



Die Zukunft ist da.  
The future is now.

Freude am Fahren mit Sonne und Wasser  
Powered by BMW with Sun and Water

**BMW Group**





# CleanEnergy WorldTour 2001

Die automobile Lösung für das Wasserstoffzeitalter ist gefunden.

Das Wasserstoff-Auto ist keine Vision mehr: Emissionsfreies Autofahren ist bereits Realität. Die BMW CleanEnergy Flotte, die inzwischen fünfte Generation von BMW Wasserstoff-Fahrzeugen, hat nach ihrer Präsentation in Berlin im Rahmen der EXPO 2000 mit einem 100.000 km Dauertest ihre Alltagstauglichkeit ein-drucksvoll bewiesen.

Realität ist aber auch, dass nur mit entsprechenden industriellen, politischen und ökonomischen Rahmenbedingungen die Fahrt in das Wasserstoff-Zeitalter beginnen kann.

The automobile solution for the hydrogen age has been found. The hydrogen car is no longer merely a vision: zero-emission driving is already a reality. The BMW CleanEnergy fleet, now the fifth generation of BMW hydrogen vehicles, has impressively demonstrated its suitability for everyday driving over a 100,000 km endurance test which followed its launch in Berlin and was timed to shuttleservice at EXPO 2000.

The reality, however, is that certain essential industrial, political and economic conditions will have to be met before the hydrogen age can begin for real.



Mit der CleanEnergy WorldTour 2001 geht die BMW Wasserstoff-Flotte nun auf die Suche nach Antworten zu den entscheidenden Fragen: Wie und wo wird Wasserstoff produziert werden?

Wie werden die politischen Rahmenbedingungen gestaltet sein? Wie erfolgt der Transport des Wasserstoffs und der Aufbau eines Tankstellennetzes?

Und: Welchen Beitrag können Wasserstoffautos zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten?

Die Antworten auf diese Fragen entscheiden darüber, wann wir in die Wasserstoff-Zukunft einsteigen können, die heute schon vor Ihnen steht.

With the CleanEnergy WorldTour 2001, the BMW hydrogen fleet is now to start looking for answers to the decisive questions: how and where will hydrogen be produced? What political conditions will have to be fulfilled? How will hydrogen be transported and a network of filling stations developed? And, last but not least: how will hydrogen cars help to cut CO<sub>2</sub> emissions?

The answers to these questions will decide when we can set out into the hydrogen future which is now imminent.



# Dubai



Der Start der CleanEnergy WorldTour 2001. Im Sonnengürtel der Erde kann mit der **Produktion** von Wasserstoff der Grundstein für das Wasserstoff-Zeitalter gelegt werden.

The starting point of the CleanEnergy WorldTour 2001. Here, at the heart of the earth's sun belt, the **production** of hydrogen is set to herald in the new age of hydrogen fuel.

Das 20. Jahrhundert, das Jahrhundert des Erdöls, ist zu Ende. Mit dem 21. Jahrhundert beginnt aufgrund der Begrenztheit der Ressourcen fossiler Energien und der CO<sub>2</sub>-Thematik das Zeitalter des Wasserstoffs.

Die Form der Energie mag sich ändern, doch Länder im Sonnengürtel der Erde wie Dubai werden auch in Zukunft die Energielieferanten der Welt sein. Denn nur wenn Wasserstoff, der ja bei seiner Verbrennung keine Kohlenstoffe freisetzt, auch CO<sub>2</sub>-frei hergestellt werden kann, ist er als Treibstoff absolut umweltneutral.

The 20th century, a century dominated by crude oil, is now history. In view of the limited availability of fossil fuels and the problem of the greenhouse gas CO<sub>2</sub>, the 21<sup>st</sup> century is set to become the age of hydrogen.

The form of energy may change, but countries such as Dubai, in the earth's sun belt, will remain the world's principal energy suppliers. Hydrogen does not release carbon compounds into the atmosphere when it is burned, but only if it is produced entirely without CO<sub>2</sub> emissions does it truly merit the description of an environmentally neutral fuel.

