

# 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](mailto: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

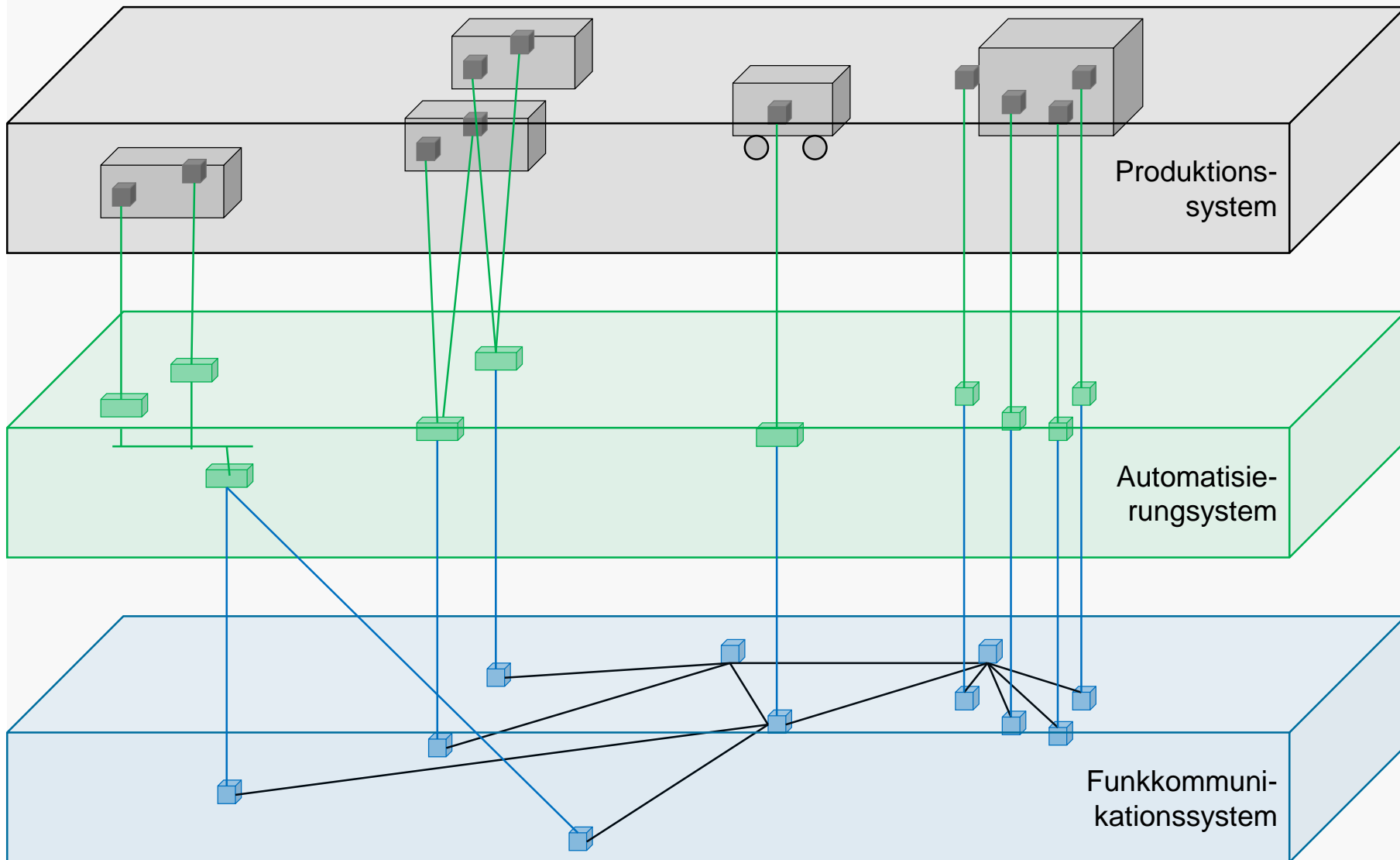
Quelle: ABB



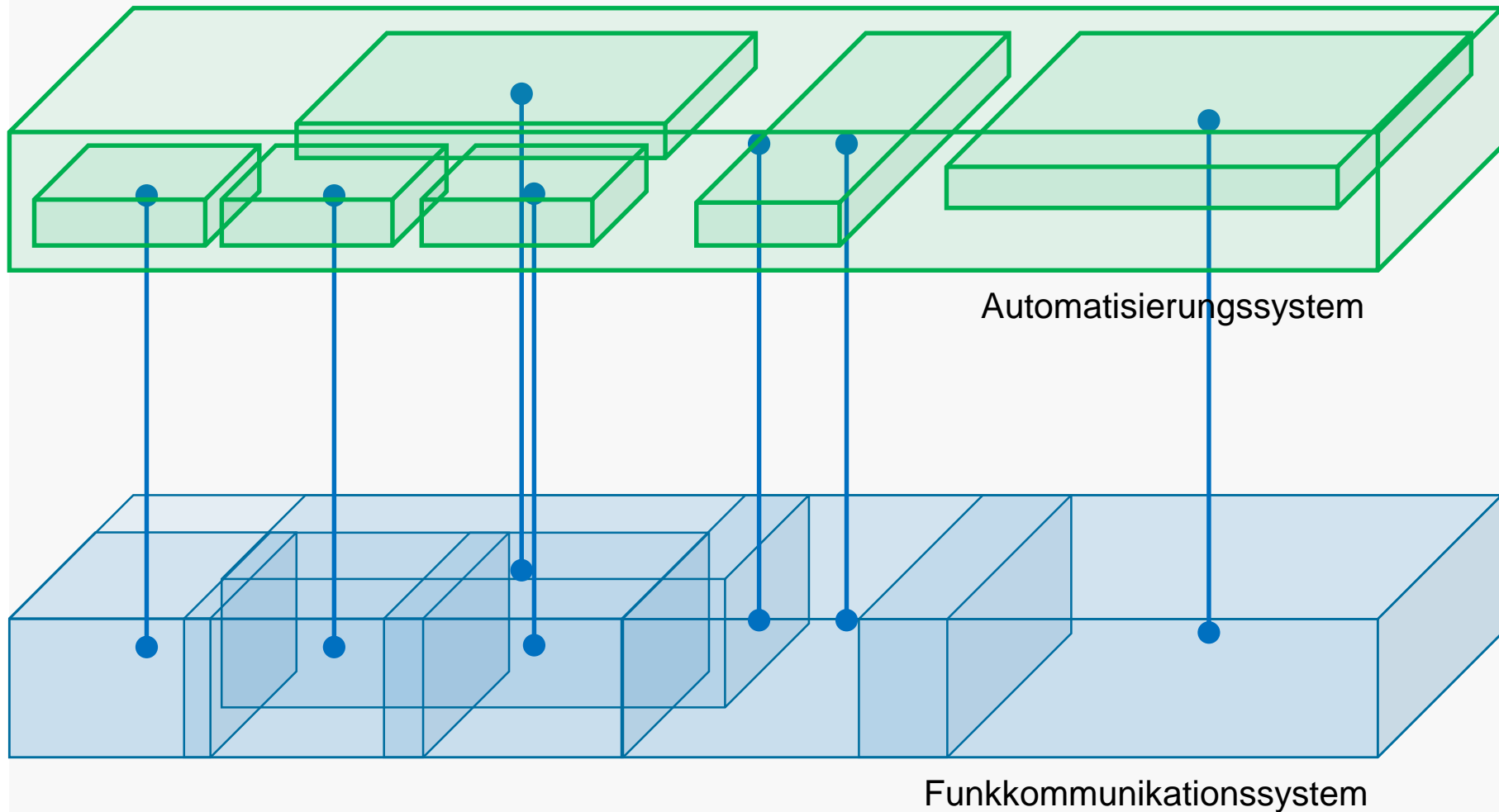
## Bedingungen:

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

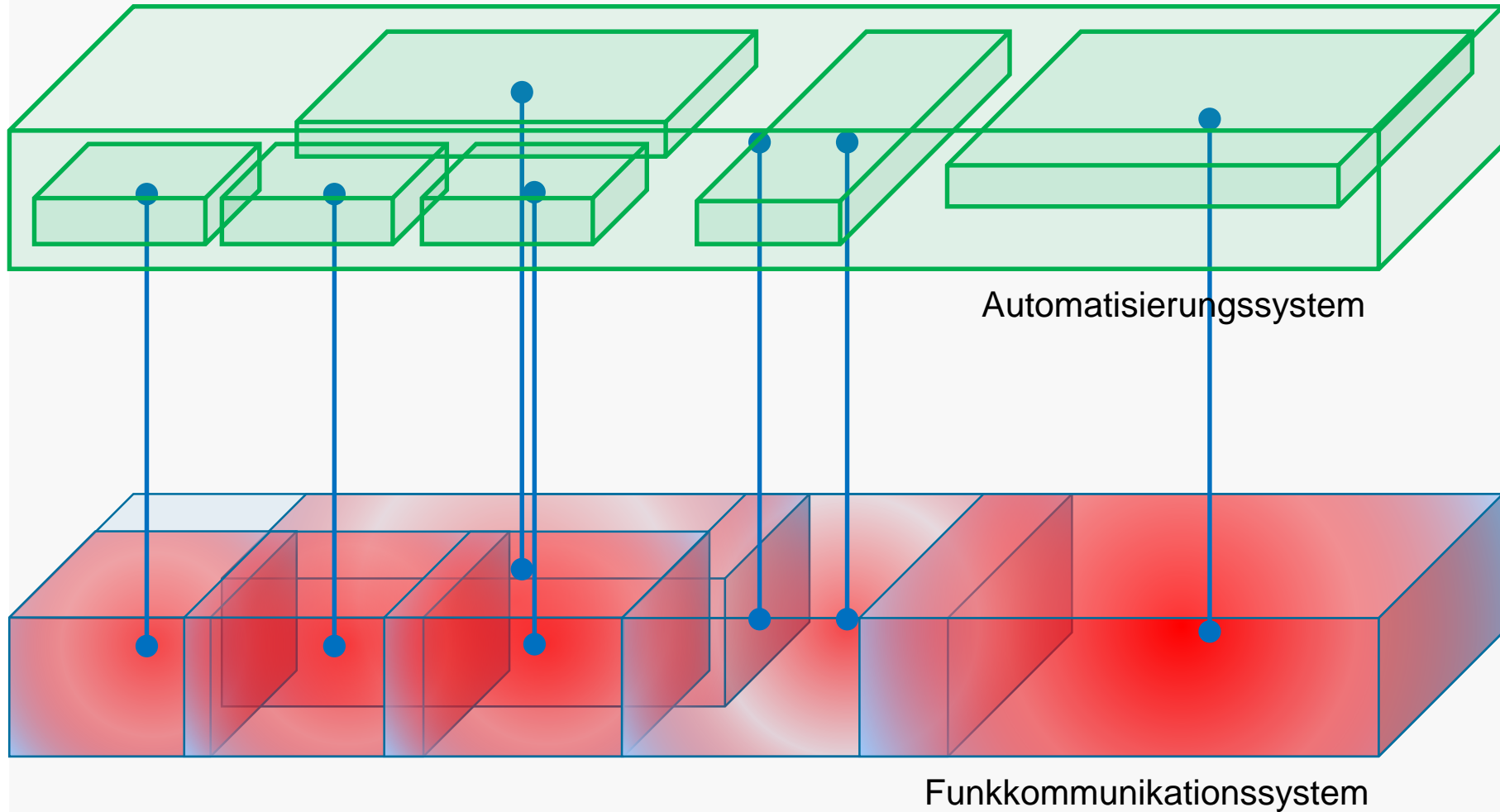
# Prinzip der Ableitung eines Funkkommunikationssystems aus einem Produktionssystem



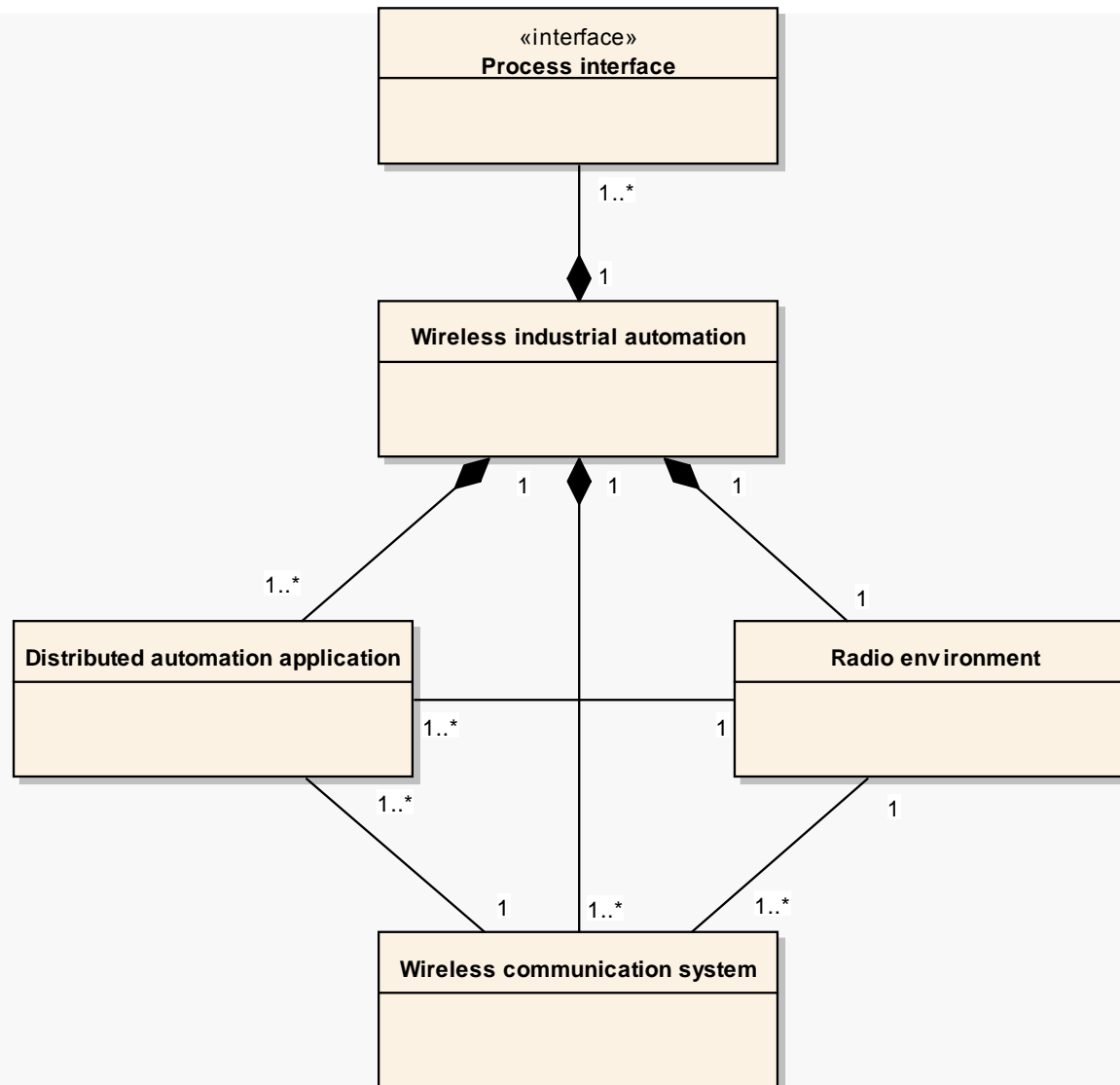
# Prinzip der Ableitung von Funkkommunikationssystemen aus verteilten Automatisierungssystemen



