



CLEVER fahren mit Erdgas und Strom

Die Empa hat bei der Entwicklung alltagstauglicher Erdgasautos eine tragende Rolle gespielt. Nun folgt der nächste Streich – der Erdgas-Hybridwagen CLEVER. Der Versuchsträger drehte gerade seine ersten Runden. Und EmpaNews sass am Steuer.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: Empa

1
Der CLEVER bei seiner ersten Ausfahrt auf dem Gelände der Empa. Die äussere Form des VW Touran blieb unverändert.

2
Im Gepäckraum ist die 4,5 kWh grosse Batterie untergebracht. Das Modul stammt von der ETH Zürich und hat sich bereits in der Studenten-Rennserie «Formula Student» bewährt. Die Leistungselektronik entwickelte die Empa.

3
Das Herzstück des Hybridantriebs ist der Elektromotor, der vor der Hinterachse im Unterboden sitzt.

4
Ein Zusatzmonitor auf dem Armaturenbrett informiert den Fahrer und gibt Schalttipps.



2



3

Von aussen sieht der Wagen aus wie ein gewöhnlicher VW Touran, Baujahr 2007. Doch unterm Blech steckt eine Revolution – ein Antriebskonzept, das es so noch nie gab und das jetzt an der Empa erforscht und weiterentwickelt wird. Es ist ein sonniger Septembersonntag, und im Motorenhaus der Empa steht der CLEVER, der erste (und einzige) handgeschaltete Erdgas-Vollhybrid der Welt, zu seiner ersten Testfahrt bereit.

Zunächst ist der Wagen noch auf dem Rollenprüfstand festgurtet, auf dem das Feintuning der Antriebssysteme stattfindet. Projektleiter Patrik Soltic erläutert vor der Fahrt, wie es zu dem Projekt kam und was in dem Wagen steckt: Schon seit mehreren Jahren forscht die Empa an Erdgasmotoren. In den Hallen in Dübendorf entstand eines der weltweit ersten Erdgas-Turboautos, hier wurden Brennverfahren erforscht, die es möglich machten, einen Motor direkt mit Erdgas zu starten, ganz ohne Benzin als Starthilfe. Inzwischen ist die an der Empa entwickelte Technik längst auf der Strasse angekommen: VW, Opel und Fiat offerieren sparsame, zuverlässige und kraftvolle Erdgas-Turbomotoren.

Kosten sparen

Die Empa dreht das Rad nun weiter: «Ein Erdgas-Hybridantrieb würde ein Mittelklassefahrzeug um etwa 20 Prozent verteuern – dafür aber bis zu 45 Prozent CO₂ einsparen», erklärt Soltic. «Das ist ein Wert, der vor allem für Flottenbetreiber sehr interessant sein könnte.» Denn jene professionellen Autokäufer interessieren sich nicht allein für den Einstandspreis des Wagens, sondern für die Gesamtkosten über dessen gesamte Lebensdauer, «Total Cost of Ownership» (TCO) genannt.

Statt das ganze Modell nur theoretisch durchzurechnen, entschied sich die Empa, ein echtes Fahrzeug aufzubauen, das auch im Praxiseinsatz getestet werden kann. Parallel dazu entwickelte Soltics Team auf den Motorenprüfständen der Empa neue Konzepte für eine effizientere Erdgasverbrennung. Als Partnerin ist die ETH Zürich mit an Bord: Die Forschungsgruppe von Konstantinos Boulouchos erforscht die Grundlagen von Verbrennungsprozessen, indem sie das Strömungs- und Brandverhalten von Treibstoffen im Zylinder am Computer simuliert, die Forschungsgruppe von Lino Guzzella liefert die theoretischen Grundlagen für die Steuerung der Hybrid-Regelssysteme und die Dimensionierung der Bauteile. Und die Industriepartner Volkswagen und Bosch sorgen mit Grossserientechnik dafür, dass das Versuchsauto CLEVER auf die Räder gestellt

werden konnte – obwohl, wie Empa-Forscher Soltic betont, «die Idee eines handgeschalteten Erdgas-Hybriden nicht zur Konzernstrategie der Industriepartner» gehöre. «Ich bin mir aber sicher, dass sie sich unsere Ergebnisse ganz genau anschauen werden», sagt er.

