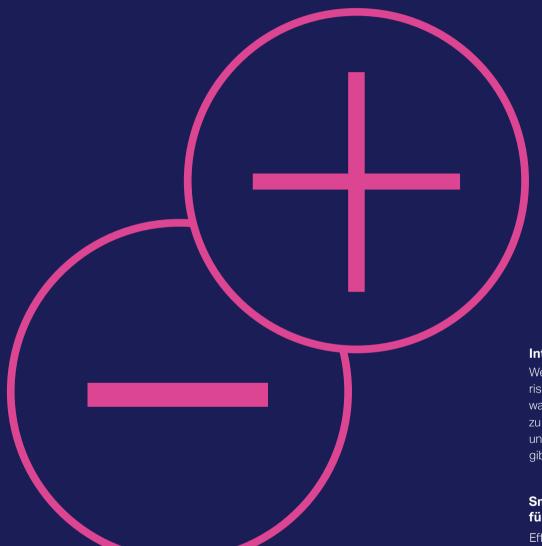


## forward

Das IAV-Magazin rund um die Mobilität der Zukunft



#### Interview

Welche Sicherheitsrisiken birgt Kl und was ist nötig, um ihr zu vertrauen? Einer unserer Expert:innen gibt Antwort.

#### Smarter Wechsel für gute Kühlung

Effektive Wärmeabfuhr im E-Antrieb.

#### Bremsspuren in der Luft

Neues Prüfzentrum für Bremspartikel.

#### Spannung. Versprochen.

"Wir entwickeln
für unsere Kunden
nachhaltige Mobilität. Für einen
maximalen Klimaschutzbeitrag
braucht es einen
Mix aus smarten
Antriebs-, Fahrzeug- und Mobilitätskonzepten."







#### Liebe Leser:innen,

die öffentliche Akzeptanz von E-Mobilität hängt in hohem Maße vom weiteren Fortschritt in der Batterieentwicklung, vor allem in puncto Kosten, Reichweite und Ladezeiten ab. Wir als IAV haben in der Schlüsseltechnologie für E-Fahrzeuge frühzeitig tiefgreifende Expertise aufgebaut und werden die weitere Entwicklung auch künftig maßgeblich mitgestalten.

Beispiele gefällig? In unserer Smart Test Factory in Stollberg haben wir ein neues Prüfzentrum aufgebaut, wo HV-Batterien kosten- und energiesparend getestet werden können. Bevor wir eine Batterieentwicklung starten, führen wir eine umfangreiche Lebenszyklusanalyse durch, mit präziser Auswertung und anschließender Empfehlung an den OEM (Seite 25).

Nicht nur die Batterie, sondern der komplette Antrieb eines von IAV entwickelten E-Bikes profitiert von innovativer Phasenwechsel-kühlung (Seite 30). Das Themenfeld E-Mobilität runden wir mit weiteren interessanten Beiträgen unter anderem zum Thermomanagement (Seite 20), NVH (Seite 34) und einem "Fitnesscheck" für Brennstoffzellen (Seite 44) ab.

Über sämtliche Branchen hinweg werden derzeit die Potenziale von künstlicher Intelligenz evaluiert und erprobt. Bei IAV hat die KI in der Entwicklung und in Kundenprojekten inzwischen einen festen Stellenwert. Die Risiken von KI und was nötig ist, ihr zu vertrauen, lesen Sie im Interview mit einem unserer KI-Expert:innen (Seite 8).

Darüber hinaus erwarten Sie in dieser Ausgabe spannende Artikel zu Themen wie beispielsweise virtuelle Fahrwerksentwicklung, ein neues Testzentrum für Bremsemissionen und alternative Kraftstoffe.

#### Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre!



Thomas Müller Bereichsleiter Powertrain Systems



Großer Sprung beim Fahrkomfort

Sie sind besser als ihr Ruf: Gemeinsam mit Hyundai Motor Europe Technical Center hat IAV eine Methode entwickelt, die Klauenkupplungen so weit optimiert, dass Schaltvorgänge kaum mehr wahrnehmbar sind.

14

#### **Eine Frage der Kooperation**

Wie bringt man smarte Konzepte aus der Wissenschaft direkt ins Fahrzeug? Die Zusammenarbeit von IAV mit der TU Darmstadt, einem Forschungsinstitut und dessen Technologieberater liefert die Antwort – anhand zweier nagelneuer Fahrwerkskomponenten.

6 Impulse
Vorab und in Kürze.

8 Interview

Wie steht es bei Kl um Sicherheit? Ein IAV-Experte erläutert die Risiken und mehr.

14 Eine Frage der Kooperation

Wie gelangt Wissen von der Uni direkt zur Anwendung im Fahrzeug?

18 Großer Sprung beim Fahrkomfort

Eine neue Methode zur Optimierung von Klauenkupplungen.

20 Cool Tech: Wohltemperiert ausbalanciert

Kluges Thermomanagement wird immer wichtiger, vor allem in E-Fahrzeugen.

25 Diese Batterie denkt an alles

Eine umfassende LCA als Grundlage für die Entwicklung.

28 Smarter Wechsel für gute Kühlung Effektive Wärmeabfuhr im E-Antrieb

dank innovativer PCC.

30 Immer unter Volllast

Ein E-Antrieb im Bike lässt aufhorchen.

34 Sound of Silence

Mit Simulationsmethoden zum geräusch- und vibrationsreduzierten E-Antrieb.

36 "Unser Ansatz war goldrichtig"

Gemeinsam mit Poppe + Potthoff zu einer neuen Klasse von Wasserstoff-Tankdruckreglern. 25

Diese Batterie denkt an alles

Hohe Energiedichte, kurze Ladezeit, geringer Leistungsabfall bei Kälte. Dazu günstige und verfügbare Rohstoffe, ein nachhaltiges Design und ein kleiner ökologischer Fußabdruck. Wie das geht? Mit dem "Twin Battery"-Konzept von IAV!

38 Großmotoren fast emissionslos?

Methanol als nachhaltige Lösung für

Schifffahrt und Industrie.

41 Wahre Schönheit kommt von innen Mit Modellen zu alternativen Kraftstoffen der Motorenentwicklung nützen.

44 Fitnesscheck für Brennstoffzellen

Mit einer Softwarefunktion der Alterung von Brennstoffzellen vorbeugen.

48 Bremsspuren in der Luft

Im Zeichen von Euro 7 – neues Prüfzentrum für Bremsemissionen.

51 Impressum

Fitnesscheck für Brennstoffzellen
Eine softwarebasierte Funktion
überwacht den Gesundheitszustand
von Brennstoffzellen und verhindert so
Leistungsverluste im System. Im Ergebnis lassen sich die Betriebsstrategie verbessern und Kosten einsparen.

#### Impulse

#### Zielgerade erreicht

Ende letzten Jahres einigten sich die wichtigsten EU-Gremien auf den Rahmen für die neue Emissionsnorm Euro 7. Die Details und Ausführungsvorschriften für einige der Themen, beispielsweise das On-Board-Monitoring (OBM) zur Überwachung der Abgasemissionen oder der Manipulationsschutz, sind aber noch festzulegen.

Dennoch gilt: Auch wenn vieles zu Euro 7 noch in der Schwebe hängt – IAV als Entwicklungspartner ist für sämtliche Neuerungen gewappnet. Ganz gleich, ob OBM, Obergrenzen für Partikel aus Reifen- und Bremsenabrieb, Haltbarkeit von Traktionsbatterien oder Manipulationssicherheit für Fahrzeugkomponenten – IAV hat in allen relevanten Themen tiefgreifendes Technologieund Methoden-Know-how aufgebaut.

Wir stehen bereit, die weitere Entwicklung dieser Themen auch künftig maßgeblich mitzugestalten und Euro 7-konforme Lösungen zu erarbeiten. Sprechen Sie uns gerne an, wenn Sie Interesse haben!

#### Kontakt

torsten.genz@iav.de olaf.magnor@iav.de

#### AUS GE BREMST



Für mehr Sicherheit im Lkw-basierten Güterverkehr: IAV und TU Berlin haben eine Methode entwickelt, mit der sich schwere Nutzfahrzeuge durch On-Board-Auswertung von Wetterdaten und vorhandener Sensorik noch sicherer bremsen lassen.

In zweijähriger Forschungsarbeit haben beide Partner die technische Grundlage für ein neues Fahrerassistenzsystem im Rahmen eines Forschungsprojekts erarbeitet.

So lässt sich die übertragbare Kraft zwischen Reifen und Straße im Fahrbetrieb bewerten und der Fahrer vor einem verminderten Reibwert warnen. Der Clou dabei: Es wird nicht mehr Sensorik benötigt, als ohnehin schon an Bord ist. Einzig Wetterdaten werden ins Fahrzeug geholt und via Software ausgewertet.

IAV und TU Berlin haben eine umfangreiche Datenbank zu vielfältigen Bremsentests aufgebaut und zudem Daten aus über 8.000 Bremsmanövern berücksichtigt. Weiterentwickelt könnte diese Methode in hochautomatisierten Nutzfahrzeugen zur Anwendung kommen.

#### Kontakt

hubertus.ullmer@iav.de

#### **Gesunde Fahrzeugflotten?**

Autohersteller möchten den Zustand ihrer Pkw-Flotten im Feld bewerten, um Ausfallrisiken abschätzen zu können. Die Vorteile sind vielfältig – Wartungen lassen sich bedarfsgerecht durchführen, die Bevorratung von Ersatzteilen besser planen und Qualitätskostenprognosen präziser erstellen. IAV zeigt in zwei Anwendungen, wie sich Systemausfälle mithilfe probabilistischer Modelle vorhersagen lassen.

Im ersten Fall wird der Verlauf eines Health Indicators mit Blick auf die Restlebensdauer prognostiziert, im zweiten Fall Komponentenausfälle anhand beobachteter Ausfalldaten. Insbesondere die zweite Anwendung ermöglicht OEMs, die Risiken bestimmter Komponenten zu erkennen und Maßnahmen zu ergreifen. Kern des patentierten Verfahrens von IAV ist der Einsatz probabilistischer Modelle, die die Vorteile des maschinellen Lernens und der Statistik vereinen. Beide Verfahren wurden als Cloudservice implementiert, sodass eine einfache, skalierte Nutzung auch für Nicht-Experten möglich ist.

#### Kontakt

wolf.baumann@iav.de dominik.guetermann@iav.de

 $^{\circ}$ 



## Wie sicher ist künstliche Intelligenz?

Dr. Mirko Knaak, Senior-Fachreferent für KI, spricht über die Risiken der Technologie und erklärt was nötig ist, um ihr zu vertrauen.

#### Kann eine KI Mensch und Technik manipulieren?

Eine KI hat keinen freien Willen. Deswegen kann sie allein keine Menschen und keine Technik manipulieren. Natürlich können Menschen sie einsetzen, um Manipulationen vorzunehmen, aber solche KIs werden in Europa verboten sein, sobald die KI-Verordnung der EU in Kraft tritt.

#### Dennoch bleibt die Angst, dass die Kl im autonomen Fahrzeug manipuliert wurde und das Auto unbeherrschbar wird. Ist das realistisch?

