

Zuverlässige drahtlose Kommunikation in der Industrie - Bedeutung und Herausforderungen

22. VDE/ITG
Fachtagung Mobilkommunikation
9. - 10. Mai 2017, Osnabrück

Dr.-Ing. Lutz Rauchhaupt

Senior Engineer
Wireless in Automation

Institut für Automation und
Kommunikation e.V. Magdeburg

Werner-Heisenberg-Str. 1

39106 Magdeburg

Tel. +49 39 19 90 14 95

Fax: +49 39 19 90 15 90

E-mail: lutz.rauchhaupt@ifak.eu



1. Betrachtungsraum
2. Ursprung der Anforderungen
3. Beherrschung der Vielfalt
4. Funkkommunikation und Industrie 4.0
5. Marke INDUSTRIAL RADIO



Die dieser Präsentation zugrunde liegenden Arbeiten wurden zum Teil im Rahmen der Begleitforschung des Förderprogramm IKT-2020 "Zuverlässige, drahtlose Kommunikation in der Industrie (ZDKI)" BZKI durchgeführt. Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 16KIS0303 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Wireless Automation



Quelle: NAMUR

Anforderungen:

- ❑ Hohe Zuverlässigkeit
- ❑ Determinismus
- ❑ Kurze Übertragungszeiten
- ❑ Geringe Datenmengen
- ❑ Security
- ❑ Safety



Quelle: Schildknecht AG

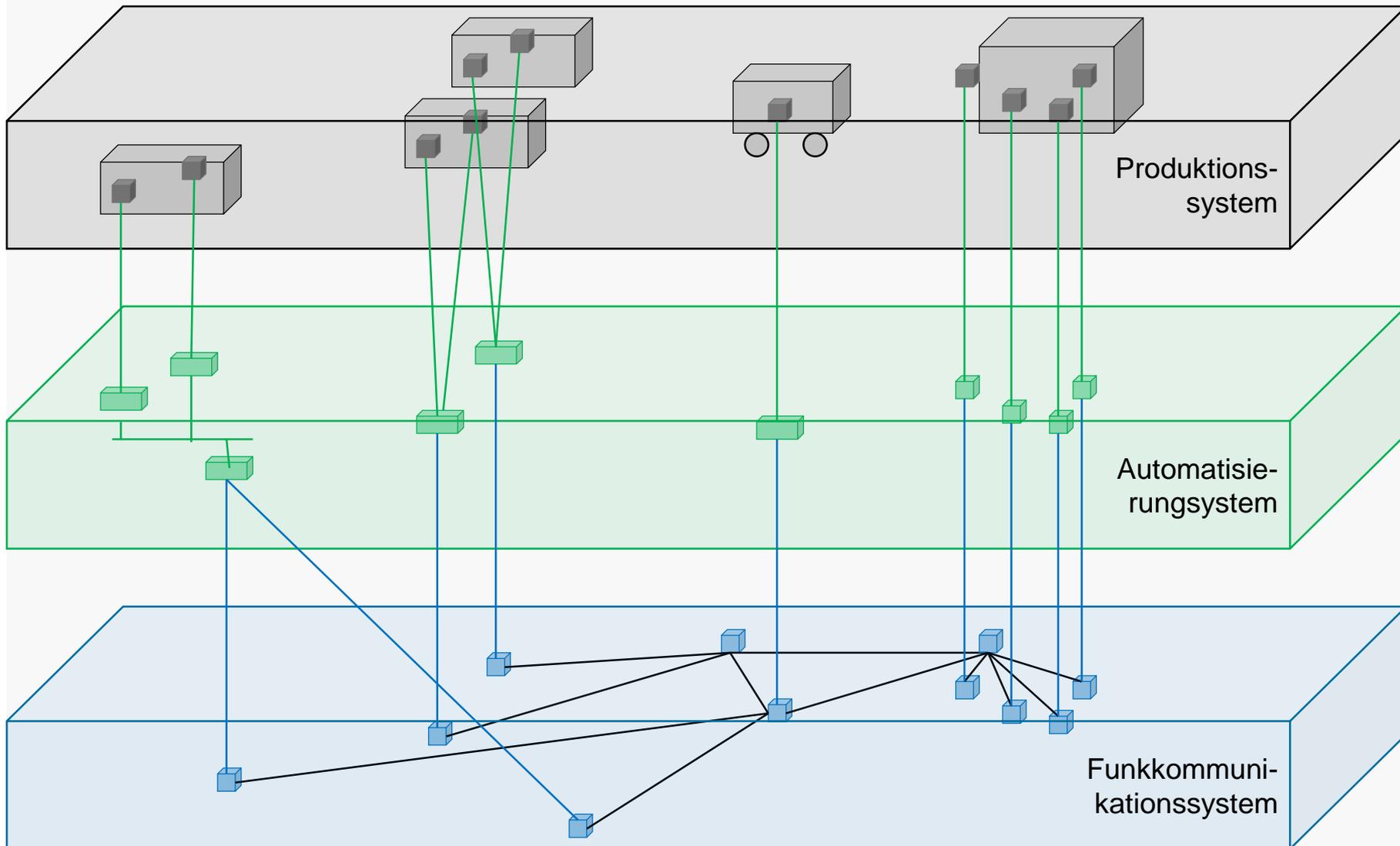
Quelle: ABB



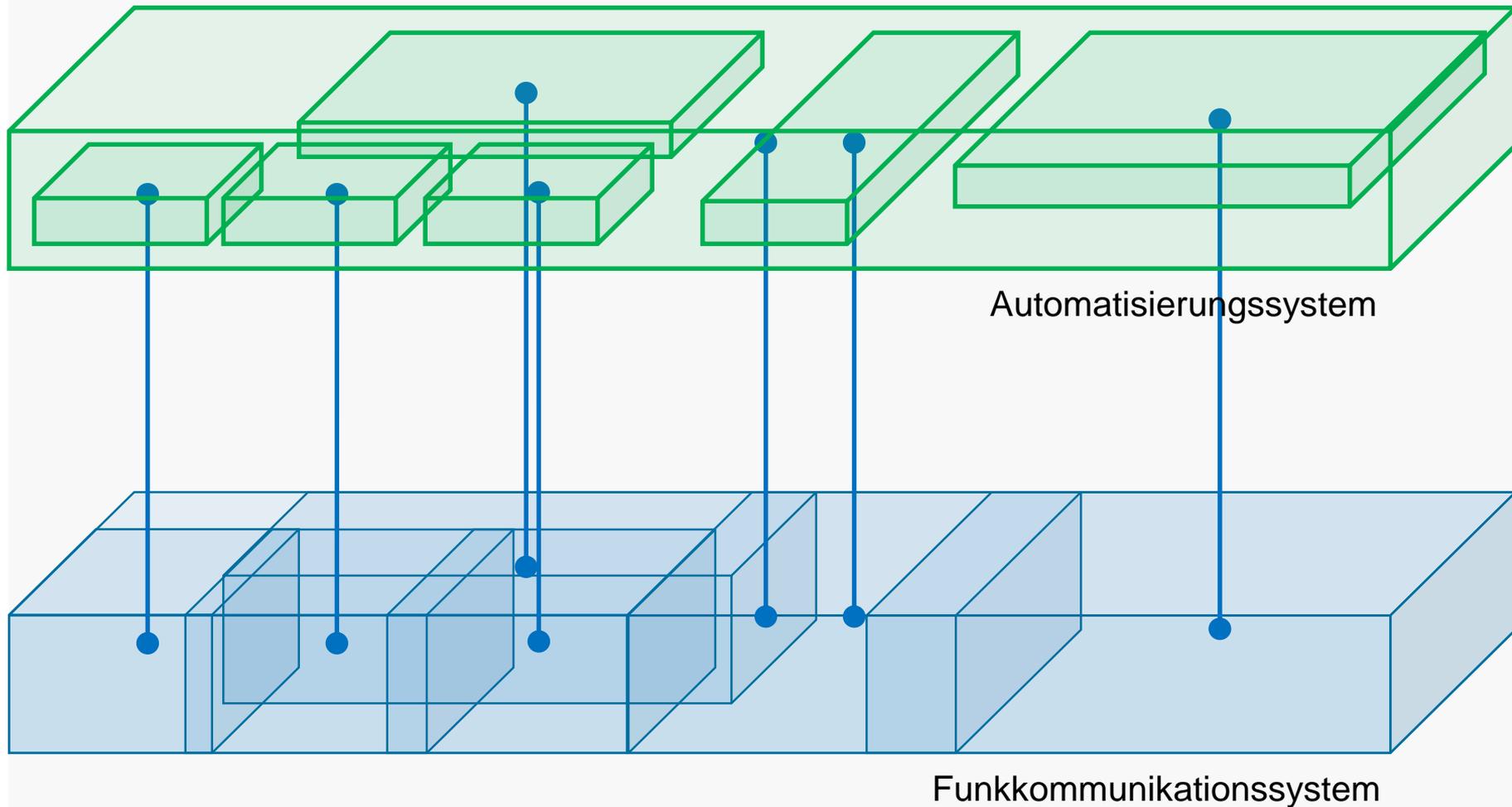
Bedingungen:

