

## Masterthesis

# Semantic Affectedness vs. Structural Reachability

## Algorithms and Heuristics

Wenn in einem industriellen Digital Twin eine Änderung vorgenommen wird – etwa eine Eigenschaft in der Typ-Beschreibung eines Geräts gelöscht wird – stellt sich die Frage: Welche konkreten Geräte (Instanzen) sind betroffen und müssen angepasst werden? Eine naive Antwort: Alle Instanzen dieses Typs. Aber das ist oft zu weitreichend. Wenn eine optionale Eigenschaft gelöscht wird, sind nur die Instanzen betroffen, die diese Eigenschaft auch tatsächlich nutzen. Die Herausforderung: Man muss zwischen zwei Dingen unterscheiden: (1) Strukturelle Erreichbarkeit – alle Instanzen, die man technisch von der Änderung aus "erreichen" kann, weil es Verknüpfungen gibt. (2) Semantische Betroffenheit – die echte Teilmenge davon, die tatsächlich angepasst werden muss, weil die Änderung ihre Bedeutung oder Funktion beeinflusst. Diese Masterarbeit entwickelt Regeln, um diese Unterscheidung systematisch zu treffen und das Änderungsmanagement in digitalen Zwillingen effizienter zu gestalten.

Diese Arbeit kombiniert Konzepte aus der Graphentheorie (Netzwerke von verknüpften Informationen), der Modellanalyse und dem Änderungsmanagement. Industrielle Digitale Zwillinge können als Netzwerke modelliert werden, in denen Typ-Beschreibungen und deren Instanzen durch verschiedene Arten von Beziehungen verbunden sind. Die semantische Betroffenheit erfordert zusätzliches Wissen: Welche Bedeutung hat die Änderung? Wie nutzen Instanzen die geänderten Informationen?

Die Arbeit entwickelt Regeln (Heuristiken), welche basierend auf dem Änderungstyp und dem Kontext entscheiden, ob eine erreichbare Instanz auch wirklich betroffen ist. Grundlegende Kenntnisse in Graphentheorie und Informationsmodellierung sind erforderlich.

## Ziele

1. Präzise Definition und Abgrenzung von "Struktureller Erreichbarkeit" und "Semantischer Betroffenheit"
2. Erstellung eines Katalogs von Entscheidungsregeln (Heuristiken), basierend auf: Art der Änderung, Nutzungskontext, Abhängigkeitsmuster
3. Implementierung und Evaluation, sowie Identifikation und Diskussion von Grenzfällen

**Marcel Auer**

**[marcel.auer@kit.edu](mailto:marcel.auer@kit.edu)**

Information-Driven Engineering of Automation Systems (IDEAS)  
Vernetzte Sichere Automatisierung – Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mike Barth  
Geb. 30.33, 1. OG

## Masterthesis

# Semantic Affectedness vs. Structural Reachability

## A Conceptual Extension for AAS Submodel Templates

When a change is made in an industrial Digital Twin – for instance, a property in the type description of a device is deleted – the question arises: Which concrete devices (instances) are affected and need to be adapted? A naive answer: all instances of this type. But this is often too far-reaching. If an optional property is deleted, only the instances that actually use this property are affected. The challenge: one must distinguish between two things: (1) Structural Reachability – all instances that can technically be "reached" from the change because connections exist. (2) Semantic Affectedness – the true subset thereof that actually needs to be adapted because the change influences their meaning or function. This master thesis develops rules to systematically make this distinction and to make change management in Digital Twins more efficient.

This thesis combines concepts from graph theory (networks of linked information), model analysis, and change management. Industrial Digital Twins can be modeled as networks in which type descriptions and their instances are connected through different types of relationships. Semantic affectedness requires additional knowledge: What is the meaning of the change? How do instances use the changed information?

The thesis develops rules (heuristics) that decide, based on the change type and context, whether a reachable instance is actually affected. Basic knowledge in graph theory and information modeling is required.

### Goals

1. Precise definition and delineation of "Structural Reachability" and "Semantic Affectedness"
2. Creation of a catalog of decision rules (heuristics), based on: category of change, usage context, dependency patterns
3. Implementation and evaluation, as well as identification and discussion of edge cases

**Marcel Auer**

**[marcel.auer@kit.edu](mailto:marcel.auer@kit.edu)**

Information-Driven Engineering of Automation Systems (IDEAS)  
Vernetzte Sichere Automatisierung – Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mike Barth  
Geb. 30.33, 1. OG