

Die Fehmarnbelt-Querung

Qualitätsanforderungen an ein präzises Positionierungssystem für die Maschinensteuerung in einem Grossprojekt

Jürgen Ruffer

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der Ingenieurkammer Niedersachsen
für satellitengestützte Ingenieurvermessung

ALLSAT GmbH • Hannover

Die Fehmarnbelt-Querung

1. Hintergrund zu diesem Vortrag
2. Die Feste Fehmarnbelt-Querung
3. Das Fehmarnbelt Positioning System (FBPS)
 - 3.1 Der Systemaufbau des FBPS
4. Service-Anforderungen an das FBPS
 - 4.1 Quality of Service (QoS) – was ist das ?
 - 4.2 Quality of Service in der Vermessung
 - 4.3 Quality of Service für GNSS in der Ingenieurvermessung
 - 4.4 Bedarfsstellen für Quality of Service
5. Fazit – Erfahrungen mit QoS beim Fehmarnbelt Positioning Service

Die Fehmarnbelt-Querung

Hintergrund zu diesem Vortrag

- Grosse Infrastrukturprojekte sind grosse Herausforderungen hinsichtlich Komplexität bei der Umsetzung und realistischer Budgetierung

Beispiele: Galileo, Stuttgart 21, Hauptstadt-Flughafen Berlin-Brandenburg

- Die Vielzahl der beteiligten Parteien bei Ausführung erschwert eine zeit- und budgetnahe Planung.
 - Die Sprache in multinationalen Projekten ist nicht präzise.
 - Der Koordinationsaufwand aller Beteiligten wird unterschätzt und nicht berücksichtigt.
 - Der Nutzen präziser und homogener Geoinformationen wird unterschätzt.
 - Realistische Kostenschätzungen sind „politisch“ nicht gewünscht da unpopulär.
- **Planung und Umsetzung klaffen z.T. weit auseinander**
- **Die Mehrkosten tragen die Steuerzahler – Akzeptanz sinkt**

Die Feste Fehmarnbelt-Querung



Europäische Hauptverkehrsroute für Strasse und Schiene

Die Feste Fehmarnbelt-Querung

Ausführung Absenktunnel

Querschnitt durch einen
möglichen Absenktunnel



weitere aktuelle Details unter: www.femern.de

Die feste Fehmarnbelt-Querung

- ein Projekt der Superlative

- die Querung soll bis 2021 eine internationale Strassen- und Eisenbahn-Verbindung zwischen dem europäischen Festlandsockel und Nordeuropa herstellen
- verbindet eine Meerenge von ca. 20km mit einigen km Anschluss an das Festland
- wird – nach heutiger Planung – ca. 5,5 Mrd. € (Tunnel) kosten (zum Vergleich: Galileo ursprünglich 3,5 Mrd. €, Stuttgart 21 4,1 Mrd. €)
- wird vorrangig vom dänischen Staat finanziert mit Unterstützung der EU sowie Mitteln aus Deutschland für die Landanbindung in Fehmarn
- erstmals in der Geschichte grosser Bauprojekte wurde ein Vermessungs- und Positionierungssystem – das Fehmarnbelt Positioning System (FBPS) - vor Beginn der Ausführungsplanung installiert

Das Fehmarnbelt Positioning System (FBPS)

Die Erfahrungen der Planer von Femern AS mit früheren Projekten

Die Konsequenz:

frühzeitig für ein einheitliches Vermessungs- und Positionierungssystem sorgen

Der Auftrag:

Planung, Errichtung und Betrieb eines präzisen und dauerhaften GNSS-Echtzeitsystems über die gesamte Planungs- und Bauphase

Die Umsetzung:

AXIO-NET und ALLSAT realisierten in 2009 und 2010

- Design
- Einholen von Bau- und Funk-Genehmigungen
- geotechnische Untersuchungen
- Bau von 4 Referenzstationen
- Einrichtung des Referenznetzes und -dienstes
- Performancetests Offshore und Onshore

