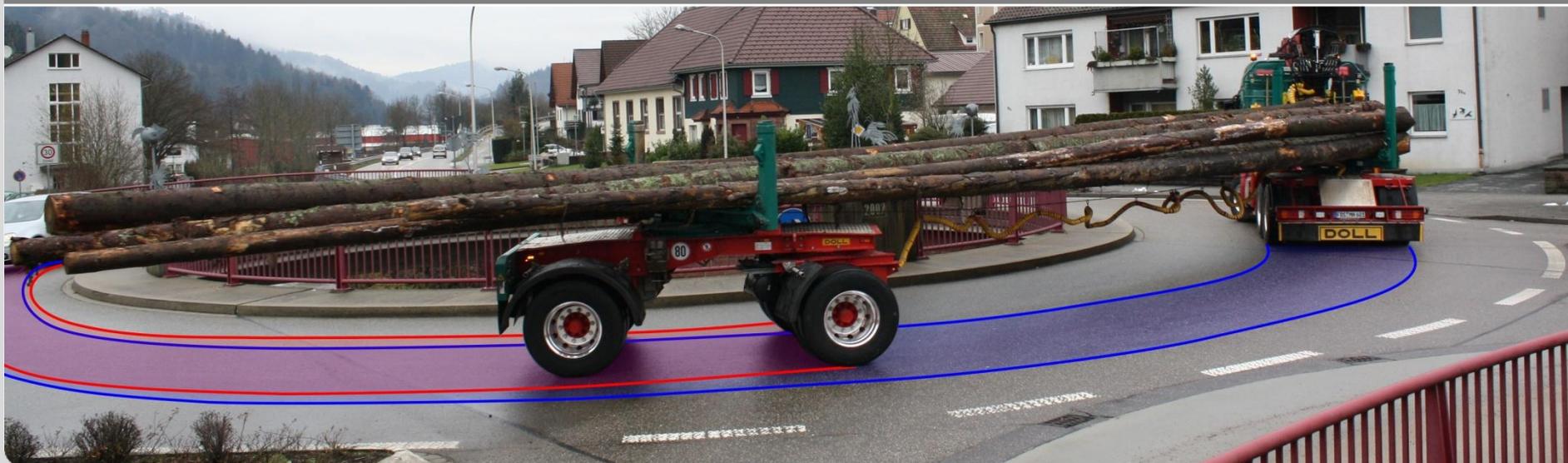


Funktionale Sicherheit für ein Steer-by-Wire System im Langholztransport

Tristan Reich
Dipl.-Ing.

Christian Haas
Dipl. Ing. (BA)

Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST), Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen (Mobima)
Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer



Forschungsschwerpunkte:



