



Sicherheit und Zulassung satellitengestützter Ortung im Schienenverkehr

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult.
Eckehard Schnieder
Braunschweig

CV Prof. Eckeard Schnieder

- *1949 Wilhelmshaven
- 1967 – 1979 Studium und Promotion TU Braunschweig
Elektrotechnik und Antriebstechnik
- 1979 – 1989 Siemens AG Braunschweig
Bereichsleiter Neue Verkehrssysteme
- 1989 – 2014 TU Braunschweig
Professor und Institutsleiter
Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik
Gründungsdekan Volkswagen Auto Uni
Gastprofessuren
Universität Zilina Slovakei
Beijing Jiatong Universität China
Mahiodol Universität Bangkok Thailand
Wiss. Beirat Sift2Rail
- 2014 - unabhängiger Berater und Gutachter
EBA und DAkkS



Konsortium

Machbarkeitsstudie Lokalisierung SmartRail 4.0 SBB

- **M2C GmbH** Konsortialführer Dr. C. Robl
- **Schild&Partner** Wien Dr. Raul Schild
- **Institut für Verkehrssicherheit und Automatisierungstechnik**
TU Braunschweig Dr.-Ing. U Becker
- **Prof. Schnieder** Beratung & Begutachtung

Im Auftrag der SBB  *SmartRail4.0*

Stellen Sie sich vor, Sie können den Bewegungszustand eines Objektes hochgenau und sicher bestimmen.

Welchen Nutzen können Sie daraus im Eisenbahnbereich ziehen?

Welche Anforderungen müssen Sie an die Bestimmung eines Bewegungszustandes eines Objektes stellen, um den Eisenbahnbetrieb zu optimieren?

Könnte man sichere Endgeräte (Tablets und Tags) entwickeln die ihre Position auf 1m genau fail-safe an NextGen melden können, dann würde folgendes möglich werden:

- **Günstige Implementierung von ETCS L3+** (Verlässlich bekannter Zugschluss) und damit Verzicht auf alle Gleisfreimeldeanlagen (27'000 existieren heute).
- **Starke Reduktion der Infrastrukturausstattung (um 80%):** Mobile Führerstandssignalisierung für Rangieren und Manöver und damit Abbau von Zwergsignalen. Vermeidung des Aufbaus von 60'000 ETCS Informations-Balisen durch gefunkte/gespeicherte ortsabhängige Informationen («virtuelle Balise»), die in der Lok vorliegen. Vermeidung von 9'000 zusätzlichen Achszählerabschnitten für ETCS L2.
- **Vermeidung von unzulässigen Signalüberfahrten.** Eine präzise WarnApp2 oder mobile Führerstandssignalisierung für wirklich alle Betriebssituationen.
- **Prozessvereinfachung im immer noch zu komplexen ETCS Bahnprozess:** Vermeidung zusätzlicher Installationen, Topologiereserven und von Prozess-Erschwernissen (z.B. bzgl. der FASI- und SR Modi)
- **Schutz des schnellen vor dem langsamen oder aufstartenden Verkehr.** Nicht für jede langsame oder Manöverbewegung kann heute ein voller Flankenschutz erzeugt werden, z.B. bei neu aufgestarteten noch nicht an ETCS angemeldeten Fahrzeugen.
- **«Tagging von Personen , Baustellen, Hindernissen und Wagen»** (Vollüberwachung der Sicherheit, AWAP++): Positionsmarker für diverse mobile Einheiten und Prozesse. Die Sicherheit könnte z.B. auch für das Baustellenumfeld stark erhöht werden, wenn das „Entlaufen“ von abgestellten Materialien an der Grenze dadurch erkannt wird, dass diese durch ein Lokalisierungsdevice markiert werden (Flankenschutz). Werden Personen „getaged“ (z.B. Streckeninspekture, Ultraschallmessung oder Kleinunterhalt), so könnten sie beim Betreten des Gleises als Hindernis erkannt werden - und auch automatisch vor Zügen gewarnt werden.
- **Sichere mobile Anwendungen für Mitarbeiter** in verschiedenen Arbeitssituationen, bei denen sie ihren Standort sehr genau kennen müssen. „Navi-ähnliche“ Funktionen und Service-Hilfen, die Schilderflut und Ortskenntnisse obsolet machen.
- Eine **redundante Sicherheitsebene** könnte quer über den gesamten Bahnprozess geschaffen werden, da trotz gestörter Anlagen (Zug, Infrastruktur) immer noch «alles mit Position und Geschwindigkeit sichtbar» ist. Notbedienungen oder Inbetriebnahmen hätten ein zusätzliches «Sicherheitsnetz».

Jedes GLAT-Endgerät meldet seine präzise Position an NextGen und kann lokal verlässlich warnen (ggf. auch steuern).



- Sicheres lokalisierbares Tablet mit diversen Apps:
- Mobile Führerstandssignalisierung, für Bauen/Rangieren
 - Notbedienungsterminal NextGen
 - Funkgleismelder
 - Redundante unabhängige Sicherheitsüberwachung
 - AWAP und Sperrprozesse



Lokalisierbare mobile Warnanlage.
Kann mit anderen WA «verkoppelt» werden und auch zum «virtuellen» Blockieren eines Gleises dienen (Lautsprecher+Blinklicht)



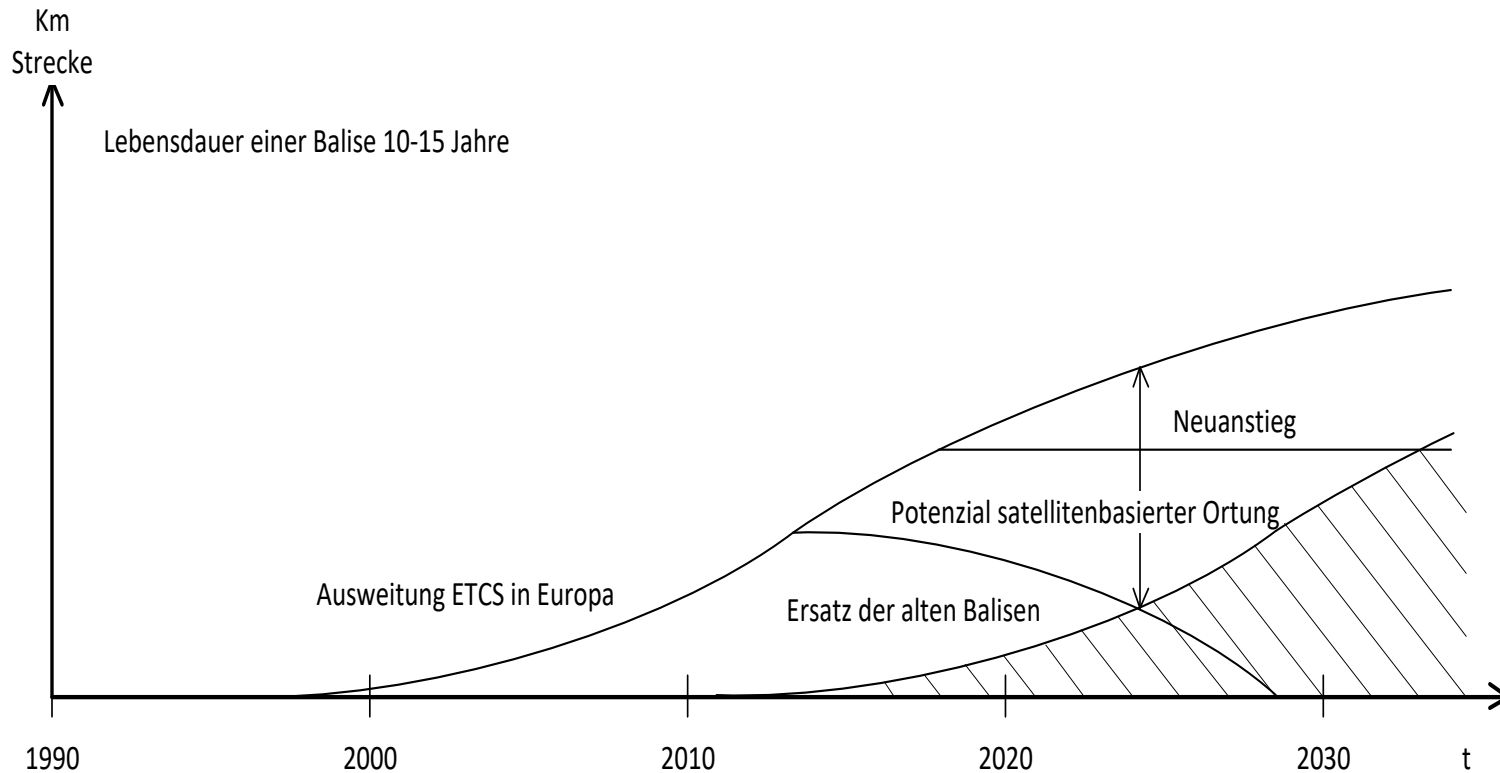
Kleines lokalisierbares Positions-Tag
(Für Personen, Wagen, Zugschluss, Krananlagen, Hindernisse)



Virtuelle Balise direkt an der ETCS onboard unit (nicht mehr auf dem Gleis)

Sichere und genaue Lokalisierung

Potenzial für eine Substitution der heutigen und zukünftigen Lokalisierung durch Balisen für die Zugsicherung