Dass man eine KI manipulieren kann, ist ein bekanntes und in der Forschung mittlerweile gut dokumentiertes Phänomen. Manipulation kann bei der Objekterkennung des autonomen Fahrens beispielsweise gelingen, wenn jemand speziell designte Sticker auf Verkehrsschilder klebt, die der Mensch nicht von klassischen Stickern unterscheiden kann. Folglich kann die KI durcheinanderkommen und genau das Gegenteil von dem tun, was sie soll. Denn die Sticker erzeugen ganz bestimmte Muster und nutzen die Schwäche der KI aus. Das geschieht bei den sogenannten Adversarial Attacks.



#### In welchen Situationen ist es problematisch, dass eine KI den Kontext nicht lesen kann und ein verzerrtes **Bild wiedergibt?**

Eine KI lernt nur das auswendig, was die Datensätze enthalten, und versucht, Muster in den Daten zu erkennen. Das kann schnell problematisch sein. Angenommen, ich möchte ein optimales Profil für den Ingenieursberuf schreiben und trainiere die KI mit den Daten aller Mitarbeiter eines Ingenieurdienstleisters. Ohne es beabsichtigt zu haben, kommt es hier zu einem Bias. Die Verzerrung kommt zustande, weil in vielen Unternehmen wesentlich mehr Männer als Frauen im Ingenieursberuf tätig sind. Das System lernt dann, dass männlich ein Kriterium ist, um einen Job zu bekommen.

0 1 0 01010101010 001010 010010 10001 100010 01001001001000 010 100 01010100 010 010 010010010001001 010 010000101010 01010100001010101 10100101010000101 010 01010101001010101 01010101010100101 010 0100010100 100100 01010100010 00010 100 0010001001010 0100 001001000100 010 10100001010100 01 10101010000101010 10100010010010010 10001001001001001 00 0100010010101 1001 0001 0101010100101 000 010100100010010 0100100010 101010 010101 

#### Wie kann ich den ethischen Bias im **Beispiel vermeiden?**

Als Entwickler:in einer KI muss ich stets davon ausgehen, dass solche ethischen Fragestellungen stattfinden, und aktiv gegensteuern. Mittlerweile gibt es Forschungen und Maßnahmen, die dokumentieren, wie sich konkret und ganz bewusst dagegen arbeiten lässt.

#### Wie geschieht das bei IAV?

Für IAV und unsere Betätigungsfelder ist das weniger wichtig, weil wir KI in vielen Fällen einsetzen, um die Lebensdauer von Teilen zu bewerten. Wir untersuchen die Ausfallwahrscheinlichkeiten von verschiedenen Komponenten und versuchen, Anomalien in den Daten zu erkennen. Dabei entsteht in der Regel kein ethischer Bias.

Sollten bei IAV Daten auftreten, die diskriminieren könnten, sind wir natürlich sehr aufmerksam. Einem unserer Ingenieure ist beispielsweise aufgefallen, dass Rückhaltesysteme im Fahrzeug auf einen Standardmann ausgerichtet sind. Das wollte er ändern und hat ein Projekt initiiert, um die Sicherheit aller Insassen im Fahrzeug zu erreichen. Dabei schätzen Innenraumkameras und KI Geschlecht und Alter, um die Rückhaltesysteme entsprechend anzupassen.

#### Können wir also den Urteilen einer Kl vertrauen?

Vertrauen ist schwierig, das sollten wir nicht bedingungslos tun. In vielen Fällen vertrauen wir einer KI schon heute. Wer nimmt noch eine Karte mit, wenn ein Navi zur Verfügung steht? Sobald allerdings Leib und Leben auf dem Spiel stehen oder andere Risiken von Klausgehen – was, wie wir oben gesehen haben, leicht geschehen kann -, müssen wir Entwickler:innen und die Anbieter von KI diese absichern. Das ist auch bei IAV ein zentraler Punkt und kein Selbstläufer. Wir können nur dann einer KI vertrauen. wenn wir bestimmte Maßnahmen eingeleitet haben.

10101010001 100010010 100100100 0100101010100101011000100101010 1010001010001001010101010001010 001 010010010010001001010101000 0101010010101000010101010101010 100101010101 0010100 1001001001 0010001001010101000010101001010 100001 101010101010100101 10101 00010100010010010010010001001 100100 010101001001001001 010010101010 101010100010110 10001001 010010 010010 01001000100 000010101 10101010 101000100 01010010101 101 010 0101010000 010101 000101 1010101010 10. 1010 1010 1010 100101010101 00101 001010001 1001 101 001 0010010010010 001001101 010 01010101010010010010 010 0010010 01000100101010100001010100 1010 10000101 010101010 10100 10101010 100010 100010010 010010010 00001001010101001010100 10010010101

010100001010100 010100001010101 010101 100101010101000101 00100

1001001001000100101010100001010

100101010000101010101010101010

010001001001001001000100101

#### Welche Maßnahmen ergreift IAV diesbezüglich?

Wir haben uns frühzeitig mit den Herausforderungen und Chancen, die sich durch den Einsatz von KI-Technologien ergeben, beschäftigt. Bereits im letzten KI-Hype der 2010er-Jahre hat IAV unterschiedliche Forschungsprojekte mit renommierten Universitäts- und Fraunhofer-Instituten initiiert, um Absicherungs- und Erklärbarkeitsmethoden von KI-Systemen zu untersuchen. Dabei konnten wir auf eine langjährige Expertise im Bereich der Funktionalen Sicherheit zurückgreifen und Unternehmen in diesem Feld beraten. Diese Erfahrungen haben dazu beigetragen, dass wir einen Absicherungsprozess und eine Toolbox entwickeln konnten, die bei Projekten konsequent zum Einsatz kommen und auch Kunden zur Verfügung stehen.

#### Was beinhaltet der IAV-eigene Absicherungsprozess?

Wir beginnen den Absicherungsprozess bereits in der Anforderungserhebung. Dabei berücksichtigen wir nicht nur die Anforderungen des Gesamtsystems, sondern auch spezifische Risiken der KI zu konkreten Situationen. Wir stellen Anforderungen an die Daten, da die KI nur das können kann, was in ihren Trainingsdaten enthalten war. Zudem stellen wir auch Anforderungen an die KI selbst, wie beispielsweise eine Selbstüberwachung oder Verwendung einer Notfalllösung bei unerwarteten Situationen. Auch Umgebungskomponenten und die Verwendung der KI haben entsprechende Anforderungen. IAV hat eine Toolbox entwickelt, um diesen Prozess hochautomatisiert zu überprüfen.

#### Was macht IAV hinsichtlich Normung?

Wir sind in verschiedensten Normungsgremien in Deutschland sehr aktiv und arbeiten mit vielen Mitarbeiter:innen daran, eine KI sicher zu machen. Da gibt es zum Beispiel die DIN-Initiative, die deutsche Normungsroadmap KI. Hier arbeitet IAV an verschiedenen ISO-Normen mit.

#### Kann es IAV gelingen, eine KI ganz allein sicher zu machen?

Nein, das schafft niemand allein. Das lässt sich nur im Zusammenspiel erreichen. Darum haben wir eine Safe and Secure Community ins Leben gerufen, um die Bedürfnisse von Stakeholdern, Regulatoren, Industrie und Anwendern zusammenzubringen. Wenn wir so vorgehen, können wir eine KI bauen, der wir in bestimmten Anwendungsfällen sehr gut vertrauen können.

#### Kontakt

mirko.knaak@iav.de

# Jeration

mit einem ihrer Forschungsinstitute und dessen Technologieberater zeigt, wie kluge Konzepte aus der Uni direkt Wie verknüpft man auf smarte Weise Vordenken mit Umsetzen? Die Kooperation von IAV mit der TU Darmstadt,

zur Anwendung im Fahrzeug gelangen können.

verbindenden Komponenten gehören. Auch Dämpfer und Federn, deren Aufgabe es ist, alle Parameter hinsichtlich Fahrsi-cherheit und Fahrkomfort in der perfekten Im Kern geht es um das Fahrwerk, einen der wichtigsten Bereiche im Fahrzeug, wozu sämtliche das Auto mit der Straße Balance zu halten.

befinden sich im permanenten Zielkonflikt. um, den optimalen Kompromiss zwischen Sicherheit und Komfort zu finden", sagt Dr. Mark Wielitzka, Senior-Fachreferent im In der Vertikaldynamik geht es immer dar-Um fahrzeugindividuell die optimale Lösung zu finden, betreiben wir Entwickler einen hohen Aufwand." neering Support bei IAV. "Beide Größen Fachbereich Chassis Systems & Engi-

Zwei nagelneue Fahrwerkskomponenten

schiedliche Fahrzeugsegmente entwi-ckelt, die bei Federung und Dämpfung des ven fluiddynamischen Tilger zwei gänzlich So hat das Institut für Fluidsystemtechnik (FST) der TU Darmstadt mit einer aktiv Aufbaus jeweils unterschiedlich wirken. Dabei ermöglicht das aktive System der Luftfederung deutlich größere Verbessegesteuerten Luftfeder und einem passirungen bei Fahrsicherheit und Komfort. neue Komponenten mit Blick auf unter-

Mit der zunehmenden Elektrifizierung der steigen insbesondere durch wegfallende nehmung des eigentlichen Fahrerlebnisses und das Bewusstsein der Fahrzeug-insassen für Komfort. geben sich neue Anforderungen an die Antriebe und einer sich verändernden Massenverteilung im E-Fahrzeug er-Abstimmungen des Fahrwerks. Zudem Motorvibrationen im E-Auto die Wahr-

bau entkoppeln und so ein komfortables Fahren ermöglichen", sagt Niklas Puff, dern, weil sie systembedingt Geräusche und Vibrationen zwischen Rad und Auf-Wissenschaftlicher Mitarbeiter des FST. ,Das Thema Fahrkomfort ist sicherlich ein Treiber der Nachfrage nach Luftfe-

Methoden und Technologien, in die Wirtschaft zu transferieren, hat das FST die Industrial Science GmbH gegründet. IAV kooperiert mit Industrial Science seit Themen der Windenergie, Kühlpumpen für Fahrzeuge, Medizintechnik oder Projektmanagement-Software zusammen-Jahren – beide haben in unterschied-Um das Know-how, insbesondere zu lichsten Projekten beispielsweise zu gearbeitet.

## Zielführende Kooperation für alle Beteiligten

"Kein Unternehmen hat ausreichende Mittel und einen Atem, der lang genug ist, um derart komplexe Themen in der Tiefe voranzutreiben", sagt Ingo Dietrich, Geschäftsführer von Industrial Science. "Deshalb ist diese Kooperation für alle Beteiligten vorteilhaft und zielführend." In das laufende Projekt bringt der Berliner Tech Solution Provider seine Expertise im Bereich Systemintegration und Gesamtfahrzeug ein. Die vom FST entwickelten Fahrwerkskomponenten hat IAV als digitale Zwillinge in ein virtuelles Gesamtfahrzeug integriert und verschiedenste Tests mit Blick auf Optimierung des Zielkonflikts zwischen Sicherheit und Komfort durchgeführt.

Dabei berücksichtigt IAV selbstverständlich auch mögliche Fehlfunktionen, die im Zuge der Regelung eines aktiven Luftfedersystems auftreten können, sowie deren mögliche Auswirkungen und wie sie bewältigt werden können. Im Kern geht es darum, ein Gesamtpaket für eine mögliche Serienentwicklung ganzheitlich zu prüfen und Fragen der funktionalen Sicherheit frühzeitig zu evaluieren.

Theuleder reschluss gerkolben gerkolben

### Bindeglied zwischen Forschung und OEMs

"Wir sind das Bindeglied zwischen Forschung und Wirtschaft", sagt Dr. Marcus Perner, Senior-Fachreferent im Fachbereich Chassis Systems & Engineering Support bei IAV. "Wir nehmen Konzepteganz frisch aus der Forschung und prüfen sie gemeinsam mit dem OEM. Für die Komponenten ist dies eine Art Türöffner."

Einen direkten Austausch mit Vertretern der Automobilindustrie zu den Vorzügen der neuartigen Komponenten gab es schon im letzten Jahr, als IAV und FST die Technologie gemeinsam auf dem Internationalen Münchner Fahrwerk-Symposium "chassis.tech plus" präsentierten und dort große Aufmerksamkeit fanden. Zudem war IAV mit einem Fachvortrag und eigenem Messestand vor Ort vertreten.

Von Interesse für die Beteiligten war insbesondere der innovative Ansatz, mit dem die Tragkraft der Luftfederung im Betrieb aktiv angepasst wird.

Von den verfügbaren Optionen haben sich FST und Industrial Science für eine aktive Änderung der wirksamen Fläche der Luftfeder entschieden. "Damit kann man die größten Kräfte in der geringsten Zeit stellen", so Dietrich. "Aus unserer Sicht haben wir damit aktuell ein Alleinstellungsmerkmal."

#### Kontakt

mark.wielitzka@iav.de marcus.perner@iav.de

enventi

17

## Großer Sprung

Klauenkupplungen haben in puncto Fahrkomfort einen schlechten Ruf. Zu Unrecht, wie ein gemeinsames Projekt von IAV und Hyundai Motor Europe Technical Center zeigt. Mit einer neuen Methode lassen sie sich so optimieren, dass die Schaltvorgänge kaum noch spürbar sind.

Sie sind einfach aufgebaut, dazu leicht und kostengünstig, und können problemlos mit einem E-Motor synchronisiert werden: Klauenkupplungen. Für den Einsatz in E-Fahrzeugen wären sie deshalb eine attraktive Option, jedoch gelten sie mit Blick auf das Fahrerlebnis als vorbelastet. "Bei jedem Schaltvorgang kommt es zu einer kurzen Zugkraftunterbrechung und häufig zu einem Synchronschlag, welche die Insassen als Ruckeln oder Klackern wahrnehmen", berichtet Dr. Felix Matthies, Fahrkomfort objektiv bewerten können." Teamleiter Modeling & Simulation Systems bei IAV. "Darum haben wir gemeinsam mit Hyundai Motor Europe Technical Center eine Methode entwickelt, um Klauenkupplungen bereits früh in der Entwicklung in puncto Fahrbarkeit zu optimieren."

Das von IAV entwickelte Modell der Klauenkupplung ist sehr detailliert, aber dennoch schnell rechenbar - und so für die vielen Millionen Iterationen geeignet, die im Rahmen einer Optimierung erfor-

derlich sind. Es ist in die Simulationsumgebung CarMaker von IPG Automotive eingebunden, sodass Entwickler neben dem Verhalten der Kupplung auch das Fahrzeugverhalten realistisch nachbilden können. "Um den Fahrkomfort jeder simulierten Kupplungsvariante zu bewerten, kommt die von IAV entwickelte Toolbox INCA Flow TDT (Transmission Driveability Toolbox) zum Einsatz", erklärt Matthies. "Sie liefert uns Kennzahlen, mit denen wir den

#### Parallelentwicklung von Hard- und Software

Während des Methodenprojektes mit Hyundai Motor Europe Technical Center haben Experten von IAV Millionen von Kupplungsvarianten simuliert und dabei die Konturen der Zähne immer weiter

verfeinert. Gleichzeitig wurden Soft- und Hardware präzise aufeinander abgestimmt. Am Ende stand eine Klauenkupplung, bei der die Zugkraftunterbrechungen kaum noch spürbar waren – dank der perfektionierten Hardware im Zusammenspiel mit einer ebenfalls optimierten Software.

Die Klauenkupplung wurde als Prototyp gefertigt und hat auf dem Prüfstand ihre Fahrtauglichkeit und damit die Leistungsfähigkeit der virtuellen Entwicklungsmethode hinlänglich bewiesen. Beste Voraussetzungen also, dass sich am Image von Klauenkupplungen schon bald etwas ändert.

#### Kontakt

felix.matthies@iav.de

## beim Fahrkomfort

**Tooth Designs Evolution im Projekt:** Initiales Design Finales Design Entwurf mantester Entwurf

Zahnkonturen zur perfekten Klauenkupplung



## Wohltemperiert

Kurze Ladezeiten an der Ladesäule und hohe Reichweiten auf der Straße: Das kann fortschrittliches Thermomanagement. Wie die Technologie die Temperatur der Batterie optimiert und dafür sorgt, dass es im Auto angenehm warm ist, wissen vier Thermomanagement-Experten von IAV.



#### Thermomanagement im Fahrzeua?

Warum brauchen wir Fahrzeuge benötigen Thermomanagement-Systeme, um Komponenten in ihrem optimalen Temperaturbereich zu betreiben. Gäbe es diese Systeme nicht, würden sie überhitzen und irgendwann nicht mehr funktionieren. Aus diesem Grund müssen wir kühlen und konditionieren. Konditionieren bedeutet, die Komponenten möglichst schnell auf ihre Betriebstemperatur zu bekommen und dann auch dort zu halten.

> Thermomanagement im Auto?

Wo genau passiert Bei niedrigen Temperaturen ist es beispielsweise nötig, die HV-Batterie in ihren Wohlfühlbereich zu bringen. Thermomanagement hat außerdem die Aufgabe, die Fahrzeugkabine zu temperieren. Da die Technologie die Scheiben eis- und beschlagfrei hält, ist sie zudem sicherheitsrelevant.

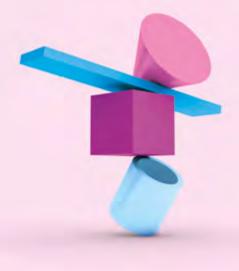
Welche Herausforderungen gibt es bei der Konditionierung von Elektrofahrzeugen?

Fahrzeuge mit klassischen Verbrennungsmotoren nutzen die Abwärme zur Beheizung des Innenraums. Das kann der elektrische Antriebsstrang wegen seines hohen Wirkungsgrads nicht. Elektrofahrzeuge beziehen ihre Energie aus der Batterie, die mit dem Antrieb und der Reichweite des Fahrzeugs konkurriert. Im Vergleich zu Verbrennungsmotoren ist die Reichweite von Elektrofahrzeugen in der Regel ohnehin geringer, weshalb es umso wichtiger ist, dass die Batterieeffizienz optimiert wird, um maximale Leistung und Reichweite zu erzielen. Zusätzlich müssen im Elektrofahrzeug neben der Fahrzeugkabine und dem E-Antrieb auch die E-Achse und zukünftig ADAS-Systeme konditioniert werden. Die Zieltemperaturen der Komponenten unterscheiden sich teilweise signifikant.



Welchen Einfluss hat das Thermomanagement auf die Reichweite von Elektrofahrzeugen?

Das Thermomanagement beeinflusst den Energieverbrauch eines Elektrofahrzeugs direkt und indirekt. Die direkte Beeinflussung entsteht, wie beschrieben, durch den eigenen Verbrauch in Konkurrenz zur Antriebsenergie. Indirekt nimmt das Thermomanagement Einfluss über die Temperierung der Komponenten, um die Antriebseffizienz zu verbessern. Langfristig wird so auch die Batteriealterung und damit der Reichweitenverlust minimiert.



Zunächst gilt: Die kostenintensive Traktionsbatterie in Elektrofahrzeugen erfordert eine sorgfältige Behandlung. Im Winter kann eine zu niedrige Batterietemperatur zu Leistungseinschränkungen und sogar Alterung führen, daher ist eine schnelle und gleichmäßige Temperierung wichtig. Beim Schnellladen im Sommer muss das Thermomanagementsystem dafür sorgen, dass die Wärme von den Zellen effizient an das Kühlmedium abgeführt wird. Eine ausgeklügelte Betriebsstrategie ermöglicht es, bedarfsgerecht Wärme aufzunehmen und abzuführen, um sowohl den Normalbetrieb als auch den extremen Lastfall energieeffizient und bauteilsicher zu bewältigen.

Thermomanagement ist im Sommer wie auch im Winter herausfordernd. Wie hält die Batterie Extremtemperaturen aus?

Wir entwickeln Teil- oder Gesamtsysteme für Fahrzeugantriebsstrang und -innenraum, die beheizt oder gekühlt werden müssen. Dabei versuchen wir, das beste Wärmemanagementsystem für die spezifischen Kundenbedürfnisse zu entwerfen. Dies erfordert Tests des gesamten Kälte- und Kühlsystems sowie der Einzelkomponenten, um eine effiziente Zusammenarbeit sicherzustellen. Zudem setzen wir Tools und Methoden ein, um die Vielzahl von Thermosystemen fahrzeugspezifisch in Einklang zu bringen. In der Konzeptphase kann unser Tool bei der Auslegung des Thermomanagements unterstützen, indem es mithilfe eines genetischen Algorithmus das optimale System generiert. Ergänzend dazu nutzen wir physikalische Simulationsumgebungen, um die verschiedenen Systeme zu bewerten.

Was bietet IAV Kunden im Thermomanagement an?



Autonomes Fahren stellt neue Herausforderungen an das Thermomanagement, da die entschleunigte Fahrweise die Temperierung der Komponenten beeinflusst. Aber gleichzeitig fordert die höhere Rechenleistung des Systems mehr Kühlungsbedarf, der durch systemische oder Komponentenanpassungen erzielt werden kann. Durch prädiktive Steuerung der Klimaregelung und gezielte Nutzung von Wechselwirkungen zwischen Antrieb und Thermomanagement können wir weitere Effizienzvorteile erzielen. Ein weiterer Faktor sind die externen Sensoren, die verschmutzen oder vereisen können. Wir arbeiten daran, diesen Themen im Rahmen eines Projekts gerecht zu werden.

Welche Veränderungen sind beim Thermomanagement durch autonomes Fahren zu erwarten?

klingt spannend. Um was geht es konkret?

Sensorreinigung, das In diesem Projekt wird eine Sensorreinigung sowohl für Lidar- und Radarsensoren als auch für Kameras entwickelt, um bei einem autonom fahrenden Fahrzeug einen uneingeschränkten Sensoreinsatz zu gewährleisten. Wir arbeiten auch daran, wie wir Sensoren frei von Verschmutzung, Eis und Schnee bekommen. Damit tragen wir zur Funktionsfähigkeit des Gesamtfahrzeugs bei.



Welche Herausforderungen stehen in Zukunft noch an?

Es zeichnet sich ab, dass Kältemittel auf Basis von per- und polyfluorierten Alkylverbindungen EU-weit verboten werden (PFAS). Das ist eine große Herausforderung für OEMs, weil man auf natürliche Kältemittel als Alternativen zurückgreifen muss. Das werden aller Wahrscheinlichkeit nach CO<sub>2</sub> (R744) und Propan (R290) als Kältemittel sein. Erstere Kältemittelkreise zeichnen sich durch ein deutlich höheres Druckniveau aus, während bei Letzteren die höheren Sicherheitsanforderungen zu einer steigenden Systemkomplexität führen. Wir haben schon viele Anfragen und erste Projekte zu Neuentwicklungen erhalten und erarbeiten serienfähige Lösungen. Das wird in den nächsten Jahren ein starker Fokus im Thermomanagement bei IAV sein.

