

# AUF DEM WEG ZUM AUTONOMEN SCHIFF

## MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN MODERNER SCHIFFFAHRTSTECHNOLOGIEN

Dr.-Ing. Evelin Engler

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**

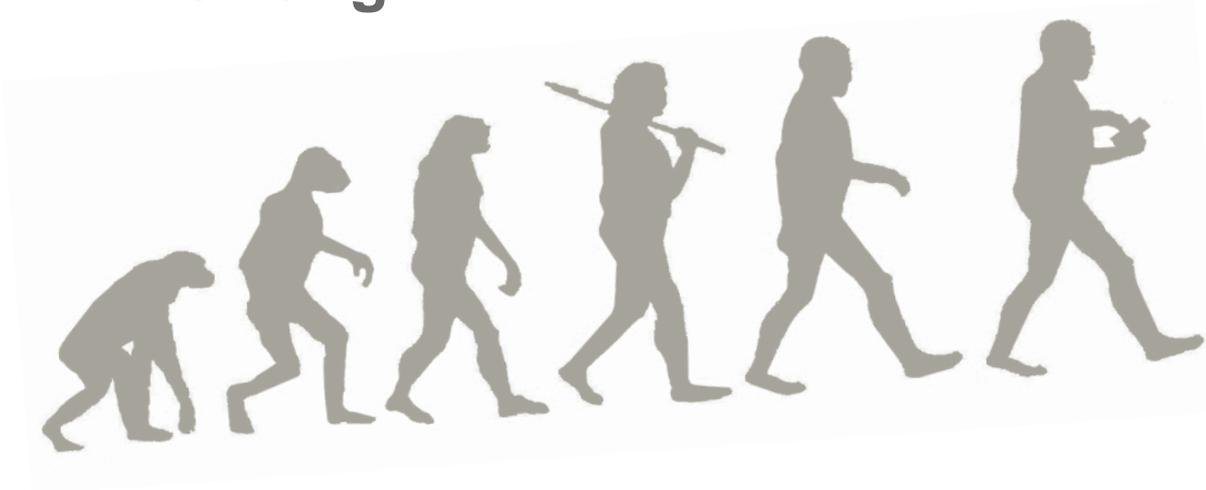
- Institut für Kommunikation und Navigation
- Institut zum Schutz maritimer Infrastrukturen



Knowledge for Tomorrow



# Entwicklung



- Werkzeuge
- ...
- Koordination
- Kommunikation
- .....
- Vernetzung  
(multilateral, essentiell, kritisch)



# Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)

## Autonomiegrade [IMO]

### Grad I:

- Schiff mit automatisierten Prozessen und Entscheidungsunterstützung.
- Seeleute an Bord bedienen die schiffseitigen Systeme und Funktionen.
- Einige Prozesse können automatisiert und unbeobachtet ablaufen, aber die Kontrolle kann jederzeit durch Bordpersonal übernommen werden.

### Grad II:

- Ferngesteuertes Schiff mit Seeleuten an Bord.
- Steuerung und Bedienung des Schiffes erfolgt ferngesteuert, kann aber jederzeit durch das Bordpersonal übernommen werden.

### Grad III:

- Ferngesteuertes Schiff ohne Seeleuten an Bord.
- Steuerung und Bedienung des Schiffes erfolgt explizit ferngesteuert.

### Grad IV:

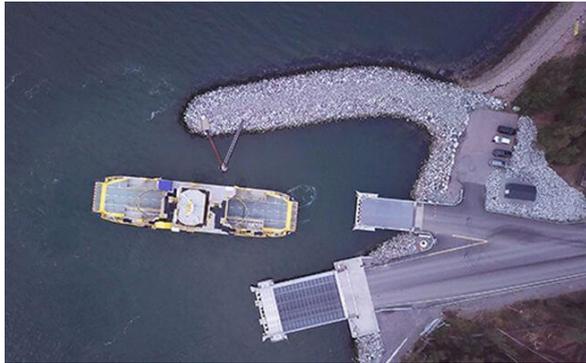
- Vollautonom betriebenes Schiff, das in der Lage ist, Entscheidungen und Aktionen eigenständig auszuführen.

[autonom = unabhängig, eigenständig, verwaltungsmäßig selbständig]



# Status quo

## Demonstration der Machbarkeit



Finferries demonstrierte die 1. vollautomatisierte Fähre Falco im Archipel von Turko (2018)



Erfolgreicher Test von "DRIX", ein 8 m „Autonomous Unmanned Survey Vessel“ (AUSV) von iXblue (2018)



Test des C-Worker 7 (37 Tage) erfolgreich abgeschlossen (Überwachung Rohrverlegung)