DOLL Fahrzeugbau AG

High-Tech-Spezialist für
Transportlösungen

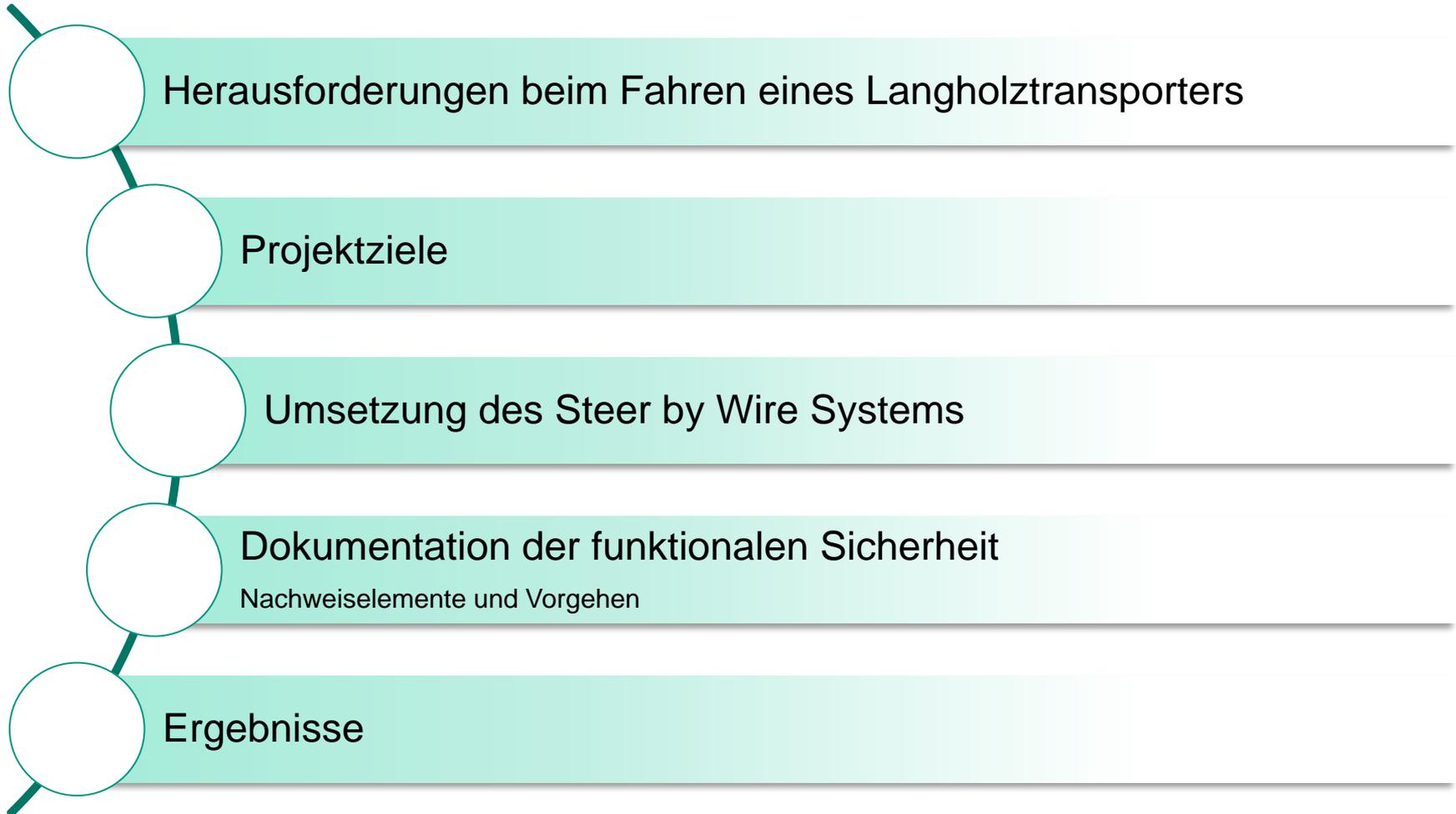
- Holztransport
- Schwertransport
- Flugfeld

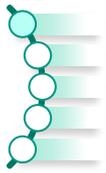


Weiss Mobiltechnik GmbH

- Softwarelösungen für
Maschinensteuerungen
- Wartungssoftware
- Dienstleistungen zur
Maschinenmodernisierung







Herausforderungen beim Fahren eines Langholztransporters

■ Gesamtlänge

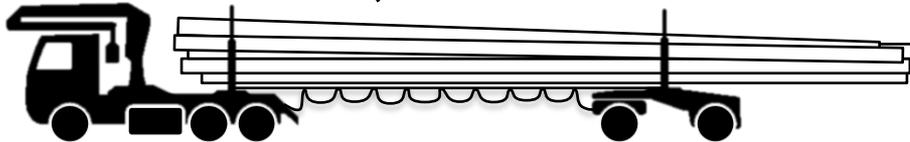
16,50 m



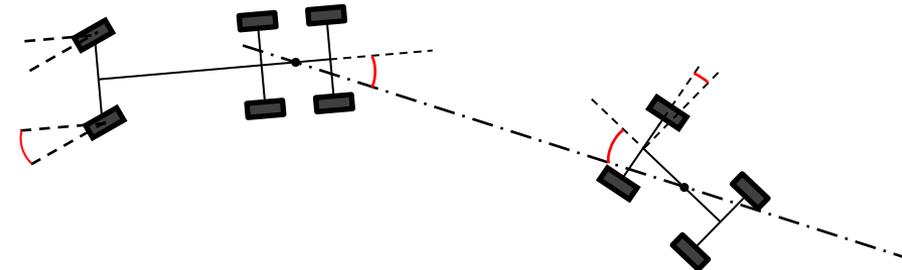
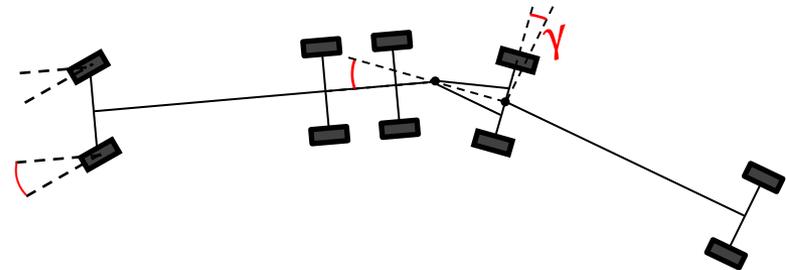
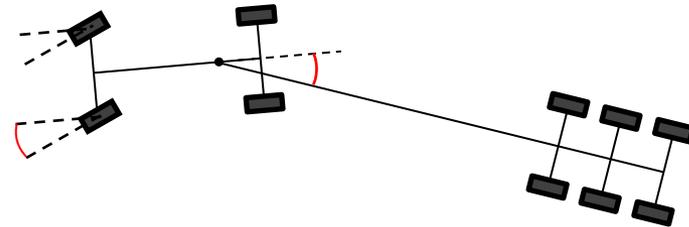
18,75 m