- ❑ Schlechte Ausbreitungsbedingungen
- ❑ Industrielle Umgebung (Ex-Bereich)
- ❑ Potenzielle Störer
- ❑ Viele Funkanwendungen

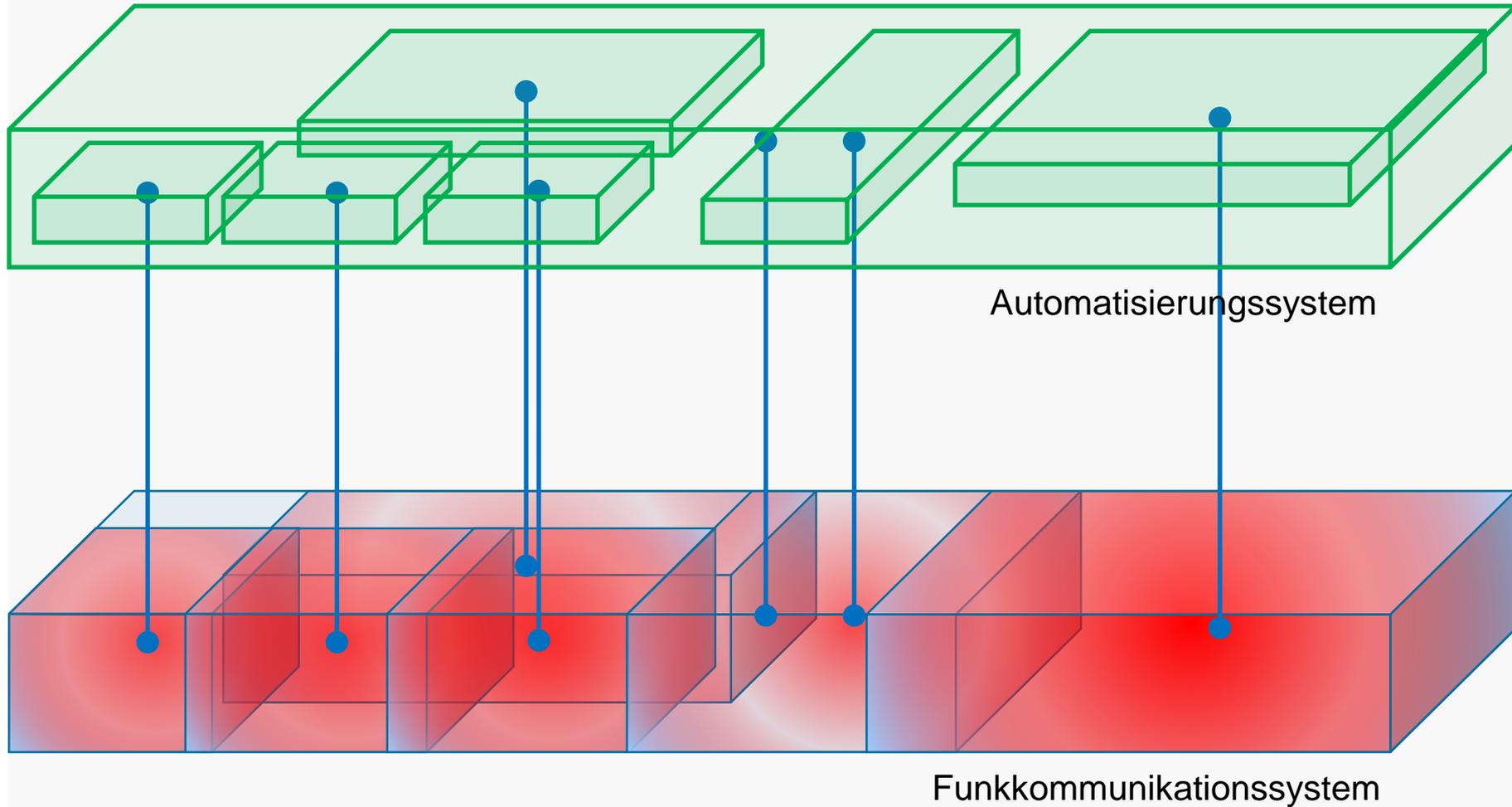
Prinzip der Ableitung eines Funkkommunikationssystems aus einem Produktionssystem



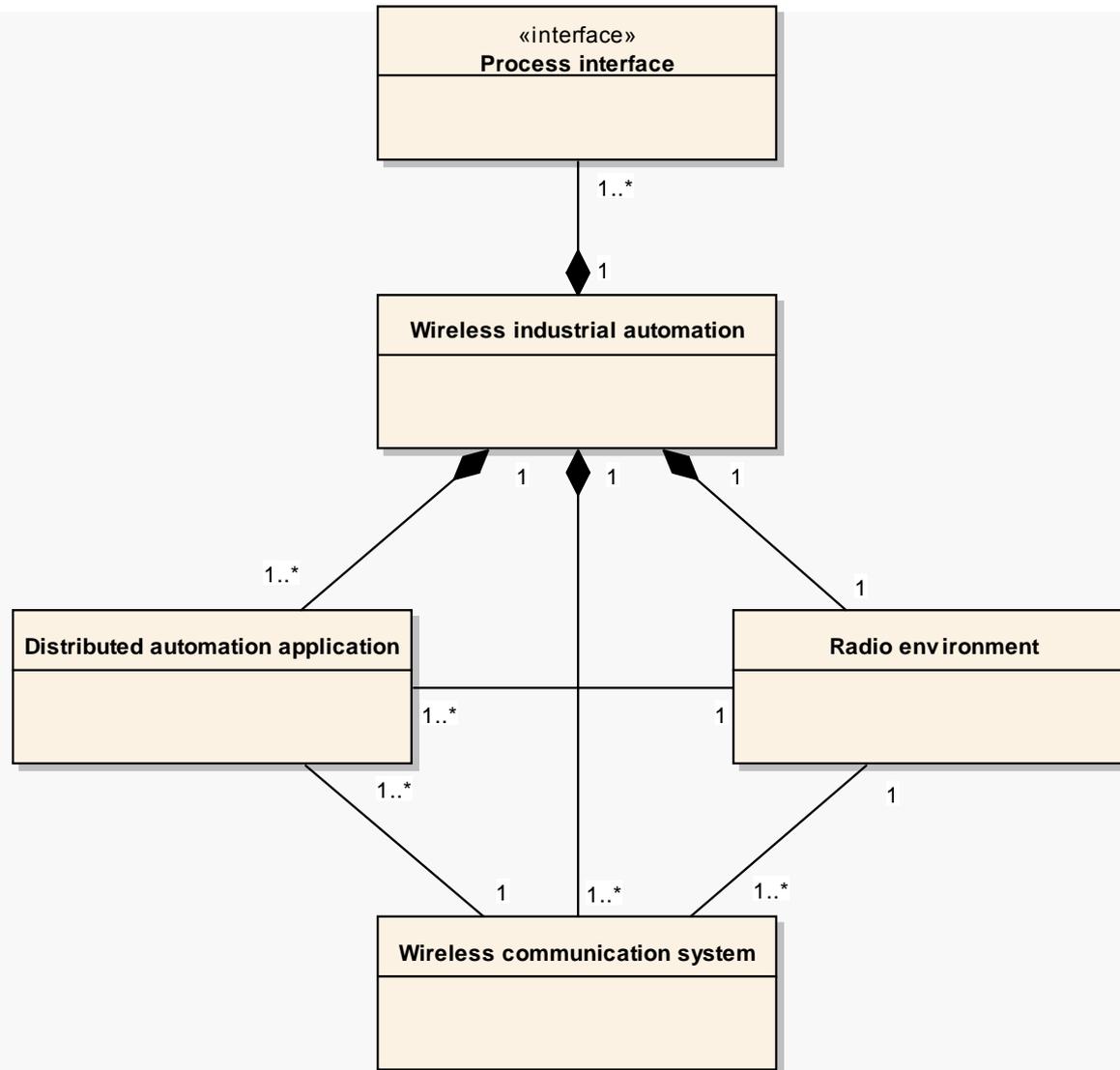
Prinzip der Ableitung von Funkkommunikationssystemen aus verteilten Automatisierungssystemen