#### Kontakt

michael.brieskorn@iav.de thomas.einzinger@iav.de ronny.mehnert@iav.de









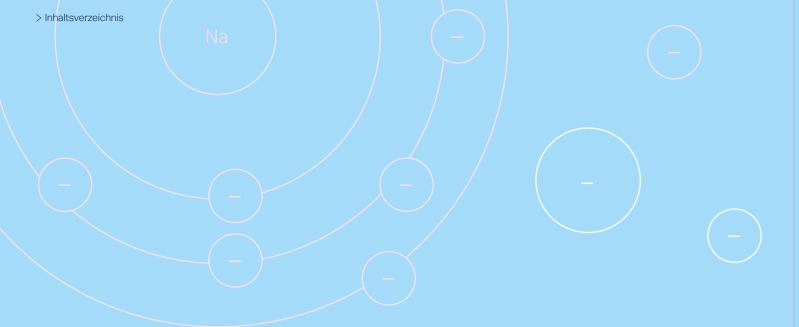
Die Fragen beantworteten:

Michael Brieskorn, Abteilungsleiter Climate System Development. Thomas Einzinger, Abteilungsleiter Thermal System Development. Dr. Matthias Steinsträter, Projektmanager Thermal System Development, und Ronny Mehnert, Abteilungsleiter Powertrain & E-Traction Simulation.

## Diese Batterie denkt an alles

In der Batterieentwicklung ist die ökologische und ökonomische Effizienz ein entscheidender Faktor. IAV zeigt die Durchführung einer systematischen Lebenszyklusanalyse (LCA) als ein effektives Instrument, um potenzielle Umweltwirkungen eines neuen Produkts strukturiert und von Beginn an qualifiziert zu bewerten.





Bei der Entwicklung neuer Fahrzeugbatterien müssen verschiedene Anforderungen in Einklang gebracht werden. Neben ihrer Performance – also technischen Parametern wie Leistung, Speicherkapazität oder Ladezeit – spielt auch die Nachhaltigkeit eine zentrale Rolle. IAV führt darum bereits vor Beginn der Entwicklungsarbeiten umfangreiche Lebenszyklusanalysen (Life Cycle Assessments, LCA) durch.

"Nachhaltigkeit hat für uns zwei Dimensionen – eine ökologische und eine ökonomische", sagt Panagiotis Grigoriadis, Teamleiter Sustainable Solutions bei IAV. "Bei der ökologischen Bewertung untersuchen wir Faktoren wie Treibhausgas-, Versauerungs- und abiotisches Ressourcenerschöpfungspotenzial sowie Giftigkeit für Mensch und Umwelt. Bei der ökonomischen Bewertung betrachten wir mögliche Risiken wie etwa die Herkunft von Rohmaterialien und deren Verfügbarkeit, aber auch die Kosten für die Implementierung nachhaltiger Lösungen."

#### In Schritten zur LCA

Erster Schritt einer Lebenszyklusanalyse ist die Definition des Ziel- und Untersuchungsrahmens der Studie. Zentrale Punkte sind die Definition der Systemgrenze sowie der funktionellen Einheit. Das zu untersuchende Produktsystem (HV-Batteriesystem) wird abgegrenzt und näher beschrieben, gefolgt von der Sachbilanz. Hier sammeln und berechnen IAV-Expert:innen die In- und Outputs des Systems.

"Inputs sind beispielsweise Energie sowie Roh- und Hilfsstoffe für die Produktion der Batterien. Outputs sind unter anderem Zellen, die bei den Herstellungsprozessen entstehenden Emissionen oder komplette Batteriesysteme", erklärt Manfred Prüger, Experte für LCA bei IAV. "Die Herausforderung in diesem Schritt besteht darin, valide Daten für diese In- und Outputs zu finden." IAV nutzt dafür teilweise eigene Datenbanken, die auf Simulationen mithilfe elektro-physikochemischer Modelle der Batteriezellen beruhen. Andere Daten stammen aus externen Quellen.

	Lithium-Ionen-Batterie	Twin-Batterie
Zellchemie	Graphit-Anode / NMC811-Kathode	SIB: HC-Anode / PBA-Kathode SSB: Lithium-Metall-Anode / LFP-Kathode
Energiedichte (Zellebene)	265 Wh/kg 800 Wh/l	220 Wh/kg 500 Wh/l
Systemspannung	800 V	800 V (800 V SIB und 400-V SSB mit DC/DC-Wandler)
Systemaufbau	6 Module, 100 Zellen pro Modul Einheitliches Packgehäuse (~ 1.85 / 1.35 / 0.13 m)	8 SSB-Module, 30 Zellen pro Modul 2 SIB-Module, 250 Zellen pro Modul Einheitliches Packgehäuse
Energieinhalt (netto)	79 kWh ~ 13 kWh pro Modul	79 kWh (gesamt) ~ 29 kWh SIB und ~ 50 kWh LFP SSB
Masse	Batterie: ~ 450 kg / Zelle: ~ 530 g	Batterie: ~ 600 kg
Zellbauform	Zylindrisch (H: 100 mm, D: 46 mm)	SIB: Zylindrisch (H: 120 mm, D: 46 mm) SSB: Pouch (L: 600 mm, W: 115 mm)

Danach folgt die Wirkungsabschätzung, für die zum Beispiel auf Basis des zugrunde gelegten Strommix die Treibhausgasemissionen während der Batterieherstellung berechnet werden. Am Ende stehen Auswertung und Empfehlung an den OEM, welche Batterietechnologie technisch und unter Nachhaltigkeitsaspekten die optimale Lösung für ein bestimmtes Fahrzeug ist.

#### Innovative "Twin Battery"

Wie das konkret aussehen kann, hat IAV in einem Beitrag für das Wiener Motorensymposium 2023 gezeigt. Für ein Mittelklassefahrzeug sollte die optimale Batterietechnologie bestimmt werden – wobei neben hoher Energiedichte, kurzer Ladezeit und geringem Leistungsabfall bei Kälte auch der Einsatz günstiger und gut verfügbarer Rohstoffe, ein recycling- und reparaturfreundliches Design sowie ein möglichst geringer ökologischer Fußabdruck während der Herstellung gefordert waren.

Verglichen wurden drei Technologien: Lithium-Ionen-, Natrium-Ionen- und Festkörper-Zellen. Die technischen Untersuchungen und Lebenszyklusanalysen führten letztendlich zum innovativen Konzept einer "Twin Battery", die Natrium-Ionen- und Festkörper-Module verbindet und so das Beste aus zwei Welten vereinen kann: die hohe Energiedichte von Festkörper-Batterien und die Benefits von Natrium-Ionen-Batterien, wie Schnellladefähigkeit und geringer Leistungsabfall bei Kälte.

Ebenso innovativ ist das infrage kommende Wärmemanagementkonzept, das die Abwärme der Natrium-Ionen-Zellen nutzt, um die Festkörper-Zellen auf Betriebstemperatur zu bringen. "Aber auch bei den Umweltauswirkungen ist die Twin Battery der Gewinner", sagt Alexander Fandakov, Leiter des Twin Battery-Vorentwicklungsprojekts. "Zwar sind ihr Treibhausgas- und abiotisches Ressourcenerschöpfungspotenzial etwas höher als bei Lithium-Ionen-Batterien, dafür schneidet sie in allen anderen Kategorien deutlich besser ab."

Solche Lebenszyklusanalysen sollten nach Ansicht der Experten immer am Anfang einer Batterieentwicklung stehen. Dabei bietet IAV einen umfangreichen Service – denn neben exklusiven Datenbanken und tiefgreifender Batterie-Expertise kann das Unternehmen seine Kunden nach Abschluss einer LCA auch bei der Entwicklung eines neuen Batteriesystems unterstützen.

#### Kontak

panagiotis.grigoriadis@iav.de manfred.prueger@iav.de alexander.fandakov@iav.de



 $\sim$  26



#### Smarter Wechsel für gute Kühlung

Kosten für E-Antriebe senken und deren Ökobilanz verbessern? IAV hat ein neuartiges Kühlverfahren entwickelt, wodurch sich Bauraum und Masse der E-Maschine sowie der Einsatz von Permanentmagneten reduzieren lassen – bei gleichbleibender Effizienz und Leistung.

E-Maschinen-Konzepte setzen üblicherweise auf einen wasserdurchströmten Kühlmantel, der den Stator des E-Motors umgibt. Aufgrund stetig steigender Motorleistungen lässt sich auf diese Weise jedoch nicht mehr die gesamte Abwärme der Maschine abführen – dafür sind neue Kühlkonzepte erforderlich.

Wie die Kühltechnologie der nächsten Generation von E-Fahrzeugen aussehen könnte, hat IAV auf dem letztjährigen "Aachen Colloquium Sustainable Mobility" skizziert. Mit dem Zielbild eines nachhaltigen und gesamthaften Fahrzeugkonzepts präsentierte IAV den Entwurf für eine deutlich kostenreduzierte E-Antriebseinheit (EDU) mit hoher Effizienz und Nachhaltigkeit.

#### Phasenwechselkühlung ist der Schlüssel

Kern des fertig erprobten und funktionsfähigen Konzepts ist die innovative Anwendung der Phasenwechselkühlung (PCC) in der E-Traktion.

"Dabei bringen wir in der E-Maschine und im Inverter-Kreislauf das Fluid gezielt zum Sieden und nutzen die Verdampfungsenergie sehr effektiv zum Kühlen", sagt Dr. Christoph Danzer, Abteilungsleiter E-Axle Concepts & Design bei IAV. "Durch den Phasenwechsel führen wir deutlich mehr Wärme ab als mithilfe einer normalen Flüssigkeitskühlung ohne Phasenwechsel."

So lässt sich dank aktiver Nutzung der technischen Möglichkeiten der PCC eine mögliche Überhitzung relevanter Komponenten vermeiden und die installierte Leistung sowie das Drehmoment der E-Maschine vollumfänglich abrufen – für den E-Antrieb bislang ein Novum.

"Auf diese Weise kann man E-Antriebe, die für eine Dauerleistung ausgelegt sind, für dieselbe Leistung kompakter bauen", so Danzer. "Weil der Antrieb thermisch besser ausgenutzt wird, kann die E-Maschine für dasselbe Drehmoment verkleinert werden, und auch der Inverter benötigt dauerhaft weniger Strom für dieselbe Performance."