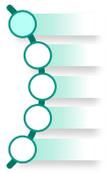


27,00 m



■ Lenkglieder





Herausforderungen beim Fahren eines Langholztransporters

■ Spurversatz

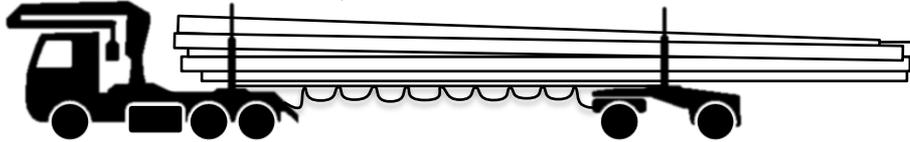
1,8 m

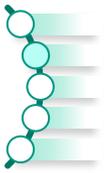


2,1 m



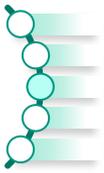
3,2 m





- Automatische Regelung der Nachläuferlenkung zur Steigerung
 - des Bedienkomforts (Reduktion der manuellen Lenkeingriffe)
 - der Fahrsicherheit
 - der Systemsicherheit (Erkennen von Fehlern und Leckagen)

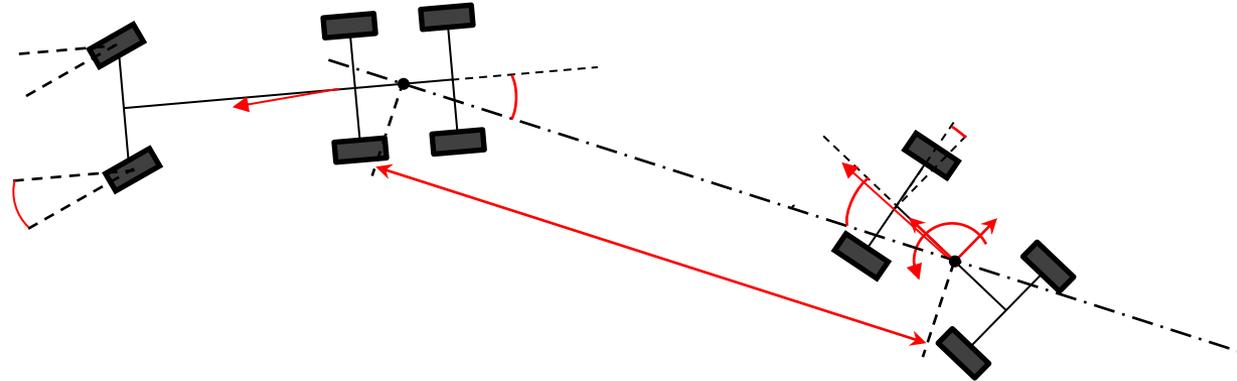
- Regelungsziele nach Fahraufgabe:
 - *Öffentlicher Straßenverkehr:*
Stabilisierender Eingriff in die Nachläuferkinematik beim Überschreiten stabilitätskritischer Grenzwerte
 - *Rückwärts Rangieren:*
Systemverhalten wie ein herkömmlicher Sattelzug
 - *Waldwege:*
Nachläufer folgt der Spur der Zugmaschine