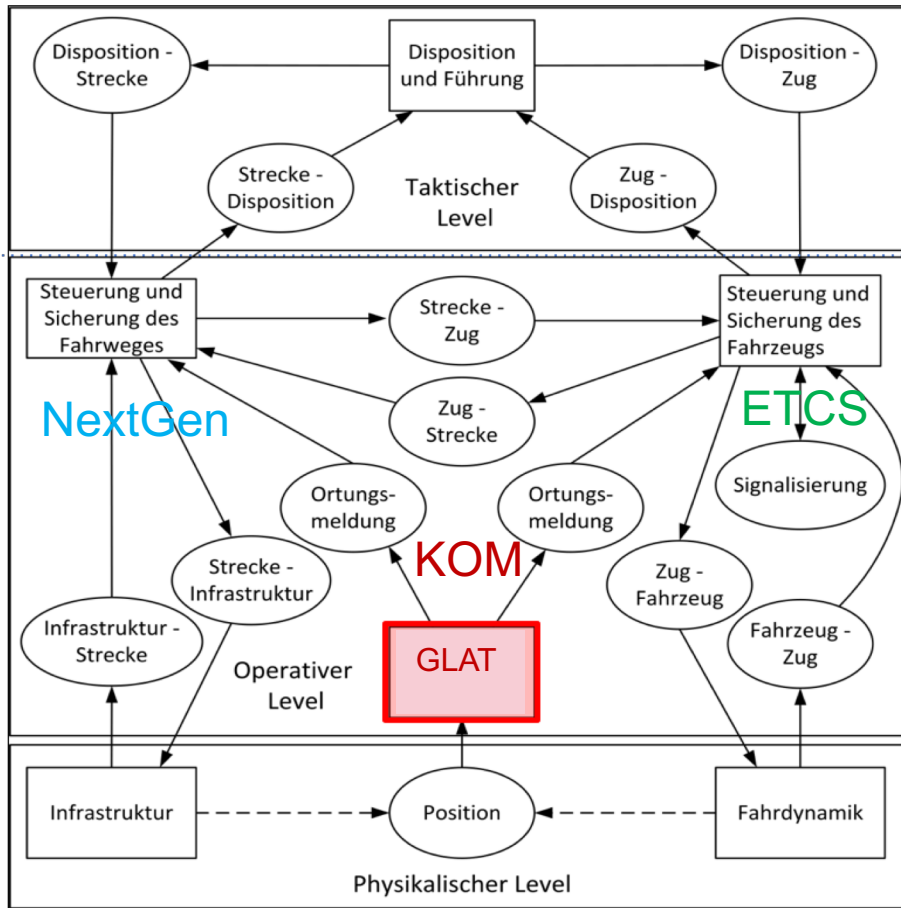
Überblick

- **Potenziale**
 - Funktionen
 - Leistungsvermögen
- **Anforderungen**
 - Methodische Herleitung
 - Nutzungsszenarien (betrieblich, technisch, gesetzlich/normativ, ...)
 - Qualitätsmaße (Genauigkeit, Verlässlichkeit (RAMSS))
- **Konzeption**
 - Sensoren Technologien
 - Struktur - Architektur
 - Verlässlichkeit (moon)
- **Vorgehen**
 - Rechtsrahmen
 - Zulassung
 - Nachweisführung

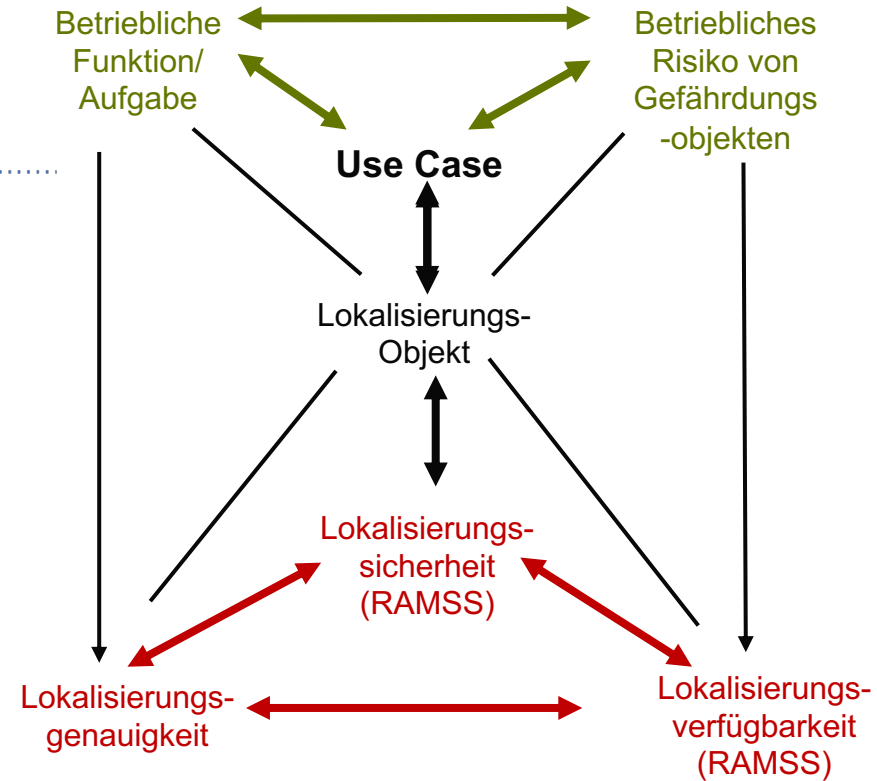
Sichere und genaue Lokalisierung

Einordnung und Anforderungen

Einordnung in die generische Funktionsstruktur eines Eisenbahnleit- und -sicherungssystems (ELSS)



Zusammenhänge zwischen Use Cases und Eigenschaften eines Lokalisierungssystems



Ausgewählte Use Cases

zur Gleisfreimeldung

1.1	Use Case „Schnelle und präzise Freimeldung Gleis, Weiche, Barriere“
1.1.1	Fast vollständige Reduktion der GFM, GFM nur noch in Netzzugangsbereichen zur Detektion nicht ausgerüsteter Fahrzeuge
1.1.2	Schnelle Umstellung Weichen / Öffnung Barriere nach Zugüberfahrt (je nach heutiger Fahrstraßenlogik) mit weniger Komplexität / Systemaufwand möglich als mit heutigen GFM.
1.1.3	Bessere, da dynamische Ausnutzung der Topologie mit Zügen (weniger Topologiereserven)
1.1.4	Stärkere Mehrfachbelegung von heutigen Gleisen in der vollen Länge ohne Notwendigkeit von kurzen GFM-Abschnitten
1.1.5	Vermeidung von Topologieanpassungen oder hohen Balisenmengen aufgrund der heute ungenauen oder nicht vertrauenswürdigen Lokalisierung der ETCS OBU

BLH3 Übersicht der Use Cases

Ausgewählte Use Cases

zur Lokalisierung der Zugposition

1.2	„Präzise Zugendposition (insbesondere Güterzüge)“
1.2.1	Zugintegrität, um ETCS L3 und moving block zu ermöglichen
1.2.2	Automatische Zuglängenberechnung
1.3	„Performante „elektronische Kopplung“ von Zügen, Optimierung Zugfolgezeit“
1.4	„Präzise Zugspitzenposition für ETCS-Prozess“
1.4.1	Effiziente, präzise und sichere Steuerung von Vereinen, Trennen, Wenden (VTW) und besetzten Einfahrten
1.4.2	Sicheres Rangieren mit/ohne Shunting-Modus ohne Zwergsignale, trotzdem mit voller Absicherung gegen feindlichen Verkehr
1.4.3	
1.5	<ul style="list-style-type: none">▪ Insgesamt wurden nach dieser Vorgehensweise die einzelnen Use Cases mit ihren insgesamt ca. 60 Unterpunkten systematisch analysiert.
1.5.1	
1.5.2	<ul style="list-style-type: none">▪ Ein erstes Ergebnis ist dabei eine Strukturierung nach den Lokalisierungsobjekten mit ihren jeweiligen Bezugspunkten und charakteristischen Eigenschaften, die für die Lokalisierungsfunktion nutzbar sind.
1.5.3	
1.5.4	
1.5.5	
1.6	<ul style="list-style-type: none">▪ Ein zweites Ergebnis ist die Strukturierung der Nutzungen mit ihren jeweiligen Anforderungen und den funktionalen, prozessualen und betrieblichen Zusammenhängen (z.B. Zusammenhang zwischen Betrieblicher Leistung und Akquisitionszeit oder ggf. Ortungsunsicherheit und Durchrutschweg).
1.6.1	
1.6.2	
1.7	
	• => Zugfolgezeiten optimierbar.
8	Kommerzielle und operative Nutzung
8.1	„Tracking von Eisenbahnfahrzeugen, Containern, etc..“
8.2	„Automatisierung der Verwaltung von rangierten Zügen“

BLH3 Übersicht der Use Cases

Sichere und genaue Lokalisierung

Problematik der Herleitung von Sicherheitsanforderungen

Eine quantitative Abschätzung der zulässigen Gefährdungsraten für eine Lokalisierungseinrichtung ist nicht einfach. Das liegt an mehreren Gründen

- Lokalisierung ist u.a. ein Bestandteil von Zugbeeinflussungssystemen. Die Beiträge einzelner Subsysteme zum Gesamtrisiko werden nicht heruntergebrochen
- Qualitative Einschätzungen sind mit Unsicherheiten bzw. Vagheiten behaftet
- Risikoangaben existieren bezüglich der Ereignisse, werden jedoch kaum auf die individuellen Ursachen heruntergebrochen
- Vergleichbare Risiken sind nicht vorhanden bzw. dokumentiert
- Durch weitere neue auf neuer Lokalisierung beruhende Funktionen entstehen neue und unbekannte Risiken
- Modelle beinhalten Vereinfachungen, z.B. sind nicht alle Verteilungsfunktionen bzw. Häufigkeitsverteilungen durch existierende Verteilungen beschreibbar
- Angaben sind nominal und nicht metrisch skaliert
- Die Schadensrate ist nicht immer identisch mit der Gefährdungsrate

Sichere und genaue Lokalisierung

Quellen für die Ermittlung der Sicherheitsanforderung

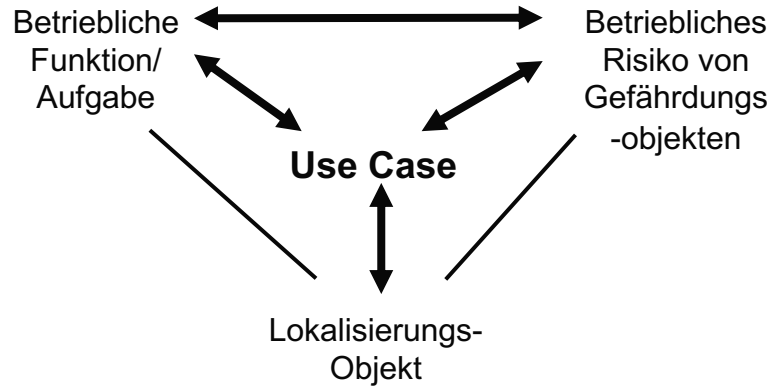
- Analogie aus bestehenden Regelwerken oder Lastenheften (VDV 331, VDV 332, ETCS TSI Subsets, Cenelec-Normen, UIC Merkblätter (Leaflets), LZB Lastenhefte,..)
- aus Forschungsprojekten z.B. SatLoc, GaloROI, DemoOrt, StandOrt,..
- Betriebliche Leistungsfähigkeit (Zugfolge, Durchrutschweg)
- aus der expliziten Sicherheitsbetrachtung (z.B. nach CSM)
- aus Simulationen
- aus eigener Erfahrung und Expertise
- aus Expertenbefragungen
- aus Sicherheitstatistiken (z.B. Szenarienhandbuch der SBB)
- aus Statistiken der Verfügbarkeit (z.B. ungewollte Zugtrennung)

Sichere und genaue Lokalisierung

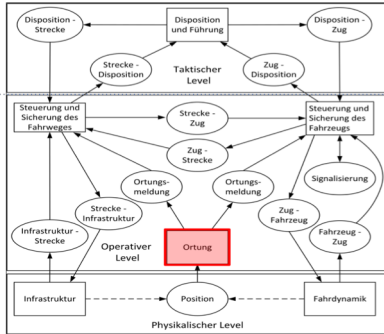
Vorgehensweise vom Use Case zur Lokalisierungs-Anforderung 1

UC 1.1: Schnelle und präzise Freimeldung Gleis, Weiche, Barriere

UC 1.1: Schnelle und präzise Freimeldung Gleis, Weiche, Barriere
Schnelle Umstellung Weichen / Öffnung Barriere nach Zugüberfahrt (je nach heutiger Fahrstraßenlogik) mit weniger Komplexität / Systemaufwand möglich als mit heutigen GFM.



