

A3PS-POSITIONSPAPIER „F&E-BEDARF 2019+“

Wien, Juni 2019

INHALT

Einleitung	1
A3PS – Austrian Association for Advanced Propulsion Systems	2
Kurzfassung	3
Ausblick auf Technologieentwicklung und Forschungsbedarf	4
Battery Electric Vehicles	4
Fuel Cell Vehicles	6
Internal Combustion Engines	8
Fahrzeugkonzepte der Zukunft	9
ANHANG: Forschungsbedarf 2019+	12
F&E-Bedarf: Battery Electric Vehicles	12
F&E-Bedarf: Fuel Cell Vehicles	13
F&E-Bedarf: Internal Combustion Engines	14
F&E-Bedarf: Leichtbau	16
F&E-Bedarf: Innovative Produktionstechnologien & Digitalisierung der Prozesse	16
F&E-Bedarf: Digitalisierung & Automatisierung in Fahrzeugen und Infrastruktur	17
F&E-Bedarf: Emissionsreduktion von Fahrzeugkomponenten und -Systemen, die nicht Teil der Verbrennungskraftmaschine sind	18
Gewünschte Förderinstrumente	19

EINLEITUNG

Das vorliegende A3PS-Positionspapier „F&E-Bedarf 2019+“ schließt an jenes aus dem Jahr 2018 an und fasst derzeit erkennbare Entwicklungen und Trends, sowie die Schwerpunktsetzungen der industriellen und wissenschaftlichen Mitglieder der A3PS zusammen und gibt einen Überblick über den F&E-Bedarf in den kommenden Jahren und die notwendigen F&E-Aktivitäten zur Stärkung des Standorts Österreich.

Die Stellungnahmen der A3PS-Mitglieder decken folgende Bereiche rund um den Fahrzeug-Antriebsstrang ab:

- E-Fahrzeuge mit Batterie und/oder Brennstoffzellen (Wasserstoff),
- Verbrennungskraftmaschinen, Hybridfahrzeuge, innovative Treibstoffe,
- Innovationen in der Werkstofftechnologie und in Produktionsprozessen,
- Automatisiertes Fahren.

Das Positionspapier dient einerseits der Koordinierung der A3PS-Mitglieder und der Identifizierung möglicher Synergien. Andererseits unterstützt es die Ausrichtung von nationalen F&E-Aktivitäten sowie technologiapolitischen Impulsen, gewissermaßen als Ergänzung zu jenen Schwerpunkten, die auf europäischer Ebene gesetzt werden.

Als „lebendes Dokument“ wird das Positionspapier regelmäßig auf Aktualität überprüft bei Bedarf überarbeitet.

Das Positionspapier ist online unter <https://www.a3ps.at/a3ps-position-papers> zum Download verfügbar.

A3PS – AUSTRIAN ASSOCIATION FOR ADVANCED PROPULSION SYSTEMS

A3PS ist eine strategische Partnerschaft von Technologiepolitik und Industrie- bzw. Forschungseinrichtungen. Ihre Aufgaben sind die Stimulierung, Stärkung und Koordination von F&E-Aktivitäten entlang des gesamten Innovationszyklus von fortschrittlichen, emissionsreduzierten und -freien Antrieben, innovativen Fahrzeugkonzepten und Produktionstechnologien. A3PS bietet Beratungs- und Informationsdienstleistungen und dient ihren Mitgliedern aus Industrie und Forschung und der Technologiepolitik als Plattform für Kooperation.

Die Mitglieder der A3PS organisieren sich in vier Arbeitskreisen, die zu vorliegendem Dokument jeweils Positionen, Trends und F&E-Bedarf erarbeitet haben.

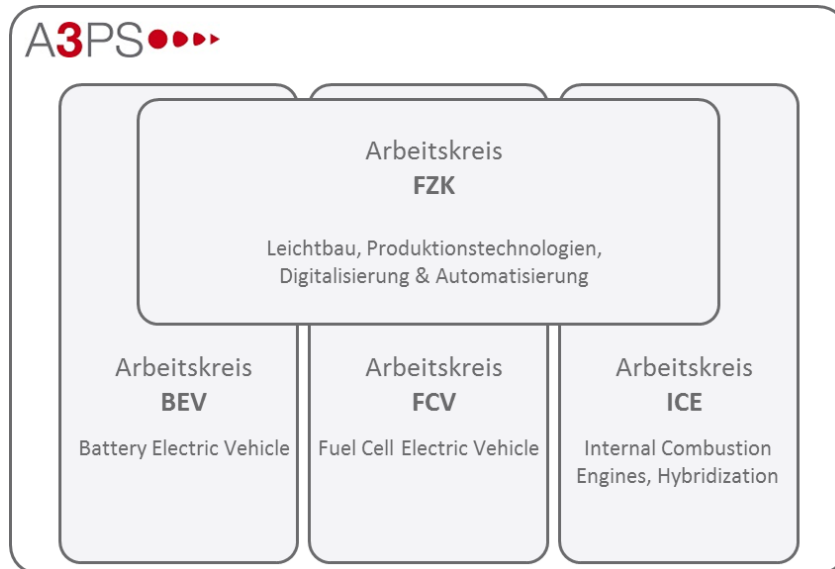


Abbildung 1: Übersicht über die vier A3PS Arbeitskreise

BEV – BATTERIEELEKTRISCHE ANTRIEBSSTRÄNGE

Der Arbeitskreis BEV macht sich eine stabile, wissenschaftliche und aufklärende Öffentlichkeitsarbeit zur Aufgabe, wird Stärken und Schwächen der BEV analysieren und aus den derzeitigen Schwächen den Forschungs- und Entwicklungsbedarf aufzeigen. (Leiter: Dr. Eilenberger, Miba)

FCV – ANTRIEBE MIT BRENNSTOFFZELLEN, WASSERSTOFFVERSORGUNG

Im Arbeitskreis FCV werden neben Fragestellungen zu Brennstoffzellenfahrzeugen auch Wasserstoffproduktion, -infrastruktur und -speicher berücksichtigt, da nachhaltige Produktion, Preis und Verfügbarkeit von Wasserstoff den Erfolg von Antrieben mit Brennstoffzellen wesentlich beeinflussen (Leiter: Dr. Trattner, HycentA)

ICE – EMISSIONSARME VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN

Der Arbeitskreis ICE setzt sich die Erstellung eines Positionspapiers mit dem aktuellen F&E-Bedarf für den Zeitraum 2018-19 zum Ziel. Darin soll die Bedeutung der ICE-Forschung mit Argumenten wie Effizienz, CO₂-Neutralität und Emissionsfreiheit inkl. der Stärkefelder der jeweiligen Institutionen in Österreich erörtert werden. (Leiter: Dr. Prenninger, AVL)

FZK – FAHRZEUGKONZEPTE DER ZUKUNFT

Der übergreifende Arbeitskreis FZK hat mit Automatisierung (Fahrassistenzsysteme und automatisiertes Fahren), Leichtbau und Produktionstechnologien Anknüpfungspunkte zu allen der 3 anderen Arbeitskreise und nimmt sich dem Thema Systemsicht und Integration an. (Leiter: Dr. Nöst, IESTA)

KURZFASSUNG

Die **Elektrifizierung des Antriebsstrangs** von Fahrzeugen stellt eine herausragende Möglichkeit dar, die Mobilität energieeffizienter und schadstoffärmer zu gestalten. Das gilt sowohl für die Elektrifizierung mittels (Traktions-)**Batterie (BEV)** und für jene mit **Brennstoffzellen (FCEV)** als auch **Hybridfahrzeuge (HEV)**.

Das Fahrzeugesamtsystem und sämtliche Komponenten des elektrifizierten Antriebsstrangs des Elektrofahrzeugs (E-Motor, Batterie, Thermomanagement/Kühlsystem, Steuerung, Leistungselektronik) aber auch die Ladesysteme (Schnelllade-Infrastruktur!) werden derzeit in unterschiedlichen Typen, Varianten und Kombinationen eingesetzt. Auslegung und Optimierung der Teilsysteme hinsichtlich Effizienz, Langlebigkeit, funktionaler Sicherheit und fertigungstechnischer Eignung sowie Senkung der Herstellkosten sind die Aufgaben in Forschung und Entwicklung, um Produkte sicher, günstig und nachhaltig auf den Markt zu bringen.

Neben der Elektrifizierung des Antriebsstranges werden **Leichtbau** (Werkstoffe), Innovationen der **Produktionstechnologien** sowie die **Digitalisierung und Automatisierung** die entscheidenden Herausforderungen der nächsten Jahre für Industrie und Forschung sein. Neue Fertigungsverfahren (z.B. additive Fertigung) bieten hohes Potential, gleichzeitig gilt es, etablierte Technologien mit hohem Reifegrad weiterzuentwickeln. Die Digitalisierung der Produktion und der gesamten Wertschöpfungskette bis hin zu Test- und Genehmigungsverfahren wird über die Wettbewerbsfähigkeit entscheiden.

Die **Digitalisierung und Automatisierung im Fahrzeug und in der Verkehrsinfrastruktur** (IKT-basierte Assistenzsysteme, hoch automatisierte Fahrzeuge) erfordern hohen Einsatz an F&E, speziell in der Entwicklung von Software-Algorithmen (z.B. künstliche Intelligenz, Machine Learning) für Situationsbewertungen, die Mensch-Maschine-Schnittstelle und IT Security. Schließlich werden die Entwicklung, Etablierung und die Harmonisierung von Rahmenbedingungen und Normen von zentraler Bedeutung für Marktchancen sein.

