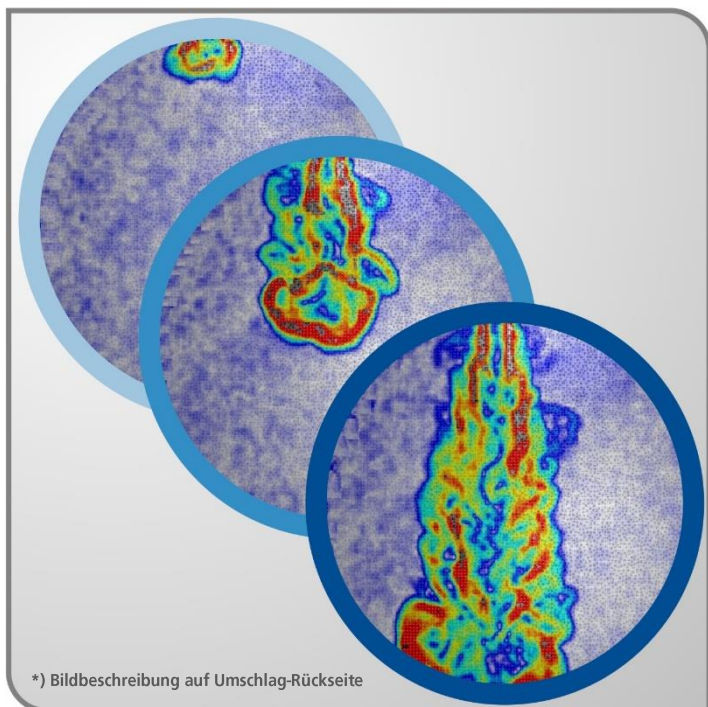


Jahrbuch 2021

Institut für Kolbenmaschinen

Prof. Dr. sc. techn. Thomas Koch



*) Bildbeschreibung auf Umschlag-Rückseite

Rückblick 2021

Wenn über die wichtigsten Ziele der Menschheit diskutiert wird, so unterscheiden sich diese deutlich, je nach Region auf der Erde. Als sechs wichtigste Ziele der Menschheit werden von der UN die Vermeidung von Armut, die Vermeidung von Hunger, die Sicherstellung von Gesundheit und Wohlbefinden, der Zugang zu hochwertiger Bildung, keine ungerechte Geschlechterungleichbehandlung und die Verfügbarkeit von sauberem Wasser genannt.

Diese Ziele sind eigentlich absolut selbstverständlich und bedürfen aufgrund ihrer großen Bedeutung keiner Erläuterung. Die für alle leidige Covid-19 Pandemie hat die Bedeutung der fast schon selbstverständlichen Gesundheit unbarmherzig wieder in den Fokus gerückt. Die Leistungen der Forschung bei der zügigen Entwicklung eines Impfstoffes begeistern und beeindrucken zugleich. Die Leistungen der Medizin bei der Behandlung der resultierenden Erkrankungen verdient größten Respekt.

Gleichwohl ist die Wichtigkeit der meisten dieser ersten sechs Ziele für uns in den hochentwickelten Volkswirtschaften dieser Erde teilweise fast entrückt. Es ist sicherlich ein großes Glück, von existenzieller Not verschont zu bleiben und der Beitrag der Ingenieurwissenschaften konzentriert sich daher überwiegend auf andere Schwerpunkte.

So ist es für ein Institut des Maschinenbaus wie dem IFKM umso bedeutender, dass als siebtes Ziel die Verfügbarkeit von bezahlbarer, sauberer, nachhaltiger Energie steht. Erstmals ist ein unmittelbarer und sehr enger Bezug zum Wirken unseres Instituts gegeben. Die jederzeit verfügbare, preiswerte, emissionsarme und äußert robuste Wandlung von chemisch gebundener in mechanischer Energie garantiert weltweit den Antrieb von Fahrzeugen, Arbeitsmaschinen, Schiffen und natürlich auch die Verfügbarkeit von elektrischer Energie und Wärme. Diese Aktivität ist im engen Schulterschluss mit dem achten Ziel der UN zu sehen, dem Streben nach einem ehrbaren wirtschaftlichen Wachstum und dem neunten Ziel, dem Streben nach einer resilienten und nachhaltigen Infrastruktur und Industrialisierung. Als elftes Ziel wird die Entwicklung von nachhaltigen Städten aufgeführt. Entgegen der Wahrnehmung, die man beim Studium vieler Berichte gewinnen könnte, ist die wichtige Bestrebung zur Etablierung von Maßnahmen gegen den Klimawandel erst auf Platz 13 aufgeführt.

Die Bedeutung des Maschinenbaus bei der Entwicklung von innovativen Technologien, die insbesondere allen letztgenannten Zielen zu Gute kommen, kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Aus dieser Perspektive schmerzen rückläufige Bewerberzahlen im Bachelorstudiengang Maschi-

nenbau und natürlich ist das Fachgebiet der verbrennungsmotorischen Energiewandlung seit Jahren durch eine Überlagerung von ungünstigen Rahmenbedingungen deutlich unter Druck.

Es wird daher in den nächsten 5 Jahren die entscheidende Aufgabe von allen Vertretern unseres Fachgebietes sein, den relevanten Stakeholdern zu erläutern, dass die verbrennungsmotorische Technologie bei der Nutzung von nachhaltigen Energieträgern sämtliche Anforderungen in fast schon vorbildlicher Weise erfüllen kann. Noch immer haben wir es als Gemeinschaft nicht befriedigend genug geschafft, unsere analytisch beeindruckende Argumentation im Sinne aller Ziele der UN mit einer kommunikativen Durchschlagskraft zu kombinieren. Dieses Versagen liegt vor allem in der Komplexität begründet.

In Deutschland ist vor allem der Schulterschluss mit den Disziplinen der Verfahrenstechnik und dem Chemieingenieurwesen unabdingbar um „upstream“ der motorischen Energiewandlung die Produktion von nachhaltigen Kohlenwasserstoffen oder verwandten Energieträgern großflächig zu ermöglichen.

Die deutsche Forschungs- und Industrielandschaft hat unter diesen Randbedingungen großes Potential, um diesen Zweiklang aus Energiebereitstellung und Energiewandlung neu zu definieren, Maßstäbe zu setzen und weltweit eine bedeutende Rolle zu spielen. Das IFKM wünscht sich hierbei die Rücken- deckung der Gesellschaft und freut sich darauf, im weltweiten Wettbewerb mit erstklassigen Forschungsstandorten in Asien, Europa oder Amerika eine wichtige Rolle bei der Entwicklung dieser Zukunftsstrategie einnehmen zu dürfen.

Das Ziel ist klar, eine nachhaltige Energiebereitstellung für die Menschheit im Sinne der Ziele der UN, nicht mehr aber auch nicht weniger.

In diesem Sinne danke ich Ihnen für die Unterstützung und Treue und wünsche auch Ihnen herzlich alles Gute, Zuversicht und möglichst viele Momente der Sorgenlosigkeit im neuen Jahr 2022!



Mit herzlichen Grüßen aus Karlsruhe

Thomas Koch

Neu am IFKM:

| | |
|------------------|------------|
| Annalena Braun | 01.02.2021 |
| Jan Reimer | 01.02.2021 |
| Jonathan Ziegler | 01.03.2021 |
| Sebastian Knapp | 01.07.2021 |

Im Jahr 2021 am IFKM Ausgeschiedene:

| | |
|------------------|------------|
| Christoph Wesche | 28.02.2021 |
| Ulrike Bay | 15.03.2021 |
| Paul Lagaly | 31.08.2021 |
| Nadine Runck | 30.09.2021 |
| Denis Notheis | 30.09.2021 |

Promotionsprüfungen:

| | |
|---------------|------------|
| Dominik Appel | 08.07.2021 |
|---------------|------------|

Zudem gratulieren wir unserem ehemaligen Mitarbeiter Georg Blesinger herzlich zu seiner Promotion am 09.06.2021.

Hiwis 2021:

In diesem Jahr unterstützen **58 Hiwis** die Arbeiten am IFKM. Dabei leisteten diese insgesamt **9.898** Arbeitsstunden.

Kennzahlen aus der Lehre und Veröffentlichungen:

| | |
|------------------------------------|-----|
| Prüfungen, schriftlich: | 723 |
| Prüfungen, mündlich: | 63 |
| Vorlesungen: | 18 |
| Ext. Lehrbeauftragte: | 5 |
| Bachelorarbeiten: | 16 |
| Masterarbeiten: | 16 |
| Veröffentlichungen: | 27 |
| Konferenzteilnahmen mit Beiträgen: | 15 |



Konferenzteilnahmen mit Beitrag:

- 8. Internationaler Motorenkongress Baden-Baden
- FVV Frühjahrstagung 2021
- SAE WCX World Congress Experience, Detroit, US
- 2. Konferenz „Der Wasserstoffmotor“, Karlsruhe
- FVV Herbsttagung 2021
- ICEF The Internal Combustion Engine Fall Conference
- AE Powertrains, Fuels & Lubricants Digital Summit
- WKM-Symposium 2021



Veröffentlichungen 2021:

- Auswahl von Publikationen mit großer Reichweite -

- **Analyse und modellhafte Beschreibung der Belagsbildung in Abhängigkeit der Abgaszusammensetzung innerhalb der Motorkaltstartphase.** Dissertation. Appel, D. 2021, Oktober 8. Logos Verlag Berlin
- **„Ohne synthetische Kraftstoffe schaffen wir die Klimawende nicht“ - Eine Zwischenbilanz des „reFuel-Projekts“ am KIT - Campus-Report am 07.09.2021.** Fuchs, S.; Wagner, U., [Interviewter]. 2021. doi:10.5445/IR/1000136193
- **The averaging bias - A standard miscalculation, which extensively underestimates real CO2 emissions.** Koch, T.; Böhlke, T. 2021. ZAMM, 101 (8), Art.-Nr. e202100205. doi:10.1002/zamm.202100205

