

Verhaltensbäume für höhere Autonomiegrade

Verhaltensbäume für den praktischen Einsatz

Andreas Klöckner, DLR



Wissen für Morgen



Übersicht

1. Verhaltensbäume für Missionsmanagement
Was sind Verhaltensbäume?
2. Anwendungspotential für UAVs
Wo sind Verhaltensbäume anwendbar?
3. Vergleich mit anderen Formalismen
Wie grenzen sich Verhaltensbäume ab?
4. Verhaltensbäume für den praktischen Einsatz
Welche Eigenschaften fehlen für den Flug?
5. Zusammenfassung



Verhaltensbäume für Missionsmanagement

→ Motivation

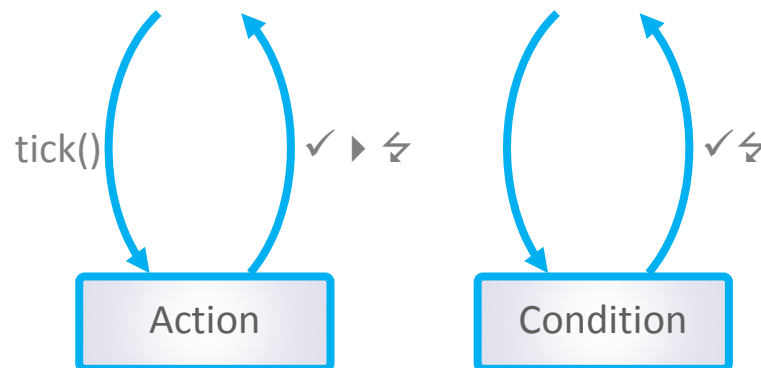
- Herausforderung heutiger UAVs:
 - Integration vieler unterschiedlicher Fähigkeiten
- Äquivalente Fragestellung in Computerspielen:
 - Komplexe Non-Player Characters
- Verhaltensbäume (Behavior Trees) relativ neuer Zweig
- Erste Anwendung in HALO 2 (Isla, 2005)
- Mittlerweile in Lehrbüchern etabliert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



Verhaltensbäume für Missionsmanagement

→ Elementare Bausteine

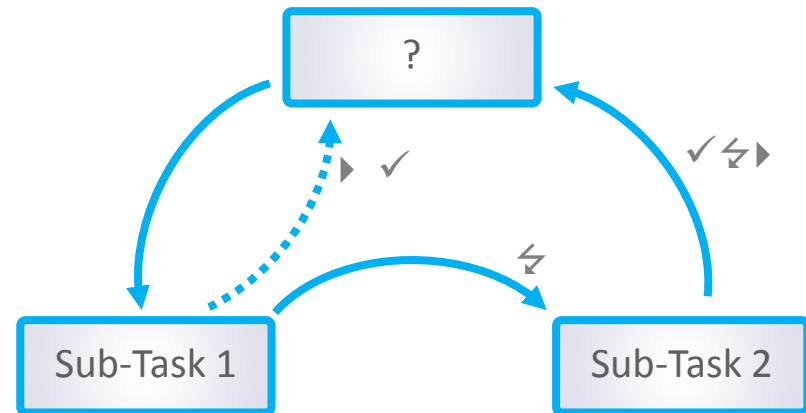
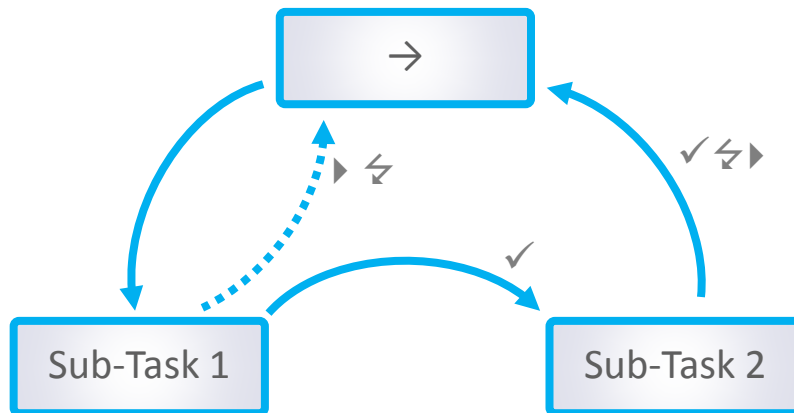
- Elementare Bausteine: Aufgaben (Tasks)
- Einfachste Aufgaben: Aktionen und Bedingungen
- Beliebiger Programmcode für Umwelteingriffe und -abfragen
- Einheitliche Schnittstelle:
 1. Anstoßen (tick)
 2. Rückgabe (Success, Running, Failure)