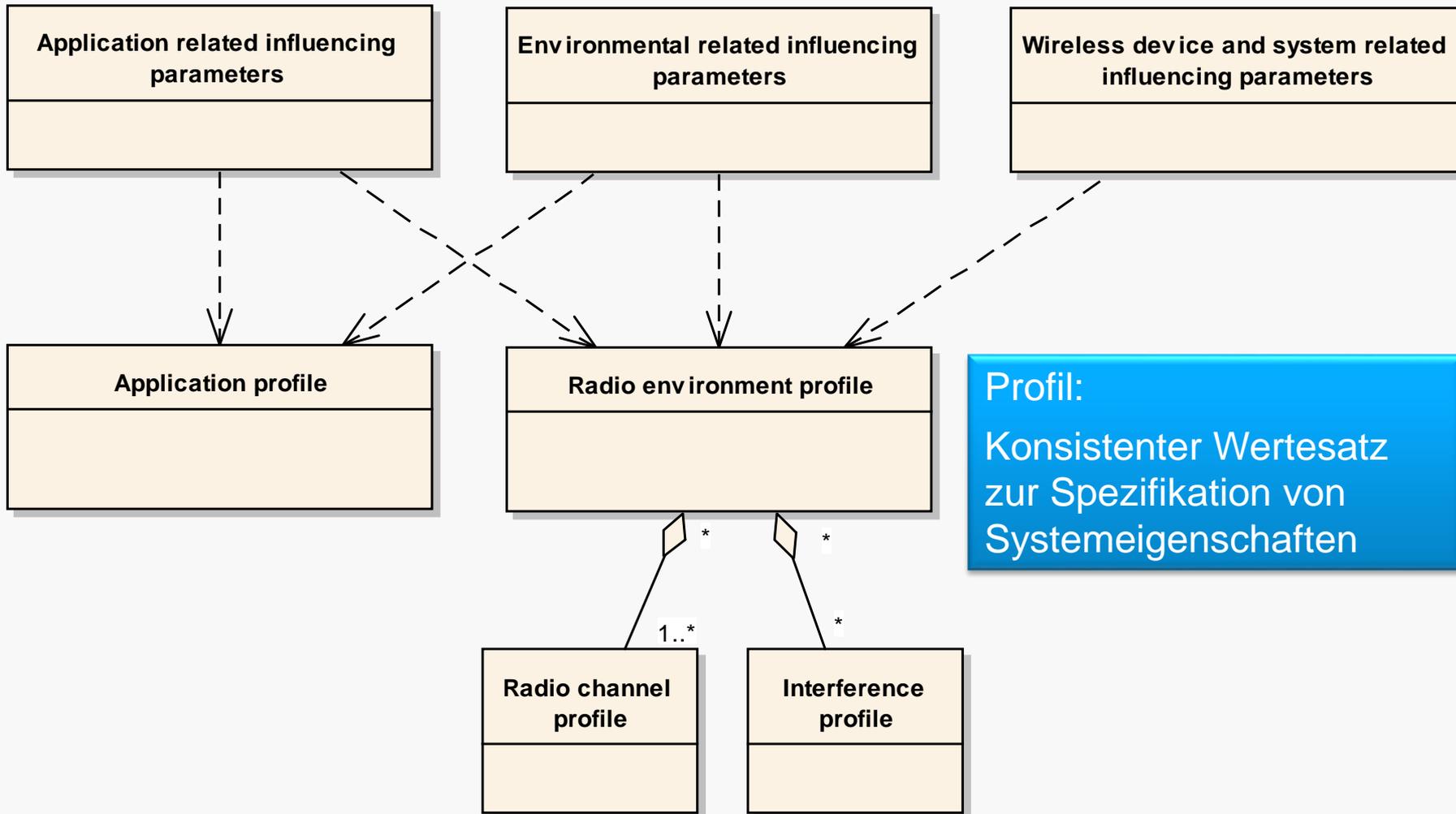
Priorisierte Anwendungen erfordern priorisierte Kommunikation



Elemente einer industriellen Funkanwendung



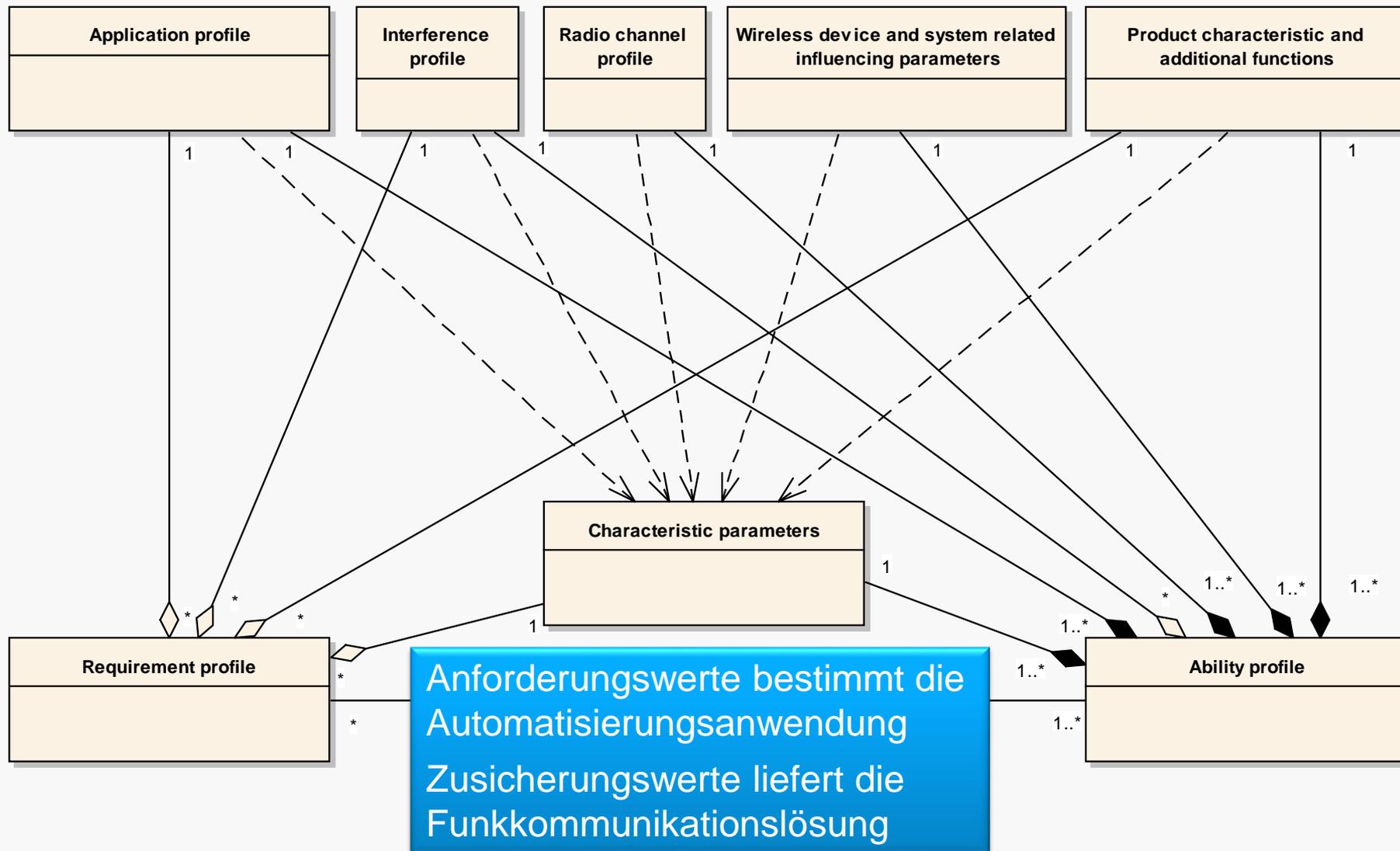
Modell des Betrachtungsraums durch Anwendungs- und Funkumgebungsprofile