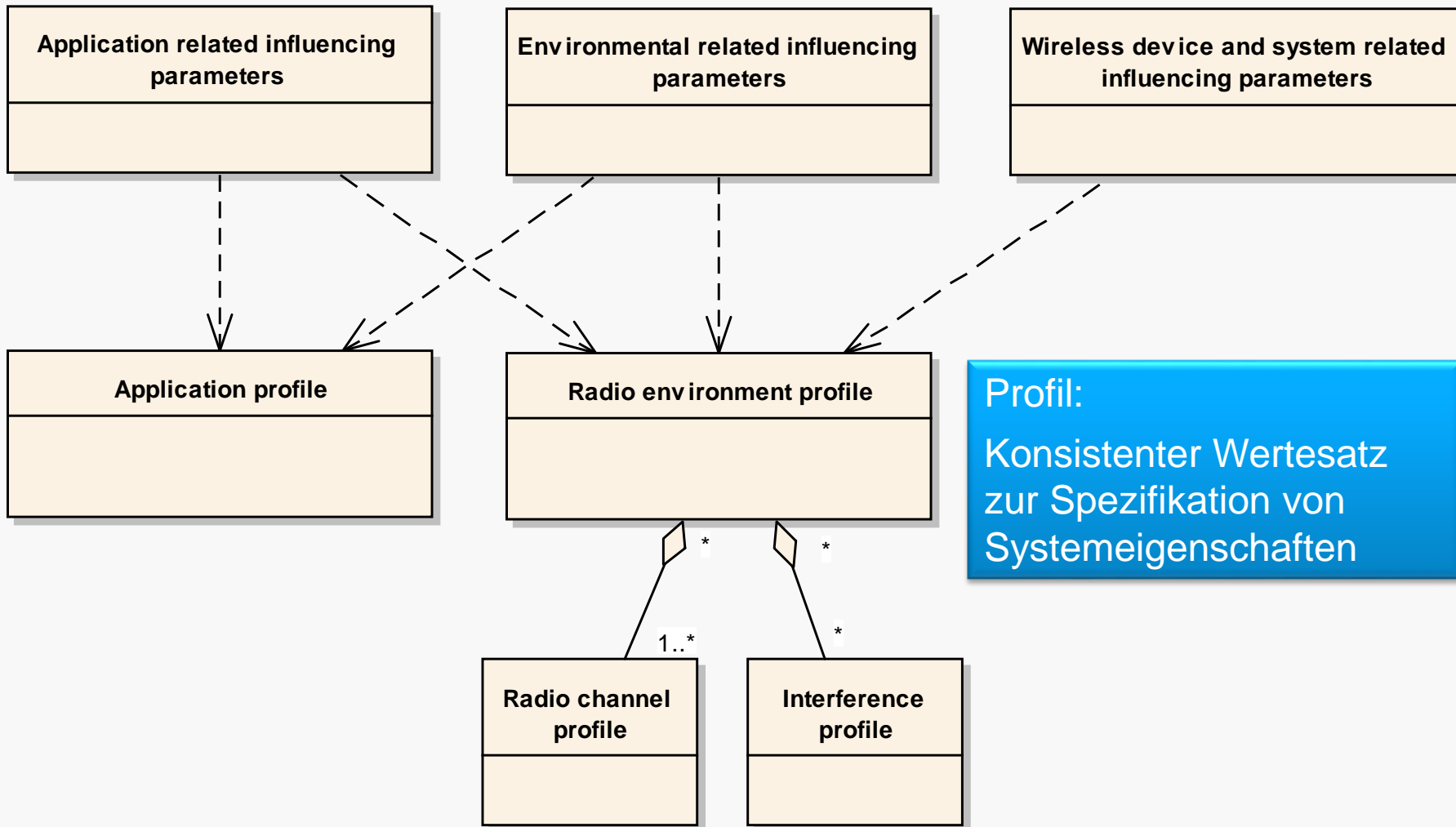
# Priorisierte Anwendungen erfordern priorisierte Kommunikation