- **Thermische Tests im gekoppelten Prüfstandsbetrieb.**
Rautenberg, P.; Degel, J. P.; Hähnlein, S.; Weber, P.
2021. MTZ extra, 26 (S1), 36–39. doi:10.1007/s41490-021-0328-3
- **Influence of Low Ambient Temperatures on the Exhaust Gas and Deposit Composition of Gasoline Engines.** Appel, D.; Hagen, F. P.; Wagner, U.; Koch, T.; Bockhorn, H.; Trimis, D.
2021. Journal of energy resources technology, 143 (8), Art.-Nr.: 082306. doi:10.1115/1.4050492
- **A stochastic design optimization methodology to reduce emission spread in combustion engines.**
Mourat, K.; Eckstein, C.; Koch, T.
2021. Automotive and engine technology, 6 (1-2), 15–29. doi:10.1007/s41104-020-00073-y
- **Integrale Restwärmenutzung für Personenkraftwagen auf Basis eines Rankine-Prozesses.**
Dissertation. Bens, M.
2021, Mai 11. Logos Verlag Berlin
- **Untersuchung der innermotorischen Einflussgrößen auf die Partikelemission eines Ottomotors mit Saugrohreinspritzung.**
Dissertation. Schück, C.
2021, April 20. Logos Verlag Berlin
- **Fuel Consumption Modelling of a TFSI Gasoline Engine with Embedded Prior Knowledge.**
Zhang, H.; Koch, S.; Han, Y.; Toedter, O.; Kubach, H.; Koch, T.
2021. SAE WCX Digital Summit, SAE International. doi:10.4271/2021-01-0633
- **Dualhybrid-Cold Start Performance Study for a HEV with Two Combustion Engines.**
Zhang, H.; Toedter, O.; Blesinger, G.; Koch, T.
2021. SAE WCX Digital Summit, April 13 - 15, 2021, 2021-01, SAE International. doi:10.4271/2021-01-0396
- **Modelling of Engine Cooling System with a New Modelling Approach Based on Dynamic Neural Network.**
Zhang, H.; Weyhing, T.; Fan, X.; Blesinger, G.; Toedter, O.; Koch, T.
2021. WCX Digital Summit, April 13 - 15, 2021, 2021-01, SAE International. doi:10.4271/2021-01-0203
- **LCA – additional requirement for engineers.**
Toedter, O.; Weber, P.; Koch, T.
2021. Internationaler Motorenkongress 2021, Springer Verlag

- **reFuels – rethinking fuels: Performance of regenerative Fuels.** Weyhing, T.; Zabihigivi, M.; Moradi, M.; Michler, T.; Ziegler, J.; Wagner, U.; Toedter, O.; Koch, T. 2021, Februar 28. 8. Internationaler Motorenkongress (2021), Baden-Baden, Deutschland, 23.–24. Februar 2021
- **reFuels – Kraftstoffe neu denken – mit englischem Untertiteln.** Wiebe, S. 2021. doi:10.5445/IR/1000129322
- **Why Soot is not Alike Soot: A Molecular / Nanostructural Approach to Low Temperature Soot Oxidation.** Hagen, F.; Hardock, F.; Koch, S.; Sebbar, N.; Bockhorn, H.; Loukou, A.; Kubach, H.; Suntz, R.; Trimis, D.; Koch, T. 2021. Flow, turbulence and combustion, 106 (2), 295–329. doi:10.1007/s10494-020-00205-2
- **Advanced fuels for the existing fleet – Results from the reFuels project.** Dahmen, N.; Koch, T.; Rauch, R.; Sauer, J.; Toedter, O. 2021, Januar 18. 18th International Conference on Renewable Mobility "Fuels of the Future" (2021), Online, 18.–22. Januar 2021
- **Life Cycle Analysis - Base for Decision or Object for Discussion?.** Toedter, O.; Weber, P.; Heinz, L.; Koch, T.; Buchgeister, J. 2021. Ingenieurs de l'auto, 869, 30–35
- **On aerosol formation by condensation of oil vapor in the crankcase of combustion engines.** Nowak, N.; Sinn, T.; Scheiber, K.; Straube, C.; Pfeil, J.; Meyer, J.; Koch, T.; Kasper, G.; Dittler, A. 2021. Aerosol Science and Technology. doi:10.1080/02786826.2021.1976720
- **A comprehensive evaluation of water injection in the diesel engine.** Welscher, S.; Moradi, M. H.; Vacca, A.; Bloch, P.; Grill, M.; Wagner, U.; Bargnde, M.; Koch, T. 2021. International Journal of Engine Research. doi:10.1177/14680874211044297
- **Experimental and numerical analysis on two-phase induced low-speed pre-ignition.** Zöbinger, N.; Schweizer, T.; Lauer, T.; Kubach, H.; Koch, T. 2021. Energies, 14 (16), Art.-Nr.: 5063. doi:10.3390/en14165063
- **Long-term stable compressive elastocaloric cooling system with latent heat transfer.** Bachmann, N.; Fitger, A.; Maier, L. M.; Mahlke, A.; Schäfer-Welsen, O.; Koch, T.; Bartholomé, K. 2021. Communications Physics, 4 (1), Art.-Nr.: 194. doi:10.1038/s42005-021-00697-y

- **Spray characterization of DMC and MeFo on multi-hole injectors for highly boosted DISI combustion engines.** Plaß, A.; Maliha, M.; Kubach, H.; Koch, T. 2021. International Journal of Engine Research. doi:10.1177/14680874211038101
 - **Formation of NOx and Formaldehyde in Oxy-methylene Ether/n-Heptane Combustion: Engine Studies and Kinetic Modeling.** Poschen, F.; Notheis, D.; Wagner, U.; Velji, A.; Olzmann, M.; Koch, T. 2021. 10th European Combustion Meeting (ECM 2021), Online, 14.–15. April 2021
 - **Modeling the emissions of a gasoline engine during high-transient operation using machine learning approaches.** Moradi, M. H.; Heinz, A.; Wagner, U.; Koch, T. 2021. International journal of engine research, 146808742110323. doi:10.1177/14680874211032381
 - **Study of a polymer ejector design and manufacturing approach for a mobile air conditioning [Étude d'une approche de conception et de fabrication d'un éjecteur en polymère pour un système de conditionnement d'air mobile].** Beran, T.; Hübel, J.; Maertens, R.; Reuter, S.; Gärtner, J.; Köhler, J.; Koch, T. 2021. International Journal of Refrigeration, 126, 35–44. doi:10.1016/j.ijrefrig.2021.01.023
 - **Comparison of four diesel engines with regard to blow-by aerosol properties as a basis for reduction strategies based on engine design and operation.** Scheiber, K.-M.; Nowak, N.; Lorenz, M. L.; Pfeil, J.; Koch, T.; Kasper, G. 2021. Automotive and engine technology, 6 (1-2), 79–90. doi:10.1007/s41104-021-00075-4
 - **The remaining CO2 budget: a comparison of the CO2 emissions of diesel and BEV drivetrain technology.** Koch, T.; Böhmeke, C. 2021. Automotive and Engine Technology (2021) 6:127–145, <https://doi.org/10.1007/s41104-021-00081-6>
-

Ausgewählte Einladungen für Konferenzbeiträge

- **The remaining CO₂-Budget;** T. Koch, C. Böhmeke, 8. Internationaler Motorenkongress, 23. Februar 2021, Baden-Baden
- **H₂ ICE Powertrains für den Straßenverkehr der Zukunft;** A. Kufferath et al., T. Koch, 42. Wiener Motorensymposium, 29.-30. April 2022, Wien
- **Herausforderungen in der Zündung von H₂-Gemischen;** T. Michler et al.; 2. Konferenz „Der Wasserstoffmotor“; 13.+14. September 2021, Karlsruhe
- **Abgasemissionsanalyse von Wasserstoffmotoren;** H. Kubach et al.; 2. Konferenz „Der Wasserstoffmotor“; 13.+14. September 2021, Karlsruhe
- **Anforderungen an die Mobilität der Zukunft – eine ganzheitliche Betrachtung;** T. Koch, O. Toedter, P. Weber, M. Andresh, 18. FAD-Konferenz „Herausforderung – Abgasnachbehandlung“, 15. September 2021, Dresden
- **Long Haul und synthetische Kraftstoffe,** T. Koch, Kolloquium Future Mobility, TAE Esslingen, 21. September 2021, Esslingen
- **Vehicle technology paths towards low CO₂ emissions; assessment of solutions – potential of reFuels and political situation,** T. Koch et.al, 9th International PTNSS congress on combustion engines, 27. September 2021, Lublin, Poland
- **Ein Ausblick auf die Zukunft der Mobilität mit Blick auf den aktuellen regulatorischen Rahmen der CO₂-Gesetzgebung - Spannungsfeld von Emissionsgesetzgebung, Markteinflüssen und Herstellerstrategien,** T. Koch, 25. Internationaler Automobilkongress, 13. Oktober 2021, Zwickau
- **Method Hybrid Testing,** T. Koch et. al., Herbsttagung der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV), 8. November 2021, Nürnberg

Besondere Einladungen zu Vorträgen, Diskussionen und Gremienarbeit

- **Are low carbon reFuels a solution? An assessment of reFuels**, T. Koch und reFuels Team, EU Expert Talk, Online-Conference, representation of the state of Hessen, March 2021, Brussels, Belgium
- **Das Forschungsfeld Fahrzeug und Umwelt als Integrationsplattform, Teilprojekt: Emissionsarme Mobilität mit aromatenarmen Ottokraftstoffen**. T. Michler; O. Toedter; Karlsruhe Mobility Summit; Karlsruhe, 16.04.21
- **„reFuels - Kraftstoffe neu denken“** als online-Präsenz auf dem Forschungsstand des KIT Bereichs Energie und auf dem Stand des Landes Baden-Württemberg; O. Toedter; Hannover Messe Industrie; 12.-16.04.2021
- **reFuels als Teil einer nachhaltigen Mobilität**; O. Toedter; Informationsabend der Humanisten; 21.04.21
- **Podiumsdiskussion zu reFuels im Rahmen des Wissenschaftsfestivals Effekte**; Teilnehmer: Dr. D. Scheer (ITAS), Dr. S. Glöser (IIP), Hr. D. Schwarzenhal (Porsche), Dr. M. Herrmann (VM BW) Dr. U. Wagner und Dr. O. Toedter (IFKM); 11.05.21
- **„Elektroauto vs. Verbrenner: Für wen lohnt sich was in Zukunft?“**, O. Toedter, Podiums-Diskussion / Live-Talk des ADAC Mittelrhein, 19.05.21