Der Einsatz von **Verbrennungskraftmaschinen (VKM)** ist auch längerfristig in (Nutz-)Fahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen oder auch in stationären Anwendungen unumgänglich. Folglich ist auch hier hoher F&E-Bedarf gegeben, um das Ziel der Zero-Impact-Schadstoff-Emissionen erreichen zu können. Das betrifft u.a. die Wirkungsgradsteigerung und Optimierung der Thermodynamik der VKM, der Abgasnachbehandlung, der Hybridisierung oder der Getriebe, des Weiteren die Entwicklung von synthetischen Kraftstoffen (z.B. nachhaltige Biokraftstoffe) und ihrer Produktionstechnologien.

AUSBLICK AUF TECHNOLOGIEENTWICKLUNG UND FORSCHUNGSBEDARF

BATTERY ELECTRIC VEHICLES

Batteriebetriebene Elektrofahrzeuge (Battery Electric Vehicles, BEV) stellen eine herausragende Möglichkeit dar, die Mobilität energieeffizienter zu gestalten und zu dekarbonisieren bzw. defossilieren (sofern der verwendete Strom nachhaltig produziert wird) sowie den Schadstoffausstoß zu senken.

Sämtliche Komponenten (E-Motor, Getriebe, Batterie, Kühlsystem, Betriebsstrategie (Steuerung), Leistungselektronik, Spannungsebene, Ladesystem) des Elektrofahrzeugs werden derzeit in unterschiedlichen Varianten und Kombinationen eingesetzt. So werden z.B. mehrere Elektrifizierungsvarianten (BEV, FCV - Fuel Cell Vehicle, HEV – Hybrid Electric Vehicle) und Antriebssysteme angedacht.

Der Markt hat sich für den PKW Bereich auf das Konzept vollelektrischer Batteriefahrzeuge festgelegt. Inzwischen sind große Produktionsstückzahlen klar sichtbar und bei den OEMs und deren Zulieferbetriebe in der Serienvorbereitung beziehungsweise kurz vor dem Serienstart.

Derzeit verwendete Technologien in der Serienproduktion sind bei weitem unzureichend, um entsprechende CO₂ Ziele bei gleichzeitiger Kundenakzeptanz zu erreichen. Das hat zur Folge, dass hinsichtlich Funktionalität und Effizienz der Komponenten im Antriebsstrang und auch für Fertigungstechnik und Produktionsprozesse weitere Forschung und Entwicklungen nötig sind, um wettbewerbsfähige Produkte mit hohem Wirkungsgrad, niedrigem Ressourcenverbrauch, hoher Zuverlässigkeit und Lebensdauer sowie niedrigen Kosten liefern zu können.

Die österreichische Forschungslandschaft soll die Methoden und Daten für fundierte Entscheidungen der Industrie erarbeiten, um zukünftige Produkte sicher, günstig und nachhaltig auf den Markt zu bringen.

Im Folgenden wird auf einzelne Komponenten des BEV näher eingegangen.

SPANNUNGSEBENEN

Hochvoltsysteme mit Spannungsebenen im Bereich von 600-1000 V ermöglichen eine deutliche Steigerung der Leistung (notwendig zur Realisierung von High Performance EVs) aber auch zur Realisierung von ultraschnellem Laden eines Standard EV - ähnlich dem Tanken eines Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor. Auch ohne diese beiden „Features“ kann mit einer deutlich höheren Spannungsebene im klassischen BEV „state of the art“ ein Mehrwert generiert werden: Bei gleichbleibender Leistung kann durch das Anheben der Spannungsebene der Strom verringert werden, mit dem Vorteil geringerer Verluste im Zwischenkreis und in den Zuleitungen. Dadurch kann hochwertiges Kupfermaterial eingespart werden.

Dabei notwendige kosteneffiziente Isolationssysteme sind noch zu entwickeln, da bestehende und langjährig etablierte Isolationssysteme, wie z.B. aus dem Eisenbahn- und Straßenbahnsektor, für andere Applikationen mit anderen Anforderungen historisch entstanden sind und nicht die Wirkungsgrad- und Kostenanforderungen der Automobilindustrie erreichen.

Neue Entwicklungen der 48 V-Ebene können zur weiteren Effizienzsteigerung bzw. Dekarbonisierung eingesetzt werden, auch um den steigenden gesetzlichen Anforderungen bezüglich CO₂-Ausstoß nachzukommen: elektrischer Antrieb bei kurzen innerstädtischen Fahrten, Rekuperation, Antrieb von Nebenaggregaten hoher Leistung wie Klimakompressoren oder Servolenkung etc. Gleichzeitig kann z.B. in Hybridfahrzeugen die Fahrdynamik verbessert und die Leistung erhöht werden (Boosten, Torque Vectoring etc.). Zusätzlich bieten sich Lösungen für (teil-)automatisiertes Fahren an.

ELEKTROMOTOR, LEISTUNGSELEKTRONIK

Die Wahl des Maschinentyps (Asynchron-, Synchron-, Reluktanz-Motoren, etc.) sowie die Auslegung sind abhängig vom jeweiligen Einsatzzweck und u.a. von Preis-, Volumen- und Effizienzzielen. Höchste Wirkungsgrade sind wegen der Effizienz- und Reichweitenanforderungen gefordert. Unterschiedliche Bauformen werden hinsichtlich ihrer Eignung analysiert und optimiert. Das gilt für klassische Maschinen wie Innenläufer möglichst hoher Drehzahl oder Außenläufer mit hohem Drehmoment aber auch für innovative Neuerungen wie kompakte Scheibenläufer, den Planetenmotor der TU Wien, Axial- und Transversalflywheelmaschinen. Viel versprechend ist die

Entwicklung von direkt gekühlten Hochdrehzahlmaschinen mit sehr gutem Leistung-Volumen-Verhältnis, hier sind speziell Aufgabenstellungen im Getriebebereich (NVH, Schmierung, Lagerung, Wellenabdichtung, Schaltung (bei mehreren Übersetzungen), Verlustminimierung ...) und bei der direkten Flüssigkeitskühlung von Rotor und Stator ...) zu lösen.

Im Bereich der Leistungselektronik ist der Einsatz neuer Halbleitermaterialien (wie SiC oder GaN) von Interesse, die hohe Betriebstemperaturen zulassen und dadurch neue (günstigere) Kühlsystemlösungen erlauben.

Aufgrund der Vielzahl an Maschinentypen und Bauformen und Optimierungsparameter ist der F&E-Bedarf sehr hoch, hinsichtlich Auslegung und Optimierung des Motors (Kompaktheit, Leistungs- und Drehmomentdichte) und des Gesamtsystems (Motor – Umrichter – Steuerung und Kommunikation), hinsichtlich fertigungstechnischer Eignung und geringer Herstellungskosten (Wicklungen, Bleche, Materialien ...) sowie hinsichtlich der nötigen funktionalen Sicherheit.

BATTERIE, THERMOMANAGEMENT, LADESYSTEM

Batterietypen. Als große Herausforderung in der Entwicklung von elektrifizierten Fahrzeugen gilt der schnelle Wandel in der Batterietechnologie und der daraus resultierende Aufwand bzw. das steigende Risiko bezüglich der Schlüsselaspekte für die österreichische Zulieferindustrie: die sichere Integration von neuen Batteriezellen-Technologien – wie etwa hoch Ni-reiche Kathoden und Lithium(haltige) Anoden bei der konventionellen Lithium-Ionen-Technologie oder zukünftige All-Solid-State-Zellen –, die Früherkennung und Vermeidung von kritischen Fehlern im Batteriesystem und Antriebsstrang, die nötige Kompetenz (Zellchemie, Herstellprozess, Kostenstruktur) und Infrastruktur (Prüfstände für elektrische aber auch Abuse-, Misuse- und Umweltprüfungen) für die Entwicklung von optimalem Batteriemangement. Das ermöglicht auch, darauf aufbauend die notwendige Industrialisierungskompetenz und das damit einhergehende Qualitätsmanagement zu etablieren.

Für das wachsende Segment der EV-Trucks (zur Verringerung des Schadstoffausstoßes vor allem im innerstädtischen Bereich) ist der Einsatz von verteilten Batteriepacks nötig, um die hohe Leistung und Energie bereitzustellen. Dazu sind neue Ansätze in der Konstruktion und Steuerung von Batteriesystemen erforderlich.

Chancen liegen neben dem Fokus auf Entwicklung und Fertigung von Modulen oder Packs auch in der Batteriezellen-Produktion, daher ist eine Erweiterung der nötigen Kompetenzen in der österreichischen Industrie und Forschung unerlässlich.

Die Produktdefinition ist schwierig, wegen vielfältigen und teils gegenläufigen Anforderungen wie „Leistungsdichte – Schnellladen – Lebensdauer“ oder „kompakte Bauweise – Sicherheit“ oder „Komplexität – Kosten“. Auch hier ist Forschungsarbeit gefragt, um Grundlagen für fundierte Entscheidungen der Industrie zu ermöglichen.

Thermomanagement. Batterien, Leistungselektronik und Elektromotoren von E-Fahrzeugen benötigen ein komplexes thermisches Management, um Kälte und Hitze (z.B. beim Schnellladen) ohne thermische Schäden (Lebensdauer, frühzeitiges Abschalten, ...) zu überstehen. Die Schnellladefähigkeit wird seitens der OEMs immer mehr gefordert, woraus sich ein hoher Bedarf an neuen Ideen zur effizienten Kühlung mittels innovativer Wärmeübertrager ergibt, sowie auch Bedarf an neuen Fertigungsverfahren. Ergänzend sind neue „safety regulations“ zu erfüllen, welche erhöhte Anforderungen an die Komponenten stellen und dadurch neuartige Komponenten-Lösungen erfordern. Entstehende Abwärme ist über geeignete technische Prozesse (z.B. Wärmepumpen) nutzbar zu machen. Wärmespeicherkonzepte müssen entwickelt werden (v.a. auch unter Nutzung neuartiger chemischer Latent-Wärmespeicher, die Wärme ohne Verluste über beliebig lange Zeit vorhalten können).