Verhaltensbäume für Missionsmanagement

→ Komposit-Aufgaben

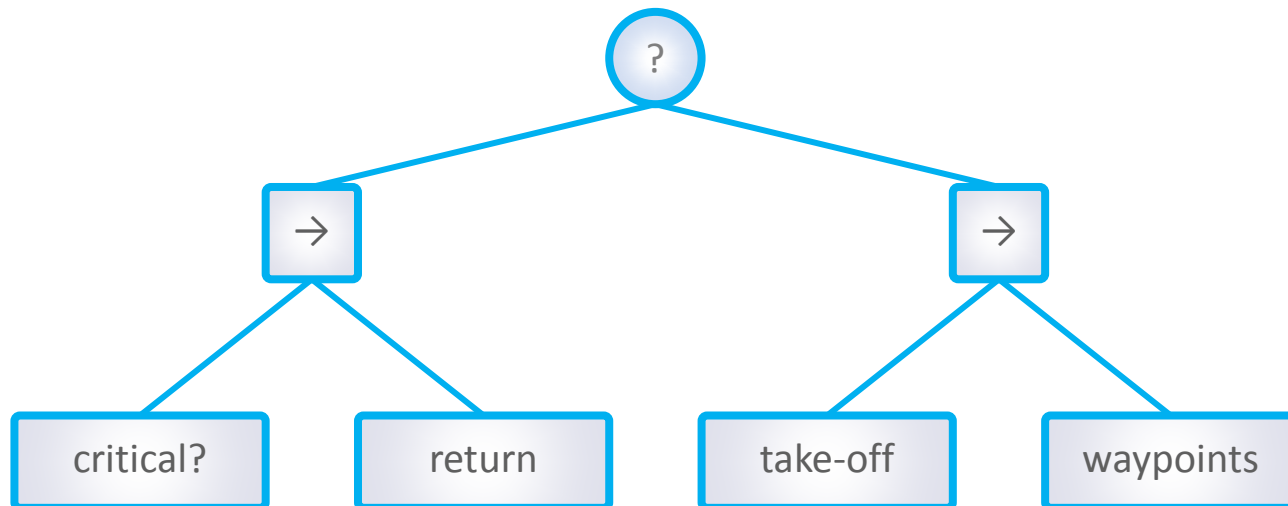
- Aufgaben können zu Komposit-Aufgaben kombiniert werden.
- Sequenzen (→) führen mehrere Unteraufgaben durch.
 - Entspricht logischem UND
- Selektoren (?) führen eine von mehreren Unteraufgaben durch.
 - Entspricht logischem ODER



Verhaltensbäume für Missionsmanagement

→ Minimalbeispiel

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



Verhaltensbäume für Missionsmanagement

→ Anwendungsbeispiele

The image displays a behavior tree editor interface. On the left, a large, complex tree structure is visible, representing a mission management system. The tree consists of various nodes connected by lines, with some nodes highlighted in orange. In the center, a search panel is open, showing a list of nodes with columns for Name, Description, and Type. The nodes are organized into a hierarchy, with 'Top Behavior' at the root. The search panel is currently displaying a list of nodes, including 'New Prob Selector', 'New Move Left', 'New Move Right', 'New Move Up', and 'New Move Down'. On the right, a code editor window is open, showing the Lua code for the behavior tree. The code defines a tree structure using a series of local variables and functions, such as `_BTCreateParallelSequence()`, `_BTAddChild()`, `_BTCreateSelector()`, `_BTCreateTask()`, and `_BTCreateTaskClosure()`. The code is numbered from 1 to 34.

