

# Verhaltensbäume für höhere Autonomiegrade

## Autonomiemetrik und Verhaltensbäume

Andreas Klöckner, DLR

Wissen für Morgen



# Übersicht

1. Autonomiemetrik nach UAV Roadmap 2000-2025  
Was ist Autonomie?
2. Verhaltensbäume für Missionsmanagement  
Was sind Verhaltensbäume?
3. Anwendungspotential für höhere Autonomiegrade  
Wo sind Verhaltensbäume anwendbar?
4. Status Quo und Erweiterungsmöglichkeiten  
Was kommt als nächstes?

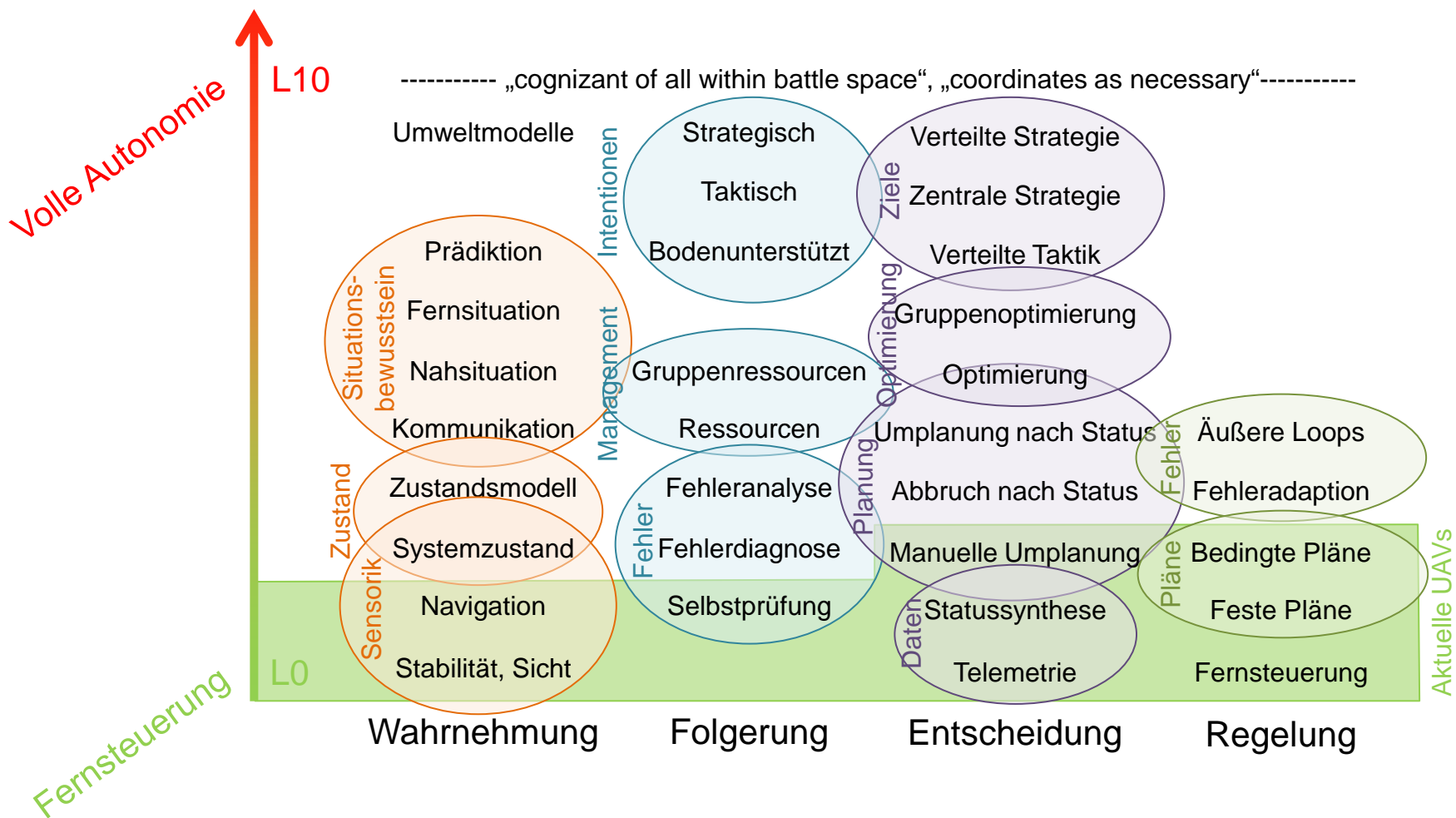


# Autonomiemetrik nach UAV Roadmap 2000-2025

- Begriff „Autonomie“ allgegenwärtig, aber nicht präzise definiert
- US National Institute of Standards and Technology (NIST) Performance Metrics for Intelligent Systems Workshop (PerMIS)
- Ziel: Autonomy Levels for Unmanned Systems (ALFUS)
- Clough (2002): Metrics Schmetrics! How the Heck Do You Determine a UAV's Autonomy Anyway?
- Übersicht über bisherige Metrikansätze
- 11 Autonomous Control Levels (ACL)
- Ursprünglich militärisch orientiert am Observe-Orient-Decide-Act-Loop



# Autonomiemetrik nach UAV Roadmap 2000-2025



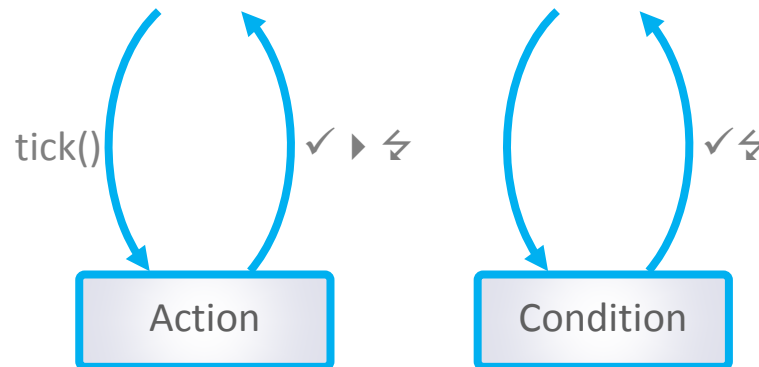
# Verhaltensbäume für Missionsmanagement

- Herausforderung heutiger UAVs:
  - Integration vieler unterschiedlicher Fähigkeiten
- Äquivalente Fragestellung in Computerspielen:
  - Komplexe Non-Player Characters
- Verhaltensbäume (Behavior Trees) relativ neuer Zweig
- Erste Anwendung in HALO 2 (Isla, 2005)
- Mittlerweile in Lehrbüchern etabliert (Millington, 2009)
- Nicht zu verwechseln mit Behavior Trees für Requirement Engineering



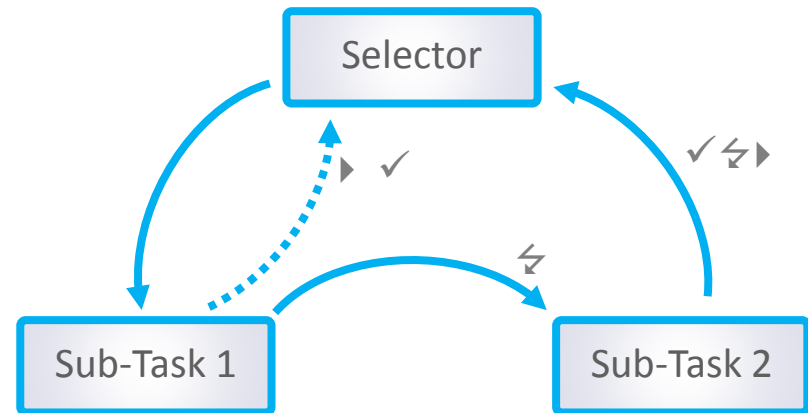
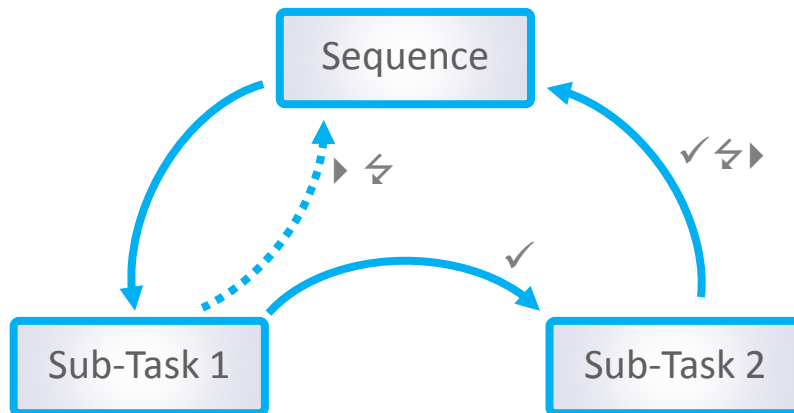
# Verhaltensbäume für Missionsmanagement

- Elementare Bausteine: Aufgaben (Tasks)
- Einfachste Aufgaben: Aktionen und Bedingungen
- Beliebiger Programmcode für Umwelteingriffe und -abfragen
- Einheitliche Schnittstelle:
  1. Anstoßen (tick)
  2. Rückgabe (Success, Running, Failure)



# Verhaltensbäume für Missionsmanagement

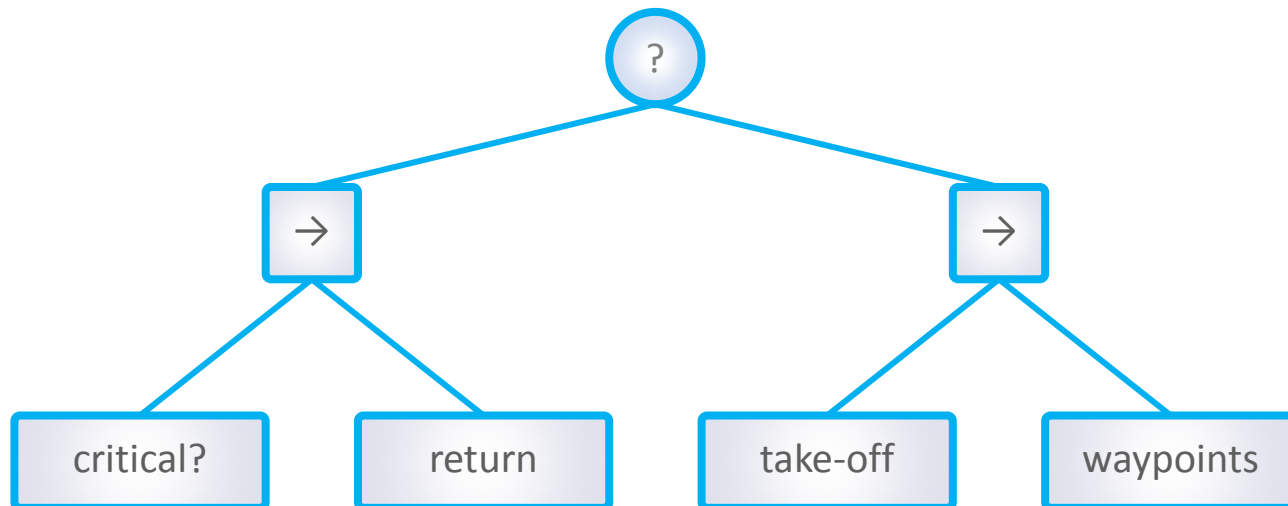
- Aufgaben können zu Komposit-Aufgaben kombiniert werden.
- Sequenzen führen mehrere Unteraufgaben durch.
  - Entspricht logischem UND
- Selektoren führen eine von mehreren Unteraufgaben durch.
  - Entspricht logischem ODER





# Verhaltensbäume für Missionsmanagement

- Beispiel: Elektrisches UAV
- Wegpunktplan z.B. für Patrouille
- Rückkehr zur Basis bei kritischem Batteriestand
- Abwechselnde Schichten von Selector- und Sequence-Aufgaben