Daraus ergibt sich ein hoher Forschungsbedarf an thermischen und regelungstechnischen Fragestellungen. Wesentlich dabei ist die Einbeziehung sämtlicher in energetischer Sicht relevanter Komponenten des Gesamtfahrzeugsystems (neben dem Energiespeicher und Antriebssystem insbesondere die Bereiche Klimatisierung, Kühlung und Konditionierungs- bzw. Betriebsstrategien). Das bedeutet auch, dass Steuergeräte und Software-Funktionen für bisher unabhängige Teilsysteme entweder zu einem zentralen Steuergerät zusammengefasst oder verstärkt miteinander vernetzt werden müssen.

Zusätzlich zur Entwicklung von intelligenten Energie- und Wärme- sowie Kühlungskonzepten sind modulare Thermalarchitekturen zu entwickeln, die verschiedenen Anwendungen (z. B. länderspezifische Erfordernisse),

Leistungsanforderungen (z.B. Leistungsstufen von E-Maschinen oder Schnellladung) und unterschiedlichen Komfortanforderungen gerecht werden. Hierzu benötigt man modulare Architekturen auf System- und Komponentenebene.

Die Realisierung von modularen Systemen, die zu Beginn einer Entwicklungsphase schnell zu einer Definition der effizientesten Systemarchitektur beiträgt, kann mittels skalierbaren Simulationsmodellen für die Einzelkomponenten unterstützt werden, vor allem, wenn zu Beginn der Entwicklung noch nicht alle Komponenten verfügbar sind.

Hier entsteht ein hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf bei der methodischen Entwicklung von skalierbaren thermischen Modellen für alle relevanten Komponenten und einem elektrifizierten Antriebstrang (E-Maschine, Inverter, Batterie).

Ladetechnologie. Beim Schnellladen von Fahrzeug-Traktionsbatterien wird über ein geeignetes Interface mittels Gleichspannung (DC) Energie mit hohen elektrischen Leistungen (typischerweise 100 kW und mehr)¹ übertragen. Alltagstauglichkeit und Anwenderfreundlichkeit sind für die Akzeptanz am Markt essentiell: kurze Ladezeiten, Komfortsteigerung im Ladevorgang (teilautomatisiert oder roboterunterstützt mit konventionellen Ladekabel, induktiv), standardisierte interoperable Schnittstellen, einfache Authentifizierung und Abrechnung ... Daraus ergibt sich einerseits F&E-Bedarf, andererseits der Bedarf einer weitgehenden Harmonisierung.

LIFE CYCLE ASSESSMENT

Die Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) erfasst und bewertet die Umweltauswirkungen (Ressourcen- und Energieverbrauch, THG- und Schadstoffemission, etc.) über den gesamten Lebensweg eines Produktes.

Bei Fahrzeugen mit alternativen Antriebskonzepten ist eine solche Analyse unbedingt erforderlich, da der Großteil der Emissionen oftmals nicht direkt am Fahrzeug emittiert wird. Die Batterieherstellung hat einen beträchtlichen Anteil an der Gesamtbilanz des BEV, maßgeblich sind die eingesetzten Materialien bzw. die Zellchemie und auch das Packaging der Batterie (Gehäuse, Management, Kühlung, etc.). Von großer Bedeutung ist auch die Energiebereitstellung (Anteil regenerativer Energieträger!) für Betrieb und Herstellung des Fahrzeugs und der Fahrzeugkomponenten.

Die Weiterverwendung von Komponenten (z.B. „second use“ von Batterien) und die Wiederverwendung von Rohstoffen ist ein entscheidendes Thema, v.a. wenn in Zukunft große Stückzahlen an E-Fahrzeugen produziert werden.

FUEL CELL VEHICLES

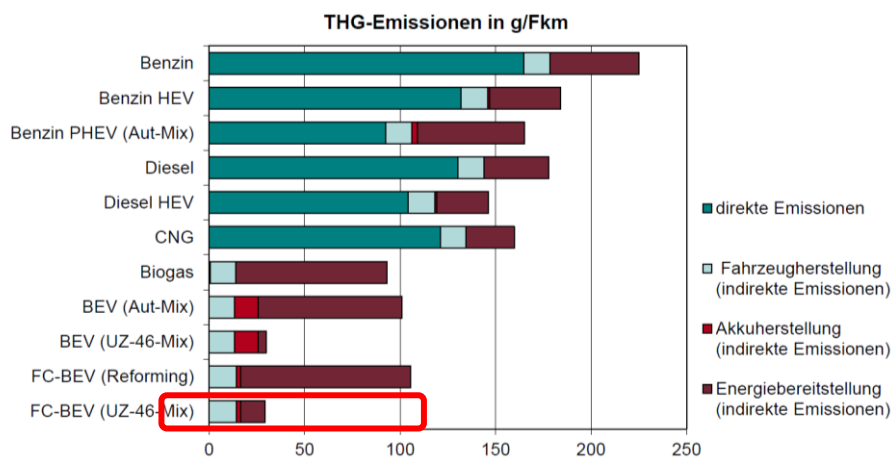
Grüner Wasserstoff ermöglicht ein integriertes, effizientes und sozial tragfähiges Energiesystem. Um die 2015 in Paris beschlossenen Klimaziele zu erreichen, ist die **Dekarbonisierung** unseres Energiesystems erforderlich. Grüner Strom und grüner Wasserstoff sind die einzigen emissions- und kohlenstofffreien Energieträger für diese **Energiewende**. Sie erlauben nicht nur einen emissionsfreien Energiekreislauf, sondern bieten auch einen deutlich höheren Wirkungsgrad und damit geringeren Energiebedarf. **Wasserstoff ist der Schlüssel für den Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion** aus Wind, Wasser und Sonne, da Energieüberschüsse genutzt sowie langfristige und effiziente Energiespeicherung kostengünstig ermöglicht werden. Wasserstoff ermöglicht eine Verschränkung der verschiedenen Energie- und Nutzungssektoren (Haushalt, Industrie und Mobilität) und bietet damit gleichzeitig die nötige Flexibilität und Netzstabilisierung für Energiesysteme mit hohen erneuerbaren Anteilen. Durch die essentielle Bedeutung des Wasserstoffs für das erneuerbare Energiesystem wird dieser kostengünstig und in großen Mengen **für die Mobilität** verfügbar sein.

Der Fahrplan der Europäischen Kommission sieht vor, die **Treibhausgasemissionen der EU bis 2050 um 80 %** gegenüber dem Stand von 1990 zu senken. Hierfür bietet die Umstellung des Verkehrssektors von derzeit zu über 90 % fossil-basierter Mobilität auf Elektromobilität die größte Aussicht auf Erfolg. Handlungsbedarf besteht vor allem beim **Schwerverkehr** (Busse, Lieferfahrzeuge, LKW etc.), auf den aktuell der Großteil der Treibhausgasemissionen entfällt. Je nach Fahrzeugtyp und Nutzung eignen sich verschiedene Elektromobilitätslösungen, vom rein batterieelektrischen bis hin zum Brennstoffzellen-dominanten Antrieb. Für

¹ Leistungen > 100 kW sind bereits globaler Stand der Technik, Tesla arbeitet mit 250 kW, 350 kW sind im Rollout.

kleine Fahrzeuge bei kurzen Strecken und niedrigen Lasten bietet sich dabei die Batterie-Elektromobilität mit Battery Electric Vehicles (BEVs) an. Diese bieten höchste Wirkungsgrade, erfordern aber lange Ladezeiten. Die Aufladung der Batterien erfolgt derzeit mit maximal 145 kW, bei zunehmender Fahrzeugzahl stellen die bereitzustellende Energie und Leistung noch nicht gelöste Anforderungen an die Stromnetze. Außerdem wird die Lebensdauer der Batterien durch die limitierte Zahl an Ladezyklen begrenzt und das Ladeverhalten sowie die Reichweite der Batterien verschlechtern sich bei tiefen Temperaturen.

Bei der **Brennstoffzellen-Elektromobilität** sind durch die Trennung von **Energiespeicher**, meist der Wasserstofftank, und **Energiewandler**, die Brennstoffzelle, gegenüber Batterien deutlich höhere Leistungsdichten und damit hohe Reichweiten bei kurzer Betankungsdauer (circa 3 min bei PKW) realisierbar. Für große Leistungen und Reichweiten, von zentraler Bedeutung für die Elektromobilität im Schwerverkehr, bietet die Brennstoffzellen-Elektromobilität mit Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs) das Antriebskonzept der Wahl. **Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge** stellen lokal **emissionsfreie Elektrofahrzeuge** dar. Besonders **Elektrofahrzeugen mit PEM** (Polymer-Elektrolyt-Membran) **Brennstoffzellen** in Kombination mit **grünem Wasserstoff** kommt eine essentielle Bedeutung zu, da diese die **geringsten Treibhausgas-Emissionen** (THG) aller Fahrzeugkonzepte über den gesamten Lebenszyklus (Produktion, Betrieb, Recycling) aufweisen - siehe THG-Emissionen für PKWs in der Abbildung. Zusätzlich weisen Elektrofahrzeuge mit PEM Brennstoffzellen in Großserie **geringere Kosten** als reine batterieelektrische Fahrzeuge bei gleichen Stückzahlen und hohen Reichweiten auf. Zusätzlich ist der vielversprechende Einsatz von **Hochtemperaturbrennstoffzellen (SOFCs)** anzuführen, die neben Wasserstoff auch mit anderen erneuerbaren Treibstoffen betrieben werden können. Jedenfalls benötigt jedes Brennstoffzellen-Fahrzeug auch eine Batterie für die Rekuperation der Bremsenergie und ist somit ein **Elektro-Hybrid-Fahrzeug**, so dass Batterie und Brennstoffzelle synergetisch zusammenarbeiten und keinen Widerspruch darstellen.