Bild: Prof. Koch beim 2. Workshop der Allianz Wasserstoffmotor

- **A reFuels assessment of the future**, T. Koch and reFuels Team, EU Expert Talk, Online-Conference, 1. June 2021, Brussels, Belgium
- **reFuels als Teil der Mobilitätswende**; O. Toedter; Fuhrparkleiterveranstaltung des Audi-Zentrums Hannover, 10.06.21
- **VDI-Studie zu Umweltbilanzierung von Pkw-Antriebssystemen**; O. Toedter; Infoabend des VDI OWL; 15.06.21
- **reFuels - Kraftstoffe neu denken**; O. Toedter; VDMA Infoveranstaltung; Brüssel; 15.06.21
- **"Die große Transformation – Nachhaltigkeitsdilemmata und Umgang mit Unsicherheiten"**; O. Toedter, D. Scheer; DBU online-Forum zur Vorstellung des Projektes NaProlng (Nachhaltige Produktentwicklung für Ingenieure), 21.06.21
- **Automobilität der Zukunft, CO2 neutrale Antriebskonzepte**, T. Koch, Einladung der Seniorenunion, 2. Juli 2021, Ladenburg
- **Vorstellung reFuels auf der e-Fuels-Tour**; O. Toedter, **Stuttgart-Reningen** 01.08.2021
- **Infoabend: LCA – Umweltbilanzen – Lebenszyklusanalysen**; O. Toedter; VDI NRW; 02.09.21
- **Mobilität der Zukunft, Spannungsfeld von Markteinflüssen und Herstellerstrategien**, T. Koch, Einladung zur Jahrestagung des Trailer Industrie Verband e.V. TIV, 23. September 2021, Posen, Polen
- **Potenziale von Wasserstoff und regenerativen Kraftstoffen in der zukünftigen Mobilität**, U. Groos et.al., T. Koch, FVEE – Jahrestagung 2021: Mit Wasserstoff zur Klimaneutralität – von der Forschung in die Anwendung, 10. November 2021, Berlin
- **Wasserstofftechnologie und Fahrzeuge**, T. Arndt et.al., T. Koch, FVEE – Jahrestagung 2021: Mit Wasserstoff zur Klimaneutralität – von der Forschung in die Anwendung, 10. November 2021, Berlin

Auch im Jahr 2021 sind im Vergleich zum Zeitraum vor 2020, bedingt durch die Covid-19 Pandemie, deutlich weniger Anfragen für Veranstaltungsbeiträge eingegangen. Trotzdem hat das IFKM bei zahlreichen Anlässen und vielen Onlineveranstaltungen wichtige Kernbotschaften zur technologieneutralen Bewertung der Zukunft einfließen lassen können. Bedingt durch die Landtagswahl im März 2021 und die Bundestagswahl im September 2021 sowie durch das Neutralitätsgebot in besonderem Maße wurde jeweils im Vorfeld der Wahlen kein Beitrag im Rahmen von relevanten Veranstaltungen beige-steuert.

Gerne bieten wir uns auch in Zukunft an, um im Austausch mit Vertretern von gesellschaftlichen Gruppierungen, Bildungseinrichtungen, Gymnasien, Gewerbeschulen zu bleiben und um Politik, Wirtschaftsvertreter und gesellschaftliche Gruppierungen zu beraten.

Das IFKM begrüßt den befruchtenden Austausch über die Grenzen des KIT hinweg sehr.

Die zahlreichen Beiträge sind nur durch eine wertvolle Unterstützung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts möglich.

Wir danken herzlich für die intensive Hilfe!!!



Positionspapiere

Im März 2021 wurde das 3. Positionspapier der wissenschaftlichen Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentchnik e.V. (WKM) vorgestellt. Kernbotschaften dieses 3. Positionspapiers war unter anderem die Aussage, dass mit einer reinen Elektrifizierungsstrategie keine wesentlichen CO₂-Einsparungen zu

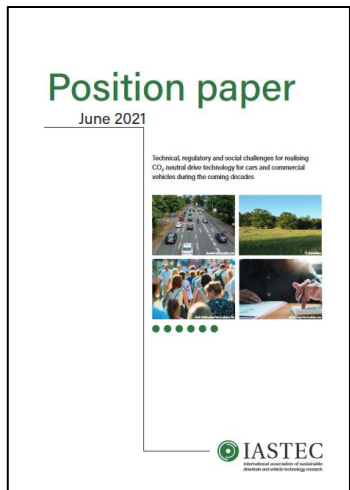
erzielen sind, so lange fossile Energieträger die Bereitstellung elektrischer Energie sicherstellen. Auf die Komplexität eines international vernetzten und vielschichtigen Mobilitätssystems wurde intensiv eingegangen.

Vielschichtige Fragestellungen wurden thematisiert und die unbedingte Notwendigkeit einer

Technologieneutralität wurde eingefordert.



Im Juni 2021 publizierte die in der Gründung befindliche IASTEC – The International Association of Sustainable Drivetrain and Vehicle Technology Research - ein Positionspapier, welches von über 170 internationalen Experten unterzeichnet wurde. Die Hauptaussage dieses Positionspapiers war ebenfalls die Notwendigkeit einer Technologieneutralität bei der Entwicklung der Fahrzeugantriebstranglösungen der Zukunft.



Informationen zu Presse, Interviews und Fernsehbeiträgen

Das IFKM sieht seinen Bildungsauftrag nicht ausschließlich in dem Angebot und der Durchführung von Vorlesungen und der studentischen Ausbildung. Zusätzliche Aspekte bilden hier die Durchführung von Tagungen („H₂-Tagung“) und öffentlichen Seminar-Veranstaltungen sowie auch die Beantwortung von zahlreichen Anfragen aus Funk, Fernsehen und weiterer Presseorgane (Zeitungen, Zeitschriften und Online-Ausgaben der Zeitungen). Auch im Verlauf des Jahres 2021 kam es so zu einer Vielzahl von Presseartikeln und Interviewbeiträgen mit Beteiligung des IFKM. Insgesamt sind wieder einige hunderte Presseartikel mit Beiträgen des IFKM erschienen.

Die thematischen Schwerpunkte lagen dabei auf den Bereichen **zukünftige Antriebe, synthetische Kraftstoffe und E-Fuels, Energiebilanzierung, CO₂-Gesetzgebung, Wasserstoffforschung** und nicht zuletzt der **Nachwuchssituation im Ingenieurbereich**.



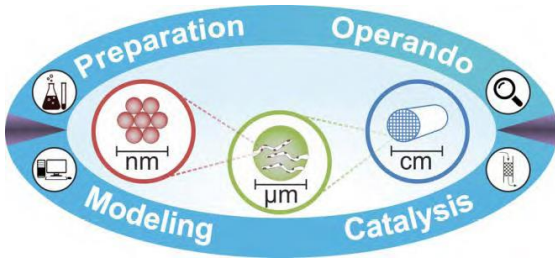
Die Breite der Pressestimmen im Jahr 2021 deckt dabei den kompletten Medien-Raum ab:

Aachener Nachrichten, Aktiencheck.de, Ariva.de, ARD, Augsburger Allgemeine, Auto Service Praxis, Automobil-Industrie.de, Automobilwoche, Badische Neueste Nachrichten, BADISCHE NEUESTE NACHRICHTEN, BAWAG P.S.K. Chartmix, Bild.de, Boerse Express, Boerse.de, Boersen-Zeitung, Börse Frankfurt, Börse Online, Börseninformationen, Börsennews.de, Cannstatter Zeitung, Comdirect, Deutsche Wirtschafts Nachrichten, Die Welt, Der Unternehmer, Deutsche Handwerkszeitung, Donaukurier.de, Easybank Easycharts.at, Echo Online, Eichstätter Kurier, energiekalender.de, Esslinger Zeitung, Extremnews, FAZ.net, financial.de, focus.de, Finanzen.at, Finanzen.net, Finanzen100, FinanzNachrichten.de, Finanztreff.de, Flotte.de, Focusonline, Frankfurter Allgemeine Zeitung, Fränkische Nachrichten, Freie Presse, 1&1 Internet AG, GMX DE, Handelsblatt, Heilbronner Stimme, Heise online, Hilpoltsteiner Kurier, nachrichten-fabrik.de, INDO NEWYORK, Informations Dienst Wissenschaft, InFranken.de, Internationales Verkehrswesen, IWR.de, Kölnische Rundschau, Kraichgau News, Leonberger Kreiszeitung, L'essentielonline, Marbacher Zeitung, MarketScreener.com [CH], Max Blue, Mittelhessen.de, motorzeitung.de, Morgen Web, MTZ, Schwäbisches Tagblatt Tübingen, Newratings.de, Newsy List, n-tv.de, OnVista, Pfaffenhofer Kurier, RTL, Schattenblick, Schrobenhausener Zeitung, Schwäbische Zeitung, Schwarzwäelder Bote, Sparda Bank, Springer Professional (DE), Staatsanzeiger.de, Stimme.de, Stuttgarter Nachrichten, Stuttgarter Zeitung, Süddeutsche.de, SWR, SWR Info, tagesspiegel, Technology Review, Tichys Einblick, TraderFox, Tvinfo.de, VDI nachrichten, Wallstreet-online, WEB.de, Wiesbadener Kurier, Wirtschaftszeitung, Wochenblatt Reporter, Wormser Zeitung, Yahoo Finanzen, Zeitonline, ZDF, Zertifikate Anleger

Neue öffentliche Projekte im Jahr 2021

Sonderforschungsbereich SFB 1441 TrackAct

Anfang 2021 startete der neu eingerichtete Sonderforschungsbereich TrackAct, dessen Ziel es ist, die Art und Funktion von aktiven Stellen in Katalysatoren zu identifizieren und zu verfolgen, diese über verschiedenste Längenskalen gezielt zu designen und zu beeinflussen sowie langfristig ihr Verhalten über die Katalysatorlebenszeit vorhersagen und beeinflussen zu können.



Die Aufgabenschwerpunkte am IFKM in Teilprojekt C5 „Understanding and modeling the influence of real operating conditions on catalyst performance“ liegen in der Erarbeitung eines vertieften Verständnisses über die Wechselwirkungen von katalytischen Strukturen und deren Aktivität im realen Abgas mit zeitlich stark veränderlichen Bedingungen, wie sie auch im realen Motorbetrieb vorkommen.

Der Versuchsträger, mit dem reale Abgasbedingungen abgebildet werden sollen, ist ein 2,1l-3-Zylinder Erdgasmotor aus dem Hause Deutz, wes-

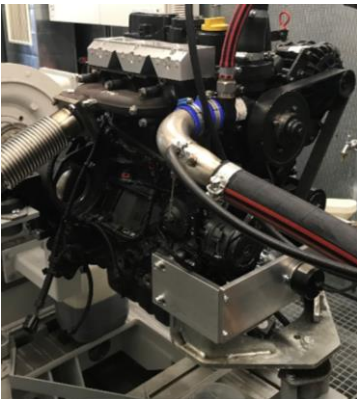


Bild: Versuchsträger Deutz G2.2

halb wir uns an dieser Stelle auch recht herzlich nicht nur für die Bereitstellung des Aggregats, sondern auch für die äußerst kompetente Hilfe beim Aufbau bei der Firma Deutz bedanken wollen. Im Fokus des

Forschungsvorhabens stehen u. a. Betriebsbedingungen wie sie in Großmotoren-

anwendungen (Schifffahrt, Blockheizkraftwerke) zu finden sind. Dies erfordert eine Neukonzeptionierung und den Umbau der Ansaugung.