Profil:

Konsistenter Wertesatz zur Spezifikation von Systemeigenschaften

Anforderungs- und Fähigkeitsprofile zur zielorientierten Lösungsentwicklung



Produkteigenschaften und zusätzliche Funktionen

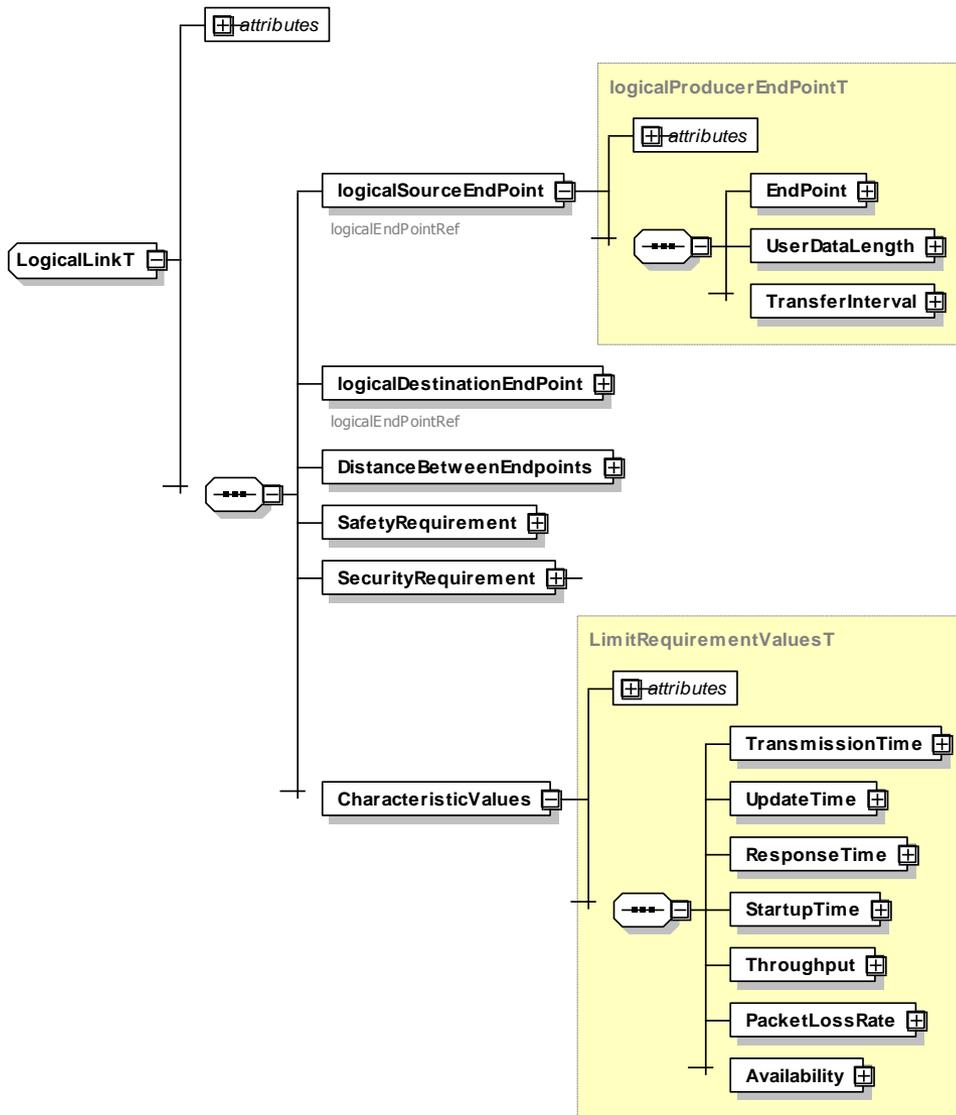
Produkteigenschaften

- Energiebedarf, autarke Energieversorgung
- Baugröße
- Schutzart
- Einsatzfähigkeit in explosionsgefährdeten Bereichen
- Produktpreis, Betriebskosten
- Klimaklasse, Temperaturbereich
- Schock- und Vibrationsfestigkeit
- Gewicht

Zusätzliche Funktionen

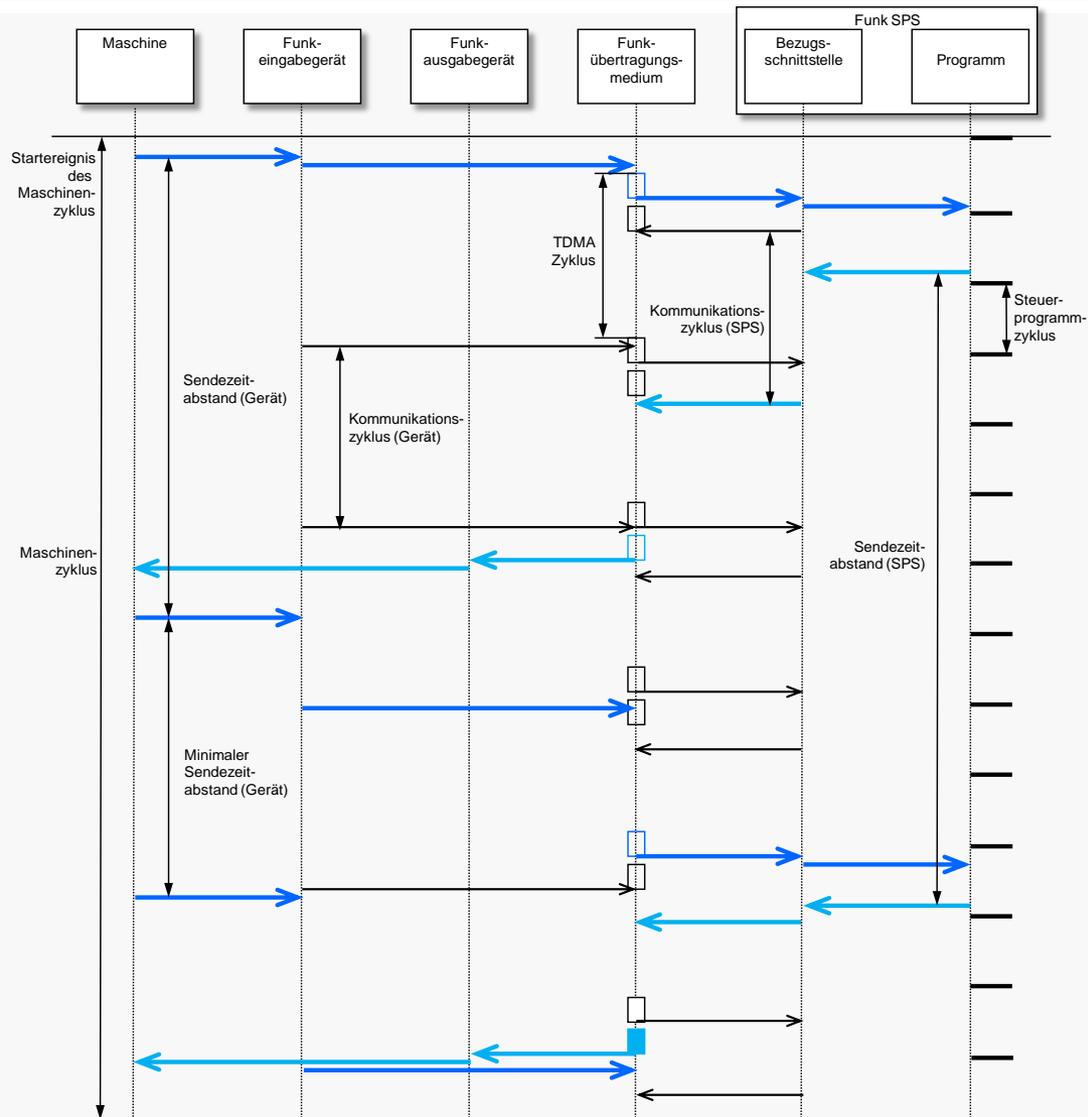
- Lokalisierungsfunktionen
- Plug & Play Funktionen
- Funktionen zur Visualisierung des Kommunikationsstatus an den Nutzer
- Funktionen zum Kommunikationsmanagement
- Funktionen zur Synchronisierung der verteilten Anwendungen