Umsetzung des Steer by Wire Systems

■ Sensoren

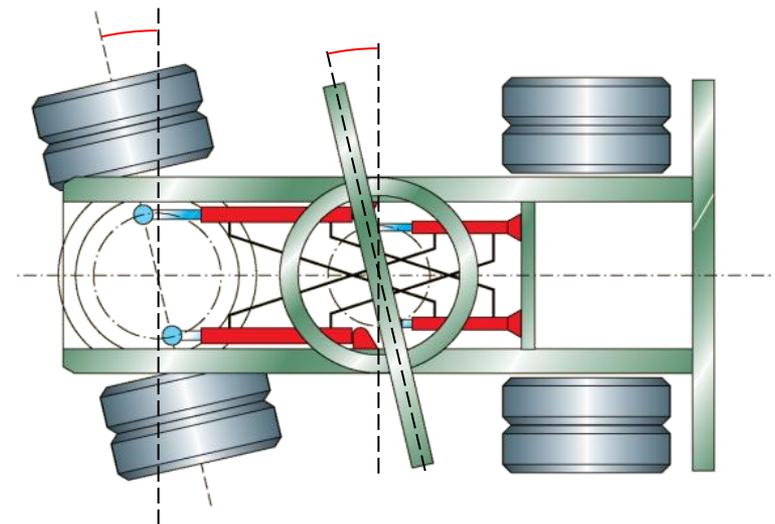
- Winkel
- Schemelabstand
- Geschwindigkeiten
- Beschleunigungen
- Gierrate

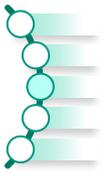


■ Zusätzliche 32 Bit Steuerung

■ Aktuatoren

- Leistungsstärkere Hydraulik
- Proportionalventiltechnik
- Zuschaltbare Zylinderbremse



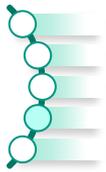


Umsetzung des Steer by Wire Systems

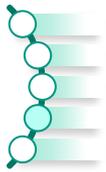
■ Bedienung

- „Ratio Plus“ Display
- DOLL Bedienfeld
- Bedientableau



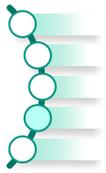


- Beschreibung des Entwicklungsprozesses
 - Stand der Technik
 - Entwicklungsziele
 - Lösungsansatz
 - Vorgehen: Entwicklungsbegleitende Berücksichtigung der FuSi
- Systembeschreibung
- Betriebsanleitung
- Beschreibung des Sicherheitskonzepts
 - Redundante Funktionen
 - Überwachungsfunktionen
(Beispielsweise der SPS, Plausibilitätsprüfungen, ...)
 - Fehlerhandling: Kategorien, Rückfallebenen und Restfunktionen
 - Informations- und Warnkonzept für den Fahrer



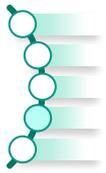
Normen zur Funktionalen Sicherheit: Überblick

Norm	Bereich	Einteilung der Sicherheitsanforderungen
IEC 61508	FuSi Grundnorm	SIL (Sicherheits-Integritätslevel)
IEC 62061	Sicherheit von Maschinen	SIL (Safety Integrity Level)
ISO 26262	Automotive (PKW)	ASIL (Automotiv Safety Integrity Level)
ISO 25119	Traktoren und Maschinen für die Land- und Forstwirtschaft und andere (Offroad-) Spezialmaschinen	AgPL (Agricultural Performance Level)
ISO 13849	Mobile Arbeitsmaschinen	PL (Performance Level)
DIN EN ISO 13849	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen	
ECE-R 79	Internationale Richtlinie für Lenkanlagen	



Gefährdungs- und Risikoanalyse [1]: Beispiel





Dokumentation der funktionalen Sicherheit

Vorgehen: Entwicklungsbegleitende Berücksichtigung der FuSi

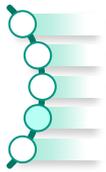


Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

- Bottom-Up Methode [2]
- Analyse des Systementwurfs
- Entwicklungsbegleitend aktualisiert