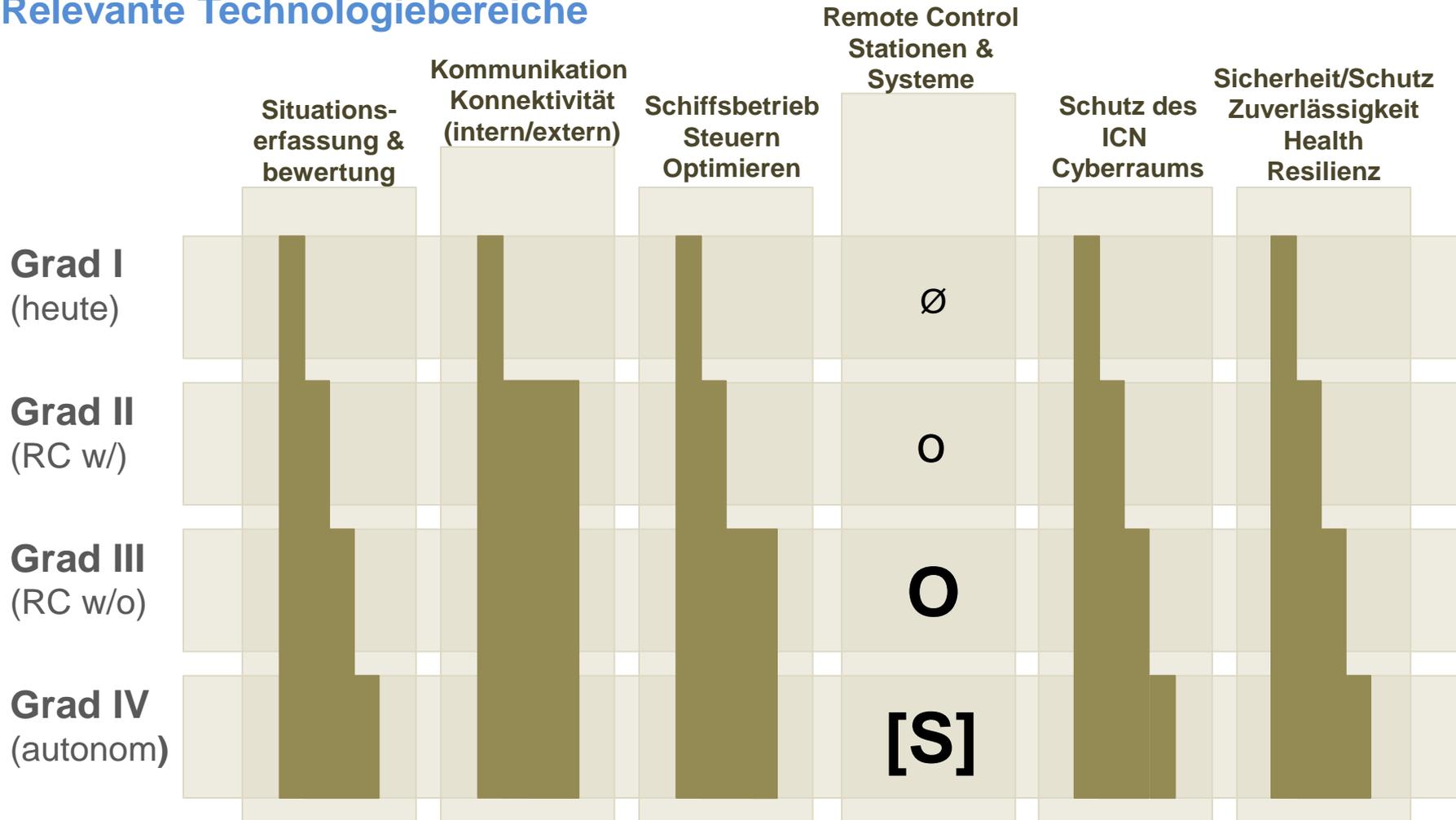


Tests des Modells der Yara Birkeland (2017/18), Auslieferung 2020, Inbetriebnahme (2022)



# Maritime Autonomous Surface Ships (MASS)

## Relevante Technologiebereiche



Ø = unused, o/O = reliable operation, [S] = supervisory authority/center

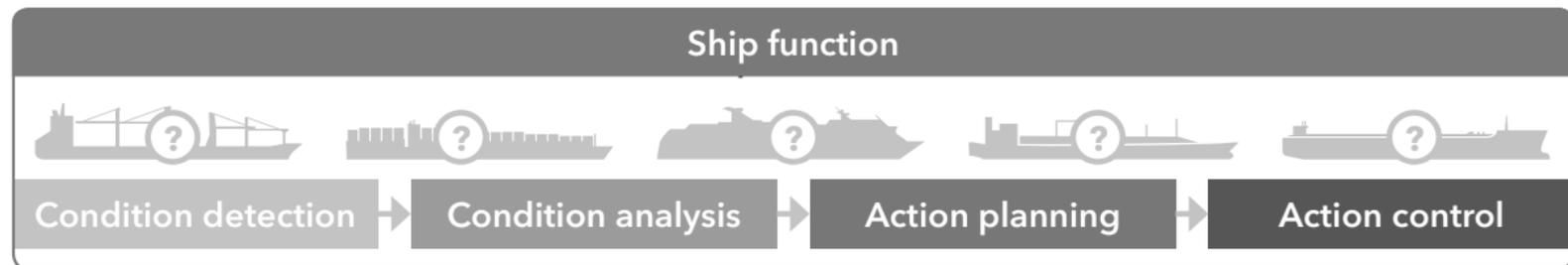


# Einige Herausforderungen (1)

## Technologisch

- **STEIGENDE LEISTUNGSANFORDERUNGEN** an technologische Bordausstattung (funktional → integritätsbewertet → situationsgesteuert)
- Aufgaben und **KOGNITIVE FÄHIGKEITEN DES BORDPERSONALS** müssen funktionalisiert (schiffsseitig I → II, III; generell IV)