Ein «entkernter» VW Touran

Die Anfänge des Projekts CLEVER reichen bis ins Jahr 2007 zurück. Ziel war es, ein Hybridsystem mit einem Erdgasantrieb zu verknüpfen. Doch dann verzögerte sich alles durch die Automobilkrise 2008: Viele Zulieferer kamen in Schwierigkeiten, Verträge platzten. So konnten etwa Spezialkolben für den Motor nicht geliefert werden. Das Projekt kam kaum voran. Doch die Verzögerung hatte auch Vorteile: 2009 waren plötzlich speziell für Hybridfahrzeuge entwickelte Antriebskomponenten verfügbar, die es vorher nicht gab.

Endlich konnte der Touran, auf dem der CLEVER basiert, entkernt und an der Empa neu aufgebaut werden. Seine herkömmliche 1,6-Liter-Maschine landete im Regal, ein 1,4-Liter-Erdgas-Turbo fand unter der Haube Platz. Ein weiteres VW-Serienteil sorgt für den Kraftschluss von Elektro- und Benzinmotor, das Allradgetriebe eines VW Tiguan. Die aus dem Getriebe nach hinten führende Kardanwelle, die normalerweise die Hinterachse antreibt, wird im CLEVER einfach anders herum genutzt: Der Elektromotor dreht diese Welle und schickt so seine Kraft ans Getriebe und schliesslich auf die Vorderräder.

Batterietechnik von der ETH

Nun ging es noch um eine passende Batterie. Patrik Soltic baute auf einer Entwicklung von ETH-Studenten auf, die für die Studenten-Rennserie «Formula Hybrid» ein entsprechend leistungsfähiges Grundsystem geschaffen hatten. Das bewährte Modul wurde mit einer neuen Elektronik versehen und füllt nun den Gepäckraum des CLEVER. Die Batteriekapazität von 4,5 kWh «ist für unsere Zwecke mehr als ausreichend», sagt Soltic. Auch die Stromaufnahme des 30 kW starken Elektromotors verursacht keine Probleme – im Renneinsatz der «Formula Hybrid» wird das Bauteil mit bis zu 100 kW fertig.

Soltic hat den CLEVER nun vom Rollenprüfstand abgekoppelt und rollt ihn aus der Motorenhalle. Nun darf die EmpaNews ans Steuer. Auf den ersten Metern fühlt sich der Wagen so vertraut an wie jeder serienmässige VW: Interieur und Bedienelemente des Touran blieben unverändert. Auch das Sechsganggetriebe funktioniert wie gewohnt. Zunächst fällt lediglich der Monitor ins Auge, der mittig auf dem Armaturenbrett thront. Hier gibt die Elektronik des CLEVER dem Fahrer Schalteempfehlungen und zeigt an, ob die Fahrt im nächst höheren oder niedrigeren Gang energieeffizienter wäre.

So clever fährt der CLEVER

Beim Ausrollen vor der ersten roten Ampel gibt Soltic erste Fahrtrips: «Leerlauf rein und mit wenig Gas auf die Ampel zurollen lassen.» Hier spielt der Hybrid seine Stärken aus: Statt den Erdgasmotor im Teillastbereich recht ineffizient laufen zu lassen, wird er von der Bordelektronik abgestellt. Der Elektromotor übernimmt den Schub bis zum Ampelstopp. Dort angekommen bleibt der Verbrennungs-