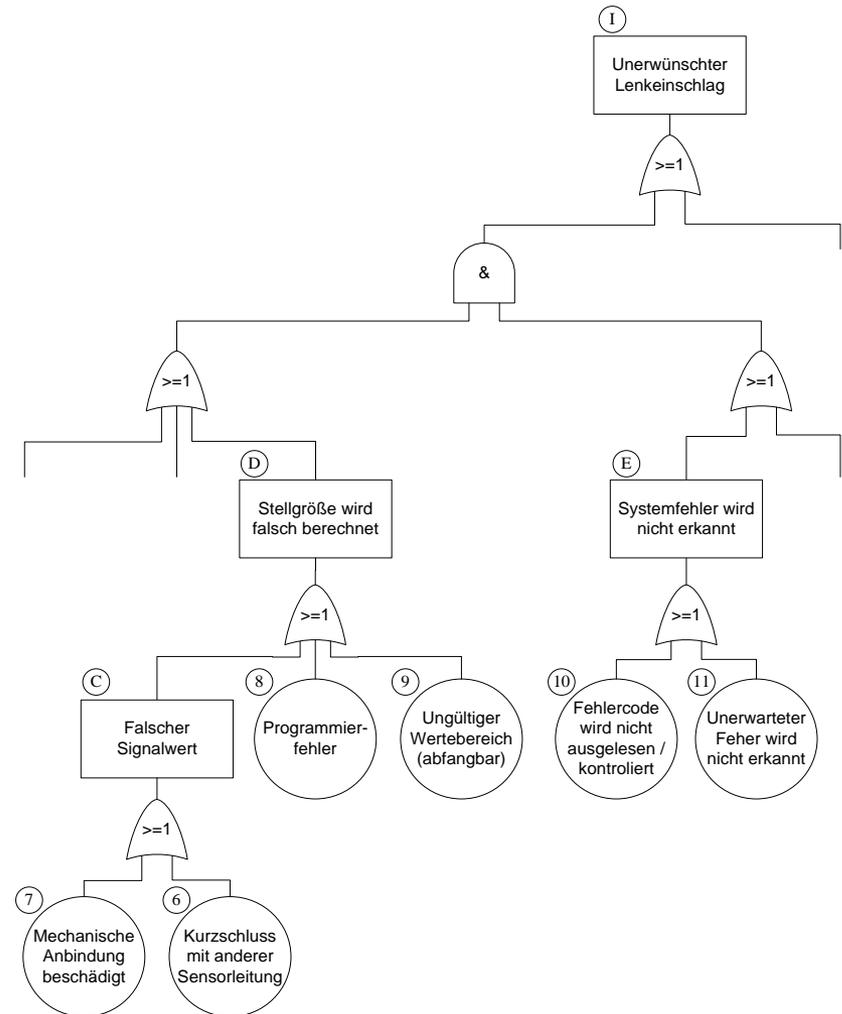
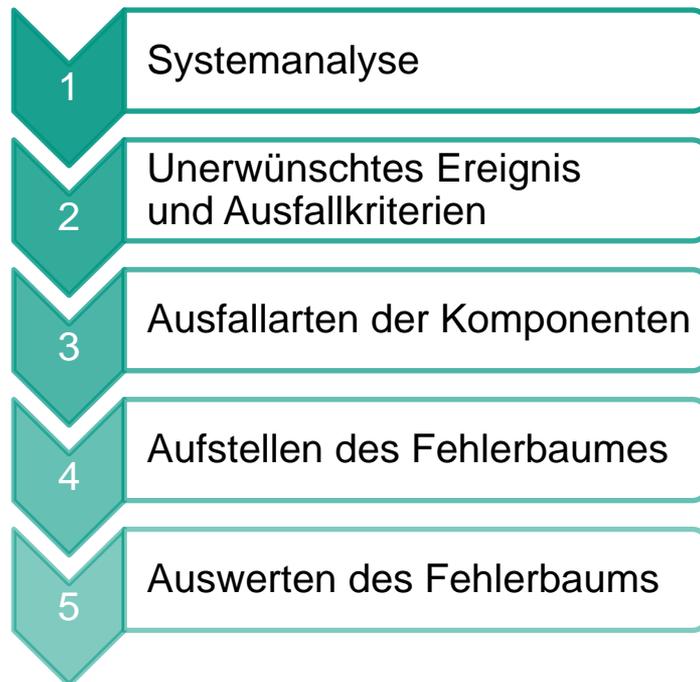
System-FMEA: Doll Ratio Plus																						
Abgeleitet aus der FMEA Mindmap erstellt am 14.11.2010 durch Doll und Mobima																						
DOLL																						
<small>Erstellt durch: Tristan Reich Datum: 24.11.2010</small> <small>Überarbeitet durch: Bruder, Haas, Reich, Zhang Datum: 15.02.2012</small>																						
Teilsystem	Einheit / Funktion		Mögliche Ausfallart	möglich Ausfallauswirkung(en)		B* Bedeutung / Schwere	Klasse	Mögliche Ausfallursache(n)/-mechanismen	Genauere Ursache(n)/ Mechanismen des Ausfalls	A* Auftreten	derzeitig geplante Überwachung		E* Entdecken	RPZ*	Empfohlene Maßnahmen	Verantwortlich	Verbesserter Zustand					
	Baugruppe	Komponente		lokale Auswirkung	Endauswirkung						Vorbeugung	Entdeckung					Getroffene Maßnahmen	A*	B*	E*	RPZ*	
26.	Zugmaschine	Bedienelemente	manuelle Lenkung	Manuelle Lenkung (digital) liefert am Ventil Dauerplus	SPS erkennt keinen Fehler	Volleinschlag NL	10	4	Fehler in NL Steuerung	vgl. Steuerung NL defekt	2	UND-Schaltung der Steuerungen	vgl. Steuerung NL defekt	3	60	Weiss	gegenseitige Funktionsüberwachung von LKW und NL Steuerung	2	10	2	40	
27.	Zugmaschine	Bedienelemente	manuelle Lenkung	Manuelle Lenkung (digital) liefert am Ventil Dauerplus	SPS erkennt keinen Fehler	Volleinschlag NL	10	4	Kurzschluss mit stromführendem Kabel	Beschädigung der Kabelisolierung oder Kabelbruch	3	Signal- und Leistungsleitungen getrennt	Plausibilitätsprüfung mit Berücksichtigung von Geschwindigkeit und Betätigungsdauer	3	90	Geschwindigkeitsabhängige Abschaltung der Ventirelais; redundante Geschwindigkeitserfassung	Weiss	parallele Signalübertragung über Spannungssignal und CAN	3	10	1	30

