

Schneller ans Ziel

Moderne IT-Verfahren können die Entwicklung innovativer Energiewandler und kompletter Antriebsstränge beschleunigen. Im Rahmen von FVV-Vorhaben untersuchen Forscher deshalb die Anwendbarkeit innovativer Methoden wie objektorientierte Architekturen und maschinelles Lernen.

Variantenvielfalt bewältigen //

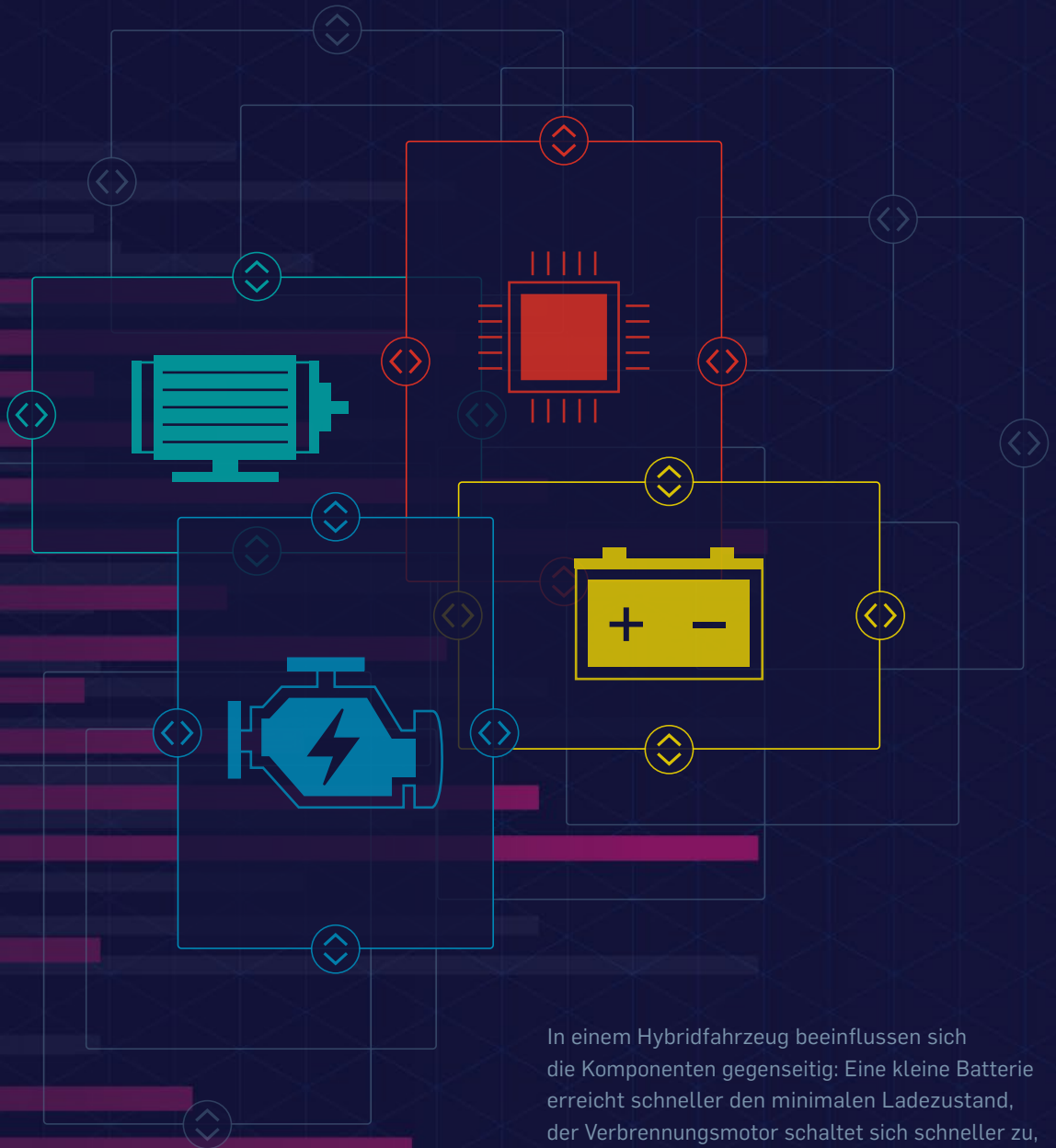
Die Entwicklung von Hybridantrieben stellt Ingenieure vor große Herausforderungen. Komplexe Architekturen, verschiedene Antriebe, mehrfache Energiewandlung und Interaktionen der Teilsysteme sowie die Abhängigkeit der Komponenten untereinander steigern die Komplexität. Künftig wird die Variantenvielfalt weiter zunehmen, da verschiedene Verbrennungsmotoren, Batterien und Elektromotoren kombiniert werden können. Um das in der Entwicklung zu berücksichtigen, sind eine erhöhte Modularität sowie eine objektorientierte Architektur nötig.

Im FVV-Projekt »Modularer Hybridantriebsstrang« entwickeln Forscher der Technischen Universität Darmstadt einen ganzheitlichen Ansatz, um unterschiedliche Marktanforderungen effizient erfüllen zu können. In der Konzeptphase geht es darum, eine Datenbasis für objektorientierte Designs zu finden und sie auf modulare Strukturen für hybride Antriebssysteme und die einzelnen Antriebsstrangkomponenten zu übertragen. »Man kann sich das wie bei einem Computer vorstellen, bei dem

einzelne Komponenten wie Maus, Monitor, Tastatur und Drucker ein Gesamtsystem bilden. Jede Komponente ist ein Objekt, das mit den anderen vernetzt ist und kommuniziert«, erklärt Prof. Dr. Christian Beidl, Leiter des Instituts für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe der TU Darmstadt.

Übertragen auf ein Hybridfahrzeug lässt sich das Prinzip am Beispiel der Traktionsbatterie darstellen. Sie bestimmt mit ihrer Kapazität maßgeblich die Betriebsstrategie des Fahrzeugs. Eine kleine Batterie erreicht schneller den minimalen Ladezustand, der Verbrennungsmotor schaltet sich früher zu, die thermische Belastung des Akkus steigt. Unterm Strich ergibt sich ein völlig anderes Lastprofil als mit einer größeren Batterie. In der objektorientierten Architektur müssen die Forscher elektrische, mechanische und softwarebasierte Eigenschaften und Abhängigkeiten berücksichtigen. Dazu braucht es eine weitere Standardisierung der Schnittstellen, durch die sich eine große Flexibilität beim Hinzufügen, Entfernen und Skalieren von Komponenten ergibt.

Objektorientierte Architekturen in der Antriebsentwicklung



In einem Hybridfahrzeug beeinflussen sich die Komponenten gegenseitig: Eine kleine Batterie erreicht schneller den minimalen Ladezustand, der Verbrennungsmotor schaltet sich schneller zu, die thermische Belastung der Akkus steigt.

Die elektrischen, mechanischen und softwarebasierten Eigenschaften und Abhängigkeiten werden daher in der objektorientierten Architektur berücksichtigt.

Aus FVV-Sicht bietet sich der Vorteil, dass sich mit der objektorientierten Komponentendefinition auch die Möglichkeiten für Zulieferer in der Interaktion mit dem OEM verbessern. »Mit einer gemeinsamen Beschreibungsbasis weiß jeder Zulieferer, welche Eigenschaften das Bauteil haben muss. Dann kann jeder Integrator diese Komponente einbinden«, erklärt Professor Beidl. Die Untersuchungen werden auf existierenden Simulationsstrukturen des VKM basieren, die bereits über ein flexibles und modulares Design verfügen. Mittels zweier beispielhafter Hybridkonfigurationen wird der entwickelte Ansatz validiert, zudem wird eine Matrix zur Bewertung der Eignung von Architekturen bereitgestellt.

In einem weiteren Projekt geht es ebenfalls um die wachsende Variantenvielfalt. Denn auch in der klassischen Motorenentwicklung steigt die Anzahl der Parameter: Hub/Bohrung, Ventilansteuerung, Aufladestrategie oder Zylinderanzahl – jedes Detail lässt sich variieren. Ergebnis ist jeweils eine völlig andere Motorauslegung. Während der Grundauslegung neuer Motoren ist die null- oder eindimensionale Simulation ein unverzichtbares Entwicklungswerkzeug.

»Diese Verfahren bieten den Vorteil relativ kurzer Rechenzeiten. Jedoch können auch hier multidimensionale Optimierungsprobleme in der Berechnung sehr zeitaufwendig sein«, erklärt Dr. Christian Schnapp, Entwicklungsingenieur bei Toyota Gazoo Racing Europe. Wertvolle Zeit, die während der Entwicklung an anderer Stelle fehlt. Im Forschungsprojekt »Heuristic Search and Deep Learning« suchen Schnapp und Mitarbeiter vom Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme der RWTH Aachen sowie vom Institut für Fahrzeugtechnik der Universität Stuttgart

nach Möglichkeiten, wie sich die Rechenzeit verringern lässt. Simuliert werden soll in diesem speziellen Projekt der Hochdruckverlauf im Brennraum.

»Wir wollen untersuchen, wie uns Künstliche Intelligenz im Entwicklungsprozess unterstützen kann, indem wir die Simulation über neuronale Netze abbilden. Dabei verfolgen wir zwei Ansätze«, erklärt Projekt-Obmann Schnapp. Im ersten kommt Deep Learning zum Einsatz, bei dem die Forscher zunächst mit einem detaillierten Modell viele Millionen Datensätze generieren, mit denen sie anschließend ein neuronales Netz, eine Künstliche Intelligenz, trainieren. Der KI-Algorithmus basiert auf in der Programmiersprache Python frei zugänglichen Bibliotheken, aus denen sich die Ingenieure bedienen. »Das ist gängiger Standard und so können auch andere Forscher oder Unternehmen den Algorithmus nutzen«, sagt Schnapp.

Beispielhafte FVV-Projekte zum Forschungsschwerpunkt Digitalisierung:

→ »Modular Hybrid Powertrain [1428]« // **FÖRDERUNG:** FVV // **PROJEKTLEITUNG:** Dr. Veit Held (Stellantis Opel Automobile) // **FORSCHUNGSSTELLE:** Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Fahrzeugantriebe (vkm), TU Darmstadt

→ »Heuristic Search and Deep Learning [1426]« // **FÖRDERUNG:** BMWk/AiF (21407 N) // **PROJEKTLEITUNG:** Dr. Christian Schnapp (TOYOTA GAZOO Racing Europe) // **FORSCHUNGSSTELLEN:** Lehr- und Forschungsgebiet Mechatronik in mobilen Antrieben (MMP), RWTH Aachen / Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme (tme), RWTH Aachen / Institut für Fahrzeugtechnik Stuttgart (IFS), Universität Stuttgart

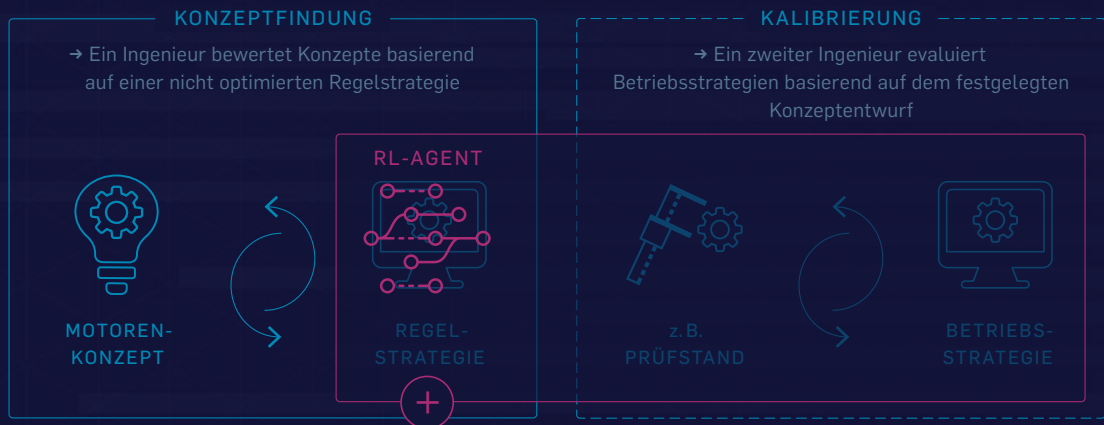
Die ersten Daten sind beeindruckend: Die KI kommt 50-mal schneller zu einem Ergebnis, ohne dass die Genauigkeit leidet. Damit lassen sich die Modelle künftig in Echtzeitanwendungen einbinden oder auch höherdimensionale Optimierungsprobleme lösen. Etwa, wenn mehrere Bauteile im Gesamtsystem optimiert werden sollen.

Ein weiterer Ansatz ist das sogenannte ›Reinforcement Learning‹. Bislang untersucht ein Simulationsingenieur während der Entwicklung verschiedene Motor-konzepte, für die jedoch noch eine optimale Regelstrategie fehlt. Diese wird dann auf dem Prüfstand von einem weiteren Ingenieur entwickelt. Die Idee ist nun, diese Aufgabe, etwa die Ansteuerung eines E-Boosters, die Wastegate-Ansteuerung oder die Einstellung des Zündzeitpunkts, einem Reinforcement-Learning-Agenten zu überlassen. »Durch viele Simulationen versucht der Agent sich selbst die beste

Regelstrategie beizubringen«, erklärt Christian Schnapp und ergänzt: »Das gelingt, in dem der Agent für einen Erfolg belohnt wird und so immer hinzulernt.« Ein zeitaufwendiges Unterfangen, jedoch lässt sich die Berechnungszeit durch parallele Simulationen verkürzen. Denkbar ist, dass die trainierte Strategie künftig direkt in die ECU implementiert wird.

Das Projekt läuft noch bis zum 30. April 2023, doch für einen schnellen Wissenstransfer können FVV-Mitglieder schon bald von den ersten Ergebnissen profitieren: »Es gibt durchaus Interesse an dem Code. Daher werden wir einen Workshop abhalten, bei dem der Code aus dem ersten Arbeitspaket zur Verfügung gestellt wird«, erklärt Schnapp. Die abschließende Dokumentation und ein sofort einsatzfähiges Simulationstool werden zum Projektende bereitgestellt. //

Reinforcement Learning für die Konzeptentwicklung von Ottomotoren



→ Der **HEUTIGE MOTORENTWICKLUNGSPROZESS** besteht aus zwei voneinander getrennten Schritten. Das führt zu suboptimalen Auslegungen, weil das transiente Motorverhalten bereits in der Konzeptfindung berücksichtigt werden sollte.

→ Ein Reinforcement-Learning-Agent findet für jede Motorauslegung die optimale Regelstrategie. Durch Integration des **RL-AGENTEN** bereits in die Konzeptfindung kann eine angemessene Bewertung einer Regelstrategie schon im ersten Schritt erfolgen.