

**LEC HybTec
Hybrid Technologies for Enhanced Reliability of Ultra High-performance Engines**

Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies

Förderlinie: COMET-Modul

Projekttyp: strategisch

Kurztitel: LEC HybTec

Laufzeit: 2020 – 2023



SIGNIFIKANTE RECHENZEITEINSPARUNG BEI 3D-CFD-SIMULATIONEN DURCH HYBRIDE MODELLIERUNG

HYBRIDE SIMULATIONSMETHODEN, WELCHE PHYSIKALISCHE METHODEN MIT DATENGETRIEBENER KÜNSTLICHER INTELLIGENZ KOMBINIEREN, BIETEN EIN ENORMES POTENTIAL ZUR EFFIZIENZ- UND QUALITÄTSSTEIGERUNG, ZUM BEISPIEL BEI DER SIMULATION VON NEUEN KONZEPTEN FÜR GROSSMOTOREN.

Für die detaillierte Berechnung hochkomplexer innermotorischer Vorgänge werden heute Simulationsrechnungen auf Basis der 3D-CFD-Methode eingesetzt. Um mit dieser Methode Ergebnisse von höchster Genauigkeit zu erhalten, muss die Auflösung des Rechengitters entsprechend fein gewählt werden, was bei komplexen Anwendungsfällen zu sehr langen Rechenzeiten von bis zu mehreren Tagen oder sogar Wochen führen kann. Um die Rechenzeiten ohne Qualitätsverlust bei den Ergebnissen deutlich zu reduzieren, nutzt das Forschungsteam des COMET-Moduls LEC HybTec die hybride Modellierung als

innovativen Ansatz, der physikalische und datengetriebene Modelle kombiniert. Als besonders vielversprechende Methode erweist sich dabei die Kombination von Simulationsrechnungen mit grob aufgelösten Rechengittern mit sogenannten physics-informed neural networks.

Physics-informed neural networks (PINNS)

Das Konzept der PINNs ist ein neues und aktuell intensiv untersuchtes Forschungsfeld mit enormem Potenzial für die Weiterentwicklung der klassischen Simulationsmetho-

SUCCESS STORY

den in zahlreichen wissenschaftlichen Disziplinen. Auf Basis von PINNs werden neuronale Netze mit partiellen Differentialgleichungen gekoppelt. PINNs erlauben einerseits die Lösung eines Rand-/Anfangswertproblems mittels eines neuronalen Netzwerks, andererseits die Parametrisierung der Differentialgleichung anhand von verfügbaren Daten. Damit können hohe Rechenzeiten enorm verkürzt werden. Das trainierte Modell ist dazu weniger abhängig von der Qualität der Trainingsdaten, so dass bis zu einem gewissen Grad grob aufgelöste Daten verwendet werden können, ohne die Qualität der Ergebnisse zu beeinträchtigen.

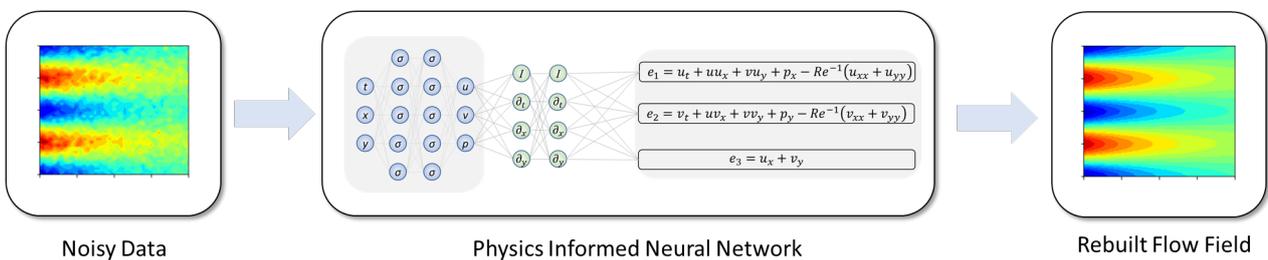
Anwendungsbeispiel: Rekonstruktion eines Strömungsfeldes

Um die Vorhersagegenauigkeit der Methode zu analysieren, wurde ein Strömungsfeld verwendet, für das eine analytische Lösung existiert. In diesem Fall wurde die Methode in Kombination mit den Navier-Stokes-Gleichungen angewendet, welche die Strömung in viskosen Flüssigkeiten und Gasen beschreiben. Das Modell wurde mit künstlich verrauschten Daten trainiert. Die Prognoseergebnisse des neu entwickelten hybriden Mo-

dells zeigen, dass der Ansatz mit PINNs imstande ist, Strömungsfelder auch aus stark verrauschten Daten zu rekonstruieren. Damit bietet die neue Methode ein enormes Potenzial für den Einsatz bei wesentlich komplexeren Strömungsfeldern, wie sie beispielsweise in Motoren vorkommen.

Wirkungen und Effekte für nachhaltige Anwendungen im Großmotorenbereich

Die Übertragung des vorgestellten hybriden Ansatzes auf die extrem dynamischen und turbulenten Verhältnisse in Motoren eröffnet neue Möglichkeiten, um zukünftig auch hochkomplexe innermotorische Vorgänge wie Klopfen, Zündaussetzer und Zyklus-zu-Zyklus-Schwankungen in hoher Qualität und mit stark verkürzten Rechenzeiten simulieren zu können. Aus den gewonnenen Simulationsergebnissen lassen sich innovative Strategien ableiten, um diese unerwünschten Phänomene zu vermeiden und damit den Betrieb von umweltfreundlichen Gasmotoren mit hoher Leistung und optimalem Wirkungsgrad zu gewährleisten. Die Methodik könnte darüber hinaus ein hohes Verbesserungspotenzial im Bereich der Simulation von Verbrennung und Schadstoffbildung bieten.



Copyright © LEC GmbH, Rekonstruktion von Strömungsfeldern aus verrauschten Daten mittels Machine Learning

SUCCESS STORY

Projektkoordination

Dr. Gerhard Pirker
Area Manager – AreaX
Projektleiter COMET Modul
LEC GmbH
T +43 (0) 316 873 30130
gerhard.pirker@lec.tugraz.at

K1 COMET Zentrum LEC EvoLET

LEC GmbH
Inffeldgasse 19/2
8010 Graz
T +43 (0) 316 873 30101
office@lec.at
www.lec.at

Projektpartner:

- INNIO Jenbacher GmbH & CO OG, Jenbach, Österreich
- AVL List GmbH, Graz, Österreich
- KNOW-Center GmbH, Graz, Österreich
- Technische Universität Graz, Österreich

Diese Success Story wurde von der Zentrumsleitung zur Veröffentlichung auf der FFG Website freigegeben. Das COMET-Zentrum LEC EvoLET und das COMET-MODUL LEC HybTec werden im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies durch BMK, BMDW, Steiermark, Tirol und Wien gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt. Weitere Informationen zu COMET: www.ffg.at/comet