Source: DNVGL Position Paper 2018  
REMOTE-CONTROLLED AND AUTONOMOUS SHIPS



- **VOLLAUTOMATISIERUNG ALLER FUNKTIONEN** inklusive Steuerung, Überwachung und Management (Entscheidungsfindung)

**Schiffsbetrieb** (Maschine, Energieversorgung, Antriebe, Ruderanlagen, Integritätsüberwachung, Steuerung, ...)

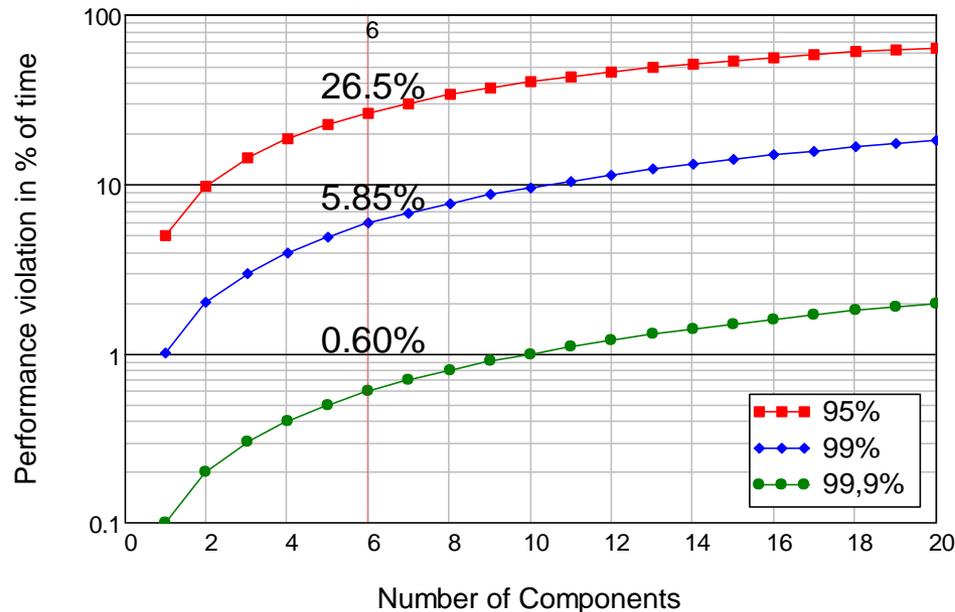
**Navigation** (Situationserfassung, Lagebewertung, Routenplanung, Manövrieren, Kollisionsvermeidung,...)

**Kommunikation** (intern/extern, Daten- und Informationsaustausch, Koordination, Remote Control, GMDSS,...)

# Einige Herausforderungen (1)

## Technologisch

- **STEIGENDE LEISTUNGSANFORDERUNGEN** an technologische Bordausstattung (funktional → integritätsbewertet → situationsgesteuert)



Verfügbarkeit/Zuverlässigkeit von Daten und Komponenten im Systemkontext

...vom Sensor zum Supply Chain...

Integritätsmonitoring und Integritätsmanagement in komplexen Systemen

...Prozessketten, Informationsflüsse...

Situationsgesteuert ist mehr als Adaption an Navigationsphasen



# Einige Herausforderungen (2)

## Technologisch

- wachsender Autonomiegrad (II – IV) erweitert das Funktionssystem Schiff über das eigentliche Schiff hinaus (z.B. 360°-Situationserfassung, Remote Control Center, RCC-Kommunikation)
  - **WACHSENDE KOMPLEXITÄT** bedarf zusätzlicher Maßnahmen, um dadurch entstehende Zuverlässigkeitsverluste kompensieren zu können
  - mit wachsender Komplexität steigt der **KOORDINIERUNGSBEDARF** zwischen land- und schiffseitigen Funktionen und Prozessen [(r)echtzeitfähig]
  - zunehmende, **TECHNOLOGIEÜBERGREIFENDE VERNETZUNG** impliziert neue Gefahren, die geeignet zu handhaben sind (Barrieren der Fehler- und Angriffsvektoren, Integritätsmanagement in Prozessketten, Schutz des Cyberraums,...)
- autonom und sicher funktionieren (IV) erfordert
  - **LAGEERFASSUNG (24/7)** bzgl. aktueller Leistungsfähigkeit in Relation zu aktuellen Leistungsanforderungen des autonomen Systems (Grenzen erkennen) und
  - ein proaktives wie reaktives **MANAGEMENT VON RESILIENZ, SICHERHEIT, UND SCHUTZ**
  - inklusive Bereitstellung, Einsetzen und Managen von dafür erforderlichen **KAPAZITÄTEN**