Für die finanzielle Unterstützung dieser Forschungsarbeiten gilt unser Dank der DFG. Besonders hervorzuheben ist an dieser Stelle auch die Unterstützung durch die Fa. Deutz für die Bereitstellung und Unterstützung im Betrieb des Versuchsträgers und Herrn Professor Gottschalk und Herrn Runde für ihre Beratung. Dies stellt insbesondere auch den Bezug der Arbeiten zu realen Bedingungen im Feldeinsatz sicher.

Ein weiteres wichtiges Element zur Durchführung der Untersuchungen ist neben dem eigentlichen Versuchsträger, die erforderliche Messtechnik. Großer Dank gilt hier der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), die uns ein FTIR zur detaillierten Abgaskompositionsmessung zur Verfügung stellt. Dadurch sind wir in der Lage, zeitlich hochaufgelöste (5 Hz) Messungen durchzuführen sowie geringste Konzentrationen verschiedenster Abgasbestandteile erfassen zu können.



**Bild: FTIR vom Typ versa06 von IAG
bei der Inbetriebnahme am IFKM**

FVV/CORNET-Projekt „OBECOM – On-Board Emission Conformity Monitoring“

Wir freuen uns über die positive Begutachtung unseres gemeinsamen Forschungsprojekts, das wir zusammen mit dem Lehrstuhl für Antriebssysteme der TU Dresden und TEC Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey in Mexiko im 31. CORNET Call beantragt haben und das Anfang 2022 starten soll. Im Fokus steht die Entwicklung und Genauigkeitsbewertung einer Methodik zur quasi-kontinuierlichen Überwachung der Emissionen von Fahrzeugen und Maschinen im Realbetrieb. Dies könnte die Tür öffnen, um Steuerungsdaten (über CAN-Bus und OBD) zusammen mit gemessenen Emissionen zu einem „Konformitätsindikator“ zusammenzuführen und zu normalisieren. Die Hauptaufgabe besteht darin, Änderungen der Performance der Abgasnachbehandlung und des Gesamtverhaltens des Antriebsstrangs während des Betriebs zu verfolgen und zu verbessern, aber auch explizit die Grenzen einer solchen Technologie herauszuarbeiten.

Die Projektinhalte werden in drei Hauptarbeitspaketen bearbeitet (siehe Bild: Arbeitspakete „OBECOM“). Arbeitspaket 1 wird am TEC in Mexiko bearbeitet und befasst sich mit der Entwicklung geeigneter Sensoren der relevanten Abgasemissionen. In den Arbeitspaketen 2 und 3 werden an der TU Dresden und dem KIT die diesel- und ottomotorischen Versuche durchgeführt, um die Sensoren unter realen Abgasbedingungen im dynamischen Fahrbetrieb zu testen und deren Performance zu bewerten, indem deren Messwerte mit hochwertiger Laboremissionsmesstechnik verglichen wird. Variationsparameter sind hier unterschiedliche Fahrzyklen, aber auch Umgebungsbedingungen.

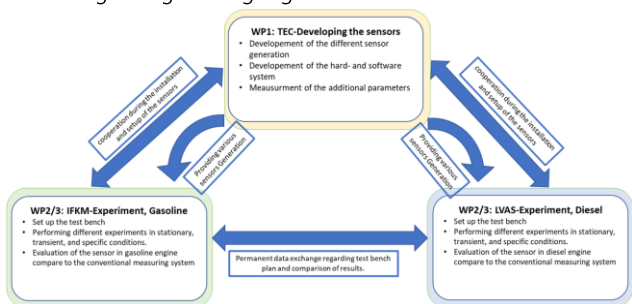


Bild: Arbeitspakete im CORNET-Projekt „OBECOM“ der Projektpartner KIT, TUD und TEC



Bildquelle: Markus Breig und Amadeus Bramstepe, KIT

FVV/CORNET-Projekt „TWC Reaction under High-frequency Lambda Switching“

Wir freuen uns über die positive Begutachtung unseres gemeinsamen Forschungsprojekts, das wir zusammen mit dem Institut für Technische Chemie und Polymerchemie ITCP, dem Abgaszentrum Karlsruhe (EGCKa) und der Waseda Universität Japan im 31. CORNET Call beantragt haben und das Anfang 2022 starten soll. Das Forschungsziel dieses Projektes ist die Analyse und Bewertung der Auswirkungen von hochfrequenten Mager-Fett-Betriebszyklen auf das Katalysatorverhalten zur Verbesserung der Katalysatorperformance und der Lebensdauer.

Vor allem die weitere Hybridisierung von Antriebssträngen erfordert hochreaktive Abgaskatalysatoren (TWC) mit schnellem Ansprungsverhalten, um auch nach Motorstillstandsphasen im Betrieb schnell wieder ihre volle Konvertierungsleistung zu erreichen. Eine hochfrequente Variation des Luftverhältnis um den Wert eins (sogenanntes Dithering) bietet das Potential zur Verbesserung der TWC-Leistung bei konstantem Katalysatorvolumen. Zur Erarbeitung der grundlegenden Funktionsmechanismen als auch der weiteren Optimierung ist die Bestimmung der Reaktionsmechanismen in einem Drei-Wege-Katalysator unerlässlich. Dies erfordert die Analyse und den Vergleich der beobachteten Ergebnisse mit Reaktionsmodellen unter Berücksichtigung von Steady-state und Langzeitbetrieb unter dynamischen Bedingungen. Der Projektansatz beinhaltet verschiedene Techniken wie axial aufgelöste Konzentrationsprofile mit SpaciPro und räumliche Analyse unter generischen Fett-Mager- und Mager-Fett-Sprüngen sowie unter Dithering Betrieb mit verschiedenen Spezifikationen.

Um die Forschungsziele zu erreichen, sind fünf Arbeitspakete vorgesehen (s. Abbildung). In einem ersten Arbeitspaket führen alle Forschungspartner eine ausführliche Literaturrecherche durch. Die weiteren Schritte umfassen die Katalysatorpräparation und -charakterisierung durch die EGCKa und das IFKM mit einem Fokus auf kurzkettigeren Kohlenwasserstoffen sowie der Waseda-Universität für höhere Kohlenwasserstoffe. Anschließend erfolgen umfangreiche Betriebsparametervariationen und parallel dazu 1D-Simulationen. Am Ende werden durch das ITCP und Waseda die Ergebnisse in ein vollständiges numerisches Modell überführt.

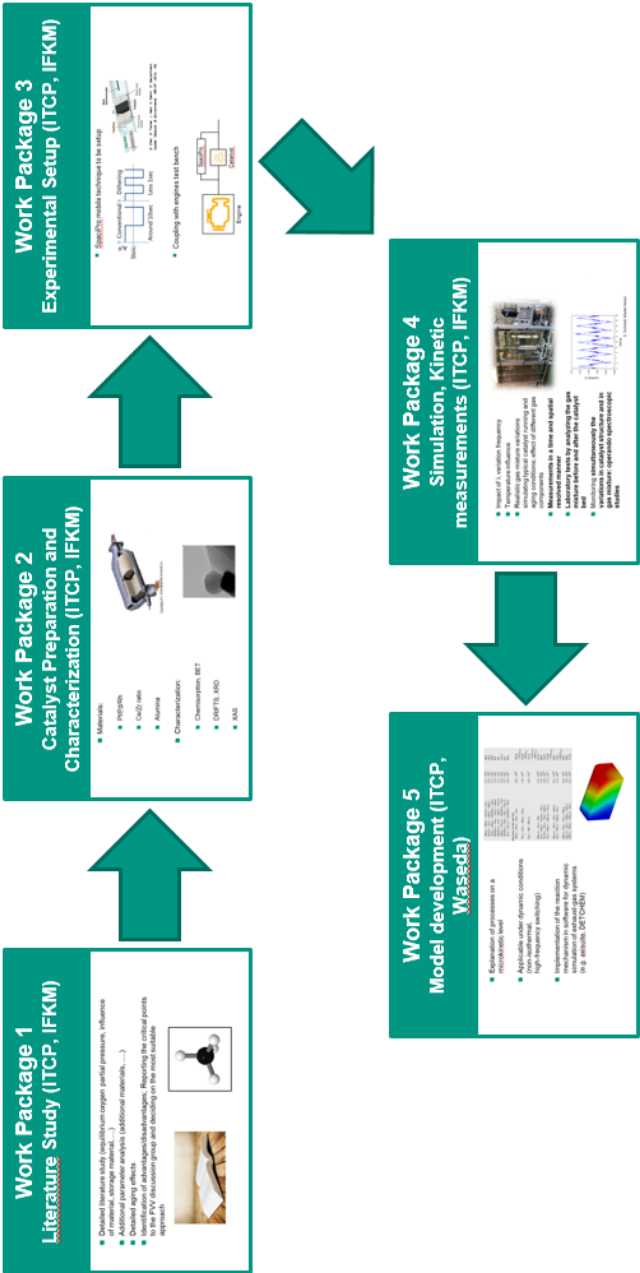


Abbildung: Arbeitspakete im CORNET-Projekt „TWC Reaction under High-frequency Lambda Switching“ der Projektpartner IFKM, ITCP, EGCKa und Waseda University

FVV Nr. 1448 | Fuel Composition - RDE and Soot Formation

Wir freuen uns sehr, dass am 01.09.2021 unser gemeinsames Forschungsprojekt mit dem OWI Science for Fuels gGmbH mit Förderung der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen gestartet ist. Im Rahmen des Projektes soll eine neue Methode entwickelt werden, mit der das Potential zur Reduktion von Partikelemissionen alternativer Kraftstoffe und Kraftstoffmischungen schnell und zuverlässig zu analysieren und vorherzusagen ist. Die Methode könnte bei erfolgreicher Entwicklung in die Kraftstoffnormen aufgenommen werden.

Hintergrund der Entwicklung ist, dass parallel zu den CO₂-Emissionen von Kraftstoffen im Verkehr auch lokale Emissionen wie die von gesundheitsschädlichen Rußpartikeln noch stärker begrenzt werden sollen. Eine anspruchsvolle EURO 7-Norm befindet sich derzeit in der Diskussion. Das Potenzial zur Bildung von Rußpartikeln bei der motorischen Verbrennung hängt neben der Güte des Brennverfahrens vor allem von der chemischen Zusammensetzung der Kraftstoffe ab. Im Zuge der Entwicklung neuer treibhausgasneutraler Kraftstoffe könnten ihre Eigenschaften so designt werden, dass Partikelemissionen praktisch unterbunden werden. Der Nachweis der Partikelemissionen erfordert aktuell allerdings zeit- und materialaufwändige RDE-Testverfahren (Real Driving Emissions). Zudem gibt es derzeit keine direkte Analysemethode der Partikelemissionen mit geeigneter Robustheit für die Verwendung in nicht-wissenschaftlichen Labors.