Positionen, Geschwindigkeiten Von spurgebundenen Fahrzeugen (Zugspitze, Zugende)



Kollision

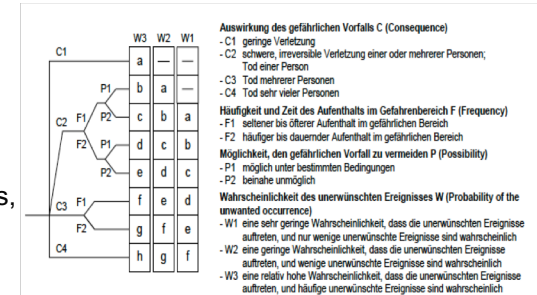
ZZ1.a Zwei Züge, wegen lückenhafter Technik, z.B. im Stellwerksbereich auch Signalfall
ZZ1.d Zwei Züge, wegen technischem Versagen der Infrastrukturanlagen
ZZ2.a Zug/Rangier, wegen lückenhafter Technik, z.B. Stellwerk
ZZ2.d Zug/Rangier, wegen technischem Versagen der Infrastrukturanlagen
ZZ2.e Übrige Zusammenstöße

Darstellung der Szenarien in der Häufigkeits-Auslass-Matrix (fett = Änderungen ggü. Szenarienhandbuch 2016)

Qualitative Einbuße	Häufigkeit pro Jahr	MW/MS Wert	Häufigkeits-Auslass-Matrix					
			A	B	C	D	E	F
über 100	I		RE1, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A28, A29, A30, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37, A38, A39, A40, A41, A42, A43, A44, A45, A46, A47, A48, A49, A50, A51, A52, A53, A54, A55, A56, A57, A58, A59, A60, A61, A62, A63, A64, A65, A66, A67, A68, A69, A70, A71, A72, A73, A74, A75, A76, A77, A78, A79, A80, A81, A82, A83, A84, A85, A86, A87, A88, A89, A90, A91, A92, A93, A94, A95, A96, A97, A98, A99, A100					
10 bis 100	II		A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25, A26, A27, A28, A29, A30, A31, A32, A33, A34, A35, A36, A37, A38, A39, A40, A41, A42, A43, A44, A45, A46, A47, A48, A49, A50, A51, A52, A53, A54, A55, A56, A57, A58, A59, A60, A61, A62, A63, A64, A65, A66, A67, A68, A69, A70, A71, A72, A73, A74, A75, A76, A77, A78, A79, A80, A81, A82, A83, A84, A85, A86, A87, A88, A89, A90, A91, A92, A93, A94, A95, A96, A97, A98, A99, A100					
1 bis 10	III							
0,1 bis 1	IV							
unter 0,1	V							
Qualitative Einbuße			A	B	C	D	E	F
Finanzieller Schaden in CHF			unter 10'000	10'000 bis 100'000	100'000 bis 1 Mio.	1 Mio. bis 10 Mio.	10 Mio. bis 100 Mio.	über 100 Mio.
Persönlichkeitschaden			eine leicht verletzte P.	mehrere leichtverletzte P. oder 1 mittel- bis schwerverletzte P.	1 schwerverletzte P. oder 1 Todesopfer (BK1)	1 schwerverletzte P. oder 1 Todesopfer (BK2)	Zahlreiche Schwer- oder Totschläge oder 1 bis 5 Todesopfer (BK3)	über 5 Todesopfer (BK3 oder 4)
Qualitative Einbuße			klein		mittel			gross

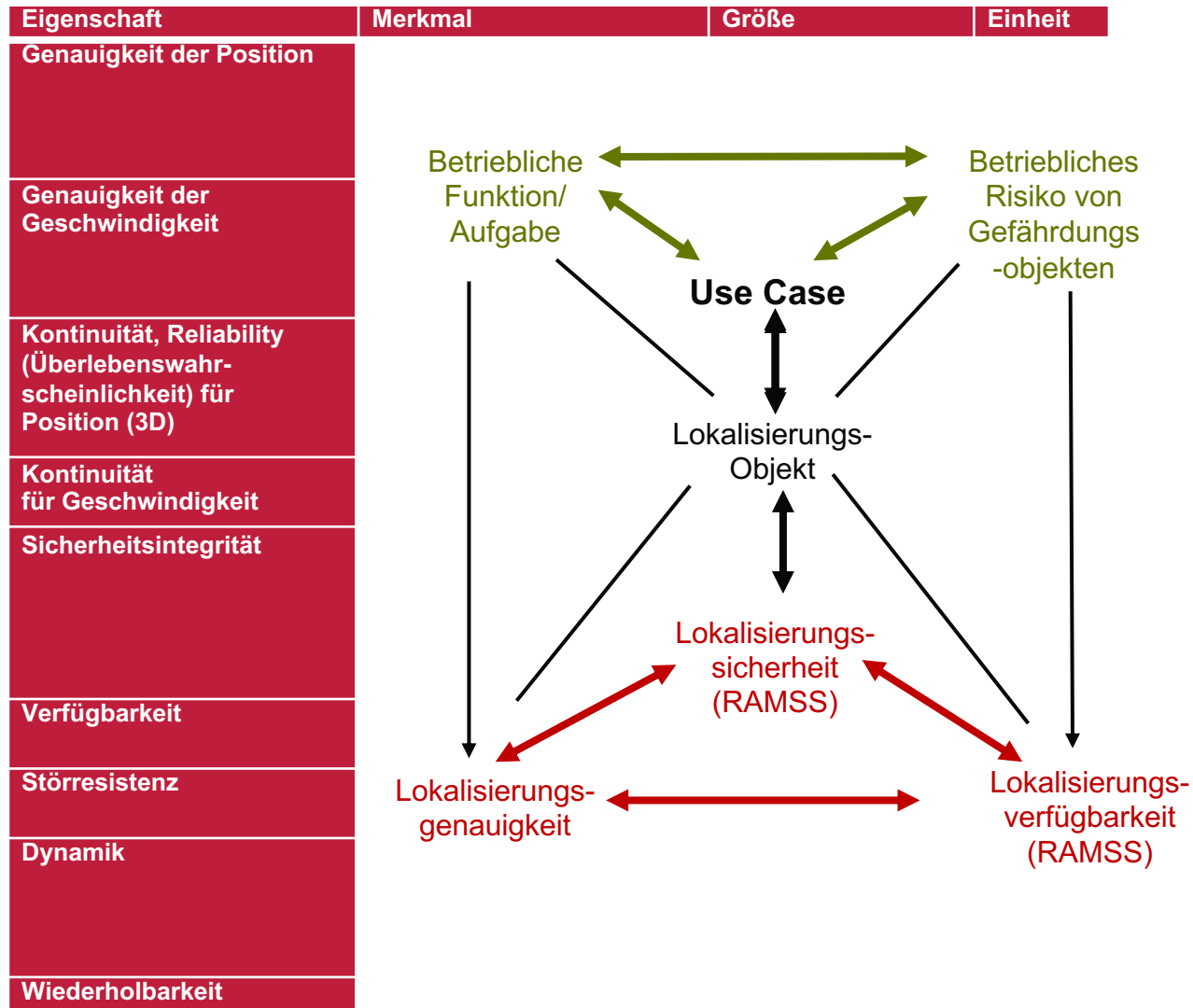
Ermittelte Risiken nach SBB-Szenarienhandbuch zur Zuordnung von Use Cases, Lokalisierungsobjekten sowie Risikofaktoren und resultierender Sicherheitsanforderungsstufe

Risikograph nach DIN EN 61508-5 zur Zuordnung von Use Cases, Lokalisierungsobjekten sowie Risikofaktoren und resultierender Sicherheitsanforderungsstufe mit VDV 331, VDV 332,



Sichere und genaue Lokalisierung

Vorgehensweise vom Use Case zur Lokalisierungs-Anforderung 1



Sichere und genaue Lokalisierung

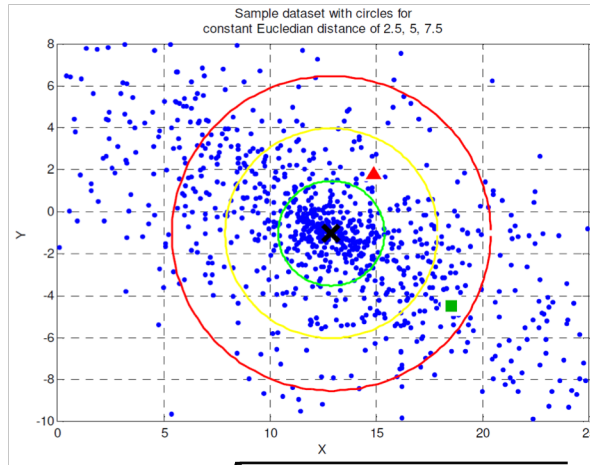
Vorgehensweise vom Use Case zur Lokalisierungs-Anforderung 1

Eigenschaft	Merkmal	Größe	Einheit
Genauigkeit der Position	3D-Verteilungsfunktion bzw. Histogramm Mahalonobis-Ellipse	Richtigkeit (3D) Achsen-Streuung 3D	m
		Präzision	m
Genauigkeit der Geschwindigkeit	3D-Verteilungsfunktion bzw. Histogramm Mahalonobis-Ellipse	Richtigkeit Achsen-Streuung 3D	
		Präzision	
Kontinuität, Reliability (Überlebenswahrscheinlichkeit) für Position (3D)	Überlebenswahrscheinlichkeit-pdf	MTT(E)F (Mean time to (extended) Failure)	m
Kontinuität für Geschwindigkeit	Überlebenswahrscheinlichkeit-pdf	MTT(E)F	m
Sicherheitsintegrität	?	SIL	
		Alarmgrenze	m
		Time to Alarm	s
		MTTHE (Mean time to hazardous event)	h
Verfügbarkeit	Punktverfügbarkeit		
	Dauerverfügbarkeit		
Störresistenz	Spamming		
	Spoofing		
Dynamik	Abtastzeit-Verteilungsfunktion	Mittelwert Streuung	
	Synchronität	Zeitstempel	
	Latenz	Latenzdauer	s
Wiederholbarkeit	?		