D

Die Sonne strahlt pro Stunde  $3,9 \times 10^{24}$  Joule oder 109 TWh Energie zur Erde, das entspricht ungefähr dem weltweiten Jahres-Energiebedarf!

The sun radiates  $3.9 \times 10^{24}$  joule or 109 TWh of energy to earth every hour – roughly equivalent to the world's annual energy consumption!

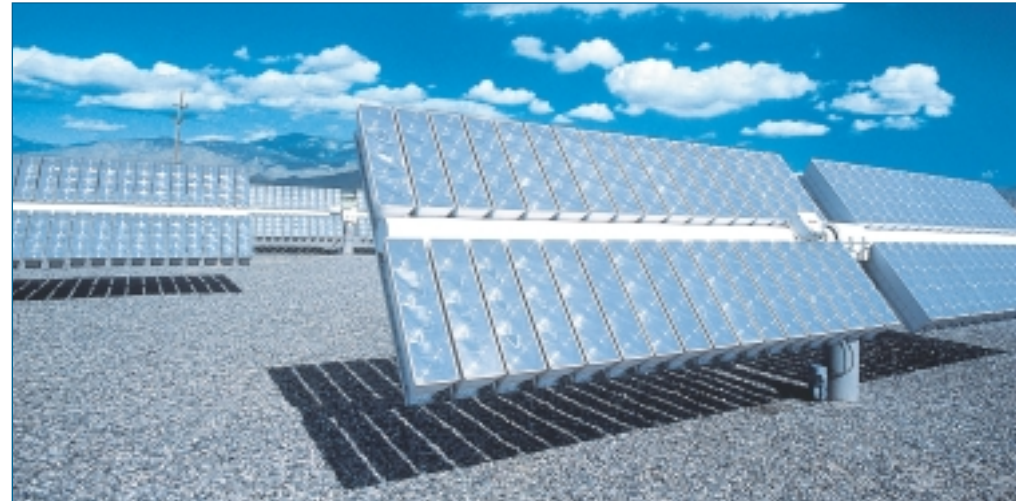


Zur Herstellung führt man daher Wasser den über Solarenergie gewonnenen elektrischen Strom zu und spaltet es so per Elektrolyse in seine Elemente Wasserstoff und Sauerstoff auf. Der Wasserstoff wird in Tanks gespeichert – und ist so der ideale Träger für regenerativ erzeugte Energie.

Das Ziel ist es, wirtschaftlich arbeitende solarthermische Kraftwerke in ausreichend großer Zahl aufzubauen. Standorte wie Dubai sind dazu aufgrund ihrer hohen technologischen Kompetenz und der klimatischen Voraussetzungen ideal: in Wüstenregionen mit hoher Sonneneinstrahlung haben solarthermische Kraftwerke eine wesentlich höhere Energieausbeute als beispielsweise in europäischen oder nordamerikanischen Ländern.

It is produced by passing electricity, generated by the power of the sun, through water; this process, known as electrolysis, breaks water down into its constituent elements hydrogen and oxygen. The hydrogen can be stored in tanks, and is thus the ideal regenerative energy source.

The objective is to develop economically efficient solar power plants of sufficient size. Locations such as Dubai are ideal in view of the high technological expertise available there and the climatic conditions: the ample sunlight in desert regions means that solar power stations achieve a much higher energy yield than in Europe, for instance.







# Brussels

In Brüssel fallen die Entscheidungen über die gesetzlichen Regelwerke und die politischen **Rahmenbedingungen**, die Fahrzeugherstellern und Industrie die dringend nötige langfristige Planungssicherheit geben – und von Europa aus Vorbild für weltweite Standards werden können.

The decisions made here shape the legal and political **context**, giving vehicle manufacturers and industry that urgently needed certainty on which to plan their operations, and helping Europe to set the standards which countries worldwide will follow.