Attribute zur Spezifikation eines Anwendungsprofiles

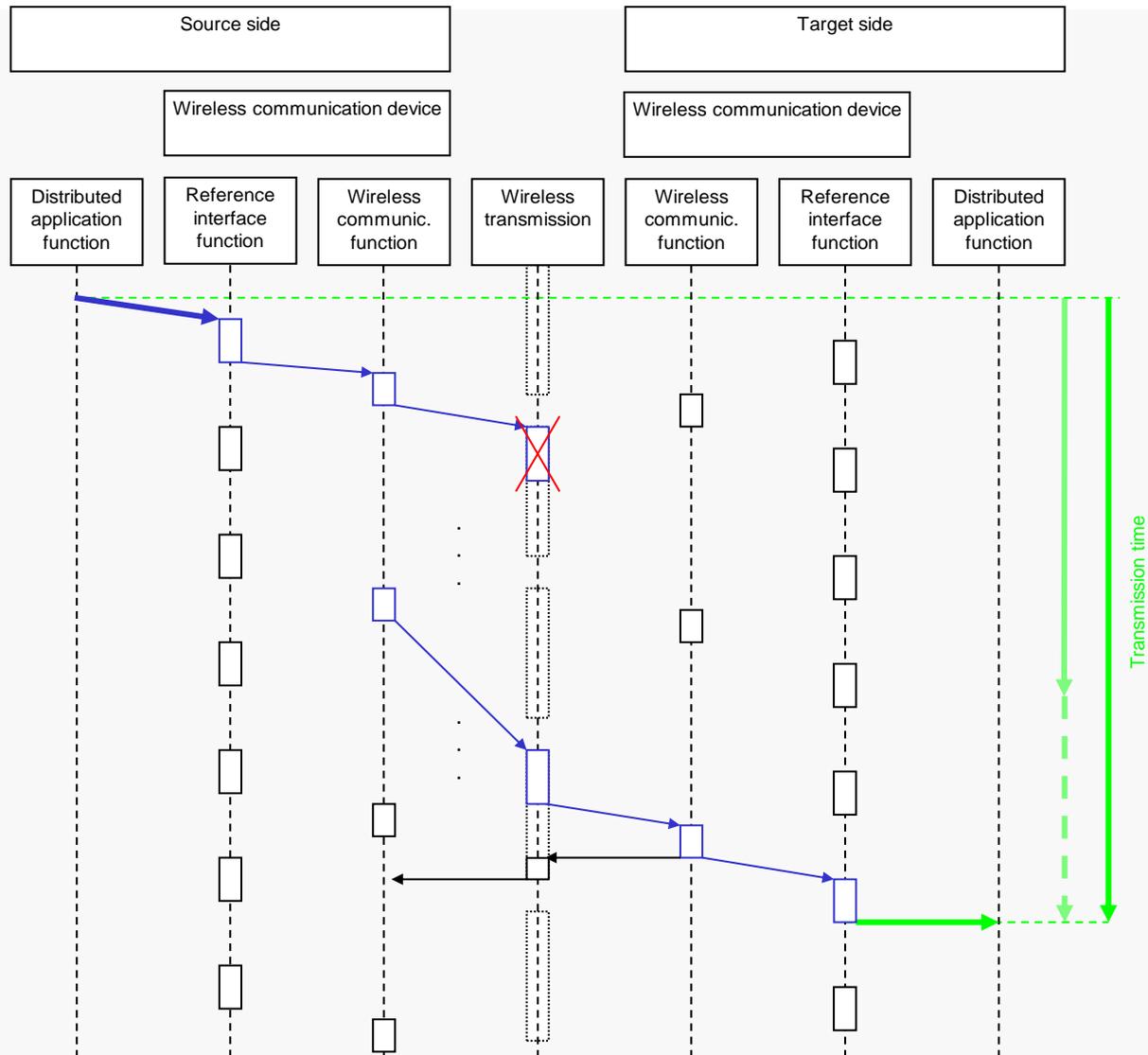


Anforderungswerte bestimmt die Automatisierungsanwendung
Zusicherungswerte liefert die Funkkommunikationslösung

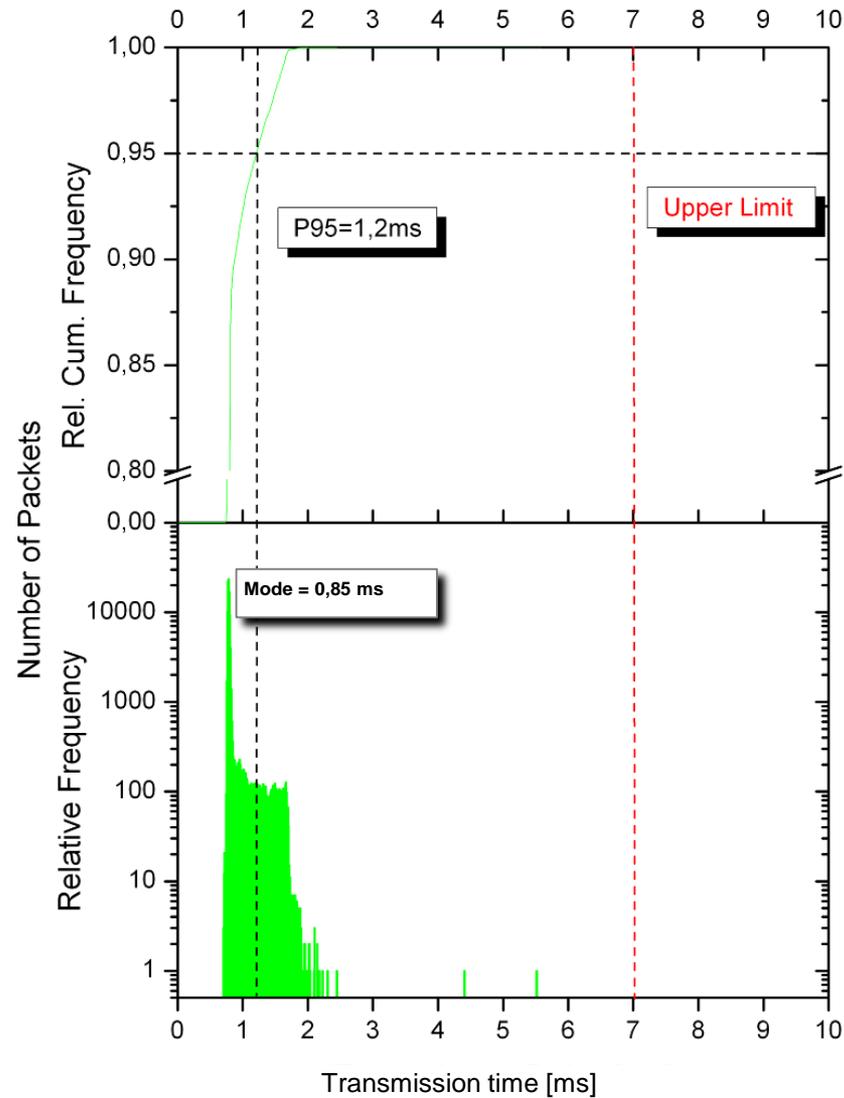
Zeitparameter bei industriellen Funkanwendungen