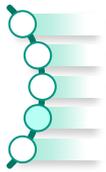




Fehlerbaumanalyse [2]

- Top-Down Methode
- Systematische Identifikation von Ausfallkombinationen

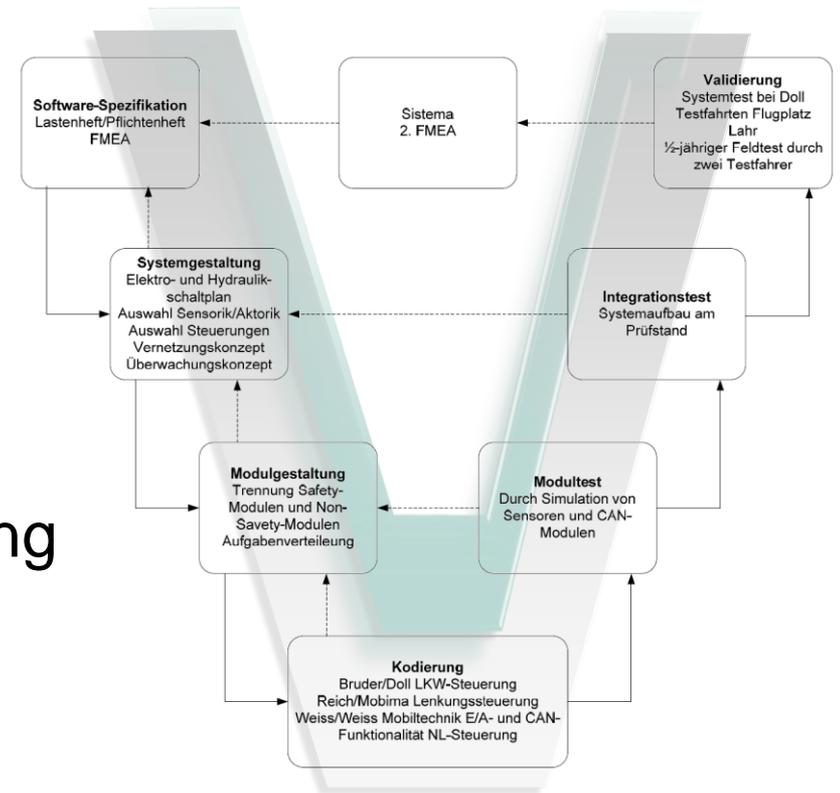


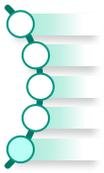


Dokumentation der funktionalen Sicherheit

Vorgehen: Entwicklungsbegleitende Berücksichtigung der FuSi

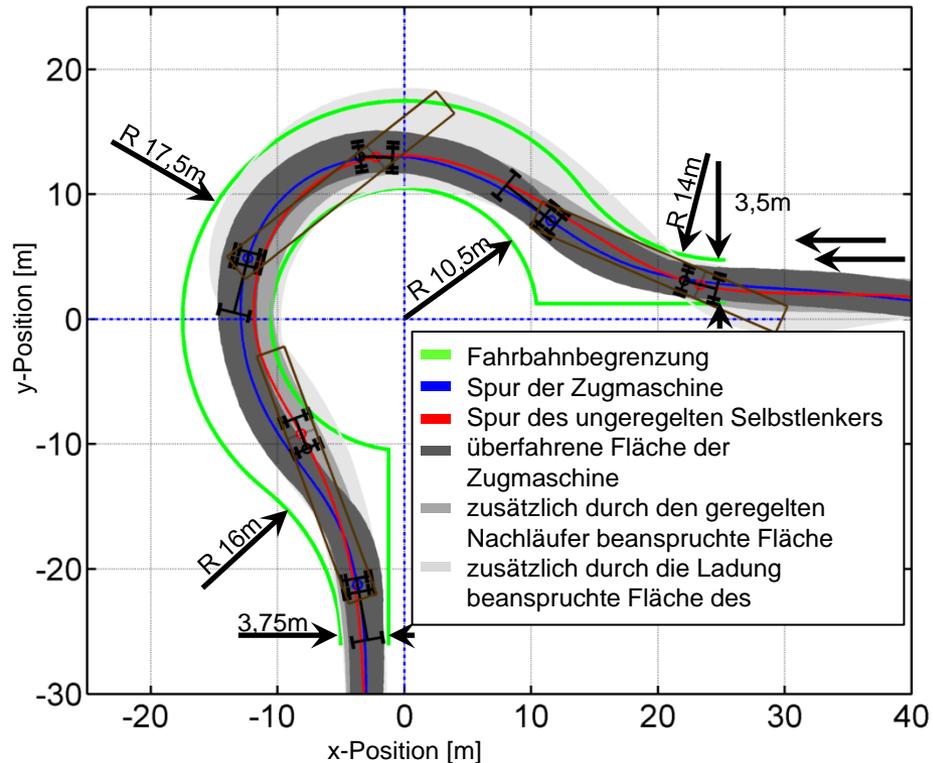