<http://aigamedev.com/open/teaser>

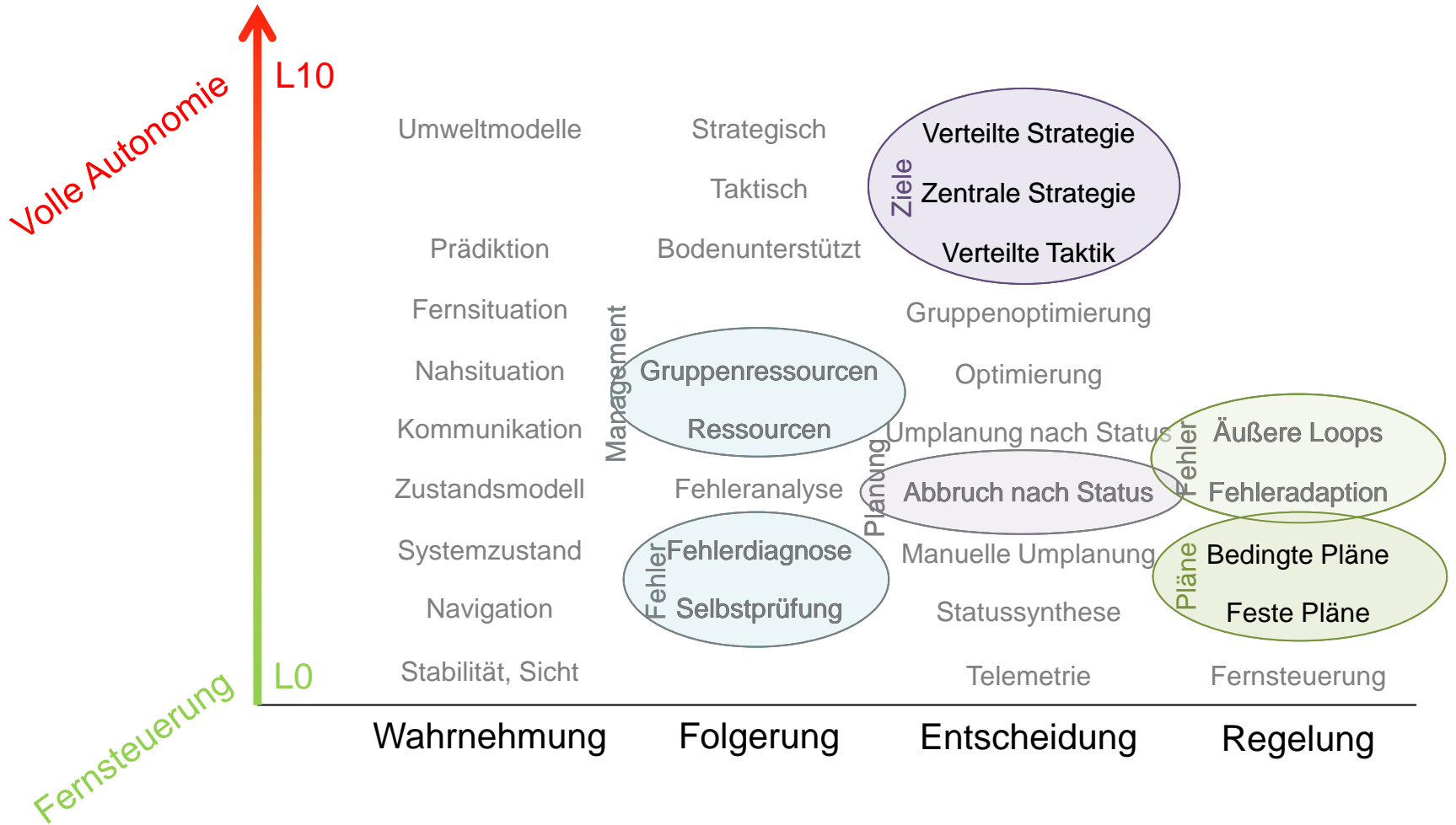
<http://leinir.dk/gluon-bt/>

<http://patrickmera.com/?p=bt>



Anwendungspotential für UAVs

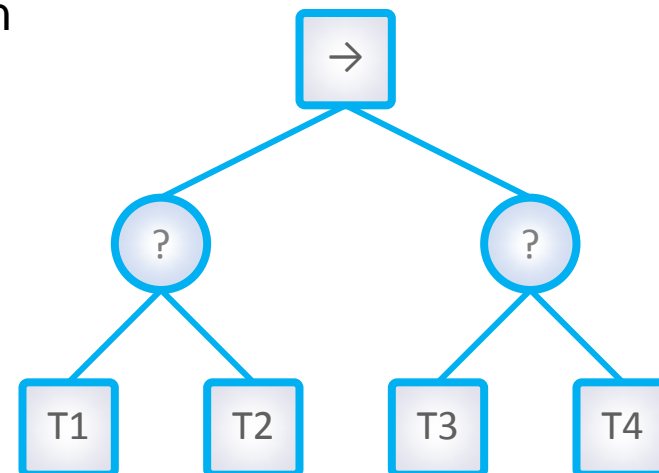
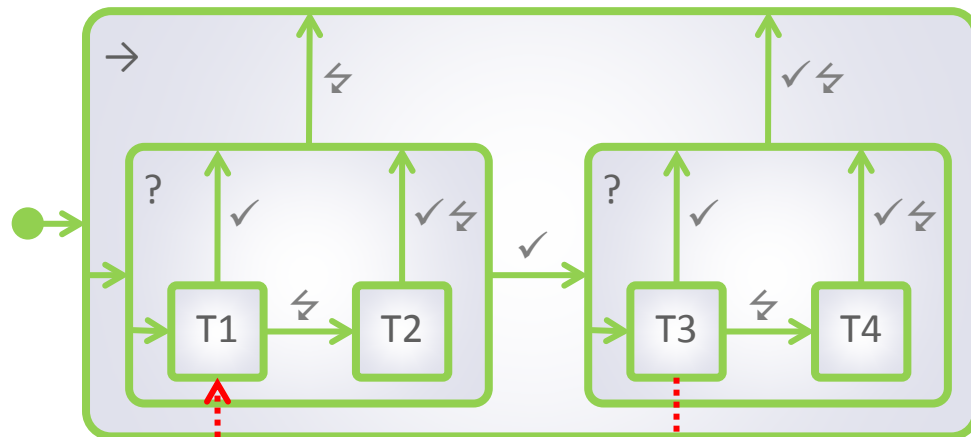
→ UAV Roadmap 2000-2025