Übertragungszeit



Statistische Parameter der Übertragungszeit



Statistische Parameter der Übertragungszeit

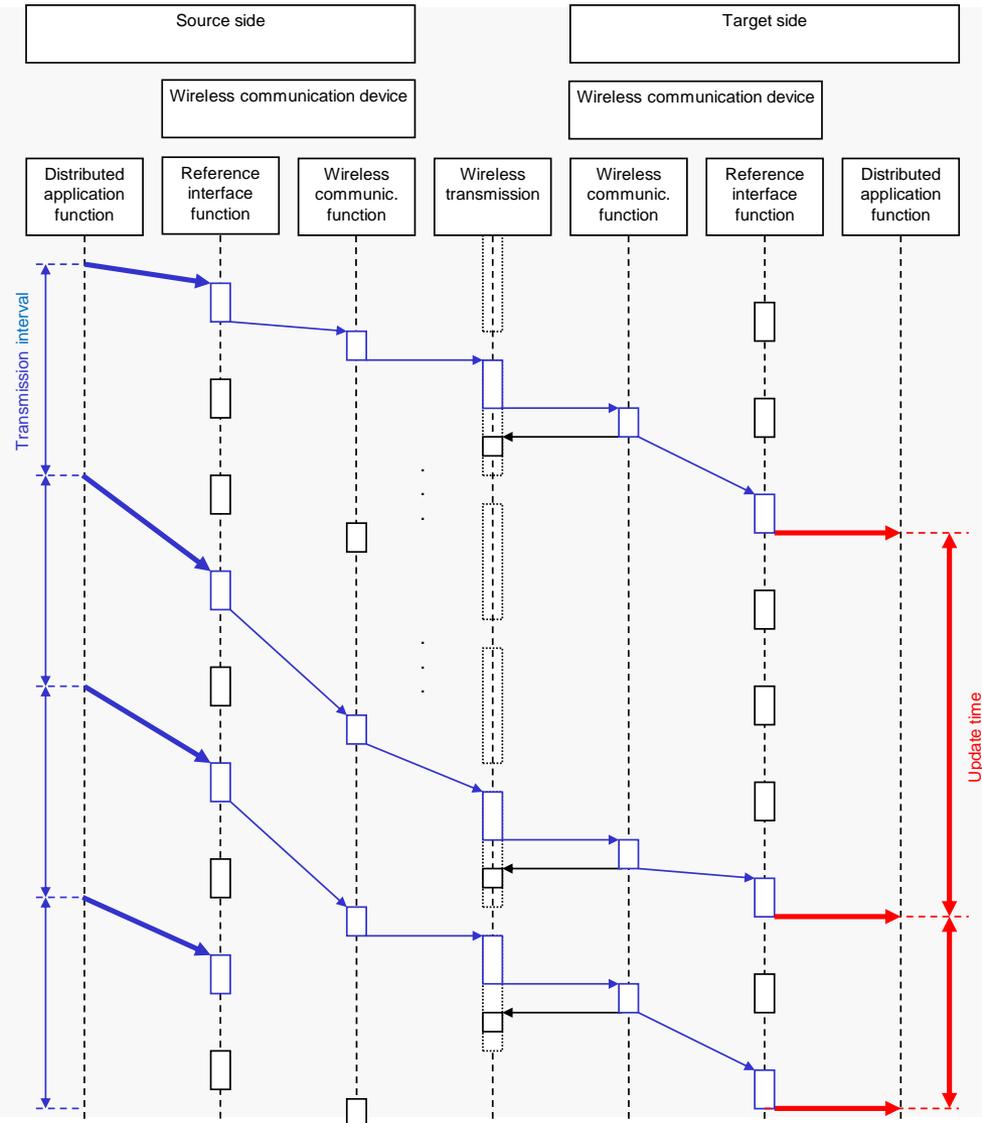
WISA, 5 logische Verbindungen, PROFIBUS Interface

Testfall	Übertragungszeit [ms]			Aktualisierungszeit [ms]						Paket-verlust-rate
	Min.	Max.	P95	Min.	Max.	P95	Mean	SD	Sp	
SUT ohne Störer; TG 2	4,7	9,1	7,3	26,3	33,1	31,0	30,0	1,1	6,8	0 %
SUT ohne Störer; TG 2 (Stp.: 1.000.000)	5,1	10,2	7,7	23,1	37,3	31,2	30,0	1,1	14,2	0 %

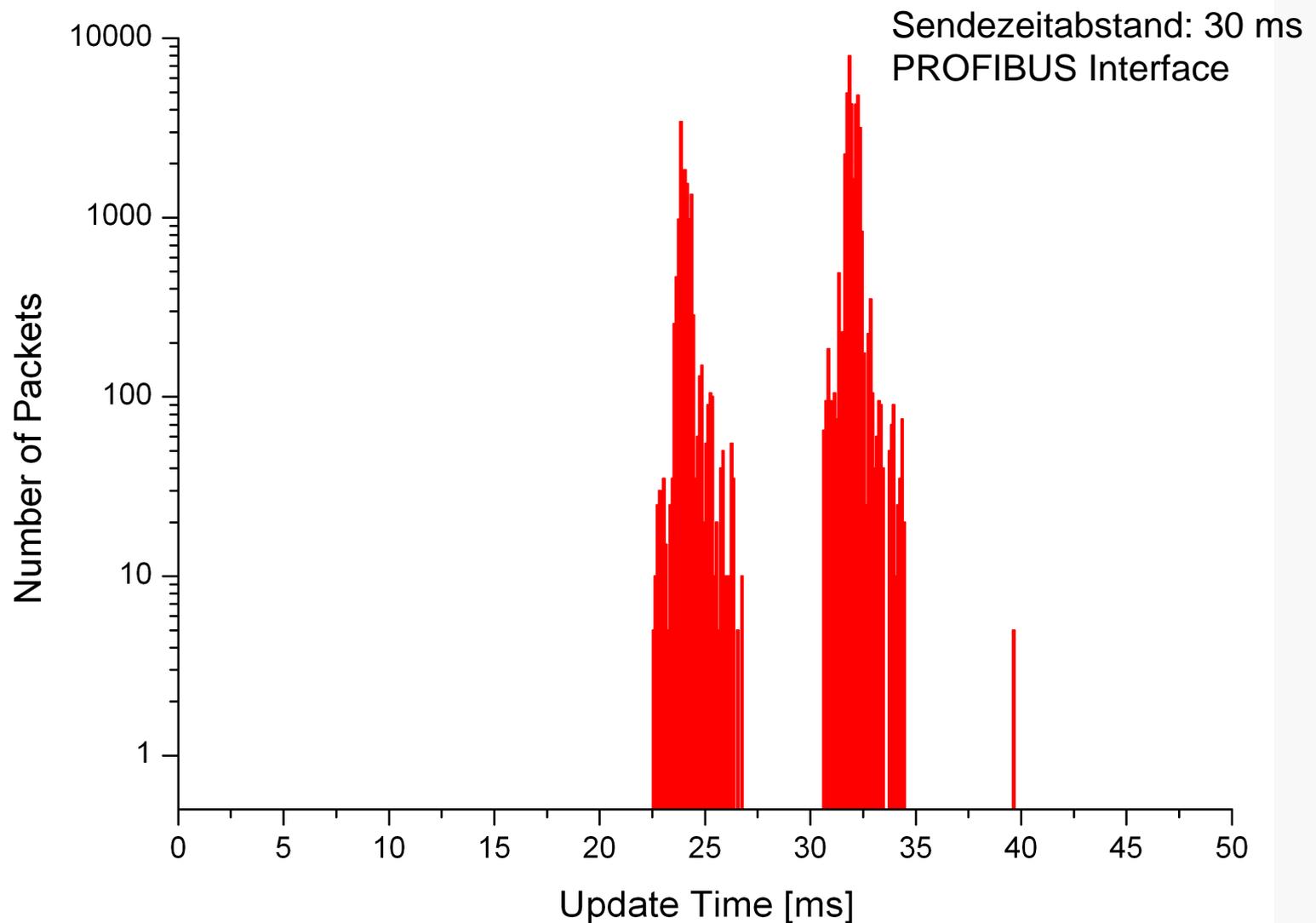
WLAN, 5 logische Verbindungen, PROFINET Interface

