

forward

Das IAV-Magazin rund um die Mobilität der Zukunft

Interview

Wie steht es um die Batterieentwicklung in Deutschland? Zwei Experten aus der Forschung geben Antworten.

Mischen possible

H₂-Verbrennungsmotoren mit mehr Leistungsdichte.

Prüfstände to go

Mobiles und modulares Testing dort, wo der Kunde es braucht.



Volle Ladung



Liebe Leser:innen,

„nichts ist so beständig wie der Wandel“, so formulierte einst der Philosoph Heraklit.

Auf die Mobilitäts- und Energiebranchen gemünzt, wirkt seine Erkenntnis aktueller denn je. Besonders gravierend sind die Veränderungen in der Batterietechnologie, unserem Schwerpunktthema. Ganz gleich, ob es um Laden, Reichweite, Leistung oder Recycling geht – steigende Kundenanforderungen und zunehmende Regulierung bedeuten einen hohen Entwicklungsbedarf. Was wirklich einen Beitrag zur Batterie der Zukunft leistet, diskutiert IAV-Experte Michael Clauß mit dem Fraunhofer-ISI-Wissenschaftler Christoph Neef (ab Seite 16).

Eine Schlüsselrolle bei der Energiewende spielt Wasserstoff. Um regionale H₂-Märkte und Wertschöpfungsketten aufzubauen, fördert der Bund bestimmte Modellregionen in ganz Deutschland, in denen IAV als Projektpartner aktiv mitwirkt (mehr dazu ab Seite 32).

Spannend ist auch das Potenzial von Wasserstoffverbrennern mit Niederdruckdirektinblasung – Untersuchungen hierzu stellen wir auf dem „Aachen Colloquium Sustainable Mobility“ vor (mehr dazu ab Seite 36). Welche Möglichkeiten das Lifecycle Engineering beim Einsatz synthetischer Kraftstoffe für deren ökologische Bewertung bietet, lesen Sie auf den Seiten 40 bis 45.

Darüber hinaus erwarten Sie in dieser Ausgabe weitere interessante Beiträge zu Themen wie beispielsweise Thermomanagement, Prüf- und Messtechnologie, Radionuklidtechnologie, Virtualisierung und prospektive Feldanalyse.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre!

Dr. Uwe Horn
Geschäftsführer / Arbeitsdirektor

Matthias Kratzsch
Vorsitzender der Geschäftsführung

Katja Ziegler
Kaufmännische Geschäftsführerin



10

All-inclusive-Service für Batterien

Die interdisziplinären Expert:innen des Material Science Lab entwickeln mit virtuellen Methoden die Batterien von morgen.

6 H₂ – Einspritzung mit Präzision
Messsystem für die Einspritzqualität von Wasserstoffinjektoren.

8 Fit fürs zweite Leben
Die Batterie der Zukunft ist nach ihrer Erstnutzung noch lange nicht reif fürs Recycling.

10 Auf Fortschritt gepolt
Das Material Science Lab beantwortet (fast) alle Fragen zur Hochvolt-batterie.

16 Next-Gen-Batterien: stark, skalierbar, sauber
Interview mit Projektleiter Christoph Neef vom Fraunhofer-ISI-Institut und IAV-Batterieexperte Michael Clauß.

22 Intaktes Ladenetz für alle ist der Schlüssel zum Erfolg
Kommt die Ladeinfrastruktur voran?

24 E-Drive in the Box
Nachhaltig: E-Teilesatz für Busse und Nutzfahrzeuge.

30 Photonen im E-Antrieb
Die Radionuklidmethode zur Verschleißmessung für Komponenten im E-Antrieb.

32 Wasserstoffregionen am Reißbrett
Beratung beim Aufbau von regionalen Wasserstoffmärkten und -wertschöpfungsketten.

36 Mischen possible
Hat Potenzial: Wasserstoffverbrenner mit Niederdruckdirektinblasung.

40 Die Risiken neutraler CO₂-Technologien
Wie umweltfreundlich sind synthetische Grundstoffe?

46 Vorher wissen, was passiert
Reparatur oder Verbesserung von Komponenten? Ein IAV-Tool hilft bei der Entscheidung.

48 Prüfstände to go
Mobil und individuell anpassbar – das Prüfstand-Leasing-Modell.

24

Jestern war ick noch'n Diesel
... und heute ein Sightseeing-Doppel-deckerbus mit Elektroantrieb. Der Teilesatz „IAV Elcty“ macht's möglich.



50 Abwärme intelligent nutzen
Neue Ansätze zur Steuerung von Wärmeströmungen.

54 „Von Insellösungen zur virtuellen Produktentwicklung“
Interview zur Vernetzung der Tool- und Modelllandschaft mit der „Digital-Twin-Plattform“.

56 Aus einem Guss
Systemisch denken: Bündelung von Kompetenzen zur virtuellen Entwicklung.

59 Impressum

32

Wie wäre es mit Wasserstoff?

H₂-Modellregionen bekommen Förderung – und Expertise von IAV und C4D.

40

Beachten Sie die Nebenwirkungen!

Beim Einsatz von synthetischen Grundstoffen sollte nicht nur die CO₂-Bilanz berücksichtigt werden – negative Umweltauswirkungen können an anderer Stelle entstehen. Lifecycle Engineering analysiert und bewertet vorab mögliche Risiken.



Der bis 2030 zu erwartende Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur belebt auch die Planungen für den Einsatz von Wasserstoff in der Mobilität. IAV hat mit Sonplas, einem Hersteller von H₂-Prüfanlagen, ein modernes Messsystem entwickelt, das zur Validierung und Optimierung von Wasserstoffinjektoren in H₂-Verbrennungsmotoren benötigt wird.

H₂

Einspritzung mit Präzision

„Eine optimierte Einspritzrate trägt dazu bei, die benötigte Menge Wasserstoff präziser zu dosieren und ihre motorische Verbrennung zu verbessern“, erläutert Konrad-Fabian Wittwer, Produktmanager für Prüf- und Messsysteme bei IAV.

Der Berliner Tech Solution Provider hat gemeinsam mit der Sonplas GmbH den Prototyp eines Geräts zur Untersuchung der Einspritzqualität von Wasserstoffinjektoren aufgebaut. Grundlage der Entwicklung ist der IAV Cross, ein technisches System zur hydraulischen Vermessung und funktionalen Analyse von Einspritzventilen.

Mit dem IAV Cross untersucht IAV seit Jahren die Einspritzraten und -mengen beliebiger Injektoren für Benzin, Diesel und gasförmige Kraftstoffe. In einem Kooperationsprojekt mit Sonplas wurde das System nun auf Wasserstoffanwendungen ausgerichtet. Wasserstoff wird künftig als Energieträger auch für die motorische Verbrennung immer wichtiger, weil es kein CO₂ freisetzt.

Um die Serienreife eines Wasserstoffantriebs sicherzustellen, sind präzise Funktionsprüfungen an wasserstoffführenden Bauteilen notwendig.

„Wir können auf sehr viel Know-how in der Einspritzung konventioneller Kraftstoffe zurückgreifen. Beispielsweise entwickeln wir mit unserem Partner IAV das Einspritzraten-Messsystem IAV Cross für den Betrieb mit H₂-Injektoren weiter“, sagt Werner Riederer, Vertriebsingenieur bei Sonplas. „Wir sehen zahlreiche Synergien in den Prüfprozessen und im Equipment bei wasserstoffführenden Komponenten. Damit konnten wir unseren H₂-Prüfstand in kürzester Zeit entwickeln.“

Das Messsystem IAV Cross besteht aus einer hydraulischen Einheit, der elektronischen Mess- und Steuereinheit sowie einer von IAV entwickelten Software. Der wasserstofffähige Prototyp wird nun in einer mehrmonatigen Testphase auf seine Markteinführung im kommenden Jahr vorbereitet.

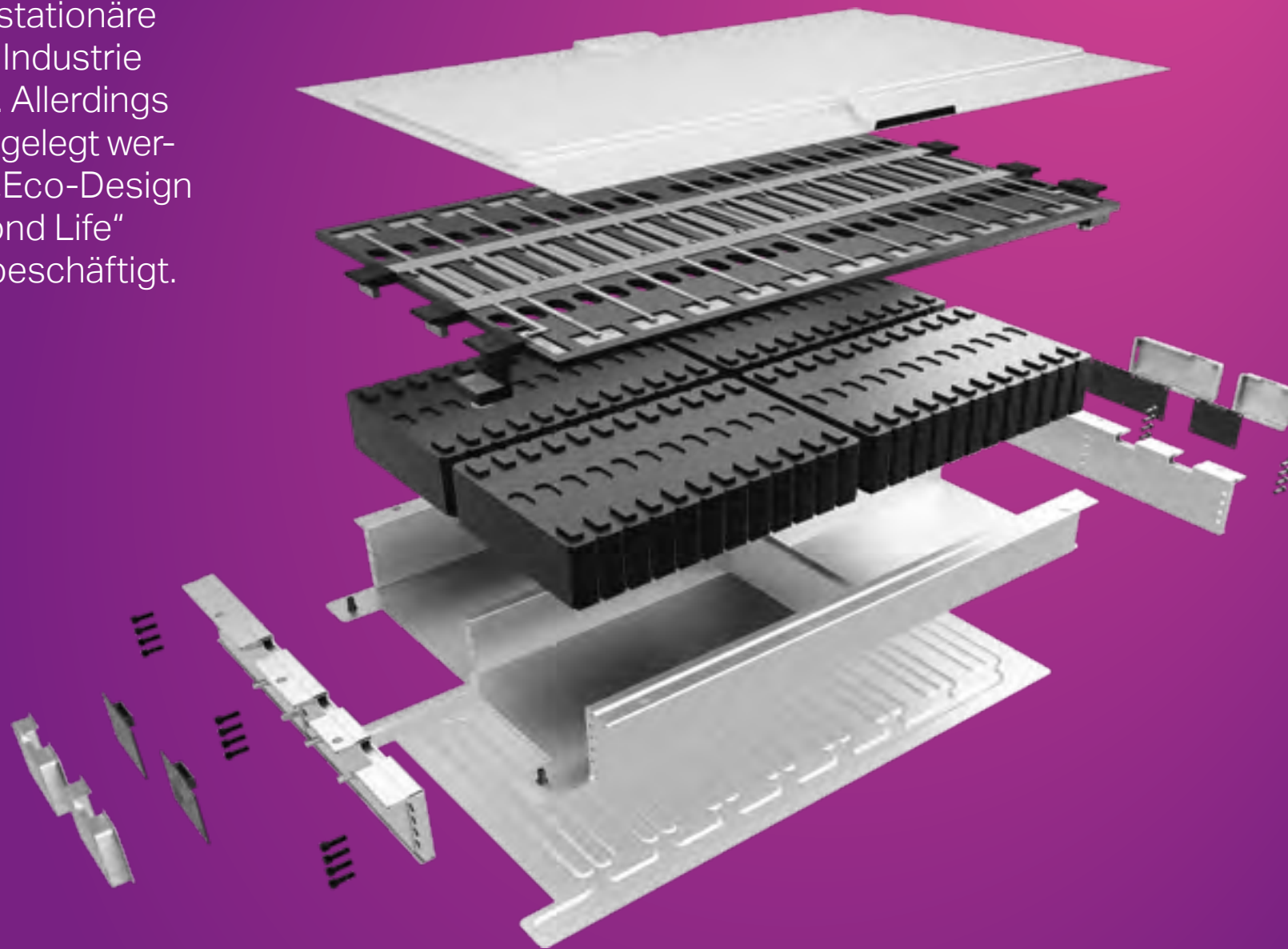
Fit fürs zweite Leben

Fahrzeugbatterien können nach ihrem Einsatz in Elektroautos noch jahrelang als stationäre Energiespeicher in Gebäuden, der Industrie oder zur Netzstabilisierung dienen. Allerdings sollten sie dafür von vornherein ausgelegt werden. IAV hat sich daher im Projekt „Eco-Design 2.0“ intensiv mit dem Thema „Second Life“ und dem Recycling von Batterien beschäftigt.

Wenn eine Fahrzeugbatterie ihr erstes Leben beendet hat, ist sie noch lange nicht reif fürs Recycling. „In der Regel weisen die Energiespeicher dann noch eine Restkapazität von 70 bis 80 Prozent auf“, sagt Michael Clauß, Fachreferent für Batteriesysteme bei IAV. „Diese Batterien können daher noch viele Jahre als Energiespeicher genutzt werden – es gibt verschiedenste Einsatzzwecke.“ Wichtig ist allerdings, dass neben der Speicherkapazität auch eine ausreichende Zyklenstabilität gegeben ist: Während ihres „Second Life“ werden Batterien nämlich noch 6.000- bis 8.000-mal aufgeladen, wenn auch mit einer relativ geringen Strombelastung.

Die Energiespeicher können ihr zweite Karriere nur dann im Optimalzustand antreten, wenn die Hersteller den stationären Einsatz bei den wesentlichen Aspekten der Entwicklung wie beispielsweise Design und Verbindungstechnik berücksichtigen. Hinzu kommen die steigenden Anforderungen ans Recycling: Während heute bereits Kathodenmaterialien wie Kobalt und Nickel und das Ableitmaterial der Anode – Kupfer – wiedergewonnen werden, will man langfristig möglichst alle eingesetzten Rohstoffe verwerten.

„Im Moment ist das allerdings noch Zukunftsmusik“, so Clauß. „Im nächsten Schritt wird es darum gehen, neben dem Kathodenmaterial auch Anodenmaterial wie Graphit sowie das Aluminium zurück in den Stoffkreislauf zu geben.“ Und schließlich sollen auch die CO₂-Emissionen während der Herstellung und beim Recycling sinken.



Eco-Design 2.0: Kosten und CO₂-Emissionen sinken deutlich

Wie also muss eine Batterie aussehen, die fit für ein „Second Life“ ist, sich bestens fürs Recycling eignet und einen möglichst geringen CO₂-Fußabdruck hat? Mit dieser Frage hat sich IAV im Rahmen des Eigenprojekts „Eco-Design 2.0“ beschäftigt. Um die Anforderungen an ein „Second Life“ erfüllen zu können, haben die IAV-Experten ein Batteriesystem mit 100 Kilowattstunden Speicherkapazität in vier separate Cell-to-pack-Module mit jeweils 25 Kilowattstunden Speicherplatz unterteilt. „Das ist zwar etwas teurer in der Herstellung für die Erstanwendung, vereinfacht aber die spätere Anpassung an das „Second Life“. So erreichen wir unter dem Strich einen Kostenvorteil von 31 Prozent für die Gehäusekomponenten“, rechnet Clauß vor. „Gleichzeitig machen wir aber keine Abstriche bei der Sicherheit während des Einsatzes im Fahrzeug.“

Um den CO₂-Fußabdruck der Batterie zu verringern, setzt IAV auf den Einsatz von Stahl statt Aluminium. „Kühlplatte, Deckel und Batteriestruktur lassen sich daraus fertigen“, berichtet Clauß. „Das verbessert die Ökobilanz erheblich, weil Stahl sowohl bei der Herstellung als auch beim Recycling deutlich weniger Energie verbraucht.“ Im Vergleich zu einer konventionellen Batterie sinken die Kohlendioxid-Emissionen beim „Eco-Design 2.0“ um 51 Prozent.

Mit den Ergebnissen aus dem aktuellen Projekt geben sich Clauß und seine Kollegen aber noch nicht zufrieden. Derzeit arbeiten sie auch daran, die Chemie der Recycling-Verfahren weiter zu optimieren. „Ziel ist es, mehr als 90 Prozent der Materialien wieder zu verwerten und so die Rohstoffknappheit in den Griff zu bekommen“, sagt Clauß. „Darum schauen wir uns die Recycling-Chemie an und denken gemeinsam mit Fahrzeugherstellern über grundlegend neue Verfahren nach.“ Allerdings gelte es hier, ein Optimum in Sachen Nachhaltigkeit zu finden – also zu klären, welcher Recycling-Grad noch sinnvoll ist. Aber auch dafür wird sich sicher bald eine Lösung finden.

Kontakt
michael.clauss@iav.de

Auf Fortschritt gepolt

Das „Material Science Lab“ von IAV ist in der neuen Antriebswelt angekommen. Mit virtuellen Methoden beantworten die Expert:innen des Forschungslabors fast alle Fragen rund um Hochvoltbatterien.

Aufgrund seiner Größe können im Autoklav, einem gasdichten Druckbehälter, nahezu Extremfälle des Batteriebetriebs nachgebildet werden. Er widersteht hohen Drücken (bis zu 30 bar) und Temperaturen, die beim Durchgehen von Batterien auftreten, und erlaubt über entsprechende Prozessverschraubungen von außerhalb die Einflussnahme auf den Versuchsablauf.



Der Hochlauf der E-Mobilität zeigt sich auch im Berliner „Material Science Lab“ von IAV: Ging es dort früher vor allem um Abgasnachbehandlung und Wasserstoff, so stehen heute Batterien im Fokus. „Natürlich passen wir uns den neuen Marktgegebenheiten an, wobei wir das Glück haben, vorhandene Kompetenzen, Fähigkeiten und Analytik auch für neue Themen nutzen zu können“, sagt Jochen Schöffner, der das Labor mit 25 Mitarbeitern leitet.

Die Kunden sind meist OEMs mit den unterschiedlichsten Anliegen: Manche wollen eine methodische Unterstützung, um selbst schneller entwickeln zu können. Andere benötigen eine Post-mortem-Analyse – also die Untersuchung von Batterien, die im Feld auffällig geworden sind. „Oft sollen wir aber auch innovative Technologien erproben und bewerten, zum Beispiel neue Materialien für Elektroden oder Elektrolyte“, so Schöffner. „Oder ein Kunde will wissen, wie gut sich eine Batterie am Ende ihrer Lebensdauer recyceln lässt.“

Die Glove Box dient dem Arbeiten an Batterien und Materialien unter Argon-Schutzatmosphäre ($< 0,5 \text{ ppm O}_2$, $< 0,5 \text{ ppm H}_2\text{O}$), wodurch eine Verunreinigung bzw. Reaktion v. a. mit Wasser unterbunden wird, die giftige Gase entstehen lässt. Über eine Vakuumschleuse findet der Transfer zwischen ihr und der Umwelt statt.



In der Klimakammer lassen sich Batteriezellen bei fixen Temperaturen zwischen -42°C und 180°C oder unter variierenden Temperaturprofilen betreiben. Aufgrund der entsprechenden Sicherheitsausstattung können Zellen vom Prototypen- bis zum Serienstand untersucht werden.

Bessere Qualität durch Modelle

Eine zentrale Rolle bei der Arbeit im Labor spielen Batteriemodelle. „Virtuelle Methoden sind ein mächtiges Tool, um Entwicklungsumfänge und die Anzahl der Versuche zu verringern“, erklärt Schöffner. „Den digitalen Zwilling einer Batterie kann man beispielsweise leicht hochskalieren: Aus dem Modell einer kleinen Zelle lässt sich relativ einfach das Modell der kompletten Batterie erzeugen.“ Außerdem ermöglichen es die Simulationen, Batteriekomponenten wie Separatoren ohne großen Aufwand zu verändern. Und damit steigt auch die Qualität der Ergebnisse: Bei realen Prototypen gibt es wegen der händischen Herstellung zumeist große Streuungen, was die Entwicklungsarbeit erschwert. Nicht so bei digitalen Zwillingen.

Mit ihren Modellen überprüfen die IAV-Expert:innen unter anderem, ob ein Batteriemanagementsystem die Batterie korrekt überwacht beziehungsweise welche Anpassungen in einem anderen

Fahrzeug erforderlich sind. „Wir können zum Beispiel die Laststeuerung zunächst virtuell testen, bevor man einen realen und kostenintensiven Versuch aufbaut“, sagt Schöffner. „Oft reichen wenige Ingenieurstunden aus, um zu beurteilen, ob eine Idee überhaupt Sinn ergibt.“ Aber auch eine virtuelle Applikation von Funktionen ist auf Basis der Modelle möglich.

Voraussetzung für den erfolgreichen Einsatz der digitalen Zwillinge ist, dass sie die Realität so präzise wie möglich abbilden. Um das sicherzustellen, nutzen die Expert:innen im Labor physikalisch-chemische Modelle, die mit den Daten der Kundenbatterien parametrisiert werden. „Danach erhalten Kund:innen dieses Modell und verwenden es selbst, oder wir arbeiten in ihrem Auftrag damit weiter“, berichtet Schöffner. „Außerdem erstellen wir derartige Batteriemodelle natürlich auch für interne Projekte, z. B. zur Weiterentwicklung der virtuellen Methodik.“

Komplette Laborausstattung

Den Mitarbeiter:innen des Material Science Lab steht neben ihren Modellen auch unterschiedlichste Technik zur Verfügung: In Klimakammern lassen sich Zellen vorkonditionieren. Eine Glove Box dient dazu, Batterien unter Ausschluss von Sauerstoff zusammenzubauen und zu zerlegen, wogegen mehrere Zellen bis zu einzelnen Modulen in einem Großraumautoklav gezielt thermisch zerstört werden können. Ein Gaschromatograf erlaubt die Analyse der Gase, die bei einem Batteriebrand entstehen. Für die Gas- und Partikelanalytik kommen vier Massenspektrometer und sechs FTIR-Geräte (Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie) zum Einsatz.

Im Gaschromatografen (GC) wird ein komplexes Stoffgemisch auf Basis der unterschiedlichen Wechselwirkungen der einzelnen Bestandteile mit der Füllung einer Säule zeitlich aufgetrennt und deren Zusammensetzung in einem nachgelagerten Massenspektrometer analysiert. Dies erlaubt die Identifikation komplexer Verbindungen, die beim Batteriebetrieb oder -brand entstehen.



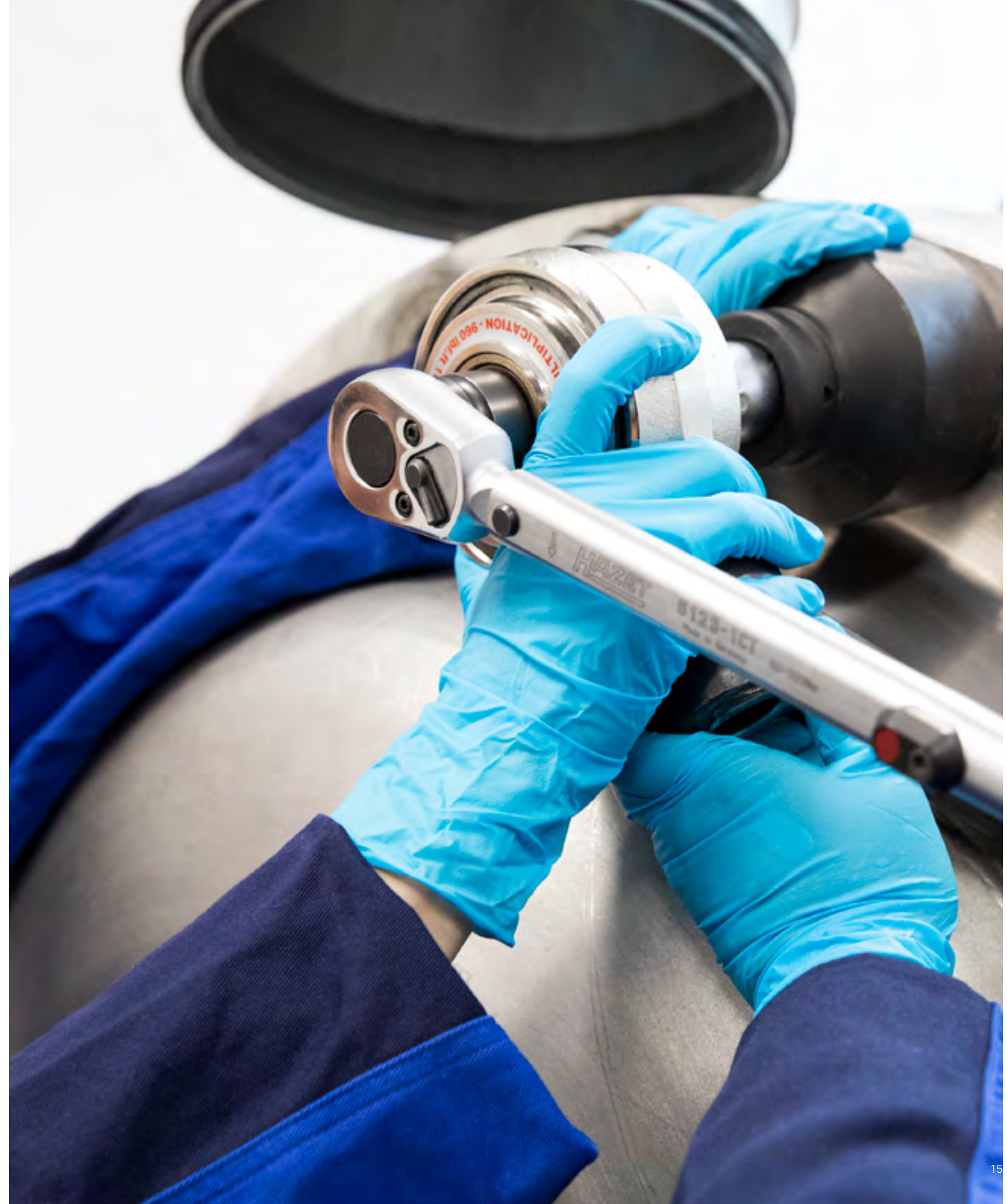
Das Team besteht einerseits aus Ingenieur:innen, andererseits aus Physiker:innen, Chemiker:innen, Materialwissenschaftler:innen und einer Mineralogin. „Unser Labor und die virtuellen Methoden sind einzigartig auf dem Markt“, so Schäffner. „Wir haben hier alles, was man für die Analytik braucht – bei den Fähigkeiten und der Erfahrung des Teams ebenso wie bei der Analytik und den Kompetenzen rund um das Thema Simulation.“

Kontakt

jochen.schaeffner@iav.de



Das Massenspektrometer (MS) ionisiert Atome oder Moleküle und trennt diese auf Basis ihres Masse-Ladung-Verhältnisses auf, wodurch deren Anteile in einer Probe quantifiziert werden können. Dies kann online parallel zum Versuch oder nachgelagert (z. B. beim GC) erfolgen.



Next-Gen-Batterien:

stark,
skalierbar,
sauber.

Rohstoffe, Recycling, Ladefähigkeit, Energiedichte – für Optimierungen der Batterietechnologie gibt es zahlreiche Ansatzpunkte. Was wirklich einen Beitrag zum Akku der Zukunft leistet, diskutierte Michael Clauß, Senior-Fachreferent für Batteriesysteme bei IAV, mit dem Fraunhofer-ISI-Wissenschaftler und Projektleiter Christoph Neef.



Michael Clauß
IAV-Experte für Batteriesysteme



Christoph Neef
Projektleiter beim Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Wo stehen wir bei den Batterien heute – und was werden die nächsten Jahre bringen?

Neef: Man kann mit Selbstbewusstsein sagen: Wir haben mittlerweile Batterien, die für Elektromobilität geeignet sind und – etwa bei Reichweite und Schnellladefähigkeit – den Anforderungen der Kunden entsprechen. Beim Preis und beim ökologischen Fußabdruck gibt es aber noch viel zu tun. Beim Recycling haben wir beispielsweise viele Herausforderungen, die die gesamte Batterie umfassen – es gibt also an ganz vielen Stellen noch Entwicklungsbedarf, um zu mehr Nachhaltigkeit zu kommen. In Sachen Energiedichte werden wir spätestens mit der Feststoffbatterie wahrscheinlich 1.000 Wattstunden pro Liter erreichen. Allerdings ist das nicht mehr der Haupttreiber der Technologieentwicklung, stattdessen wird neben dem Preis das Thema „Nachhaltigkeit“ immer wichtiger.

Clauß: Aus eigener Erfahrung kann ich sagen, dass das Thema „Laden“ eine große Rolle spielt. Hyundai bietet zum Beispiel Fahrzeuge an, die mit über 200 Kilowatt Leistung laden können – das ist ein Komfortgewinn, an dem sich Premiumhersteller messen lassen müssen. Und aus meiner Sicht müssen die Batteriekapazitäten größer werden – es kann nicht sein, dass ein Hersteller 500 Kilometer verspricht, man auf der Autobahn aber nur 250 Kilometer weit kommt. Das wollen unsere Kunden, und darum wird es nicht bei 80 Kilowattstunden Batteriekapazität bleiben können. Es wird in Zukunft nicht eine einzige Zelle geben, sondern je nach Fahrzeugklasse verschiedene Zellmaterialien. Ein weiteres Thema ist die Alterung: Die meisten OEMs machen sich derzeit noch keine Gedanken darüber, was nach dem Ende der Fahrzeuglebensdauer mit den Batterien geschehen soll. Das ist aber eine zentrale Frage für nachhaltige Batteriekonzepte, denn so können wir den ökologischen Fußabdruck von E-Autos verkleinern.