Bei Wasserstoff ergibt sich ein ähnlicher Bedarf der Tankstellennetzdichte wie bei fossilen Kraftstoffen. An der Tankstelle wird **Wasserstoff** sicher gelagert und wie bei fossilen Kraftstoffen sind hohe Betankungsleistungen möglich. Für eine flächendeckende Versorgung mit **Wasserstoff** ergeben sich **deutlich geringere Infrastrukturinvestitionen** als bei der Batterie-Elektromobilität, die eine höhere Anzahl an Ladesäulen erfordert.

Standort Österreich: Österreichische Unternehmen, Forschungsinstitute und Universitäten sind bereits seit Langem in der Forschung und Entwicklung von Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien tätig. Jetzt müssen die Entwicklungen weitergeführt, beschleunigt und Ergebnisse in den Markt transferiert werden. Insgesamt zeigt sich die Wasserstoff-Brennstoffzelle als die passende Zero-Emission Technologie für Europa und vor allem für Österreich, da das bestehende Know-how, die Produktionstechnologien, die Industrie- und Wirtschaftszweige wie auch die vorhandenen Ressourcen ideale Voraussetzungen hierfür bieten. Die Ausbildung und Lehre dieses Fachgebiets sind ebenso weiter zu forcieren. Neben Lehrveranstaltungen sind akademische Arbeiten ausgezeichnete Möglichkeiten, um eine optimale Ausbildung in diesem Fachgebiet zu schaffen und die Forschung zu unterstützen.

Konkreter **Forschungsbedarf** an FCEVs besteht vor allem bei der weiteren Reduktion der **Kosten** sowie der weiteren Erhöhung der **Lebensdauer** und der **Effizienz**. Zudem ist die gesamte Herstellungs-, Distributions- und Nutzungskette basierend auf erneuerbaren Energien hinsichtlich höchster Effizienz und geringsten Kosten zu

optimieren. **Forschungsförderungsbedarf** besteht bei allen Brennstoffzellen- und Elektrolysetypen von Zelle, über Stack bis hin zum Gesamtsystem, bei Fahrzeugkonzepten, bei Anlagenkonzepten, bei Wasserstoffspeichertechnologien und bei Entwicklungswerkzeugen sowie Mess- und Prüftechnik sowie dem Auf- und Ausbau der dafür erforderlichen Laborinfrastruktur.

HANDLUNGSEMPFEHLUNG BIS 2025

Die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie am Standort Österreich bietet die Chance die Energiewende rasch und effizient umzusetzen, die eigenen erneuerbaren Ressourcen im Land auszubauen und zu nutzen, einen wichtigen Beitrag zur Treibhausgasreduktion, Luftreinhaltung und zum Lärmschutz - vor allem in Ballungsräumen - zu leisten, die Außenhandelsbilanz zu verbessern und gleichzeitig hohe Wertschöpfung sowie neue Arbeitsplätze im Land zu schaffen. Damit diese Vorteile der Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien in und für Österreich nutzbar gemacht werden können, bedarf es der politischen Unterstützung und Förderung dieser Technologie. Für den Zeitraum bis 2025 werden folgende Handlungsempfehlungen empfohlen:

- Stärkung des Standortes Österreich durch Aufbau der Wasserstoff- und Brennstoffzellenindustrie
- Ausbau der Forschungsförderung für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien
- Verstärkter Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung zur Wasserstoffherstellung
- Zertifizierungssystem für grünen Wasserstoff – als durch erneuerbare Energien erzeugter Wasserstoff
- Netzgebührenbefreiung des Elektrolyse-Wasserstoffs bei erneuerbarem Strombezug über Direktleitung
- Vereinfachte und vereinheitlichte Genehmigungsverfahren für Wasserstofftankstellen und -anlagen
- Ausbau der Wasserstoffbetankungsinfrastruktur für PKW, Busse und LKW
- Förderung des Flottenaufbaus von Brennstoffzellenfahrzeugen vorrangig im öffentlichen Verkehr und in der urbanen Logistik - Übernahme der Mehrkosten im Vergleich zu konventionellen Antrieben
- Schaffung von positiven Anreizen (z. B. steuerlicher Art) beim Kauf von Brennstoffzellenfahrzeugen

INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Auch langfristig – über 2050 hinaus – ist der Einsatz von optimierten Verbrennungskraftmaschinen (VKM) in PKW-Hybridantrieben, NFZ-Hybridantrieben (Schwer- und Fernverkehr) sowie in Lokomotiv-, Schiffs-, Flug- und Stationär-Anwendungen unumgänglich.

Ziel der Forschungen müssen daher weitere Wirkungsgradsteigerungen bei gleichzeitiger Erreichung von „Zero-Impact-Schadstoff-Emissionen“ sein. Jede dadurch erreichte Verbesserung trägt auch kurz- und mittelfristig unmittelbar zur Reduktion von CO₂- und Schadstoff-Emissionen bei. Überdies kann ein CO₂-arm oder CO₂-frei hergestellter chemischer Energieträger in bestimmten Anwendungsbereichen effizienter und umweltfreundlicher sein als ein rein elektrisches Antriebssystem. Zusätzlich kann dieser Kraftstoff nach wie vor im Rahmen des bereits bestehenden Logistiksystems verwendet werden.

Untersuchungen der europäischen Technologieplattform ERTRAC zeigen für Antriebe mit Verbrennungsmotoren ein CO₂-Reduktionspotenzial nur durch motorische Maßnahmen (Steigerung Spitzen-Wirkungsgrad im Bereich 50 % für PKW und 55 % für NFZ – ohne Kraftstoff-Effekte) von 15 % bis 25 % für leichte PKW, 10 % bis 15 % für schwere PKW und 5 % bis 10 % für NFZ. Diese Zahlen unterstreichen die hohe Bedeutung weiterer Forschungsanstrengungen zur Verbesserung der Wirkungsgrade von Verbrennungskraftmaschinen.

Gleichzeitig haben kraftstoffseitige Maßnahmen ein ebenso hohes Potential zur Reduktion der globalen Treibhausgasemissionen. Einerseits können synthetische Kraftstoffe in Form nachhaltiger Biokraftstoffe auf einer breiteren biologischen Rohstoffbasis aufbauen und stehen im Gegensatz zu Zucker, Stärke, Ölen und Fetten nicht in Konkurrenz zur Futter- und Nahrungsmittelproduktion. Als Rohstoffe kommen Reststoffe der Land- und Forstwirtschaft, industrielle Reststoffe und Abfälle in Frage, wobei die entsprechenden Produktionstechnologien erst durch entsprechende F&E-Aktivitäten zur Marktreife entwickelt werden müssen. Andererseits können synthetische Kraftstoffe aus regenerativ (CO₂-neutral) hergestelltem Strom ebenfalls als hochwertige und CO₂-neutrale Energieträger für Motoren bereitgestellt werden.

Zusammenfassend kann für die Jahre 2019+ folgender konkreter Forschungsbedarf angegeben werden:

1. Verbesserung der Thermodynamik der Verbrennungskraftmaschine inklusive Abgasnachbehandlung zur Steigerung des Wirkungsgrades und einer weiteren Absenkung der Schadstoffemissionen
2. Technologieentwicklung für Getriebe und hybridisierte Getriebe mit dem Ziel, die VKM im optimalen Wirkungsgradbereich zu betreiben.
3. Verbesserung des Motorgesamtsystems durch Hybridisierung, bedarfsgerechtes und prädiktives Thermomanagement, Abwärmenutzung (z.B. On-Board-Kraftstoffreformung aus Waste Heat Recovery) und Verlustreduktion durch Qualifizierung und Elektrifizierung von Nebenaggregaten.
4. Weiterentwicklung von synthetischen Kraftstoffen und deren Herstellungsprozessen zur Senkung der Treibhausgasemissionen und Verbesserung der Verbrennungseigenschaften zur Reduktion der lokalen Schadstoff-Emissionen.

FAHRZEUGKONZEPTE DER ZUKUNFT

Drei wesentliche Trends werden die Mobilität (on & off road vehicles) in den nächsten fünf bis zehn Jahren – neben der Elektrifizierung des Antriebsstrangs (siehe die Kapitel zu „Battery Electric Vehicle“ und „Fuel Cell“) – verändern und damit den **Environmental Footprint** über den gesamten Lebenszyklus reduzieren:

- **Neue Leichtbauwerkstoffe** (inkl. Composites) und Fügetechnologien
- **Innovative Produktionstechnologien** und **Digitalisierung** der Prozesse
- **Digitalisierung & Automatisierung** in Fahrzeugen und Infrastruktur

TREND 1: LEICHTBAU - TENDENZEN UND ENTWICKLUNGEN

Die Energiebilanz künftiger „Niedrigenergie- und Niedrigemissionsfahrzeuge“ wird in hohem Maß von wirksamer Gewichtsreduktion und folglich vom Leichtbau abhängen. Durch die anspruchsvollen Anforderungen betreffend (CO₂-)Emissionen und Sicherheit werden integrative Fahrzeugkonzepte, in denen Funktions-, Werkstofftechnik- und Verbindungstechnik-Leichtbau systemisch verknüpft wird, zu einem wesentlichen Innovationstreiber. Der Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen sowie Aluminium und Magnesium, hybrider Leichtbau und Mischbauweisen (Composites) werden zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Für die Weiterentwicklung der Elektromobilität wird Leichtbau essentiell sein, um das Manko zu kompensieren, dass neue Elektroautos wegen des zusätzlichen Batteriegewichts zwischen 10 und 30 Prozent schwerer sein können als konventionelle Fahrzeuge.

