

Virtuell und real: Wie die Verbrennung detailliert abläuft

Aktuell wird in der breiten Öffentlichkeit kaum über Forschung und Entwicklungen im Bereich Verbrennungsmotor gesprochen. Die Elektrifizierung des Individualverkehrs steht im Vordergrund. Dabei wird der Verbrennungsmotor in diversen Anwendungen noch lange der wichtigste Antrieb bleiben. Die ETH Zürich forscht und entwickelt im Bereich Verbrennung und zeigt aktuelle Projekte.



Rund 40 Tagungsteilnehmende liessen sich von Experten des LAV (Laboratorium für Aerothermochemie und Verbrennungssysteme) der ETH Zürich über die aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekte informieren. Von der elementaren Grundlagenforschung bis zur Anwendung in Zusammenarbeit mit Industriepartnern reicht die Palette der Tätigkeiten.

Als ehemaliger Absolvent des Studiums zum Maschineningenieur ETH und anschliessendem Doktorat ist SAE-Tagungsleiter und Vorstandsmitglied Christian Lämmle an seine frühere Bildungsstätte zurückgekehrt. In seiner Begrüssung ordnete Lämmle ein, dass der Verbrennungsmotor trotz einer Vielzahl von alternativen Antrieben nach wie vor die global wichtigste Hauptantriebsquelle für diverse Anwendungen ist.

Das LAV (Laboratorium für Aerothermochemie und Verbrennungssysteme) der ETH Zürich forscht und entwickelt an Möglichkeiten, den Verbrennungsmotor in Richtung «near zero emissions» zu führen. Durch die Optimierung des Gaswechsels und der Brennraumgeometrie,

modifizierte Einspritzverfahren und damit einer optimaleren Verbrennung können sowohl die Rohemissionen als auch der Wirkungsgrad verbessert werden.

Grundlagenforschung bis Industrieanwendungen

Prof. Dr. Konstantinos Boulouchos zeigt in seinem Einführungsreferat, wie die Abteilung nicht nur schweizweit, sondern global vernetzt ist. Diverse Forschungsprojekte werden mit Partnern anderer Hochschulen oder der Industrie umgesetzt. Rund 50 Studentinnen und Studenten werden in der Lehre begleitet und sind wie die rund 40 Mitarbeitenden aus Forschung, Entwicklung und Lehre darauf bedacht, sowohl in der Grundlagenfor-

schung wie auch in der Applikation Fortschritte realisieren zu können. Für Boulouchos sind zwei Hauptthemen zentral: Die Brennraumsimulation mit numerischen Verfahren und die optische Überwachung realer Verbrennungen mit der entsprechenden Analyse.

Zudem stellt der Leiter des LAV auch zwei Haupttrends fest, welche die Abteilung beschäftigen. Zwischen 2030 bis 2040 werden vermehrt fossile Treibstoffe durch synthetisch, konfigurierbare Treibstoffe abgelöst. «Der Treibstoff für Verbrennungsmotoren kann künftig designt werden» ist der Experte überzeugt und nennt als weiteren Vorteil, dass die HC-Moleküle aus Wasserstoff H_2 aus Elektrolyse mit erneuerbarem Strom und CO_2 aus der Luft hergestellt werden. Damit wird der Treibstoff der Zukunft nahezu CO_2 -neutral sein. Ausserdem lässt sich der Treibstoff auf die Motoren abstimmen.

Ein weiterer Megatrend sieht Boulouchos in der Verschmelzung von Otto- und Dieselmotoren. Durch die Verschmelzung der Brennverfahren und der Möglichkeit, mit zwei Treibstoffen einen Verbrennungsmotor zu betreiben, werden neue Möglichkeiten eröffnet. Spitzendrücke von über 200 bar und beispielsweise der Einspritzung einer kleinsten Menge Diesel in ein CNG-Luft-Gemisch werden die Rohemissionen zu null tendieren lassen und den Wirkungsgrad verbessern.

Auch für Dr. Christophe Barro sind die neuen Brennverfahren Antrieb, in



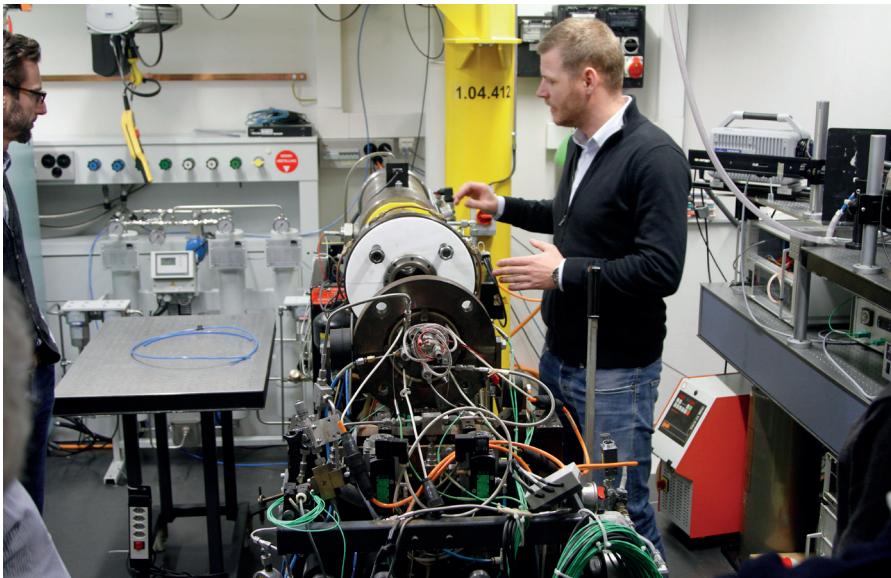
Prof. Dr. Konstantinos Boulouchos, Leiter des Labors LAV, präsentiert die verschiedenen Tätigkeiten seiner rund 40 Mitarbeitenden in Forschung und Entwicklung.