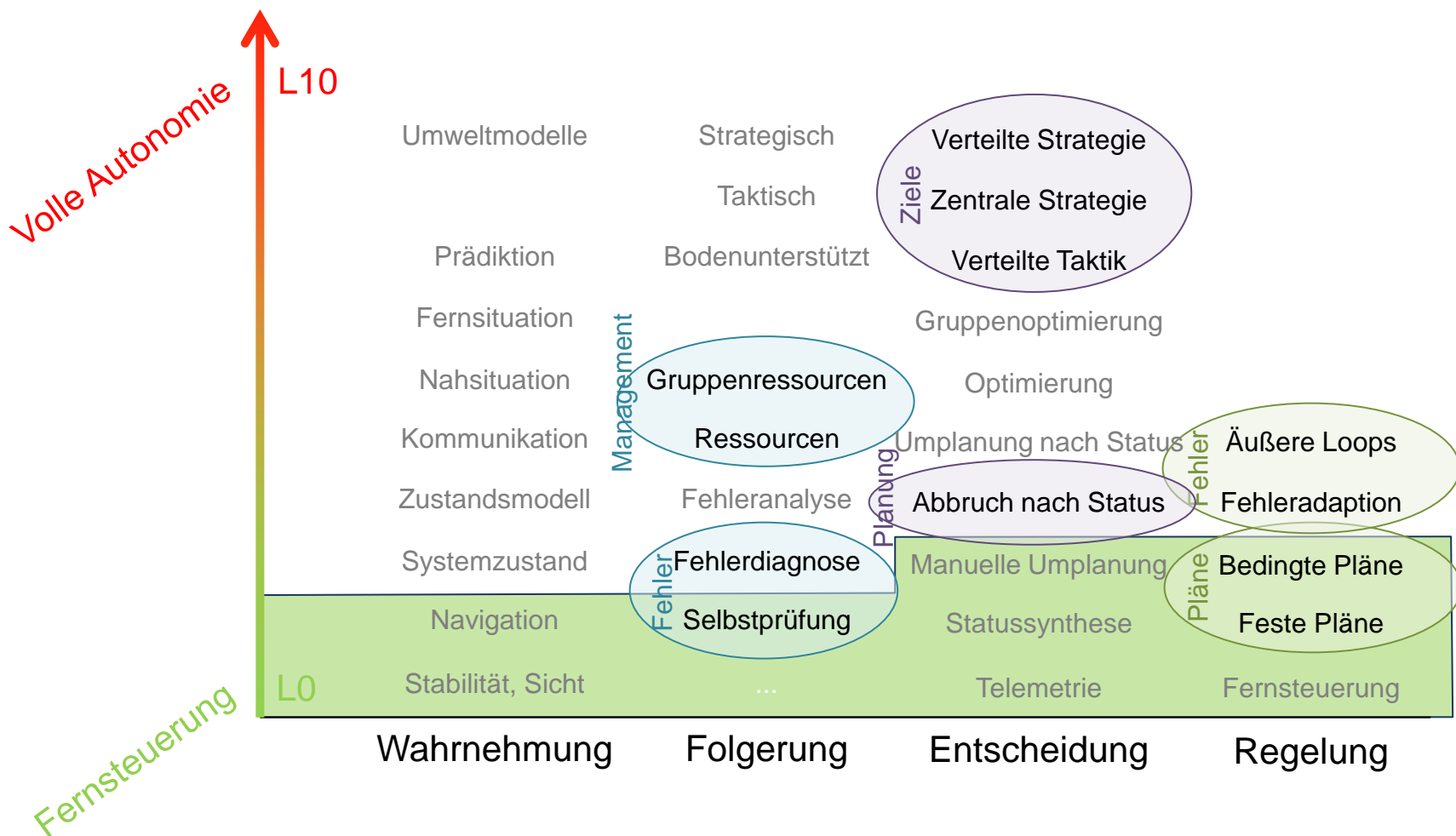


# Anwendungspotential für höhere Autonomiegrade

- Kombination vorteilhafter Eigenschaften (Champanard, 2007)
  - Modular, intuitiv (vgl. Hierarchical Finite State Machines)
  - Integrativ, flexibel (vgl. Scripting)
  - Zielgerichtet (vgl. Planner)
- Potential für steigende Anzahl an Fähigkeiten (Ögren, 2012)
  - Skalierbar (vs. Hierarchical Finite State Machines)
  - Reaktiv
- Nachteil:
  - Nicht vorausplanend!



# Anwendungspotential für höhere Autonomiegrade



# Status Quo und Erweiterungsmöglichkeiten

- Einsatzbereitschaft
  - ✓ Grundlegende Implementierung
  - Effiziente Flugalgorithmen
  - Aufgaben-Bibliotheken
- Zusätzliche Funktionen
  - ✓ Sauberes Unterbrechen von Aufgaben
  - Automatische Planung / Optimierung
- Formale Darstellung und Nähe zur Logik
  - Validität sicherstellen
  - Zielerreichung garantieren



# Zusammenfassung

- Autonomie ist keine binäre Eigenschaft.
- Verhaltensbäume sind vielversprechend für Missionsmanagement.
- Verhaltensbäume lassen sich für höhere Autonomiegrade nutzen.
- Es sind vielfältige Erweiterungen denkbar.



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
Robotik und Mechatronik Zentrum  
Institut für Systemdynamik und Regelungstechnik  
D-82234 Oberpfaffenhofen-Weßling

Dipl.-Ing. Andreas Klöckner

[www.dlr.de/sr](http://www.dlr.de/sr)

[Andreas.Kloeckner@dlr.de](mailto:Andreas.Kloeckner@dlr.de)