Vorhersage des Emissionsverhaltens von Kraftstoffen

Die angestrebte neue Testmethode soll das Emissionsverhalten von neuen alternativen Kraftstoffen und Kraftstoffmischungen auf der Basis des Yield-Sooting-Index (YSI) vorhersagen. Im Rahmen des Forschungsprojekts sind Emissionsuntersuchungen an einem auf dem YSI basierenden Stationärbrenner mit einem zu entwickelnden, vereinfachten Messverfahren vorgesehen, das den experimentellen Aufbau reduzieren und den Entwicklungsprozess beschleunigen soll. Ergänzend zu den damit ermittelten Daten sollen diese mit den Partikelemissionen verglichen werden, die bei RDE-typischen dynamischen Fahrprofilen am Motorenprüfstand ermittelt werden. Dies ermöglicht die Korrelation mit dem YSI.

Diese Daten fließen in eine Datenbank mit den physikalisch-chemischen Eigenschaften der verwendeten Kraftstoffe ein und bilden die Grundlage für ein Vorhersagemodell zur Bewertung der zu erwartenden RDE-Partikelemissionen.



Bild: Motorenprüfstand am IFKM zum dynamischen Betrieb des Versuchsträgers.

NaProlng - Nachhaltige Produktentwicklung für Ingenieure

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU unterstützt die UN-Dekade für nachhaltige Bildung und das UNESCO-Weltaktionsprogramm Bildung für nachhaltige Entwicklung. Als Teil des UNESCO-Programms "Education for Sustainable Development: Towards achieving the SDGs (ESD for 2030)" wurde eine Sonderausschreibung zu Projekten im Umgang mit den Nachhaltigkeitsdilemmata und dem Umgang mit Unsicherheiten in der Nachhaltigkeits-Bildung durchgeführt, bei der das Konsortium von IFKM und ITAS mit dem Projekt NaProlng eine dreijährige Förderung gewinnen konnte.

Ziel des Projektes ist Integration der Nachhaltigkeit in die bestehende Ingenieurausbildung. Wesentlicher Unterschied zu bestehenden Aktivitäten ist die Entwicklung von Lernmodulen zur Nachhaltigkeit und zum Umgang mit Dilemmata zum Einsatz in bestehenden Vorlesungen, im Gegensatz zu neuen Vorlesungen und Studiengängen, die immer nur einen Teil der Studierendenschaft erreichen.

In Abstimmung mit Studienkommissionen Maschinenbau und Mechatronik ist es mittlerweile gelungen mehrere Vorlesungen zu definieren, die Teile des Produktlebenszyklus abbilden und anhand derer die Elemente gemäß dem Produktlebenszyklus in die Vorlesungen einfließen werden – erstmalig im Sommersemester 2022.

In Abstimmung mit den betroffenen Dozenten werden nur Lernmodule integriert, die die bestehenden Vorlesungen zu „Werkstofftechnik“, „Produktentwicklung“ und „Maschinen und Prozesse“ ergänzen.

Im Rahmen des DBUdigital Online-Forums „Die große Transformation - Nachhaltigkeitsdilemmata und Umgang mit Unsicherheiten" vom 21. Juni 2021 konnten das Projekt und auch die geplanten Methoden erstmalig einer größeren interessierten Öffentlichkeit vorgestellt werden. In diesem Projekt wird die am KIT angestrebte direktere Integration der Forschung in die Lehre exemplarisch dargestellt.



Quelle: <https://www.dbu.de/ESD>

Im Jahr 2021 abgeschlossene Vorhaben

MEEMO - Methanol aus Erneuerbarer Energie für MOBilität mit Plug-in-Hybridfahrzeugen:

Zur Realisierung der Energiewende besteht neben dem Ansatz der Decarbonisierung aller Energieträger alternativ die Möglichkeit von fossilem Kohlenstoff unabhängige, CO₂-neutrale Kraftstoffe herzustellen und zu verwenden. Hierzu stellen strombasierte eFuels eine geeignete Lösung dar. Dieses förderpolitische Ziel der Sektorkopplung kann technisch vergleichsweise einfach mit Methanol unter Nutzung regenerativer Prozessenergien und nicht-fossilem Kohlenstoff adressiert werden. Weiter dürfen zum Schutz des Klimas und der Gesundheit der Bürger zukünftige Kraftstoffe nur einen möglichst geringen Beitrag zum Ausstoß von gesundheitsschädlichen Emissionen wie Rußpartikeln liefern. Zu einer gezielten Auslegung der dafür eingesetzten motorischen Verbrennung sind grundlegende Erkenntnisse zu Wirkmechanismen von Emissionsbildung und Verbrennungsverhalten unerlässlich.

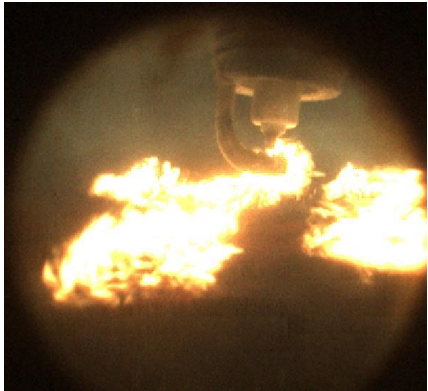


Bild: Extrem rußende Verbrennung unter Bildung großer Partikel

Aus diesem Grund wurden im Rahmen des zweijährigen Förderprojekts MEEMO zwei Arbeitspakete zu den grundlegenden Fragestellungen der motorischen Methanolverbrennung untersucht. Im ersten Arbeitspaket wurde dabei die Thermodynamik der Verbrennung im Motor (speziell Klopfen) adressiert. Im darauffolgenden Arbeitspaket wurde die Gemischbildung und Verbrennung mit Schwerpunkt auf die Partikelentstehung beleuchtet. Details und Ergebnisse können dem Abschlussbericht (Förderkennzeichen 19I18007A-D) entnommen werden, welcher 2022 vom BMWi veröffentlicht wird.

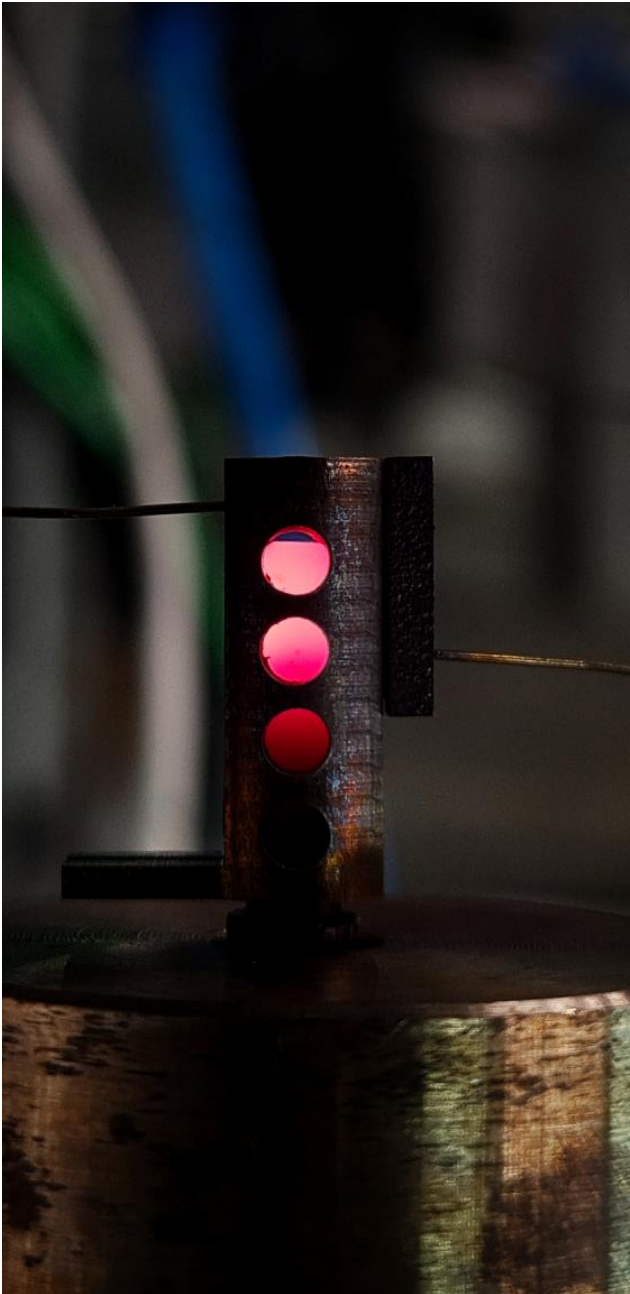


Bild: Glühstift mit Ölprobenträger für ein Projekt im Bereich ottomotorische Vorentflammung (ebenfalls Finalteilnehmer für IFKM Fotopreis 2021)

FVV Nr. 1338 | Wassereinspritzung am Dieselmotor

Auf der FVV-Frühjahrstagung 2021 wurden die Projektergebnisse des durch das BMWi (IGF-Nr. 20397 N/2) geförderten Forschungsprojekts mit dem Langtitel „Wassereinspritzung mittels zusätzlichem Injektor im Saugrohr von Dieselmotoren zur Absenkung der Stickoxidemissionen, Erhöhung des Wirkungsgrads sowie der spezifischen Leistung“ abschließend vorgestellt. Ziel des gemeinsam am IFKM des KIT und am IFS der Universität Stuttgart durchgeführten Projektes war die Untersuchung der Wassereinspritzung am Dieselmotor sowohl mit experimentellen als auch numerischen Untersuchungsmethoden.

Die Wassereinspritzung kommt beim Ottomotor bereits zum Einsatz und dient hauptsächlich der Leistungssteigerung durch eine klopfreduzierende Wirkung. Beim Dieselmotor hingegen birgt die Wassereinbringung ein hohes Potential für die Stickoxidreduzierung und Erhöhung des Wirkungsgrades. Hierzu konnten folgende Arbeiten durchgeführt und Erkenntnisse gewonnen werden.

An einem Einzylinderprüfstand wurde hierzu ein Wassereinspritzsystem ausgewählt, implementiert und umfangreiche Messreihen durchgeführt. Neben grundsätzlichen Auswirkungen auf die Verbrennung und Emissionsentstehung sind weiterführende Untersuchungen bezüglich Rußpartikelgrößenverteilung, -reaktivität und Auswirkungen auf das Schmieröl untersucht worden. Die Simulationen am IFS gliedern sich in 0D/1D- und 3D-CFD Betrachtungen und dienen als Unterstützung zu den Prüfstandsversuchen, als auch für weitergehende und grundsätzliche Untersuchungen zu Reaktionskinetik und Modellvorhersagen.