Welche technischen Entwicklungen sind derzeit am vielversprechendsten?

Neef: Wenn es um große Reichweiten geht, dürfte die Feststoffbatterie der nächste größere Schritt sein. Mit ihr sind Energiedichten möglich, die man mit konventionellen Batterien nicht erreicht. Denkbar sind aber Hybridtechnologien mit flüssigen bzw. organischen und festen bzw. keramischen Anteilen, die ebenfalls sukzessive neue Energiedichten ermöglichen, wenn wir in Richtung metallisches Lithium als Anode kommen. Hier dürfte es in den nächsten fünf Jahren Fortschritte geben. Es könnte also künftig durchaus Premiumfahrzeuge mit 1.000 Kilometern Reichweite geben. Der Lithium-Eisenphosphat-Akkumulator (LFP-Akku) ist ebenfalls eine vielversprechende Option, wenn man von Kobalt und Nickel wegkommen möchte. Und wenn man von LFP spricht, sind Natrium-Ionen-Batterien nicht mehr fern. Dadurch könnte man auf Lithium verzichten. Aber das ist eine Technologie, die in den nächsten Jahren nicht zur Verfügung stehen wird. Was in den kommenden Jahren allerdings auf den Markt kommen könnte, sind Anoden aus Silizium.

Clauß: Lithium bringt von seinen Eigenschaften her alles mit, was man für eine optimale Batterie braucht – deshalb wird es heute in so vielen Batterien eingesetzt. Alle möglichen Alternativen haben je nach Anwendung spezifische Nachteile. Lithium hingegen ist ein Generalist, denn Lithium-Ionen-Batterien kann man für viele Anwendungen nutzen und beispielsweise in einem breiten Temperaturbereich einsetzen. Und hier gibt es noch große Entwicklungsmöglichkeiten, zum Beispiel durch Lithium-Luft-Batterien. Natürlich wäre es mit Blick auf die Energiedichte ideal, wenn man die Kathode weglassen könnte. Aber derzeit funktionieren solche Systeme leider noch nicht. Interessant sind aber auch Twin-Batterien, die aus zwei Zellsystemen bestehen. Man könnte beispielsweise eine Natrium-Ionen-Batterie – die billig und überall einsetzbar ist – mit einer Festkörperbatterie verbinden, die eine hohe Reichweite ermöglicht.

Wonach fragen die Kunden derzeit?

Clauß: Ein wichtiges Thema sind flache Batteriesysteme. Die Passagiere sollen einerseits weit unten sitzen können, andererseits ist eine hohe Performance gefragt. Die Kosten sind natürlich nach wie vor ein Thema. Darum setzen viele Hersteller auf Vereinheitlichung. Außerdem spielt die vertikale Integration eine immer größere Rolle: Die Hersteller wollen viel mehr selbst machen und nicht einfach Lastenhefte für Zulieferer schreiben. Und schließlich rückt der Ausschuss bei der Fertigung immer mehr in den Fokus. Hier muss man sich eines klarmachen: Viele Recycling-Anlagen werden derzeit ausschließlich mit Abfällen aus der Fertigung ausgelastet.

Neef: Wir sind einerseits bestrebt, zu standardisieren und Kosten zu senken. Andererseits gibt es aber Anforderungen, die man nicht mit standardisierten Batterien erfüllen kann. Nutzfahrzeuge sind dafür ein sehr gutes Beispiel. Natürlich ist der Markt für Nfz-Batterien vergleichsweise klein – dennoch muss dort eine Fertigung aufgebaut werden. Daimler Trucks errichtet beispielsweise in Mannheim eine entsprechende Pilotanlage. Und solche Beispiele wird es künftig immer mehr geben. Man braucht in diesem Bereich eine große Bandbreite an Batterie- und Systemtechnologien.

Wer ist besser aufgestellt, um die Batterieentwicklung voranzutreiben – große Konzerne oder die kleinteilige Forschungslandschaft?

Neef: Wir sehen derzeit große Investitionen der Industrie, allerdings in unterschiedliche Konzepte. Technologisch ist also noch nichts entschieden. Es kann sogar sein, dass keiner der Ansätze funktioniert – dann müsste die Industrie wieder zurück zur Forschung kommen, um dort nach Alternativen zu suchen. Umgekehrt müssen wir in den zahlreichen Forschungsclustern in Deutschland aber auch irgendwann ein Commitment abgeben und uns auf eine Zelltechnologie festlegen. Dies könnte beispielsweise das Batterie-Kompetenzcluster „FestBatt“ leisten.

Clauß: Unter den weltweit zehn größten Herstellern sind sechs chinesische und drei südkoreanische bzw. japanische Unternehmen. Natürlich gibt es in Deutschland viele Aktivitäten, aber ich stelle mir schon die Frage: Sind wir wirklich schnell genug? Nach meinem Gefühl ist die Industrie im Bereich der neuen Technologien schneller und teilweise wohl näher an den Problemen der Praxis. Möglicherweise funktioniert die Kommunikation zwischen Industrie und Forschung einfach nicht gut genug. Die Frage muss lauten: Was führt so schnell wie möglich zu einem neuen Zellhersteller und Wertschöpfung im Land?

Können wir durch Recycling eine Art Kreislaufwirtschaft errichten?

Neef: Es wäre eine Illusion, zu glauben, dass wir irgendwann eine perfekte Kreislaufwirtschaft etablieren können. So gut funktionieren Sammlung und Recycling einfach nicht. Wir werden also immer auf Rohstoffimporte angewiesen sein. Allerdings denken wir das Recycling bei unserer Arbeit immer stärker mit. Dabei geht es nicht nur um das Design der Batteriezellen, sondern auch um die Kennzeichnung der Batterien, damit sie später leichter wiederverwertbar sind. Das Thema gewinnt also in der Forschung an Fahrt – ich sehe aber noch nicht, wie sich das in die industrielle Produktion übertragen lässt. Die oberste Prämisse lautet dort immer noch: Die Fertigung muss so einfach wie möglich sein.

Clauß: Das Thema wird wichtiger, weil europäische und US-amerikanische Regularien hier eingreifen. Außerdem wird für die Produktion ein bestimmter Prozentsatz von Rezyklaten vorgeschrieben. Das zwingt die Branche natürlich, stärker über das Recycling nachzudenken. Und Sie haben recht: Aktuell haben Batteriesysteme das Ziel, maximal integriert zu sein. Sie sind nicht darauf ausgelegt, einfach zerlegt werden zu können. Möglicherweise wird es in Zukunft eine gesetzliche Anforderung geben, Batteriesysteme bis auf Zellebene zerlegbar zu machen. Bei IAV haben wir uns damit in den Projekten „Eco-Design 1“ und „Eco-Design 2“ beschäftigt, um OEMs zu sensibilisieren – auch zum Thema „Second Life“. Gerade in Forschungsprojekten zu solchen systemischen Fragestellungen ist man oft auf Informationen angewiesen, die nur ein Hersteller liefern kann, zum Beispiel Flottendaten für Alterungsmodelle.



Wie lautet Ihre Schlussbotschaft?

Neef: Herr Clauß hat vorhin ja schon Anforderungen an OEMs genannt. Ich möchte ergänzen: Die Forschungslandschaft sollte sich – wie bereits gesagt – um eine Technologie herum konsolidieren und gemeinsam in Richtung Markt gehen. Gerne auch mit einer großen Industriebeteiligung, die die Richtung vorgibt. Wir haben in der Batterieentwicklung in Deutschland und Europa viele Kompetenzen und einen großen Vorteil: Viele OEMs sind als Anwender direkt vor Ort und können eine neue Technologie in Serie bringen. Als Fraunhofer-Gesellschaft können wir dies unterstützen, beispielsweise mit unserer neuen Forschungsfertigung für Batteriezellen in Münster.

Clauß: Diese Einschätzung teile ich. Im ersten Schritt bräuchten wir mehr Engagement in der Forschung – und insbesondere von den OEMs. Und im letzten Schritt den Mut, unsere Ideen in die Industrialisierung zu bringen. Außerdem brauchen wir mehr Möglichkeiten zum Austausch außerhalb von Forschungsprojekten. Denn zahlreiche Entwicklungen in der vielfältigen Forschungslandschaft hat man gar nicht auf dem Schirm. Oder es fehlen die Kontakte. Ich wünsche mir, mit anderen Experten Dinge schnell und unproblematisch abgleichen zu können – dies würde eine Win-win-Situation für alle Beteiligten schaffen.

Kontakt

michael.clauss@iav.de
christoph.neef@isi.fraunhofer.de



Standpunkt zum Thema „Ladeinfrastruktur“ –
drei Fragen an Karsten Müller, Fachbereichsleiter
„Electrification System Integration“ bei IAV

Intaktes Ladenetz für alle ist der Schlüssel zum Erfolg

Der Ausbau der Ladeinfrastruktur für E-Autos hinkt der starken Nachfrage nach Stromern hinterher – insbesondere in Innenstädten entwickelt sich der Netzausbau eher schleppend. Die Hauptgründe sind komplizierte Genehmigungen, mangelnde öffentliche Flächen und schwierige Abstimmungen zwischen den beteiligten Akteuren. Langfristig hängt der Erfolg der E-Mobilität jedoch davon ab, ob die Ladelücke geschlossen wird.



Karsten Müller

1. In welchem Zustand befindet sich derzeit die Ladeinfrastruktur in Deutschland?

Die E-Mobilität wird allgemein als Zukunftslösung für Ballungsräume gesehen. Fakt ist aber, in Städten, in denen generell mehr Energie für die zunehmende Anzahl an E-Autos benötigt wird, gibt es derzeit zu wenige Ladesäulen. Zum einen fehlen Leitungen, zum anderen gibt es eine nicht unbegründete Sorge, dass die Stabilität regionaler Stromnetze gefährdet sein könnte, wenn zeitgleich zu viele Kunden einen Schnelllader nutzen. Es ist absehbar, dass die Nachfrage das Angebot in Städten übersteigen wird. Obwohl E-Mobilität tatsächlich in urbanen Räumen mehr gebraucht wird, lässt sie sich de facto in dünn besiedelten, ländlichen Gegenden deutlich besser umsetzen. Das ist kurios.

2. Woran hakt der Ausbau des Ladenetzes?

Es gibt tatsächlich ein Dilemma. Die Frage ist: Wie lässt sich eine ausreichende Anzahl an Ladepunkten errichten und dieser Ausbau in einer Weise gestalten, dass er für die Beteiligten bezahlbar bleibt? Klar ist, die Energieversorger haben hier kein wirkliches Interesse zu investieren. Durch neu geschaffene Ladesäulen können sie weder die Investitionskosten wieder hereinholen noch signifikant mehr Strom verkaufen. Die Ladeparks der Joint Ventures einiger großer Automobilunternehmen (IONITY) oder von Tesla finden sich eher in den Randbezirken großer Ballungsräume. In den Städten fehlt ein echter Treiber bei diesem Thema. Die Politik müsste hier mit gezielten Anreizen für einen flächendeckenden Ausbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur unterstützen.

3. Wie beurteilen Sie die Ziele der Bundesregierung zum Ausbau des Ladenetzes?

Der Verkehrssektor muss gemäß dem deutschen Klimaschutzgesetz seinen CO₂-Ausstoß bis 2030 deutlich reduzieren und bis 2045 auf Netto-Null bringen. Das erklärte Ziel der Bundesregierung sind 15 Mio. batterieelektrische Fahrzeuge bis 2030 und 1 Mio. Ladepunkte. Diese Vorgaben erscheinen zunächst einmal realistisch. Es ist heute aber noch zu früh, um abschließend zu beurteilen, ob am Ende die geplanten 1 Mio. Ladesäulen wirklich ausreichen und wie diese von den Kunden angenommen werden.

Kontakt
karsten.mueller@iav.de

E-Drive in the Box



Jetzt da, wo er hingehört! Im Fahrgastbetrieb auf der Straße! Unser modularer Teilesatz zur Elektrifizierung von Bestands- und Neufahrzeugen trägt erste Früchte: Im Sommer hat die Stadtrundfahrt Dresden GmbH als erster Kunde eine Förderzusage des Bundes erhalten und wird einen Teil ihrer Diesel-Doppeldeckerbusflotte mit „IAV Elcty“ umrüsten.



Alles im Blick:
Das moderne HMI
zeigt dem Fahrer,
ob beim E-Antrieb
alles rund läuft.

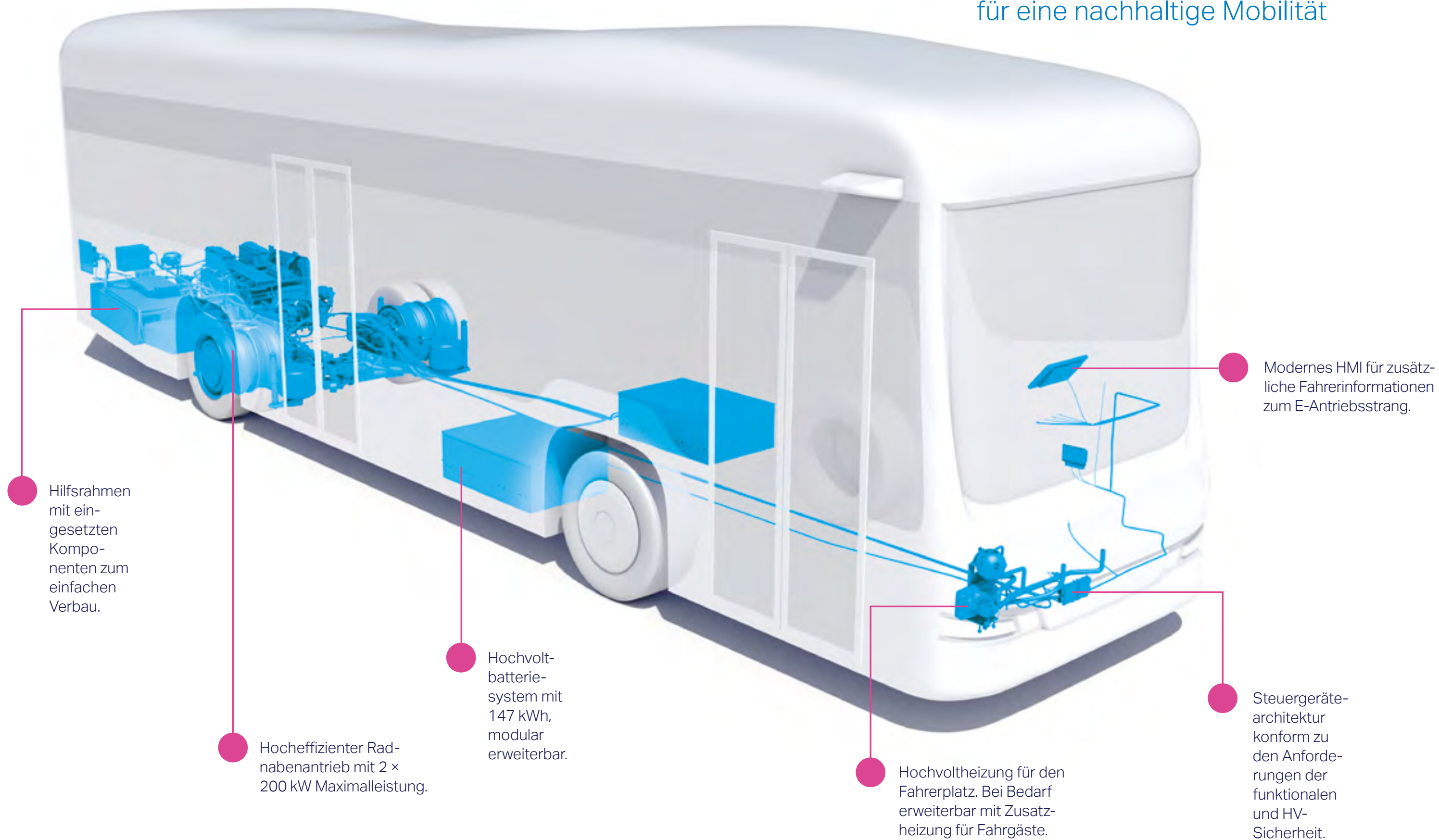
Volle Ladung Nachhaltigkeit:
Der E-Teilesatz bietet kleinen und
mittelständischen Busherstellern
einen unkomplizierten Einstieg in
die E-Mobilität.

