

SmartMatch – KI-gestütztes Materialdaten-Matching und Emissions-Analyse für eine nachhaltige Produktion

Wirtschaftszweig: Elektronik- und Informationstechnologie

Anwendungsfall und Projektziel

Die Ökobilanzierung dient der systematischen Erfassung und Bewertung der umweltbezogenen Auswirkungen eines Produkts oder Prozesses über dessen gesamten Lebenszyklus hinweg, von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung und Nutzung bis hin zur Entsorgung oder Wiederverwertung.

Ein zentrales Problem in diesem Kontext besteht in der Zuordnung geeigneter Emissionsfaktoren zu den einzelnen Komponenten einer Stückliste. Die hierfür notwendigen Daten stammen häufig aus unterschiedlichen Datenquellen und Datenbanken und sind nicht einheitlich strukturiert oder benannt. Dies erschwert die eindeutige Zuordnung von Material- und Prozessinformationen zu passenden Emissionsfaktoren erheblich und führt zu hohem manuellem Aufwand sowie zu potenziellen Inkonsistenzen.

Darüber hinaus stellt auch die anschließende Analyse der Ergebnisse der Ökobilanzierung eine Herausforderung dar. Die resultierenden Datenmengen sind häufig komplex und mehrdimensional, da sie verschiedene Wirkungskategorien, Prozessstufen und Bauteilstrukturen abbilden. Eine transparente Interpretation der Ergebnisse sowie die Identifikation wesentlicher Emissionstreiber erfordern daher bislang umfangreiche manuelle Auswertungen und domänenspezifische Expertise.

Ziel ist die Entwicklung eines LLM-basierten Agenten, der sowohl das Entity Matching zwischen Emissionsfaktoren und Stücklistenpositionen automatisiert als auch die Analyse von Ökobilanzdaten unterstützt. Dadurch soll eine konsistente, nachvollziehbare und effizientere Durchführung von Ökobilanzierungen ermöglicht werden.^{Z12}

Lösungsansatz und Herausforderungen

Der vorgeschlagene Lösungsansatz basiert auf dem Einsatz von Large Language Models (LLM), um sowohl das Entity Matching zwischen Stücklistenpositionen und Emissionsfaktoren als auch die nachgelagerte Analyse von Ökobilanzdaten zu unterstützen bzw. zu automatisieren. Dabei ergeben sich insbesondere zwei zentrale Herausforderungen.

Erstens muss das System über hinreichende Rechen- und Analysefähigkeiten verfügen, um Ergebnisse der Ökobilanzierung nicht nur zu aggregieren, sondern auch inhaltlich zu interpretieren. Dies umfasst beispielsweise die strukturierte Aufbereitung mehrdimensionaler LCA-Ergebnisse, die Identifikation relevanter Emissionstreiber über Komponenten, Prozessschritte und Wirkungskategorien hinweg sowie die nachvollziehbare Erklärung der resultierenden Zusammenhänge. Entsprechend sollte das LLM als Agent konzipiert werden, der Analyseschritte explizit plant und die Ergebnisse in einer auditierbaren, konsistenten Form bereitstellt. Zweitens ist für ein robustes Entity Matching eine kontextuelle Wissensbasis erforderlich, da Bezeichnungen in Stücklisten und Datensätzen zu Emissionsfaktoren häufig uneinheitlich, unvollständig oder domänenspezifisch sind.

gefördert vom

Zur Bereitstellung dieses Kontexts wird ein Retrieval-Augmented-Generation-(RAG)-System vorgesehen, das relevante Informationen aus internen und externen Datenquellen (z. B. Emissionsfaktor-Datenbanken, Materialkataloge, Prozessbeschreibungen) gezielt abrufen. Auf dieser Grundlage kann das LLM begründete Zuordnungen ableiten, Unsicherheiten transparent machen und alternative Kandidaten vorschlagen.

Potenziale

Der vorgestellte Ansatz stellt einen wichtigen Schritt in Richtung einer (teil-)automatisierten Erstellung von Ökobilanzen dar. Durch den Einsatz eines LLM-basierten Systems kann der bislang hohe manuelle Aufwand bei der Zuordnung von Emissionsfaktoren und der Strukturierung der Eingangsdaten deutlich reduziert werden. Dies führt zu einer erheblichen Entlastung der Anwenderinnen und Anwender und ermöglicht eine effizientere Durchführung von Ökobilanzierungen.

Darüber hinaus bietet der Ansatz ein hohes Potenzial für die automatisierte Analyse von Ökobilanzergebnissen. Die Reduktion des Analyseaufwands erlaubt eine schnellere Identifikation wesentlicher Emissionstreiber sowie eine beschleunigte Ableitung von Handlungsempfehlungen. In der Folge können Produkte und Prozesse in kürzeren Iterationszyklen hinsichtlich ihrer CO₂-Emissionen optimiert und nachhaltiger gestaltet werden. Weiterhin besteht ein Potential durch die Verbesserung der Transparenz und Nachvollziehbarkeit von Ökobilanzierungen. Durch die Analysen kann der Bilanzierungsprozess für unterschiedliche Stakeholder verständlich aufbereitet werden, was insbesondere im Kontext regulatorischer Anforderungen und Nachhaltigkeitsberichterstattung von Bedeutung ist.

Ein weiteres Potenzial liegt in der Übertragbarkeit der entwickelten Analysemethoden auf andere Formen betrieblicher Bilanzierungen. Insbesondere können vergleichbare Konzepte auf Kostenstrukturanalysen, Energieverbrauchsbilanzen oder Materialflussanalysen angewendet werden, da auch hier heterogene Datenquellen zusammengeführt, zugeordnet und systematisch ausgewertet werden müssen.

Umsetzendes KMU	Forschungspartner
greenable GmbH Trippstadter Straße 110 67663 Kaiserslautern	RP TU Kaiserslautern FBK - Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation https://www.fbk-kl.de

Weitere Informationen zu KI4KMU-RLP finden sie unter: www.ki4kmu-rlp.de

gefördert vom