#### Einsparungen bei Kosten, Gewicht und CO<sub>2</sub>

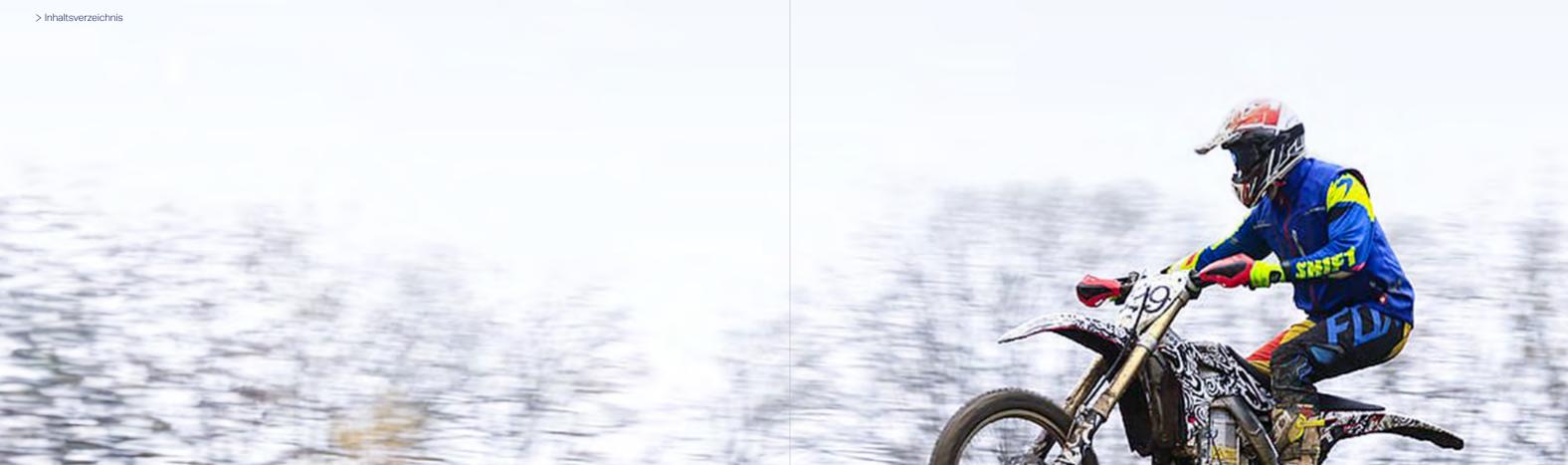
Durch das Konzept von IAV lässt sich so für einen Mittelklasse-SUV ein kostengünstiges und nachhaltiges E-Antriebssystem bei hoher Systemeffizienz darstellen. Dabei können der Bauumfang der E-Maschine um 30 Prozent und ihr CO<sub>2</sub>-Footprint um 11 Prozent reduziert werden, woraus sich Kosteneinsparungen von 8 bis 10 Prozent ergeben.

Für die Anwendung der PCC hat IAV unterschiedliche Technologien untersucht, beispielsweise Aluminium-Wicklungen und alternative Magnete, wie zum Beispiel Ferrite, um festzustellen, welche Materialien am besten mit der PCC harmonieren. Großes Potenzial verspricht das PCC-basierte Verfahren insbesondere bei Nutzfahrzeugen und Sportwagen, wo eine effizientere Kühlung bei nahe an der Volllast arbeitenden Antrieben einen entscheidenden Pluspunkt bietet.

"Wir wollen E-Mobilität weiter stärken und dazu beitragen, dass E-Antriebe noch effizienter, kostengünstiger und nachhaltiger werden", sagt Danzer. "Uns geht es dabei nicht nur um Anwendungen und Engineering, sondern auch um Vorentwicklungen für kommende Generationen von E-Autos."

#### Kontakt

christoph.danzer@iav.de



## Imer unter

Vollast

Ein E-Bike von IAV lässt bei Rennveranstaltungen regelmäßig konventionell angetriebene Maschinen hinter sich. Teil des Erfolgsrezepts ist seine innovative Phasenwechselkühlung.

Seit vielen Jahren fährt Thomas Arnold in seiner Freizeit Motocross- und Enduro-Rennen. Das Bemerkenswerte dabei – in letzter Zeit steht der IAV-Teamleiter Engine Concepts & Mechanics deutlich öfter auf dem Podium als früher. Neben seinem fahrerischen Können macht sein Motorrad den Unterschied: Arnold bestreitet seine Rennen seit rund zwei Jahren mit einem E-Bike, das seine Konkurrenten regelmäßig alt aussehen lässt.

Das Elektro-Motorrad basiert auf einem Honda-Fahrgestell, für das Arnold einen maßgeschneiderten Antrieb entwickelt hat. Die Hochvolt-Batterie aus zylinderförmigen Lithium-Ionen-Zellen liefert 370 Volt und hat eine Kapazität von fünf Kilowattstunden. Für kurze Rennen von 30 Minuten liefert sie genügend Energie. Geht es auf längere Distanzen, kann man die Batterie mit wenigen Handgriffen gegen eine andere austauschen.

Die ebenfalls selbst entwickelte E-Maschine leistet 54 PS und liefert von 0 bis 7.500 Umdrehungen pro Minute ein maximales Drehmoment von 55 Newtonmetern. "Außerdem hat das E-Bike kein Getriebe, sodass auch die Schaltzeiten entfallen", erklärt Arnold. "Es ist also durchgängig Zug auf der Kette." So schafft es der Systemingenieur, bei Rennen selbst bessere Fahrer immer wieder hinter sich zu lassen.

#### Phasenwechselkühlung im E-Antrieb

Das technische Highlight des E-Bikes ist die innovative Phasenwechselkühlung von E-Maschine, Leistungselektronik und Batterie. Das Kühlmedium entzieht den heißen Komponenten durch Verdampfung Wärme, die danach über Kondensation an die Umgebung abgegeben wird. Durch den großen Temperaturunterschied zur Umgebungsluft konnte der Kühler kleiner ausgelegt werden. Vor allem aber kann Arnold den E-Motor dank guter Kühlung dauerhaft mit Volllast betreiben – statt wie sonst üblich nur bei rund der Hälfte seiner Maximalleistung. Die knappe Formel dafür lautet "Peak Power = Continuous Power". "Mit konventioneller Kühlung hätte ich für die gleiche Performance einen 100-PS-Motor benötigt", berichtet Arnold. "Dadurch wären Gewicht und der erforderliche Bauraum deutlich gestiegen."

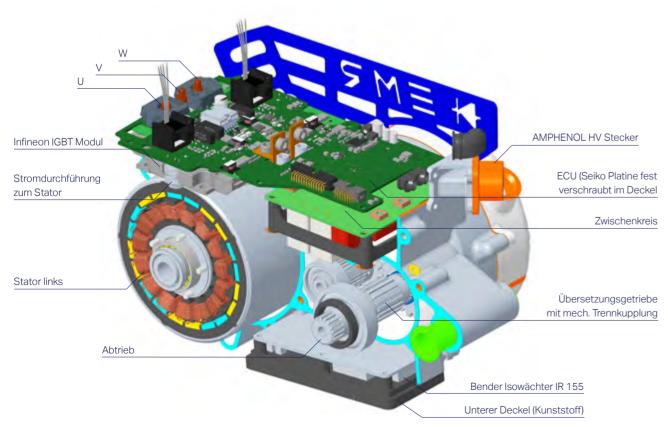
Das innovative E-Bike bewährt sich bereits in seiner zweiten Saison und hat rund 300 Rennstunden hinter sich. "Die Technik hat im echten Leben eine überzeugende Leistung abgeliefert – also im Gelände und nicht nur auf dem Prüfstand", sagt Matthias Krause, Abteilungsleiter Future ICE bei IAV. Für ihn ist das elektrische Motorrad auch eine gute Möglichkeit, innovative Technologien zu präsentieren, die IAV sonst weniger in den Blickpunkt rückt.

"Das gilt besonders für die Möglichkeiten der Phasenwechselkühlung, mit denen wir uns innerhalb der letzten Jahre intensiv beschäftigt haben", so Krause. Dank der Rennerfolge von Thomas Arnold sowie der zahlreichen Messeauftritte seines E-Bikes dürfte ihr Bekanntheitsgrad bald deutlich ansteigen.

#### Kontakt

matthias.krause@iav.de thomas.arnold@iav.de

#### Hochintegrierter elektrischer Antrieb



#### "Durch den Sport lernt man seine Grenzen besser kennen."

Drei Fragen an Thomas Arnold, Motorsportamateur und IAV-Teamleiter

#### Wie und wann kamst Du zum Rennsport?

"Motorradrennen fahre ich seit 1999. Gekommen bin ich dazu über meinen Vater und Großvater. Wir wohnen im Erzgebirge in einer Region, die schon zu DDR-Zeiten sehr stark mit dem Enduro-Rennsport verbandelt war und es nach wie vor ist. Das Motorradwerk MZ Zschopau liegt nur 20 Minuten von meinem Heimatort entfernt. Rennsport betreiben hier ganz viele Menschen – das gehört einfach zu dieser Region."

#### Wie bringst Du die Rennerfahrungen in Deine Arbeit bei IAV ein?

"Als ambitionierter Amateursportler mit einer gesunden Einstellung zu Herausforderungen und Selbstreflexion kann man auch im Job viel erreichen. Durch den Sport lernt man seine persönlichen Grenzen viel besser kennen und erfährt dadurch auch, was man nicht kann. Im Wettkampf kommt es am Ende auf einen selbst an – da kannst Du niemand anderen für deine Fehler verantwortlich machen. Dinge wie Selbstreflexion und Planung werden über Jahre geschult – das hilft natürlich auch enorm im Arbeitsleben."

#### Welche Ziele hast Du noch im Rennsport?

"Dieses Jahr möchte ich mit dem Motorrad Deutscher Meister im Cross-Country werden. Das ist eine Rennserie über ganz Deutschland verteilt. Im letzten Jahr habe ich schon an zwei solcher Rennen teilgenommen und war ganz vorne mit dabei. Das wäre eine schöne Ergänzung zu meinen vergangenen Aktivitäten. 2009 war ich für Team Deutschland bei den "Six Days" in Portugal dabei, dazu vieroder fünfmal in Rumänien bei der größten und längsten "Hard Enduro Ralley" der Welt, zweimal beim "Erzbergrodeo" sowie bei vielen anderen Events, beispielsweise in Italien und Tschechien."





antrieb gibt es zahlreiche Quellen für Geräusch- und Vibrationsprobleme (NVH), zu minimieren und somit die Markteinfühdie sich mehr oder minder stark auf das Fahrerlebnis und die Qualitätswahrnehmung auswirken.

suche schon vor dem Produktionsstart rungszeit eines Produkts zu verkürzen.

"Wir wollen echte Servicelösungen anbieten, indem wir produktionsrelevante Informationen in die Entwicklung einfließen assen und so die relevanten Prozesse beschleunigen", sagt Marcus Morgenstern, System Simulation Engineer im Team NVH Powertrain Integration bei IAV

#### Signifikante Kosten- und Zeitersparnis

So hat IAV bei einer Untersuchung von Prüfzahnrädern eines Getriebes für E-Fahrzeuge verschiedenste Oberflächen der Verzahnung synthetisch erzeugt und die Daten sukzessiv in einem eigens entwickelten Simulationstool durchgerechnet, um Rückschlüsse aus dem Einfluss der Fertigungstoleranzen auf das Getriebegeräusch zu ziehen.

"Unsere Methoden sind hochpräzise in der Umsetzung", sagt Ronny Mehnert, Abteilungsleiter Powertrain & E-Traction Simulation bei IAV. "Mit ihnen können zukünftige Entwicklungskosten merklich reduziert und gleichzeitig die Themen Nachhaltigkeit und Verfügbarkeit von Prototypen wirksam adressiert werden."

Vom Zeitpunkt einer Entscheidung, Prototypen von Komponenten zu fertigen, bis zu deren Herstellung und Nutzung vergehen laut Morgenstern zwischen sechs bis acht Wochen, die sich durch den Einsatz von Simulation vollständig einsparen lassen. In der virtuellen Entwicklung werden lediglich die Parameter getauscht, bis eine gewünschte Konfiguration gefunden ist.

#### **Kein Trial-and-Error**

"Dies ist kein Trial-and-Error, sondern hier werden gezielt und nachhaltig Prototypen eingespart und Entwicklungskosten reduziert", so Mehnert. "Zugleich liegen noch am gleichen Abend verlässliche Untersuchungsergebnisse vor."