Bislang richten sich das Design und die modularen Baukastensysteme sowie Werkstoffe der Fahrzeuge immer noch nach den konventionellen Baureihen, da höhere Stückzahlen niedrigere Kosten bedingen. Daher sind für einen vollständigen Umstieg auf Leichtbaukonzepte kosteneffiziente Lösungen essentiell.

TREND 2: INNOVATIVE PRODUKTIONSTECHNOLOGIEN & DIGITALISIERUNG DER PROZESSE

Digitalisierung. Durch die Möglichkeiten, die neue Informationsverarbeitungs- und Kommunikationstechniken im Wettbewerb bieten, sind Betriebe gefordert, neben der Effizienzsteigerung der klassischen Produktionstechnik auch die Verbesserung bzw. Wandlung von Geschäftsprozessen und die Verknüpfung mit Informationstechnologie für sich zu erschließen und geeignet zu integrieren.

Das betrifft besonders die Digitalisierung von der Entwicklung über die Produktion bis zum Servicebereich und ihre Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette („Industrie 4.0“) sowie die Integration von Digitaltechniken in allen Unternehmensbereichen (z.B. Nutzung von Onlineelementen in Design und Entwicklung sowie im gesamten Beschaffungs-, Logistik- und Vertriebssystem). Die Digitalisierung von Sicherheitsmechanismen, Test- und Genehmigungsverfahren und der Einsatz von Simulation, künstlicher Intelligenz und Machine-Learning in der Produktion werden über die Wettbewerbsfähigkeit entscheiden.

Künstliche Intelligenz (KI) und Machine-Learning Algorithmen bieten enormes Potential, die Effizienz in den Produktionsabläufen zu erhöhen und Komplexitäten zu beherrschen, die eine höhere Individualisierung mit sich

bringt. Automatisierte Systeme in der Verifikation und Validierung und in der Produktion müssen dabei mit dem Menschen bei einem Höchstmaß an Sicherheit zusammenarbeiten.

Entwicklungsprozesse: Nahtlose Einführung von vernetzten Entwicklungsbackbones, die die Informationen quer über die unterschiedlichen Technologiebereiche und Lifecycle-Stufen zur Verfügung stellen, um die immer komplexer werdenden Fahrzeuge in immer kürzeren Zeiten entwickeln zu können, sind notwendig, um am globalen Markt erfolgreich zu bleiben. Eine besondere Herausforderung ist die nahtlose Integration von Informationen aus dem Feld in den Entwicklungs- und Produktionsprozess.

Produktionsprozesse. Hinsichtlich der vermehrt aufkommenden E-Mobilität mit großer Modellvielfalt bei noch verhältnismäßig geringen Stückzahlen ist die produzierende Industrie mit Klein- und Nullserien (Prototyping) für neue Fahrzeugkonzepte und deren innovativen Komponenten (z.B. Smart Components, Smart Materials) konfrontiert. Gleichzeitig gilt es, individualisierte Produkte mit „High Volume“ Prozessen zu erzeugen (Mass Customization).

Additive Fertigung birgt großes Potenzial v.a. in Leichtbau, Energieeffizienz (Strömungskanäle, Kühlung) und Funktionsintegration. Dazu müssen die Verfahren noch schneller, billiger und mit höherem Durchsatz arbeiten, wozu große Anstrengungen in der Forschung zu tätigen sind. Für Einzelfertigung und Kleinserien ist darauf zu achten, dass die eingesetzten „Additiven Verfahren“ für erste Testkomponenten auch Rückschlüsse auf die spätere Großserien-Lösung erlauben.

Gleichermaßen darf auf die Optimierung der „klassischen“ Technologien mit hohem Reifegrad (Druckguss, Umformtechnik, Zerspanung, Fügen u.a.) nicht vergessen werden.

TREND 3: DIGITALISIERUNG & AUTOMATISIERUNG IN FAHRZEUGEN UND INFRASTRUKTUR

Informations- und Kommunikationstechnologien ermöglichen im Bereich des Verkehrs und der Mobilität neue Chancen. In der Fahrzeugtechnologie kommen IKT-basierte Assistenzsysteme sowie automatisierte Fahrzeuge immer stärker zur Anwendung. Diese Systeme werden in Zukunft miteinander vernetzt. Assistenzsysteme für Fahrzeuge erhöhen die Verkehrssicherheit, ermöglichen die Mobilität eines breiten Personenkreises, reduzieren die Emissionen und führen zu einem höheren Komfort für FahrzeuginsassenInnen.

Wir erachten folgende Maßnahmen (Auszug aus der Digitalisierungs-Roadmap²) als notwendig, um den revolutionären Ansatz autonomer Fahrzeuge und Verkehrssysteme parallel zur evolutionären Automatisierung verfolgen zu können:

- **Etablierung der genehmigten Testumgebungen** zum automatisierten Fahren (Alp.Lab und DigiTrans) für die nächsten 5 Jahre und darüber hinaus.
- **Definition von Validierungsmethoden/-techniken** für automatisierte und teilautomatisierte Fahrzeuge, die verbleibendes Risiko im Betrieb in unterschiedlichen Betriebsgebieten minimieren und quantifizieren können. Dazu müssen Werkzeuge entwickelt werden, die diese Validierungsmethoden effizient anwendbar machen.
- **Umsetzung klarer Rahmenbedingungen, Normen und Standards für automatisiertes Fahren** (rechtlich, ethisch und sicherheitstechnisch) sowie für die Datenverwendung in intelligenten und lernenden Verkehrsleitsystemen, um Automatisierungssysteme innerhalb und außerhalb von Testumgebungen entwickeln und validieren zu können.
- **Nutzung der hohen IKT-Kompetenz Österreichs** in der Fahrzeugelektronik und Steuerung von Fahrzeugsystemen, um Synergien zwischen der Automatisierung von Fahrzeugen und der Emissionsreduktion in Hybrid- und Elektrofahrzeugen zu ermöglichen.
- **Umsetzung der C-ITS-Strategie** im öffentlichen und Individualverkehr zur Vernetzung der VerkehrsteilnehmerInnen, der einzelnen Fahrzeuge mit dem Verkehrsmanagement und der Verkehrsinfrastruktur sowie untereinander für mehr Sicherheit, Effizienz und Nachhaltigkeit.

² Digital Roadmap Austria, www.digitalroadmap.at

Für österreichische Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Universitäten besteht großes Potenzial, das bestehende Know-How kooperativ weiter zu entwickeln, um so eine relevante Position im europäischen und internationalen Wettbewerb einzunehmen, bzw. sich für internationale Kooperationen anschlussfähig zu machen. Mit der Genehmigung von zwei komplementär aufeinander abgestimmten Testregionen für Automatisierte Fahrversuche (Alp.Lab für PKW-Anwendungen und DigiTrans für Gütermobilitätsanwendung) und spezifischen Leit- und Kooperationsprojekten wurde bereits eine gute Basis geschaffen. Generell sollten auch zukünftig bei Förderprogrammen die Zusammenarbeit verschiedener Branchen oder das Aufzeigen von Synergien als positives Förderkriterium in die Evaluation von Forschungsvorhaben einbezogen werden.

Empfohlen wird die gezielte Förderung von Pilotprojekten zu vollautomatisiertem Fahren, um der österreichischen Automobilindustrie zu ermöglichen, auch eigene Erfahrungen zu sammeln und sich damit auf die Umsetzung vollautomatisierter Mobilitätskonzepte und die Transformation ihres eigenen Geschäftsmodells vorzubereiten. Dazu sollen auch Projekte auf dem Gebiet der Werkzeugentwicklung für die Validierung von automatisierten Fahrzeigen gefördert werden, um die Spitzenposition von vielen österreichischen Firmen auf diesem Gebiet abzusichern.

Auf intelligente Methodiken und Verfahren, die das **Verifizieren und Validieren** von teil- und hochautomatisierten Fahrfunktionen bzw. -systemen auf effiziente Weise (auch hinsichtlich hinreichender Testabdeckung: „Wann wurde genug getestet?“) ermöglichen, sollte hierbei auch ein entsprechender Schwerpunkt gesetzt werden.

Die **Ausbildung und Weiterbildung sowie Lehre** in diesem Fachgebiet ist ebenso weiter zu forcieren, in modularer Form mit Anerkennung (ECVET / ECTS). Neben Lehrveranstaltungen sind insbesondere akademische Arbeiten ausgezeichnete Möglichkeiten, um eine optimale qualitative hochwertige Ausbildung in modularer Form – mit Praxis orientierten Use Cases zu schaffen. Eine gute Basis wurde hier durch die Stiftungsprofessuren in jüngster Vergangenheit gelegt.

WEITERE HERAUSFORDERUNGEN IM BEREICH FAHRZEUGKONZEPTE

Die **Optimierung von Fahrzeugkomponenten und -systemen ohne direkten/indirekten Bezug zur Verbrennungskraftmaschine** und deren Betrieb kann in Zukunft einen zusätzlichen Beitrag zur **Emissionsreduktion** leisten.