Testfall	Übertragungszeit [ms]			Aktualisierungszeit [ms]						Paket-verlust-rate
	Min.	Max.	P95	Min.	Max.	P95	Mean	SD	Sp	
Test-Producer 1	0,7	4,8	0,8	10,9	19,1	15,1	15,0	0,1	8,2	0 %
Test-Producer 2	0,7	1,9	0,8	13,9	16,0	15,1	15,0	0,1	2,1	0 %
Test-Producer 3	0,7	1,6	0,8	14,1	15,9	15,1	15,0	0,1	1,8	0 %
Test-Producer 4	0,7	1,8	0,8	14,0	16,1	15,1	15,0	0,1	2,1	0 %
Test-Producer 1 höherer Knotendichte	0,6	2,4	1,0	13,4	16,6	15,1	15,0	0,1	3,2	0 %

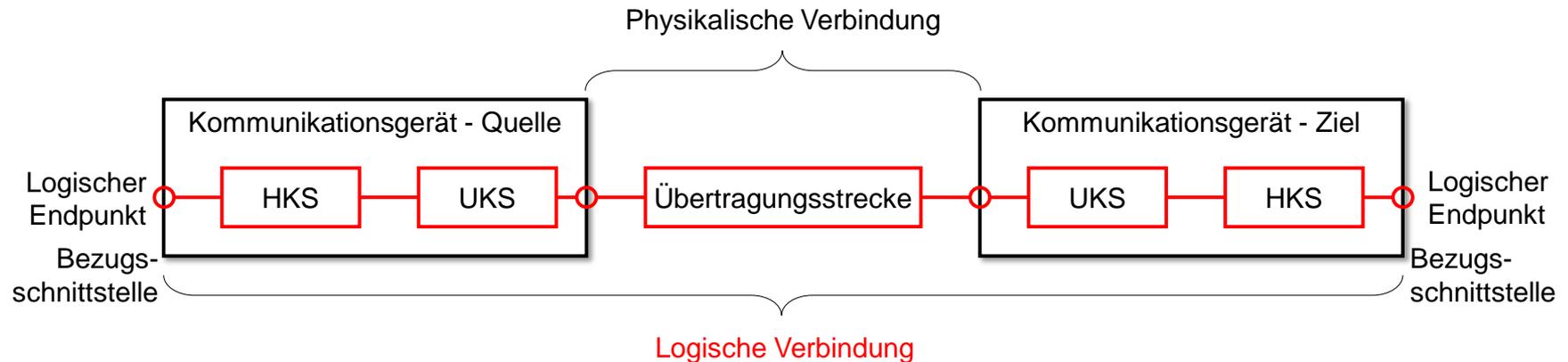
Aktualisierungszeit



Aktualisierungszeit bei Funksystem mit TDMA



Kenngrößenwerte des Zeitverhaltens für eine logische Verbindung

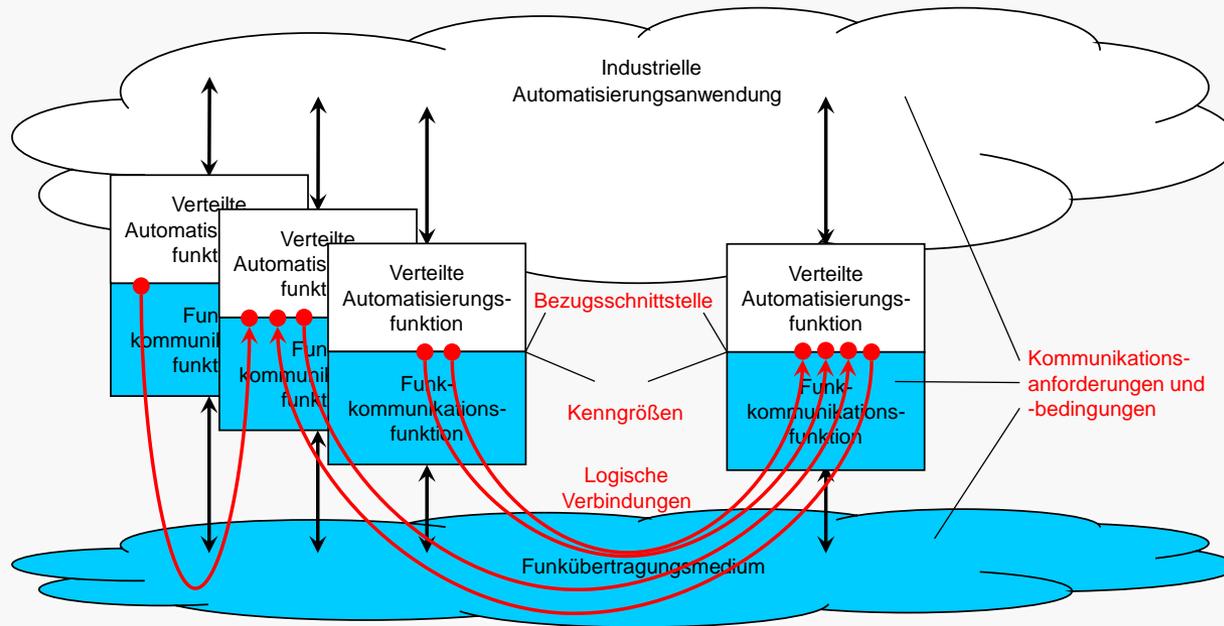


HKS: Höhere Kommunikationsschichten
 UKS: Untere Kommunikationsschichten

	"Cycle time"	"Latenz"	"Round Trip Delay"
Anzahl logischer Verbindungen	1	1	1
Sendezeitabstand			
Mittelwert Aktualisierungszeit [ms]	1	1	0,5
Maximale Übertragungszeit [ms]	1	1	0,5
Maximale Antwortzeit [ms]			
Ohne Nachrichtenbearbeitung	2	2	1

Kenngrößenwerte des Zeitverhaltens

Anwendungsprofil "Maschine oder Fertigungszelle"



	Maschine oder Fertigungszelle	"Cycle time"	"Latenz"	"Round Trip Delay"
Anzahl logischer Verbindungen	16	16	16	16
Sendezeitabstand				
Mittelwert Aktualisierungszeit [ms]	100	1	16	8
Maximale Übertragungszeit [ms]	6,3	0,1	1,0	0,5
Maximale Antwortzeit [ms] Ohne Nachrichtebearbeitung	12,5	0,125	2	1