Qualitätsmaße eines Lokalisierungssystems

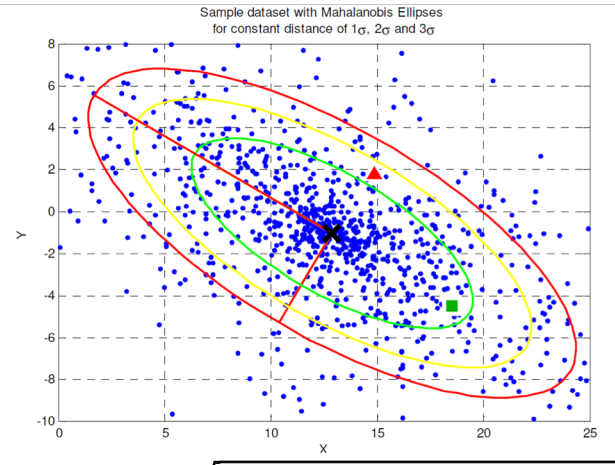
Definition der Genauigkeit und Koordinatensysteme

radiale
Verteilung

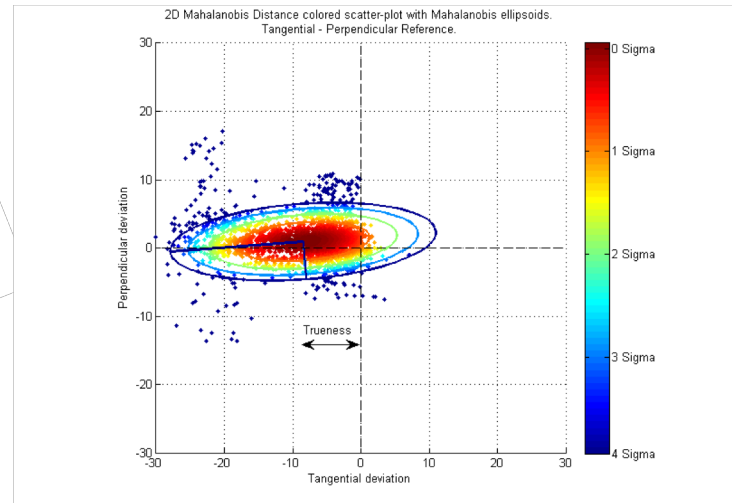
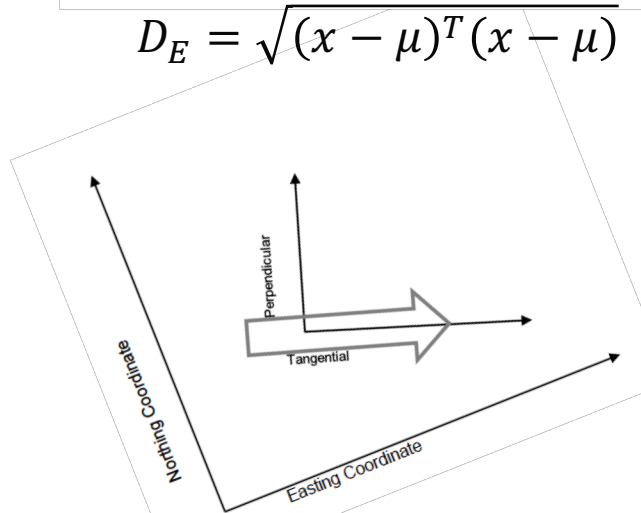


$$D_E = \sqrt{(x - \mu)^T (x - \mu)}$$

Mahalanobis
Ellipsen



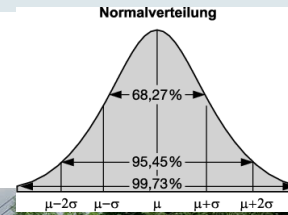
$$D_M = \sqrt{(x - \mu)^T S^{-1} (x - \mu)}$$



Koordinaten in Nord/Ost-Richtung
und Fahrzeugorientierung

Qualitätsmaße eines Lokalisierungssystems

Problematik der Integritätsbedingung der Lokalisierung



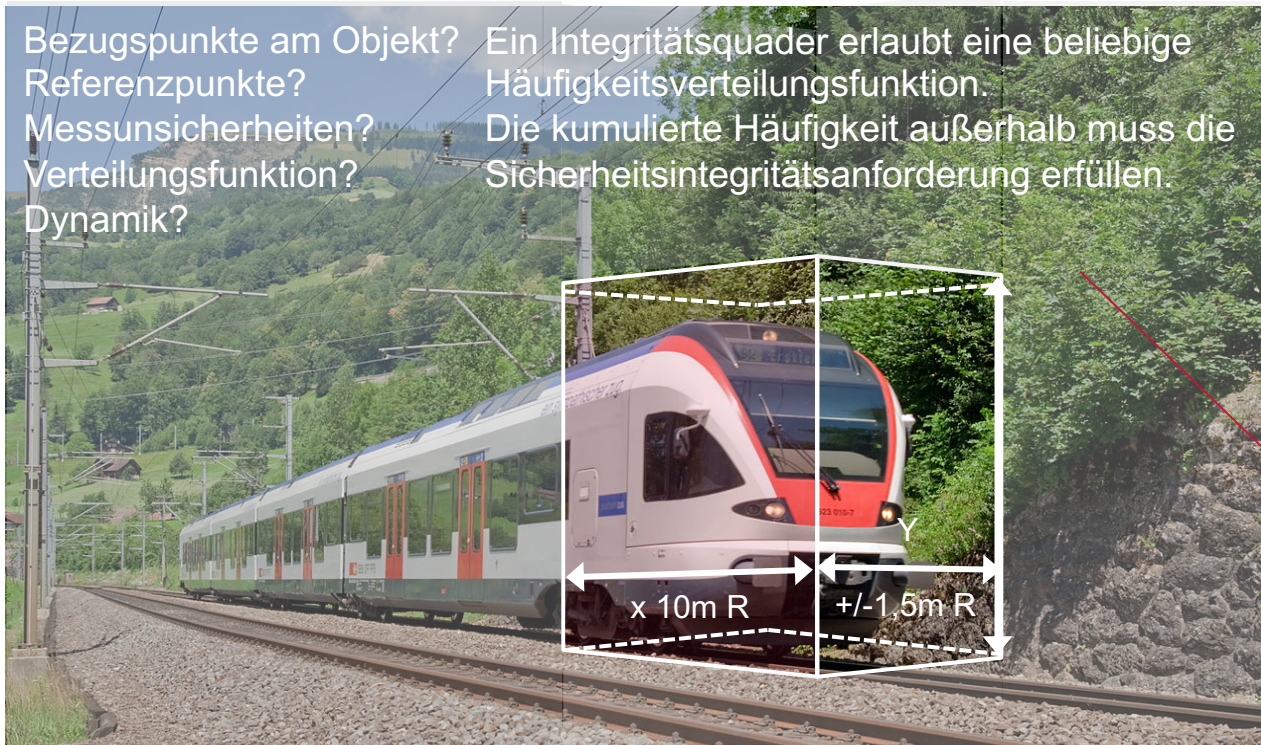
Die (unzulässige) Annahme einer Gauss-Verteilung birgt eine schwierig realisierbare und nachweisbare Anforderung



$SIL4 \geq 7\sigma$,
d.h. bei Gleisselektivität $\pm 1,5m$: $1\sigma \approx 21,55cm$

Qualitätsmaße eines Lokalisierungssystems

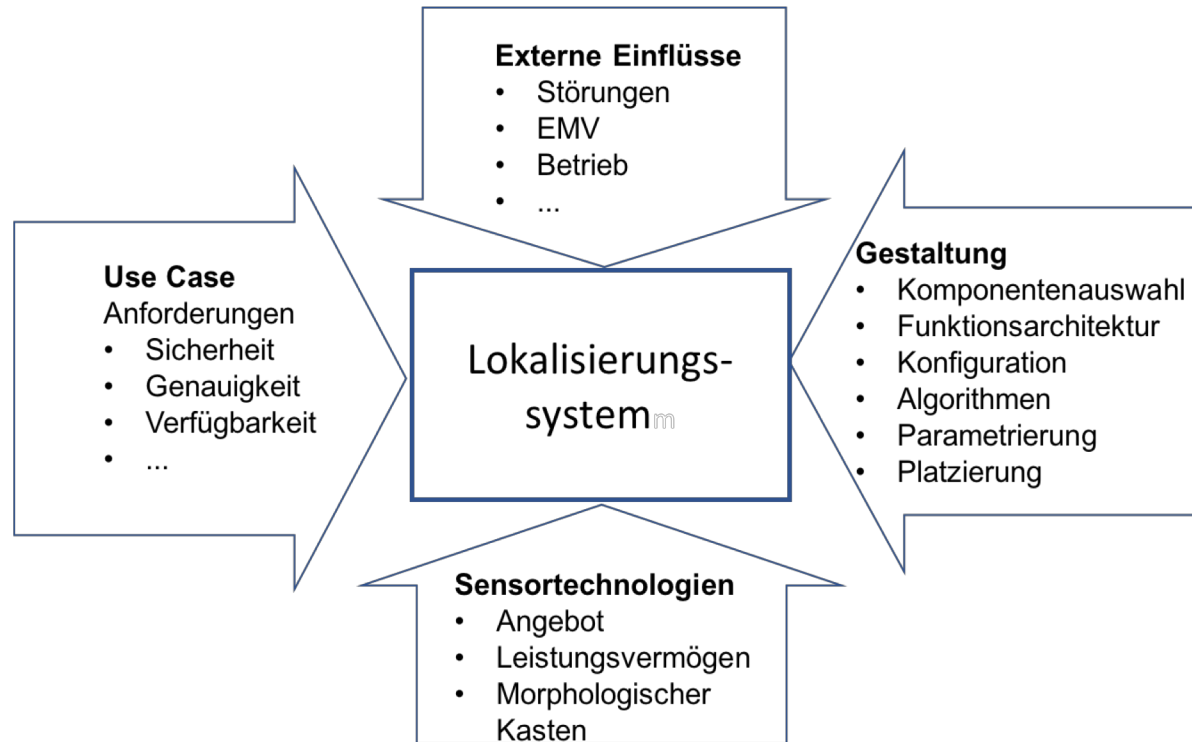
Quantifizierung der Integritätsbedingung der Lokalisierung für ausgewählte Use Cases



