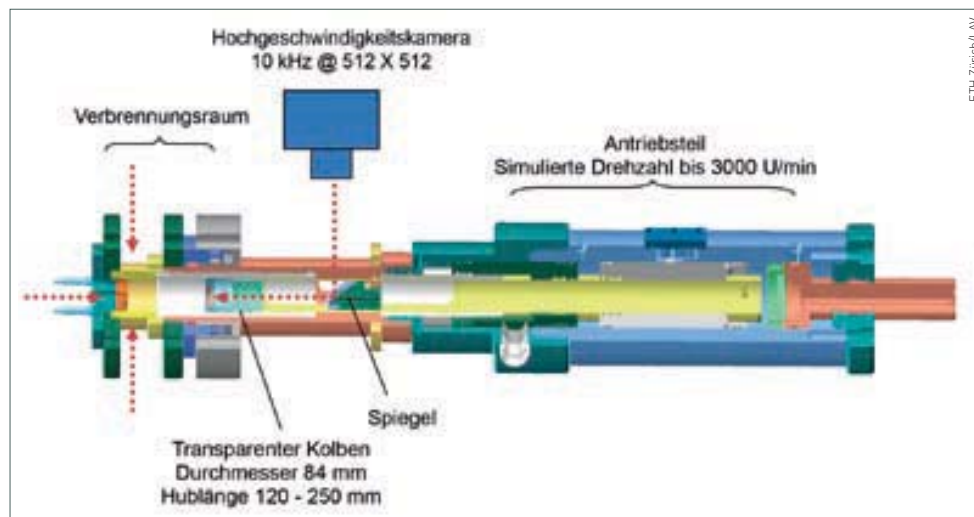


Zündender Funke für weniger Emissionen

Mit einer homogenen, selbst gezündeten Verbrennung können bei Dieselmotoren Stickoxide und Russ wesentlich vermindert werden. Die damit verbundenen technologischen Herausforderungen beschäftigen zurzeit ETH-Forschende in internationalen Kooperationsprojekten.



Das Einhubtriebwerk besteht aus einem Antriebsbereich und einem Verbrennungsraum mit Sichtring.

Beim konventionellen Dieselmotor entstehen die beiden unerwünschten Emissionen Stickoxide und Russ. Sie lassen sich jedoch mit technischen Mitteln nicht gleichzeitig reduzieren: Sie stehen in einer gegenseitigen Abhängigkeit, der nur mit aufwendigen Sekundärmassnahmen begegnet werden kann. Immer strengere Luftreinhaltevorschriften und der gesundheitsschädigende Feinstaub machen die Suche nach Lösungen dringlich. Verursacht wird diese Schadstoffbildung durch den im Motor stattfindenden Diffusionsverbrennungsprozess, bei welchem die Reaktionskinetik deutlich schneller abläuft als die Luft- und Brennstoffmischung. Normalerweise beginnt die Verbrennung mit einem gesteuerten Zündvorgang. Seit einigen Jahren wird an der ETH Zürich ein viel versprechender, verbrennungstechnisch alternativer Ansatz untersucht: Die homogene, allein durch die Kompression gezündete Verbrennung (HCCI – Homoge-

neous Charge Compression Ignition).

Herausforderungen

Diese selbst gezündete, im Idealfall homogene Dieselvebrennung verspricht eine äusserst markante Verminderung von Stickoxid- und Russpartikelemissionen. Mit diesen Vorzügen kommt sie der Zielsetzung des Laboratoriums für Aerothermochemie und Verbrennungssysteme (LAV) sehr nahe. Dessen Leiter, ETH-Professor Konstantinos Boulouchos, sagt: «Der Schwerpunkt unserer Forschungsarbeiten liegt bei Null-Emissions-Verbrennungssystemen, wobei wir uns auf motorische Brennverfahren und deren Verbindungen mit zukünftigen Treibstoffen konzentrieren.» Unabhängig von alternativen Antriebssystemen wird die motorische Verbrennung weiterhin eine wichtige Rolle spielen, weshalb die Forschung und Entwicklung in den Bereichen Emissionsminderung und Effizienzerhö-

hung bedeutend bleibt. Neben den Vorzügen der Emissionsreduktion bietet das HCCI-Verfahren aber auch technologische Herausforderungen. Die schnellere Energieumsetzung verursacht mehr Lärm und der eigentliche Verbrennungsbeginn kann – aufgrund fehlender externer Zündung beziehungsweise später einsetzender Treibstoffeinspritzung – weniger gut gesteuert werden. Zudem erfolgt die Selbstzündung vor allem bei höheren Lasten zu früh, was den Spitzendruck und den thermodynamischen Wirkungsgrad negativ beeinflusst. Aber auch der Kaltstart verursacht noch Probleme. Es gibt also noch viel Arbeit für die Forschung am LAV, die unter anderem auch vom Bundesamt für Energie (BFE) unterstützt wird.

