

FIGARO* - Fernerkundung im Gigabit-Netz Automatische Rekonstruktion von Oberflächen

Einleitung

Im Anwendungsprojekt FIGARO sollten digitale Fernerkundungsdaten mit einem flugzeuggetragenen hochauflösenden Stereosensor erfasst, die Rohdaten aufbereitet und verschiedenen Nutzern zur Verfügung gestellt werden. Der bei der Bearbeitung anfallende sehr hohe Zeit-, Rechen- und Speicheraufwand sollte so verteilt und minimiert werden, dass ein kurzfristiger Einsatz der Daten für Anwendungen mit sehr kurzer Vorlaufzeit möglich wird (z.B. Katastrophenschutz, Umweltmanagement).

Durch die Kooperation der Technischen Universität Berlin (TUB) mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Berlin wurde die Bearbeitung und Bereitstellung dieser umfangreichen Fernerkundungsdaten über das Gigabit-Hochleistungsnetz GTB-Süd/Berlin konzeptionell erarbeitet und netzwerktechnisch realisiert.

Kamerakzept

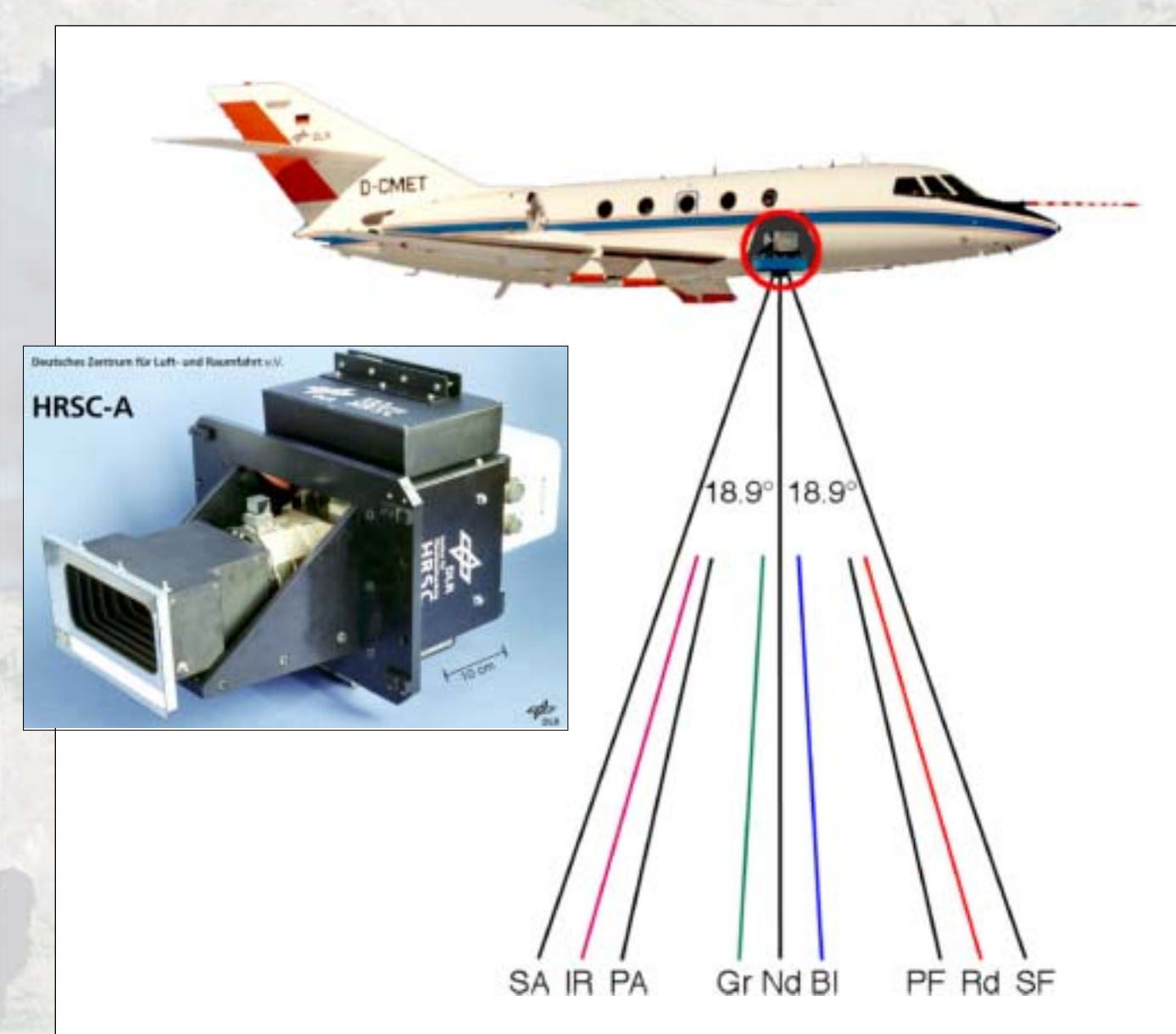


Abb. 1: Aufnahmeprinzip der High Resolution Stereo Camera - Airborne (HRSC-A).

Client-Server Modell

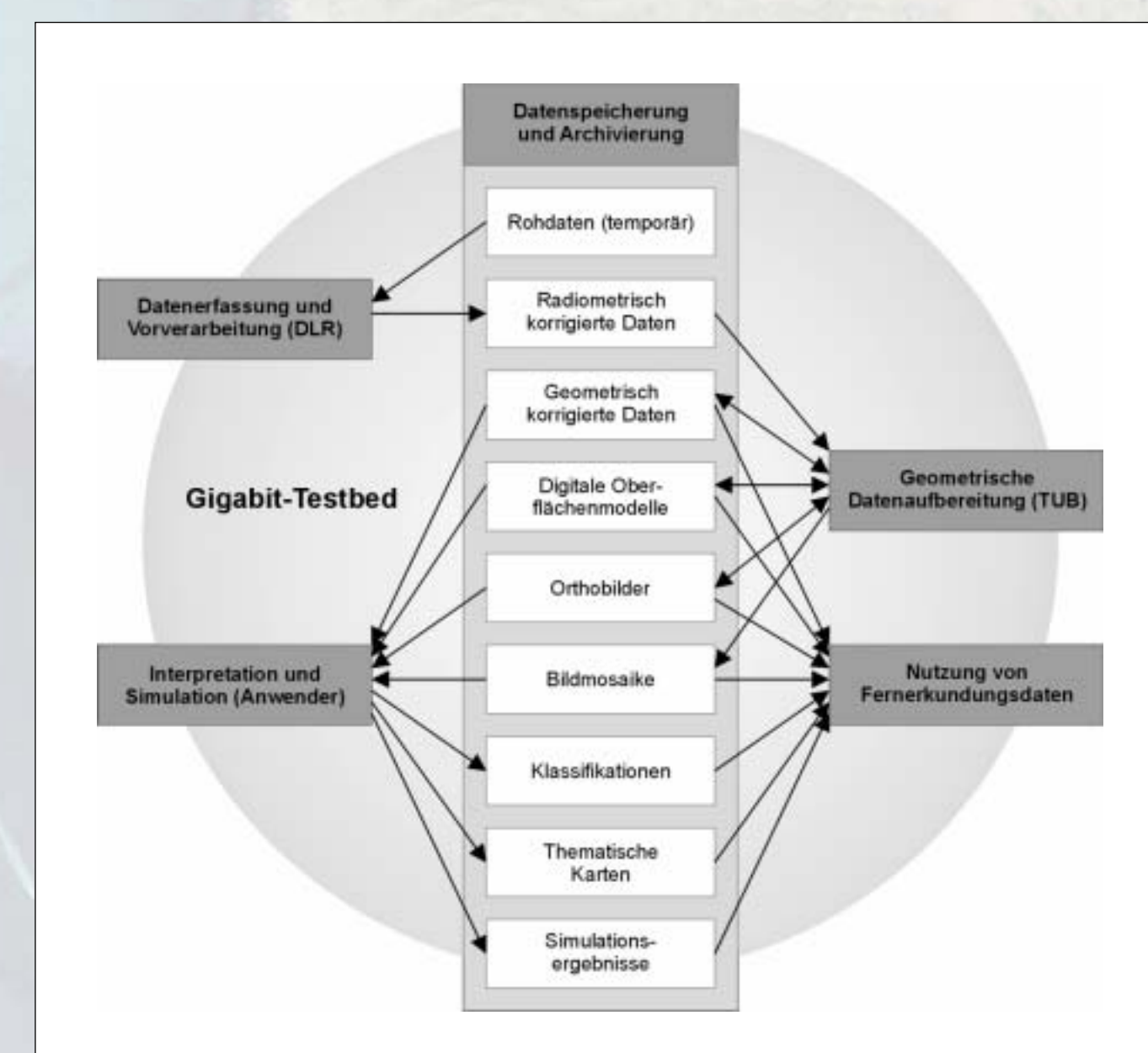


Abb. 2: Datenfluss zwischen den Kompetenzzentren.