Kenngrößenwerte der Zuverlässigkeit

	Maschine oder Fertigungszelle	"Cycle time"	"Latenz"	"Round Trip Delay"	Maschine oder Fertigungszelle	"Cycle time"	"Latenz"	"Round Trip Delay"
Anzahl logischer Verbindungen	16	16	16	16	16	16	16	16
Sendezeitabstand	100	1	16	8	100	1	16	8
Mittelwert Aktualisierungszeit [ms]								
Maximale Übertragungszeit [ms]	6,3	0,1	1	0,5	6,3	0,1	1	0,5
Maximale Antwortzeit [ms] Ohne Nachrichtenbearbeitung	12,5	0,125	2	1	12,5	0,125	2	1
Nachrichtenfehlerwahrscheinlichkeit	0,000000001	0,000000001	0,000000001	0,000000001	0,001	0,001	0,001	0,001
Verfügbarkeit pro Jahr	0,999999999	0,999999999	0,999999999	0,999999999	0,999	0,999	0,999	0,999
Klarzeit [s] pro Jahr	31.536.000	31.536.000	31.536.000	31.536.000	31.504.464	31.504.464	31.504.464	31.504.464
Klarzeit [h] pro Jahr	8.760	8.760	8.760	8.760	8.751	8.751	8.751	8.751
Unklarzeit [s] pro Jahr	0,032	0,032	0,032	0,032	31.536,000	31.536,000	31.536,000	31.536,000
Unklarzeit [h] pro Jahr	0	0	0	0	9	9	9	9
Nicht nutzbare Nachrichten pro Jahr	5	505	32	63	5.045.760	504.576.000	31.536.000	63.072.000
Ausfälle pro Jahr bei 3 aufeinanderfolgende nicht nutzbare Nachrichten	0	0	0	0	5	505	32	63

Kenngrößen zur Zuverlässigkeitsbewertung

Zuverlässigkeit

Leistungsmerkmale	Verfügbarkeit	Funktionsfähigkeit	Wiederherstellbarkeit
	Sicherheit	Selbstwiederherstellbarkeit	Dienstgüte

Allgemeine Zuverlässigkeitskenngrößen	Klarzeit	Unklarzeit	BZ bis zum ersten Ausfall
	Betriebszeit bis zum Ausfall	Betriebszeit zwischen Ausfällen	Wiederanlaufzeit
	Ausfallabstand		

Allgemeine wahrscheinlichkeitstheoretische Maßgrößen	Mittlere BZ bis zum Ausfall	Mittlere BZ zwischen Ausfällen
	Überlebenswahrscheinlichkeit	momentane Ausfallrate
	mittlere Ausfallrate	mittlere Klardauer
		mittlere Unklardauer

Zuverlässigkeitskenngrößen der logischen Verbindung	Übertragungszeit	Antwortzeit	Aktualisierungszeit	Datendurchsatz
	AZ korrekt empfangener N	AZ inkorrekt empfangener N		
	AZ verlorener N	AZ empfangener N	unrechtmäßiger Herkunft	

Wahrscheinlichkeitstheoretische Maßgrößen der logischen Verbindung	Restfehlerquote	Restfehlerwahrscheinlichkeit
	N-fehlerwahrscheinlichkeit	N-fehlerquote
	N-verlustwahrscheinlichkeit	N-verlustquote
		N-störquote

Allgemein

Kommunikation

BZ - Betriebszeit; AZ – Anzahl; N - Nachrichten

Standardanwendungsprofile aus der VDI/VDE Richtlinie 2185 Teil 4 (im Druck)

- Maschine oder Fertigungszelle inkl. Schweißanlage
- Fertigungshalle inkl. Hallenkran, Lagerhalle
- Prozessanlage
- Elektrohängebahn
- Seilbahnen
- Roboterarm
- Bedienterminal
- Hafenlogistik
- Hochregallager bzw. Regalbediengeräte
- Folienwickelmaschine
- Kläranlage
- Aufzüge
- Fahrerlose Transportsysteme

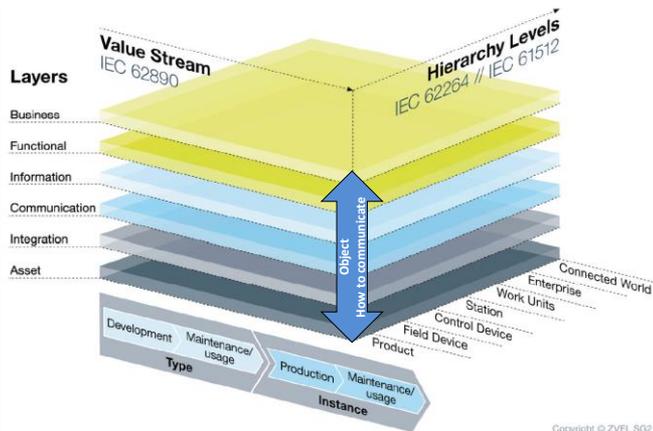
Funkkommunikation für Industrie 4.0

- Weitgehende Vernetzung in der Produktion
- Einbeziehung von Produkten
- Zugang zum globalen Netz
- Steigerung der Flexibilität der Produktion
- Steigerung des Anteils mobiler und beweglicher Produktionsbestandteile

Industrie 4.0 für Funkkommunikation

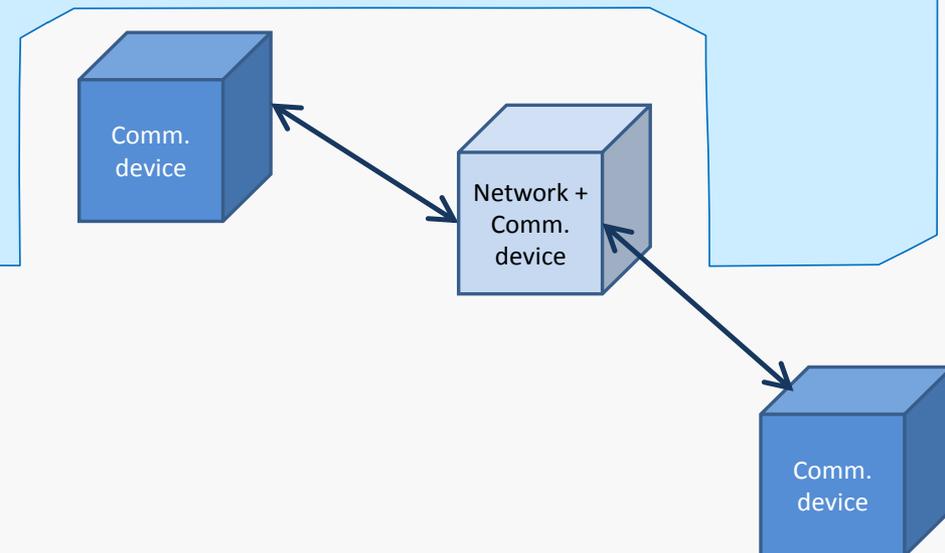
- Virtualisierung der Funkkommunikation
- Nahtlose Planung, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb, Diagnose, ...
- Anwendungsorientiertes Management der Funkkommunikation

Verwaltungsschale "Logische Verbindung"



Administration shell "Logical link"

- Transmission time
- Availability
- User data length
- ...



Synonym für

- **Vielfalt von Anforderungsprofilen** für die drahtlose Übertragung von Nachrichten
→ von mobiler Überwachung bis zur Antriebsregelung
- Keine Toleranz bezüglich der **Erfüllung vereinbarter Gütekriterien**
→ zugesagter Wertesatz berücksichtigt alle Anforderungen und Bedingungen
- **Priorisierte Mediumsnutzung**
→ die Anwendung bestimmt Umfang der Mediumsnutzung
- Fülle von Lösungsmöglichkeiten zur Bereitstellung des **passenden Fähigkeitsprofils**
→ Frequenzspektrum, Funktechnologie, Anwendungsprotokoll
- Methodische Herangehensweise bei der **Entwicklung von Lösungen**
→ Methoden, Geräte, Anwendungen und Anlagen
- **Globaler Einsatz**
→ Unterstützung weltweiter Produktion und Vermarktung