# Einige Herausforderungen (2)

## Technologisch

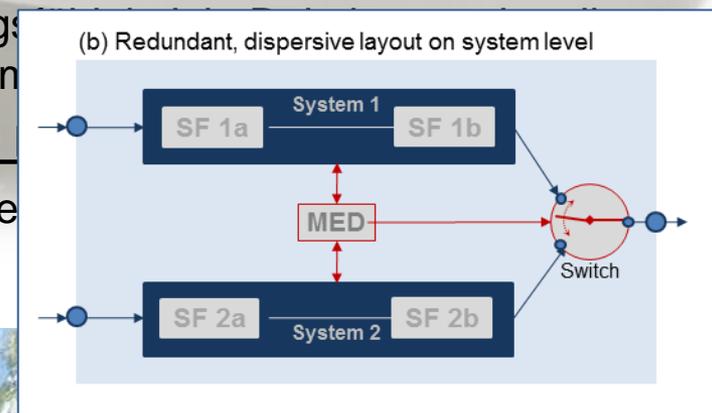
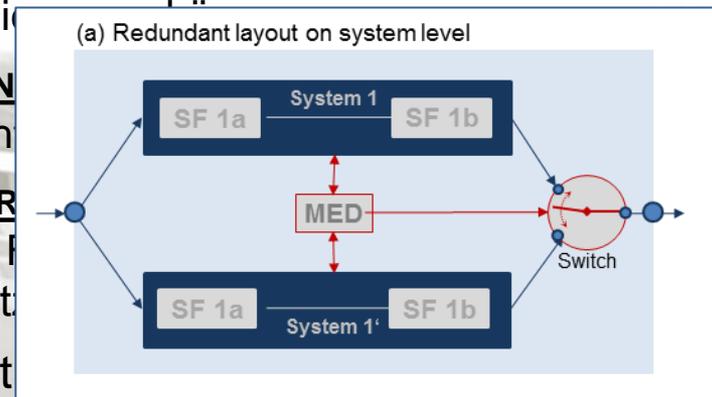
- wachsender Autonomiegrad (II – IV) erweitert das Funktionssystem Schiff über das eigentliche Schiff hinaus (z.B. 360°-Situationserfassung, Remote Control Center, RCC-Kommunikation)

- WACHSENDE KOMPLEXITÄT** bedarf zusätzlicher Maßnahmen, um dadurch entstehende Zuverlässigkeitsverluste kompensieren zu können

Source: DNVGL  
Position Paper 2018

“If there are no attending crew able to maintain and repair the sensors and associated acquisition systems during operations, the robustness of these systems must be proven such that maintenance and repairs can be carried out while the ship is in port. This can be ensured by means of homogeneous or heterogeneous redundancy.”

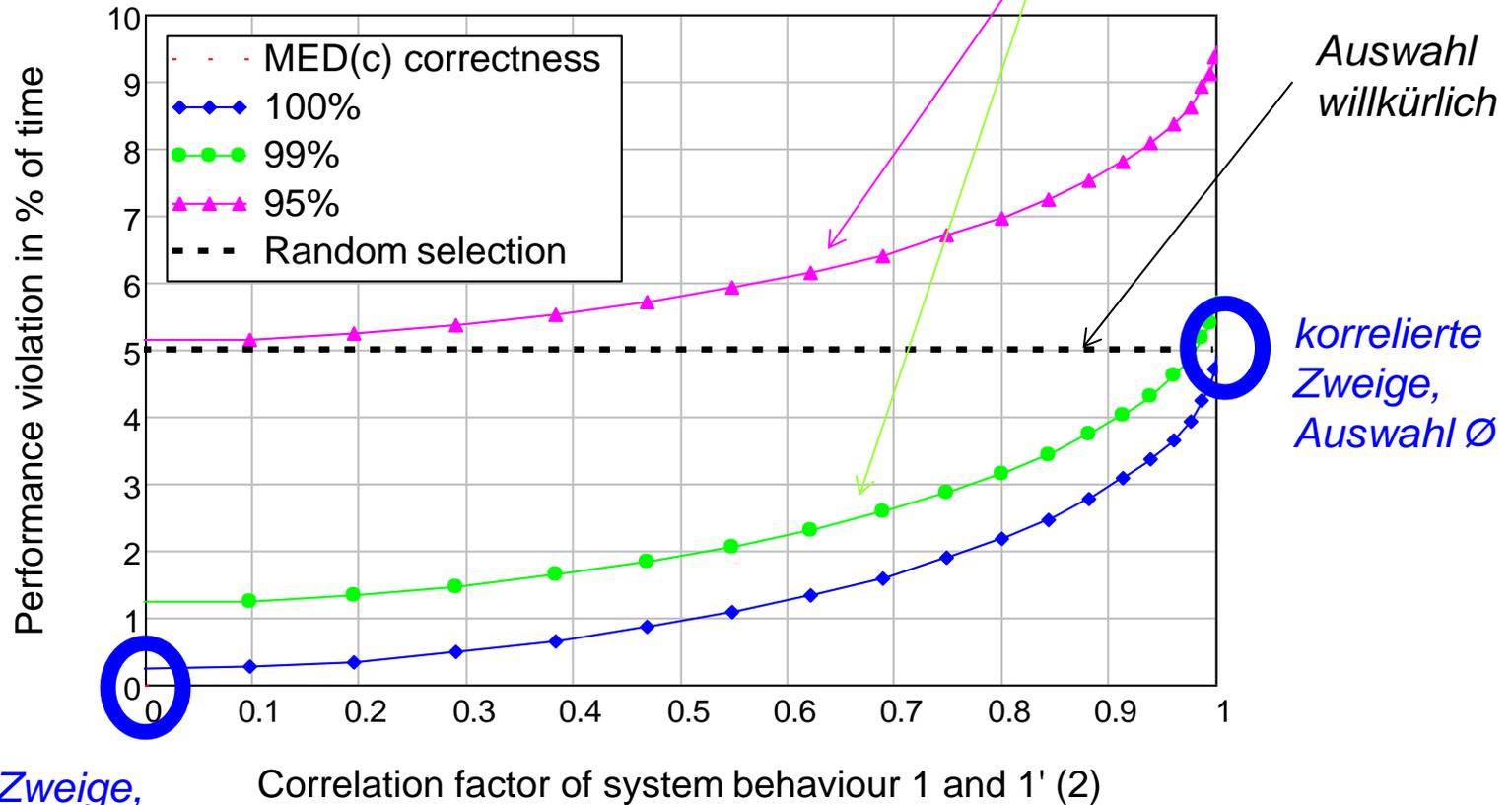
- autonome Systemen, die während der Operationen in der Lage sind, die Sensoren und zugehörige Erwerbungs- und Verarbeitungssysteme zu warten und zu reparieren, erfordert eine Redundanz der Systeme, die während der Operationen in der Lage sind, die Sensoren und zugehörige Erwerbungs- und Verarbeitungssysteme zu warten und zu reparieren. Dies kann durch die Verwendung von homogener oder heterogener Redundanz sichergestellt werden.