Use Case Nr	Lokalisierungsobjekt	SIL	Genauigkeit	MTTF	MTTR	Verfügbarkeit	Latenz o. Periode
1.1	Gleisfreimeldung (GFM)	SIL3/ SIL4	x ≤ 66,4 m R y +/- 1,5 m R	1 Jahr	0,5h	0,9999375	1s
1.2 – 1.7 8.1 – 8.2	Zugposition Fahrzeuge	SIL 3	x ≤ 10 m R y +/- 1,5 m R	1 Jahr	0,5h	0,9999375	1s

Sichere und genaue Lokalisierung

Methodischer Gestaltungsansatz des Lokalisierungssystems



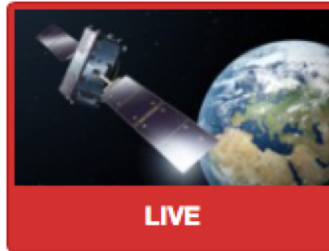
Satellitenortung

GNSS Satelliten in Betrieb und Planung



Eckehard Schnieder,

European Space Agency is broadcasting live video on [Galileo launch live](#). [Log in to join the conversation!](#)

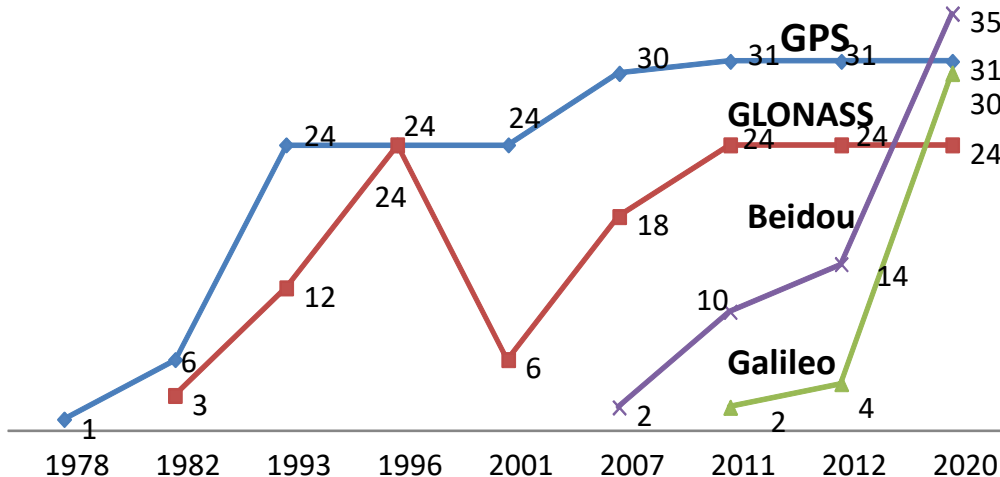


Galileo launch live

Wednesday, July 25th, 2018 at 1:00 PM CEST on ESA

Watch live as Europe's next four Galileo satellites are launched on an Ariane 5 rocket from Kourou, French Guiana. Galileo is Europe's own global satellite navigation system, consisting of both the satellites in space and their associated ground infrastructure. Schedule (all times in CEST): 13:00 - Start of live coverage 13:25 - Liftoff 14:00-16:50 - Break in live coverage 16:50 - Live coverage continues with confirmation of satellite separations 18:30 - End of live coverage

[Watch Event](#)



Sichere und genaue Lokalisierung

Methodische Konzeption der Architekturentwicklung

1. Auswahl der Funktionskomponenten

Morphologischer Kasten für die technischen Funktionsträger(Ressourcen)

2. Funktionsarchitektur

logisch-kausale Anordnung der Funktionsträger zur Erfüllung der Funktion

3. Sicherheits- und Verfügbarkeitsarchitektur

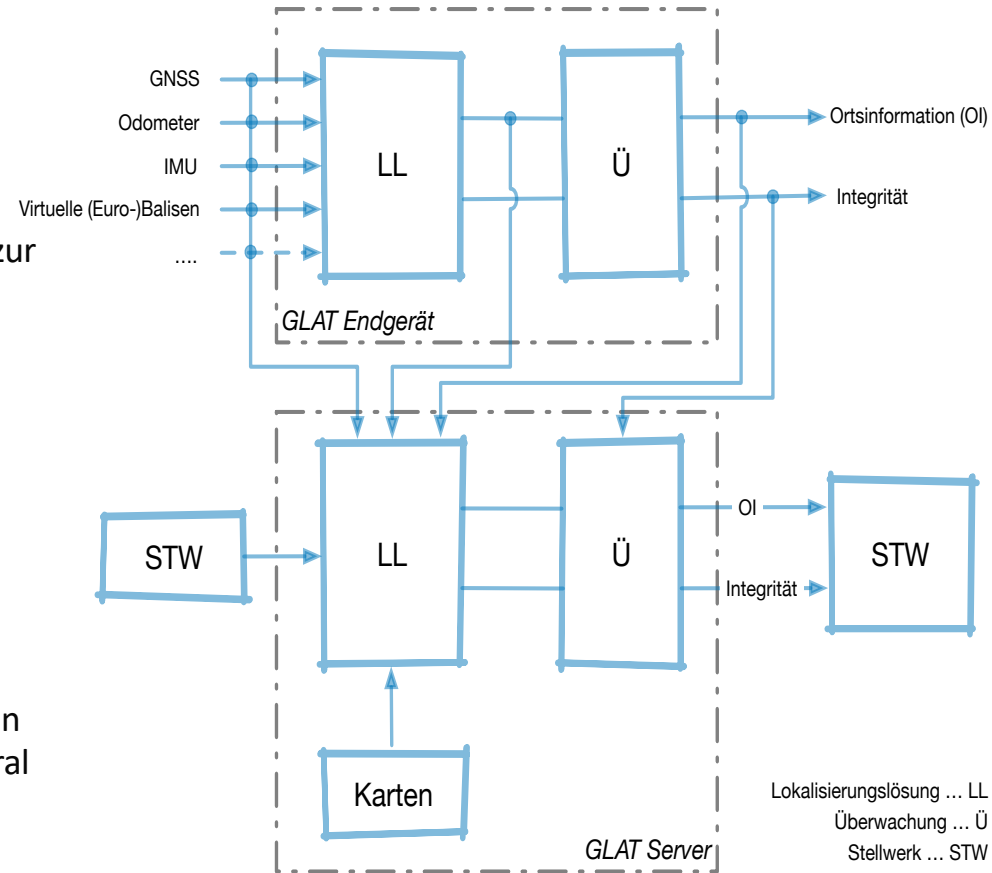
Auswahl des Überwachungs- und Redundanzkonzeptes

4. Kommunikationsarchitektur

Kommunikationsverbindungen zwischen den Funktionskomponenten

5. Platzierung der Komponenten

räumliche Lokalisierung der Funktionsträger an/in den Einrichtungen des Systems, z.B. mobil , zentral



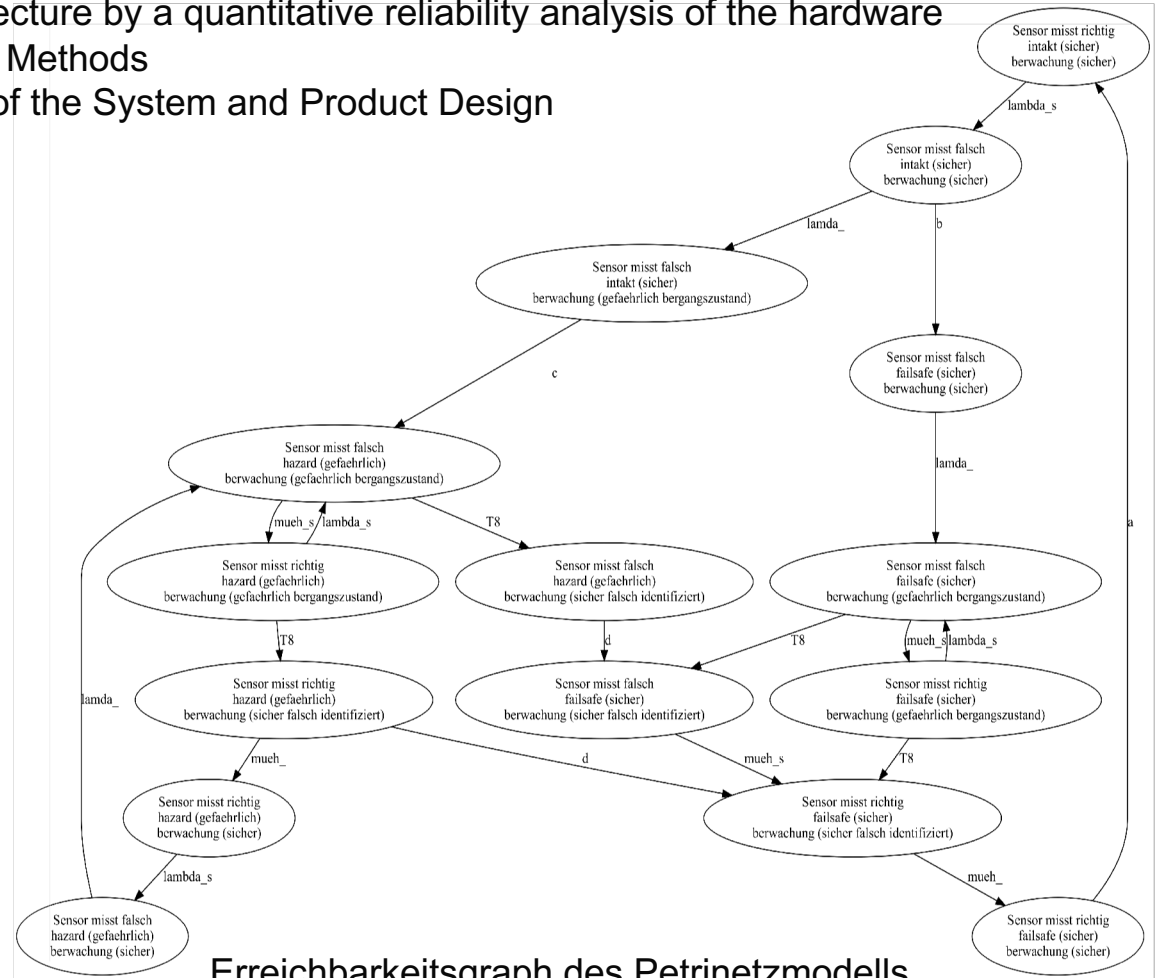
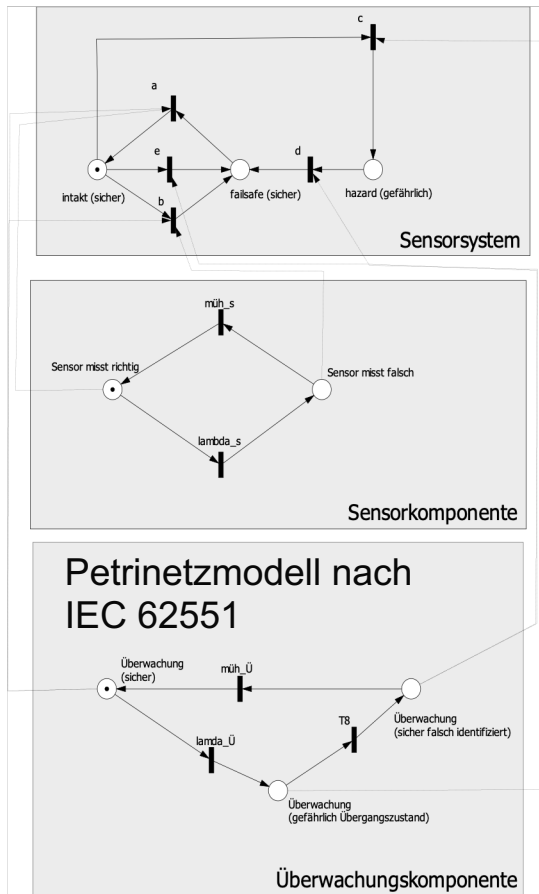
Sichere und genaue Lokalisierung

