technische universität
dortmund

Fakultät für Elektrotechnik
und Informationstechnik

Institut für Energiesysteme,
Energieeffizienz und
Energiewirtschaft

Masterarbeit für Herrn / Frau Datum: DD.MM.YYYY

Extended Reality als Werkzeug für das Asset Management in Umspannwerken: Von digitalen Zwillingen zu prädiktiver Instandhaltung (in Kooperation mit H&S Hard- & Software Technologie GmbH & Co. KG)

Diese Arbeit untersucht den Einsatz von Extended-Reality-(XR)-Technologien zur Optimierung der Überwachung und Verwaltung von Umspannwerken im Kontext moderner Energiesysteme. Ausgangspunkt ist die präzise Identifikation von Betriebsmitteln anhand geographischer Koordinaten sowie deren digitale Abbildung in einem Asset-Informationssystem, das um Herstellerangaben, Konstruktionsdaten und zulässige Betriebsgrenzen erweitert wird. Diese digitale Repräsentation stellt die Grundlage für eine konsistente Datenverfügbarkeit und die Integration in intelligente Betriebs- und Wartungsstrategien dar.

Aufbauend auf dieser Datenbasis ermöglicht der Einsatz von XR-fähigen Endgeräten, insbesondere Augmented-Reality-Brillen, eine kontextsensitive Visualisierung von Messgrößen und Zustandsinformationen direkt am physischen Objekt. Hierzu zählen insbesondere Betriebsparameter, die konventionell nur eingeschränkt oder gar nicht erfasst werden, wie Ölstand, Temperaturgradienten oder mechanische Auffälligkeiten. Die durch XR erfassten Ist-Werte werden in Echtzeit mit den herstellerseitig spezifizierten Sollwerten abgeglichen, wodurch eine datenbasierte Analyse und die Ableitung zustandsorientierter Instandhaltungsmaßnahmen ermöglicht werden.

Darüber hinaus adressiert die Arbeit die methodische Integration von XR-Technologien in bestehende digitale Asset-Management-Systeme sowie die Bewertung ihrer Wirksamkeit im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Sicherheit und Effizienzsteigerung. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der Entwicklung eines strukturierten Frameworks, das die Kombination von Geodaten, Herstellerinformationen und Echtzeitmessungen in einer immersiven Benutzerumgebung systematisch erfasst und nutzbar macht. Ziel ist es, den Mehrwert von XR als Schlüsselelement für resiliente, transparente und zukunftsfähige Energiesysteme wissenschaftlich nachzuweisen.

Folgende Strukturierung der Arbeit wird vorgeschlagen:

- Literaturrecherche: Analyse von XR-Technologien, digitalen Zwillingen und Asset-Management in Umspannwerken; Abgrenzung zu bestehenden Systemen.
- Grundlagen: Technische Basis zu Umspannwerken, Betriebsmitteln, Überwachungssystemen und XR.
- Konzeption: Erstellung eines digitalen Asset-Modells mit Herstellerdaten, Betriebsgrenzen und Geodaten; Definition der Soll-/Ist-Vergleichslogik.
- Umsetzung: Aufbau eines XR-Demonstrators zur Visualisierung von Betriebsdaten im Feld.
- Validierung & Dokumentation: Tests, Analyse der Praxistauglichkeit, wissenschaftliche Aufbereitung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen.

Im Abschluss dieser Arbeit ist in einem Vortrag über die Ergebnisse zu berichten.

Tag der Ausgabe: dd.mm.YYYY

Zuständig:

- Dr.-Ing. Rajkumar Palaniappan, rpalaniappan@hstech.de
- Apl. Prof. Dr.-Ing. Ulf Häger, ulf.haeger@tu-dortmund.de

technische universität
dortmund

Fakultät für Elektrotechnik
und Informationstechnik

Institut für Energiesysteme,
Energieeffizienz und
Energiewirtschaft

-

Master thesis for Mr./Ms. Date: DD.MM.YYYY

Extended Reality as a Tool for Asset Management in Substations: From Digital Twins to Predictive Maintenance (in cooperation with H&S Hard- & Software Technologie GmbH & Co. KG)

This thesis examines the application of Extended Reality (XR) technologies to enhance the monitoring and management of substations within modern energy systems. The starting point is the precise identification of equipment based on geographical coordinates and its digital representation in an asset information system, which is extended with manufacturer specifications, construction data, and permissible operating limits. This digital representation forms the foundation for consistent data availability and integration into intelligent operation and maintenance strategies.

Based on this data, the use of XR-capable devices, particularly augmented reality glasses, enables context-sensitive visualization of measurements and condition information directly at the physical object. This includes, in particular, operating parameters that are conventionally difficult or impossible to capture, such as oil level, temperature gradients, or mechanical anomalies. The actual values recorded via XR are compared in real-time with the target values specified by the manufacturer, enabling data-driven analysis and the derivation of condition-based maintenance measures.

Furthermore, the thesis addresses the methodological integration of XR technologies into existing digital asset management systems and evaluates their effectiveness in terms of reliability, safety, and efficiency improvement. A special focus is placed on developing a structured framework that systematically captures and utilizes the combination of geodata, manufacturer information, and real-time measurements in an immersive user environment. The objective is to scientifically demonstrate the added value of XR as a key element for resilient, transparent, and future-ready energy systems.

The following structure for the thesis is proposed:

- Literature Review: Analysis of XR technologies, digital twins, and asset management in substations; distinction from existing systems.
- Fundamentals: Technical basics on substations, equipment, monitoring systems, and XR.
- Conceptualization: Creation of a digital asset model with manufacturer data, operating limits, and geodata; definition of the target/actual comparison logic.
- Implementation: Development of an XR demonstrator for the visualization of operational data in the field.
- Validation & Documentation: Testing, analysis of practical applicability, scientific processing of the results, and conclusions.

A presentation of the results is to be given at the end of the thesis.

Date of starting: dd.mm.YYYY

Responsible:

- Dr.-Ing. Rajkumar Palaniappan, rpalaniappan@hstech.de
- Apl. Prof. Dr.-Ing. Ulf Häger, ulf.haeger@tu-dortmund.de