„Mit ‚IAV Elcty‘ zeigen wir, dass IAV von der ersten Skizze mit Geschäftsmodell über das Anforderungsmanagement bis hin zur fertigen Hardware alle Phasen der Produktentwicklung beherrscht“, sagt Wolfgang Wukisiewitsch, Bereichsleiter Solutions & Products bei IAV.

Elektrifizierte Bus- sowie Kommunal- und Entsorgungsfahrzeugflotten sind ein wichtiger Teil der Lösung für eine saubere und geräuscharme Mobilität in Städten und Kommunen. Mit dem elektrischen Antriebssystem „IAV Elcty“ sowohl für bestehende als auch neue Nutzfahrzeuge fügt der Tech Solution Provider IAV einen innovativen Baustein hinzu.

„Insbesondere kleinere Fahrzeughersteller, die über keine eigene Antriebsentwicklung verfügen und ihren Dieselantrieb von den großen OEMs bislang zugekauft haben, können mit dem E-Teilesatz für Nutzfahrzeuge ihre Produktpalette relativ unkompliziert und auf hohem technischem Niveau elektrifizieren“, ergänzt Utz-Jens Beister, Produktmanager E-Mobility im Bereich Solutions & Products bei IAV. „Dadurch kann das verfügbare Fahrzeugangebot beispielsweise von Busbetreibern deutlich attraktiver gestaltet werden.“

Eine moderne Antriebslösung für eine nachhaltige Mobilität





Maximale Leistung
Raddirektantrieb:

**2 x
200
kW**

Verbrauch:

**ca.
80
kWh
/
100
km**

Batteriekapazität:

**147
kWh**

(Sightseeing-Zyklus 20 °C)

IAV als Systemintegrator

Dabei wird IAV höchsten Ansprüchen gerecht und erfüllt mit „IAV Elcty“ alle relevanten Kriterien. Die Einhaltung von Zulassungsvoraussetzungen und weiteren technischen Eigenschaften wurde auf Komponenten- und Fahrzeugebene nachgewiesen und bildet die Basis für ein typspezifisches Mustergutachten. Dies beinhaltet beispielsweise Nachweise zur Dauerhaltbarkeit, der Einhaltung sogenannter ECE-Regelungen sowie der funktionalen und Hochvoltsicherheit.

„Wir bieten unseren Kunden den Teilesatz in Form eines einfach zu verbauenden Gesamtsystems, bestehend unter anderem aus Batterie, Steuerung und Antrieb“, sagt Wukisiewitsch. „Als Tech Solution Provider sehen wir uns in der Rolle des Systemintegrators, der Systementwicklung verantwortlich ist und dabei sicherstellt, dass alle Teilgewerke gemäß den Anforderungen funktionieren.“

Die Umrüstung (Retrofit) eines Bestandsfahrzeugs mit „IAV Elcty“ ist aus ökologischer Sicht sehr vorteilhaft. Beispielsweise wird durch den Einbau des E-Teilesatzes in ein bestehendes Dieselfahrzeug die Klimabilanz des umgebauten Lastkraftwagens oder Busses gleich in doppelter Hinsicht nachhaltiger: Neben dem lokal CO₂-freien Fahrbetrieb wird durch den Retrofit ein großer Teil des CO₂-Ausstoßes eingespart, der bei Neuproduktion und Entsorgung eines Fahrzeugs entsteht.

Erster Förderantrag vom Bund bewilligt

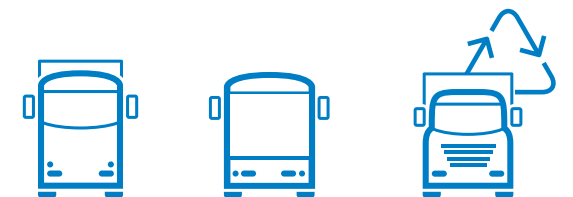
Mit der Richtlinie zur „Förderung alternativer Antriebe von Bussen im Personenverkehr“ vom 7. September 2021 unterstützt das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) die Marktaktivierung und den Markthochlauf von Bussen mit klimafreundlichen und alternativen Antrieben. Als erster Kunde hat mit der Stadtrundfahrt Dresden GmbH ein privates Busunternehmen eine Förderzusage des Bundes erhalten und wird 25 Fahrzeuge seiner bestehenden Diesel-Doppeldeckerflotte in Dresden und Leipzig mit „IAV Elcty“ elektrifizieren.

„Die Förderzusage ist ein positives Signal an alle Betreiber, die ihre Busflotten zukunftstauglich machen wollen“, so Wukisiewitsch. „Sie belegt, dass wir mit ‚IAV Elcty‘ ein für die Mobilitätswende wegweisendes Produkt auf den Markt gebracht haben.“

Kontakt

wolfgang.wukisiewitsch@iav.de
utz-jens.beister@iav.de

Fokus auf
Busse –
weitere An-
wendungen
denkbar



Mit unserem elektrischen Teilesatz für Nutzfahrzeuge konzentrieren wir uns auf die Umrüstung von bestehenden Bussen sowie die Elektrifizierung von neuen Bussen. Perspektivisch sehen wir aber auch Potenzial in anderen Nutzungsformen, beispielsweise im Bereich Kommunalfahrzeuge wie Lkw und Entsorgungsfahrzeuge.

Photonen im E-Antrieb

In der Automobilindustrie ist die Radionuklidtechnologie (RNT) eine bewährte Methode zur Verschleißanalyse von Materialien und Beschichtungen – beispielsweise in der Verbrennungsmotorentwicklung. IAV nutzt das Messverfahren im Testcenter Stollberg bei Chemnitz nun auch zur Untersuchung von Komponenten im E-Antrieb.

„Durch die Transformation der Automobilbranche ändert sich auch unser Entwicklungsfokus“, erläutert Dr. Hubert Schultheiß, Fachreferent für Tribologie Antriebsstrang im Bereich Future Powertrain bei IAV. „Bei der Suche nach weiteren Einsatzmöglichkeiten der RNT-Versuchsmethodik sind wir unter anderem bei der Entwicklung von Getrieben und E-Antrieben auf einen Bedarf für diese Technologie gestoßen.“

Die zwischen festen Körpern auftretende Reibung verursacht Energieverluste und der damit verbundene Verschleiß hohe Kosten für Reparaturen. Sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Sicht sind beide Größen zu minimieren. Frühzeitige Messwerte zu Kontaktreibungen und dem daraus resultierenden Materialabtrag sind gerade in der zunehmend virtuellen Entwicklung enorm wichtig.

Sogenannte Online-Verschleißmessungen mit radioaktiven Nukliden liefern zeitnah hochpräzise Ergebnisse im Nano-Bereich, mit denen sich die Qualität von Simulationen überprüfen und optimieren lässt. Daher setzen Entwickler auf die präzise und effiziente RNT-Methode, um Reibung und Verschleiß möglichst gering zu halten.

Dabei wird das zu untersuchende Bauteil an einem Teilchenbeschleuniger (Zyklotron) mit Teilchen beschossen. Durch die Reaktionen dieser Teilchen mit den Atomkernen des zu bewertenden Bauteils wird an dessen Oberfläche eine dünne radioaktive Schicht erzeugt, die beim radioaktiven Zerfall Photonen und damit eine gut messbare Gammastrahlung aussendet. Der abriebbasierte Verschleiß erzeugt kleinste radioaktive Partikel, deren Strahlung im Ölkreislauf detektiert werden kann.

Schmierölanalyse auf Basis von RNT-Messungen

Öle haben wesentlichen Einfluss auf den Verschleiß. Die Anforderungen an die Schmiermittel für Getriebe in Elektroautos sind sehr hoch, insbesondere weil die Getriebe in E-Antriebssträngen mit der E-Maschine in einer Antriebseinheit integriert sind und mit einem gemeinsamen Medium geschmiert und gekühlt werden. Aufgrund anderer Abnutzungsmechanismen sind die Verschleißraten hier deutlich geringer als an verbrennungsmotorischen Bauteilen – präzise Messergebnisse sind hier umso wichtiger.

Die RNT-Getriebemessungen dienen nicht nur dazu, kritische Bauteile und Betriebspunkte anhand des Verschleißniveaus zu identifizieren, sondern auch zur Bewertung von Ölqualitäten. IAV hatte hierzu einen Auftrag eines renommierten Schmierstoffproduzenten erhalten, der neue Öle für Anwendungen in der E-Mobilität entwickelt. „Das Ziel war, eine Vorauswahl von geeigneten Ölen zu treffen“, so Schultheiß. „RNT-Messungen sind hier sehr zweckdienlich, weil man innerhalb weniger Tage verlässliche Verschleißwerte pro Ölsorte erhält.“

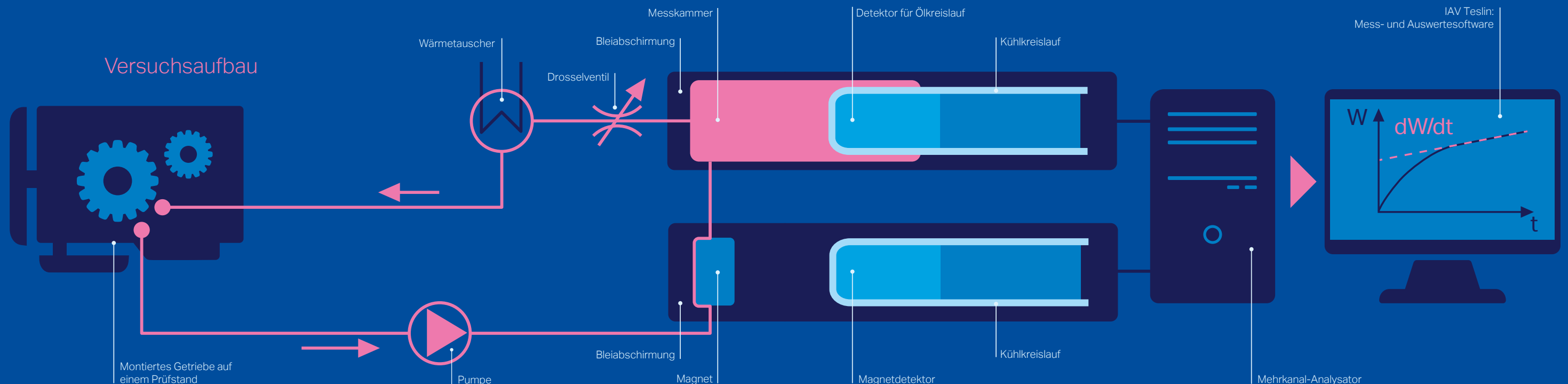
Die hohen Anforderungen an die Messgenauigkeit machten die Entwicklung eines geeigneten Messaufbaus und die Optimierung des gesamten Mess- und Auswerteprozesses notwendig. Für Getriebe ohne Druckumlauf- bzw. Einspritzschmierung wurde ein System mit einem neuartigen Magnetdetektor entwickelt, mit dem das Öl aus dem Ölsumpf des Getriebes entnommen, an den Detektoren vorbeigeführt und dem Getriebe an einer unkritischen Stelle wieder zugeführt werden kann.

Aus den RNT-Messwerten erzeugt das Datenaufbereitungstool IAV Teslin detaillierte Übersichten zu sämtlichen Messvorgängen. Entwickler profitieren während der Versuche zudem von einer automatisierten Analyse und Prüfstandsteuerung, die zeigt, dass die gewünschte Qualität der Messergebnisse erreicht ist oder anderenfalls die Messung fortgesetzt werden muss.

„RNT-Verschleißmessungen bieten zum Teil erhebliche Vorteile gegenüber konventionellen Dauerläufen“, sagt Schultheiß. „Dazu zählen vor allem eine Zeit- und Kostenersparnis, eine höhere Genauigkeit und die Ermittlung nicht nur des Gesamtverschleißes, sondern betriebspunktbezogener Verschleißwerte. Auch im Bereich des E-Antriebsstrangs birgt diese Technologie großes Potenzial.“

Kontakt

hubert.schultheiss@iav.de
philipp.zumpfe@iav.de



Wasserstoff- regionen am Reißbrett

Deutschland soll Wasserstoffland werden. Darum fördert das Bundesministerium für Digitales und Verkehr bundesweit sogenannte „HyExperts“-Modellregionen, in denen regionale Wasserstoffmärkte und -wertschöpfungsketten aufgebaut werden sollen. IAV und die Beratungstochter C4D nutzen ihre Expertise – ein Projekt wurde bereits abgeschlossen, zwei weitere wurden gerade begonnen.