Welche Erwartungen die Fahrzeuginsassen an die Geräuschkulisse im E-Auto haben, hängt stark von der Fahrzeugklasse und der Zielgruppe ab. IAV bringt seine NVH-Expertise aktiv in Kundenprojekten ein - Nachfragen kommen laut Mehnert derzeit vornehmlich aus dem Premiumsegment.

Integrierte NVH- und Akustiklösungen bietet allerdings nicht nur IAV, sondern auch der Wettbewerb. Worin IAV sich jedoch von der Konkurrenz unterscheidet, ist, dass der Berliner Tech Solution Provider die NVH-Entwicklung holistisch betreibt. das heißt von der Konzeption über die konstruktive Gestaltung und virtuelle Absicherung bis hin zum Spezialversuch alle relevanten Themenfelder bedient.

#### Kontakt

marcus.morgenstern@iav.de ronny.mehnert@iav.de

Gemeinsam mit Poppe + Potthoff hat IAV eine High Pressure Regulation Unit (HPRU) für Wasserstoffmotoren beziehungsweise Brennstoffzellen entwickelt. Im Interview blicken Christian Willem (Head of Strategy and Innovation bei Poppe + Potthoff) und Steven Schulz (Project Manager, Fuel Systems bei IAV) auf die Zusammenarbeit zurück.

## "Unser Ansatz war gold-richtig"

#### Warum hat sich Poppe + Potthoff dafür entschieden, gemeinsam mit IAV eine neue High Pressure Regulation Unit (HPRU) zu entwickeln?

Christian Willem: Ausgangspunkt unserer Überlegungen war der Megatrend "Dekarbonisierung". Uns war klar, dass das Geschäft mit Komponenten für Dieselmotoren in Zukunft zurückgehen wird. Auf der Suche nach neuen Märkten haben wir uns gefragt: Welche innovativen Produkte können wir mit unserer Expertise und den bestehenden Produktionsanlagen anbieten? So kamen wir auf die High Pressure Regulation Unit - denn sie schlägt die Brücke zwischen zwei Systemen: dem Wasserstoffmotor beziehungsweise der Brennstoffzelle auf der einen und dem Wasserstoff-Hochdrucktank auf der anderen Seite. Die HPRU reduziert den Druck von 700 bar im Tank je nach den aktuellen Bedürfnissen des Wasserstoffmotors beziehungsweise der Brennstoffzelle. Sie ist damit entscheidend für die Performance des Gesamtsystems. Aufgrund unserer großen Expertise bei Common Rail-Einspritzsystemen für Dieselmotoren waren wir sicher, das Thema erfolgreich angehen und einen Innovationssprung in diesem Bereich schaffen zu können.

#### Wie kam es zur Zusammenarbeit im statischen als auch im dynamischen mit IAV? Fall eine hohe Regelgüte aufweist und der gegen der gegen

Steven Schulz: Man muss bei diesem Proiekt immer bedenken, dass die HPRU keine ganz triviale Komponente ist. Zwar hat Poppe + Potthoff tatsächlich viel Knowhow aus dem Dieselbereich in unsere Zusammenarbeit eingebracht, der Umgang mit Wasserstoff erfordert aber spezielles Wissen, das wir beisteuern konnten. Denn IAV beschäftigt sich schon seit mehr als 20 Jahren mit Gassystemen, und seit langer Zeit schon transferieren wir unser Know-how aus der Entwicklung von Diesel-Einspritzsystemen in diesen Bereich. Das ergibt deshalb so viel Sinn, weil Diesel-Einspritzsysteme schon immer an der Grenze des technisch Möglichen operiert und die besten verfügbaren Materialien genutzt haben. Diese Erfahrungen

konnten wir bei der Entwicklung der HPRU nutzen, um die Wasserstoff-spezifischen Herausforderungen zu bewältigen.

Willem: Zu Anfang gab es eine Orientierungsphase, während der wir unsere Einschätzungen der Marktentwicklung diskutiert haben. Daraus haben wir Ideen für erfolgversprechende Produkte abgeleitet. Wir kamen dabei zu der Erkenntnis, dass der Markt für HPRUs dünn besetzt ist und wir mit einem innovativen Produkt die Führung übernehmen könnten.

#### Worin genau besteht die Innovation bei der HPRU?

Schulz: Wir haben eine völlig neue Klasse von HPRUs für den Wasserstoffbereich entwickelt – weg von einer elektromechanisch hin zu einer elektronisch gesteuerten Lösung. Ausgangspunkt war die Erkenntnis, dass die bestehenden Druckregler für den Einsatz im Wasserstoff-Bereich nicht leistungsfähig genug waren. Unser Ziel war es, mit der neuen HPRU nicht nur die aktuellen, sondern auch die künftigen Marktbedürfnisse befriedigen zu können. Das haben wir erreicht: Die neue HPRU ist universell einsetzbar und lässt sich an die meisten kommenden Anwendungsfälle leicht anpassen.

Willem: Wichtig ist, dass die HPRU sowohl Fall eine hohe Regelgüte aufweist und dadurch dem Wasserstoff-Verbrennungsmotor beziehungsweise der Brennstoffzelle immer den optimalen Druck zur Verfügung stellt - auch wenn sich die Lastanforderungen ändern und der Tank sich im Lauf der Zeit entleert. Denn im Gegensatz zu den bekannten mechanisch betriebenen Druckreglern können wir aktiv auf den jeweiligen Lastfall regeln. Hier muss man aber zwei Fälle unterscheiden: Die Brennstoffzelle bevorzugt einen konstanten Druck. Ein Wasserstoff-Verbrennungsmotor mit Saugrohr-Einblasung benötigt hingegen je nach Lastfall zwischen 3 und 15 bar, die Variante mit Direkteinblasung sogar zwischen 25 und 40 bar. Die neue HPRU könnte aber auch noch höhere Drücke liefern und ist damit auch auf künftige Entwicklungen vorbereitet.

#### Wie erreichen Sie die hohe dynamische Regelgüte der HPRU?

Schulz: Indem wir einen Tritt auf das Gaspedal erkennen und daraufhin sofort eine Vorsteuerung vornehmen. Wir wissen dann ja, dass gleich eine Lastanforderung kommen wird, und können so den Druck schnell erhöhen. Dadurch passen wir uns sehr präzise an den motorischen Bedarf an. Das kann ein passiver Druckregler nicht - er muss warten, bis der Druck auf der Motorseite abfällt, bevor er reagieren kann. Er regelt also hinterher, während wir in der Lage sind, vorausschauend zu handeln. Außerdem ist die Reaktion der HPRU unabhängig vom aktuellen Druck im Tank, weshalb die Regelgüte während der Fahrt konstant hoch bleibt.

#### Wie ist der aktuelle Stand? Und wie lautet Ihr Fazit des Projekts?

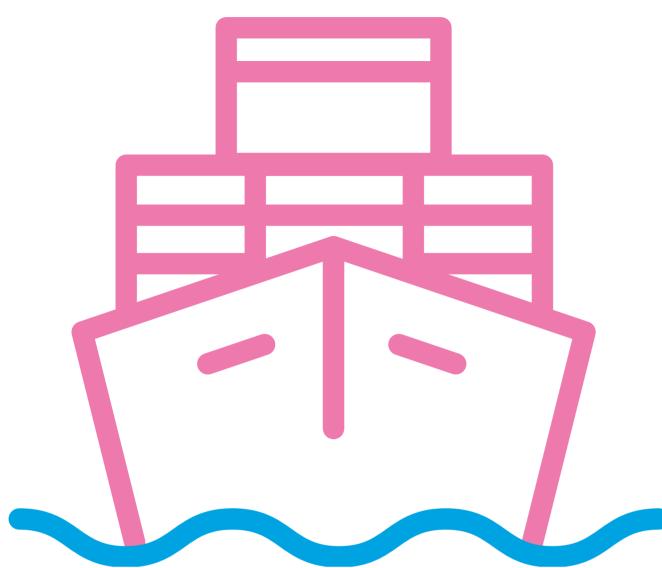
Schulz: Wir untersuchen gerade das A-Muster. Das Konzept funktioniert tatsächlich so, wie wir das erwartet haben. Als Nächstes bauen wir das B-Muster, womit wir der Serie wieder einen Schritt näherkommen.

Willem: Unsere Zusammenarbeit ist ja noch nicht zu Ende. Aber als Zwischenfazit kann man sagen: Nach zweieinhalb Jahren haben wir unsere Ziele erreicht und konnten feststellen, dass unser Ansatz goldrichtig war - das zeigen die vielen Kundenanfragen für die HPRU aus den verschiedenen Bereichen wie Nutzfahrzeuge oder stationäre Anwendungen Der Markt wünscht sich offensichtlich eine Druckregeleinheit, die präzise und schnell arbeitet. Genau das können wir ietzt anbieten. Zu diesem Erfolg hat die immer kollegiale und transparente Zusammenarbeit zwischen IAV und Poppe + Potthoff entscheidend beigetragen.

#### Kontakt

christian.willem@poppe-potthoff.com steven.schulz@iav.de

||



#### Großmotoren fast emissionslos?

Auch in der Schifffahrt und Industrie werden nachhaltige Brennstoffe immer wichtiger, um die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Großmotoren zu senken. IAV arbeitet intensiv an Lösungen zur Nutzung biogener Brennstoffe - auch für Anwendungen außerhalb Automotive und fokussiert dabei auf Methanol.

Im Kern geht es um Großmotoren für Antriebslösungen in der Seeund Binnenschifffahrt sowie um artverwandte Industriemotoren. Für diese Anwendungsfelder ist Methanol sowohl in der Herstellung als auch in der Nutzung eine praktikable und zugleich nachhaltige Brennstofflösung.

"Im Vergleich zu Bio-Dieselkraftstoffen lässt sich Methanol mit einer deutlich größeren Bandbreite an Herstellungsverfahren sowohl auf Basis von Biomasse als auch von Grünstrom produzieren", sagt Prof. Dr. Wolfram Gottschalk, Senior-Fachreferent im Fachbereich Powertrain Calibration und Technology bei IAV. "Zugleich ermöglicht Methanol eine weitestgehend partikelfreie Verbrennung und bietet ein hohes Stickoxid-Reduktionspotenzial."

#### Automotive Know-how

Gerade weil es beim Einsatz von Methanol in den drei Applikationsbereichen zu lokalem CO2-Ausstoß kommt, ist die gesamthaft klimaneutrale Bilanz des Energieträgers besonders wichtig.

"Deshalb beschäftigt sich IAV auch mit energietechnischen Methoden und der Produktionsseite von beispielsweise Methanol und Wasserstoff", so Gottschalk. "Da schließt sich der Kreis zwischen Herstellung und Nutzung."

IAV arbeitet nicht nur für Motorenhersteller und Schiffsbetreiber, sondern beschäftigt sich auch mit den Themen Retrofit-in-Service für Schiffs- und Industriemotoren. Dabei hat IAV seine langjährige Domänen- und Methodenkompetenz aus dem Automobil-

#### Zahlreiche Projekte mit OEMs

Die Projekte sind vielfältig. Beispielsweise entwickelt IAV derzeit mit dem australischen Unternehmen Gane Energy ein für Onund Off-Highway-Motoren geeignetes Monofuel-Methanol-Dieselbrennverfahren. In einem anderen Fall geht es um einen maritimen Mittelschnellläufer mit 1,8 MW, bei dem IAV vom Systems Engineering bis zur Typengenehmigung ein breites Themenfeld für den Kunden übernimmt, wie zum Beispiel die komplette Entwicklungsverantwortung und Steuerung des Partnernetzwerks.