# Einige Herausforderungen (2)

## Redundantes Layout und Situationsbewusstsein

Degradierung durch Fehlentscheidungen

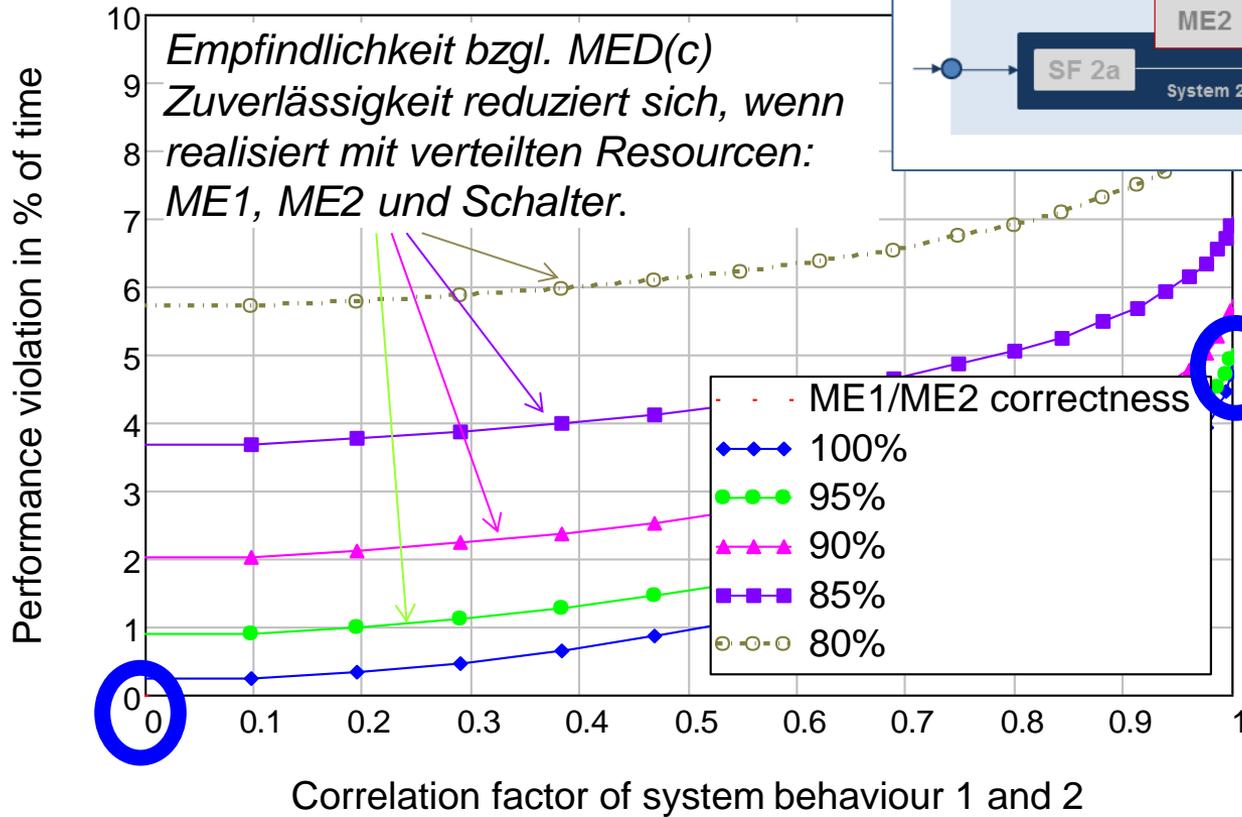
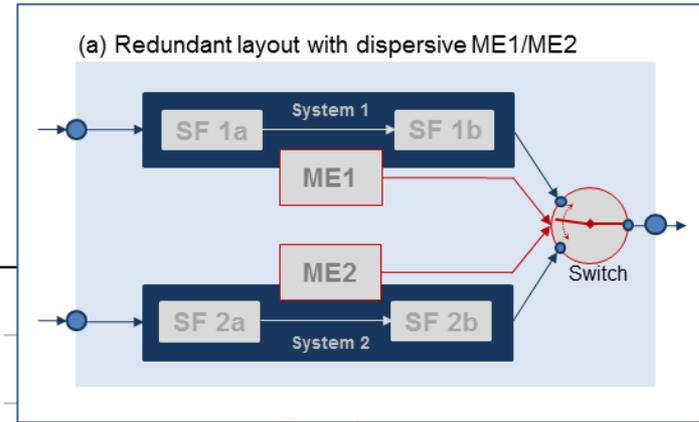