Zwischen Oktober 2020 und November 2021 haben Experten von IAV und C4D eine Wasserstoffstrategie für das Saarland entwickelt. Im Mittelpunkt standen die Themenfelder Mobilität, Stahlerzeugung und -rohprodukte sowie industrielle Anwendungen wie Intralogistik und Prozesswärme. „Es gab zuvor schon lokale Arbeitsgruppen, etwa aus Erzeugern vor Ort“, berichtet Dr. Ingmar Hartung, Leiter des Teams Wasserstoffinfrastruktur und Elektrolyse bei IAV. „Unsere Aufgabe war es, die Stakeholder aus den Bereichen Erzeugung, Verteilung und Nutzung zusammenzubringen und gemeinsam mit ihnen Wasserstoffgeschäftsmodelle zu entwickeln.“

Während IAV sein technisches Verständnis beisteuerte, beschäftigte sich C4D vor allem mit ökonomischen Fragen. „Am Ende entstand eine technoökonomische Bewertung, die in ihren modellbasierten Szenarien zahlreiche Einflussfaktoren wie Abzinsung und zukünftige Energiepreisszenarien berücksichtigt“, erklärt Marcus Lassowski, Senior Consultant bei Consulting4Drive (C4D). „Sie beantwortet technische Fragen ebenso wie Fragen nach Finanzierungsmöglichkeiten. Wir geben aber auch politische Handlungsempfehlungen – und weisen etwa auf Hürden im Genehmigungsrecht oder fehlende Interaktion kommunaler Unternehmen hin.“ Eine Roadmap bis 2030 für kurz-, mittel- und langfristige Aktivitäten ist ebenfalls Teil der Bewertung.

Konzept für Chem- nitz bis 2023

Auf die gleiche Weise gehen IAV und C4D aktuell gemeinsam mit weiteren Partnern bei zwei anlaufenden Projekten in Chemnitz und im Havelland vor. Die Modellregion Chemnitz umfasst neben der Stadt auch die umliegenden Landkreise. Im Gegensatz zum Saarland gibt es hier weniger große Industriebetriebe und keinen großen Wasserstoffherzeuger. Alles ist dezentraler, was den Ausgleich von Angebot und Nachfrage deutlich schwieriger macht.

Seit Ende Juli 2022 arbeiten IAV und C4D am Konzept für die Modellregion in Sachsen, wobei den Experten sowohl das IAV-Entwicklungszentrum in Chemnitz/Stollberg als auch bestehende Kontakte zu lokalen Automobilzulieferern zugutekommen. Bis Ende September 2023 werden die Experten ein Konzept vorlegen, das für Chemnitz und Umgebung maßgeschneidert ist.

In der Modellregion Havelland sind die Voraussetzungen wiederum speziell: Hier gibt es einerseits viele Windkraft- und Photovoltaik, andererseits aber wenige industrielle Abnehmer für Wasserstoff. Allerdings verfügt die Region über Kavernen, die sich als Wasserstoffspeicher eignen. Außerdem eröffnen die Nähe zu Berlin und die geplante Wasserstoff-Pipeline von Rostock nach Leuna Absatzchancen. Hinzu kommen Anfragen aus dem Güter- und Schienenverkehr, wo beispielsweise Rangierloks auf Wasserstoffbetrieb umgestellt werden sollen. Wie sich bei diesen Besonderheiten eine regionale Wasserstoffwirtschaft aufbauen lässt, untersuchen IAV und C4D bis Ende August 2023.

Fahrzeug- flotten müssen klima- freundlich werden

Ein wichtiges Thema in allen Modellregionen ist der Einsatz von Wasserstoff in öffentlichen Fahrzeugflotten. Denn bis 2025 müssen deren Betreiber gemäß der „Clean Vehicles Directive“ der EU nachweisen, dass mindestens 45 Prozent aller neu bestellten Fahrzeuge einen klimafreundlichen Antrieb haben – zum Beispiel mit Wasserstoff. Die Bewertung von IAV und C4D beschäftigt sich darum auch mit Reichweiten, Kosten, betrieblichen Aspekten und Finanzierungsmöglichkeiten von Wasserstofffahrzeugen. Mittlerweile ist die Umsetzung der Empfehlungen für die Modellregion Saarland in vollem Gang, und erste konkrete Projekte wurden angestoßen.

Bei der Konzeptentwicklung wurden einerseits bestehende lokale Initiativen analysiert, andererseits berücksichtigten die Experten auch globale Vorgaben wie etwa die CO₂-Einsparziele des Bundeslands oder die jeweiligen Fördermöglichkeiten. „Wir schauen uns sowohl die Top-down-Ansätze der Politik als auch die Bottom-up-Lösungen der Unternehmen vor Ort an“, so Hartung. „Oftmals fungieren wir hier auch als eine Art Übersetzer.“

Weitere Informationen
www.hyland

Kontakt
ingmar.hartung@iav.de
m.lassowski@consulting4drive.com



Mischen possible

IAV hat das Potenzial von Wasserstoffverbrennern mit Niederdruckdirekt-
einblasung untersucht und präsentiert die Ergebnisse auf dem Aachen
Colloquium für nachhaltige Mobilität. Der Schlüssel zum Serieneinsatz der
Technologie ist die Homogenisierung des Gemischs.

Neben rein batterieelektrischen Fahrzeugen (BEV) bietet auch der Wasserstoffantrieb eine mögliche Alternative zur Verbrennung fossiler Kraftstoffe. Als Alternative zum BEV stehen häufig Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) im Mittelpunkt der Diskussion, aber auch der mit Wasserstoff betriebene Verbrennungsmotor (H₂-ICE) sollte nicht aus dem Blick geraten – kann er doch zumindest kurz- bis mittelfristig

mit einer höheren Lebensdauer, einer größeren Robustheit gegenüber schlechten Kraftstoffqualitäten und geringeren Kosten im Vergleich zur Brennstoffzelle punkten. „Vor allem im Bereich der leichten und schweren Nutzfahrzeuge ermöglicht der Wasserstoffverbrennungsmotor als Brückentechnologie eine CO₂-freie Mobilität“, sagt Marc Sens, Fachbereichsleiter Powertrain Research and Technology bei IAV.

40 Prozent mehr Leistungsdichte

IAV hat deshalb das Potenzial von Wasserstoffverbrennungsmotoren mit Niederdruckdirekteinblasung (LP-DI) untersucht – und damit ein bisher ungelöstes Problem erneut unter die Lupe genommen: Bisherige Wasserstoffverbrenner setzten auf Saugrohrenblasung (PFI), die aber eine schlechte Leistungsdichte aufweist. Dieses Problem hat die Direkteinblasung nicht: Sie liefert im Vergleich zur PFI rund 40 Prozent mehr Leistung pro Volumen. Zudem vermeidet sie das Risiko von Rückzündungen im Einlasskanal. „Dank der Direkteinblasung erleben wir derzeit eine regelrechte Renaissance des Wasserstoffverbrennungsmotors“, berichtet Maximilian Brauer, Senior-Fachreferent Powertrain Calibration and Technology bei IAV.

Die Niederdruckdirekteinblasung bietet ein hohes Volllastpotenzial, erfordert aber auch eine ausgefeilte Gemischaufbereitung. Um hier Fortschritte zu erzielen, haben die IAV-Experten die Direkteinblasung einerseits mit der Schlierentechnik visualisiert und andererseits umfangreiche CFD-Simulationen zum Verhalten des Wasserstoffs im Brennraum durchgeführt.

Untersucht wurden unter anderem unterschiedliche Z-Positionen der Einblasdüse. Schließt sie bündig mit dem Zylinderkopf ab, lagert sich der Wasserstoff teilweise am oberen Rand des Brennraums an (Coandă-Effekt), was zu einer schlechten Gemischbildung führt. Auch eine leicht versenkte Düse ist nicht optimal, weil diese Variante einen geringen Spraywinkel und eine ungünstige räumliche Sprayverteilung zur Folge hat. Ragt die Düse hingegen leicht in den Brennraum hinein, ergibt sich ein besseres Mischverhältnis.

Neue Düsengeometrien erforderlich

Eine weitere wichtige Erkenntnis: Herkömmliche Düsengeometrien sind nicht in der Lage, das Gemisch ausreichend zu homogenisieren. Wasserstoff mischt sich deutlich schlechter mit Luft als flüssige Kraftstoffe, die die Brennraumladung während ihrer Verdampfung durchdringen und lokal ein hohes Homogenisierungsniveau aufweisen. Stattdessen findet bei Wasserstoffeinblasung eher eine Verdrängung der Ladung statt, und ein Großteil des Wasserstoffs kann sich nicht ausreichend mit Ladungsluft vermischen. Als Gegenmaßnahme empfiehlt sich eine Strahlkappe über dem Einblasventil, die mehrere Löcher aufweist und so den Wasserstoff besser im Brennraum verteilen kann. In Vorstudien wurden Kappen mit bis zu vier (experimentell) beziehungsweise bis zu zwölf Löchern (simulativ) untersucht.

Mit einer 3-D-CFD-Simulation haben die IAV-Experten schließlich die Homogenität des Gemischs im Motor berechnet, wobei eine Strahlkappe mit vier Löchern die besten Ergebnisse lieferte. Insgesamt zeigte sich, dass die Homogenität sehr stark von der Position des Injektors, dem Kappendesign und dem Drall-Level abhängt. „Die Homogenisierung des Gemischs ist der Schlüssel für eine erfolgreiche Serienentwicklung“, sagt Dr. Jochen Maass, Fachreferent Fuel Systems bei IAV. Denn so lassen sich die Stickoxid-Rohemissionen und die Klopfneigung spürbar verringern. Darum arbeitet der Tech Solution Provider weiter daran, die selbst gesteckten Homogenitätsziele zu erreichen.

Kontakt
marc.sens@iav.de
maximilian.brauer@iav.de
jochen.maass@iav.de

Die Risiken CO₂-neutraler Technologien

Synthetische Grundstoffe können zu einer Abkehr von fossilem Öl und Gas beitragen. Allerdings gilt es, bei ihrer Produktion neben den Treibhausgasen auch andere Umwelteffekte zu betrachten. Lifecycle Engineering schützt dabei vor verdeckten Risiken.

Die Dekarbonisierung ist in vollem Gang – umfasst aber deutlich mehr als nur den Umstieg auf E-Autos. Schwere Nutzfahrzeuge, Schiffe und Flugzeuge lassen sich nicht einfach elektrifizieren, hier können strombasierte Kraftstoffe eine klimafreundliche Alternative sein. Die synthetischen Energieträger sind jedoch nicht nur als Energiequelle für Antriebe nutzbar: E-Methanol lässt sich z. B. auch als synthetischer Grundstoff in der chemischen Industrie (z. B. für grüne Polymere) verwenden. Um auch solche Anwendungen zu berücksichtigen, sprechen IAV-Expert:innen statt von e-fuels lieber von „e-crude“, also synthetischem Rohöl.

Wer den Einsatz von e-crudes erwägt, sollte aber nicht nur die CO₂-Einsparung im Blick haben. „Das Kohlendioxid ist nur ein Aspekt“, erklärt Dr. Emanuel Binder, Scientific Engineer in der Abteilung Research and Technology bei IAV. „Es gibt noch weitere Auswirkungen, die man berücksichtigen muss – zum Beispiel die mögliche Verschärfung lokaler Wasserarmut oder die Emission krebserregender Substanzen. Nicht nur bei e-crudes, sondern generell bei CO₂-mindernden Technologien muss man größere negative Auswirkungen an anderer Stelle verhindern.“

16 Kategorien für den ökologischen Fußabdruck

Die Europäische Kommission gibt insgesamt 16 Wirkungskategorien vor, die für den ökologischen Fußabdruck von Produkten und Organisationen (Environmental Footprint, EF) entscheidend sind. Neben Wasserarmut und Emission von für den Menschen toxischen Substanzen gehören dazu unter anderem Ozonabbau, Eutrophierung und Versauerung. Aber auch der Verbrauch sehr seltener Rohstoffe, wie z. B. Platin oder Iridium, die unter anderem für PEM-Elektrolyseure zur grünen Wasserstofferzeugung benötigt werden, wird berücksichtigt.

Es ist also möglich, dass der Ersatz fossiler Energieträger durch CO₂-mindernde Alternativen zwar weniger CO₂ emittiert, in anderen Bereichen aber ungewollt Schäden anrichtet. „Wer viel Geld in neue Anlagen oder Zulieferketten investiert, geht ein sehr hohes Risiko ein, wenn er diese Auswirkungen nicht im Vorhinein analysiert“, warnt Binder.

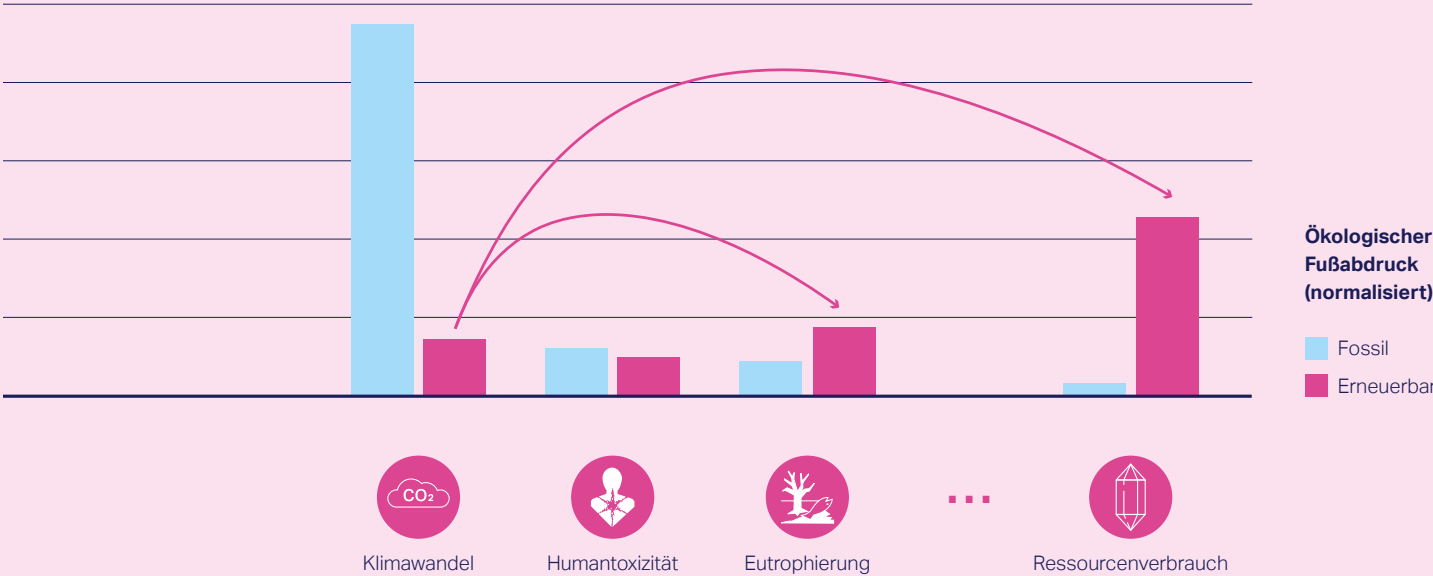
Daher verfolgt IAV mit dem Lifecycle Engineering (LCE) einen neuen Ansatz zur Bewertung solcher Risiken. Im Gegensatz zu konventionellen Lifecycle Assessments (LCA) setzt das LCE schon vor Beginn eines Projekts an, statt die Auswirkungen erst nachträglich zu erfassen. „Lifecycle Engineering muss zu einer Grundlage von strategischen Unternehmensentscheidungen werden!“, so Binder.