Aufgrund von publizierten Messungen im Rahmen der Dieselaugdiskussion wird davon ausgegangen, dass die verkehrsbedingte reale Schadstoffbelastung, im Besonderen Feinstaub, nicht ausschließlich von Verbrennungskraftmaschinen emittiert wird. Bremsen, Reifen und Kupplungen und gegebenenfalls noch weitere Systeme sind als mögliche Emissionsquellen identifiziert worden. Eine konkrete Quantifizierung der Emission je System, der Beitragsleistung je Fahrzyklus und über die Lebensdauer ist nur eingeschränkt verfügbar.

Besonders hinsichtlich der fortlaufenden Elektrifizierung von Antriebssystemen, bis hin zum vollelektrischen Fahrzeug, ist es wichtig, frühzeitig weitere potentielle Systeme analytisch zu identifizieren und fundiert zu bewerten.

Die aktuelle Datenlage hinsichtlich Emissionstyp und -menge, als auch die Definition von Prüfzyklen hinsichtlich der Schadstoffemission von Komponenten und Systemen, welche keine Verbrennungskraftmaschinen sind, ist bestenfalls als fragmentiert zu bewerten. Daher sollten zukünftige Forschungsumfänge die systematische Identifizierung aller möglichen Beitragsleister und die objektive Vermessung und Bewertung der realen Schadstoffemission adressieren. Diese Notwendigkeit gilt nicht nur im PKW-Bereich, sondern lässt sich vollumfänglich über alle Transportmittel erweitern (z.B.: einspuriger und mehrspuriger Individualverkehr, Schienenfahrzeuge etc.)

Die durchzuführenden Analysen erfordern gegebenenfalls weiterführende Forschung und Entwicklung hinsichtlich Messmethoden, Prüfzyklen, Equipment und Testinfrastruktur, um eine standardisierte und gesicherte Datenlage zu erarbeiten.

Erst auf Basis von validierten Messergebnissen ist es danach möglich, den Entwicklungsbedarf abzuleiten, um die Emission von Verkehrsmitteln ganzheitlich zu reduzieren.

ANHANG: FORSCHUNGSBEDARF 2019+**F&E-BEDARF: BATTERY ELECTRIC VEHICLES****ELEKTROMOTOR, LEISTUNGSELEKTRONIK**

- Optimierung der Auslegung der e-Motoren aller geeigneten Bauformen hinsichtlich Kompaktheit, Leistungs- und Drehmomentdichte, Wirkungsgrad
- Optimierung von Kühlsystemen und –bedarf (z.B. direkte Flüssigkeitskühlung von Rotor und Stator)
- Effizienzsteigerung des Gesamtsystems (Getriebe – Motor – Umrichter – Steuerung/Kommunikation), Erhöhung der funktionalen Sicherheit (z.B. Redundanz)
- Hochdrehzahlmaschinen (gutes Leistung-Volumen-Verhältnis), NVH Optimierung, Reduktion der Verluste im Getriebe
- komplexe Maschinenmodelle: z.B. für sensorlose Regelungen, thermische Modellierung
- Neue Leistungselektronik auf SiC- oder GaN-Basis mit höheren zulässigen Betriebstemperaturen und Schaltfrequenzen
- Integration der Leistungselektronik und Steuerung in Motor-Getriebe-Einheit
- Innovative Motorwicklungen: Hair-Pin, i-Pin ... (großes fertigungstechnisches Potential)
- Paketierung der Elektrobleche
- Innovative hart- und weichmagnetische Materialien
- Kosteneffiziente Isolationssysteme für Hochvoltmaschinen (600-1000V)
- Messgeräte und Prüfstände für die Entwicklung hochintegrierter e-Motoren inkl. Leistungselektronik (Sensorik, Daten-Management ...)
- Prüfgeräte für Werkstätten-Service von hochintegrierten e-Motoren inkl. Leistungselektronik
- Simulationswerkzeuge und Methoden für die Entwicklung hocheffizienter e-Motoren und deren mechanische, elektrische und thermische Gesamtsystemintegration

BATTERIE, BATTERIE- UND THERMOMANAGEMENT, LADESYSTEM

- Entwicklung verbesserter Batteriesysteme und -module auf Basis konventioneller Lithium-Ionen-Zellen Technologie mit dem Fokus auf:
 - Erhöhter volumetrischer Energie-/Packungsdichte bei gleichzeitig deutlicher Verringerung der Bauhöhe
 - Verbesserte Sicherheit vor allem im Hinblick auf Vermeidung/Verzögerung des Thermal Runaway (inkl. Simulation, Testmethodik, neue konstruktive Lösungsansätze & Sensorik)
 - Verbesserte Lebensdauer vor allem im Hinblick auf Cell Swelling durch Optimierung des Modul Designs
 - Verbesserte Alterungsmodelle und Algorithmen zur Verlängerung der Lebenszeit und Beschleunigung der Ladezeit (z.B. durch „prädiktives BMS“)
 - Verbesserte Thermalkonzepte und Integration neuartiger Materialien und Kühlmedien
 - Leichtbaukonzepte und komplett fahrzeugintegrierte Batteriegehäuse mit verbesserter Crashesicherheit
- Entwicklung neuartiger Packkonzepte auf Basis von All Solid State Zellen mit Schwerpunkt auf (bipolaren) Modulkonzepten
- Integration von neuen Batterietechnologien: Schwachstellenanalyse und Lösungssynthese mit dem Ziel der Lebensdauererlängerung der Fahrzeugbatterie
- innovative komplexe Regelkonzepte für Thermomanagement von Batterie und Gesamtfahrzeug
- Entwicklung leistungsfähiger Steuergeräte-Hardware und Entwicklungsplattformen
- Konzepte für Abwärmenutzung (z.B. Wärmepumpe) und Wärmespeicherung (z.B. Latent-Wärmespeicher)
- Neue, innovative, fast-charging taugliche Wärmeübertrager/Kühlkörper für Battery Packs und Module.
- Komponenten und Technologien, welche einen Beitrag zur „Battery Safety“ leisten. (z.B. Pyro-Fuses, Kühlkörper zur Reduktion thermal runaway, ...)

- Prüfsysteme für Tests von Fehlerfällen und -charakteristika (z.B. freiwerdende Wärme, Gaszusammensetzung und -entstehungsrate, Toxizität)
- Entwicklung eines Qualitätsmanagements und entsprechender Maßnahmen
- Reduktion der Schadstoff- und Treibhausgasemissionen während der gesamten Batterielebensdauer (von der Herstellung bis zum Recycling)
- Recycling/Reuse: Weiterverwendung von Komponenten (Batterien), Wiederverwendung Rohstoffen
- Reduktion der Ladedauer: Leistungsübertragung mit hoher Stromstärke (500 A und mehr), Hochvolt-Technologie (600 - 1000 V)
- Effizienz bei konduktiver Energieübertragung durch Reduktion thermischer Verluste: Kühlung der Ladeinfrastruktur fahrzeugseitig zwischen Buchse und HV-Batterie, flüssigkeitsgekühlte Ladekabel und Ladestationen
- Interoperabilität und (Abwärts-)Kompatibilität von Schnittstellen (z.B. durch Adapter)
- Diversifizierung des Anwendungsfeldes (von PKW auf Busse, LKW und andere Fahrzeugklassen)
- Entwicklung von modularen und parallelisierbaren Batterien/Modulen zur breiten Verwendung derselben Grundkomponenten in diversen Anwendungen von PKW über Bus zu LKW
- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit (und somit weiteren Verbreitung) durch Entwicklung eines modularen Ansatzes für verteilte Batteriepacks (v.a. für EV-Trucks)
- Kompatibilität von Authentifizierungs- und Abrechnungssystemen
- Simulationsmodelle, Messgeräte und Prüfstände für die Entwicklung neuer Batteriezellen, -module und -packs
- Prüf- und Diagnosegeräte für neue Batteriesysteme im Werkstätten-Service

LCA

- Schaffung einer belastbaren Datengrundlage für Optimierung der Produktion (Kenntnis der Umweltwirkungen) und für Vergleiche unterschiedlicher Antriebstechnologien
- Umsetzung von Recyclingprozessen und -konzepten für die zukünftige Vielzahl an Batterien von alten Elektrofahrzeugen

F&E-BEDARF: FUEL CELL VEHICLES

Die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien stehen noch am Anfang des Entwicklungsprozesses, weshalb insbesondere bei den Kosten, der Lebensdauer und der Effizienz längerfristig noch erhebliches Forschungs- und Entwicklungs-Potenzial und Optimierungsbedarf bestehen. Der Forschungs- und Entwicklungsbedarf der nächsten Jahre umfasst die Themen (alphabetische Reihung):

- Brennstoffzelle (alle Typen) - Zelle, Stack und System
 - Materialien und Produktionstechnologien
 - Prozessführung und Steuerung
 - Kostengünstige und effiziente Nebenaggregate (BoP Komponenten)
- Elektrolyse (alle Typen) - Zelle, Stack, System und Anlagen gekoppelt mit erneuerbaren Energien
 - Materialien und Produktionstechnologien
 - Prozessführung und Steuerung
 - Kostengünstige und effiziente Nebenaggregate (BoP Komponenten)
 - Wasserstoffdistribution für mobile Anwendungen
- Entwicklungswerkzeuge, Mess- und Prüftechnik
 - Optimierte Test- und Prüfstände für Brennstoffzellen und Wasserstoffspeichertechnologien
 - Simulationswerkzeuge und Entwicklungsmethoden
- Fahrzeugkonzepte mit Brennstoffzelle
 - System- und Fahrzeugintegration – räumliche und funktionale Integration
 - Thermal- und Energiemanagement
 - Steuerung und Regelung des gesamten Antriebsstrangs (Batterie, Leistungselektronik etc.)
- Laborinfrastruktur für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten
- Wasserstoff-Betankungstechnologien für alle Fahrzeugkategorien