# Elemente einer industriellen Funkanwendung



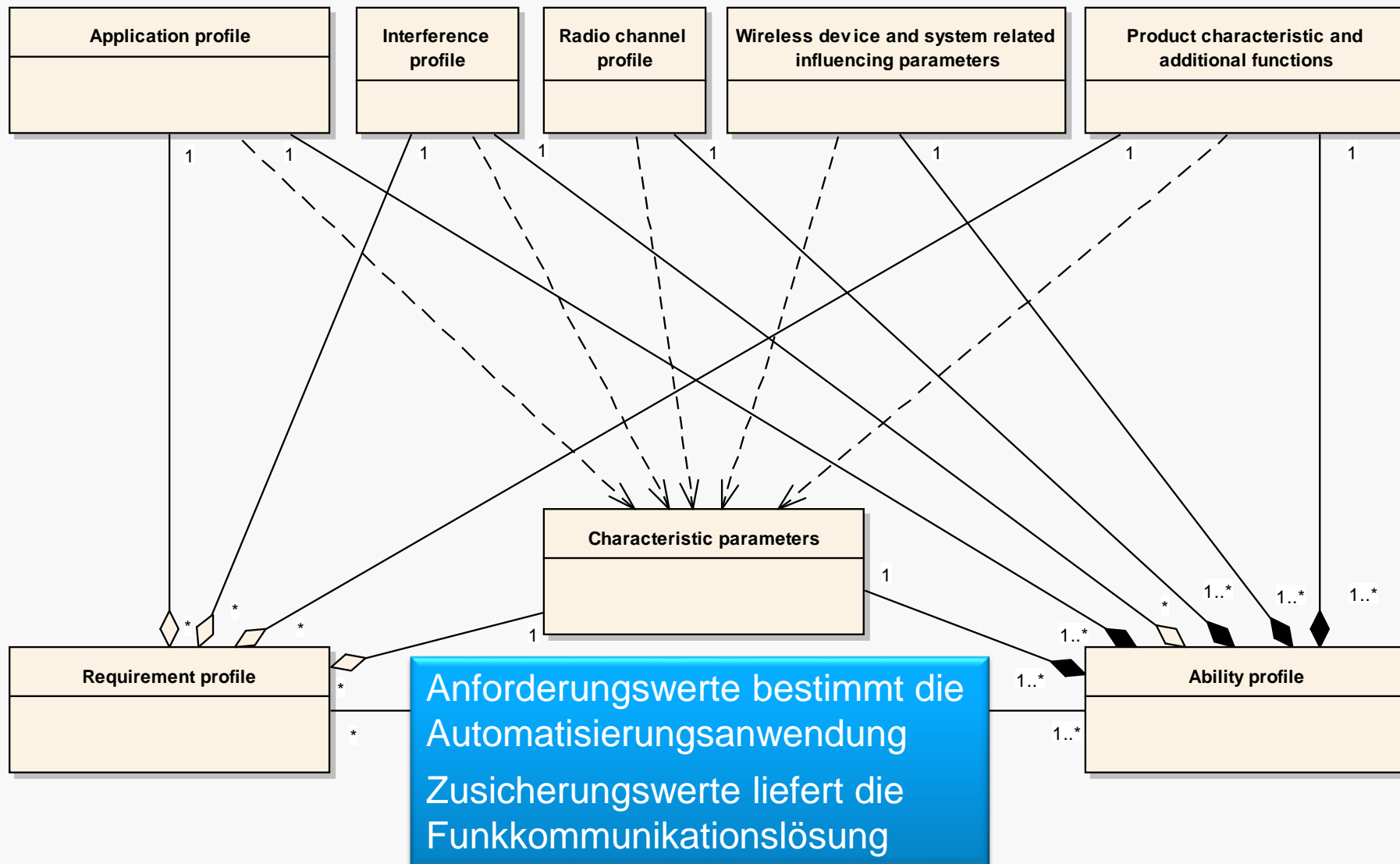
# Modell des Betrachtungsraums durch Anwendungs- und Funkumgebungsprofile