Gefährdungsanalyse der Gleisfreimeldung/Zugvollständigkeit

Modellierung mit Petrinetzen bzw. Markovketten nach EN 50128 Annex A (normative)
u.A auch Justification of the architecture by a quantitative reliability analysis of the hardware

A.7 – Failure and Hazard Analysis Methods

A.10 – Verification and Validation of the System and Product Design

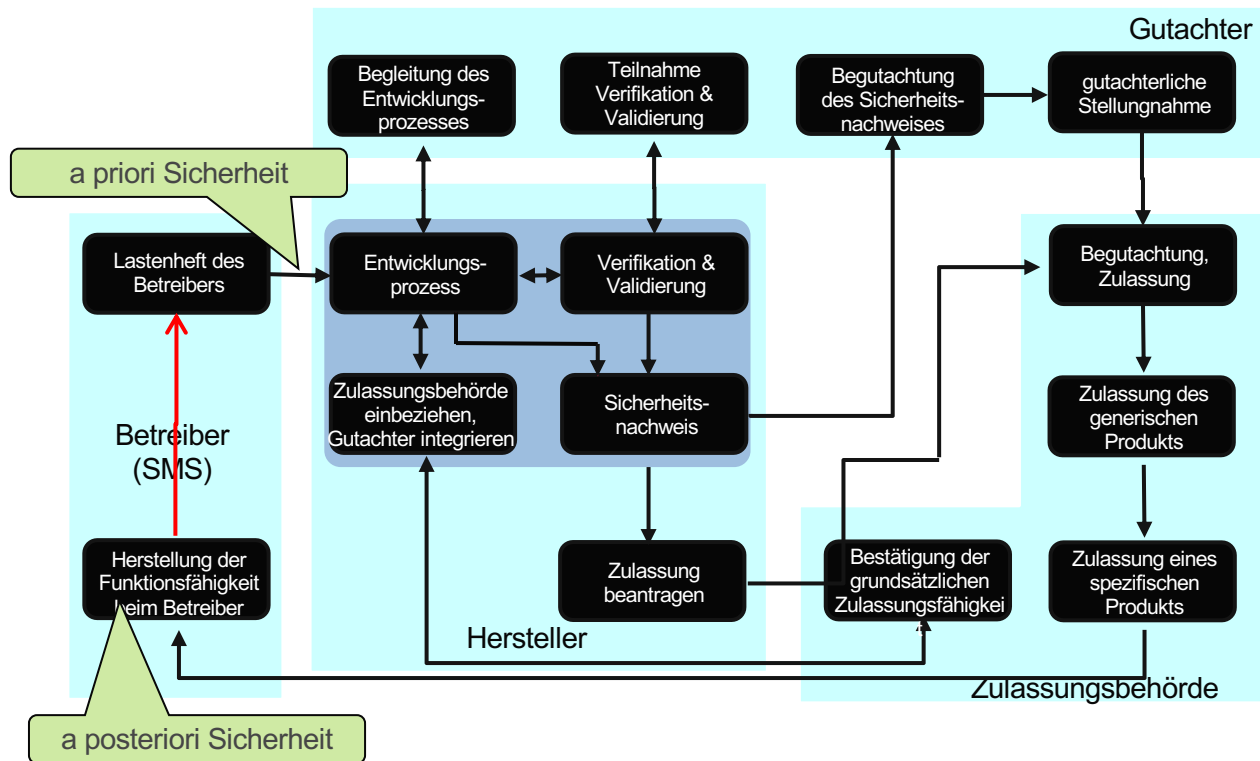


Erreichbarkeitsgraph des Petrinetzmodells

entspricht bei konstanten Raten einer Markovkette

Sichere und genaue Lokalisierung

Entwicklungs- und Zulassungsprozess im Eisenbahnwesen nach DIN EN 50126



Generischer Ansatz zur Zulassung von Komponenten verschiedener Sektoren (Cross Acceptance)

- Der Terminus Konformitätsbewertung wird als Oberbegriff für Prüfung, Inspektion und Zertifizierung einer Komponente oder eines Systems verwendet.
- Komponenten und Systeme der Eisenbahntechnik werden nach deren Normativen Rahmen entwickelt, konformitätsbewertet und zugelassen.
- Komponenten und Systeme der Luft- und Raumfahrttechnik werden nach deren Normativen Rahmen entwickelt, konformitätsbewertet und zugelassen.
- Der Normative Rahmen der Technik hat gemeinsame Wurzeln und Prinzipien.
- Die internationalen Normen der Konformitätsbewertung sind für alle Branchen gültig.
- Wenn Komponenten der einen Branche nach deren normativen Rahmen entwickelt und ihre Konformität bestätigt wurde, ist im Rahmen der Cross Acceptance ihr Einsatz in der anderen Branche zu akzeptieren bzw. zuzulassen.
- Ein diese Komponenten integrierendes System muss nach dem normativen Rahmen der Nutzerbranche entwickelt, konformitätsbewertet und zugelassen werden. (Die Komponente der anderen Branche sollen nicht erneut konformitätsbewertet und zugelassen werden).

Konzept der Nachweisführung

Mehr Ebenen Ansatz im Entwicklungs- und Zulassungsprozess nach DIN EN 50126

Voraussetzungen einer sicheren Überwachung der Integrität einer verfügbaren satellitengestützten Lokalisierung sind

- Garantierte Signalversorgung durch das Raum- und Bodensegment des Satellitenortungssystems
- qualifizierte Sensoren und Ermittlung von Merkmalsgrößen wie MTTEF, Genauigkeiten u.a.
- qualifizierte aktuelle referenzierte digitale Karte des Streckennetzes
- sichere Detektion, normkonform entwickelte und implementierte Algorithmen auf der Grundlage der qualifizierten Parameterwerte

Konzept der Nachweisführung

Mehr Ebenen Ansatz im Entwicklungs- und Zulassungsprozess nach DIN EN 50126

- Zertifizierung der GALILEO-Signale für sicherheitsrelevante Anwendungen. In diesem Zertifizierungsprozess ist es zweckmäßig, dass die Bahnen, die Luft- sowie die Seefahrt und andere Nutzergruppierungen mit ESA und GSA zusammenarbeiten, um die Zertifizierungsdokumente gemäß den für jedes einzelne System relevanten Normen zu schaffen.
- Bereitstellung der notwendigen Referenzierung der Satelliten
- Schaffung der in den Rechtsrahmen zwischen dem GALILEO-Betreiber und der Organisation involvierten Parteien gebildet wird. Ein Ziel ist dabei eine langfristige Bestandsgarantie des GALILEO GNSS zu garantieren.

Galileo wird hochgenauen Dienst kostenlos anbieten

Die Europäische Kommission hat beschlossen, den hochgenauen Dienst von Galileo kostenlos anzubieten. Dieser Dienst soll eine Positionsgenauigkeit von weniger als 20 cm allen Nutzern weltweit zur Verfügung stellen. Erste Signale sollen zwischen 2018 und 2020 getestet werden. Der volle Dienst soll ab 2020 zur Verfügung stehen.

NKS-Newsletter April /2018

struktur zur

beziehungen zwischen
esamter

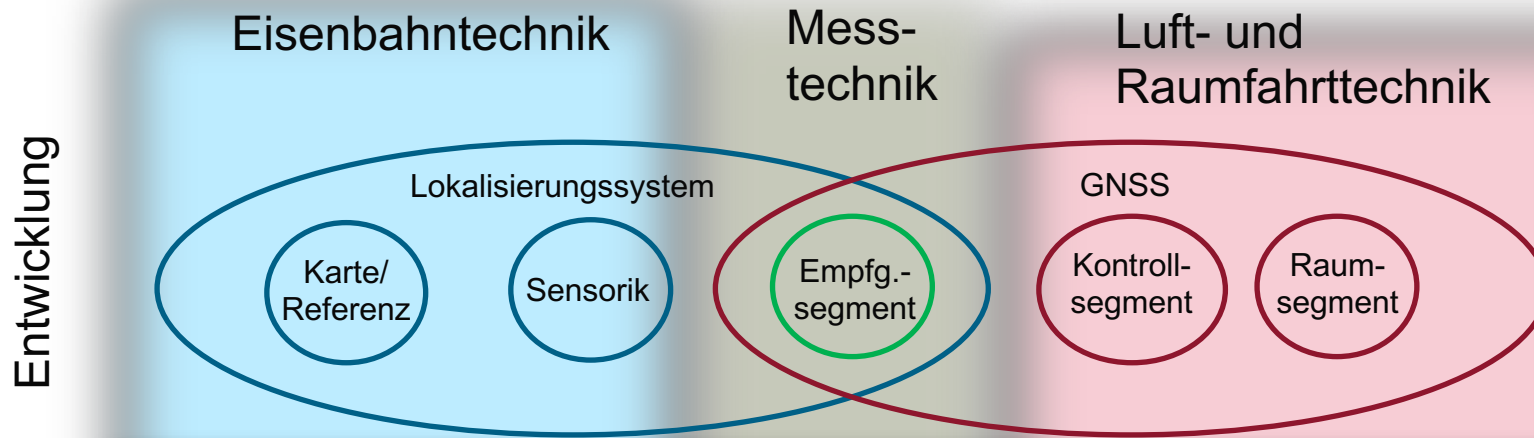
bahnbetrieb und

eine langfristige

GALILEO ist das einzige GNSS, welches unter ziviler Kontrolle im europäischen Rechtsrahmen betrieben wird. Aufgrund dieser Tatsache kann es als machbare Grundlage einer satellitengestützten Lokalisierung im Schienenverkehr dienen.