* FIGARO ist ein Gemeinschaftsprojekt der TU Berlin mit dem DLR. Das Vorhaben wurde vom Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes e.V. (DFN) unter dem Kennzeichen TK 602 NT 113.1/2 mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Daten-Prozessierung

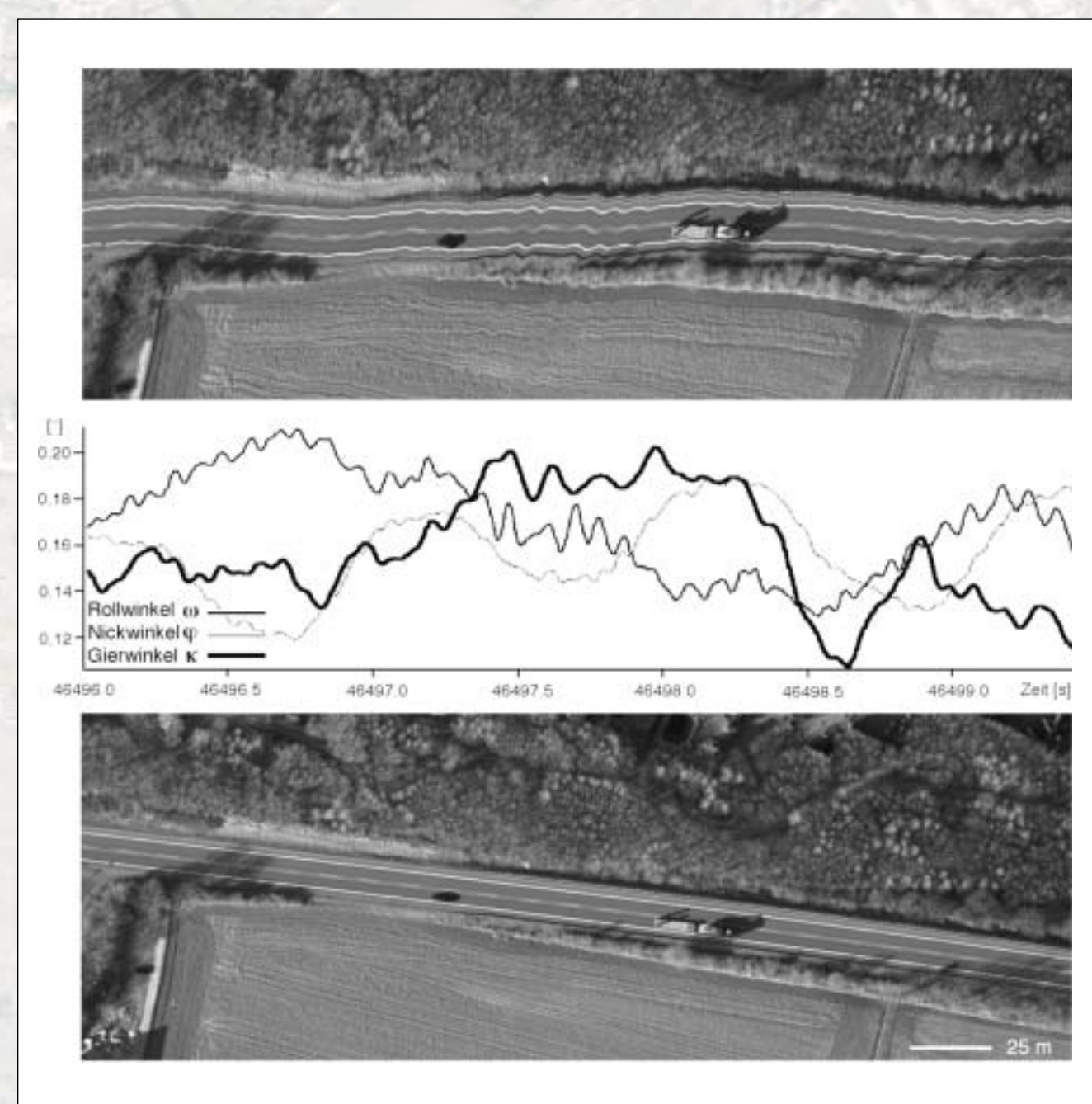


Abb. 3: Geometrische Fluglagekorrektur mit GPS/INS.