Am Prüfstand hat sich gezeigt, dass eine Reduzierung von Stickoxidemissionen ohne eine Verschlechterung des Rußausstoßes mithilfe der Wassereinspritzung möglich ist. Durchgeführte Druckverlaufsanalysen zeigen, dass der Einfluss des Wassers auf die dieselmotorische Verbrennung hingegen nur sehr marginal ist. Die Abstimmung des 0D/1D-Modells führt zudem unter Berücksichtigung der 3D-CFD Simulation zu der Annahme, dass die geringen Einflüsse durch eine schlechte Wasserverdampfung im Zylinder zustande kommen. Weitere Betrachtungen der Wassereffekte auf das gesamte Motorsystem und mögliche Anwendungen für eine RDE-Fahrt zeigen die Potentiale für einen realen Einsatz auf, wobei eine gezielte

Anwendung der Wassereinspritzung während des transienten Betriebs teils deutliche Stickoxidverringerungen verursacht. Abschließend wird eine kurze Einschätzung für die Anwendung der Erkenntnisse im Realbetrieb gegeben, wobei weiterführende Berechnungen bezüglich vorhandener Wassermengen im Abgas für eine mögliche Onboard-Rückgewinnung weitere Anhaltspunkte für die Auslegung neuer Systeme geben.

Ergänzt wird dies durch eine Literaturrecherche und Untersuchungen, die auf negative Einflüsse eines erhöhten Wassergehalts im Abgas auf die katalytische Aktivität hinweisen, wobei durch eine höhere Rußreaktivität größere Vorteile im Vergleich zu einer AGR zu erwarten sind.

Besonderer Dank gilt dem FVV-Arbeitskreis unter Leitung von Herrn Dr. Bloch (Robert Bosch GmbH) für die Begleitung und Unterstützung des Projektes sowie der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) e. V. für die finanzielle Förderung im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi).

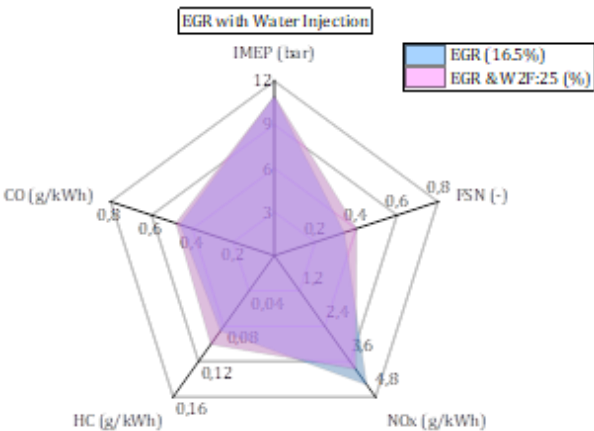
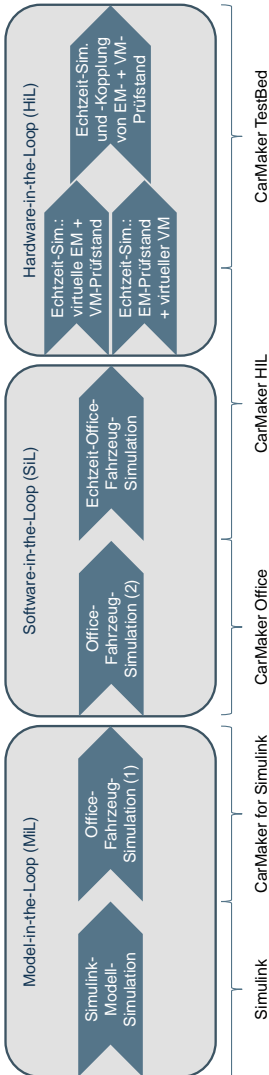


Bild: Vergleich zwischen den Versuchen ohne Wassereinspritzung und mit 25% Wasser/Kraftstoff (beides mit AGR, 1500 rpm, 15,5 bar PMI) [1].

[1] "A comprehensive evaluation of water injection in the diesel engine". Welscher, S.; Moradi, M. H.; Vacca, A.; Bloch, P.; Grill, M.; Wagner, U.; Bargende, M.; Koch, T.; 2021. International Journal of Engine Research. doi:10.1177/146808742111044297

FVV Nr. 1363 | „Methodik Hybriderprobung“

Nach zwei Jahren Laufzeit wurde das FVV-Projekt „Methodik Hybriderprobung“ erfolgreich abgeschlossen. Innerhalb des Vorhabens wurde der seit einigen Jahren am Institut etablierte Engine-in-the-Loop-Prüfstand virtuell um eine Echtzeit-Kopplung mit einem E-Maschinen-Prüfstand erweitert. Dadurch



EM = Elektrische Maschine, VM = Verbrennungsmotor

lassen sich zeitgleich beide Aggregate im Gesamtsystemkontext eines Hybridfahrzeugs betreiben.

Notwendige Prüfstands-Umbauten sowie die Software-Implementierung wurden gemeinsam mit den Nachbarinstituten ETI und FAST erarbeitet. Die dabei entwickelte Methodik basiert auf Standards wie dem Distributed Co-Simulation Protocol (DCP). Mögliche Anwendungsfälle stellen die verteilte Erprobung von Betriebsstrategien inklusive des thermischen Verhaltens der Aggregate dar. Neben dem Abschlussbericht sind die Projektergebnisse auch in eine MTZextra- sowie eine MTZ-Veröffentlichung eingeflossen.

Eine Weiterentwicklung hinsichtlich Euro 7 sowie der Einbindung eines Batterie-Prüfstandes soll in einem Folgeprojekt erfolgen.

Bild: Toolkette von der reinen Simulation bis zur vollständigen Kopplung

FVV Nr. 1316 | „Abgaszusammensetzung bei niedrigen Temperaturen“

Auf der FVV-Frühjahrstagung 2021 wurden die Projektergebnisse des durch die FVV geförderten Forschungsprojekts mit dem Langtitel „Bestimmung der Abgaszusammensetzung von Verbrennungsmotoren (Otto- und Diesel) beim Kaltstart und in kalten Betriebszuständen, um die Auswirkungen insbesondere auf das Abgasrückführsystem und die Abgasnachbehandlung zu ermitteln“ abschließend vorgestellt. Ziel des gemeinsam am IFKM und EBI-vbt des Karlsruher Instituts für Technologie KIT bearbeiteten Projekts war die detaillierte Untersuchung der Abgaszusammensetzung bei Verbrennungsmotoren bei tiefen Temperaturen und im dynamischen Fahrbetrieb.

Zunehmende Emissionsrestriktionen sowie verschärfte Umwelt- randbedingungen bei der Emissionsermittlung im praktischen Fahrbetrieb (RDE) können nicht mehr allein durch rein Motor- strategische Maßnahmen erfüllt werden. Die Sicherstellung der Funktionalität von abgasführenden Komponenten und Systemen unter allen Randbedingungen in Verbindung mit intelligenten Motorbetriebskonzepten ist demnach unabdingbar. Insbesondere systembedingte Kaltstart- bedingungen im Kurzstreckenverkehr ergeben eine besondere Herausforderung. Unter diesen Betriebsbedingungen lassen sich erhöhte Schadstoffemissionen durch innermotorische Effekte und ungünstige Betriebsbedingungen der Abgasnach- behandlungssysteme festmachen. Zusätzlich nehmen die Abgasbestandteile unter Einwirkung differenter Ablagerungs- mechanismen einen erheblichen Einfluss auf den Ablagerungs- und Verschmutzungsprozess von abgasführenden Bauteilober- flächen sowie auf die Leistungseffizienz der Abgasnach- behandlungssysteme.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden die Abgaszu- sammensetzung von einem Benzin- als auch Dieselmotor bei Umgebungs- und Motorstarttemperaturen von -22 °C bis 23 °C auf der Basis realer Fahrzyklen näher betrachtet. Dabei sind insbesondere die primären Mechanismen der Ablagerungs- bildung auf den abgasführenden Bauteiloberflächen in den Fokus gerückt. Die Kaltstartuntersuchungen wurden sowohl an einem modernen Otto- als auch Diesel- Serienmotor mit der jeweiligen Serienmotorperipherie durchgeführt. Mit dem Fokus

auf einem realistischen Motorbetrieb unter kalten Umgebungsbedingungen wurden zum einen motorspezifische Betriebsstrategien berücksichtigt und zum anderen ein dynamisches Fahrverhalten unter realen Fahrbedingungen hinzugezogen. Die Kaltstartzyklen basieren sowohl auf dem innerstädtischen Teil des WLTC-Fahrzyklus sowie auf realistischen, motorspezifischen Fahrprofilen auf Basis des städtischen RDE-Fahrbetriebs.

Zur Analyse und Charakterisierung der Belagsschichten auf abgasführenden Bauteiloberflächen wurde ein neuartiges Messverfahren hinzugezogen. Dies umfasst einen Probeplättchenhalter mit kleinen, keramischen Versuchsträgern, der innerhalb des Abgassystems positioniert ist. Darüber hinaus kann zwischen aktiv gekühlten und ungekühlten Probeplättchen differenziert werden, um damit einhergehend den Einfluss der Bauteiloberflächentemperatur auf die Ablagerungsneigung zu analysieren. Eine detailliertere Analyse der Ablagerungszusammensetzung auf den Probeplättchen-Oberflächen nach einem Kaltstartzyklus wurde unter Einbezug der Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung (GC/MS) vorgenommen. Zusätzlich konnte mittels temperaturprogrammierter (gravimetrischer) Oxidation (TPO/TGA) die Rußreaktivität bestimmt werden, die wiederum weitere Informationen über die Ablagerungseigenschaften liefert. Mit Hilfe von Elementaranalyse (EA) und hochauflösender Transmissionselektronenmikroskopie (HRTEM) in Kombination mit Bildauswertungsalgorithmen konnte ferner die Ablagerungszusammensetzung von mikro- bis zur molekularen Ebene untersucht werden. Eine nähere Charakterisierung des Ablagerungsprozesses von abgasführenden Komponenten unter hochdynamisch variierender Abgaszusammensetzung im instationären Motorbetrieb war durch Einsatz zusätzlicher Messsysteme möglich. Zur Analyse der Partikelgrößenverteilung und der Partikelanzahl wurde auf ein Partikelspektrometer (Cambustion DMS500) zurückgegriffen sowie mit Hilfe der Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie (mks MultiGas 2030 HS FTIR) weitere Gasmoleküle im Abgas zeitaufgelöst detektiert.

Basierend auf den dynamischen Fahrversuchen und der Auswertung der Ablagerungen konnten spezifische Randbedingungen und Größen als wesentliche Einfluss- und Interaktionsparameter identifiziert werden. Es konnte eine mathematische Korrelation abgeleitet werden, die die Belagsbildung

für Otto- und Dieselmotoren quantitativ beschreibt und dabei als Einflussgrößen die kumulierte Motorarbeit im Fahrzyklus, die maximal mögliche Motorarbeit, die Öltemperatur sowie die emittierten Partikel- und THC-Emissionen bezogen auf die korrespondierenden Grenzwerte beinhaltet. Konkrete Ergebnisse dieser Korrelation bezogen auf die zugehörigen experimentell entstandenen Beläge ist in Abb. 1 dargestellt.