Konzept der Nachweisführung

Mehr Ebenen Ansatz der Domänenintegration



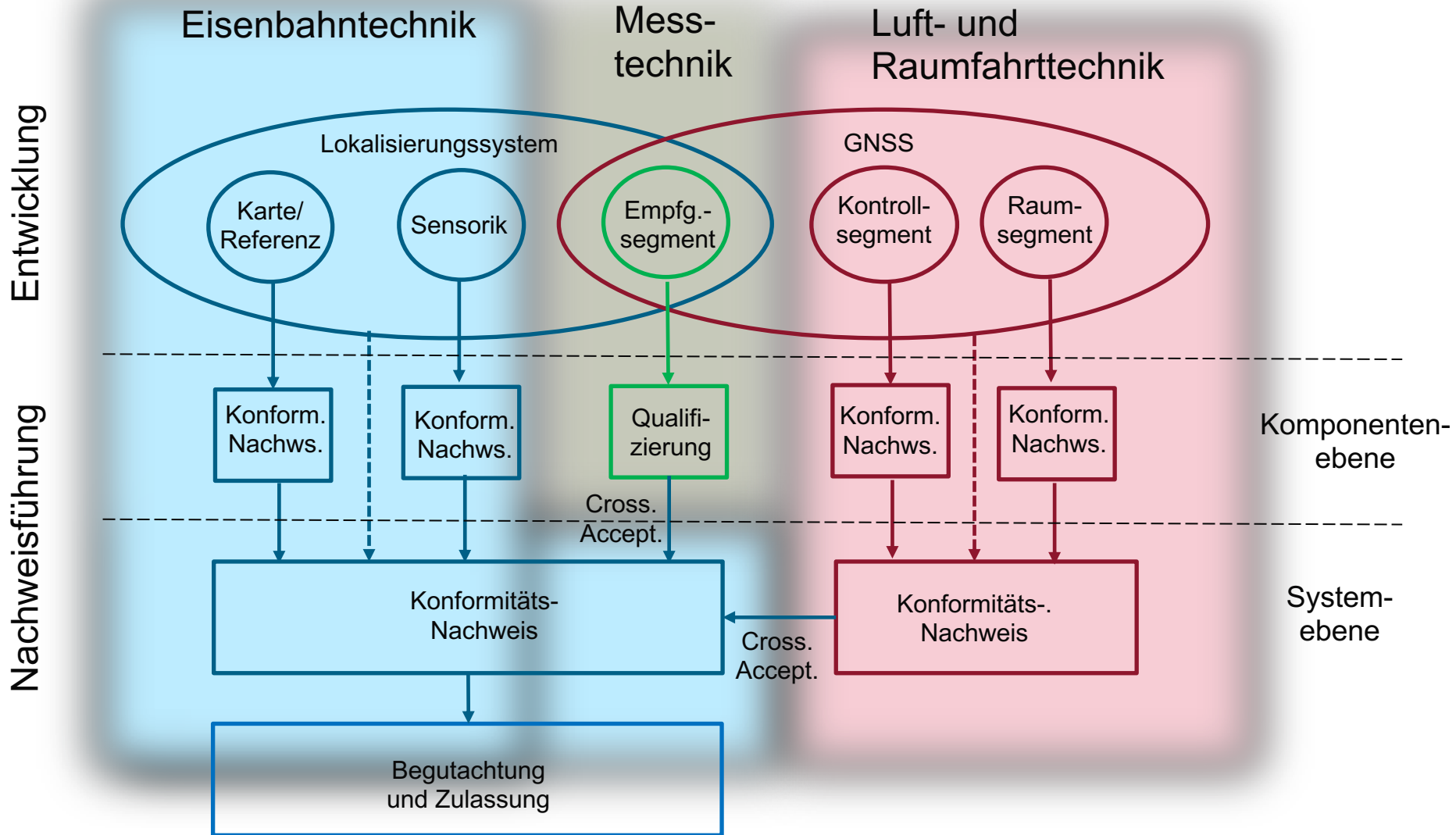
Cross Acceptance (Archive) - Status Jan 2016

In order to facilitate, improve and develop international rail transport services and the progressive creation of the internal market in equipment and services for the construction, renewal, upgrading and operation of the rail system, *the principle of mutual recognition* of the national rules, the checks against these rules and the associated authorisations to place into service is supported by the Cross-Acceptance Unit works.

<http://www.era.europa.eu/Core-Activities/Cross-Acceptance/Pages/home.aspx>

Konzept der Nachweisführung

Mehr Ebenen Ansatz der Domänenintegration



Konzept der Nachweisführung

Mehr Ebenen Ansatz der Domänenintegration mittels Cross Acceptance

Galileo Systembetreiber

GNSS-Verordnung Council Regulation (EC) No 683/2008
Verordnung (EG) Nr. 876/2002 des Rates und Änderung der Verordnung (EG) Nr. 683/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates (ABl. L 347 vom 20.12.2013, S. 1).
ISO-9001-Zertifizierung

Satelliten-
Raum und
Kontroll-
Segment

Zertifizierung

In-orbit validation/demonstration –
Mission design, integration and
implementation (Research and Innovation
action) – SPACE-18-TEC-2019-2020

KBS akkreditiert
nach
DIN EN ISO/IEC
17065

Zertifizierung nach
DIN EN ISO/IEC 17065

Prüflabor
akkreditiert nach
DIN EN ISO/IEC
17025

Satelliten-
empfänger

Qualifizierung nach
EN 61108-3:2010, EN 16803-1 (Draft),
ETSI TR 101593 (Entwurf), ETSI EN303-413
ION STD 101, ISO 17123-8,
JRC 51300 und
RTCA DO 229
Eigener Ansatz

Konzept der Nachweisführung

GNSS Empfänger – Beispiele für Qualifizierungsnormen

- EN 16803 -Anwendung von GNSS-basierter Ortung für Intelligente Transportsysteme (ITS) im Straßenverkehr 2016-12 Teil 1: Definitionen und Systemtechnikverfahren für die Festlegung und Überprüfung von Leistungsdaten Projekt 2017, Teil 3: Feldtests zur Überprüfung der sicheren Leistungen von GNSS-basierten Ortungsendgeräte
- ETSI TR 101 593 (Entwurf), Satellite Earth Stations and Systems (SES); Global Navigation Satellite System (GNSS) based location systems; Minimum performance and features
- ETSI TS 103 246 Part 5 V1.1.1 (2016-01) Satellite Earth Stations and Systems (SES); GNSS based location systems; Part 5: Performance Test Specification
- ETSI EN 303-413 Satellite Earth Stations and Systems (SES); Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers;...
- ION STD 101 Recommended Test Procedures for GPS
- ISO 17123-8, Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 8: GNSS field measurement systems in real-time kinematic (RTK)
- JRC TN 51300 Area measurement validation scheme. Luxembourg, 2009.

Konzept der Nachweisführung

Problematik der Qualifizierungsnormen im Bodenverkehr

Conclusions



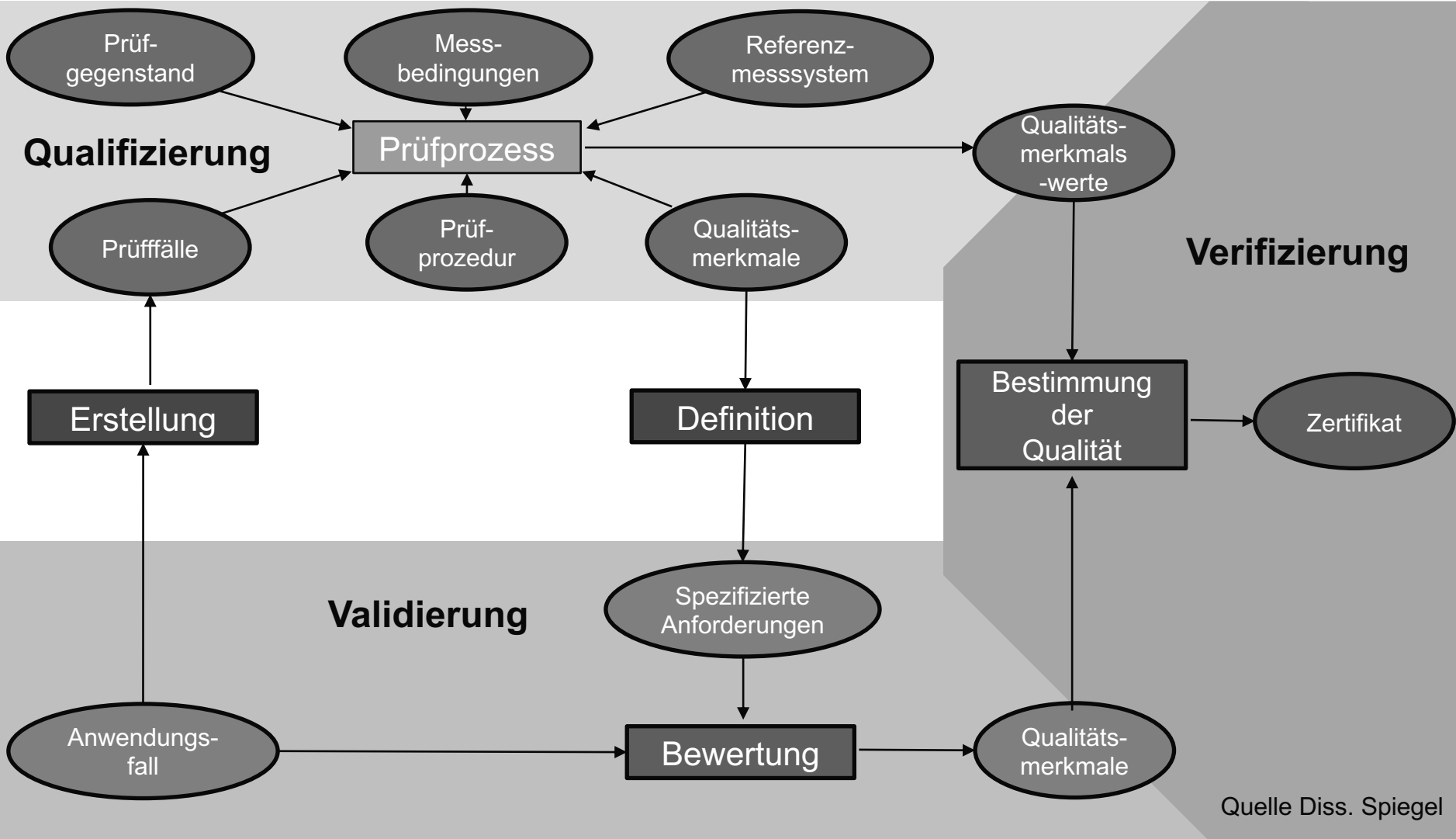
- GNSS will be an key enabling technology for highly automated driving
- PPP-RTK based on dual-frequency, multi-constellation GNSS will provide robust high precision and integrity
- Receiver an Reverence Network need to be designed for safety and security.
- Location information needs “100% trustworthiness”
 - Aviation standards do not consider local effects enough
 - Scenarios from ITS Standards are not sophisticated enough
- Existing Standards can build the basis for further developments