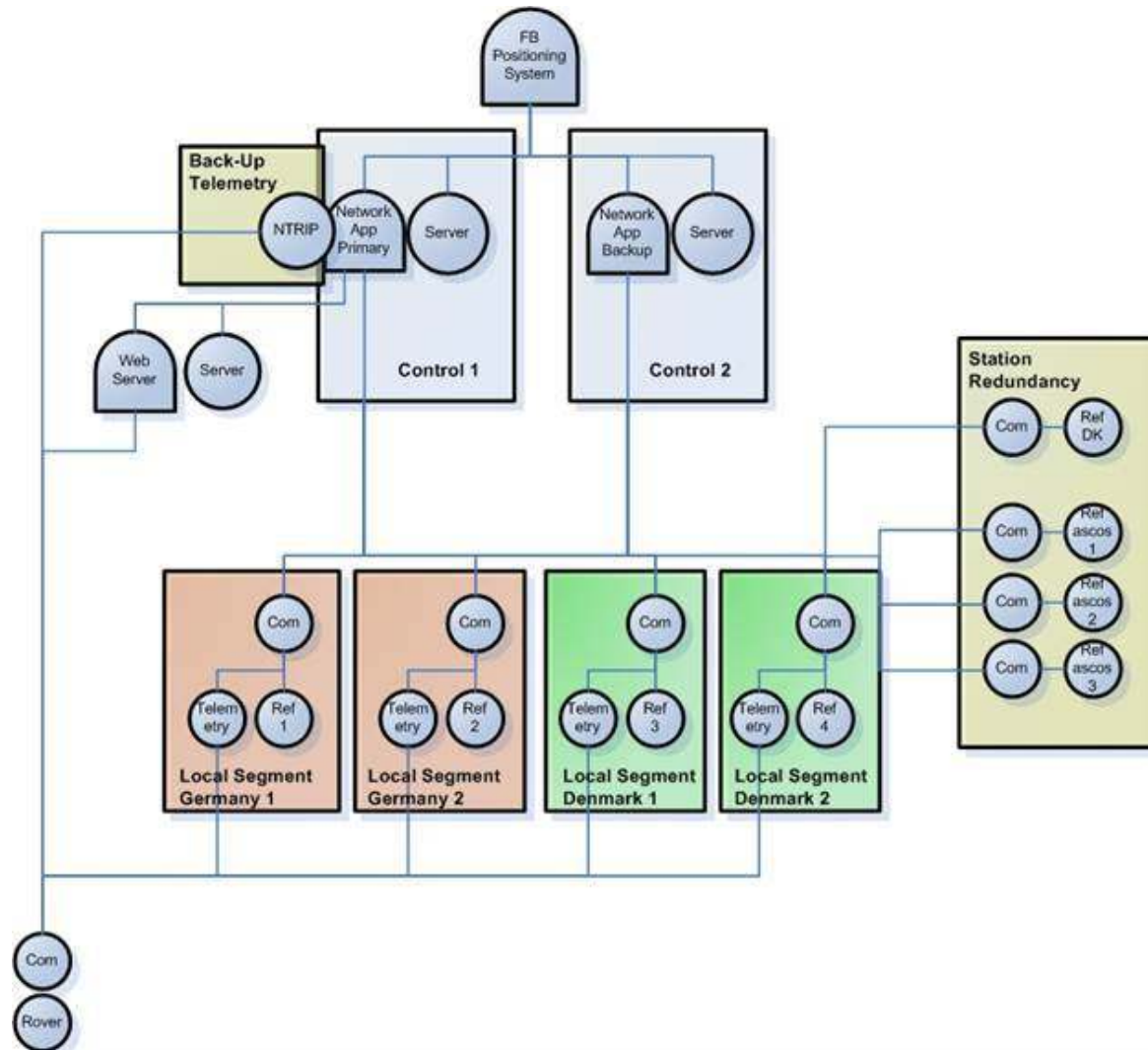
und AXIO-NET betreibt seither das System für Femern AS permanent

Das Fehmarnbelt Positioning System (FBPS) - eine Übersicht



Das Fehmarnbelt Positioning System (FBPS)

- System-Architektur



Service-Anforderungen an das FBPS

technisch:

- stabile Basis: Bewegungen < 1mm / Jahr
- Genauigkeit Echtzeit: < 1cm Lage und < 2cm Höhe
– Nachweis gemäss ISO 17 123-8
- Abdeckung: mehrfach abgesicherte Überdeckung des Projektgebietes
- tägliche Verfügbarkeit: 99%, im ersten Betriebsjahr 97%
- GNSS-Referenznetz: Modellierung der wichtigsten GNSS Fehler
- Zusatzdienste: Webserver

operationell:

- Nutzer Service: Professioneller Helpdesk
- Betrieb und Überwachung: 24/7 (mit Bereitschaftsdienst)
- Kundenakzeptanz: Nutzer-Training
- Monatliche Performance Reports

Quality of Service (QoS) – was ist das ?