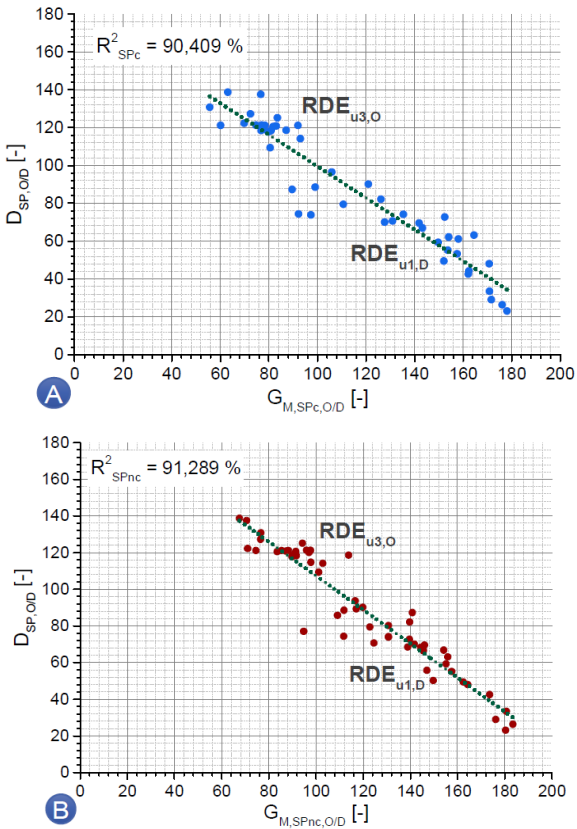


Abbildung 1: Abgeleitete Korrelation zwischen charakteristischen Motorbetriebskenngrößen und Ablagerungsneigung

Besonderer Dank gilt dem FVV-Arbeitskreis unter Leitung von Herrn Dr. Micheal Becker (Pierburg GmbH) für die Begleitung und Unterstützung des Projektes, der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen FVV e.V. für die finanzielle Förderung sowie den Firmen Ford Motor Company und Pierburg GmbH für die Bereitstellung von Versuchsteilen.

FVV Nr. 1363 | CORNET/FVV | Initiale Vorentflammung:

Im Rahmen des in diesem Jahr erfolgreich abgeschlossenen Verbundprojektes „Initiale Vorentflammung“ wurden die grundlegenden Entstehungsmechanismen von (initialen) Vorentflämmungen (VE) an einem hochaufgeladenen Ottomotor mit Direkteinspritzung untersucht. Durch einen experimentellen Dreiklang aus optischen und thermodynamischen VE-Analysen sowie gezielten Schlüsselexperimenten konnte das Phänomen VE weiter entschlüsselt werden. Die experimentellen Ergebnisse wurden durch numerische Untersuchungen unserer Partnerinstitute erweitert und validiert. Basierend auf den experimentell sowie simulativ erzielten Ergebnissen konnte ein grundlegender VE-Entstehungsmechanismus synthetisiert werden (siehe auch Bild auf Folgeseite).

FVV Projekt 1384 | H2 im Gasnetz:

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden die Folgen einer erhöhten Beimischung von Wasserstoff ins Gasnetz untersucht. Hierbei wurden Lösungsansätze entwickelt, um sowohl die Gasinfrastruktur, als auch verbrennungsmotorische Anwendungen für den Betrieb mit CNG/H₂-Gemischen mit wechselnden Wasserstoffkonzentrationen zu optimieren.

Am IFKM wurden hierzu notwendige Maßnahmen für verschiedene Fahrzeugkonzepte sowie stationäre Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen hergeleitet. Dabei konnte auf die Erfahrungen im Betrieb von Wasserstoffmotoren zurückgegriffen werden. Ergänzt durch den Einsatz von simulativen Methoden und Fachgesprächen mit Partnern aus der Industrie konnte so ein Maßnahmenkatalog für die Umrüstung der bestehenden Gasmotorenflotte sowie zukünftige Neuentwicklungen erarbeitet werden. In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern von Frontier Economics wurden hierbei Kosten abgeleitet die eine wirtschaftliche Bewertung der Lösungskonzepte ermöglichen.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden auf der FVV Frühjahrstagung 2022 vorgestellt.

Aktuelles aus dem laufenden Vorhaben „reFuels – Kraftstoffe neu denken“: RDE-Fahrten mit alternativen reFuels-Kraftstoffen und simultanem Einsatz zweier PEMS-Systeme



Regenerativ hergestellte synthetische Kraftstoffe (reFuels) sind ein unverzichtbarer Baustein, um die gesteckten CO₂-Minderungsziele zu erreichen. In der Forschungsinitiative „reFuels – Kraftstoffe neu denken“ des Karlsruher Instituts für Technologie arbeiten sechs Institute des KIT gemeinsam mit Partnern aus Energiewirtschaft, Mineralöl-, Automobil- und Zulieferindustrie daran, reFuels bereitzustellen und einzuführen. Ein entscheidendes Charakteristikum der hier betrachteten reFuels ist die Einhaltung aktuell bestehender Kraftstoffnormen, um diese Kraftstoffe auch in der bestehenden Fahrzeugflotte (ca. 48 Mio. Pkw und ca. 5,5 Mio. Nfz) einsetzen zu können.



Bild 1: Fahrzeug mit zwei separaten PEMS-Anlagen montiert auf Anhängerkupplung und im Kofferraum

Damit bestehende Emissionsvorschriften auch mit diesen reFuels-Kraftstoffen eingehalten werden, führt das Team am IFKM auch umfangreiche Fahrversuche durch. Hierbei wird bei sogenannten RDE-Fahrten (Real Driving Emissions) untersucht, wie sich die alternativen Kraftstoffe im realen Fahrbetrieb auf der Straße verhalten. Im Rahmen einer aktuellen Messkam-

pagne wurden am IFKM hierfür Untersuchungen durchgeführt, bei denen zwei unterschiedliche sogenannte Portable Emission Measurement Systemen (PEMS) simultan eingesetzt wurden.

Bild 1 zeigt den Aufbau an einem Versuchsfahrzeug mit einer PEMS-Anlage auf der Anhängerkupplung und einer weiteren PEMS im Kofferraum des Fahrzeuges. Bei dieser zweiten Anlage handelt es sich um ein Messgerät der Fa. IAG, welches auf der FTIR-Methodik beruht und damit die Möglichkeit bietet, neben den Emissionen CO, CO₂, NO_x und Partikel auch zusätzliche Abgaskomponenten wie z.B. Ammoniak (NH₃) zu messen. Messungen sowohl mit einem Diesel- als auch einem Benzinfahrzeug zeigen eine sehr gute Übereinstimmung beider Messgeräte. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass unter Einhaltung der gesetzlichen Vorgaben die gemessenen Schadstoffemissionen sowohl mit konventionellen Kraftstoffen als auch mit den reFuels-Kraftstoffen sehr deutlich unter den aktuell gültigen Grenzwerten lagen. Bild 2 zeigt beispielhaft die NO_x-Emissionen für ein Dieselfahrzeug.

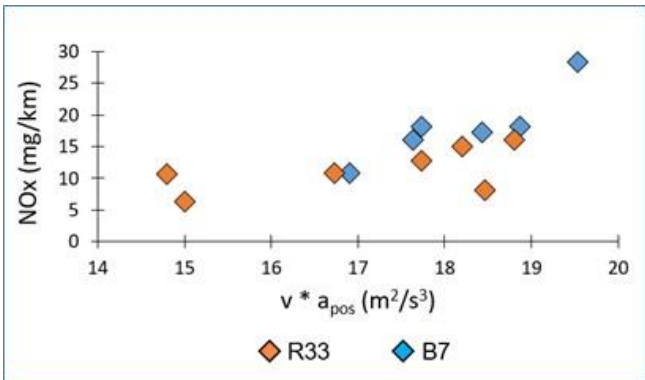


Bild 2: Streckenbezogene NO_x-Emissionen für verschiedene RDE-Fahrten mit konventionellem Dieseldieselkraftstoff B7 und einem teilsynthetischen Kraftstoff R33. Der gesetzliche Grenzwert liegt bei 120 mg/km

Um die reFuels in der gesamten Bestandsflotte einsetzen zu können, liegt der Fokus auf der Syntheseseite auf Kraftstoffen innerhalb der bestehenden Kraftstoffnormen EN590 (Diesel) und EN228 (Super Benzin).

Da die Synthesekraftstoffe aber bei den paraffinischen Dieseln eine geringere Dichte aufweisen (genormt in der EN15940) oder bei synthetischen Otto-Kraftstoffen aus der Methanol-to-

Gasoline-Route (MtG) eine zu hohe Aromatenkonzentration aufweisen, können sie als 100% synthetische Kraftstoffe zwar eingesetzt werden, sind aber nicht Teil der formalen Freigaben. Um eine Unsicherheit an den Zapfsäulen ähnlich der E10-Einführung zu vermeiden, arbeiten wir an Kraftstoffmischungen (sog. Blends), die eine maximale Höhe an regenerativen Kraftstoffen enthalten.

Bisher durchgetestet im Projekt reFuels wurden:

- S33, welches analog R33® 26Vol% E-Diesel enthält
- G40, das aus 60Vol% foss. Super, 10Vol% Ethanol und 30Vol% MtG-Benzin und ein paar Additiven besteht

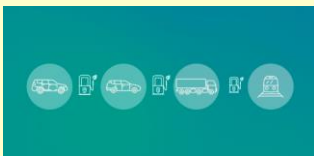
Im weiteren Verlauf werden aktuell höhere Anteile regenerativer Kraftstoffe untersucht.

Im Rahmen der Umweltbilanzierung der Kraftstoffe wurden die entsprechenden Ergebnisse der Synthesen mit den IFKM LCA-Ergebnissen der Fahrzeuge und der Kraftstoffnutzung kombiniert und so erstmalig eine zusammenhängende Umweltbilanzierung (LCA) durchgeführt, die die gewünschten bemerkenswerten Potenziale gezeigt hat. Diese LCA wurde auch vom Paul Scherrer Institut extern gereviewt und gut geheißen.

Weiterer Teil des reFuels Projektes sind an den betriebswirtschaftlichen Instituten des KIT durchgeführte Berechnungen zu den Synthesekosten, die zeigen, dass bei Installation der energieintensiven Prozesse in geeigneten Ländern und dem Transport der Zwischenprodukte (Fischer-Tropsch-Öl und Methanol) akzeptable Kraftstoffkosten erzielbar sind.

