

Mit Wasserstoff über die Nordschleife

Dieser Artikel gibt den Stand zum Zeitpunkt seiner Veröffentlichung wieder. Der Inhalt kann inzwischen veraltet sein.

18/08/2022 Im Rahmen einer Studie hat Porsche Engineering das Potenzial von Wasserstoff-Verbrennungsmotoren untersucht. Das Ergebnis ist ein Hochleistungsaggregat mit Emissionen auf Umgebungsluftniveau.

Für künftige Fahrzeuge sind derzeit verschiedene Antriebslösungen wie Hybridsysteme, Elektroantriebe und effiziente Verbrennungsmotoren parallel in Entwicklung. Alternativ zu konventionellen Kraftstoffen oder synthetischen Kraftstoffen (eFuels) kann auch Wasserstoff für den Einsatz in Verbrennungsmotoren in Betracht gezogen werden, was Gegenstand dieser Studie war und von Porsche Engineering untersucht wurde.

Hochleistungs-Wasserstoffmotor für Personenwagen

Derzeit wird weltweit an Wasserstoffmotoren gearbeitet, allerdings meist für Nutzfahrzeuge mit einer relativ geringen spezifischen Leistung von rund 50 kW pro Liter Hubraum. „Für den Personenwagen-Bereich ist das zu wenig. Darum haben wir als Studie einen Wasserstoff-Verbrennungsmotor entwickelt, der Leistung und Drehmoment auf dem Level aktueller Hochleistungs-Ottomotoren bieten soll. Gleichzeitig war unser Ziel, einen geringen Verbrauch zu erreichen und die Emissionen auf Umgebungsluftniveau zu halten", sagt Vincenzo Bevilacqua, Fachreferent Motorsimulation bei Porsche Engineering. „Ausgangspunkt unserer Untersuchungen war ein existierender 4,4-Liter-Achtzylinder-Ottomotor – oder besser ausgedrückt: sein digitaler Datensatz, denn wir haben die gesamte Studie virtuell über Simulationen durchgeführt."

Die Veränderungen am Motormodell umfassten unter anderem eine höhere Verdichtung und eine angepasste Verbrennung, vor allem aber ein neues Turbo-Aufladesystem. „Für eine saubere Verbrennung von Wasserstoff müssen die Turbolader einerseits rund doppelt so viel Luftmasse wie bei Ottomotoren bereitstellen. Andererseits fehlt abgasseitig durch die geringeren Abgastemperaturen aber Energie für ihren Antrieb", erklärt Bevilacqua. Dieser Widerspruch lässt sich mit konventionellen Turboladern nicht auflösen. Porsche Engineering hat darum vier alternative, besonders leistungsfähige Aufladekonzepte untersucht, die teilweise aus dem Motorsport stammen.

Alle Systeme bestehen aus mehreren elektrisch unterstützten Turboladern, teilweise kombiniert mit zusätzlichen Steuerungsklappen im Luftsystem oder mechanischen Kompressoren. „In den Benchmark-Untersuchungen zeigte jedes Aufladesystem spezifische Vor- und Nachteile. Die Wahl des richtigen Konzepts hängt daher sehr stark vom Anforderungsprofil des jeweiligen Wasserstoffmotors ab", so Bevilacqua. Für die vorliegende Motorstudie wählte das Entwicklerteam ein Turbosystem mit sogenannten Back-to-Back-Verdichtern aus. Ihre konstruktive Besonderheit ist die koaxiale Anordnung von zwei Verdichterstufen, die über eine gemeinsame Welle durch die Turbine beziehungsweise den unterstützenden Elektromotor angetrieben werden. Die Prozessluft strömt dabei durch den ersten Verdichter, wird im Ladeluftkühler zwischengekühlt und dann in der zweiten Stufe nachverdichtet.

Mit einer Leistung von rund 440 kW liegt der Wasserstoffmotor auf dem Niveau des ursprünglichen Ottoaggregats. Um die Performance des Antriebs besser einordnen zu können, hat Porsche Engineering ein damit ausgerüstetes Referenzfahrzeug der Luxusklasse mit einem relativ hohen Gesamtgewicht von 2.650 kg auf der Nürburgring-Nordschleife getestet – rein virtuell: Die Fahrt wurde mithilfe eines sogenannten digitalen Zwillings durchgeführt, also einer Abbildung des Realfahrzeugs im Computer. Mit einer Rundenzeit von 8 Minuten 20 Sekunden zeigte das Fahrzeug hohes fahrdynamisches Potenzial. Bei der Verbrennung von Wasserstoff werden aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung weder Kohlenwasserstoffe noch Kohlenmonoxid freigesetzt, auch Partikel spielen naturgemäß keine Rolle. Für die Emissionsoptimierung des Wasserstoffmotors konzentrierten sich die Experten von Porsche Engineering daher auf die Stickoxide. In umfangreichen Optimierungsschleifen trimmten sie die Betriebsstrategie des Motors auf eine möglichst saubere Verbrennung. Ihr Ansatz: Das Rohemissionsniveau mithilfe einer extrem mageren und damit kälteren Verbrennung gering halten,

sodass man auf ein zusätzliches Abgasnachbehandlungssystem verzichten kann.