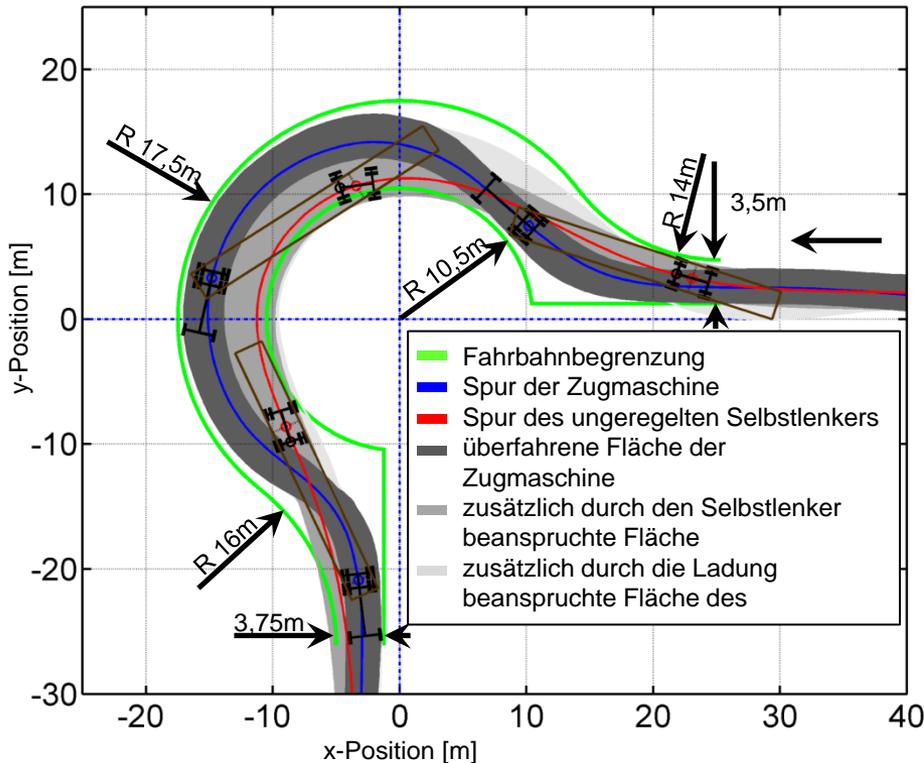
- Überprüfung des Systemaufbaus und der Einzelkomponenten hinsichtlich Zuverlässigkeit und Ausfallwahrscheinlichkeit
=> SISTEMA Risikobewertung
- Nachweis der EMV mittels e1 Komponentengenehmigung
- Softwareentwicklung gemäß DIN EN ISO 13849-1:2007
- Software- und Systemvalidierung auf funktionaler und Sicherheitstechnischer Ebene