**Profil:**  
Konsistenter Wertesatz  
zur Spezifikation von  
Systemeigenschaften



# Anforderungs- und Fähigkeitsprofile zur zielorientierten Lösungsentwicklung



# Produkteigenschaften und zusätzliche Funktionen

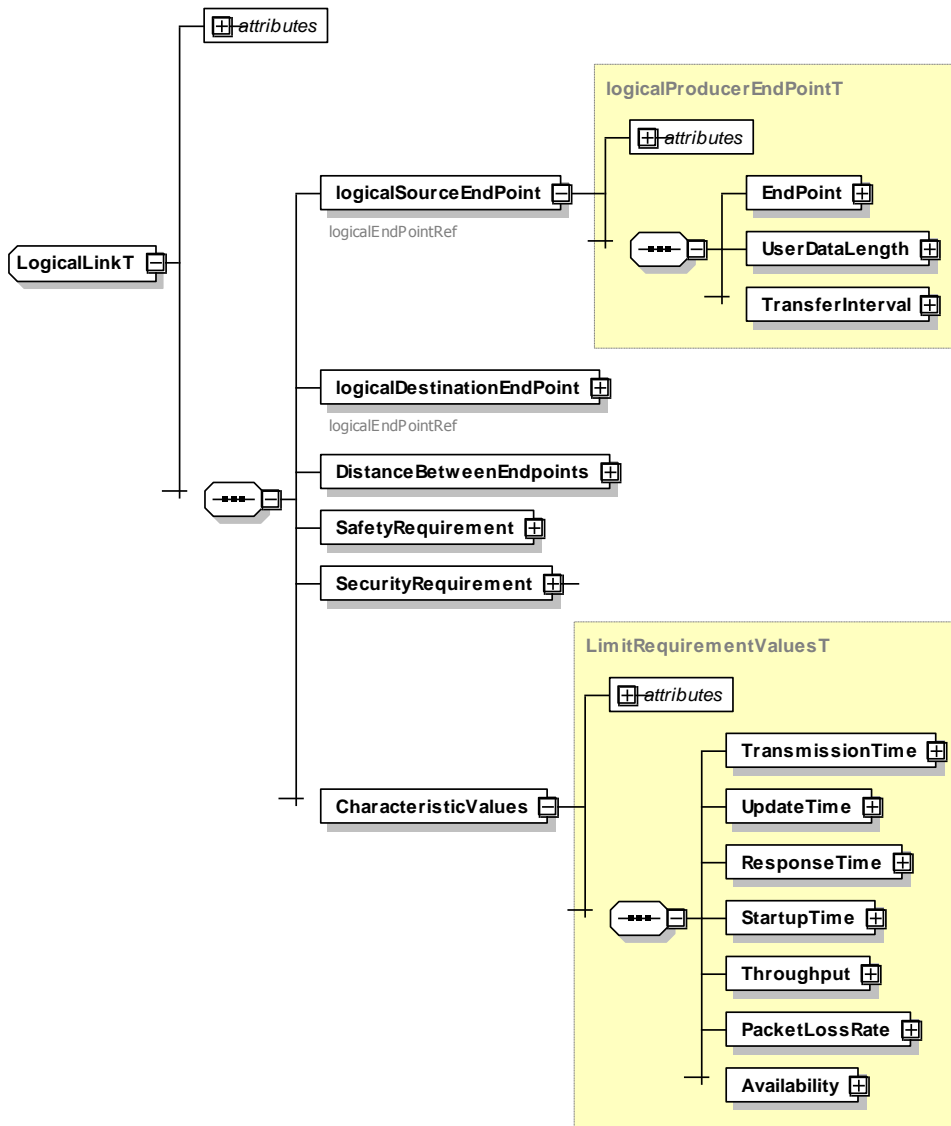
## Produkteigenschaften

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

## Zusätzliche Funktionen

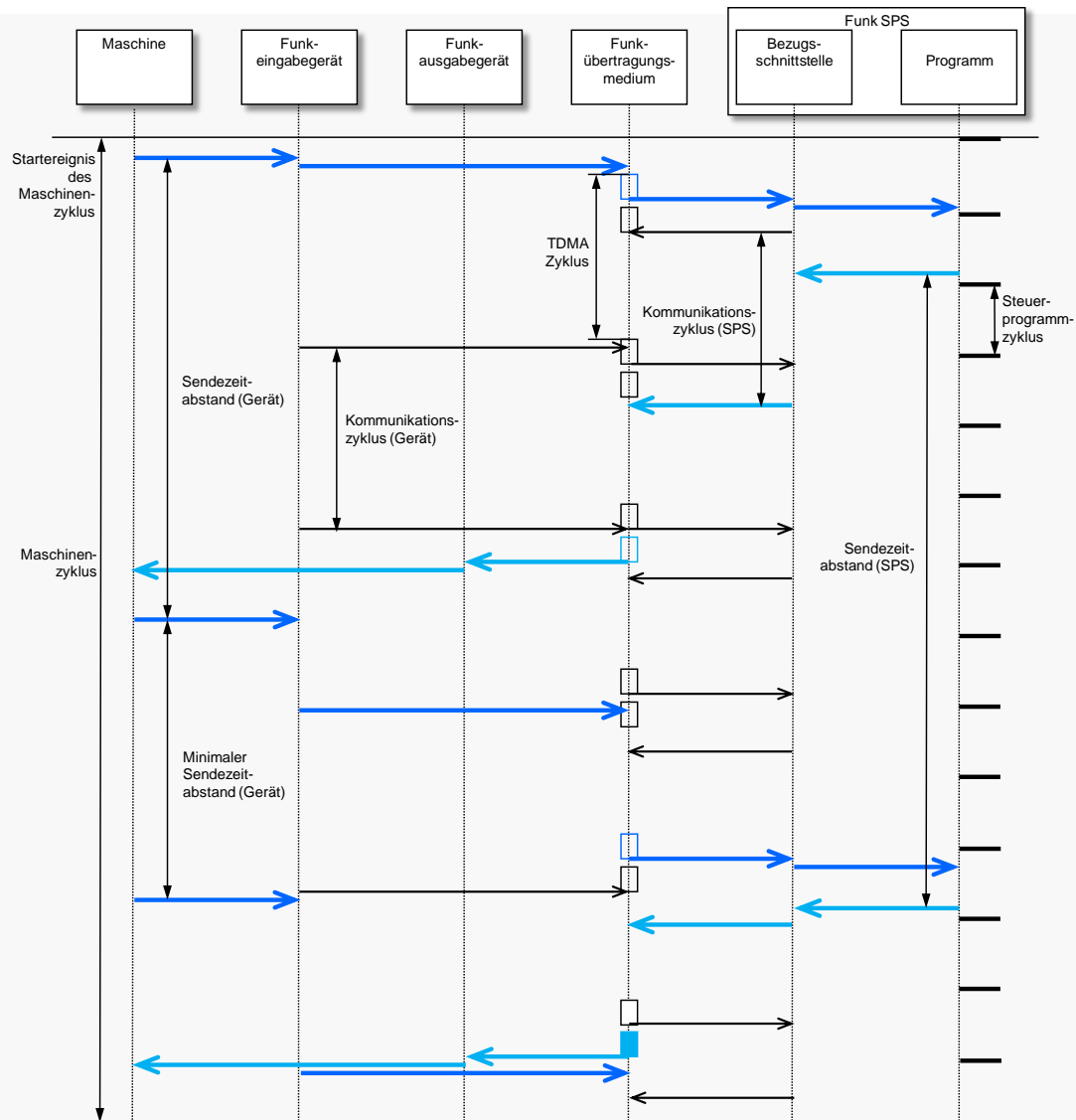
- Lokalisierungsfunktionen
- Plug & Play Funktionen
- Funktionen zur Visualisierung des Kommunikationsstatus an den Nutzer
- Funktionen zum Kommunikationsmanagement
- Funktionen zur Synchronisierung der verteilten Anwendungen