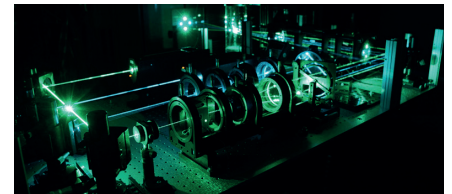
Dr. Christophe Barro zeigt auf, wie anhand von modernsten Analysetools experimentell die Verbrennung analysiert wird und synthetische Treibstoffe untersucht werden.



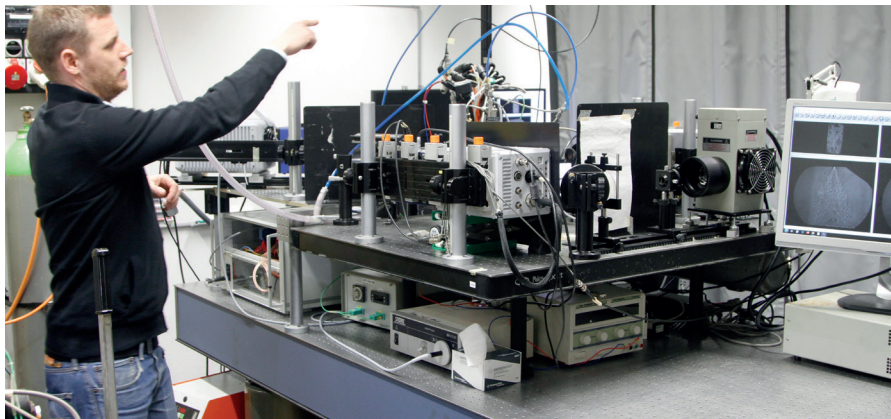
Dr. Yuri Martin Wright unterstrich in seinem Referat, wie sich die numerische Simulation dank Optimierung der Realität bei der Gemischbildung kontinuierlich annähert.



Das Labor wurde verkleinert und die grosse Prüfstandsinfrastruktur teilweise ausgelagert. Für die Analyse von Verbrennungsvorgängen weist das LAV Hightech-Equipment auf.



Mittels Lasermessverfahren den Brennverlauf in einem Verbrennungsmotor visualisieren.



Mittels Hochgeschwindigkeitskameras wird die Verbrennung in Brennkammern Schritt für Schritt untersucht. Insbesondere synthetische Treibstoffe lassen sich so analysieren und mit fossillem Benzin oder Diesel vergleichen.



Über das SAE-Werkzeugtool aus der Hand von SAE-Fachtagungsleiter Christian Lämmle freuten sich die Referenten.

Forschung und Entwicklung zu investieren. Die ETH Zürich verfügt über eine Vielzahl von Labor- und Prüfmöglichkeiten, um die Verbrennung verschiedener Treibstoffkonfigurationen zu analysieren. Dabei werden bildgegebene Verfahren eingesetzt, welche den Verbrennungsstart (Oxidation der OH-Radikale) bis zum Verbrennungsende beobachten. Auch für Barro sind designte Treibstoffe der Schlüssel für die Zukunft.

3D-Verbrennungssimulation

Im dritten Fachreferat zeigte Dr. Yuri Martin Wright auf, wie die Brennverfahren dank unglaublicher Rechenpower und weiterentwickelter Simulationssoftware nachgebildet werden können. «Viele Modelle funktionieren heute schon sehr gut» erklärt der Simulationsexperte und ergänzt: «Der Bereich der Brennraumgrenze/Zylinderwand stellt aber in der Simulation noch eine grosse Herausforderung dar.»

Die Summe der Entwicklungs- und Forschungstätigkeiten des LAV zielen darauf hin, die Simulationen an reelle Verbrennungen anzugleichen und damit den Verbrennungsprozess präziser zu verstehen. Daraus abgeleitet können ausser- und innermotorische Prozesse verbessert und auch Komponenten optimiert werden. Aber Wright ist überzeugt: «Die Reduktion der Emissionen wird uns noch lange beschäftigen».

Im Anschluss an die drei Referate durften die Tagungsteilnehmenden die Laborräumlichkeiten besichtigen. Aufgrund des Umzugs der Einrichtungen konnte Barro zwar keine Live-Demonstration zeigen. Die Erklärungen des Experten machten aber deutlich, dass die Verbrennungsanalyse nur mit Hightech-Ausrüstung und Know-how weiter erforscht werden kann. Einige Prüfstände wurden zudem ausgelagert. Die Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW mit Prof. Dr. Kai

Hermann hat einige Prüfstände der ETH Zürich übernommen und wird die Forschung und Entwicklung in neuen Labors in Windisch weiterführen.

Gemütlicher Ausklang mit Fachgesprächen

Im Anschluss tauschten sich die rund 40 Tagungsteilnehmende bei einem Apéro aus. Dass der Verbrennungsmotor auch weiterhin ein wichtiges Standbein des Antriebes in der Zukunft ist, freute viele der Anwesenden. Auch freudig zur Kenntnis wird genommen, dass die ETH Zürich auch in Bereich der experimentellen Methoden und Simulation zur globalen Forschungsspitze gehört.

Als Dank erhielten die drei Referenten aus der Hand von Tagungsleiter Lämmle die SAE-Werkzeugtools, welches nicht nur in Forschung und Entwicklung von Nutzen, sondern auch im alltäglichen Reparaturfall von grossem Vorteil sein kann.