



ENTWICKLUNG UND VALIDIERUNG VON KOLLISIONSSCHUTZSYSTEMEN FÜR WEA

Bedarfsgerechte Abschaltung von Windenergieanlagen zum Schutz vor Vogelschlag

1. Vorstellung der Problematik Entwicklung / Validierung
2. Parallelen zur Funktionalen Sicherheit
3. Lebenszyklus
4. Validierung
5. Modifikation

1. VORSTELLUNG REFERENT

- Dipl. Ing. (FH) Andreas Schneider
- Studium Maschinenbau
 - Schwerpunkte Messtechnik & Produktentwicklung
- Berufserfahrung
 - 3 Jahre Versuchs-/Entwicklungsingenieur für Baumaschinen
 - Versuchsplanung
 - Betreuung von Versuchsdurchführung
 - Auswertung und Aufarbeitung von Versuchsergebnissen
 - 6 Jahre Inspektor für Funktionale Sicherheit bei TÜV NORD Systems GmbH & Co. KG
 - Entwicklungsbegleitende Prüfung von Sicherheitskomponenten in allen Bereichen der Funktionalen Sicherheit (MRL, IEC 61508, ISO 13849, IEC 62061, IEC 61511, ISO 26262)



Kontakt:

Tel.: +49 821 450954-4422

Mobil: +49 160 888 4422

E-Mail: andschneider@tuev-nord.de

VORSTELLUNG DER PROBLEMATIK ENTWICKLUNG / VALIDIERUNG

■ Kamerasysteme

- Vorteile: - Gute Möglichkeiten zur Identifikation
- Nachteile: - Datenschutz Problematik
- Wetterabhängig

■ Radarsysteme

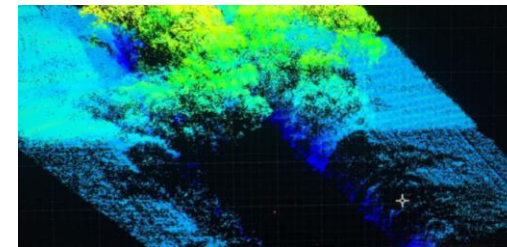
- Vorteile: - Wetterunabhängig
- Nachteile: - Erkennung nur über Reflexion der Radarstrahlen möglich. Anlernen der Systeme aufwendig

■ Lidarsysteme

- Vorteile: - Keine Datenschutz Problematik
- Nachteile: - Analog Radar

■ andere

■ Kombinationen aus genannten Technologien



VORSTELLUNG DER PROBLEMATIK ENTWICKLUNG / VALIDIERUNG

Technische Situation

- Einheitliche Standards für die Validierung der Wirksamkeit unterschiedlicher Systeme sind aktuell nicht vorhanden
- Validierung nur als Black Box möglich, da keine einheitlichen Vorgaben bezüglich der Güte der Entwicklung (Vergleich Funktionale Sicherheit) möglich ist
- Validierung neuronaler Netze äußerst schwierig, da das Entscheidungsprinzip für den Menschen in komplexen Systemen nicht nachvollziehbar ist
- Keine Vergleichbarkeit der Systeme für den Betreiber
- Umgang mit Modifikationen (Hardware und Software) nicht geklärt
- Keine einheitlichen Anforderungen an die Schnittstelle zur WEA (Schnittstelle)

Politische Situation

- Zulassungsvoraussetzungen von WEA in Verbindung mit Kollisionsschutzsystemen von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich gehandhabt

OFFENE FRAGEN / AKTUELLE LAGE

■ Technische Fragen:

- Umgang mit der Entwicklung
- Umgang mit der Validierung
- Umgang mit Modifikation
- Keine Standards für Vogelschutzsysteme

■ Gesellschaftliche Fragen

- Genehmigungsgrundlage der Systeme offen
- Keine einheitlichen Vorgaben zur Wirksamkeit
- Keine einheitlichen Vorgaben zur technischen Reife

mögliche Lösung:

Solange kein Typ C Standard für Vogelschutzsysteme existiert kann die Funktionale Sicherheit

IEC 61508

als Grundlage herangezogen werden.

FUNKTIONALEN SICHERHEIT - MÖGLICHE NORMATIVE GRUNDLAGE

- IEC 61508

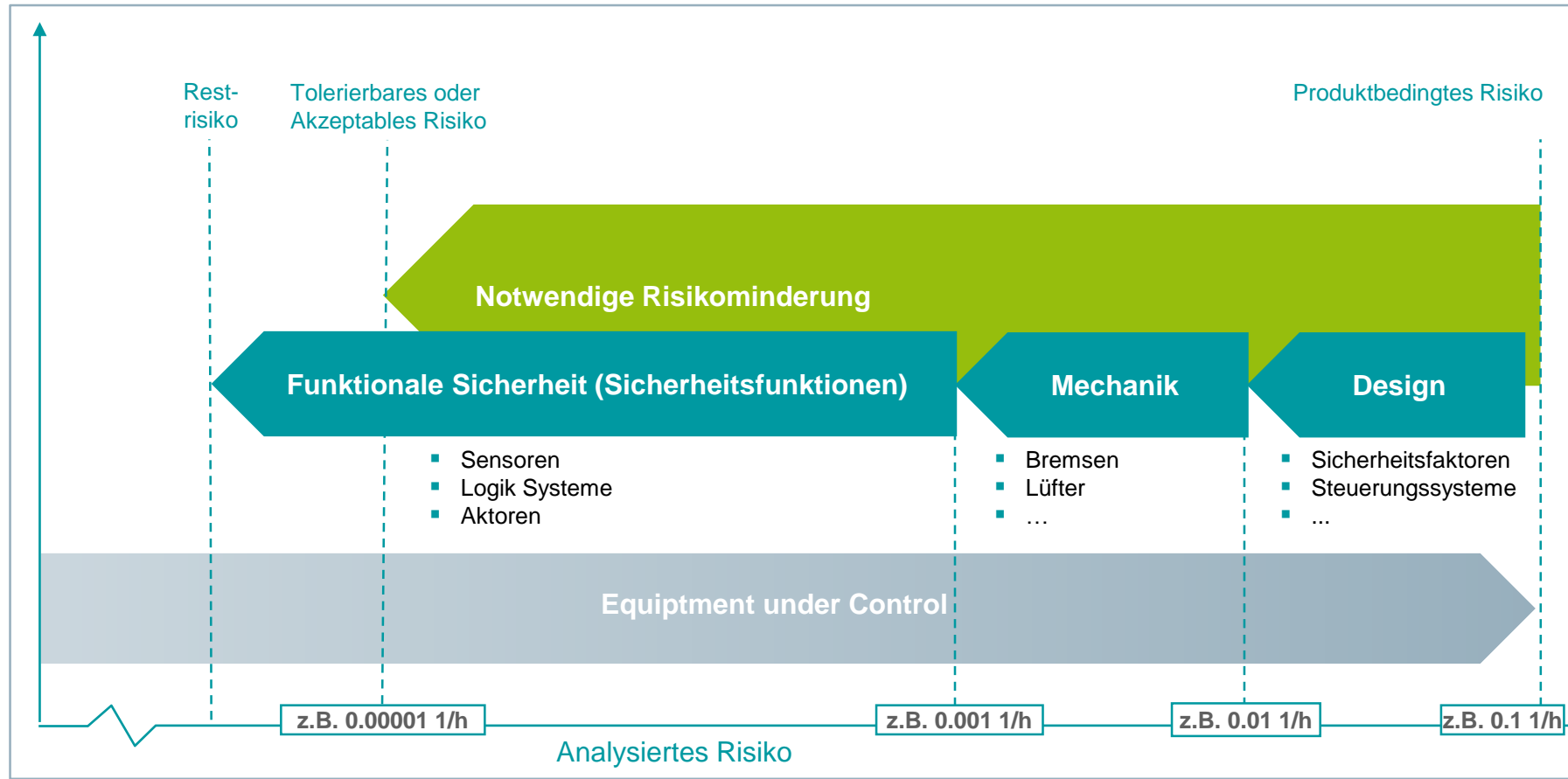
Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme