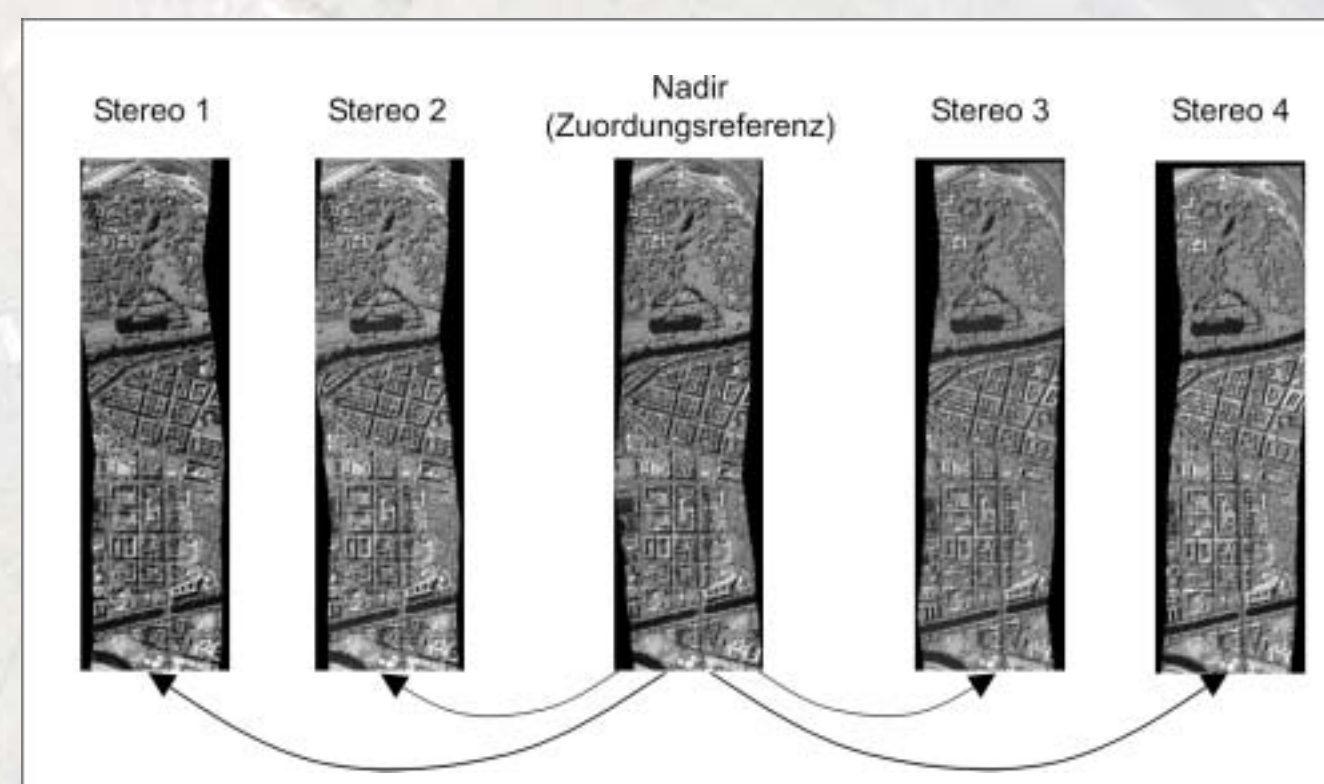


Abb. 4: Bildzuordnung der Stereokanäle (Matching).



Abb. 5: Grauwertkodiertes Digitales Oberflächenmodell von Berlin-Tiergarten.