Quelle: Standardisierung im Bereich der Satellitennavigation und deren Anwendbarkeit für hochautomatisiertes Fahren
Roland Bauernfeind, NavCert GmbH
Safe.Tech 2018

Konzept der Nachweisführung

Bestandteile einer generischen Prüfprozedur zur Qualifizierung von Satellitenempfängern

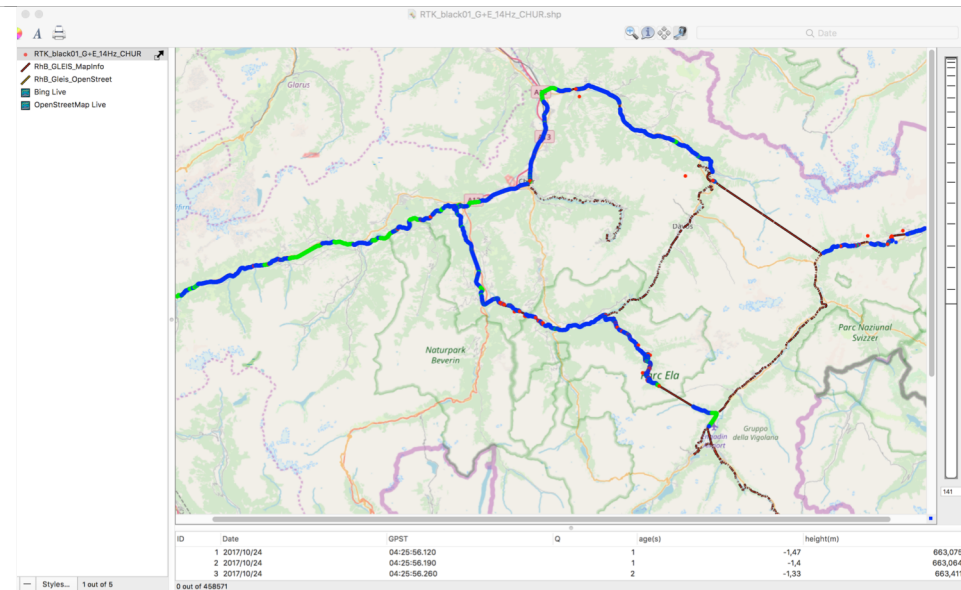
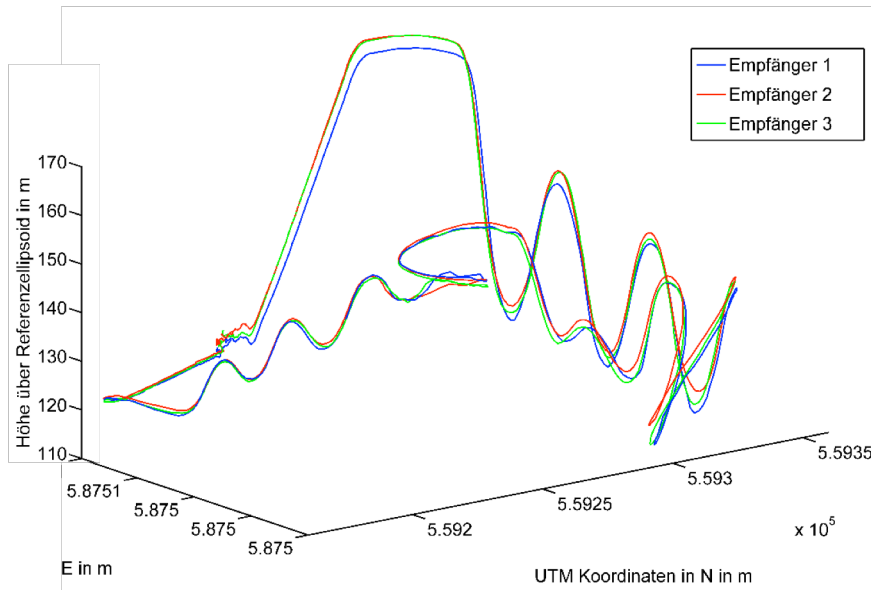


Konzept der Nachweisführung

Qualifizierung von Satellitenempfängern



Beispielhafte
Qualifizierung von
Satellitenempfängern
mit referenzierten
Trajektorien



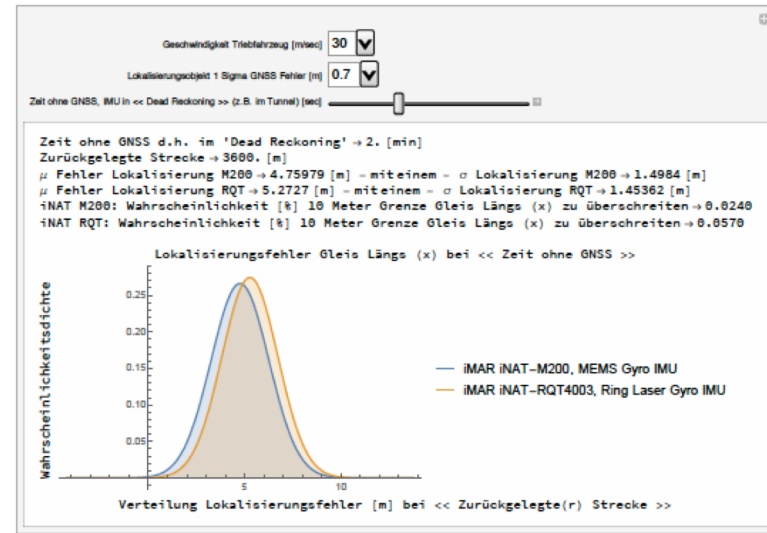
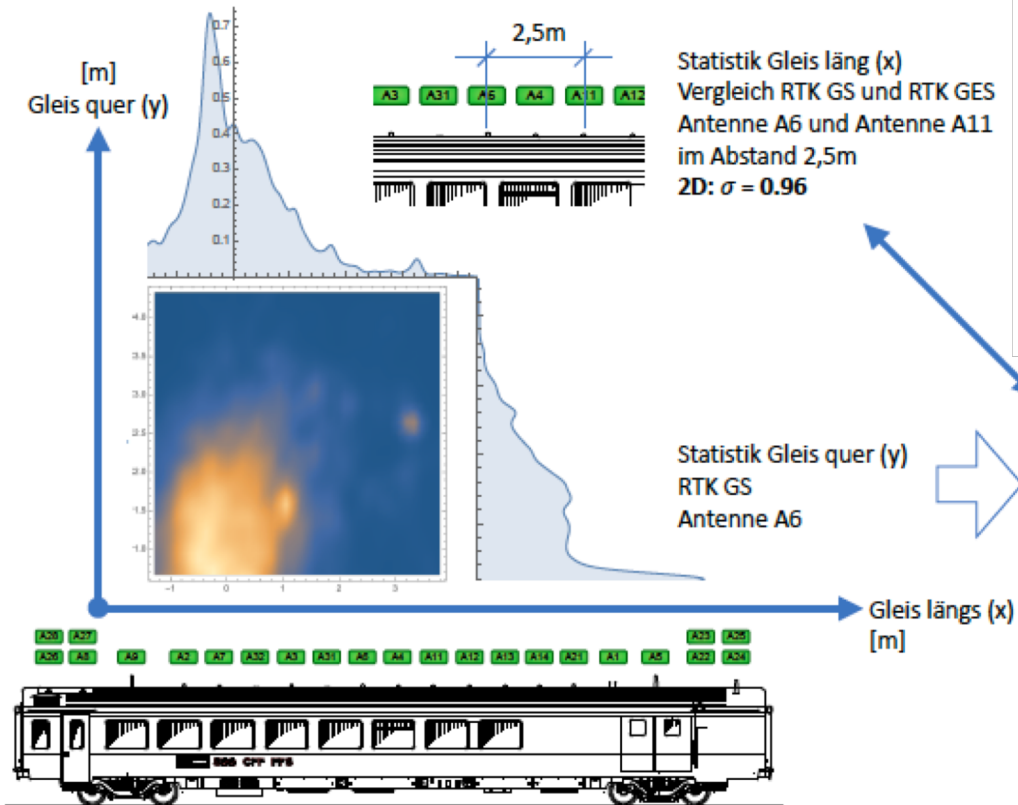
Quelle Diss. Spiegel

Erfassung von Echtzeit-Ortungsdaten bei der RhB

Konzept der Nachweisführung

Qualifizierung von Satellitenempfängern

Ergebnisse von SBB-Versuchsfahrten



Rayleigh Verteilung
Skalen Parameter = 1,01343
und einer Standardabweichung $\sigma = 0,66$

$$\sqrt{2 * 0.66^2} = 0.933$$

Quelle: m2c-GLAT-Projekt



Machbarkeitsstudie zu Lokalisierungstechnologien

„Die genaue Lokalisierung von Triebfahrzeugen, Wagen und anderen für den Bahnbetrieb relevanten Objekten bildet ein Schlüsselement von SmartRail 4.0. Aus diesem Grund wurden in einer Studie die möglichen Sensortechnologien, die Fusion von Sensordaten, Sicherheitsanforderungen sowie die Definition von Sensorkombinationen für die Hauptanwendungsfälle abgebildet. Mittels theoretischer Analysen, Feldmessungen und Simulationen konnten wir zeigen, dass die in einem Triebfahrzeug zu verbauende „virtuelle Balise“ mit einer Genauigkeit von 10 Meter machbar ist.

Für die verlässliche Lokalisierung nicht-schienengebundener Objekte sowie beim gleisgebundenen „Tag“ (zur Detektion des Zugsendes beispielweise) sind jedoch noch weitere Vertiefungen und zusätzlich technologische Entwicklung nötig.“

Le Canard enchaîné vom 21.März 2018

- wenn man genau weiß, wo die Züge sind, wird die Rechnung einfacher!



21 März 2018

Karikatur Dutreix mit freundlicher Erlaubnis der Redaktion Le Canard enchaîné