- **Funktionale Sicherheit** elektrischer, elektronischer und **programmierbarer elektronischer Systeme** (E, E, PES) **zum Schutz von Personen und Umwelt**

Was versteht man unter einer “Sicherheitsrelevanten Funktion”?

“**Funktion**, die von einem sicherheitsrelevanten System (E/E/PE) oder einem anderem sicherheitsrelevanten System anderer Technologie ausgeführt werden soll, oder externe Einrichtungen zur Risiko-Verringerung, **die beabsichtigen, den sicheren Zustand für das gesamte EUC (Equipment under Control) beizubehalten, in Anbetracht eines bestimmten gefährlichen Ereignisses.**”

FUNKTIONALEN SICHERHEIT - RISIKOREDUKTION



FUNKTIONALEN SICHERHEIT - ASPEKTE EINER SICHERHEITSFUNKTION

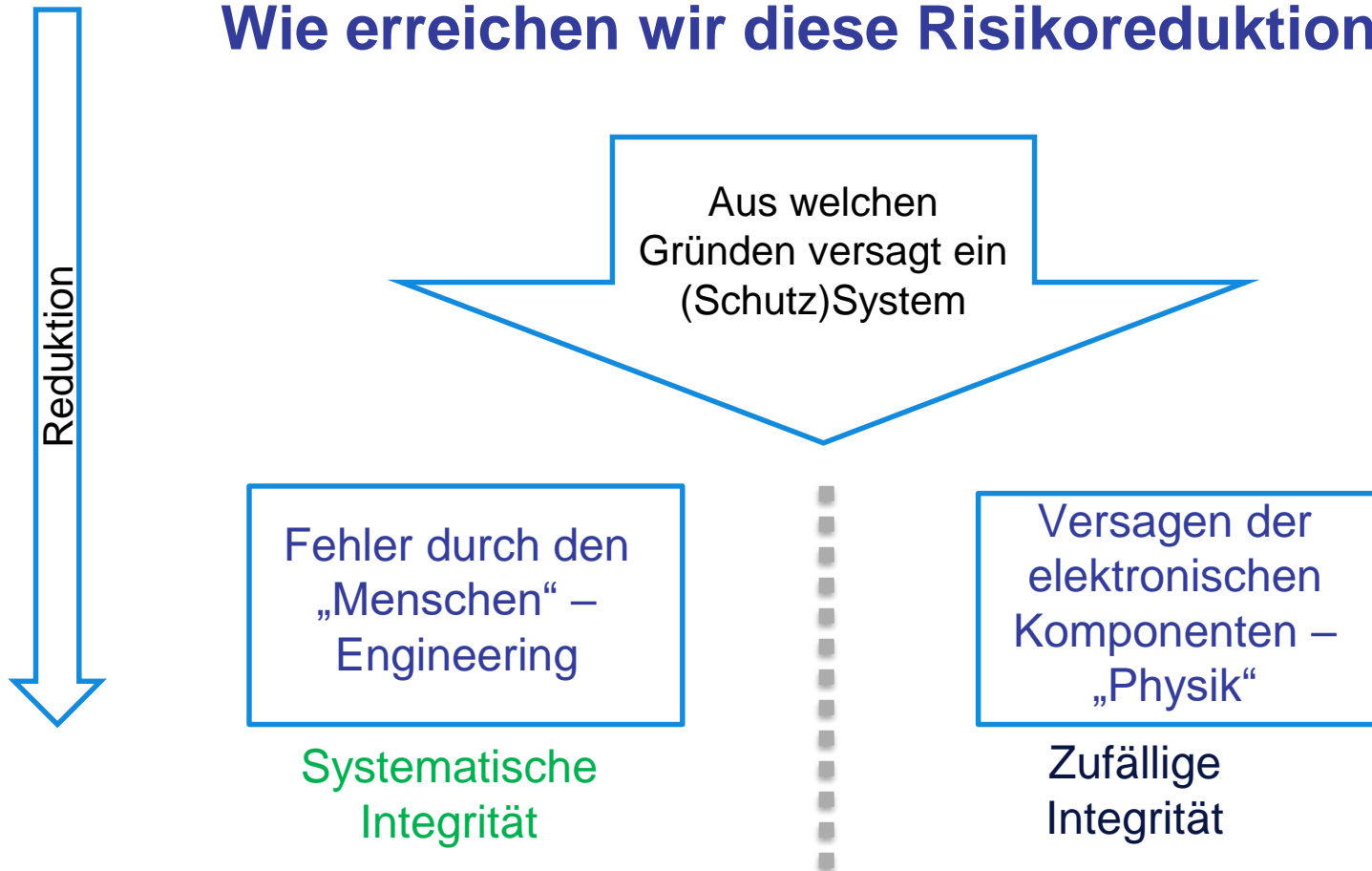
- Was muss ich messen (“sense”)?
- Wie muss ich reagieren (“actuate”)?
- Wann muss ich reagieren (“logic”)?