- Prozessführung
- Effizientere Komponenten und Systeme
- Wasserstoffspeichertechnologien für mobile und ortsfeste Anwendungen
 - Materialien und Produktionstechnologien
 - Kostengünstige Komponenten

F&E-BEDARF: INTERNAL COMBUSTION ENGINES

THERMODYNAMIK DER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE INKLUSIVE ABGASNACHBEHANDLUNG

- Verbrennungstechnologien für künftige Kraftstoffe und neue gesetzliche Anforderungen (RDE, ...)
 - Entwicklung und Nutzung „Fully Flexible Direct Injection Systems“ auch für gasförmige Kraftstoffe
 - Wassereinspritzung
 - Variable Kompression
 - Alternative Verbrennungskonzepte (inkl. Multi-Fuel-Fähigkeit) wie HCCI, lange Expansion, Thermal Swing
 - Steigerung der Wirkungsgrade durch Motor-„Right-Sizing“ (applikationsangepasste Dimensionierung) inkl. Miller Prozess
- Erweiterte Abgasnachbehandlung für künftige Kraftstoffe und neue gesetzliche Anforderungen (RDE ...)
 - Verbesserte Konversionsraten in Abhängigkeit der Temperaturrandbedingungen
 - Beheizte Katalysatoren und Vor-Turbine-Katalysatoren
 - Katalysatoren mit erweiterten Aktivitätsfenstern
 - Reaktionskinetische Modellierung der Katalyse
 - Fortschrittliche NO_x-Reduktion (AdBlue versus NH₃ gasförmig), verbesserte Dosierungs-Algorithmen; Regeln der Abgastemperatur auf das beste Konvertierungstemperaturfenster
 - Spezielle Partikelfilter für direkt einspritzende Ottomotoren
 - Elimination der ultrafeinen Partikelemissionen
 - Sensoren und Regelungssysteme zur RDE-Abgasüberwachung (OBD)
- Verbesserungen durch Materialtechnologie
 - Verbesserung der thermische Isolation/adiabater(er) Motor
 - Leichtbau plus Einsatz neuer Materialien
 - Einsatz von Sinterbauteilen (auch für Aktuatoren)
 - Reibungs- und Verschleißreduktion (inkl. neuer Lagertechnologien speziell auch für künftige/gasförmige Kraftstoffe?)

GETRIEBE UND HYBRIDISIERTE GETRIEBE

- Verbesserung der Getriebe und Kupplungstechnologie
 - Thermische und Verschleiß-Modelle für Kupplungen
 - Sinter- und Beschichtungstechnologien für Zahnräder
 - Schalt-/Getriebe für Hochdrehzahl-E-Maschinen (inkl. Geräuschreduktion)
 - Schnelle Getriebe-Aktuatoren
 - Klauenkupplungen
 - Einsatz von Leichtbau- und Oberflächenbeschichtungstechnologien
- Hybridgetriebe

- DHT (dedicated hybrid transmissions): optimierte Integration der E-Komponenten in die Getriebe

MOTORGESAMTSYSTEM

- Elektrifizierte und bedarfsgerecht betriebene Nebenaggregate
 - Verbrauchsoptimierter Klimakompressor, Kühlmittel-/Ölpumpe, Lenkhilfepumpe, Komponenten des Aufladesystems
 - E-Maschinen für elektr. Nebenaggregate inkl. Steuerung – speziell leistungsstarke Aggregate für NFZ-Anwendungen
- Energetisch optimiertes Wärmemanagement
 - Vermeidung Kaltstartverluste (Wärmespeicher, Wärmekapselung)
 - Thermische Konditionierung des Abgasnachbehandlungssystems
- Thermodynamische Rekuperation inkl. Waste Heat Recovery (WHR)
 - elektrifizierte Abgasturbinen
 - Rankine-Zyklus (Nachschalt-Dampfprozess)
 - Kraftstoffreformung (z.B. erhöhter Brennwert des Synthesegases rel. zu Basiskraftstoff)
 - Thermoelektrische Abwärmenutzung
- Hybridisierung des Motorsystems
 - Optimale Betriebsstrategie und Regeltechnik unter Internetnutzung (X2X); Monitoring und Serviceoptimierung
- Motorregelung und -entwicklung
 - Schnelle Modellierungsmethoden und schnelle, automatisierte Parametrierung
 - Kombinierte physikalisch-mathematische/statistische Modellbildung
 - Effiziente Validierung komplexer Motor-/Antriebssysteme
 - Automatisierte Betriebsstrategien inkl. KI-basierte Regler
 - Development Tools & Methodologies (z.B. "Simulation on molecular level")

KRAFTSTOFFE

- Effiziente Kraftstoffherstellung und On-board-Speicherung
 - Herstellung synthetischer Kraftstoffe
 - Verarbeitungsprozesse zur regenerativen Nutzung von Kohlenstoffquellen aus Abgasen, Rauchgasen, Abfällen Reststoffen und Biomasse
 - Verarbeitungsprozesse zur Herstellung von e-Fuels (Synthese aus Wasserstoff aus regenerativen Stromquellen und CO₂ aus Luft bzw. industriellen Quellen)
 - Vergasungstechnologien und andere thermische Verfahren zur Biokraftstoffherzeugung (z.B. Gasification of Lignocellulose, Bio Diesel by Fischer-Tropsch Process, Liquid Phase Pyrolysis with/without H₂O, Bio Methane und Hydrogen from Gasification of Biomass)
 - Drop-In-Fuels für CO₂-Neutralität für bestehende Fahrzeug-Technologien
 - Effiziente Energiespeicherung für flüssige und gasförmige Kraftstoffe (z.B. CNG/LNG, H₂)
 - Mess- und Analysetechnik für steigende Qualitätsanforderungen sowie zur online Untersuchung der Gasinhaltsstoffe zur optimalen Einstellung der VKM
- Materialtechnologie für alternative/neue Kraftstoffe
 - Tank-/Leitungs-/Dichtungswerkstoffe
 - Kraftstoffsensoren (On- und Off-Board)
- Minimierung des Gesamtenergiebedarfs
 - Well-2-Wheel vs. Tank-2-Wheel inkl. Cradle-to-Grave-Analysen

- Gesamtbetrachtung von GHG (Green House Gases) und TPES (Total Primary Energy Supply) über den Life Cycle von Energieträgern

F&E-BEDARF: LEICHTBAU

KONSTRUKTIONSBASIERTER LEICHTBAU

- Funktionsintegration
- Konzepte für „Weight-Management“ für Elektrofahrzeuge
- Multi-Material-Design
- Crash-Management-Gesamtsysteme mit Funktionsintegration aus Aluminium-Druckguss
- Neuartige Shape-Optimierungsansätze speziell für durchströmte Bauteile (Pumpen, Schaufelräder, Rohrleitungen, Heizsysteme, Energietauscher, ...) zur Energie-Effizienzoptimierung und daraus resultierender Materialeinsparung an Bauteilen (wie z.B. Lattice Boltzmann basierte bionische Optimierungen)
- Leichtbau durch Einsatz von multi-skalen, multi-physikalischer numerischer Modellansätze (Einsatz von netzlosen und von Netz-Modellansätzen)

WERKSTOFFBASIERTER LEICHTBAU

- Einsatz von faserverstärkten Kunststoffen, von Leichtmetallen (Al, Mg, Ti) und Leichtmetalllegierungen mit mechanisch und thermisch optimierten Eigenschaften (z.B. brandbeständigen Magnesiumlegierungen)
- Einsatz von höchstfesten Stählen (TRIP, Bake Hardening, Mehrphasenstähle)
- Hybrider Einsatz von Leichtmetall / Stahl / Glasfaser / Carbonfaser
- Einsatz von Metall-Schäumen
- Hartstoffschichten
- Erhöhung von Recycling-Anteilen in Aluminiumlegierungen
- Entwicklung von Batterietechnologien mit hoher Energie- und Leistungsdichte (z.B. auf Basis von Li-Luft oder Mg-Luft)

PRODUKTIONSBASIERTER LEICHTBAU

- Neue Fügeverfahren (CMT-Schweißen, Elektronenstrahlschweißen, Kleben u.a.)
- Entwicklung neuartiger Schweißzusätze und Lote für Sonder-Metall-Mischkombinationen
- Entwicklung Ressourcen effizienter Herstellverfahren von Hybridmaterialien
- Entwicklung von Fügeverfahren für hochfeste und niedrig-duktilen Leichtbauwerkstoffen oder Mischverbindungen aus Metall-Kunststoff-Faserverbunden
- Umformtechniken (Innen-Hochdruckumformen)

F&E-BEDARF: INNOVATIVE PRODUKTIONSTECHNOLOGIEN & DIGITALISIERUNG DER PROZESSE

Mit „Produktion der Zukunft“, „Energieforschung“ und ähnlichen Programmlinien wurde in der Vergangenheit bereits eine gute Basis bei Förderprogrammen gelegt. Auch zukünftig werden Förderungen nur effizient sein, wenn sie sowohl an der Materialentwicklung (Entwicklung neuer Werkstoffe) als auch an der Verarbeitungsseite (Weiterentwicklung und das Beherrschung des Produktionsprozesses) ansetzen.