- Quality of Service (QoS) oder Dienstgüte ist als Standard in Kommunikationsanwendungen bekannt (z.B. Verfügbarkeit, Bandbreite, Verzögerung und Fehlerrate).
- beantwortet die Frage: wie (weit) werden die Anforderungen an ein (Meß-)System erfüllt?
- Ziel von QoS sind Garantien für die Nutzung eines Systems zur Erreichung definierter Ergebnisse.
- Offene und vergleichbare Nutzung von QoS- Informationen erfordert Internationale Standards.

- ... aber ist es auch relevant für Ingenieur-Vermessungssysteme?

Quality of Service (QoS) in der Vermessung

Parameter:

- Genauigkeit
- Sicherheit(s-Wahrscheinlichkeit)
- System-Verfügbarkeit
- Ergebnis-Verfügbarkeit (nach einer Messung)

Quality of Service für GNSS in der Ingenieur-Vermessung



Systemkomponenten des FBPS

Der permanente Einsatz teurer Maschinen und deren präzise Steuerung prägen die Nutzung von GNSS-Systemen in Grossprojekten.

Ausfälle sind teuer, Fehler fatal und noch teurer!

Wie kritisch sind die wichtigsten Qualitätskriterien?

- Genauigkeit < 2cm nicht kritisch mit moderner Technik
- Sicherheit(s-Wahrscheinlichkeit) $2-3\sigma$ kritisch hinsichtlich Stabilität der Referenz sowie der Abstimmung mit Nutzersystemen
- System-Verfügbarkeit 99% und 24/7 kritisch → redundante System-Auslegung
- Ergebnis-Verfügbarkeit (Echtzeit) kritisch → redundante Kommuni-kation für Referenz und Nutzer

Bedarfsstellen für Quality of Service (QoS)

u.a. für den Dauerbetrieb von Maschinen

- Ver- und Entsorger
- Industrie
- Land- und Forstwirtschaft
- Hafen-Navigation
- Bahn- und Strassen-Infrastruktur
- Maschinensteuerung
- Fluggeräte-Navigation (UAS und Luftfahrt)
- Hochgeschwindigkeitszüge
- grosse Ingenieurprojekte
-



Die Fehmarnbelt-Querung

Fazit – Erfahrungen mit QoS beim Fehmarnbelt Positioning Service und in industriellen Grossprojekten

- Service Level Definitionen und deren Umsetzen sind in industriellen Grossprojekten aus Kostengründen unverzichtbar.
- Vermessung und Geodäsie gewinnen durch die Nutzung geodätischer Sensoren in Grossprojekten an Bedeutung.
- Die bekannten Qualitätsbegriffe geodätischer Arbeit (Genauigkeit, Sicherheitswahrscheinlichkeit) allein reichen nicht mehr aus.
- Die bekannten Qualitätsbegriffe geodätischer Arbeit werden häufig nicht verstanden und daher nicht umfassend berücksichtigt.
- Für Quality of Service in der Positionierung gibt es heute keine internationalen Standards und Vereinbarungen.
- Proprietäre Herstellerlösungen verhindern den breiten Einsatz von Positionierungs-Services in Grossprojekten.
- Das Fehmarnbelt Positioning System bietet mit dem installierten Qualitätsmanagementsystem hervorragendes Anschauungsmaterial für vertiefende Diskussion über den Wert von QoS-Definitionen in der Geodäsie.
- aber: **Bauen und insbesondere Vermessung sollen vor allem billigst sein**

Die Fehmarnbelt-Querung

Qualitätsanforderungen an ein präzises Positionierungssystem für
die Maschinensteuerung in einem Grossprojekt

Vielen Dank

Jürgen Ruffer

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger der Ingenieurkammer Niedersachsen
für satellitengestützte Ingenieurvermessung

ALLSAT GmbH • Hannover