Kommunikationsbedarf

Daten	Level	Bemerkungen	Streifen (in GB)	Gesamt (in GB)
Rohdaten	1	Nadir 15 x 12 cm ² 4 x Stereo 30 x 12 cm ² 4 x Farbe 60 x 12 cm ²	0,85 1,70 0,85	100
Vorverarbeitung	2	s.o.	s.o.	100
Geometrische Korrektur	3	5 x Stereo 40 x 40 cm ² Fluglageparameter	5 x 0,12 0,6 0,3	25
Bildzuordnung	4a	ASCII-Punktlisten (Level 3 und Level 2)	11 11	325 325
Objektpunktberechnung		30 Prozent verworfen wegen Strahlenschnitt	5	150
Digitales Oberflächenmodell		1m Raster, 16bit	-	1
Orthobilder	4b	Nadir 0,15 m 4 x Farbe 0,30 m	0,75 0,65	22 20
Mosaikbildung	4c	Nadir 4 x Farbe	- 4 x 0,1	- 12 12
				1.092

Tab. 1: Anfallende Datenmengen bei den Zwischen- bzw. Endergebnissen.

Netz-Infrastruktur



Abb. 6: Knotenpunkte des Gigabit-Testbed (GTB).

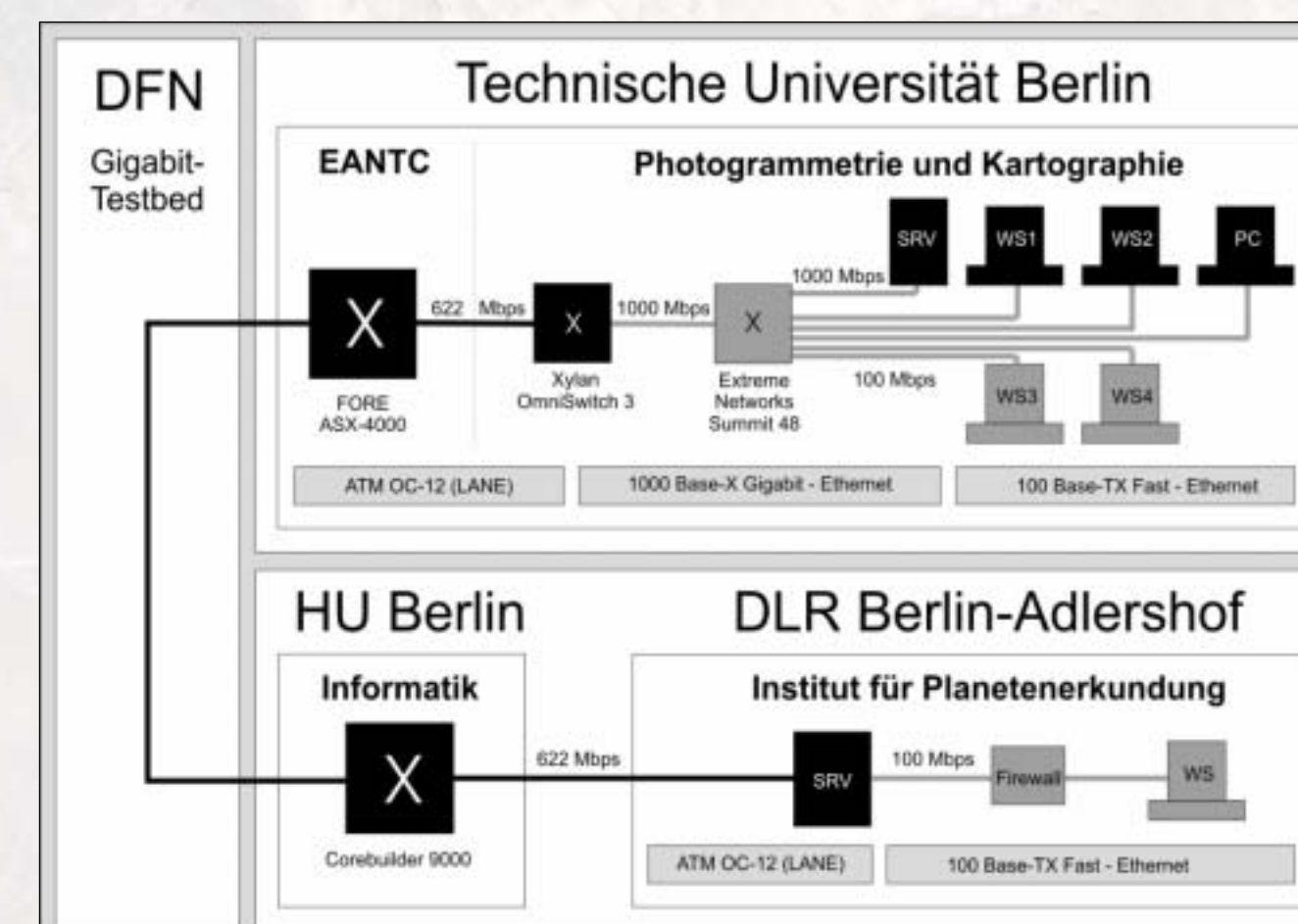


Abb. 7: End-zu-End-Netzverbindung zwischen den Projektteilnehmern TUB und DLR.

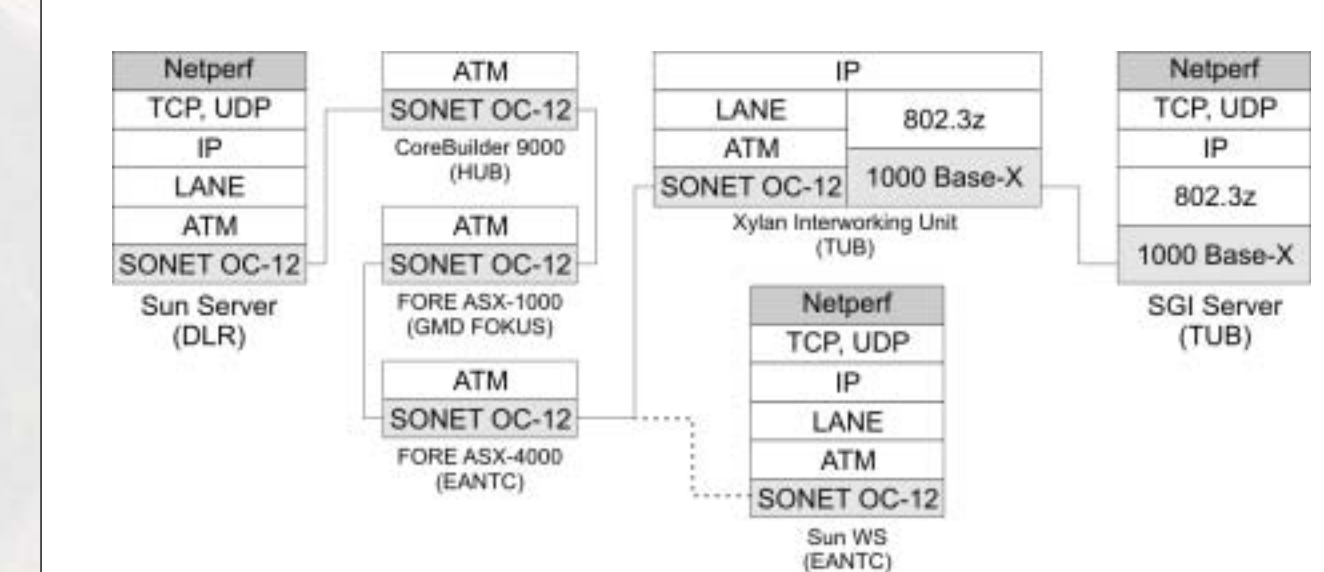


Abb. 8: Schichtmodell der Netzwerkprotokolle.