Eine weitere Aktivität war ein Vorentwicklungsprojekt, das IAV für einen asiatischen Hersteller von maritimen Schnell- und Mittelschnellläufern durchführte und dabei die Stärken und Schwächen des Methanol-Dual-Fuel-Verfahrens zur Konzeptentscheidung aufbereitet hat.



#### Mechanik als Hebel für Nachhaltigkeit

Ganz gleich, ob maritime oder industrielle Anwendung – als mechatronisches System muss ein Großmotor die Startphase inklusive des Hochlaufens absolut reibungslos absolvieren und sowohl in thermodynamischer als auch mechanischer Hinsicht eine optimale Performance bieten.

"Als IAV leisten wir diese Entwicklung mit Motorenherstellern auch unter Extrembedingungen", sagt Ronny Mehnert, Abteilungsleiter Powertrain & E-Traction Simulation bei IAV. "Dabei begleiten wir auch die Themen Emissionen und Ölverbrauch und entwickeln hier neue Ideen, um die Startprozesse von Motoren stabiler auszulegen."

Die Herausforderungen bei der Anwendung neuer Kraftstoffe sind vielfältig, beispielsweise ihre Einlagerung in Materialien mit direktem Einfluss auf die Mechanik, das Schmier- und Wärmeübergangsverhalten oder die Ventilsteuerung. IAV kooperiert mit Großmotorenherstellern bei der Entwicklung von Ventiltriebsystemen, um einen optimalen Thermodynamikprozess bei gleichzeitiger funktionaler Sicherheit der mechanischen Systeme zu gewährleisten.

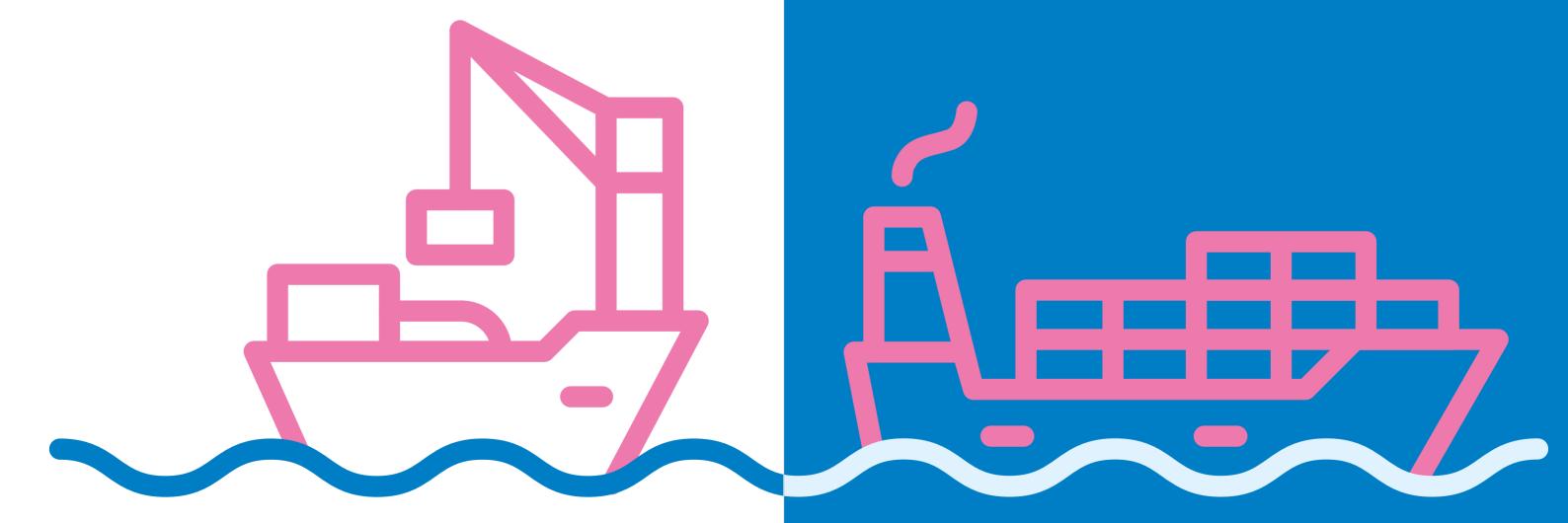
"Eine funktionierende Mechanik sorgt auch dafür, dass man Komponenten ausbauen und im Sinne von Nachhaltigkeit wiederverwerten kann", so Mehnert.

#### Kontakt

wolfram.gottschalk@iav.de ronny.mehnert@iav.de

## Wahre Schönheit kommt von innen

Klimaneutral erzeugte Kraftstoffe wie beispielsweise Wasserstoff, Methanol oder Ammoniak machen Verbrennungsmotoren umweltfreundlicher. IAV übersetzt die relevanten Verbrennungsvorgänge in eigene Modelle, um die Aggregate frühzeitig auszulegen und ihre Performance zeitnah beurteilen zu können.





Dabei kann es um Nutzfahrzeuge wie Schwerlasttransporter, Schiffe oder auch industrielle Anwendungen wie zum Beispiel Gabelstapler gehen, wo in Verbrennungsmotoren alternative Kraftstoffe wie Methanol (CH<sub>3</sub>OH), Ammoniak (NH<sub>3</sub>) oder auch Wasserstoff (H<sub>2</sub>) zum Einsatz kommen. IAV unterstützt seine Kunden bei der Entwicklung dieser Motoren, wobei die Modellierung der Verbrennungsvorgänge im Zylinder ganz am Anfang des Entwicklungsprozesses steht.

"Wir nutzen dafür eigene, sehr effiziente 1D-Modelle. Sie zeichnen sich aus durch kurze Rechenzeiten, bilden die chemischen Prozesse aber dennoch präzise nach", sagt Michael Riess, Teamleiter Hybrid ICE & Low Carbon Fuels bei IAV. "Sie dienen uns als Grundlage für die Auslegung und Entwicklung der Motoren."

#### Zeitige Einblicke in Motorcharakteristik

Die von IAV selbst erstellten Modelle berechnen unter anderem die laminare Flammengeschwindigkeit und können so die Ausbreitung der primären Flammenfront für die verschiedensten Kraftstoffe und Randbedingungen vorhersagen. Außerdem liefern sie Informationen über die Zündverzugszeiten und damit über das Klopfen. "Mit den Ergebnissen unserer Verbrennungsmodelle können wir sehr früh die Motorcharakteristik bestimmen", so Riess. "Wir erhalten beispielsweise Informationen zu Brenndauer, Klopfneigung, Leistung und teilweise auch zu den Emissionen."

Vor etwa fünf Jahren hat IAV begonnen, mit selbst entwickelten Modellen zu arbeiten, weil kommerziell erhältliche Tools zur Berechnung der Verbrennungsvorgänge teilweise fragwürdige Ergebnisse lieferten. "Unser erstes Untersuchungsobjekt war Wasserstoff. Die Validierung am Prüfstand zeigte, dass unsere Modelle der Realität sehr nahekommen", berichtet Riess.

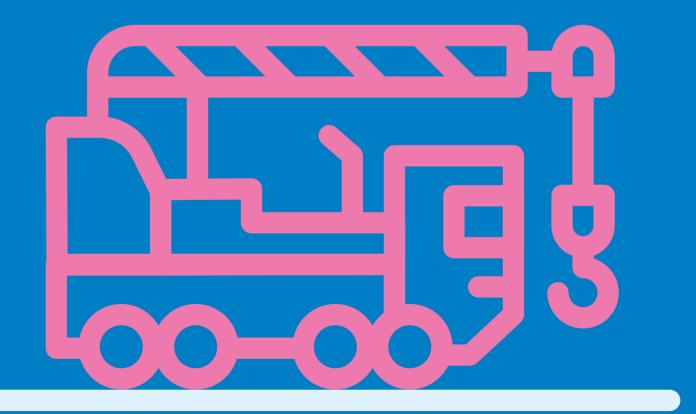
#### Modellierung von Dual Fuel-Motoren

Derzeit untersucht sein Team mit dem gleichen Ansatz die Verbrennung von Methanol. Jüngst gestartet ist die Modellierung der Ammoniak-Verbrennung. Im nächsten Schritt wollen sich die Experten an einen deutlich komplexeren Prozess heranwagen: die Dual Fuel-Verbrennung. "Bisher haben wir nur die ottomotorische Verbrennung eines einzelnen Kraftstoffs modelliert", erklärt Riess. "Interessant sind aber auch Motoren, in denen beispielsweise Wasserstoff durch eine Piloteinspritzung von Diesel oder DME gezündet wird." Dafür muss allerdings die Verbrennung beider Brennstoffe in einem einzigen Modell simuliert werden.

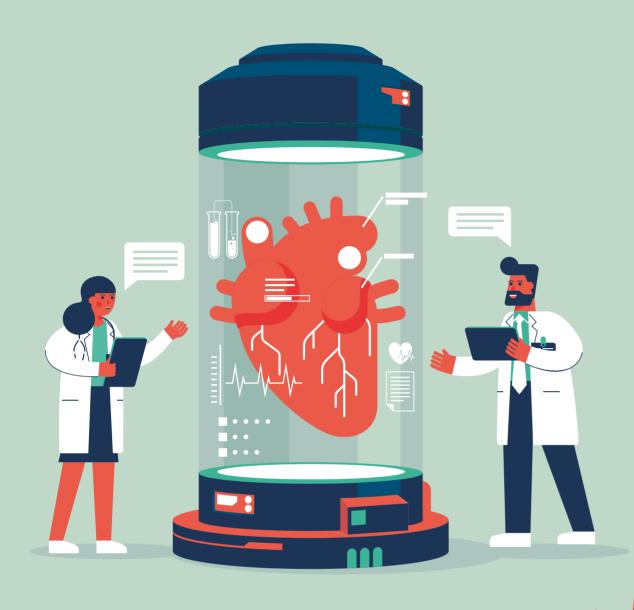
Für IAV-Kunden bedeutet das: Ganz gleich, ob sie einen Motor mit Mono-Kraftstoff und ottomotorischer Verbrennung oder einen Dual Fuel-Motor mit Selbstzündung entwickeln wollen – mithilfe der IAV-Modelle lassen sich die wesentlichen Motorcharakteristiken bereits frühzeitig in der Entwicklung zuverlässig bestimmen. Daran anknüpfend können IAV-Experten mithilfe von 3D-CFD-Simulationen auch räumliche Verbrennungsphänomene wie Homogenisierung und Gemischbildung berechnen, um beispielsweise Informationen zu Emissionen oder Wirkungsgrad zu erhalten.

#### Kontakt

michael.riess@iav.de



rack 42



Mit dauerhafter Überwachung der Alterung von Brennstoffzellen vorbeugen: Eine von IAV entwickelte, softwarebasierte Funktion verhindert Leistungsverluste im Brennstoffzellensystem und ermöglicht so wertvolle Kosteneinsparungen.