FUNKTIONALEN SICHERHEIT - ZUSAMMENHÄNGE RISIKO / RISIKOREDUKTION

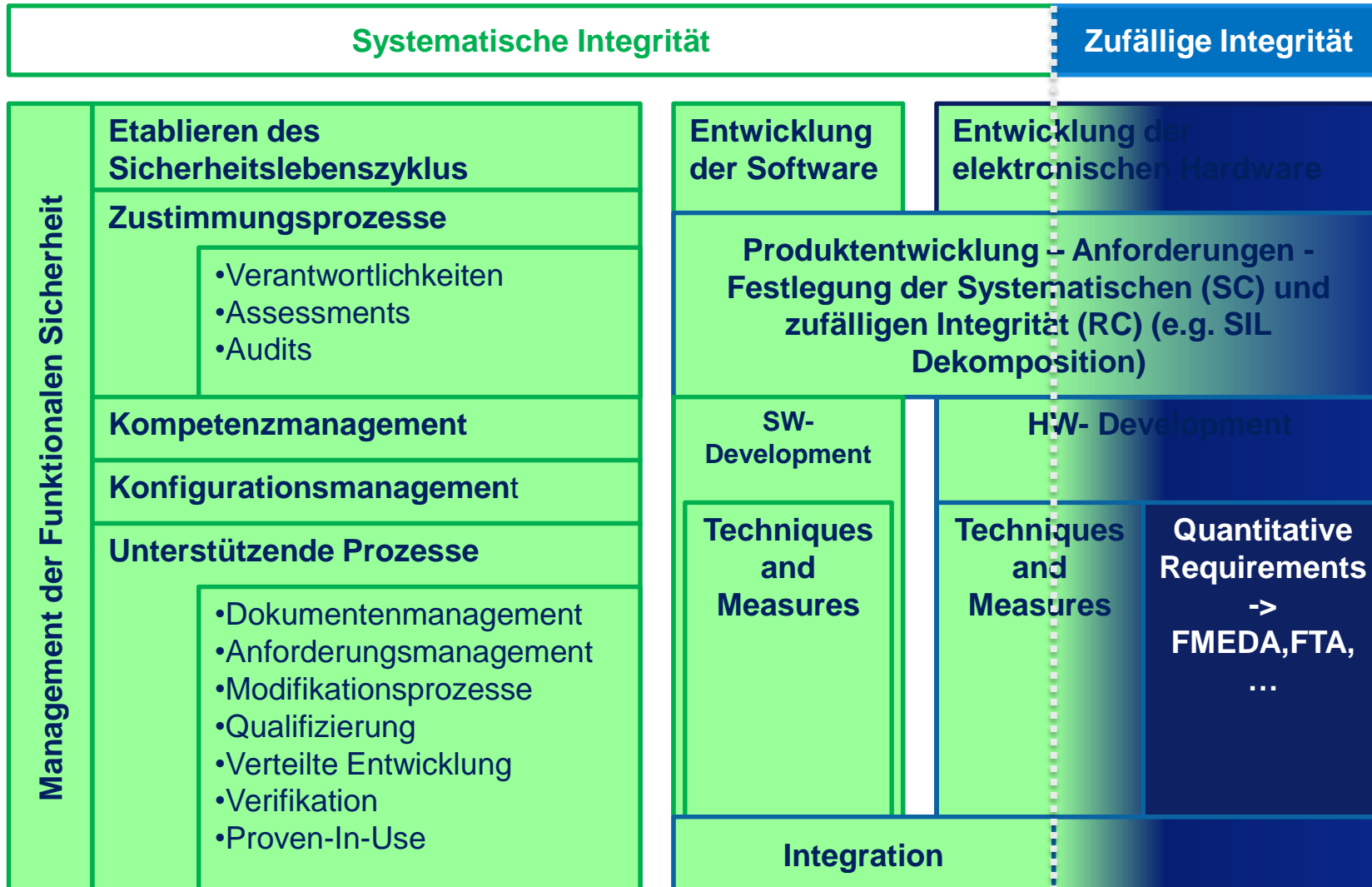
SIL



Wie erreichen wir diese Risikoreduktion?