Technische Realisierung

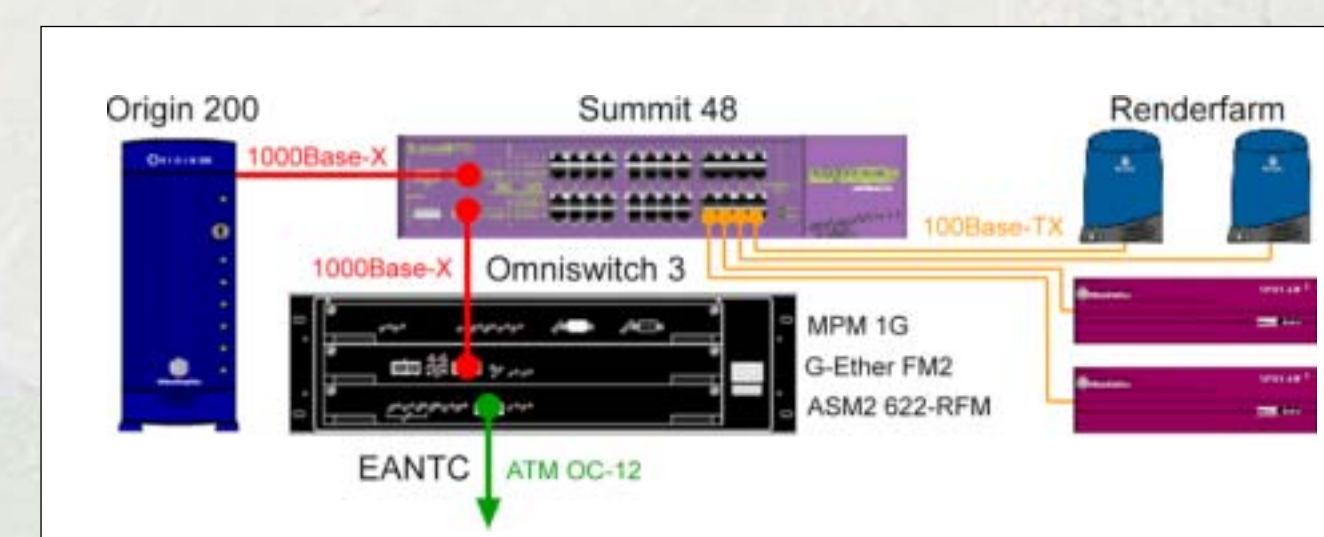


Abb. 9: Netzknote an der TUB mit der Umsetzung von Gigabit-Ethernet nach ATM OC-12.



Abb. 10: Installation der aktiven Netzkomponenten (links) und des Kommunikationsservers (rechts).

Anwendungs-Beispiele



Abb. 11: Animation eines simulierten Überfluges der Insel Vulcano (Italien).



Abb. 12: 3D-Stadtmodell von Berlin-Adlershof.

Zusammenfassung

Der Fernerkundungssensor HRSC-A hat sich seit einigen Jahren im praktischen Einsatz bewährt. Dank einer standardisierten Prozessierungskette können die hochauflösenden digitalen Fernerkundungsdaten weitgehend automatisch bearbeitet werden. Durch die Erfahrungen im Projekt FIGARO konnte der Datenfluss wesentlich optimiert werden. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass die Zusammenarbeit räumlich und fachlich getrennter Expertengruppen möglich ist, so dass Ergebnisse schnell und flexibel einer Nutzergemeinde zugute kommen können.

Aus kommunikationstechnischer Sicht lag die Geschwindigkeit der Endgeräte mit ATM- bzw. Gigabit-Interface und die Übertragungskapazität auf den ATM- bzw. Gigabit-Teilstrecken im Bereich der Erwartungen. Leider bildete der ATM/Gigabit-Umsetzer einen signifikanten Flaschenhals. Das Software-Routing erlaubte trotz verschiedenster Konfigurationseinstellungen kaum mehr als 200 Mbit/s. Dennoch konnte die verteilte Prozessierung von Fernerkundungsdaten in einem angemessenen Zeitraum erfolgreich realisiert werden.

Eine Steigerung der Netzwerkleistung hätte jedoch wohl schon bald andere Engpässe deutlich gemacht, insbesondere im Bereich der verfügbaren lokalen I/O-Leistung. Einige Untersuchungen im Projekt haben gezeigt, dass mit direkter Low-level-Kommunikation das Problem entschärft werden könnte. Ein vollständiger Verzicht auf das TCP/IP Protokoll in der Anwendungsschicht ist allerdings aufgrund der Komplexität der verwendeten Entwicklungs-umgebung VICAR nicht praktikabel.

Ausblick

Mit dem Hochleistungsnetz GTB-Süd/Berlin stand eine hervorragend geeignete Infrastruktur zur Verfügung, die erstmalig das enorme Kommunikationsaufkommen bei der Nutzung von hochauflösenden Fernerkundungsdaten bewältigen konnte.

Allerdings sind bereits neue Generationen von Sensoren in Sicht. Das Nachfolgemodell HRSC-AX liefert aufgrund der verbesserten Auflösung eine 15-fache Datenmenge gegenüber der HRSC-A.