unkorrelierte Zweige,  
korrekte Auswahl



# Einige Herausforderungen (2)

## Redundantes Layout und Situationsbewusstsein



*ME1=ME2  
=MED=100%  
unabhängig von  
Implementierung*

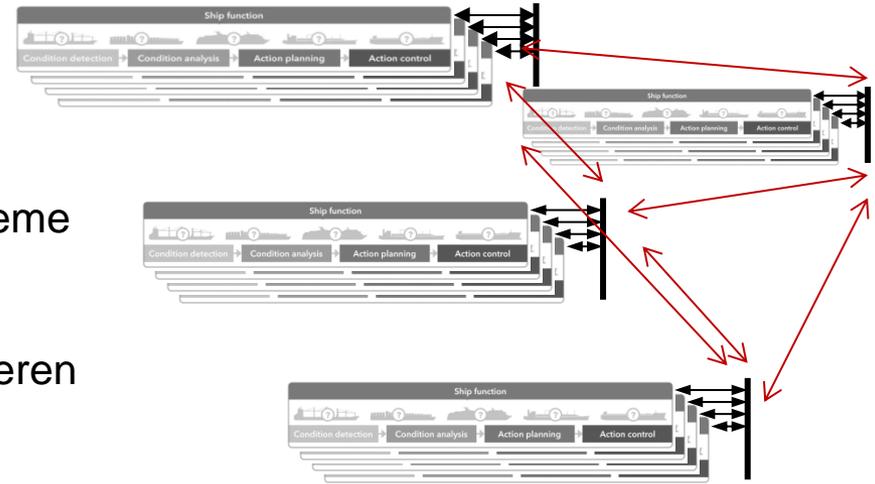


# Einige Herausforderungen (3)

## Technologisch – Soziotechnisch – Regulativ – Administrativ

### ▪ VOLLAUTOMATISIERUNG VON PROZESSEN

in digitalen, materiellen, als auch informellen “Supply Chains”