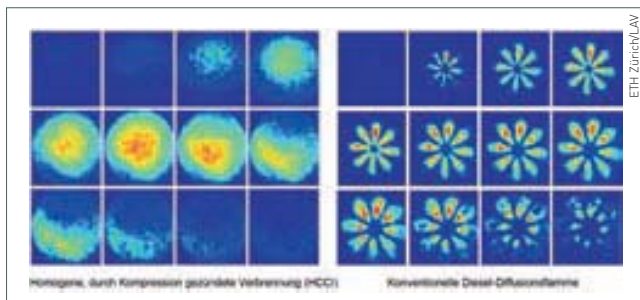
Kennzahlen finden

Bei neuen Treibstoffen, die beispielsweise aus biogenen Ressourcen durch das Fischer-Tropsch-Verfahren hergestellt werden, lassen sich die bisher

bekannten Kennzahlen nicht ohne weiteres anwenden. Diese basieren in der Regel auf Diffusionsverbrennungsvorgängen und können deshalb das Selbstzündverhalten nicht präzise genug charakterisieren. «Designer-Treibstoffe» ermöglichen in Zukunft aber gezielte Anpassungen an die verbrennungstechnischen Gegebenheiten. Das LAV arbeitet daran, die für die Motorenbauer relevanten Kennzahlen durch Berechnungen, Simulationen und Experimente zu bestimmen. Andreas Escher, ehemaliger Doktorand am LAV, hat sich mit dem HCCI-Verfahren und der Bestimmung solcher Werte befasst: «Wir untersuchten in einer Versuchseinrichtung mit optischen Aufzeichnungsinstrumenten den Einspritzvorgang und die Verteilung des Treibstoffs im Brennraum. Dabei hat sich gezeigt, dass ein einziges Einspritzsystem kaum den Anforderungen der Niedrig- und Hochlastbereiche entspricht. Wir haben jedoch gesehen, dass eine Durchmischung zu einem homogenen Gas möglich ist.»

ETH-Wissen ist gefragt

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV) arbeitet das LAV heute in einem Verbund mit den drei Universitäten Duisburg-Essen, Stuttgart und Aachen sowie mit mehr als zehn europäischen Industriepartnern zusammen. Ziel dieser Kooperation sind die Definition von Kraftstoffkennzahlen für die homogene Dieselvverbrennung sowie Untersuchungen zu synthetischen Zukunftstreibstoffen für Dieselmotoren. Das LAV wurde aufgrund seiner Kompetenzen ausdrücklich zur Bewerbung für die Projektteilnahme eingeladen.



Visualisierung des Unterschieds von homogener, durch Kompression gezündeter Verbrennung HCCI (links) und konventioneller Dieselmotortechnik.

Einhubtriebwerk für Experimente

Diese internationale Forschungszusammenarbeit umfasst einerseits theoretische Berechnungs- und Simulationsthemen wie die systematische Reduktion der Mechanismen für Einzelkomponenten-Treibstoffe mit unterschiedlicher Cetan-Zahl oder die Entwicklung von Mehrzonenmodellen, andererseits aber auch die optische Diagnostik und Brennverlaufsanalyse. Dabei

kommt ein Einhubtriebwerk zum Einsatz, bei dem unterschiedliche Kraftstoffe eingesetzt werden. Diese Einrichtung besteht aus einem Antriebsbereich mit einem linear beweglichen Kolben und einer Brennkammer mit einem Sichtring für die optische Aufzeichnung der einzelnen Versuche. Das Grundkonzept basiert auf einer gegenläufigen Bewegung zweier koaxial angeordneter Massen, wodurch ein für die Untersu-

chungen notwendiger vibrationsarmer Betrieb möglich ist. Das Einhubtriebwerk gewährt einen motorähnlichen Zustand des Brennraums. Zwei wichtige Forschungsfragen waren: Wie homogen muss das Treibstoff-Luft-Gemisch im Brennraum sein? Und könnte auch eine kontrollierte Schichtung ans Ziel führen? Im Einhubtriebwerk der ETH Zürich wurden Versuche mit Diesel- und Benzintreibstoffen sowie mit unterschiedlichen Mischverhältnissen durchgeführt. Diese haben dazu beigetragen, den Verbrennungsprozess, den Zustand im Brennraum und die Zündorte in Abhängigkeit von Betriebsparametern wie Druck, Temperatur, Abgasrückführung und Verbrennungsluftverhältnis besser zu verstehen. Mit den experimentellen Untersuchungen konnten Brennverfahren erarbeitet werden, mit denen nun die Simulationsberechnungen validiert werden können.

«Wir haben Gesetzmässigkeiten zur Wärmefreisetzungsrate bei HCCI-Verfahren gefunden sowie die räumliche Verteilung der Temperatur und die Wärmeumsetzung bei unterschiedlichen Treibstoffen erfasst. Zudem wissen wir heute mehr zur Einspritzung von kombinierten Benzin- und Diesel-ähnlichen Treibstoffen. Nun müssen wir die Kennzahlen von solchen Gemischen sowie die Erkenntnisse zu deren Aufbereitung, Zündung und Verbrennung, vor allem aber auch der künftigen synthetischen Dieseltreibstoffen, finden», formuliert Boulouchos das nächste Ziel. Damit wird es möglich sein, bei HCCI-Systemen eine gezielte Abstimmung der Treibstoffeigenschaften mit den sich verändernden Anforderungen des Motorenbetriebs zu realisieren. 

Jürg Wellstein
Fachjournalist, Basel

Spitzenplatz dank Weiterbildung.



Unsere praxisnahen Weiterbildungsangebote führen zum Master, Diploma oder Certificate of Advanced Studies.

Aktuelle Kurse:

- Integriertes Risikomanagement (MAS)
- Instandhaltungsmanagement (CAS)
- Barrierefreies Webdesign (CAS)
- Risikoanalytik und Normen (CAS)
- ProfiNet in Depth (WBK)

www.engineering.zhaw.ch/weiterbildung

Telefon +41 58 934 74 28

weiterbildung.engineering@zhaw.ch