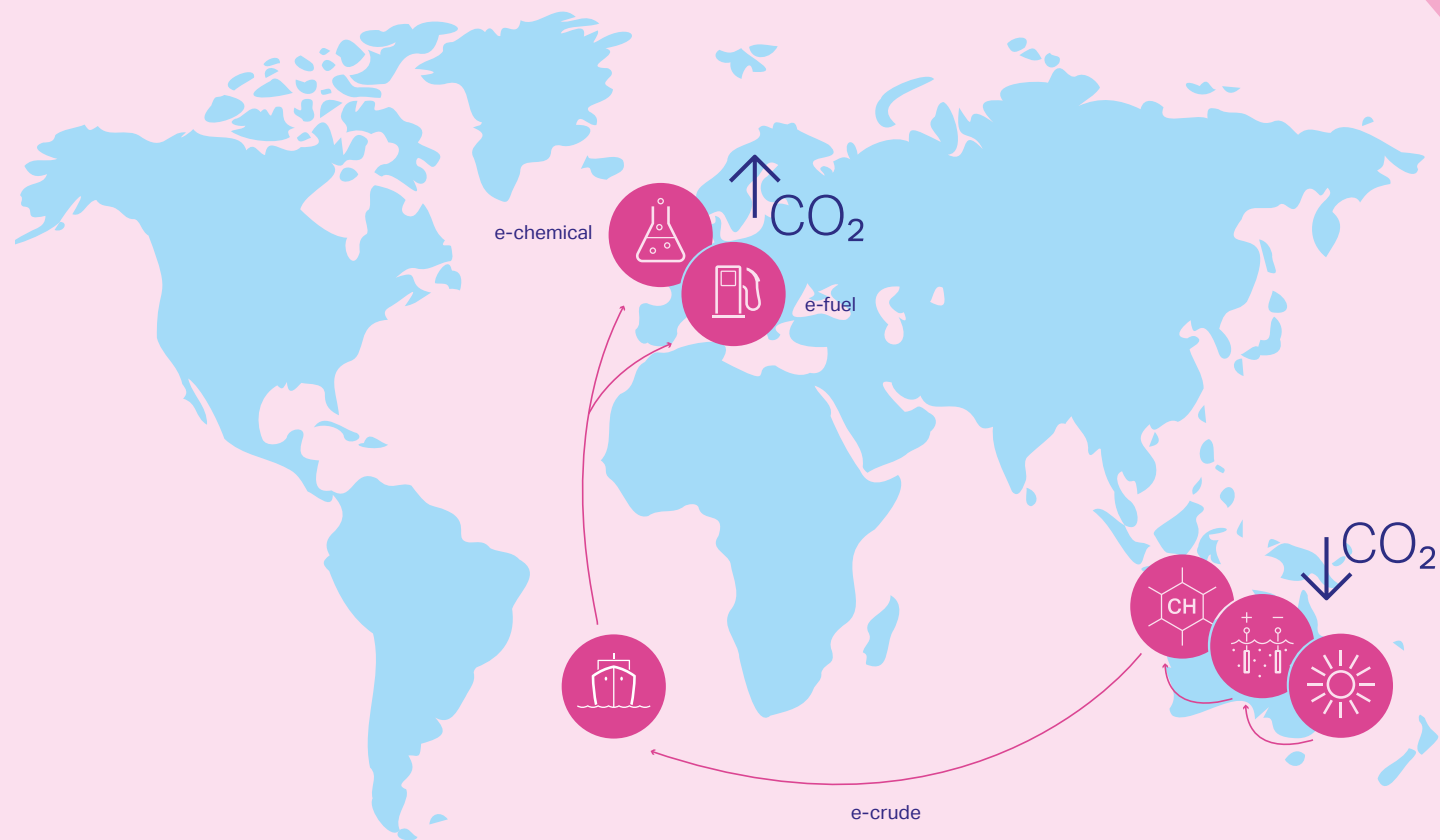
Simulationsmodelle für LCE

Mögliche Umweltauswirkungen werden so im Vorfeld taxiert und durch Auswahl geeigneter Technologien möglichst minimiert. „Solche Abschätzungen können wir beispielsweise auf Basis von physikalischen Simulationsmodellen durchführen“, sagt Binder. Entsprechende Erfahrungen hat IAV jahrzehntelang beim Automotive Engineering gesammelt, wo mithilfe von Simulationen unter anderem Emissionen von Verbrennungsmotoren im realen Kundenbetrieb berechnet wurden.

Verlagerung negativer Umweltauswirkungen

Ungewollte Verlagerung der negativen Auswirkungen von CO₂ (Klimawandel) in andere Bereiche der Umwelt (Wirkungskategorien) anhand eines Beispiels.





Wege aus der fossilen Energie

E-fuels können einen noch größeren Mehrwert liefern, wenn sie nicht verbrannt werden. E-chemicals wie z. B. synthetisches Methanol lassen sich auch als Grundstoff in der chemischen Industrie nutzen, unter anderem um Kunststoffe zu fertigen. Ob e-fuels oder e-chemicals hergestellt werden sollen, hängt vom Anwendungsfall ab. Als regenerativer Grundstoff aus Wasser und Kohlendioxid bietet e-crude grundsätzlich beide Optionen,

wodurch es in der Lage ist, fossiles Rohöl und Erdgas in seinen Eigenschaften zu ersetzen. Da grüner Strom, insbesondere aus Sonne/Wind, ungleich verteilt ist, sind Energiespeicher und -transport im TWh-Maßstab vonnöten. Mit e-crude lassen sich enorme Mengen regenerativen Stroms verlustfrei und lange speichern und in flüssiger Form über weite Strecken einfach und kostengünstig auf dem Seeweg transportieren.

Im ersten Schritt führen die IAV-Expert:innen eine Hotspotanalyse gemäß den 16 Kategorien durch. „Die 16 Wirkungskategorien kann man eigentlich nicht miteinander vergleichen, daher muss man sie erst einmal vergleichbar machen“, so Binder. „Im nächsten Schritt sieht man sich konkrete Prozesse an und erkennt beispielsweise, dass zwei oder drei von ihnen besonders großen Einfluss auf den ökologischen Fußabdruck der Anlage haben.“ Sobald diese maßgeblichen Einflussfaktoren per Sensitivitätsanalyse erkannt sind, kann man nach technischen Verbesserungsmöglichkeiten oder Alternativen suchen – etwa dem Ersatz einer PEM-Elektrolyse durch eine Hochtemperaturelektrolyse oder der Verlagerung bestimmter Produktionsschritte an einen anderen Standort.

„Auf Basis dieser Szenarien gehen wir ins Gespräch mit unseren Kunden“, berichtet Binder. Diese müssen allerdings oft noch andere Randbedingungen berücksichtigen: „Vielleicht gibt es langfristige Liefervereinbarungen zu bestimmten Komponenten oder gar Rohstoffen? Dann ist unter Umständen zu überlegen, ob es für die Unternehmensstrategie langfristig sinnvoll ist, solche Verträge zu halten oder sich stattdessen lieber nach besseren Alternativen umzusehen.“

Zugriff auf IAV-Wissen

Lifecycle Engineering ist eine komplexe Herausforderung, die kein einzelner Experte und auch kein Team allein bewältigen kann. „Man braucht dafür den Zugang zu Wissen aus ganz unterschiedlichen Bereichen, wie Prozesstechnologien, Fertigungsprozessen, Rohstoffen“, so Dr. Panagiotis Grigoriadis, Teamleiter in der Abteilung Research and Technology. „Bei IAV haben wir z. B. Expert:innen für Elektrolyseure, Katalyse, aber auch Batterien – und diese Expertise inhouse zu haben, ist entscheidend für LCE!“ Zudem kann der Tech Solution Provider IAV Alternativen nicht nur benennen, sondern auch gesamthaft umsetzen – damit sich eine gut gemeinte Investition in CO₂-neutrale Technologien nicht nachträglich als umweltschädlich erweist.

Kontakt

emanuel.binder@iav.de
panagiotis.grigoriadis@iav.de
marc.sens@iav.de

Vorher wissen, was passiert

Ein neues IAV-Tool sagt die Ausfallwahrscheinlichkeit von Komponenten voraus. So können Hersteller entscheiden, was sinnvoller ist: eine Reparatur oder eine Verbesserung. Inspirationsquelle für die Entwicklung war die Medizin.

Keine Fahrzeugkomponente hält ewig, weil Verschleiß jede Lebensdauer begrenzt. Und manchmal treten Probleme auch häufiger und früher auf, als vom Hersteller erwartet. „So kann es beispielsweise vorkommen, dass eine Hochdruckpumpe schon nach 60.000 Kilometern ausfällt“, berichtet Kristina Luermann, Entwicklungsingenieurin im Bereich Applikation Dieselmotoren bei IAV. „Das ist nicht normal, sodass der Hersteller reagieren muss – mit einer Änderung der Pumpe oder einer Wartung in der Werkstatt.“

In dieser Situation wäre es hilfreich, wenn man die künftige Ausfallwahrscheinlichkeit einer Komponente berechnen könnte – denn aus ihr und der produzierten Stückzahl ergeben sich der künftige Bedarf an Ersatzteilen sowie die mit dem Problem verbundenen Kosten. Und nicht nur das: Kennt ein Fahrzeughersteller die Kosten einer Reparatur, kann er auch entscheiden, ob

es sich lohnt, Verbesserungen an der betroffenen Komponente vorzunehmen. Wären diese Investitionen deutlich höher als der finanzielle Aufwand für die Werkstattbesuche, lässt man die Technik besser so, wie sie ist. Anderenfalls wäre eine Verbesserungsmaßnahme sinnvoll.

Prognosen auf Grundlage bestehender Daten

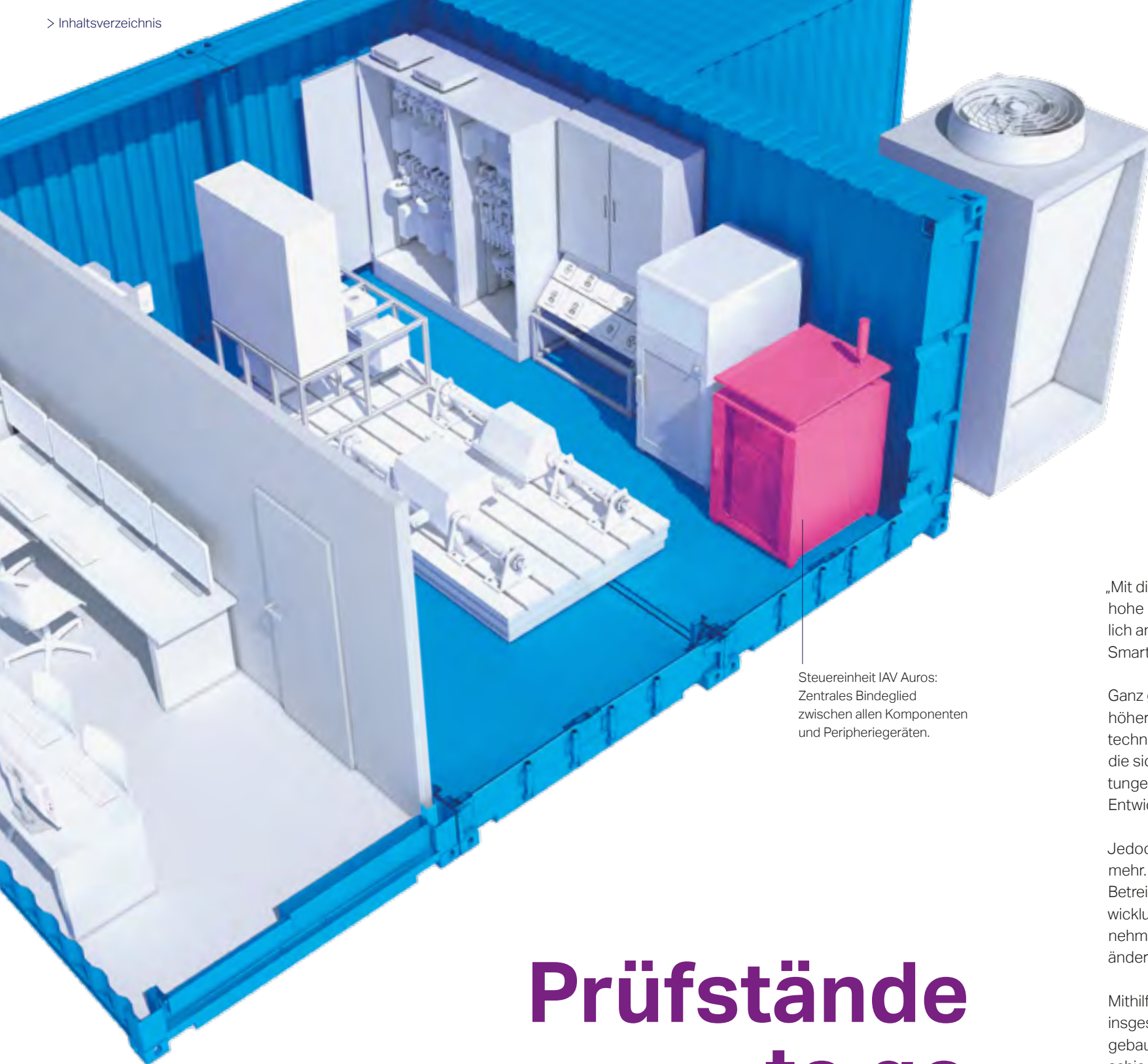
IAV hat ein Modell entwickelt und als Software implementiert, das solche Entscheidungen unterstützen kann. Auf der Grundlage existierender Werkstattdaten der aktuellen Baureihe sowie entsprechender Werte der vorherigen Baureihen berechnet das Tool die Ausfallwahrscheinlichkeit von Komponenten wie Hochdruckpumpen, Abgastemperatur- oder NO_x-Sensoren. „Neue Informationen muss ein Fahrzeughersteller dafür nicht erheben“, erklärt Luermann, die das Tool entwickelt und programmiert hat. „Wir verwenden Werkstattdaten, die den OEMs ohnehin vorliegen.“ Die Prognosen lassen sich auch für einzelne Märkte durchführen, um regionale Besonderheiten erfassen zu können.