DIGITALISIERUNG VON PROZESSEN

- Entwicklung von validen Simulationsmodellen und -algorithmen für die Produktionsprozesse, „virtual product development“
- Simulationsunterstützte Life Cycle Assessments für Technology Scouting und Entscheidungsprozesse
- Entwicklung und Anwendung von **Digital Twins** (zu Systemoptimierung, Variantenhandling, etc.)

- Methoden zum „**Big Data**“- Einsatz in der Technologie- und Produktentwicklung
- Kombination von Produktionstechnologien, Prozessdaten, Big Data Mining, Werkstoffdaten und Materialdaten für **numerische Simulationen**
- Entwicklung von Software zur „**Virtuellen Homologation**“ von neuen Fahrzeugen
- Anwendung von **künstlicher Intelligenz und Maschinenlernen** in der gesamten Lieferkette: Selbstoptimierende Produktion und Maschinen, Qualitätssicherung (z.B. Visual Inspection), vorbeugende Instandhaltung, autonome (Intra-)Logistik
- Kabellose Datenübertragung in rauer Umgebung
- Papierlose Fabrik

INNOVATIVE PRODUKTIONSPROZESSE UND FERTIGUNGSVERFAHREN

- Entwicklung **modularer, skalierbarer Produktionslinien** (in Bezug auf Baugröße und Produktionsvolumen), die zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit auch unternehmensübergreifend zusammengestellt werden können
- Entwicklung von Industrie 4.0 tauglichen Steueranlagen für die „vernetzte, Insel-basierte Fabrik“, inklusive geeigneter Technologien und Strategien zur Absicherung gegen unautorisierten Zugriff auf fabrikseigene Datensysteme und Cloud-basierte Kommunikationssysteme sowie Techniken zur Unterstützung für safety & security basierte Anlagen im Edge-Computing Bereich
- Additive Manufacturing (AM)
 - Additive Fertigungstechniken mit Auftragsleistungen größer 10-15 kg/h
 - Draht-basierte Additive Fertigungsverfahren für Gussbauteil-Variantenvariation
 - Verkürzung von Entwicklungsprozessen durch den Einsatz von AM-Technologien in Kombination mit Sonderwerkstoffen
- **Neuartige Gieß- und Umformprozesse** (z.B. Kryoforming, Electroforming, Kryo-IHU) zur optimierten Werkstoffausnutzung (z.B. gleichmäßiges Ausdünnen) bzw. für erhöhte mechanische Eigenschaften
- Entwicklung von **Magnesium-Strangpresstechnologien** für den Einsatz in EVs
- Konsequenter „**Cradle to Cradle**“-Ansatz (Re-Use, Recycling) in Produktdesign und Produktionsplanung (z.B. für Batteriesysteme)
- Fertigung von **Smart Products** (Intelligent Components, Smart Materials) mit integrierter Sensorfunktionalität in Teilen, Komponenten und Materialien
- Forschungsprogramm für Pilotlinie einer Brennstoffzellen-Großserienfertigung

F&E-BEDARF: DIGITALISIERUNG & AUTOMATISIERUNG IN FAHRZEUGEN UND INFRASTRUKTUR

TECHNOLOGIE

- Entwicklung **und Erprobung neuer Fahrzeugkonzepte** für hoch- und vollautomatisiertes bzw. autonomes Fahren inklusive deren Vernetzungstechnologien, die vorzugsweise die gleichzeitige Beförderung von Personen und Waren aller Art zulassen, bzw. so ausgelegt sind, dass ein schneller Wechsel der verschiedenen Mobilitätsbedürfnisse möglich ist
- Entwicklung von Steuerungen und Erprobung von **innovativen Sensoren** inklusive Objekt- und Umgebungserkennung für automatisierte Fahrfunktionen
- Entwicklung von **Entscheidungs- und Regelalgorithmen** mit entsprechender Software und Middleware für hoch- und vollautomatisiertes/autonomes Fahren mit oder ohne künstlicher Intelligenz und deren Integration in DomainDomain-Computerarchitektur-Strukturen
- **Mensch-Maschine-Interaktion** (HMI): z.B. die Rückübertragung der Fahraufgabe an den Fahrer, Fahrfähigkeiten bei dauerhafter Nutzung des Fahrassistenzsystems, Aggregation und Konsolidierung bestehender Forschungsergebnisse in den Bereichen Fahrerzustandserkennung und Übernahmezeiten.
- Frühzeitige Entwicklung von neuartigen **Raumkonzepten** (alternative Sitzkonfigurationen, Ergonomie, Bedienkonzept, angepasste Klimatisierung, adaptierter Insassenschutz) für Fahrzeuge, welche über automatisierte Fahrfunktionen auf Level 4 und Level 5 verfügen. (Anm.: Besonders Umfänge des

Insassenschutzes erfordern eine sehr lange Vorlaufzeit, und müssen damit schon im Vorlauf zu Level 4 und 5 entwickelt werden.)

- **Methoden, Werkzeuge und Testsysteme** für die Entwicklung und Optimierung von hoch und vollautomatisierten Fahrfunktionen oder Sensoren, inklusive deren Absicherung auf Straße, am Prüfgelände oder unter Laborbedingungen (MiL, SiL, HiL)
- **Auswertemethoden für große Messdatenmengen** von zum Beispiel Flottenversuchen oder Fahrversuchen mit umfassender oder hochaufgelöster Sensorik. Insbesondere das automatische Generieren von Szenarien, Auto-Tagging (Objektbeschreibung), automatische Messdatenauswertung und Korrelation zu Ground-Truth Daten
- Erforschung des **Potenzials vollautomatisierter Mobilitätsysteme**, insbesondere Schnittstellen zwischen ÖPNV und MIV mittels vollautomatisierter Fahrzeuge
- Definition von Methoden und Vorgaben für die sichere Einspielung und die Überprüfung von Software-Updates für Automatisierungsfunktionen
- Weiterentwicklung der **IT-Security-Methoden** (Verschlüsselungstechniken, Penetration-Tests, etc.) und Definition von Methoden und Vorgaben für die Sicherstellung von IT-Sicherheit und Datenschutz (auch für Over-the-Air-Updates von Automatisierungsfunktionen)
- (Hoch Automatisierte Fahrzeuge) Entwicklung von Methodiken zur effizienten Verifikation und Validierung (V&V) von HAF in unterschiedlichen Testumgebungen (von Simulation in MIL/SIL bis hin zu Straßentests)
- Erforschung von Möglichkeiten für die Ermittlung einer Testabdeckung bzw. eines verbleibenden Restrisikos für unterschiedliche V&V Methoden
- Entwicklung von **Test- und Freigabeverfahren für HAF**, insbesondere frühzeitige Klärung der Anforderungsumfänge oder KI-Algorithmen (künstliche Intelligenz)

TESTFELDER UND -BEDINGUNGEN

- Etablieren eines transparenten und national standardisierten schnelleren **Genehmigungsprozesses für das Testen** hoch- und vollautomatisierter Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen
- Aufbau von Teststrecken mit kommunikationsfähiger Infrastruktur (Förderung ist bereits vorhanden)
- Definition und Weiterentwicklung der technischen Ausstattung und der zu testenden Use-Cases im Rahmen der Konzeption sowie der Realisierung der Testfelder unter Einbindung aller beteiligten Akteure in Industrie (inkl. KMU) und Forschung
- **Umsetzung urbaner Testszenerien** mit Testmöglichkeiten sowohl auf dedizierten Testfeldern als auch in Feldversuchen im öffentlichen Raum (der Dialog mit Städtevertretern ist zu beginnen!)
- Langfristige Förderung von eigens geschaffenen Instanzen („**Betreibergesellschaft**“), welche den technischen und organisatorischen Testbetrieb koordiniert und für alle interessierten Akteure einen gleichberechtigten Zugang sicherstellt
- **Einladung ausländischer Hersteller** zum Testen in österreichischen Testumgebungen, womit Standortverlagerungen dieser Hersteller nach Österreich verbunden sein können
- **Schaffung eines Versicherungspools** um eventuelle Schadensansprüche / Produkthaftungsansprüche bei Einführung von neuen Technologien abdecken zu können

F&E-BEDARF: EMISSIONSREDUKTION VON FAHRZEUGKOMPONENTEN UND -SYSTEMEN, DIE NICHT TEIL DER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE SIND

SYSTEMATISCHE ANALYSE DER EMISSION BESTEHENDER SYSTEME

- **Identifizierung** aller möglichen Beitragsleister (Komponenten und Systeme) über alle zulassungsfähigen Fahrzeugklassen hinweg.
- Klassifikation der Schadstoffemission und **Quantifizierung** des möglichen Emissionspotentials.
- Bewertung der **Beitragsleistung**, je emittierendem System in Prüfzyklen und realer Umgebung.
- Kategorisierung der Hauptbeitragsleister und Ableitung des primären Entwicklungsbedarfes.

MESSMETHODEN

- **Überprüfung** der Eignung verfügbaren Messmethoden.
- **Entwicklung von neuen Messmethoden** und Werkzeugen, sofern erforderlich.
- Entwicklung geeigneter **Prüfstandsinfrastruktur** und „real Life“ Messverfahren.

ENTWICKLUNG

- Entwicklung von technischen Lösungen und Betriebsstrategien zur Reduktion der Emission, besonders im Realbetrieb.
- Forschung an Zero-Emission Konzepten, für die grundlegende neue Komponenten und Systeme, welche denselben Funktionsumfang und dieselbe funktionale Sicherheit bieten.

GEWÜNSCHTE FÖRDERINSTRUMENTE

Grundlagen-F&E, kooperative F&E, Leitprojekte