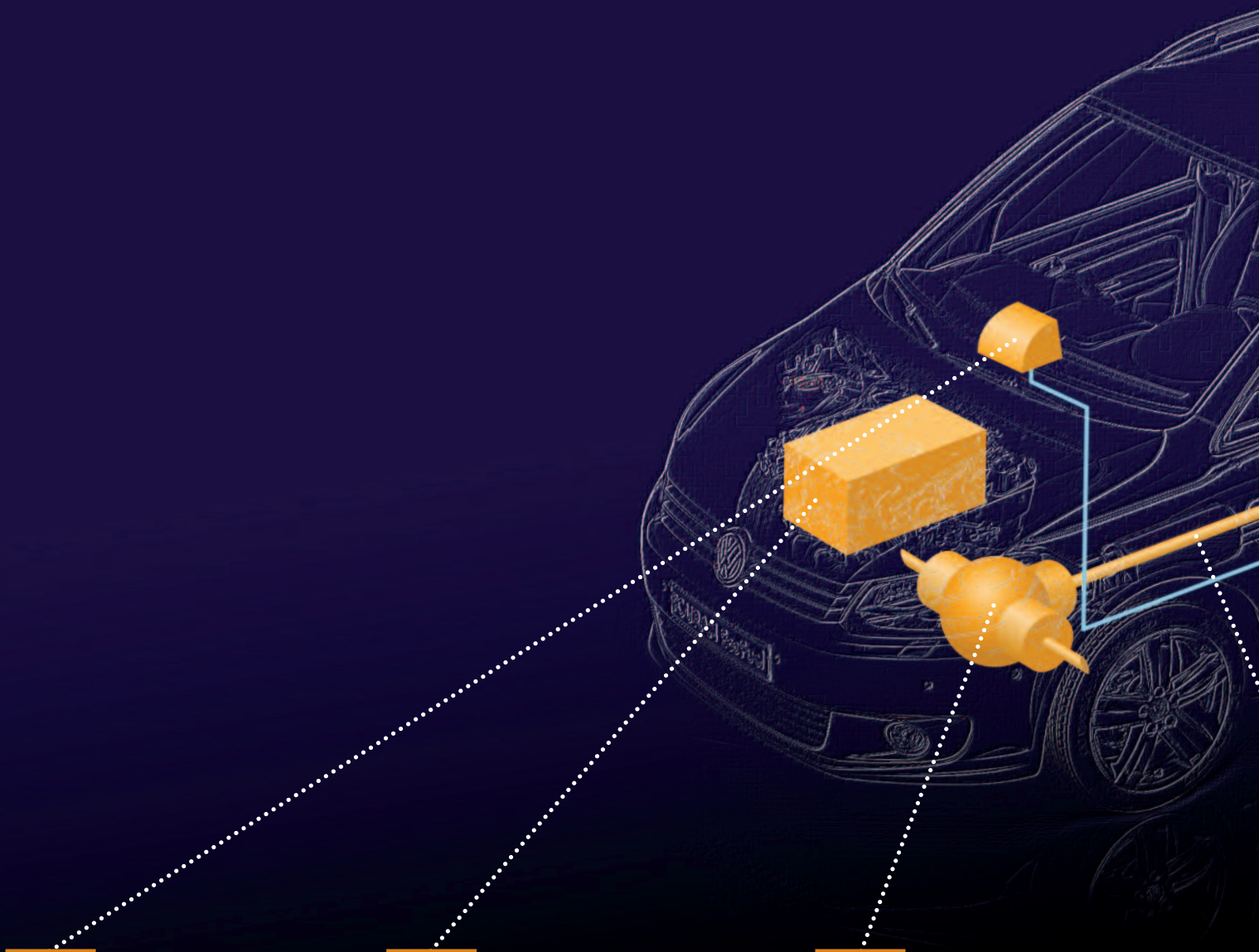
motor aus, bis der Fahrer die Kupplung drückt und wieder den ersten Gang einlegt.

Es braucht ein bisschen Gewöhnung, bis man die Philosophie des Autos verinnerlicht und den eigenen Fahrstil angepasst hat. In bestimmten Situationen lohnt es sich, den CLEVER nur elektrisch zu fahren – dazu wird das Getriebe in Leerlauf geschaltet und der Schub des Elektromotors mit dem Gaspedal geregelt. Der Elektromotor ist freilich auch aktiv, wenn ein Gang eingelegt ist. Entweder schiebt er zusätzlich an und spart dadurch Treibstoff oder er bezieht Kraft aus dem Getriebe und lädt damit die Batterie. Der Bordcomputer wählt die Betriebsarten so, dass der Erdgasmotor immer im energieeffizientesten Bereich läuft und die Batterie eine ausgeglichene Ladebilanz hat – das Auto ist voll autark und muss nie an eine Steckdose.

«All dies haben wir natürlich zuerst einmal am Computer durchgerechnet und simuliert, ein echtes Auto hätten wir für die Erarbeitung des Potenzials und der Betriebsstrategie nicht gebraucht», sagt Soltic. Doch mit einer Fahrt in einem echten Auto liessen sich viele kleine Details wie die Fahrbarkeit und die Akustik besser evaluieren als mit einer Computeranimation. Und das wäre der wahre Sinn des CLEVER: Das Versuchsauto mit Erdgas-Hybridantrieb soll nicht nur die neue Technik erforschen helfen, sondern auch zeigen, ob normale Menschen ohne Ingenieurstudium damit zurechtkommen. «Die Empa hat eine Brückenfunktion zwischen Forschung und Anwendung in der Praxis», sagt Soltic. «Der CLEVER ist ein schönes Beispiel dafür. Mit ihm wollen wir eine Wissenslücke im Bereich der alternativen Antriebe schliessen.» //