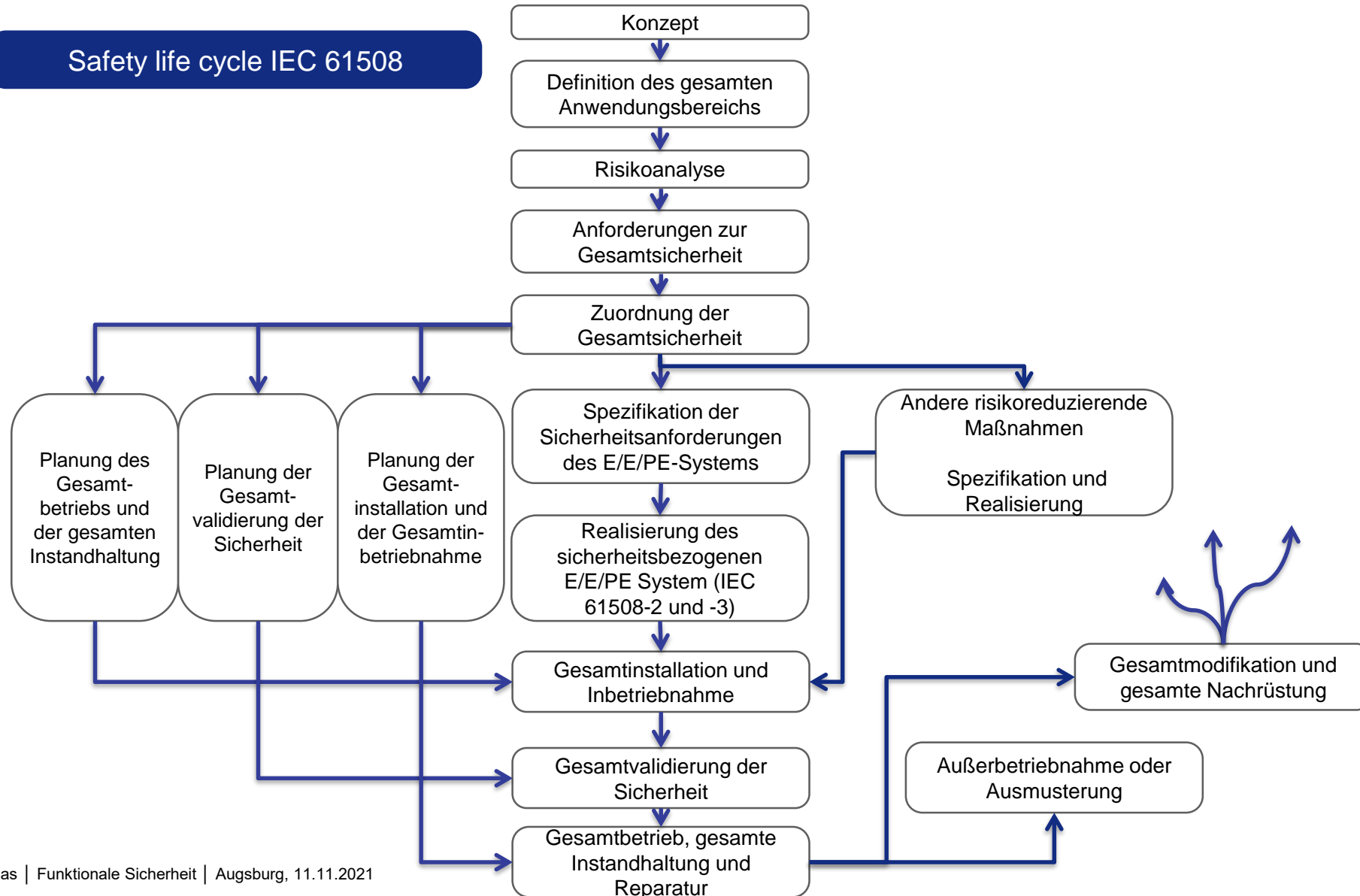


FUNKTIONSWEISE DER NORMEN R&D

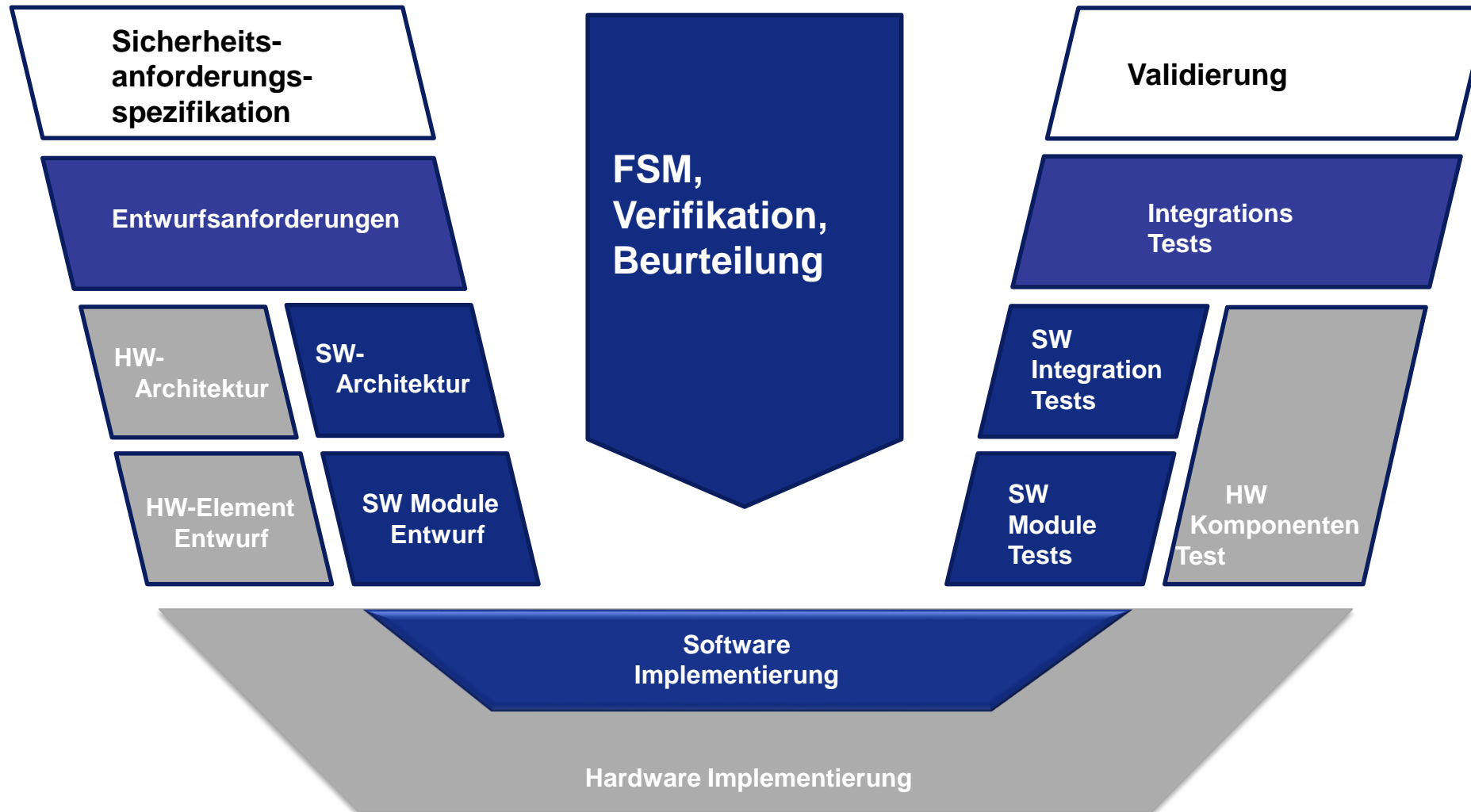


LEBENSZYKLUS

Safety life cycle IEC 61508



VALIDIERUNG



FUNKTIONALEN SICHERHEIT - RISIKOREDUKTION

Schadenausmaß C:

- C1: leichte Verletzung einer Person;
kleinere schädliche Umwelteinflüsse
- C2: Schwere irreversible Verletzung oder Tod einer Person;
vorübergehende größere schädliche Umwelteinflüsse
- C3: Tod mehrerer Personen; lang andauernde größere schädliche Umwelteinflüsse
- C4: Katastrophale Auswirkungen, sehr viele Tote

Häufigkeit und Aufenthaltsdauer:

- F1: selten bis öfter
- F2: häufig bis dauernd

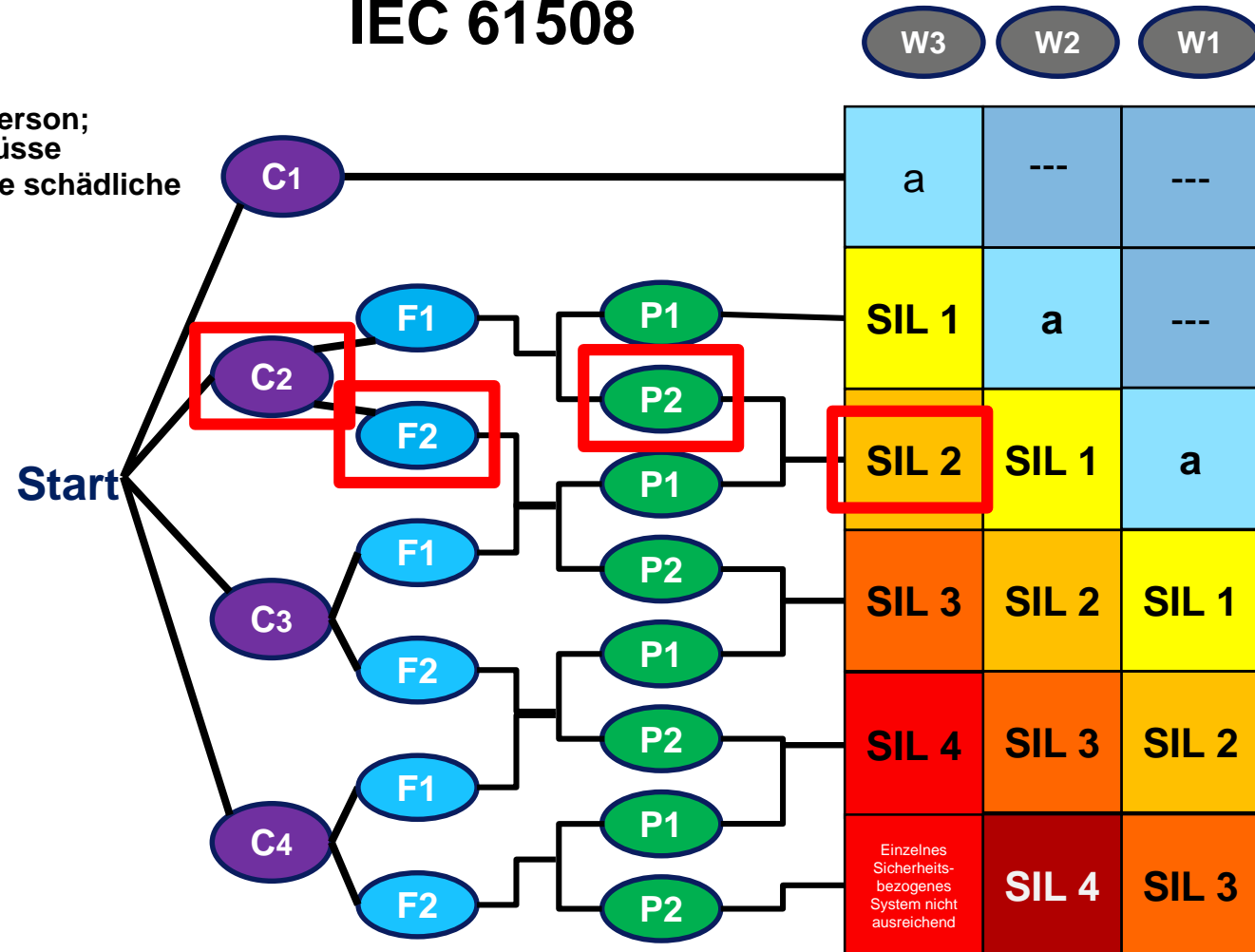
Gefahrenabweidung P:

- P1: möglich unter bestimmten Bedingungen
- P2: kaum möglich

Eintrittswahrscheinlichkeit W:

- W1: sehr gering
- W2: gering
- W3: relativ hoch

IEC 61508



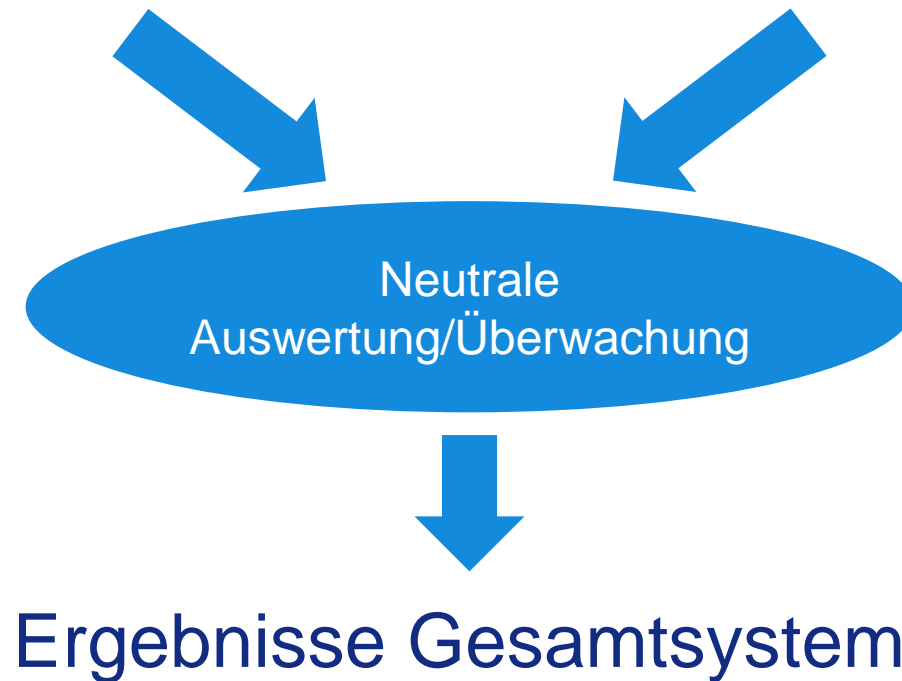
VALIDIERUNG

Systemverhalten

- Ermittlung Erkennungs-/Abschaltrate
 - Versuchsplanung
 - Versuchsauswertung

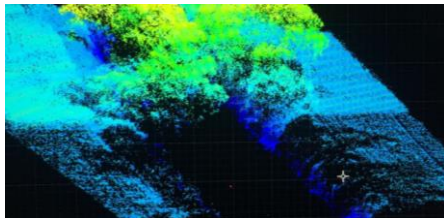
Äußere Einflüsse

- Ermittlung der Einflussfaktoren
- Erarbeitung Prüfplan für Einflussfaktoren
- Quantifizierung der Einflussfaktoren



VALIDIERUNG GESAMTSYSTEM- ÄUßERE EINFLÜSSE

Schutzsysteme:



Nebel



Lichteinflüsse

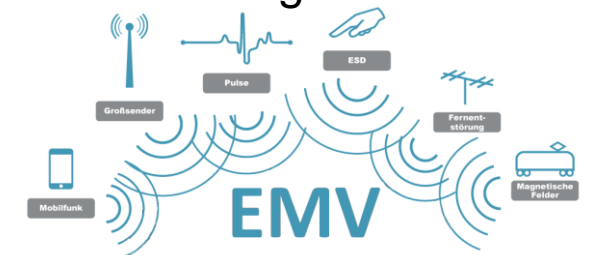


Frost



Regen

Diverse
andere



EMV &
Strahlung



VALIDIERUNG – ÄUßERE EINFLÜSSE

Vorgehen zu Validierung der äußeren Einflüsse

- 1. Ermittlung der Einflussfaktoren auf das betrachtete System
- 2. Bewertung der Einflüsse
- 4. Versuchsplanung für die relevanten Einflussfaktoren
- 5. Auswertung der Versuche und quantifizieren der Einflussfaktoren

VALIDIERUNG

	möglicher Einfluss auf Funktion des Kamerasystems	Worst Case Annahme	Folge für Detektion (Worst Case)	Eintrittswahrscheinlichkeit	Relevanz	gezielter Test möglich	Lösungsmöglichkeit	
Wetterbedingungen	allgemeine Strahlungsintensität (Helligkeit, Dämmerung, Dunkelheit)	niedrige Intensität führt zu Unterbelichtung (kein Kontrast)	keine Detektion	hoch	hoch	ja Testzeiten über gesamte Tagesdauer verteilen	nein, bei < 50 Lux keine Detektion möglich	
		hohe Intensität führt zu Überbelichtung (Verblendung)	keine Detektion in Strahlungsrichtung	mittel (objektbezogen)	mittel	nein, wetterabhängig	noch nicht bekannt	
	Strahlungswinkel (objektbezogen)	Gegenlicht/Überbelichtung		mittel	mittel	ja, Simulation mit Drohne	noch nicht bekannt	
	Nebel			mittel				
	Niederschlag	Regen	Sichtbehinderungen	keine Detektion	hoch	mittel	nicht beeinflussbar, wenn entsprechende Bedingungen herrschen testen	nein
		Schnee			gering			
		Hagel			mittel			
	Temperatur	hohe Temperatur führt zu Hitzeblimmern	eingeschränkte Detektion	gering	niedrig	nicht beeinflussbar, ggf. wenn Bedingungen vorliegen testen	noch nicht bekannt	
		hohe Temperatur führt zu Systemüberhitzung/Systemausfall	keine Detektion	gering	mittel		Kühlsystem bereits vorhanden für Server-Kamerasystem bereits unter extremeren Bedingungen eingesetzt.	
niedrige Temperatur führt zu bedeckter Linse (Frost)		keine Detektion	gering (da beheizte Linsen)	niedrig	Linsenheizung bereits vorhanden			
niedrige Temperatur führt zu Einfrieren der beweglichen Elemente					noch nicht bekannt			
Reflexionen	viele Reflexionen (z.B. durch Fahrzeuge, Scheiben, Schnee oder Gewässer) führen zu Verblendung	eingeschränkte Detektion in betreffendem Sektor	mittel	niedrig zielgenaue Störung unwahrsch.	nein	noch nicht bekannt		
andere äußere Bedingungen	starke Verschmutzung der Linsen (Staub, Vogelkot, Kalkflecken, Partikel, etc.)	Verschmutzung Weitwinkelkamera	eingeschränkte Detektion in betreffendem Sektor	mittel	niedrig	nicht erforderlich	Reinigung	
		Verschmutzung Stereokamera	keine Detektion	gering	mittel	nicht erforderlich	Reinigung	
	mehrere bewegte Objekte zeitgleich	zu viele bewegte Objekte zeitgleich führen zu Überforderung des Systems	eingeschränkte Detektion /keine Detektion	mittel	hoch	nein	nein	
	Landschaftselemente /Veränderung Vegetation	Sichtverschattung	eingeschränkte Detektion in betreffendem Bereich	mittel	niedrig	nicht erforderlich	nein	
	starkes Verkehrsaufkommen, Bewirtschaftung mit schweren Maschinen, starker Wind	Vibrationen, Schwingungsübertragung auf Kameramast	eingeschränkte Detektion, unscharfe Bilder	mittel	niedrig	nicht erforderlich	bei statischer Auslegung des Kameramastes berücksichtigen	
	Nähe zu Umspannwerk, Transformator, Hochspannungsleitung, Richtfunktrasse	elektromagnetische Störung Kamerasystem, fehlerhafter Kommunikation, Abriss des Bild-Datenstroms	eingeschränkte Detektion	gering	niedrig	nicht erforderlich	bei Standortplanung berücksichtigen	