## Fitnesscheck für Brennstoffzellen

Vor allem für Nutzfahrzeuge sind elektrische Antriebe mit Brennstoffzelle eine vielversprechende Option – schließlich kann man den als Kraftstoff benötigten Wasserstoff schnell nachtanken und hohe Reichweiten erzielen. "Darum beschäftigen sich derzeit viele Hersteller mit dem Thema Brennstoffzelle", sagt Ralf Wascheck, Director Fuel Cell & Hydrogen im Fachbereich Powertrain Calibration & Technology bei IAV. "Allerdings ist die Alterung noch ein Problem: Ein Pkw hat rund 8.000 Betriebsstunden, während ein Lkw auf etwa 30.000 Stunden kommt. Trotz hoher Laufleistung darf die Brennstoffzelle in einem Nutzfahrzeug nicht zu stark altern. Ziel sind ca. zehn Prozent Leistungsverlust am Ende der Nutzungsdauer, heute beobachten wir eher Werte von 15 bis 20 Prozent."

Ein wesentlicher Alterungseffekt ist die Platin-Zersetzung der Kathode. Sie verringert die Oberfläche, die für elektrochemische Prozesse zur Verfügung steht, und führt so zu einer kontinuierlich abfallenden Leistung des Systems bzw. einer Verschlechterung des Wirkungsgrads. Als Gegenmaßnahme werden Brennstoffzellensysteme häufig überdimensioniert, was aber zu höheren Kosten und Herausforderungen beim Package im Fahrzeug führt. Weitere Alterungseffekte wie Korrosion des Kohlenstoffträgers, Wasserstoffverarmung an der Anode und Ausdünnung der Membran müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

#### Betriebsstrategie am Gesundheitszustand ausrichten

Man kann der Alterung entgegenwirken, indem eine elektronische Steuerung den Gesundheitszustand oder "State of Health" (SoH) der Brennstoffzelle permanent überwacht. Sie liefert eine Kenngröße, mit deren Hilfe sich die Betriebsstrategie optimieren lässt. "Eine Möglichkeit besteht darin, die Dynamik von der Brennstoffzelle stärker in die Batterie zu verlagern", so Wascheck. "Weil dadurch die Batterie schneller altert, muss man für das Gesamtsystem ein Optimum finden."

Um so die Lebensdauer von Brennstoffzellen zu verlängern, hat IAV das AO-Muster einer Funktion entwickelt, die die Brennstoffzelle überwacht und deren SoH-Kenngröße berechnet. Dafür wurde ein physikochemisches Modell des Brennstoffzellensystems genutzt, das auf Basis entsprechender Lastprofile die Alterung berechnet und als SoH-Funktion auf der Steuergeräte-Plattform IAV Dragoon umgesetzt wurde. Diese eignet sich für Prototypen und Kleinserien.

"IAV hat das Matlab-basierte Modell unter Nutzung unseres Funktionsentwicklungsprozesses für Serienlösungen in einer echtzeitfähigen Funktion umgesetzt", erläutert Sebastian Elgeti, Abteilungsleiter Commercial Vehicle Electronics bei IAV.

"Mithilfe des Hardware-in-the-Loop-Ansatzes haben wir die Funktion optimiert und am Ende ein Ergebnis erzielt, das schon sehr nahe an der Serie ist", berichtet Daniel Volquard, Abteilungsleiter Software Powertrain bei IAV. "Für den Einsatz beim Kunden müssten wir unsere Lösung nur noch an die gewünschte Ziel-Hardware anpassen." Auch dafür bietet sich IAV Dragoon an: "Das Steuergerät ist etwas größer als eine Zigarettenschachtel, hat eine CE-Zertifizierung und kann in Projekten mit Relevanz für Funktionale Sicherheit und Security eingesetzt werden", so Stephan Baumgarten, Abteilungsleiter Vehicle Software Solutions bei IAV. "Die SoH-Funktion kann direkt darauf aufsetzen. Für eine Kleinserie ist IAV Dragoon die perfekte Lösung."

Zu Beginn einer Kundenentwicklung müssen IAV-Experten am Prüfstand die in der Brennstoffzelle eingesetzten Zellen vermessen oder der Kunde die nötigen Daten bereitstellen. Danach könnte die Serienentwicklung auf Basis des AO-Musters sofort starten.





#### Vielfältige Expertise

Eingeflossen in die Entwicklung ist das Know-how über Elektrochemie, Brennstoffzellen und Alterungsprozesse, das IAV in den letzten Jahren in zahlreichen internen Projekten akquiriert hat. So wurden die zugrunde liegenden Modelle durch Messungen auf dem eigenen Zellprüfstand an die jeweiligen Brennstoffzellensysteme angepasst. Aber auch andere Domänen wie die Funktions- und Softwareentwicklung trugen mit ihrem Wissen und ihrer Erfahrung zur Entwicklung des AO-Musters bei. "Die Entwicklung dieser Funktion zeigt nur eine Facette unserer

breit gefächerten Kompetenzen in Sachen Brennstoffzellenantriebe", sagt Wascheck. "Wir können beispielsweise auch Teilsysteme wie das Wasserstoff-Tanksystem und Komponenten des Balance-of-Plant entwickeln sowie Brennstoffzellensysteme in das Gesamtfahrzeug integrieren. Mit dem AO-Muster der SoH-Funktion wollen wir dazu beitragen, dass die klimafreundliche Brennstoffzelle vor allem bei Nutzfahrzeugen bald in der Serie zum Einsatz kommt."

#### Kontakt

ralf.wascheck@iav.de sebastian.elgeti@iav.de daniel.volquard@iav.de stephan.baumgarten@iav.de



| 46 47



## Bremsspuren in der Luft

Künftig sollen in der EU gesundheitsschädliche Stoffe wie Feinstaub, der durch Bremsen entsteht, reguliert werden. Dem wachsenden Prüfbedarf begegnet IAV mit einem hybriden Entwicklungsansatz aus Prüfstand und virtueller Entwicklung – und mit einem neuen Testzentrum.

Am Standort Gifhorn lassen sich so die Feinstaubpartikel nach Anzahl, Masse und Größe präzise bewerten. Neben Messungen und Untersuchungen des Ausstoßes der Reibpartner nutzt IAV im neuen Testzentrum für Bremsen unter anderem CFD-Analysen und Experimente für die Bewertung der Partikelausbreitung.

Zum Leistungsangebot gehört auch, Potenziale zur Reduktion und Vermeidung von nicht-abgasbedingten Emissionen zu heben, beispielsweise durch den Einsatz alternativer Materialien bei Bremsscheiben und Belägen sowie durch neuartige Bremsenkonzepte, und perspektivisch auch Freigabe-Bescheide für OEMs auszustellen.

#### **Euro 7** als Treiber

"Wir haben hier viel zu bieten, sowohl versuchsseitig als auch virtuell – es geht um einen ganzheitlichen hybriden Ansatz zu Berechnungen und Testläufen", sagt Ronny Mehnert, Abteilungsleiter Powertrain & E-Traction Simulation bei IAV. "Dabei nutzen wir unsere breite Expertise im Bereich der Thermik und Strömungsmechanik sowie in den Themen Entstehung, Abscheidung und Transport von Partikelemissionen."

"Euro 7", die Grenzwerte für Bremsemissionen vorsieht. Dabei geht es im Kontext Pkw und leichte Nfz um Partikelmasse-Begrenzungen von 3 mg/km für reine Batteriefahrzeuge und 7 mg/km für alle anderen Antriebsarten.

Fahrzeughersteller müssen künftig eine Vielzahl von Tests fahren,

Hintergrund ist die Gesetzgebung zur geplanten Abgasnorm

um die Bremsstaub-Emissionierung für jede Modellvariante nachzuweisen. Um Kosten und Zeit angesichts der Modell- und Testvielfalt zu beschränken, setzt IAV zunehmend auf simulative Ansätze. Dabei steht IAV mit OEMs im Dialog und baut gemeinsam mit Kunden eine qualifizierte Methodenkompetenz auf, beispielsweise zu Projektionen von Rissbildung oder Verschleiß von Bremsscheiben und anderen Komponenten.



"Hier entstehen gerade neue Handlungsfelder für IAV, aber auch neue Herausforderungen für Kunden, weil sie mehr und mehr in Entwicklung, Prognosen und Datenspeicherung vordringen müssen", so Dr. Toni Feißel, Systems Engineer im Team Foundation Brake bei IAV.

"In ein paar Jahren wird man ganz auf Realversuche verzichten können", sagt Dr. Mirko Leesch, Fachbereichsleiter Powertrain Systems bei IAV. "Aus der Menge an Versuchsergebnissen, die bis dahin vorliegen, wird man Simulationsmodelle ableiten, die die Realität gut abbilden können."





Schon heute erreichen die Simulationsmodelle von IAV Genauigkeitswerte von über 70 Prozent verglichen mit Ergebnissen aus Realversuchen. Dies gilt für relevante Themen, wie zum Beispiel die Strömungssimulation (CFD) zur Bewertung der Partikelinjektion sowie für die Ausbreitung und Abscheidung von Partikeln.

Zudem entwickelt IAV einen Digital Twin, bei dem reale Fahrdaten und auf Prüfstandbasis gemessene Emissionen mit physikalischen Modellen kombiniert werden. Mit dem Trinity-Ansatz will IAV die Entwicklung nachhaltig gestalten und Entwicklungszyklen verkürzen.



#### Challenge für E-Fahrzeuge

Insbesondere für E-Fahrzeuge ist die Regulierung nicht-abgasbedingter Emissionen herausfordernd. Wegen der Batterie sind Elektroautos schwerer als verbrennungsmotorische Fahrzeuge, verursachen mehr Reifenabrieb und sorgen für mehr Feinstaubemissionen. Dagegen schneiden batterieelektrische Fahrzeuge bei Bremspartikeln besser ab, weil sie einen Großteil der Verzögerung über regeneratives Bremsen (Rekuperation) verwirklichen.

Gemäß dem steigenden Prüfbedarf passt IAV seine Kapazitäten in Gifhorn an. Drei Prüfstände für Bremspartikel sind dort bereits verfügbar, und das größte Entwicklungszentrum von IAV bietet weitere Möglichkeiten, um Messungen und Untersuchungen sogenannter "Non-exhaust emissions" durchzuführen.

#### Kontakt

mirko.leesch@iav.de ronny.mehnert@iav.de toni.feissel@iav.de

#### Neugierig geworden?

Weitere spannende Themen finden Sie auf unserer Website iav.com.



Impressum Herausgeber IAV GmbH, Carnotstraße 1, 10587 Berlin, Tel. +49 30 3997-80, www.iav.com

Verantwortlich für den Inhalt Thomas Kollner (Leiter Communications) Redaktionsleitung Sandra Kaspar

Redaktion Andreas Cremer, Viktoria Hoffmann Mitarbeit Christian Buck Gestaltung Meis Design

Alle Rechte vorbehalten Bildnachweise Thomas Arnold privat; Sonja Hornung; Leon Kopplow Photography;

Technische Universität Berlin; Freepik: Mateus Andre; Adobe Firefly: Meis Design; iStock: sorbetto,

AvigatorPhotographer, fotocelia, itsarasak thithuekthak, zhaojiankang; pexels: Olha ruskykh; unsplash:

Jan Antonin Kolar, Piero Regnante Druck K+L PrintMedia GmbH

Folgen Sie uns in den sozialen Medien













"Wir sind Experten in allen wesentlichen Zukunftsfeldern. Und der Kunde entscheidet, welche Technologie er benötigt. Ganz gleich also, wie die Entscheidung ausfällt – wir sind vorbereitet."

Thomas Müller, Bereichsleiter Powertrain Systems