# Attribute zur Spezifikation eines Anwendungsprofiles

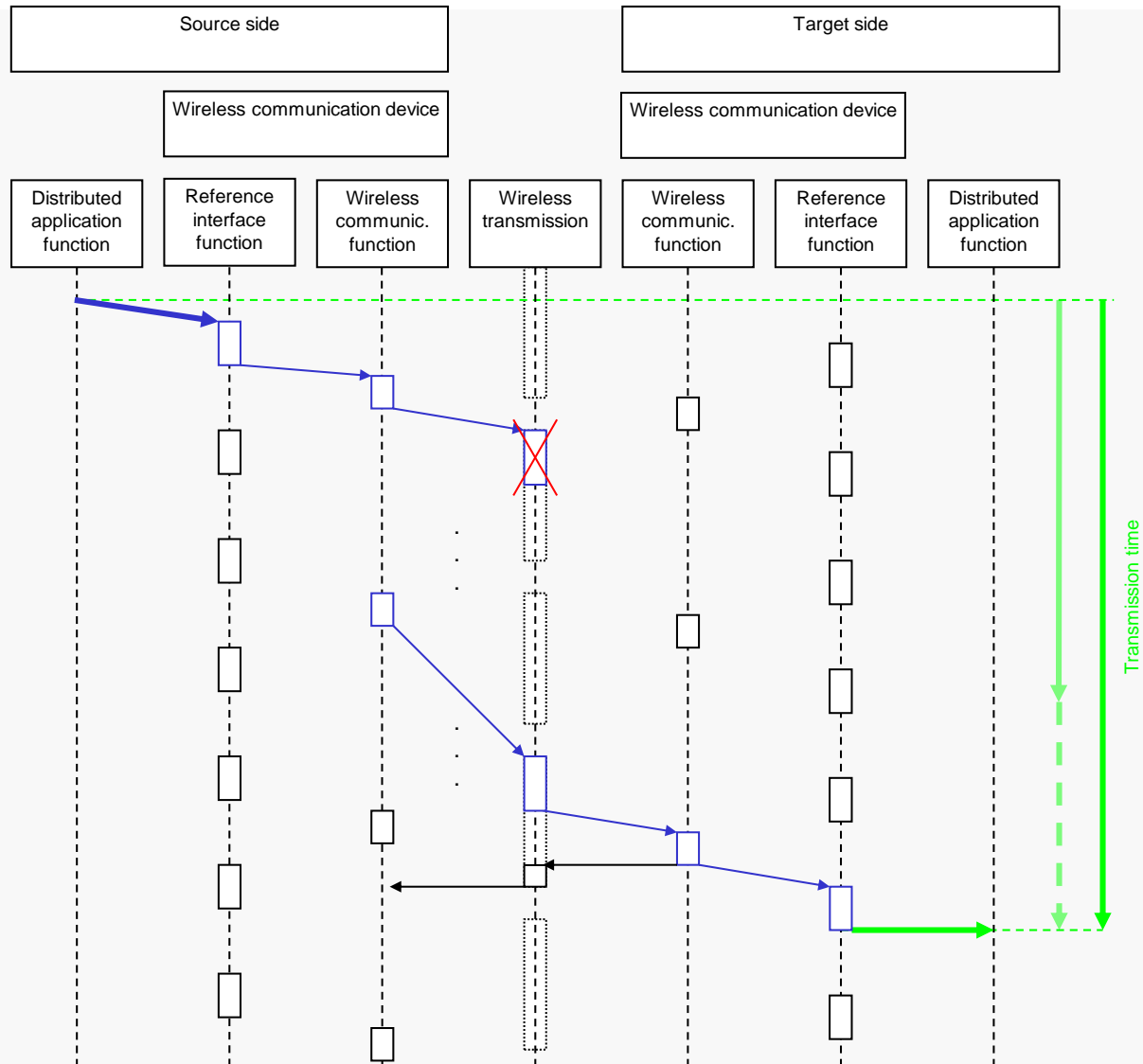


Anforderungswerte bestimmt die Automatisierungsanwendung  
Zusicherungswerte liefert die Funkkommunikationslösung

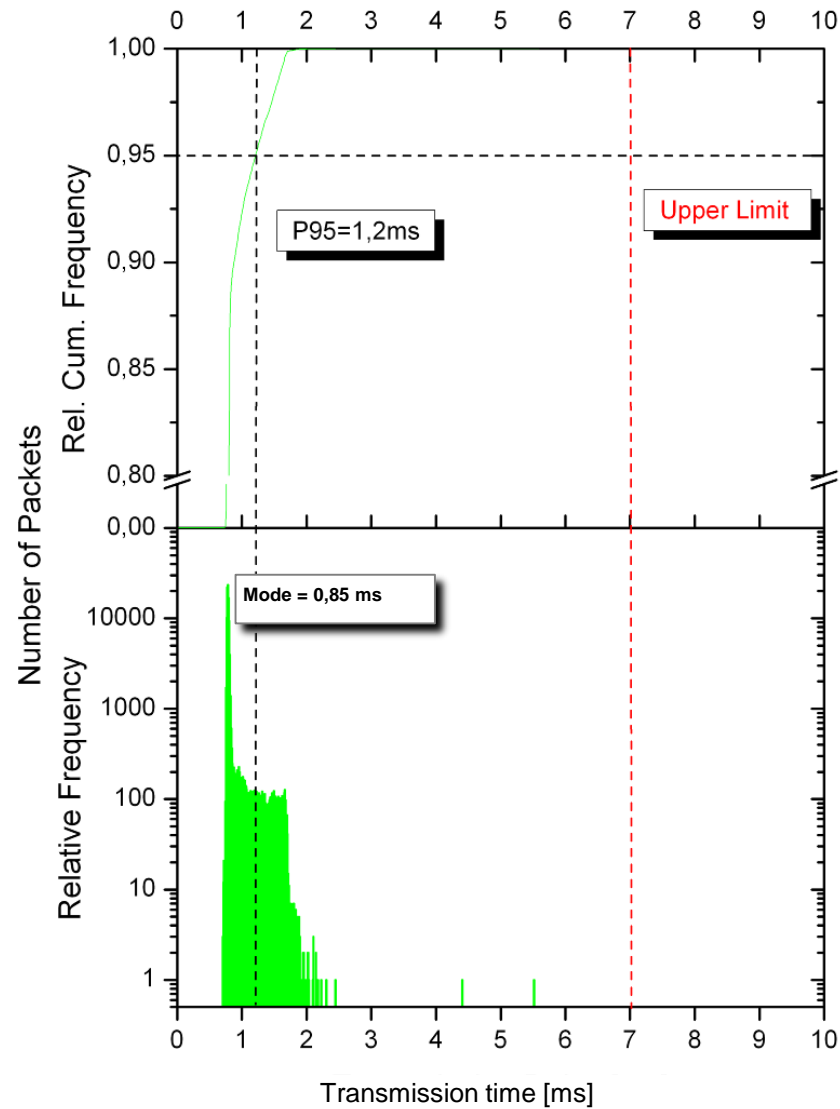
# Zeitparameter bei industriellen Funkanwendungen



# Übertragungszeit



# Statistische Parameter der Übertragungszeit



# Statistische Parameter der Übertragungszeit

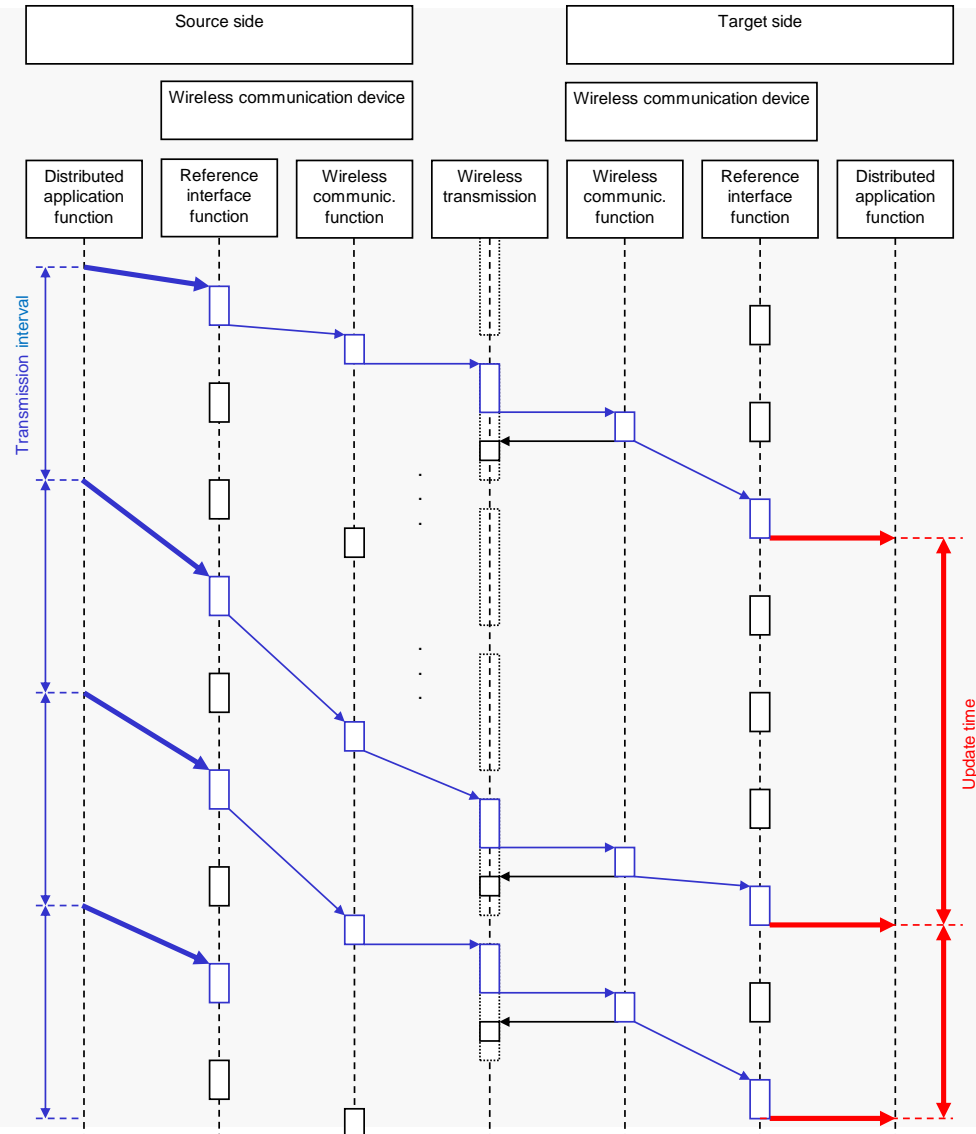
## WISA, 5 logische Verbindungen, PROFIBUS Interface

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

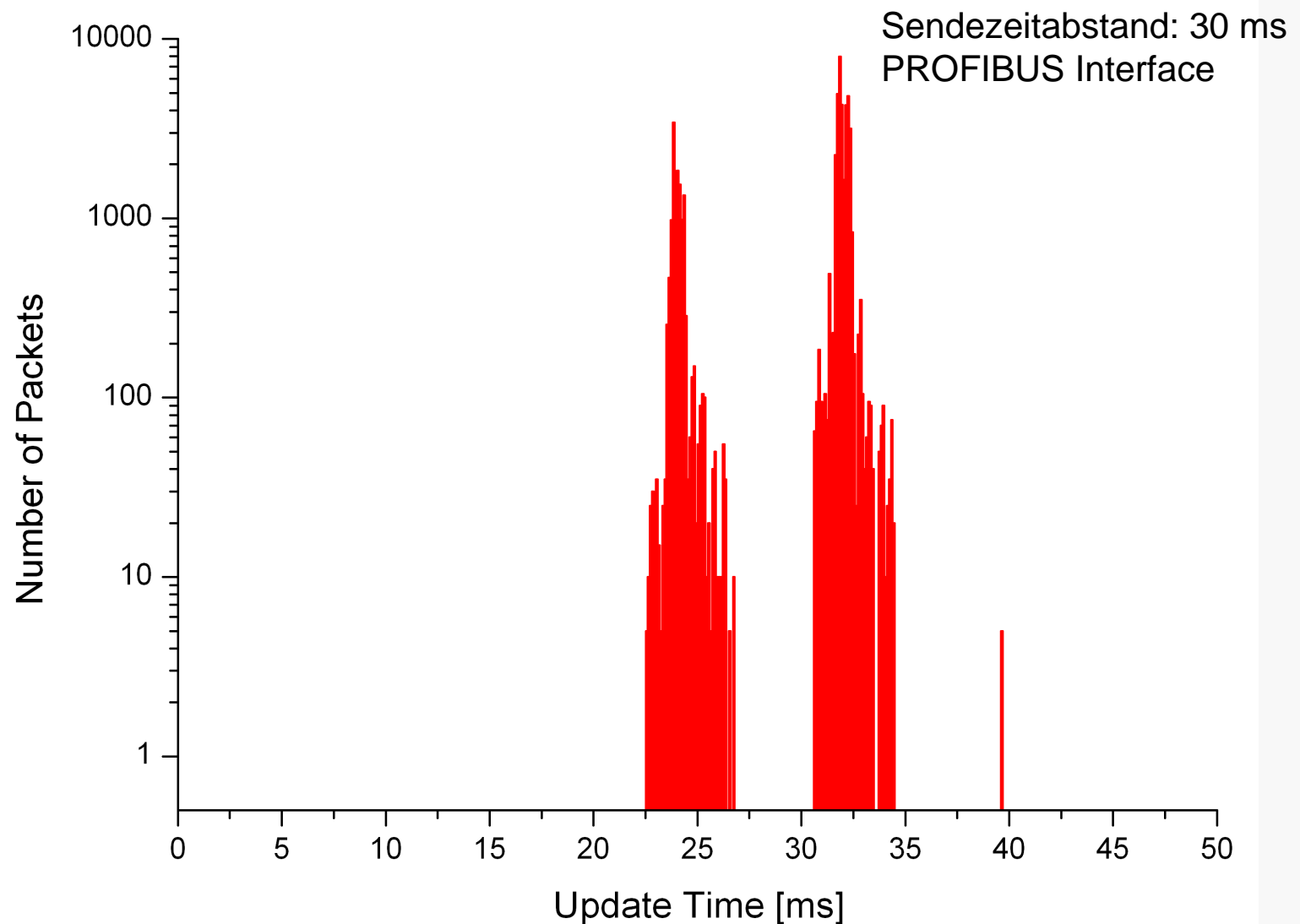
Testfall	Übertragungszeit [ms]			Aktualisierungszeit [ms]						Paket-verlust-rate
	Min.	Max.	P95	Min.	Max.	P95	Mean	SD	Sp	
Test-Producer 1	0,7	4,8	0,8	10,9	19,1	15,1	15,0	0,1	8,2	0 %
Test-Producer 2	0,7	1,9	0,8	13,9	16,0	15,1	15,0	0,1	2,1	0 %
Test-Producer 3	0,7	1,6	0,8	14,1	15,9	15,1	15,0	0,1	1,8	0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