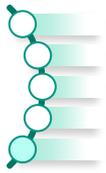




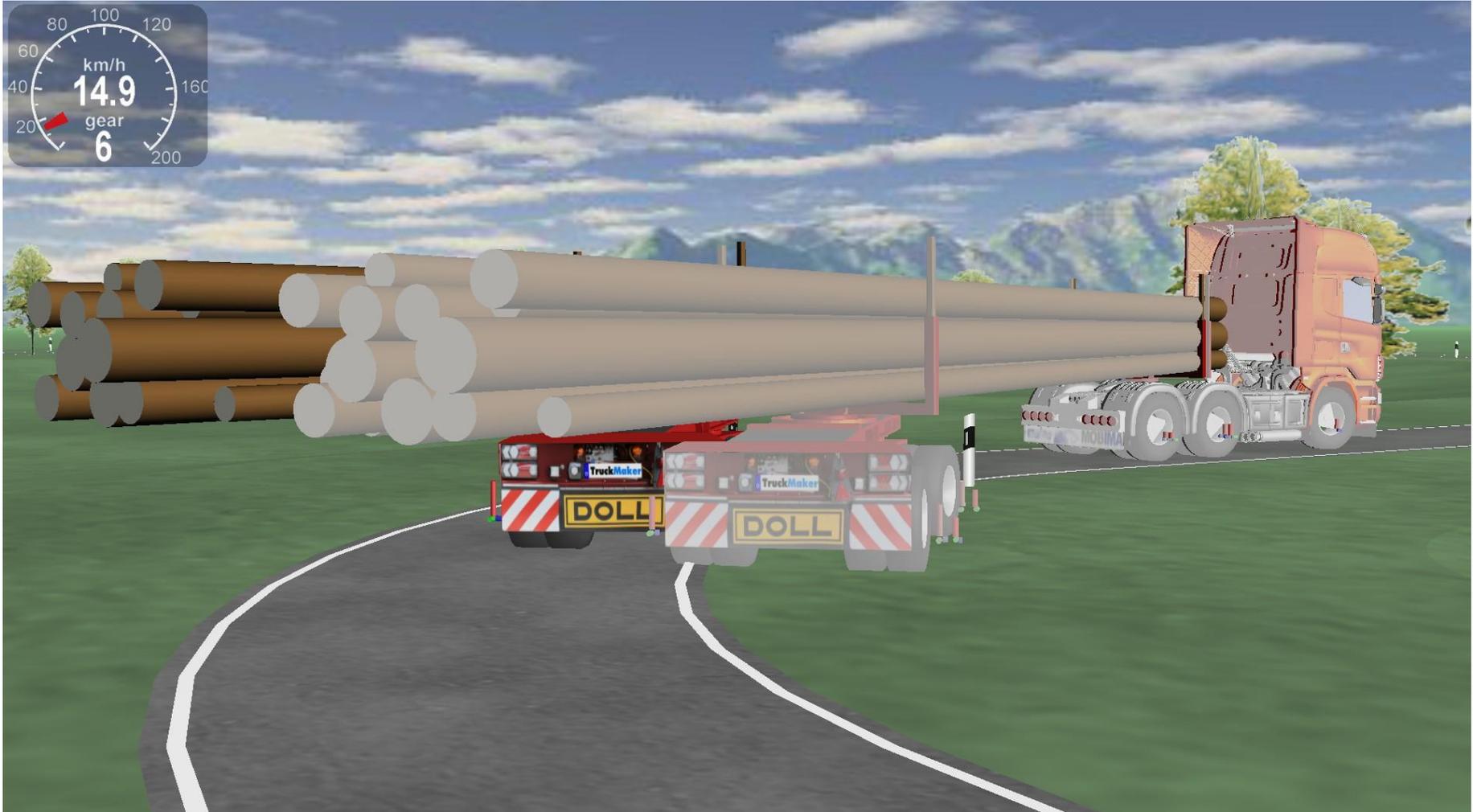
Ergebnisse

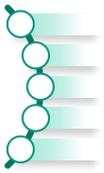
- Typengenehmigung durch TÜV München
- Systemvergleich im Kreisverkehr
 - Reduktion der überfahrenen Fläche um 36,6 % [3]





Ergebnisse





- [1] Löw, P.; Pabst, R.; Petry, E.:
Funktionale Sicherheit in der Praxis.
Dpunkt.verlag, Heidelberg 2010
- [2] Börcsök, J.: Funktionale Sicherheit
Grundzüge sicherheitstechnischer Systeme
Hüthig, Heidelberg 2006
- [3] Reich, T.; Zhang, X.; Geimer, M.:
Fahrerassistenzsystem für Langholztransporter
ATZ offhighway, April 2012 S.78-87