Der Fokus geht jetzt auf die Vorbereitungen zur Errichtung einer 50.000 t/a Demoanlage auf dem Gelände der Raffinerie MiRO.

Hinweis: Ständig aktualisierte Nachrichten, Erklär-Beiträge und Videos finden sich auf der Projekt-Homepage:
www.refuels.de



News aus dem IFKM

Schenkungen:

Im Laufe des Jahres 2021 haben wir aus verschiedenen Häusern erneut diverse altbrauchbare Messgeräte und Anlagen, sowie Motorenteile und gar komplette Aggregate als Schenkungen erhalten.



Alle diese Geräte leisten einen ungemein wertvollen Beitrag sowohl in der Lehre und Informationsvermittlung als auch in der Unterstützung unserer forschungsseitigen Infrastruktur.

Wir möchten uns an dieser Stelle deshalb ausdrücklich nochmals bei allen Spendern herzlich bedanken!

Ernennung zum Honorarprofessor für Dr.-Ing. Bernhard Kehrwald:

Unser langjähriger Lehrbeauftragter Herr Dr.-Ing. Bernhard Kehrwald wurde am 08.10.2021 im Rahmen einer feierlichen Zeremonie zum Honorarprofessor ernannt. Herr Kehrwald, der bereits seit vielen Jahren die Vorlesung „Betriebsstoffe für motorische Antriebe“ liest, erhielt nun seine Ernennungs-urkunde im feierlichen Rahmen des Fakultätsfestkolloquiums der Fakultät für Maschinenbau des KIT. Das IFKM gratuliert recht herzlich!



Der Dekan der KIT-Fakultät für Maschinenbau Prof. Furmans (links) überreicht die Ernennungsurkunde an Herrn Dr. Kehrwald

Fotopreis des IFKM 2021:



Zum dritten Male gab es in diesem Jahr eine Ausschreibung zum Fotopreis des IFKM „The Arrow“ .

Der Preis zeichnet jeweils im Verlauf des Jahres entstandene wissenschaftliche und nicht-wissenschaftliche Bilder aus.

Der Fotopreis ist dotiert mit einem Stiftungspreisgeld von 50 € und einem Pokal.

Das Siegerbild wird zudem auf dem Umschlag des IFKM-Jahrbuches veröffentlicht (Sie finden es also hier prominent auf der ersten Seite).

Pokal für den „The Arrow“ Fotopreis des IFKM

Preisträger im Jahr 2021 und damit dritter Gewinner des IFKM Fotopreises wurde M.Sc. Jan Reimer.

Sein Siegerbild zeigt drei Zeitschritte der Visualisierung einer Wasserstoffgaseinblasung mit der BOS-Messtechnik.

Herzlichen Glückwunsch!



Preisträger J. Reimer (links) bei der Preisübergabe durch J. Pfeil

2. Workshop der Allianz Wasserstoffmotor



Am 23. Juli 2021 fand am IFKM der zweite Workshop der Allianz Wasserstoffmotor statt. An der freien Luft und bei herrlichem

Wetter konnten über 40 Vertreter aus Industrie und Forschung weitere Schritte zur Etablierung der Technologie des Wasserstoffmotors diskutieren.

Neben Grußworten des KIT Vizepräsidenten Prof. Thomas Hirth wurden die Aktivitäten der Allianz Wasserstoffmotor vorgestellt, laufende Förderaktivitäten präsentiert und in Arbeitsgruppen wichtige Fragestellungen für die weitere Technologieentwicklung und für die Bewusstseinschärfung der Technologie diskutiert.



Im Juli 2022 wird die 3. Jahrestagung der Allianz Wasserstoffmotor stattfinden. Die Gründungsformalitäten der Allianz Wasserstoffmotor e.V. konnten im November 2021 abgeschlossen werden und die Eintragung ins Vereinsregister ist vor dem Abschluss.



2. Konferenz „Der Wasserstoffmotor“

Am 13. und 14. September 2021 fand unsere mit Spannung erwartete 2. Konferenz "der Wasserstoffmotor" in Karlsruhe-Durlach statt. Dazu waren nahezu alle Referenten der Konferenz in einem Tagungsraum in Karlsruhe versammelt. Coronabedingt wurden die Vorträge den Teilnehmerinnen und Teilnehmern per Online-Stream live präsentiert. Über den Online-Chat und spezielle Online-Moderatoren gab es ebenfalls die wichtige Möglichkeit für Rückfragen und Diskussionsbeiträge der Teilnehmenden, welche rege genutzt wurde.



Das Tagungsposter zur Konferenz

Die Defossilisierung der Energiewirtschaft und der Mobilität wird von Gesellschaft und Politik gleichermaßen eingefordert. Der New Green Deal der EU ist in seinen genauen Auswir-



Der Konferenzraum im Hotel

kungen noch nicht bekannt. Neben der Elektromobilität und synthetischen Kohlenwasserstoffen verbleibt Wasserstoff als zielführende Technologielösung, vor allem für den Nutzfahrzeugsektor.

Der Wasserstoffmotor bietet das Potential, zeitnah verfügbar eine attraktive Lösung darzustellen.

Herausforderungen des Wasserstoffmotors sind vor allem die politische und gesellschaftliche Akzeptanz, geringste Restemissionen, die Tanksystemwechselwirkung mit der Gemischaufbereitung sowie eine weitere Wirkungsgradsteigerung.

So wurden neben motorischen Themen der Wasserstoffeinblasung, Energieumsetzung und Komponentenentwicklung auf der Veranstaltung Fragestellungen der Abgasnachbehandlung,



**T. Michler bei seinem Vortrag
„Herausforderungen der Zündung
von H₂-Gemischen“**



**Prof. Deutschmann mit einer
Frage aus dem Auditorium**



**Dr. H. Kubach bei seinem Vortrag
"Abgasemissionsanalyse von
Wasserstoffmotoren"**

Wasserstoffversorgung, politischen Förderung, Wasserstofftechnologie und gesellschaftlichen Randbedingungen besprochen und diskutiert.

Die große Resonanz an der zweitägigen Veranstaltung untermauerte erneut die Aktualität der Thematik und deren Relevanz.



Prof. Koch bei der Zusammenfassung der Konferenz



Fachaustausch in der Kaffeepause

Messestand auf der NUFAM vom 30.09 bis 03.10.2021

Im Kontext des Projektverbundes "reFuels - Kraftstoffe neu denken" waren wir vom 30.09. bis 03.10 mit einem Messestand auf der NUFAM (Nutzfahrzeugmesse) vertreten.

Es wurden dort aktuelle Ergebnisse aus den Forschungsarbeiten zu erneuerbaren Kraftstoffen am Stand E 412 in der dm-arena Karlsruhe gezeigt. Zusätzlich war als praktisches Anwendungsbeispiel das portable Emissions-Messgerät aufgebaut, welches das Interesse zahlreicher Besucher auf sich zog.

In den vier Tagen konnte einer großen Zahl von Besuchern die Vorteile von regenerativ erzeugten Kraftstoffen dargelegt werden. Viele Besucherinnen und Besucher waren interessiert, auf welcher Basis (Strom oder pflanzliche Reststoffe) die Kraftstoffe hergestellt werden und welche CO₂-Bilanz erzielt wird.

Somit konnte, wie im Projekt vorgesehen, ein gesamtheitlicher Überblick über die Kraftstoffe der Zukunft gegeben werden. Zusätzlich wurde der Bezug auf die heutige Flotte gezogen, um mit Drop-In-Kraftstoffen einen direkten CO₂-Hebel in der Bestandsflotte zu erzielen. ReFuels sind ein Baustein der zukünftigen CO₂ neutralen Mobilität.



Messestand "reFuels" auf der NUFAM 2021

KIT Maschinenbautage am 7. und 8. Oktober 2021

Die KIT-Fakultät für Maschinenbau veranstaltete am 07. und 08. Oktober den Maschinenbautag als Forum der Vernetzung der Karlsruher Maschinenbau-Institute, der partnerschaftlich verbundenen Industrieunternehmen und der Studierenden.

Auch wir als IFKM war mit einem Messestand mit Demonstratoren und Exponaten, sowie fachkundigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern vor Ort, um uns potentiellen zukünftigen Hörerinnen und Hörern zu präsentieren.



Informationsstand des IFKM auf den KIT-Maschinenbautagen



IFKM-Schnittmotormodell im Eingangsbereich
zu den Maschinenbautagen

Video- und Präsentationsempfehlung



The averaging bias – an underestimation of CO₂ emissions explanation, analysis and discussion

This presentation is available: www.ifkm.kit.edu

Thomas Koch

Karlsruhe, November 2021



KIT – The Research University in the Helmholtz-Association

www.kit.edu

Im Juni 2021 publizierte Prof. Koch zusammen mit seinem Kollegen Prof. Böhlke einen Beitrag im englischsprachigen Journal für angewandte Mathematik und Mechanik (ZAMM). Diese Publikation befasste sich grundsätzlich mit der Bestimmung von CO₂- und äquivalenten Emissionen, die durch elektrische Verbraucher entstehen.

Motivation für diese Veröffentlichung war die Situation, dass zahlreiche andere Publikationen, Berichte und Ratgeber sich in ihren Berechnungen auf eine unzureichende analytische Formel gestützt hatten, welche de facto die realen CO₂-Emissionen unterschätzt.

Die Resonanz auf diese Veröffentlichung war überwältigend und sehr positiv. Wir haben nun auf unserer Homepage zwei Videos (in deutscher und englischer Sprache) sowie eine Präsentation abgelegt, die die hinter der Veröffentlichung stehende Physik und Mathematik in vereinfachter Weise erklären. Außerdem wird in den vorliegenden Mediensätzen auf die geäußerte technische Kritik eingegangen.

Die Videos und die Präsentation finden Sie unter der Adresse:

<https://www.ifkm.kit.edu/152.php#block1961>

oder einfach über Scan des QR-Codes:



***) Abbildung auf Frontcover zeigt:**

Wasserstoffeinblasung in drei Zeitschritten nach Ansteuerbeginn eines Einblaseventils.

Visualisierungstechnik: BOS (Background-oriented Schlieren-Methode) auf Grundlage des BOS-Moduls in der Davis-Software der LaVision GmbH.

Einblasedruck: 9 bar – Kammerrelativdruck:
3 bar – Ambient Gas: Stickstoff

Kontakt

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Kolbenmaschinen (IFKM)
Prof. Dr. sc. techn. Thomas Koch
KIT Campus Ost
Rintheimer Querallee 2
76131 Karlsruhe



Telefon: +49 721 608 42431
E-Mail: info@ifkm.kit.edu

Herausgeber

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe

Karlsruhe © KIT 12/2021

www.kit.edu