So funktioniert der CLEVER –

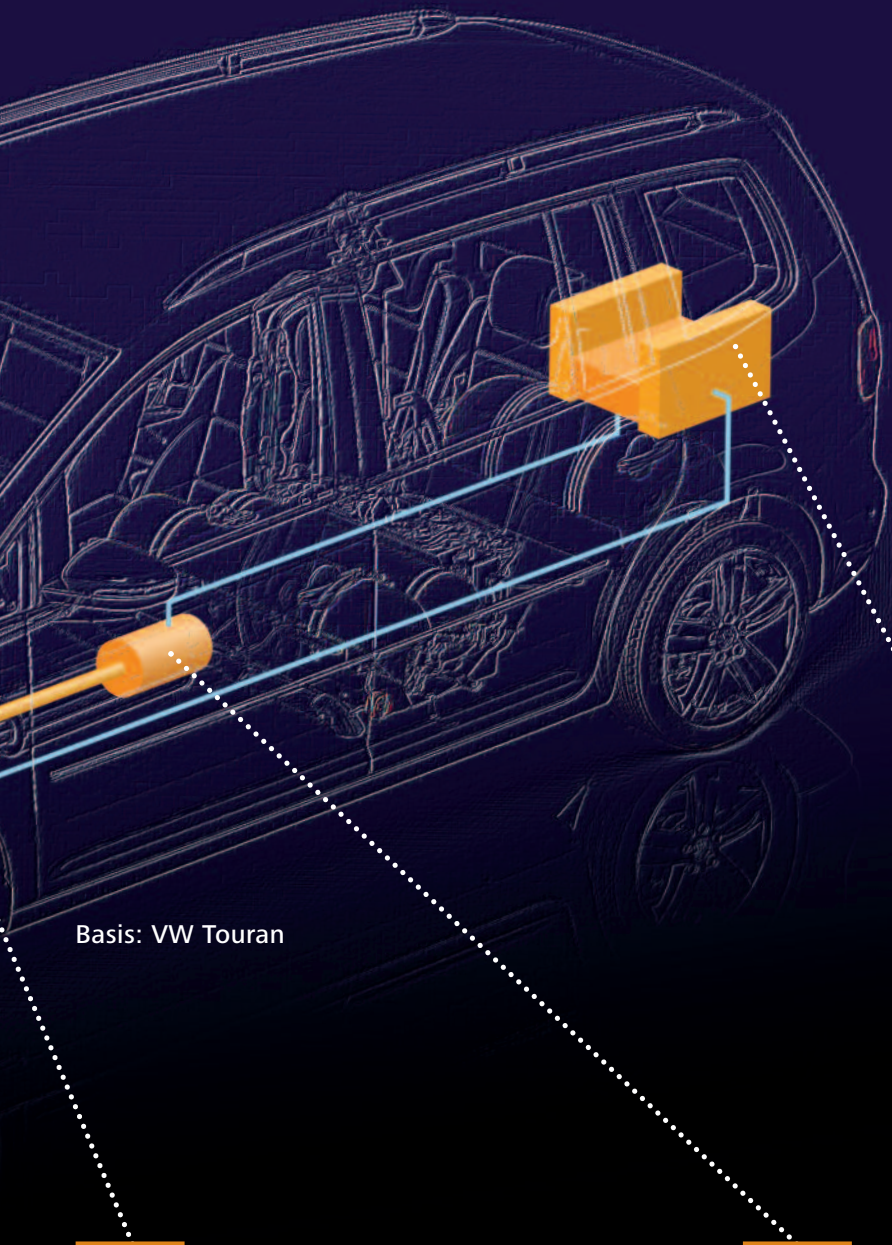


Monitor zur Überwachung
der Fahrzustände.

1,4-Liter Erdgas-Turbomotor
von VW, 110 kW Leistung.

Sechsgang-Schaltgetriebe von
VW in Allrad-Ausführung.

Hybridtechnik im Röntgenbild



Basis: VW Touran

Kardanwelle – führt normalerweise zur angetriebenenen Hinterachse. Wird beim Empa-Hybriden aber «umgekehrt» genutzt: der Elektromotor speist hier seine Energie in den Antrieb.

Elektromotor,
30 kW Leistung.

Elektrospeicher aus
Li-Ionenbatterien,
Inverter und
Leistungselektronik.