

AIFrame

Entwicklung von Methoden zur Simulation von Scheinwerfern auf der Grundlage von künstlicher Intelligenz

Programm / Ausschreibung	IWI, IWI, Basisprogramm Ausschreibung 2023	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.04.2023	Projektende	31.12.2024
Zeitraum	2023 - 2024	Projektlaufzeit	21 Monate
Keywords			

Projektbeschreibung

Ziel ist es, durch den Einsatz von KI-Methoden schnelle Surrogatsysteme zu entwickeln, um die ganzheitliche Optimierung von Scheinwerfern weiter voranzutreiben. Die zentralen Entwicklungsinhalte sind die Methodenentwicklung für die Surrogate, die multikriterielle Optimierung, den Recommender und die "on-the-fly" Datengenerierung.

Im Projekt werden drei zusammenhängende Problemstellungen in aufeinander folgenden Phasen bearbeitet, um diese Methoden zu entwickeln. In der ersten Phase werden die bestehenden Surrogatmodelle von ZKW analysiert und verbessert. In der zweiten Phase werden Modelle für die Oberflächenstruktur von Kühlkörpern (Plättchen) und Ersatzmodelle für diese analysiert und verbessert. In der dritten Phase wird das Design von Kühlkörpern unter Verwendung der Ergebnisse aus Phase 1 und Phase 2 optimiert.

Bei den KI-Methoden wird neben den Standardmethoden insbesondere die Anwendung und Weiterentwicklung der "Genetic Programming Symbolic Regression" im Vordergrund stehen, da diese Methode den Vorteil bietet, neue Lösungen generieren zu können und die trainierten Modelle als Gleichungen vorliegen und damit besonders leicht universell einsetzbar sind.

Endberichtkurzfassung

Im zweiten Projektjahr wurden mehrere Schwerpunkte bearbeitet. Die Toleranzsimulation wurde abgeschlossen, und ein neuer Workflow zur Optimierung von Toleranzketten wurde dokumentiert und wird 2025 eingereicht. Das BeamFrame-Modell zur Bewertung mechanischer Eigenschaften reduzierte Rechenzeiten, zeigte jedoch bei der Eigenfrequenzabschätzung Optimierungsbedarf. Machine-Learning-Modelle wie Random Forest wurden zur Parameteranalyse eingesetzt, aber präzise Vorhersagen sind aufgrund der limitierten Datenbasis noch nicht möglich.

Im Bereich der Bildverarbeitung wurde ein Modell zur automatisierten Analyse von Videodaten entwickelt, wobei Faster R-CNN mit hoher Präzision überzeugte. Eine Synchronisierung der Kamera mit dem Prüfstand wurde als Lösung identifiziert, konnte aber nicht umgesetzt werden. Die Materialforschung zur Alterung von Kunststoffen ermöglichte Modelle zur Prognose des Yellowness Index, allerdings blieb eine zuverlässige Extrapolation schwierig.

Die Materialforschung konzentrierte sich auf die Alterung von Kunststoffen. Messungen an vier Materialien unter verschiedenen klimatischen Bedingungen ermöglichten Modelle zur Prognose des Yellowness Index (YI) mittels symbolischer Regression. Trotz akzeptabler Fehlerwerte (5–11 %) war eine zuverlässige Extrapolation auf die gesamte Lebensdauer nicht möglich. Die begrenzte Messdauer und fehlende Berücksichtigung von Bestrahlungseffekten bleiben Herausforderungen. Neue Ansätze wie Langzeitmessungen mit Lichtleitern werden geprüft.

Zur Verbesserung der Verzugsprognose in der Spritzgussimulation wurde Moldex3D eingesetzt. Vergleichsstudien mit Cadmould zeigten eine höhere Präzision. Regressionsmodelle zur Verzugsprognose basierend auf Prozessparametern (z. B. Nachdruck, Formtemperatur) erzielten hohe Genauigkeiten ($R^2 = 0,923\text{--}0,972$). Erste Optimierungen mit Bayesschen Verfahren zeigen vielversprechende Verbesserungen. Nächste Schritte umfassen die Automatisierung der Simulationen und Integration in industrielle Prozesse.

Im zweiten Projektjahr lag der Fokus auf der Optimierung von Kühlkörperstrukturen zur Verbesserung der Wärmeabfuhr sowie auf zugehörigen Simulationen. Durch Tests mit Aluminiumplatten wurde festgestellt, dass raue Oberflächen die Wärmeabfuhr deutlich verbessern, während feine Strukturen kaum Effekt zeigen. Aufbauend auf den Daten von umfangreichen Windkanalversuchen, wurden Surrogatmodelle zur Temperaturvorhersage getestet, wobei der Random Forest die besten Ergebnisse erzielte. Allerdings zeigte sich eine eingeschränkte Generalisierungsfähigkeit der Modelle, insbesondere bei der Extrapolation. Künftige Arbeiten konzentrieren sich daher auf eine erweiterte Datenbasis, optimierte Modellarchitekturen und eine verbesserte Validierung der Ergebnisse.

Weiters wurde an der Entwicklung von Modellen zur Temperaturbestimmung von Stift- und Rippenkühlkörpern gearbeitet. Basierend auf rund 8000 Simulationen wurden Surrogatmodelle wie Random Forest und neuronale Netze getestet. Der Random Forest erzielte die besten Ergebnisse mit einem R^2 von 0,96 für die Temperaturvorhersage. Trotz dieser Erfolge gab es größere Vorhersagefehler als erwartet, was auf Inkonsistenzen in den Daten hinweist. Zur Verbesserung werden weitere Messungen und alternative Software in Betracht gezogen. Das Ziel bleibt die Entwicklung eines präzisen Modells zur Optimierung von Kühlkörpern.

Zusammenfassend wurden Fortschritte erzielt, doch Herausforderungen in der Datenverfügbarkeit und Automatisierung bestehen weiterhin. Die entwickelten Modelle bieten jedoch eine solide Grundlage für zukünftige Optimierungen.

Projektkoordinator

- ZKW Lichtsysteme GmbH

Projektpartner

- FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH