

ATZ extra

Artikel aus **ATZ** elektronik
11/2022

CLOUDBASIERTE LÖSUNGEN

Messen und Testen des Ansauglufttemperatur-Regelungssystems

eTAS



© depositphotos | ParabolStudio, Zinetron | ETAS



Cloudbasierte Auslegung des Ansauglufttemperatur-Regelungssystems

Mit Blick auf die kommende Abgasnorm Euro 7 arbeitet die Hyundai Motor Company an einer aktiven Kühlung der Ansaugluft für turboaufgeladene Ottomotoren. Weil die Temperaturregelung für alle Betriebsbereiche des Motors optimiert werden muss, ist ihre Auslegung sehr zeitaufwendig. Mit einer Cloudsimulationslösung von ETAS konnte Hyundai den Entwicklungsprozess effizienter gestalten und beschleunigen.

Wie viele Kilometer schafft ein Testfahrzeug in 30 min? Und wie viele Testfahrzeuge bräuchte es, um in dieser halben Stunde 22.000 km unter unterschiedlichsten Strecken- und Verkehrsbedingungen sowie mit verschiedenen Geschwindigkeits- und Gangprofilen abzuarbeiten? Und welcher Aufwand steckt dahinter, wenn den Testfahrten über 1000 verschiedene Fahrzyklen und 2,2 Millionen km Wegstrecke zugrunde liegen sollen? Solche Fragestellungen treiben Automobilhersteller immer häufiger um, wenn es um die Entwicklung und Auslegung komplexer Fahrzeugsysteme sowie das Testen und Validieren der Software geht, die diese Systeme

steuert. Aus den komplexen Anforderungen werden sehr konkrete Zeit- und Kostenfaktoren, die die Entwicklungsbudgets und Zeitpläne sprengen können.

VORBEREITUNGEN AUF DIE NÄCHSTE STUFE DER ABGASETZEUGEBUNG

Die Hyundai Motor Company (HMC) treibt aktuell technische Maßnahmen voran, mit denen ihre Baureihe turboaufgeladener Ottomotoren künftig die Grenzwerte der Euro-7-Abgasnorm erfüllen soll. Dafür wird es nicht mehr möglich sein, das Kraftstoffgemisch wie bislang üblich bei hoher thermischer

Belastung des Abgasstrangs anzureichern. Das Entwicklungsziel ist daher die Umsetzung eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von $\lambda = 1$ über den gesamten Betriebsbereich des Motors und die unterschiedlichsten Umgebungsbedingungen von -7 bis +35 °C hinweg. Damit der Verzicht auf eine Anreicherung nicht zur Überhitzung und damit auf lange Sicht zu Schäden im Abgasstrang führt, setzt HMC unter anderem bei der Ansaugluft an. Denn je kühler die angesaugte Luft, desto niedriger ist auch die Abgastemperatur.

HMC setzt deshalb auf eine aktive Temperaturregelung: Zusätzlich zum wassergekühlten Ladeluftkühlersystem

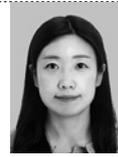
VERFASST VON



Dr. Seungwoo Hong
ist Senior Research Engineer
bei der Hyundai Motor Company
in Seoul (Südkorea).



Dr. Jaeheun Kim
ist Senior Research Engineer
bei der Hyundai Motor Company
in Seoul (Südkorea).



Hyunjin Kang
ist Senior Research Engineer
bei der Hyundai Motor Company
in Seoul (Südkorea).



Junghoo Bae
ist Senior Field Application
Engineer bei ETAS
in Seoul (Südkorea).

soll die Klimaanlage (Air Conditioning, AC) eingebunden werden, wenn die angesaugte Luft aufgrund hoher Außentemperaturen oder längerem Volllastbetrieb zu warm wird. Eine aktive Temperaturregelung mithilfe des AC-Kühlers setzt allerdings voraus, dass die Zuluftkühlung bedarfsgerecht gesteuert wird, **BILD 1**.

Liefe der AC-Kühler zu oft oder mit unnötig hoher Leistung, würde das dem Ziel höchster Kraftstoffeffizienz und minimaler CO₂-Emissionen zuwiderlaufen. Ist die Kühlleistung zu schwach, droht Überhitzung und ein Überschreiten der gesetzlichen Abgasgrenzwerte. Um jederzeit den robusten, gesetzeskonformen Betrieb der aktiven Ansaugluftkühlung zu gewährleisten, muss die Regelung entsprechend für alle erdenklichen Fahrprofile und Umweltbedingungen konfiguriert, getestet und validiert werden. Um die Systemauslegung effi-

zient zu bewerkstelligen und den Zeit- und Kostenaufwand beim Testen und Validieren der Steuerungssoftware zu minimieren, nutzt HMC moderne Simulationsmethoden.

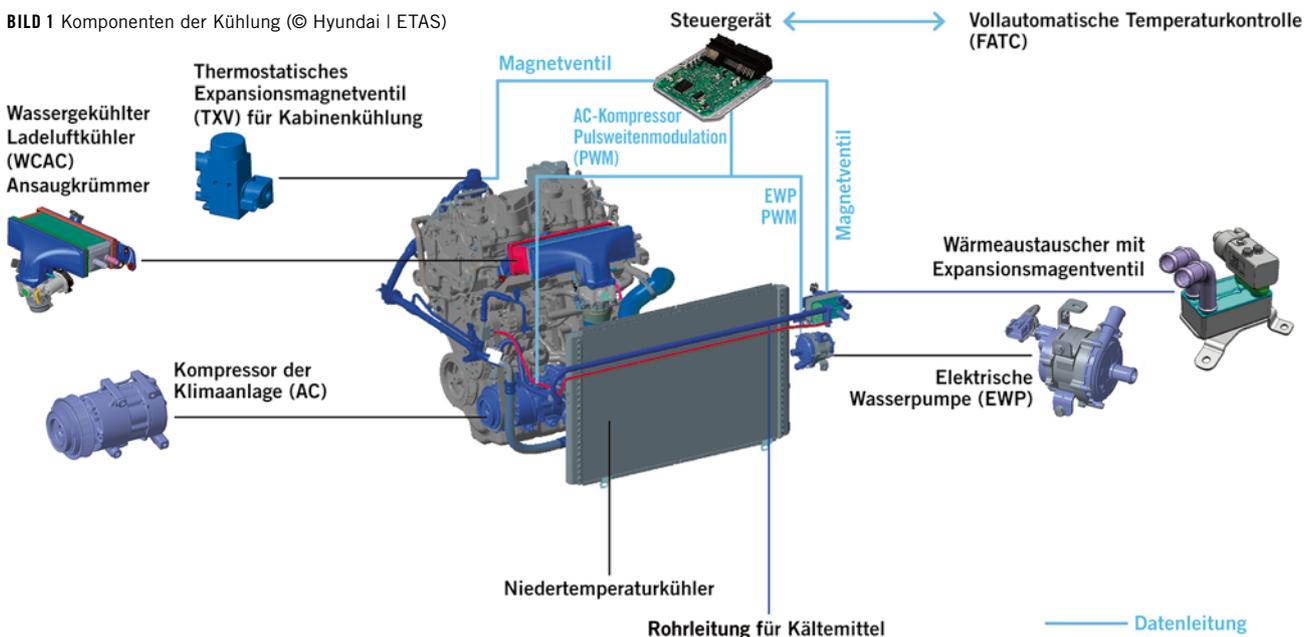
CO-SIMULATION SCHAFFT BASIS FÜR VIRTUALISIERTES TESTEN

Um das Ziel zu erreichen, die Abgastemperatur jederzeit unter einem zuvor festgelegten Zielwert von 930 °C zu halten, haben die HMC-Ingenieurinnen und -Ingenieure einen simulationsbasierten Entwicklungsprozess aufgesetzt. Ihr zentrales Werkzeug dafür ist COSYM, die Co-Simulationsplattform von ETAS. Weil Hyundai bereits eine ETAS-Werkzeugkette mit Werkzeugen wie INCA, ETAS ASCMO und ETAS ASCMO-MOCA etabliert hatte, war es das Ziel, diese auch für die Erstellung der Kompen-

tenmodelle sowie deren Kalibrierung und Optimierung zu nutzen.

Zunächst haben die Entwicklerinnen und Entwickler den Motor und die Hauptkomponenten für das geregelte Ansaugluft-Kühlsystem modelliert – also den AC-Kühler, den wassergekühlten Ladeluftkühler, einen Niedertemperaturkühler (LTR) sowie den Controller des Regelungssystems. Ziel war es, den jeweiligen Wärmeaustausch im LTR, im AC-Kühler und im Ladeluftkühler zu quantifizieren und in Beziehung zum Modell des Ladeluftkühlsystems zu setzen, **BILD 2**. So lässt sich die Kühlleistung entsprechend dem Betriebspunkt des Klimakompressors ableiten. Zusätzlich wurde die Komplexität des Motormodells mithilfe von ETAS ASCMO unter Verwendung der Gaußschen Prozessmethode auf ein für dieses Projekt notwendiges Niveau gebracht.

BILD 1 Komponenten der Kühlung (© Hyundai | ETAS)



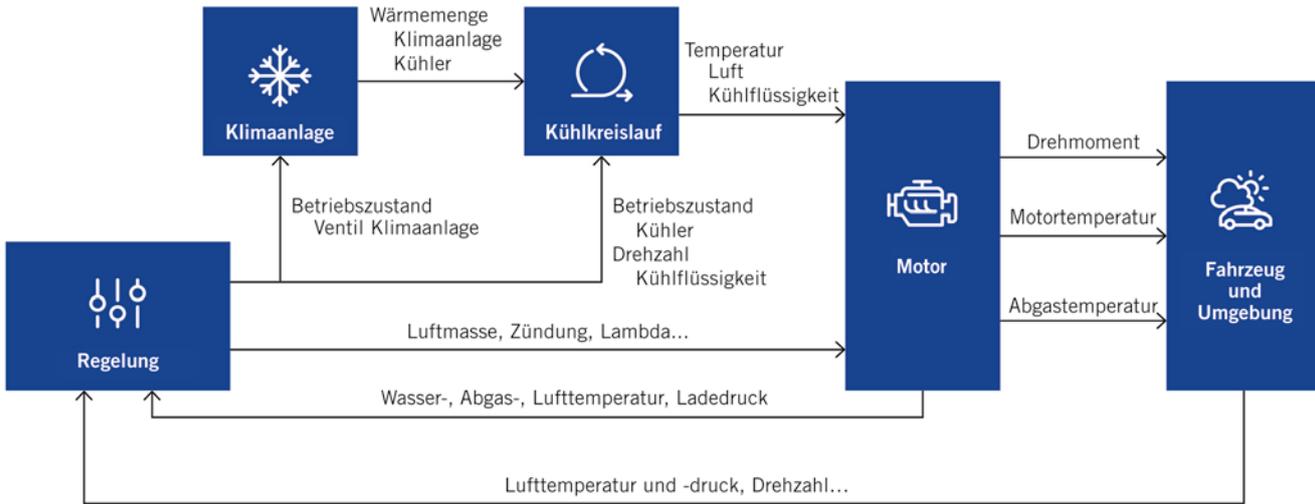


BILD 2 Schnittstellen der Simulation und Signalfuss (© Hyundai | ETAS)

Im Anschluss hat das Team das entstandene Kühlkreismodell auf Basis der modellierten Klimakältemaschinen mit einem Fahrzeugmodell auf der Co-Simulationsplattform ETAS COSYM zusammengeführt, **BILD 3**. Für die Integration und Simulation wurden die Komponentenmodelle jeweils in sogenannte funktionale Mockup-Units (FMU) konvertiert, um den Datenaustausch in der Simulation auf eine standardisierte Basis zu stellen. Hilfreich war es zudem, dass sich dank der standardisierten Schnittstelle von COSYM auch Modelle integrieren lassen, die mit anderen Entwicklungswerkzeugen wie ETAS ASCET, Simulink oder C-Code erzeugt wurden. Zur Effizienz tragen die kompilierten Modelle mit sehr ho-

her Simulationsgeschwindigkeit und die strukturierten Workflows der Lösung bei. Durch Visualisierungsmöglichkeiten erhalten die Anwender bei der Kalibrierung und Parametrierung eine schnelle Übersicht über komplexe Simulationsergebnisse.

Das Entwicklungsteam konnte sich anhand der Simulation schnell einen Überblick verschaffen und die passende Steuerungslogik entwickeln und umgehend validieren. Auch war es in diesem ersten Schritt möglich, die Interaktion der Komponenten zu erproben und per Online-Kalibrierung zu optimieren. Das führte unter anderem zu einer neuen Konfiguration der Temperaturregelung mit zwei getrennten Kühlschleifen anstatt eines ursprüng-

lich favorisierten, aber in der Kühlleistung deutlich unterlegenen Ansatzes mit nur einer Kühlschleife.

PARALLELISIERTE TESTS AUF CLOUDSERVERN

Mit diesen Vorarbeiten hat HMC die Voraussetzungen für einen stark beschleunigten Test- und Validierungsprozess geschaffen: Die Entwicklerinnen und Entwickler haben ihre integrierte Simulationsumgebung nahtlos in die ETAS CLOUD SERVICES hochgeladen und dort mithilfe der ebenfalls von ETAS bereitgestellten Cloudsimulationslösung, dem sogenannten MODEL-SIMULATOR, hochperformant und effizient validiert. Die cloudbasierte Simulation erlaubt es,

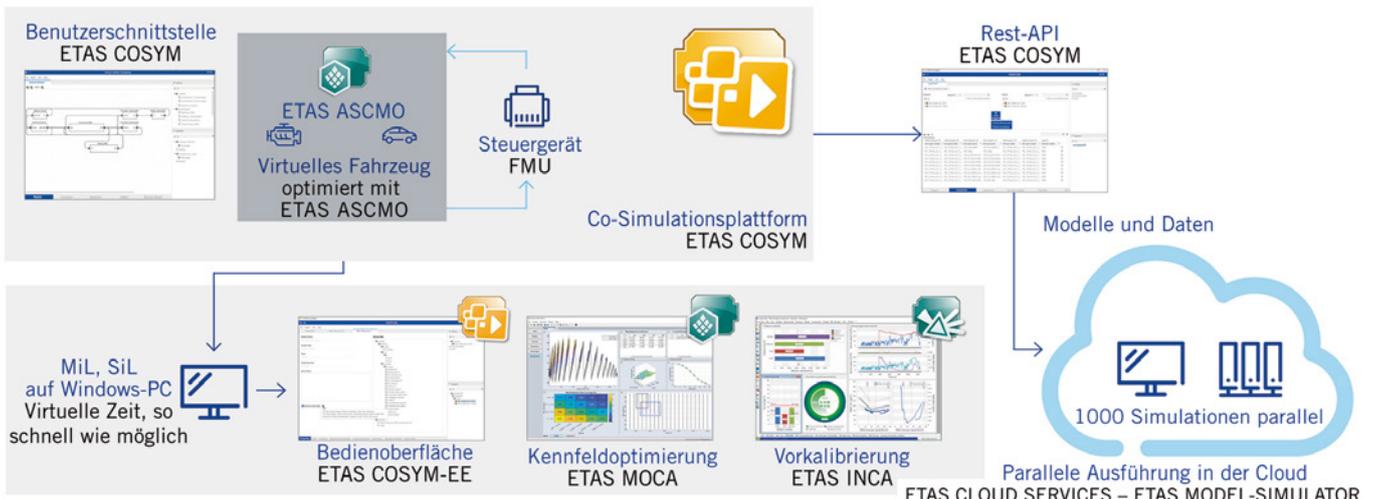


BILD 3 Schematischer Aufbau der Simulationsumgebung (© Hyundai | ETAS)

Tests nahezu beliebig zu parallelisieren und dadurch um ein Vielfaches zu beschleunigen. Im Projekt war es dem HMC-Team möglich, die eingangs erwähnten 22.000 km Testfahrt in nur 30 min zu simulieren.

Um hierbei eine möglichst hohe Bandbreite an Betriebsszenarien abdecken zu können, griff das Team auf eine Datenbasis zurück, die Bosch aus 20 Milliarden Fahrkilometern im europäischen Verkehr gewonnen und mithilfe künstlicher Intelligenz zu 1032 repräsentativen Fahr Szenarien mit unterschiedlichen topografischen und verkehrsseitigen Bedingungen sowie verschiedenen Geschwindigkeits- und Gangprofilen zusammengeführt hat. Diese Fahrzyklen umfassen ein reales Verkehrsgeschehen mit einem Umfang von über 30.000 h und insgesamt 2,2 Millionen km, das sie im virtuellen Raum zugänglich machen. Im Zusammenspiel mit der parallelisierbaren virtuellen Erprobung ist das die Basis, um Tests und Validierung im Sinne steigender Systemqualität auszuweiten und zugleich den nötigen Zeit- und Kostenaufwand deutlich zu senken. Reale Fahrversuche mit teuren Versuchsträgern, aufwendigen Transporten und hohem Koordinierungsaufwand lassen sich so auf ein Minimum begrenzen.

Die Beschleunigung der Tests und Validierungen ist nicht der einzige Vor-

teil der Cloudsimulation. Anders als bei herkömmlichen Methoden, die das Augenmerk angesichts der begrenzten Zeit- und Kostenbudgets oft auf eine Auswahl an Worst-Case-Szenarien legen, kann die virtuelle Erprobung eine viel größere Bandbreite an Fahrbedingungen abdecken und so den Weg zu einer realitätsnahen, robusten – und im Fall des aktiven Ansaugluft-Kühlsystems – hoch-effizienten Systemauslegung ebnen. Die Breite der Erprobungsmöglichkeit erlaubte es den HMC-Spezialistinnen und -Spezialisten, die Leistungsaufnahme des AC-Kühlers in unterschiedlichsten Betriebsphasen und realen Straßenbedingungen zu optimieren. Zugleich konnten sie mit den umfassenden Tests den Nachweis erbringen, dass die Abgastemperatur selbst bei hochsommerlichen 35 °C Umgebungstemperatur und dauerhaft hoher Motorlast nahezu durchgehend unter dem vorab definierten Zielwert von 930 °C gehalten und die gesetzlich vorgeschriebenen Abgaswerte jederzeit erfüllt werden.

FAZIT UND AUSBLICK

Die Cloudsimulation im MODEL-SIMULATOR führt in Verbindung mit dem integrierten Co-Simulationsmodell, das in COSYM alle relevanten Komponenten der aktiven Kühlung einbindet, zu einem

wesentlich beschleunigten Entwicklungsprozess. Zugleich kann das darin entwickelte Steuerungssystem in bislang nicht realisierbarer Breite getestet und validiert werden. Die Vollständigkeit der Kalibrierung und damit letztlich die Qualität des Gesamtsystems steigen signifikant. Zugleich erlaubt es das parallelisierte virtuelle Testen, zeit- und kostenaufwendige Experimente und Fahrversuche auf ein Minimum zu beschränken. Diese dienen künftig nur noch dazu, die in realen Fahr Szenarien der Cloudsimulation gereiften und bereits umfassend kalibrierten Steuerungssysteme quasi in letzter Instanz vor dem Serieneinsatz zu verifizieren.

*Dieser Beitrag erschien zuerst in der ATZelektronik.
<https://go.sn.pub/ATZelektronik>*

Finden Sie uns auf Social-Media



click here

IMPRESSUM:

Sonderausgabe 2023 in Kooperation mit ETAS GmbH, ETAS/COM1, Borsigstraße 24, 70469 Stuttgart; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden, Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

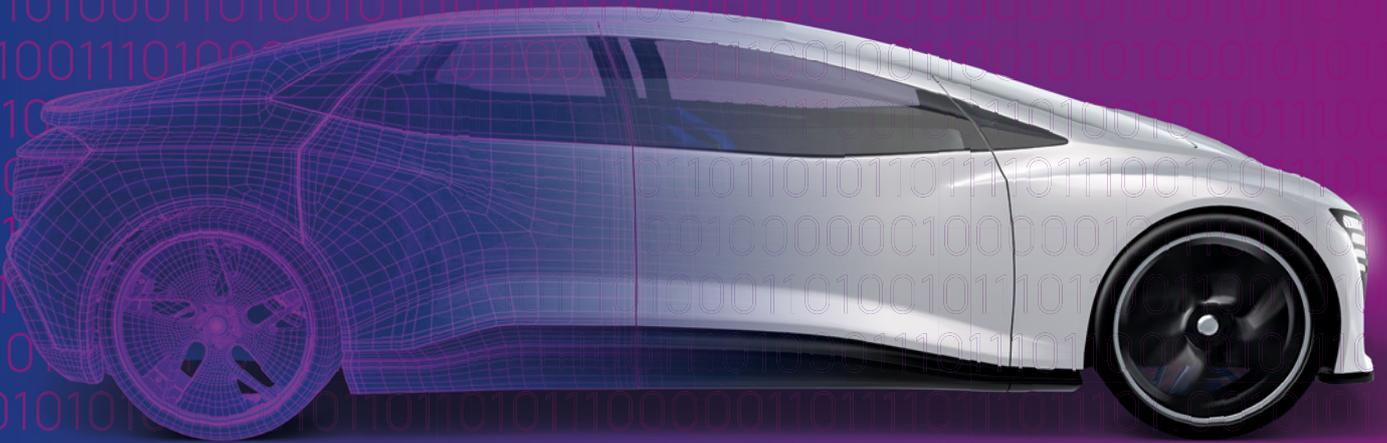
GESCHÄFTSFÜHRER:

Stefanie Burgmaier | Andreas Funk | Joachim Krieger

PROJEKTMANAGEMENT: Anja Trabusch

TITELBILD: © Open Studio | stock.adobe.com

Making the software-defined vehicle a reality.



Empowering Tomorrow's Automotive Software
www.etas.com

etas