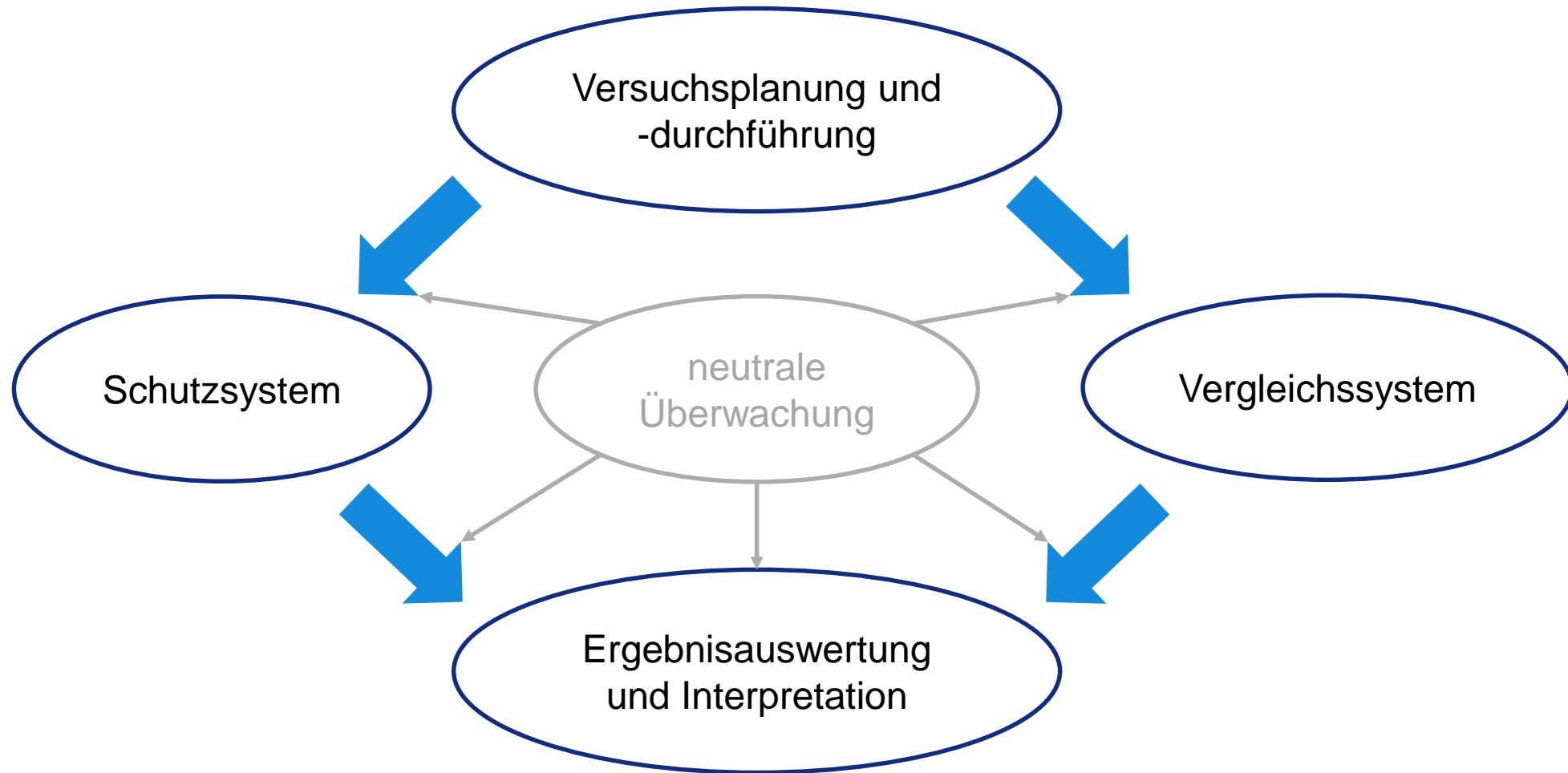
Tabelle 2: Risikoanalyse. Mögliche Auswirkungen äußerer Einflüsse auf die Funktionsfähigkeit des Kamerasystems

	Eintrittswahrscheinlichkeit gering (<25%)	Eintrittswahrscheinlichkeit mittel (25%-75%)	Eintrittswahrscheinlichkeit hoch (>75%)
Eingeschränkte Detektion	Relevanz niedrig	Relevanz niedrig	Relevanz mittel
Keine Detektion	Relevanz mittel	Relevanz hoch	Relevanz hoch

Tabelle 1: Einstufung der Relevanz in Abhängigkeit von Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung auf die Detektionsfähigkeit des Kamerasystems