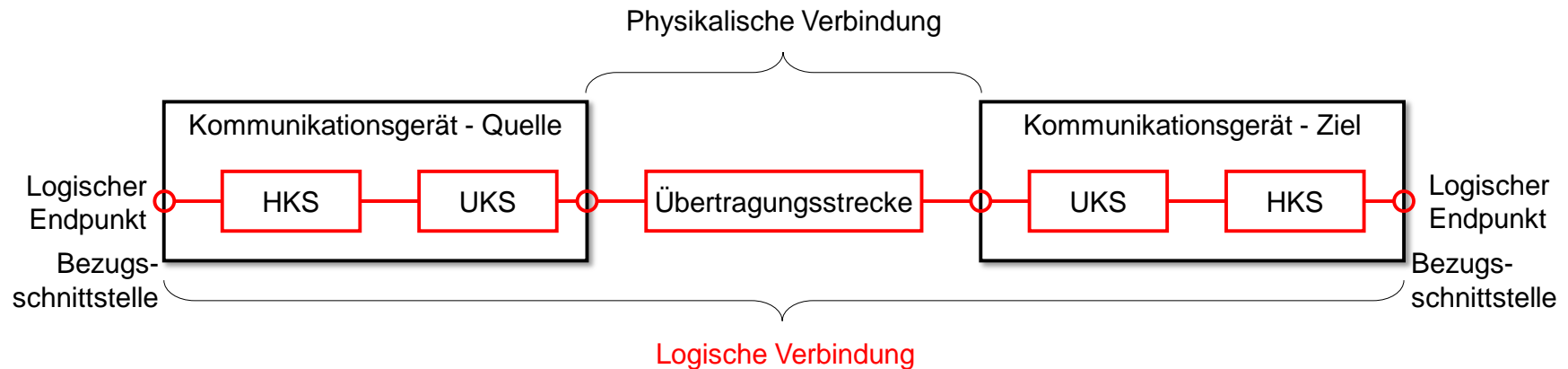




# Aktualisierungszeit bei Funksystem mit TDMA



# Kenngrößenwerte des Zeitverhaltens für eine logische Verbindung

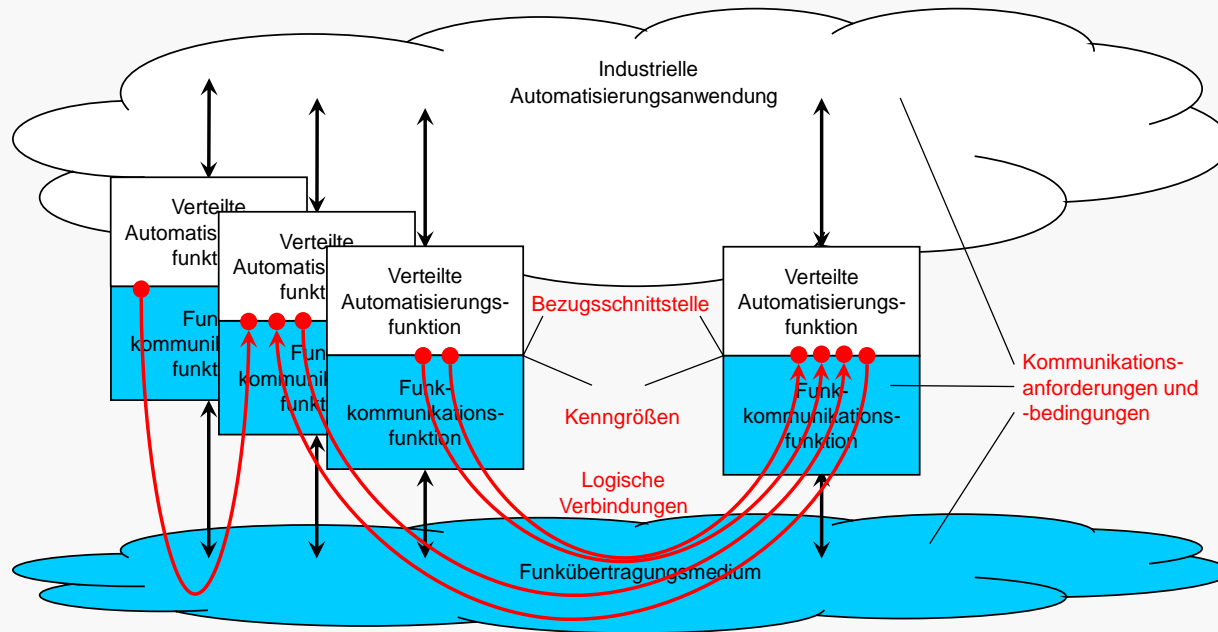


HKS: Höhere Kommunikationsschichten  
 UKS: Untere Kommunikationsschichten

	"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 Nachrichtbearbeitung	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 Nachrichtbearbeitung	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

<b>Leistungsmerkmale</b>	Verfügbarkeit	Funktionsfähigkeit	Wiederherstellbarkeit
	Sicherheit	Selbstwiederherstellbarkeit	Dienstgüte

<b>Allgemeine Zuverlässigkeitskenngrößen</b>	Klarzeit	Unklarzeit	BZ bis zum ersten Ausfall
	Betriebszeit bis zum Ausfall	Ausfallabstand	Betriebszeit zwischen Ausfällen
			Wiederanlaufzeit

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

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

<b>Wahrscheinlichkeitstheoretische Maßgrößen der logischen Verbindung</b>	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

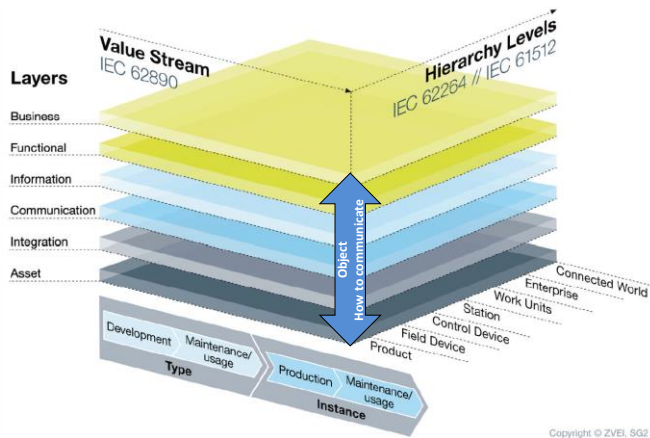
## Funkkommunikation für Industrie 4.0

- 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

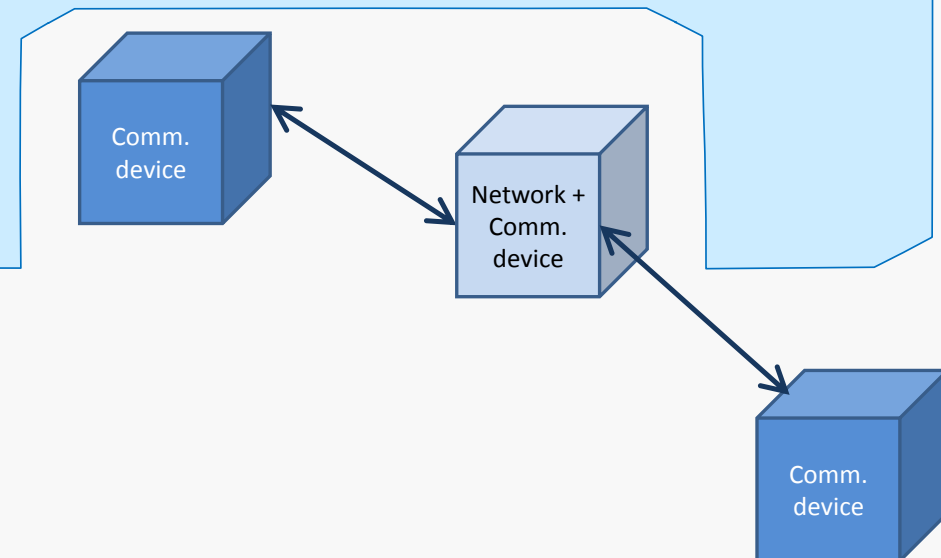
- Virtualisierung der Funkkommunikation
- Nahtlose Planung, Installation, Inbetriebnahme, Betrieb, Diagnose, ...
- Anwendungsorientiertes Management der Funkkommunikation

# 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