Die IAV-Eigenentwicklung startete im Dezember 2021 und wurde an einer Baureihe eines deutschen OEM getestet. Die Datengrundlage bildeten Meldungen, die bestimmten Schadensschlüsseln im Motorbereich zugeordnet waren. In Zukunft soll das Skript zu einem Tool weiterentwickelt werden, inklusive eines benutzerfreundlichen User-Interface. Inspiriert wurde Kristina Luermann von Arbeiten aus der Epidemiologie: Mit ähnlichen Modellen schätzt man dort ab, wie viele Menschen in Zukunft an Krebs erkranken werden. Diese bewährte „Survival Analysis“ hat Luermann auf Fahrzeugkomponenten übertragen.

Die Methode soll Fahrzeugherstellern dabei helfen, künftig intelligentere Entscheidungen zu treffen. „Heute warten die OEMs ab, bis Kosten auflaufen. Das ist sehr teuer, weil man erst sehr spät reagiert“, sagt Malte Freymann, Leiter des Teams Applikation Dieselmotoren bei IAV. „Wir wollen den Herstellern deshalb ein besseres Radar zur Verfügung stellen.“ Damit die OEMs potenzielle Probleme und ihre Konsequenzen so früh wie möglich auf dem Schirm haben.

Kontakt

malte.freyman@iav.de
kristina.luermann@iav.de



Prinzip mobile PST: Mit dem von IAV entwickelten modularen Prüfstandkonzept lassen sich Mess- und Prüfeinrichtungen auf freien Flächen errichten und kundenindividuell anpassen. Das innovative Modell reduziert Servicezeiten, spart Investitionskosten und hilft, Projektpläne bedarfsgerecht aufzusetzen.

Steuereinheit IAV Auros:
Zentrales Bindeglied
zwischen allen Komponenten
und Peripheriegeräten.

„Mit diesem Ansatz können Servicezeiten signifikant gesenkt, hohe Investitionskosten vermieden und Projektpläne zweckdienlich angepasst werden“, erläutert Sven Hönicke, Abteilungsleiter Smart Test Factory Stollberg bei IAV.

Ganz gleich, ob es um steigende Antriebsleistungen, immer höhere Drehzahlen oder anderes geht – aufgrund der rasanten technischen Entwicklungen gibt es einen permanenten Bedarf, die sich verändernden Anforderungen an Prüf- und Testeinrichtungen im Bereich der E-Mobilität anzupassen, um Kunden bei Entwicklungsprojekten zielgerichtet zu unterstützen.

Jedoch existieren langfristige Abschreibungszeiträume nicht mehr. Anders als noch vor Jahren scheuen heute zahlreiche Betreiber:innen von Prüfzentren Kosten für Investitionen, da Entwicklungsprojekte selten mehr als fünf Jahre Zeit in Anspruch nehmen und sich die Anforderungen projektabhängig stark ändern können.

Mithilfe mobiler Prüfstände lassen sich Kundenbedürfnisse insgesamt besser erfüllen. Prüfeinrichtungen in eigens dafür umgebauten Transportcontainern können zeitlich flexibel an unterschiedlichen Orten errichtet und nach Beendigung der Untersuchungen ohne Aufwand zurückgebaut werden. Die Anmietung ist über einen begrenzten Zeitraum von wenigen Monaten bis zu mehreren Jahren möglich.

Stromanschluss und passende Stellfläche

„Diese Prüfmöglichkeiten können vor Ort genau dort und dann eingesetzt werden, wo und wenn ein Bedarf entsteht“, sagt Jens Liebold, Business Model Engineer bei IAV. „Die erforderliche Infrastruktur beschränkt sich auf eine passende Aufstellfläche und einen Stromanschluss.“

Ein typischer Aufbau eines mobilen Prüfzentrums („Test bench in the box as a service“) von IAV zeigt drei modulare Segmente: die eigentliche Prüfkammer mit Mess- und Regeleinrichtungen, die Messwarte beziehungsweise den Bedienraum und die Schnittstellen zur technischen Gebäudeausrüstung.

Die zentrale Steuereinheit des mobilen Prüfstands bildet IAV Auros. Im Umfang einer kompakten Vitrine bietet die Anlage alle für die Untersuchung von Hochvolt-Komponenten benötigten Elemente, beispielsweise Automatisierungs-PC, Sicherheitseinrichtungen und Spannungsversorgung. IAV Auros ist das zentrale Bindeglied zwischen allen Teilen und Peripheriegeräten und kann weitere Komponenten in den Prüfkreislauf integrieren.

Dank einer eigens entwickelten Software, die auch auf IAV-eigenen Prüfständen verwendet wird, lässt sich IAV Auros wie ein konventioneller Prüfstand bedienen. Die Software erlaubt die Vorgabe aller Testparameter, kann Systeme wie Steuergeräte, Ölpumpe oder Ventilator ansprechen und sämtliche Testaufgaben automatisieren.

Road-to-Rig: Entwicklungszeit und Ressourcen optimal nutzen

Angesichts deutlich kürzerer Entwicklungszyklen bei Fahrzeugen – und insbesondere bei Software – sind bedarfsgerechte und schnelle Lösungen mehr denn je geboten. Mit Blick auf Entwicklungszeit und Kosten verlagern OEMs zunehmend Prüfaufgaben von der Straße zurück ins Labor („road-to-rig“). Als Tech Solution Provider trägt IAV dieser Entwicklung mit neuen Kapazitäten Rechnung.

„Neue Testaufgaben, breit gefächerte Anforderungen an Kanalanzahl, Leistungen und Automatisierung der Versuchsabläufe stellen alltägliche Herausforderungen dar“, so Konrad-Fabian Wittwer, Produktmanager Prüf- und Messsysteme bei IAV. „Der Schlüssel zum Erfolg sind Modularität und Skalierbarkeit in allen Dimensionen.“

Kontakt

sven.hoenicke@iav.de
konrad-fabian.wittwer@iav.de

Prüfstände to go

Mit dem Wandel der Automobilität verändern sich auch die Anforderungen und Kundenbedürfnisse im Bereich Testing. Ein sich stabilisierender Trend ist das bedarfsgerechte Leasing von Mess- und Prüftechnik. IAV hat ein Konzept entwickelt, mit dem Prüfstände mobil und modular nutzbar werden – dort, wo der Kunde sie braucht.

Abwärme intelligent nutzen

Egal ob Wasserstofffahrzeug, Hybridfahrzeug oder E-Auto: Wärme ist der unvermeidliche Begleiter der Fortbewegung. Manchmal stört sie, in vielen Fällen lässt sie sich aber auch intelligent nutzen. „Entscheidend ist in jedem Fall, dass dabei die Besonderheiten der unterschiedlichen Antriebstechnologien berücksichtigt werden“, sagt Marc Sens, Fachbereichsleiter Powertrain Research and Technology bei IAV. Für das Wiener Motorensymposium hatte IAV deshalb untersucht, wie sich das Thermomanagement von Fahrzeugen mit batterieelektrischem Antrieb, Brennstoffzelle sowie mit Wasserstoffverbrennungsmotor optimieren lässt.

Die meisten Erfahrungen haben Entwickler in den vergangenen Jahrzehnten naturgemäß mit Verbrennungsmotoren gesammelt. Hier steht viel Abwärme zur Verfügung, die beispielsweise für die Heizung des Fahrzeugs eingesetzt werden kann. Zugleich muss aber auch sichergestellt sein, dass noch genügend Wärmeenergie für den Betrieb der Abgasnachbehandlungsanlage übrig bleibt.

In der Natur behelfen sich Bienen mithilfe trickreicher Methoden bei der Be- und Entlüftung ihrer Behausungen. Was in Bienenstöcken die Grundlage für Leben und Fortpflanzung bildet, ist auch für die Antriebsentwicklung von größtem Interesse. IAV nutzt die ausgeklügelte Methodik der Insekten, um die Wärmeströme im Fahrzeug künftig noch effizienter zu steuern.

In Wien hat IAV eine Lösung vorgestellt, die ein Wärmerückgewinnungssystem mit einem Kühlsystem auf Basis von Phasenwechselkühlung kombiniert. „Dadurch können wir sowohl aus dem Abgas als auch aus dem Kühlsystem Abwärme gewinnen“, sagt Dr. Alexander Fandakov, Projektingenieur im Team Powertrain Research and Technology bei IAV. „So haben wir eine optimale Balance von Motoreffizienz und Abgastemperatur erreicht – und damit auch die Zero-Emission-Konformität des Antriebs.“ Nur dadurch bleibt der Wasserstoffverbrenner auf Augenhöhe mit seinen beiden Konkurrenten – dem Batterie- und dem Brennstoffzellenantrieb –, die per definitionem keine Emissionen verursachen.

Brennstoffzelle: effizienter, langlebiger und kleiner

Beim Brennstoffzellenantrieb hat IAV erstmals eine Wassereinspritzung auf der Lufteinlassseite untersucht. So lässt sich die verdichtete Luft ohne Ladeluftkühler abkühlen. „Zudem ist sie dadurch feuchter, was die Lebensdauer der Brennstoffzellenmembran verlängert und die Effizienz des Systems leicht verbessert“, berichtet Fandakov.

Auch die Kühlung der Brennstoffzellen wurde optimiert, die im Vollastbetrieb immerhin bis zu 60 Prozent der Gesamtenergie abführen muss. Das Kühlwasser durchströmt keinen klassischen Radiator mehr, sondern gibt seine Wärme in einem Phasenwechselkühler ab. „Infolge des Phasenwechsels, den das Kühlmittel erfährt, und der damit einhergehenden Verbesserung des Wärmeübergangs im Kühler kann dieser viel kleiner als ein klassischer Luftkühler sein“, so Fandakov. „Dadurch lösen wir die bestehenden Packaging-Probleme: Für die Studie haben wir uns einen 40-Tonnen-Lkw angesehen, und dank des neuen Ansatzes beansprucht die Kühlung trotz größeren Kühlbedarfs bei vergleichbarer Leistungsdichte nicht mehr Raum als heute in einem konventionellen Diesel-Truck.“

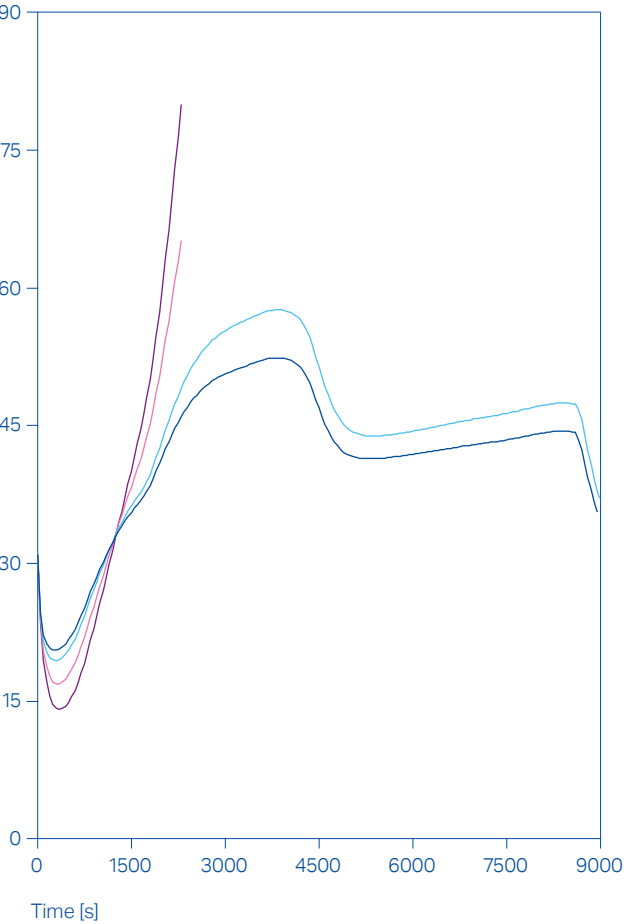
Längere Batterielebensdauer

Gezielte Optimierungen des Batteriekühlsystems ermöglichen eine Verringerung der Modul-Temperaturen beim Schnellladen und verlängern die Batterielebensdauer.

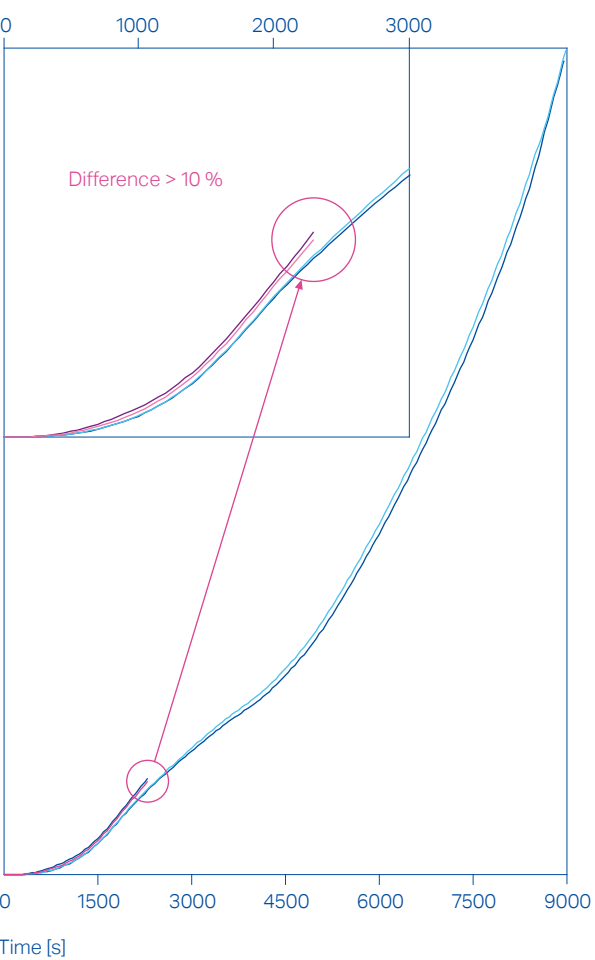
- Group Plate, Module 2
- Group Plate, Modules 1/3
- Module Plate, Modules 1/2/3
- Sidewall, Modules 1/2/3

500 kW Charging @ 800 V

Module Temperature [°C]



Ageing



BEV: höhere Effizienz und verlängerte Lebensdauer

Besonders anspruchsvoll ist das Thermomanagement bei batterieelektrischen Antrieben. Denn einerseits steht hier nur sehr wenig Abwärme zur Verfügung, andererseits muss aber neben dem Fahrgastraum auch die Batterie in einem bestimmten Temperaturbereich gehalten werden. „Darum haben wir uns sehr intensiv mit batterieelektrischen Antrieben beschäftigt“, sagt Fandakov. „Wir wollten vor allem aufzeigen, wie groß das Potenzial des Thermomanagements in puncto Effizienz und Lebensdauer noch ist.“

Erstmals haben die IAV-Experten die Berechnung der Batteriekühlung direkt mit der Entwicklung der Batteriealterung gekoppelt. Eine Änderung des Kühlsystems führte auf diese Weise sofort zu einer Änderung der Lebensdauer. „Dabei hat sich gezeigt, dass man mit einer intelligenten Kühlung nicht nur das Laden mit 500 Kilowatt ermöglichen kann – auch die Alterung wurde spürbar verlangsamt“, so Fandakov. „Zudem haben wir für Komponenten wie E-Maschine oder Inverter eine Phasenwechselkühlung eingesetzt. Dank einer höheren Temperatur des Kühlmediums von 80 statt 60 °C konnten wir mehr Abwärme in einem Wärmespeicher auf Basis von Phasenwechselmaterialien (Phase Change Materials, PCM) speichern.“ Sie diente wiederum dazu, die Batterie optimal auch bereits vor Fahrbeginn zu konditionieren – was die Effizienz verbessert und die Lebensdauer verlängert hat. Klar ist, es lohnt sich eben sehr, schon früh ans Thermomanagement zu denken.