Vergleich mit anderen Formalismen

→ Hierarchische Zustandsautomaten

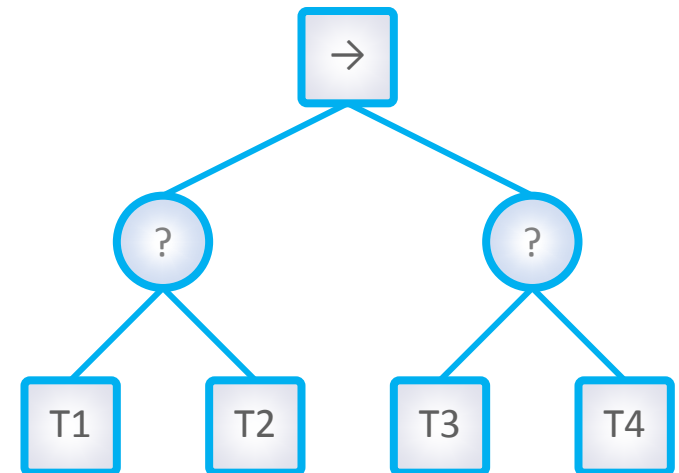
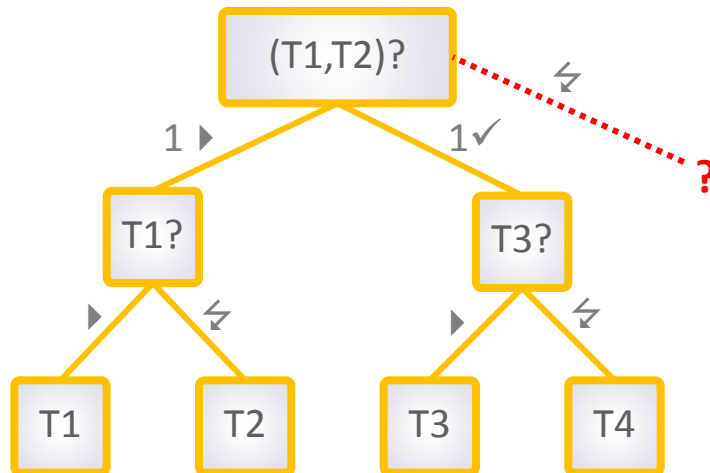
- Zustand (Aufgabenausführung) als Knoten
- Übergänge (Entscheidungslogik) als Kanten
- + Zustände erlauben „echte“ Sequenzen und explizite entry/exit hooks
- Viele Übergänge schon für einfache Systeme
- Aufwändige Unterbrechung von Aufgaben



Vergleich mit anderen Formalismen

→ Entscheidungsbäume

- Antwort (Aufgabenausführung) als Blattknoten
- Regeln (Entscheidungslogik) als innere Knoten
- + Automatische Generierung und logische Prüfung
- Trennung von Abfrage und Ausführung



Verhaltensbäume für den praktischen Einsatz

→ Nötige und mögliche Erweiterungen

- Funktionale Erweiterungen
 - Entry-/ Exit-Hooks (vgl. Zustandsautomaten)
 - Unterbrechung von Aufgaben (vgl. Zustandsautomaten)
 - Effiziente Flugalgorithmen
- Formale Synthese
 - Aufgaben-Bibliotheken
 - Planung und Optimierung (vgl. Entscheidungsbäume)
- Formale Analyse
 - Eigenschaften (vgl. Zustandsautomaten)
 - Validität
 - Zielerreichung



Zusammenfassung

- Verhaltensbäume...
 - ...sind vielversprechend für das Missionsmanagement.
 - ...sind spezialisierter als verwandte Formalisen.
 - ...sollten formal untersucht werden.
- Für den Flugbetrieb...
 - ...fehlt vor allem der erste Schritt.



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

Andreas.Kloeckner@dlr.de

