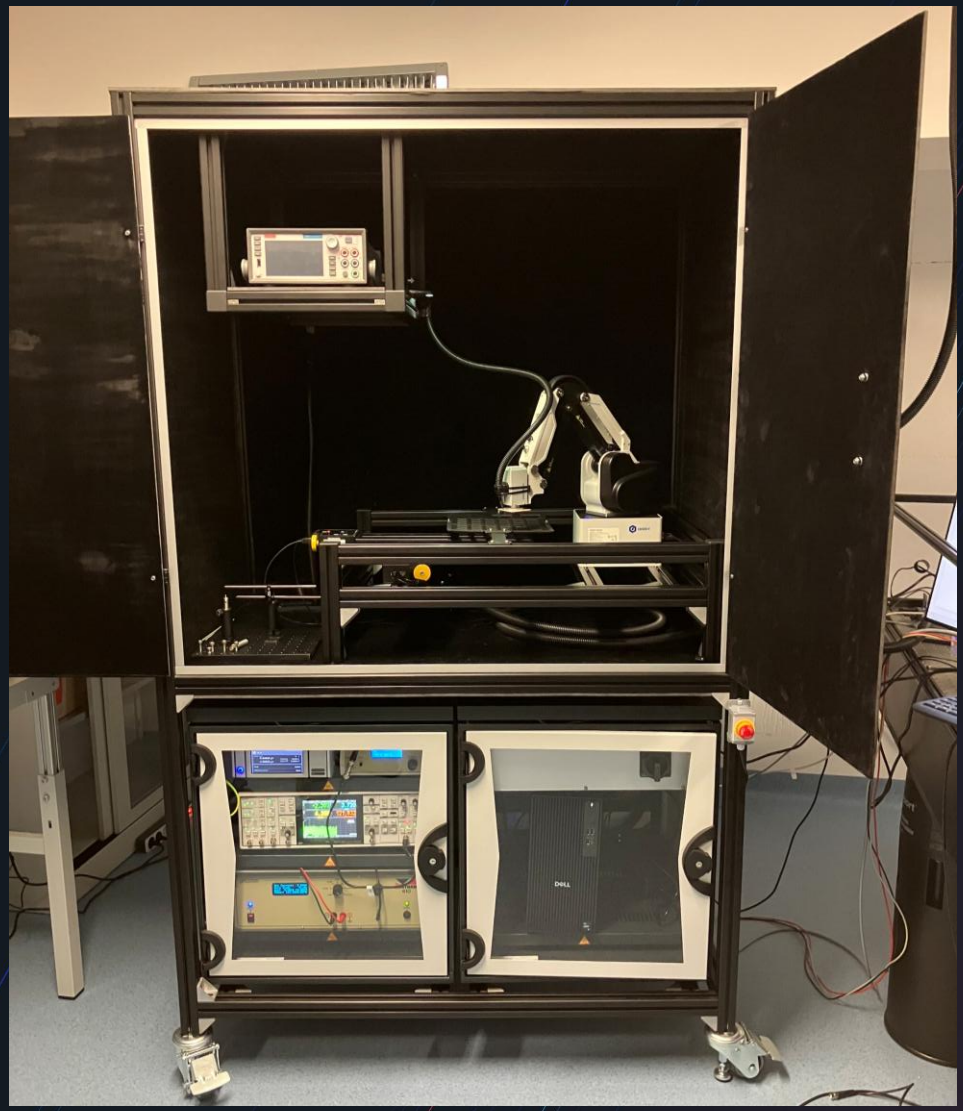
Messroboter

- Vereinigung von 12 Geräteklassen

- 9 Messgeräte
  - SMU, Monochromator, Lampensteuerung, Impedanz Spektrometer, ..

- 3 verfahrbare Aktuatoren
  - Roboterarm zur Kontaktierung der Proben
  - x-y motorisierte Linearachsen

- 1 Software
  - SweepMe! (basiert auf Python)
  - Simultane Steuerung der Aktuatoren und Aufnahme von Messdaten



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:
www.deutscheszentrumastrophysik.de