„Wie sich zeigte, unterschreiten die Stickoxidemissionen die derzeit diskutierten Grenzwerte der Euro-7-Norm deutlich und liegen über den gesamten Drehzahlbereich nahe null“, berichtet Matthias Böger, Entwicklungsingenieur Motorsimulation bei Porsche Engineering. Um die Ergebnisse der Emissionstests besser einordnen zu können, zieht er einen Vergleich zum sogenannten Luftqualitätsindex (Air Quality Index). Dieser dient Regierungsbehörden und anderen Institutionen als Maßstab zur Beurteilung des Luftverschmutzungsgrads. Allgemein wird dabei eine Konzentration bis rund 40 Mikrogramm Stickoxid pro Kubikmeter mit einer guten Luftqualität gleichgesetzt. „Die Emissionen des Wasserstoffmotors liegen unterhalb dieser Grenze. Sein Betrieb hat damit keine nennenswerten Auswirkungen auf die Umgebung“, so Böger.

Emissionen auf Umgebungsluftniveau

Zusätzlich zu den kaum messbaren Emissionen bietet der Wasserstoffmotor dank der mageren Verbrennung hohe Effizienz im WLTP-Messzyklus sowie in kundenrelevanten Verbrauchszyklen. „Unser selbst gestecktes Projektziel, die Entwicklung eines sauberen, sparsamen und sportlichen Wasserstoffmotors, haben wir damit auf ganzer Linie erfüllt“, fasst Bevilacqua zusammen. Die Kosten für einen Wasserstoffantrieb in der Serienproduktion könnten mit denen eines Ottomotors vergleichbar sein. Zwar sind das Turboladersystem und einige mechanische Komponenten des Wasserstoffmotors aufwendiger und damit teurer, allerdings spart man sich die beim Ottomotor erforderliche Abgasnachbehandlung für Euro 7.

Das Team von Porsche Engineering konnte alle Tests rein virtuell und damit äußerst effizient umsetzen. Basis war die etablierte durchgängige Simulationsprozesskette, hinzu kamen die umfassenden Erfahrungen bei Modellbildung und Berechnung. „Von der ersten Idee bis zum Abschluss der Studie haben wir nur sechs Monate gebraucht“, so Bevilacqua. „Das beinhaltete auch Grundlagenarbeiten wie die Erstellung neuer Rechenmodelle, die die unterschiedlichen chemisch-physikalischen Eigenschaften von Wasserstoff im Vergleich zu Ottokraftstoff berücksichtigen.“

Verbrauchsvorteile von bis zu fünf Prozent

Der Wasserstoffmotor wird in der vorliegenden Form wahrscheinlich nicht in Serie gehen, aber das war auch gar nicht das Ziel des Projekts. Im Mittelpunkt stand vielmehr die Untersuchung der technischen Möglichkeiten des alternativen Antriebs und die Erweiterung bestehender Engineering-Tools. „Wir haben durch die Studie wertvolle Erkenntnisse im Hinblick auf die Entwicklung von Hochleistungs-Wasserstoffmotoren gewonnen und unsere virtuelle Entwicklungskette um Modelle und Methoden speziell für Wasserstoff ergänzt“, erklärt Bevilacqua. „Mit diesem Know-how sind wir bereit, künftige Kundenprojekte effizient zu bearbeiten.“

Auf einen Blick: die simulierte Runde auf der Nordschleife

Maximale Geschwindigkeit: 261 km/h
Zeit: 8:20:20 Minuten
Simulierte Motorleistung: 440 kW

Info

Text erstmals erschienen im Porsche Engineering Magazin, Ausgabe 2/2022.

Autor: Richard Backhaus

Copyright: Alle in diesem Artikel veröffentlichten Bilder, Videos und Audio-Dateien unterliegen dem Copyright. Eine Reproduktion oder Wiedergabe des Ganzen oder von Teilen ist ohne die schriftliche Genehmigung der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG nicht gestattet. Bitte kontaktieren Sie newsroom@porsche.com für weitere Informationen.

MEDIA ENQUIRIES



Frederic Damköhler

Senior Manager Corporate Communications Porsche Engineering
+49 (0) 711 / 911 16361
frederic.damkoehler@porsche.de

Linksammlung

Link zu diesem Artikel
https://newsroom.porsche.com/de/2022/innovation/porsche-engineering-simulation-wasserstoff-verbrennungsmotor-nuerburgring-nordschleife-29331.html

Externe Links
https://www.porscheengineering.com/peg/de/