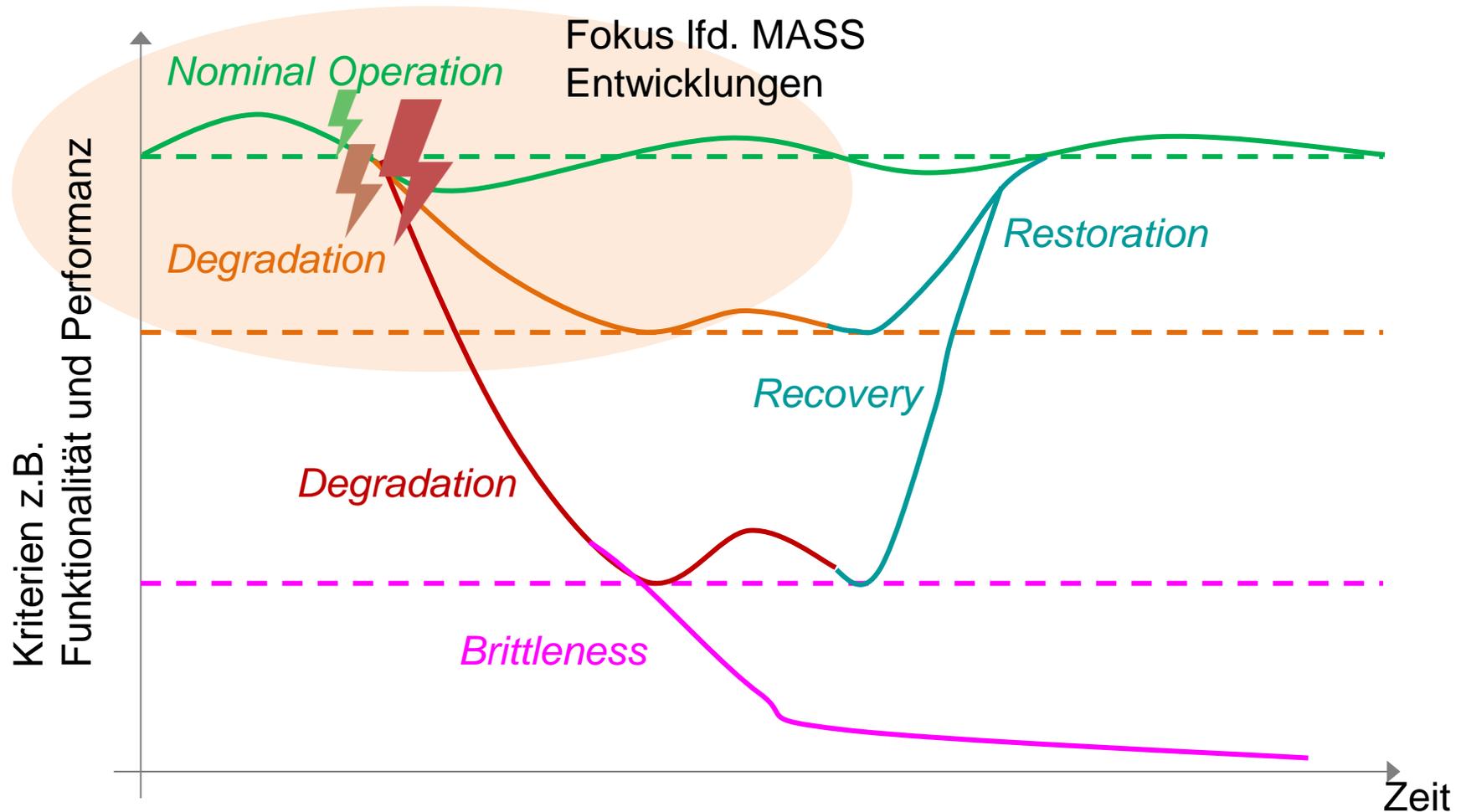
- System als Ganzes → System der Systeme (see- und landseitig)
- Integritätsmonitoring und -management
- Dynamisches und koordiniertes Interagieren (strategisch, taktisch, reguliert?)
- Von reaktiv zu proaktiv/prädiktiv

- “Human in the Loop” → “Human in the Control” → “Supervisory Instance” (?)
  - System ERKENNT DIE “AUTONOMIE”-GRENZEN und aktiviert “Supervisory Instance”
  - “Supervisory Instance” ERKENNT “ZERBRECHLICHKEIT DER AUTONOMIE” und beendet eigenständiges, unabhängiges Agieren
- Umgang mit wachsenden Unbestimmtheiten: „SAFETY I“ ZU „SAFETY II“
  - „Safety II“ ohne „Human in the Loop/Control“? Mit KI realisierbar?
- STANDARDISIERUNG (funktional, zielbasiert, generisch, systemisch)



# Resilienz

Ein MUSS für sicherheitskritische Systeme: Befähigung / Eigenschaft



# Resilienzprinzipien und Konzepte (Theoretisch)

## Prinzipien

- in den letzten Jahrzehnten wurden mehr als 40 Prinzipien identifiziert
- Jackson abstrahierte diese auf 14 Top-Prinzipien

	Principle	Capability	Attribute
1	absorption	to absorb the magnitude of disruption	capacity
2	physical redundancy	to overbridge single failures by redundant layout	
3	functional redundancy	to provide different ways to perform critical tasks	
4	layered defence	to apply two or more independent principles	flexibility
5	human in the loop	to use humans' better dealing with unprecedented threats	
6	reduction of complexity	to limit the complexity to the necessary degree	
7	reorganization	to adjust structure and functioning to current situation	
8	reparability	to be prepared for recovery of origin functionality and performance	tolerance
9	loose coupling	to limit error propagation in complex, networked systems	
10	localized capacity	to perform the functionality using distributed resources	
11	drift correction	to mitigate risks by adjustment to changes	
12	neutral state	to ensure true situation awareness for right decisions	
13	inter-node interaction	to ensure communication, cooperation, collaboration between nodes for a coordinated use of resources	cohesion
14	reduce hidden interactions	to avoid harmful interactions between nodes	