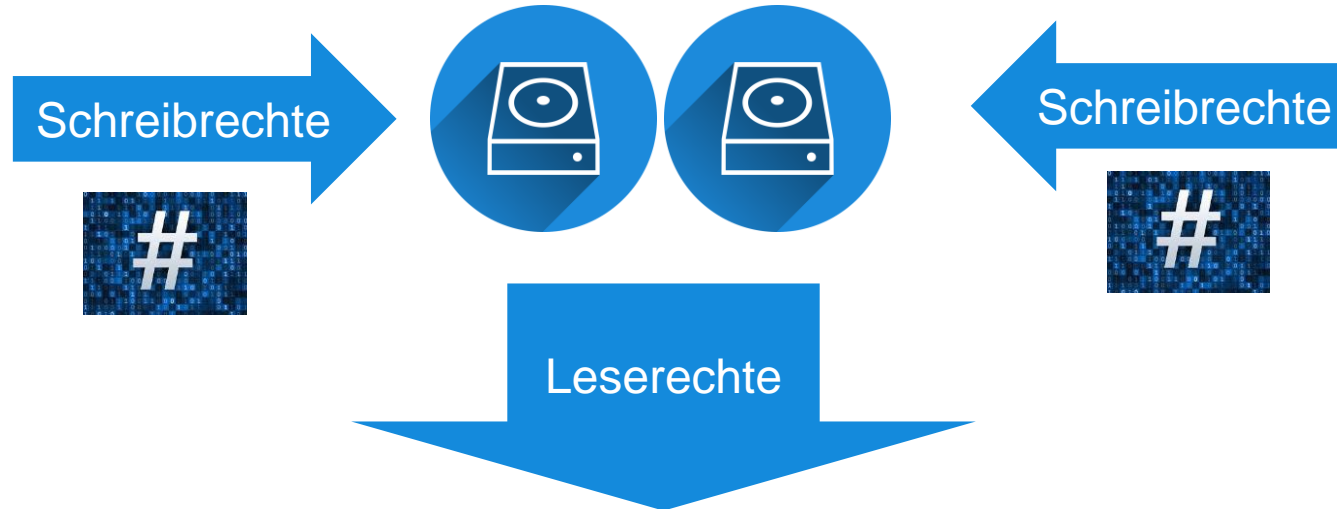
Quelle: Erneuerbare Energien Europa

VALIDIERUNG SYSTEMVERHALTEN



VALIDIERUNG SYSTEMVERHALTEN

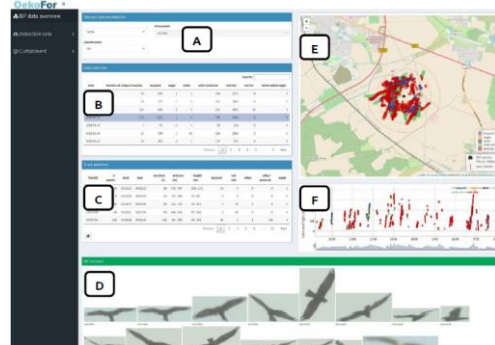
Datenerfassung



Datenerfassung



Analyse

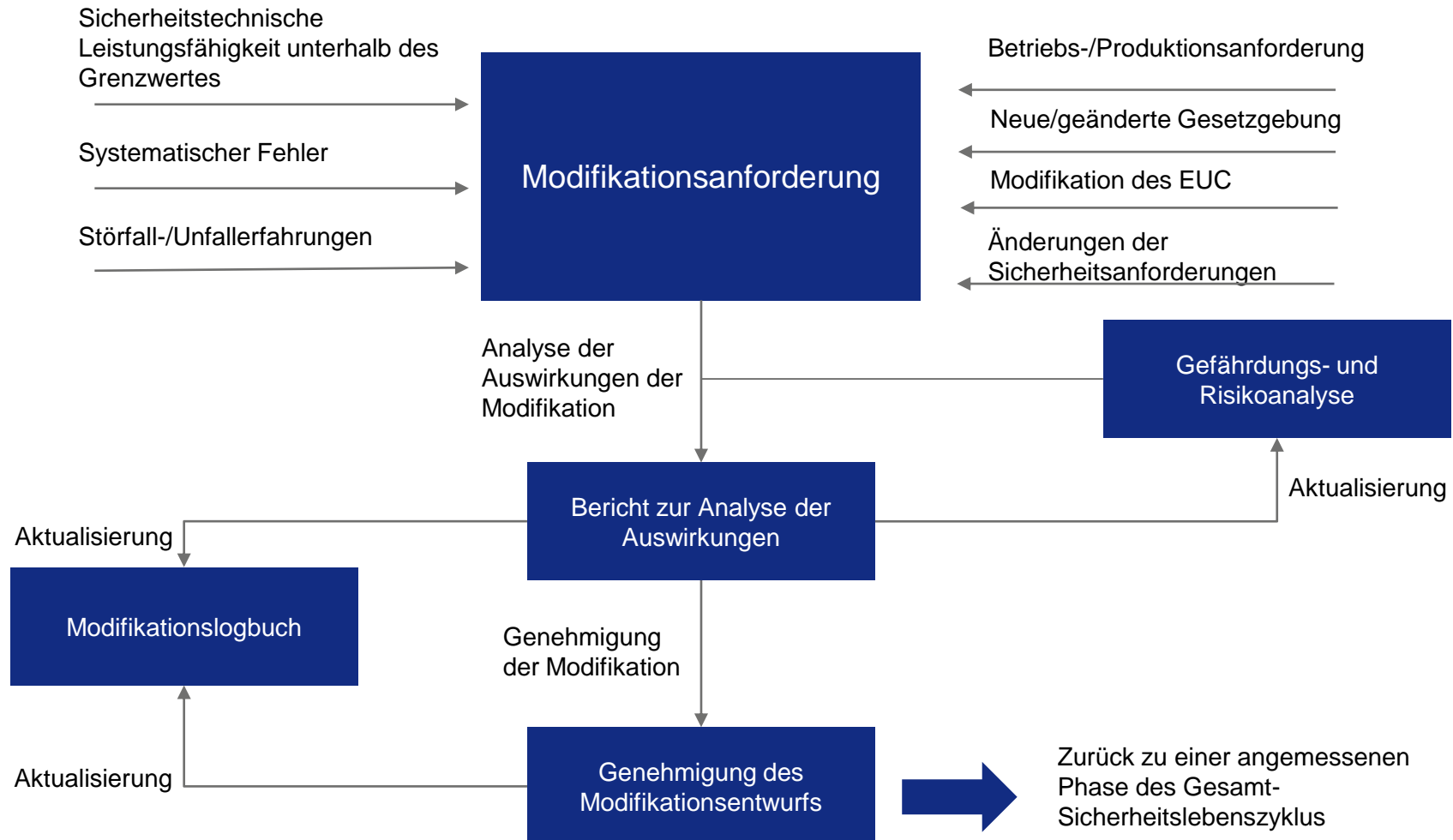


MODIFIKATION

- **Anforderung Änderungsmanagement in der Realisierungsphase**
- Ein Änderungsprozess muss definiert sein
- Änderungen müssen dokumentiert werden
- Änderungen müssen genehmigt werden
- Eine Einfluss-Analyse muss erstellt werden (einschließlich Hardware, Software und Bedienung, sowie auf die Umgebung und mögliche Wechselwirkungen)
- Je nach Änderung müssen Arbeitsschritte im V-Modell wiederholt werden (Rücksprung in eine geeignete Phase des V-Modell)
- Alle nötigen Tests müssen wiederholt werden (Revalidierung).
- Für Jede Änderung muss eine Beurteilung der Funktionalen Sicherheit stattfinden.
- Die Endanwender müssen gegebenenfalls informiert werden.

MODIFIKATION

■ Änderung



AUSBLICK

- Einheitliche Entwicklungsabläufe der Kollisionsschutzsysteme am Markt
- Einheitliche Anforderungen an die Validierung
- Vergleichbare Daten zur Wirksamkeit, damit vergleichbare Systeme
- Erschließung neuer Flächen für WEA dank Kollisionsschutzsysteme
- Öffentliche Akzeptanz für Kollisionsschutzsysteme steigt

