

# Ontology Evaluation Using Metrics: Bringing Metrics Into Practice

## Dissertation

To obtain the academic degree of  
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

Submitted on Monday, September 30, 2024

By M.Sc., M. Sc.

Achim Reiz

## Kurzfassung

Ontologien sind die Bausteine der regelbasierten künstlichen Intelligenz. Sie ermöglichen die Verknüpfung und Nutzung von ansonsten heterogenen Daten und versetzen den Computer in die Lage, implizites Wissen zu inferieren. Die Entwicklung und Auswahl von Ontologien ist nicht trivial und oft werden diese Aufgaben von Mitarbeitern ohne Knowledge Engineering-Hintergrund durchgeführt. Diese Diskrepanz rückt die Qualitätskontrolle in den Vordergrund: Sie soll den Entwickler dabei unterstützen, die richtigen Änderungen vorzunehmen und den Ontologiemanagern helfen zu überprüfen, ob die Entwicklungen mit den strategischen Zielen der Ontologie übereinstimmen.

Metriken sind ein automatisch berechenbarer, objektiver Ansatz zur Bewertung von Ontologien. In den vergangenen Jahren hat die Forschungsgemeinschaft eine Vielzahl von Metrik-Rahmenwerken sowie einige Berechnungssoftware vorgeschlagen. Keines der Ergebnisse wurde jedoch als Open Source veröffentlicht und die meisten sind nicht mehr verfügbar. Dies erschwert, auf der bestehenden Forschung aufzubauen und führte zu isolierten und geringen Forschungsanstrengungen und minimalen praktischen Anwendungen. Es besteht zwar ein Konsens darüber, dass die Messung von Ontologien hilfreich ist, aber es gibt weder die notwendigen Werkzeuge für ihre Berechnung noch hilfreiche Anleitungen für ihre Interpretation.

Diese Arbeit zielt darauf ab, die Implementierungslücke zu schließen und Ontologiemetriken in die Praxis zu bringen. Sie zeigt das Potenzial einer evolutionären Sicht auf Ontologien auf und stellt mit NEOntometrics die notwendige Werkzeugunterstützung für die Berechnung von Metriken in großem Umfang bereit. Eine Metrik-Ontologie für Ontologiemetriken bringt die oft isolierten und heterogenen Metrik-Vorschläge in eine formalisierte, gemeinsame Notation. Sie macht die NEOntometrics-Anwendung äußerst flexibel: Neue Messwerte können durch einfache Änderung der Ontologie eingeführt werden.

Die neuartige Anwendung ermöglichte Fortschritte bei drängenden Forschungsfragen zur Umsetzung von Ontologiemetriken in die Praxis. Zunächst wurde das OQuaRE-Qualitätsframework kritisch untersucht, das mehrere Ontologiemetriken vorschlägt und sie mit einer Qualitätsbewertung verbindet. Die Analyse hat gezeigt, dass die vorgeschlagenen Metriken inkonsistent sind und die vorgeschlagenen Bewertungen nicht die modellierte Realität widerspiegeln. Zweitens zeigte sich, dass sich Ontologien sehr heterogen entwickeln und allgemeine Annahmen über stereotype Entwicklungsprozesse nicht zutreffen. Basierend auf diesen Erkenntnissen

schlägt die Arbeit schließlich einen Auswahlprozess für Ontologiemetriken vor, der sich an den individuellen Anforderungen der Metriknutzer orientiert.

Diese Arbeit kann Ontologiemetriken für ein breiteres Publikum zugänglich machen. Die Software ermöglicht es einerseits Forschern, den Entwicklungsprozess von Ontologien zu untersuchen, und andererseits Praktikern, Metriken zur Qualitätskontrolle einzusetzen.

**Schlagwörter:** Ontologiequalität, Ontologiemetriken, NEOntometrics

## Abstract

Ontologies are the building blocks of rule-based artificial intelligence. They allow the connection and usage of otherwise heterogeneous data and enable the computer to infer tacit knowledge. Ontology development and selection are not trivial, and often, these tasks are performed by personnel without a knowledge engineering background. This discrepancy puts quality control activities at the forefront: To aid the developer in making the right changes and help the ontology managers verify that the developments align with the ontology's strategic goals.

Metrics are an automatically calculatable, objective approach to assess ontologies. During the past few years, the research community has proposed a variety of metric frameworks, along with some calculation software. However, none of the results were made open source, and most are not available anymore. This lack hinders building on existing research and led to isolated and little research efforts and minimal practical applications. While there is a consensus that measuring ontologies is helpful, there are neither the necessary tools available to calculate them nor any useful guidance on interpretation.

This thesis aims to bridge the implementation gap and bring ontology metrics into practice. It shows the potential of an evolutionary view on ontologies and, with NE-Ontometrics, introduces the necessary tool support for calculating metrics on a large scale. A metric ontology for ontology metrics aligns the often isolated and heterogeneous metric proposals to a formalized, shared notation. It makes the NEOntometrics application highly flexible: New measures can be introduced by simply altering the ontology.

The novel application enabled progress on pressing research questions for bringing ontology metrics into practice. At first, it disenchanting the OQuARE framework, which proposes several ontology metrics and links them to a quality score based on metric ranges. This research showed that the proposed metrics are inconsistent, and the scores do not reflect the modeled reality. Second, it showed that ontologies develop highly heterogeneous, and common assumptions on stereotypical development processes do not apply. At last, based on these findings, the thesis proposes a selection process for ontology metrics grounded in the individual requirements of the metric consumer. This work can potentially bring ontology metrics to a broader audience. The software enables researchers to study the evolutionary processes of ontologies and practitioners to use metrics for quality control.

**Keywords:** Ontology Quality, Ontology Metrics, NEOntometrics