## Ziele [Jackson]

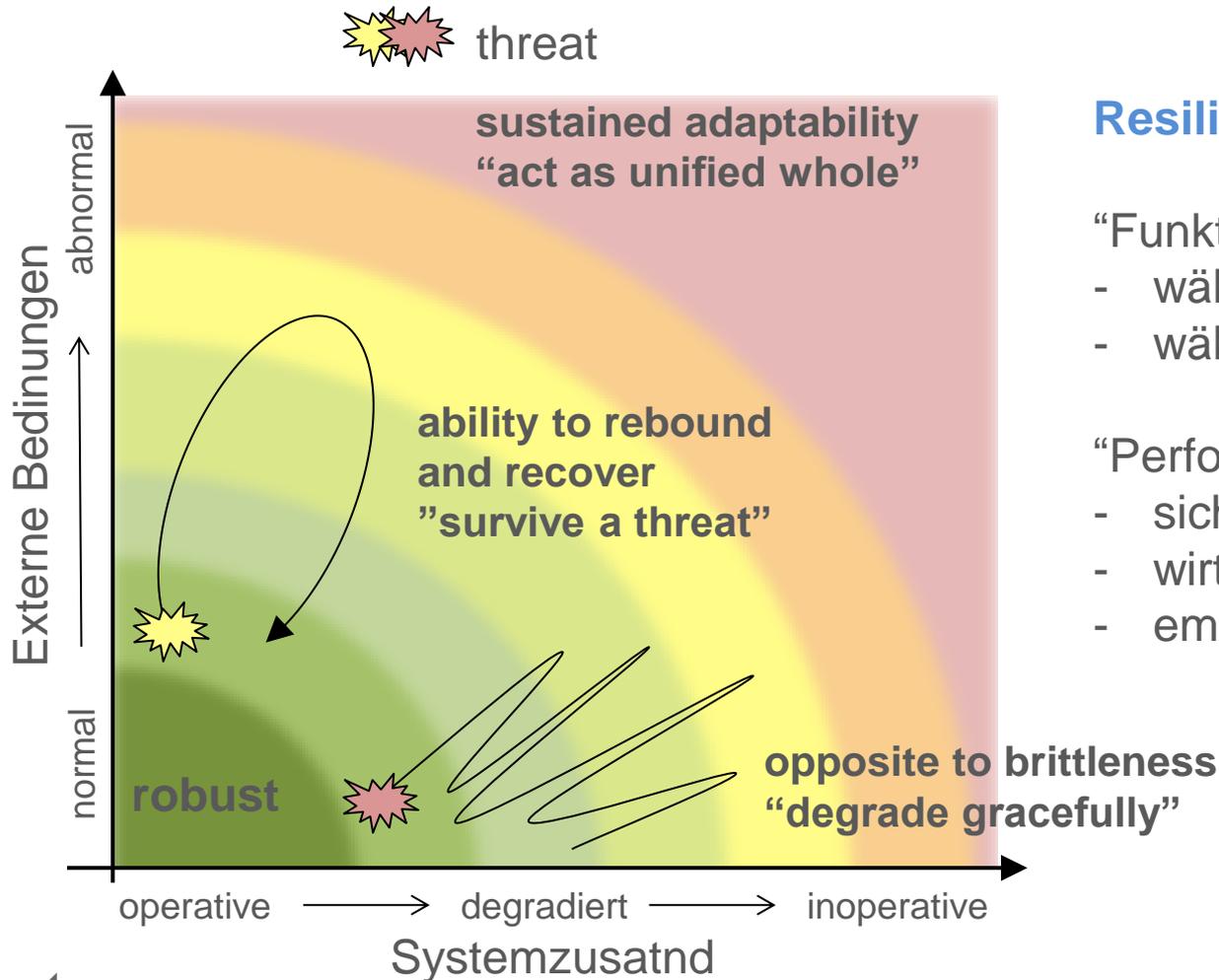
- eine Gefahr zu überleben (capacity)
- sich an Gefahren anzupassen (flexibility)
- graziös zu degradieren (tolerance)
- als einheitliches Ganzes in Gefahrensituationen zu agieren (cohesion)

## Resilienzkonzepte [Wood]

- 1) Robustheit
- 2) Befähigung zum Erholen und Wiederherstellen
- 3) Gegenteil von Zerbrechlichkeit (Betrieb nahe und jenseits der Kapazitätsgrenzen)
- 4) Nachhaltige Anpassungsfähigkeit in einer vernetzten, sich ändernden Welt.



# Resilienzprinzipien und Konzepte (Praktisch)



## Resilientkriterien

"Funktionalität" = Schiffsbetrieb

- während einer Reise
- während des Lebenszyklus

"Performanz"

- sicher
- wirtschaftlich
- emissionsfrei....



# Zusammenfassung

## ▪ Sicherer und effizienter Schiffsbetrieb hängt u.a. ab von:

- ✓ Zuverlässiger Bereitstellung nautischer Daten und Informationen
- ✓ Situationsbewusstsein und Situationsbewertung als wiederkehrende Aufgabe
- ✓ Befähigung, den Betrieb an externe und interne Bedingungen anzupassen (Störeinflüsse, sich abzeichnende Gefahren, Überraschungen)

## ✓ MASS I → II, III, IV

- ✓ erhöht generell Leistungsanforderungen und Leistungsportfolio (von Komponente / Funktion zum System-der-System / Prozessketten)
- ✓ bedarf systemübergreifendes Integritätsmanagement (standardisierte Interfaces, verbindliche Verantwortlichkeiten und Aussagen)
- ✓ Notwendige Systemerweiterungen resultieren aus RCC und funktionaler Implementierung von Monitoring und Situationsbewertung (intern/extern; Zustand/ Gefahrenpotenzial; Bedarf/Wirksamkeit von Sicherheits- und Schutzmaßnahmen)

## ▪ Resilienzprinzipien

- ✓ die Anwendung ist nicht neu
- ✓ anerkannt um Zuverlässigkeit und Resilienz im Systemkontext abzusichern
- ✓ fördert die Spezifikation von Anforderungen aus Resilienz Kriterien