Kontakt

marc.sens@iav.de
alexander.fandakov@iav.de

Von den Bienen abgeschaut – Thermomanagement im Antriebsstrang

Im Vergleich: Wärmeregulierung im Bienenstock

Bienenstockheizung im Winter

- Luftabdichtung: Bienen dichten Risse und Spalten im Bienenstock mit Kittharz ab.
- Clustering: Verringerung der Körperoberfläche der Bienen, die Kaltluft ausgesetzt ist. Verschluss der Belüftungskanäle des Stocks.
- Endothermische Erwärmung: Muskelkontraktionen kombiniert mit Fächeln der Flügel zur Belüftung der erwärmten Luft.

Bienenstockkühlung im Sommer

- Belüftung: Flügelfächeln.
- Hitzeschild: Bienen absorbieren Wärme mit ihrem Körper und leiten die gespeicherte Wärme in gut gekühlte Bereiche des Bienenstocks.
- Verdunstungskühlung und Feuchtigkeitskontrolle: Bienen tragen Wasser in ihrem Körper, spucken es in den Bienenstock und sorgen durch das Fächeln der Flügel für die Zirkulation von kühler, feuchter Luft.

„Von Insellösungen zur virtuellen Produktentwicklung“

IAV vernetzt seine Tool- und Modelllandschaft. Mit der neuen „Digital-Twin-Plattform“ lassen sich digitale Modelle über fest definierte Schnittstellen und alle Domänen hinweg miteinander verbinden. Im Interview erklären Dr. Mirko Leesch, Fachbereichsleiter Powertrain Systems, Dr. Stephan Adelberg, Entwicklungsingenieur in der Abteilung Functions & Simulation, und Dr. Konrad Exner, Entwicklungsingenieur im Digital Lab, was hinter dem neuen Ansatz steckt.

Warum haben Sie begonnen, die Digital-Twin-Plattform aufzubauen?

Dr. Mirko Leesch: Neue Technologien verändern die Automobilbranche rasant – und mit ihr auch den Markt für Entwicklungsdienstleister wie IAV. Die Fahrzeughersteller wollen immer komplexere Themen outsourcen, sodass wir zunehmend in die Position eines OEM kommen. Wenn wir auch in Zukunft erfolgreich sein und Marktführer in Deutschland bleiben wollen, müssen wir diese Komplexität beherrschen und entsprechende Projekte effizient bearbeiten.

Welche Rolle spielen digitale Modelle dabei?

Dr. Stephan Adelberg: Digitale Modelle und einzelne Modellketten für die verschiedenen Fahrzeugdomänen beschleunigen schon heute die Entwicklungsprozesse. Für eine Co-Simulation lassen sich mehrere Subsysteme über Schnittstellen miteinander verknüpfen, wobei für jede Komponente eine spezielle Simulationssoftware zum Einsatz kommt. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise Digitale Zwillinge von Getrieben mit Modellen für Motor und Abgasnachbehandlung koppeln. Allerdings stößt dieser Ansatz noch an Grenzen: Es ist heute beispielsweise nur bedingt möglich, den Austausch von Subsystemen und Modellen nahezu unabhängig von Simulationssoftware und Modellierungsansatz effizient und mit geringem Aufwand umzusetzen.

Was wird sich durch die Digital-Twin-Plattform ändern?

Leesch: Unsere Modelle für die einzelnen Domänen sind schlüssig, konsistent und erprobt. Im nächsten Schritt wollen wir diese Inseln beziehungsweise Ketten nun miteinander verbinden. Ziel ist es, Digitale Zwillinge domänenübergreifend und durchgängig nutzen zu können – vom ersten Konzept bis zum Serienstart. So kommen wir von Insellösungen zur durchgängigen, virtuellen Produktentwicklung. Für unsere Zukunft ist das essenziell, denn nur durch die Vernetzung unserer Tool- und Modelllandschaft werden wir komplexe Projekte schnell und effizient bearbeiten können.

Warum entwickelt IAV eine eigene Lösung und nutzt keine marktgängigen Produkte?

Dr. Konrad Exner: Es gibt tatsächlich fertige Lösungen auf dem Markt, mit denen sich Modelle domänenübergreifend verknüpfen lassen. Für die Anforderungen von IAV sind sie als verbindende Plattformen aber nicht geeignet. Denn als Entwicklungsdienstleister müssen wir je nach Kunde und Projekt mit unterschiedlichen Tools und Ablagesystemen arbeiten. Hinzu kommen spezielle rechtliche Rahmenbedingungen: Bei uns gilt strikte Mandantentrennung, und wir arbeiten konsequent nach dem Need-to-know-Prinzip.

Adelberg: Deshalb haben wir damit begonnen, unsere eigene Digital-Twin-Plattform zu entwickeln. Sie besteht aus einzelnen Bausteinen, die bestimmte Entwicklungsschritte generisch beschreiben und denen digitale Modelle sowie Metainformationen wie beispielsweise Titel, Anwendungsfall, Schnittstelle und Ansprechpartner:in zugeordnet werden. Ihre In- und Outputs sind exakt definiert, sodass sich die Bausteine problemlos und durchgängig zu immer komplexeren Systemen verbinden lassen.

Woraus besteht die Digital-Twin-Plattform?

Exner: Intern besteht sie aus vier Ebenen: Basis ist der Zugriff auf Datenbanken und andere Informationsquellen, gefolgt von einer Integrationsschicht für die einzelnen Datensilos. Darüber liegt die semantische Schicht, die die logische Beziehung zwischen den Datensätzen beschreibt und die Intelligenz des Bausteins enthält. Auf der obersten Ebene folgt das Frontend für den Benutzer. Die Bausteine sind getrennt von den Modellinformationen, wodurch das Need-to-know-Prinzip gewahrt ist. Sie werden immer wieder verwendet und im Lauf der Zeit ständig optimiert.

Was haben IAV-Kunden von der neuen Plattform?

Leesch: Sie werden von einer höheren Geschwindigkeit und einer höheren Qualität in der Entwicklungsphase, aber unter anderem auch während der Angebotsphase profitieren. Die Machbarkeit des neuen Ansatzes ist konzeptionell durch eine Anforderungsaufnahme und ein Mock-up bereits belegt. Jetzt gehen wir die nächsten Schritte unter Volldampf an: die Entwicklung eines „Proof of Concept“ mit einem komplexen Kundenprojekt. Das Interesse ist groß: Es gibt bereits weitere Kunden, die unsere neue Plattform in IAV-Projekten nutzen möchten.

Kontakt

mirko.leesch@iav.de
stephan.adelberg@iav.de
konrad.exner@iav.de



Dr. Mirko Leesch



Dr. Stephan Adelberg



Dr. Konrad Exner

IAV hat die virtuelle Entwicklung in einer neuen Abteilung zusammengefasst. Durch die Bündelung des Know-hows sollen Prozesse verkürzt und der Anteil der Virtualisierung soll gesteigert werden. Ziel ist es, mit einem hohen Digitalisierungsgrad und automatisierten Entwicklungsmethoden neue Maßstäbe zu setzen.

Aus einem Guss

Bisher fand die virtuelle Entwicklung von Hardwarekomponenten wie Motoren, E-Achsen, Batterien oder Thermomanagementsystemen getrennt voneinander in den einzelnen Fachbereichen statt. Seit Anfang des Jahres ist sie in einer eigenen Abteilung mit rund 50 Mitarbeitern zusammengefasst. Das verbessert die Methodenkompetenz, weil es im neuen Team für jedes Thema mehrere Experten gibt, die sich gegenseitig befruchten können – beispielsweise bei CFD-Simulationen, Festigkeitsuntersuchungen oder thermischen Fragestellungen.

„Unser Ziel ist es, immer mehr Komponenten bis zu einer gewissen Baustufe rein virtuell freizugeben“, erklärt Ronny Mehnert, der Leiter der neuen Abteilung. „Dazu brauchen wir im Team eine breite Expertise und müssen auch verstehen, wie die einzelnen Systeme im Fahrzeug zusammenspielen.“ Statt für Themen wie Fluidodynamik, Haltbarkeit oder NVH weitgehend unabhängig voneinander Modelle aufzubauen, sollen die erforderlichen Schnittstellen zwischen den Bereichen von Anfang an ausreichend berücksichtigt werden. „Dadurch werden wir schlagkräftiger und effizienter“, so Mehnert. „Außerdem können wir so die Virtualisierung weiter voranbringen und Versuche einsparen.“

Hinzu kommt: Komponenten werden heute in der Regel nicht nur für ein einziges Fahrzeug entwickelt – stattdessen sind bei Batterien oder Antriebssträngen Lösungen für ganze Fahrzeugplattformen gefragt. „Durch die virtuelle Vorentwicklung können wir schon früh Aussagen beispielsweise über die Stabilität der Antriebe, ihre Lebensdauer oder die elektromagnetische Verträglichkeit treffen“, sagt Mehnert.

Je nach Thema unterschiedliche Confidence-Level

Noch ist die Technik aber nicht so weit, dass sich alle realen Versuche durch Simulationen ersetzen lassen. Besonders gut gelingt das bereits in den Bereichen Festigkeit/Steifigkeit, Thermomechanik, Arbeitsgas/Strömung sowie Kühlmittel/Strömung. Einen deutlich niedrigeren Confidence Level erreicht die virtuelle Absicherung bei Themen wie Bruchmechanik, Verschleiß und Reibung. „Bei Fragen rund um die Haltbarkeit von Komponenten spielen viele chemische und physikalische Eigenschaften eine wichtige Rolle“, erklärt Mehnert. „Hier wird es voraussichtlich noch lange dauern, bis man keine Versuche mehr benötigt.“

Eine rein virtuelle Freigabe von Bauteilen wird es darum in absehbarer Zeit nicht geben. Durch die Interaktion von Konstruktion, Versuch und virtueller Entwicklung wollen die Ingenieure in Zukunft jedoch deutlich schneller werden. Außerdem wird sich der Charakter der verbleibenden realen Tests verändern. „Standardversuche werden wir immer mehr durch virtuelle Methoden ersetzen“, so Mehnert. „Dafür wird die Bedeutung von Spezialversuchen zunehmen. Für sie benötigen wir ebenfalls unsere virtuelle Kompetenz, um die Versuchsbedingungen wie etwa den Prüfzyklus zu definieren.“

IAV-Kunden verspricht die Bündelung der virtuellen Entwicklung verkürzte Entwicklungsprozesse und die umfassende Sicht auf alle Systemkomponenten im Antriebsstrang und deren Optimierung. Zudem führt eine stärkere Virtualisierung in frühen Entwicklungsphasen später zu weniger Herausforderungen im Feld. Und schließlich schafft der neue Ansatz die Voraussetzungen dafür, dass IAV an neue Themen wie autonomes Fahren mit innovativen Denkansätzen herangehen kann.

Als Tech Solution Provider will IAV mit ganzheitlichen, premiumgerechten Lösungen überzeugen und Technologien vollständig und mit allen relevanten Funktionen in Serie bringen.

„Dafür brauchen wir modernste Entwicklungstechnologien, die wir von der ersten Idee bis zum Produktionsbeginn durchgängig einsetzen können“, fast Mehnert zusammen. „Sie sind auch nicht auf den Automotive-Bereich beschränkt: Die virtuelle Entwicklung lässt sich auch in den Bereichen Bahn, Schiff oder Flugzeug nutzen.“

Kontakt

ronny.mehnert@iav.de

Beam me up.

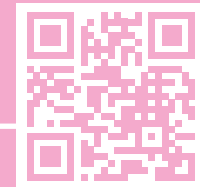
Fahren, fliegen – oder sogar beamen?

Wer wissen will, wie wir in Zukunft unterwegs sein könnten, steigt jetzt ein: bei unseren IAV-Trend-Experten. Wir nehmen Sie mit in die Mobilitätswelt von morgen:

iav-futurebook.com

IAV-Termine: Treffen wir uns?

Aktuelle Updates zu den Terminen finden Sie auf unserer Website iav.com/events.



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 Robin Kittelmann, Andreas Cremer **Mitarbeit** Christian Buck, fischerAppelt **Gestaltung** Meis Design
Alle Rechte vorbehalten **Bildnachweise** Sonja Hornung; Grigori Yalukov, iStock; Steffen Junghanß; axlll, iStock; tashechka, iStock; aquariagirl1970, Adobe Stock; **Druck** K+L PrintMedia GmbH

Folgen Sie uns in den sozialen Medien



„Wir bräuchten
mehr Engagement
in der Forschung –
auch und insbe-
sondere von den
OEMs. Und den Mut,
unsere Ideen in die
Industrialisierung
zu bringen.“

Michael Clauß, Senior-Fachreferent für Batteriesysteme bei IAV