Für die Wandlung der Erdölwelt in eine Wasserstoffwelt sind verlässliche Rahmenbedingungen die wichtigste Voraussetzung. Nur mit klaren politischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Vorgaben sowie international standardisierten Sicherheitsvorschriften und Zulassungsverfahren wird die Industrie die nötigen Investitionen tätigen.

Fragen der Besteuerung, Zulassung und Versicherung der Wasserstoff-Fahrzeuge sind dabei ebenso zu entscheiden, wie die gesetzlichen Regelungen für die Wasserstoffherzeugung, -verteilung und -speicherung.

Reliable framework conditions are the most important condition that needs to be met before the world can shift the emphasis from crude oil to hydrogen. Only if the political, economical and organisational hurdles are overcome and if internationally standardised safety specifications and approval processes are created will industry be prepared to make the necessary investments.

Motor vehicle tax, registration and insurance questions relating to hydrogen vehicles need to be resolved, and the necessary legislation on the production, distribution and storage of hydrogen passed.



Geklärt werden muss, unter welchen gesetzlichen Voraussetzungen die Autofahrer in Zukunft Wasserstoff zu wettbewerbsfähigen Preisen in ausreichender Menge an den Brennpunkten des Verkehrs tanken können.

Das Ziel dieser Station der CleanEnergy WorldTour 2001 ist es, auf die komplexen und ineinander greifenden Prozesse aufmerksam zu machen und so zum entscheidenden Anstoß für den Aufbau einer völlig neuen Infrastruktur beizutragen.

It is also important to clarify the legal conditions which will allow car drivers of the future to refuel with competitively priced hydrogen, and be sure of an abundant supply, in areas of high traffic density.

The purpose of calling in here on the CleanEnergy WorldTour 2001 is to draw attention to the complex, interlocking processes and thus to kick off the process of building an entirely new infrastructure.



**Ein Beispiel für Planungssicherheit:**  
Voraussetzung zur Zulassung ist das europaweit anerkannte Zertifikat des TÜV Süddeutschland, ausgestellt für den BMW 750hL.

**An example of planning safety:**  
the precondition for registration is the certificate from the TÜV (Safety Standards Authority) Süddeutschland, which is recognised throughout Europe, issued for the BMW 750hL.



# Milan



Mailand, das Herz Norditaliens, einer der am dichtesten besiedelten Regionen der Welt. Hier im Zentrum dieser Industriemetropole beweist die CleanEnergy WorldTour 2001 mit der Eröffnung einer neuen Wasserstoff-Tankstelle die technische Machbarkeit der **Verteilung** des Wasserstoffs.

The heartland of northern Italy, and one of the most densely populated regions of the world. Here, in the centre of this industrial metropolis, the CleanEnergy WorldTour 2001 will demonstrate the technical feasibility of **distributing** hydrogen fuel with the opening of a new hydrogen filling station.



In flüssiger Form ist Wasserstoff mehr als 800 Mal dichter als in Gasform und hat damit auch eine extrem hohe Energiedichte – genug für den Einsatz in einem Personenkraftwagen.

In its liquid form, hydrogen's density is more than 800 times that of gaseous hydrogen; it thus possesses an extremely high energy density – ample for use in a passenger car.





Ein Beispiel für das einfache Handling von Wasserstoff ist München, wo die erste öffentliche Tankstelle der Welt für flüssigen Wasserstoff auf dem Flughafen München steht. Der Tankvorgang läuft hier vollautomatisch ab: In nur drei Minuten öffnet ein Roboter den Tankdeckel, betankt das Fahrzeug mit dem tiefkalten Wasserstoff und schließt den Tankdeckel wieder.

Das Ziel der Eröffnung der Wasserstoff-Tankstelle in Mailand: die Realisierung einer „Wasserstoff-Autobahn“ durch die Mitte Europas – von Mailand über München bis Hamburg und Berlin – und davon ausgehend der Aufbau eines breiten Tankstellennetzes in ganz Europa.

The first public liquid hydrogen filling station in the world, at Munich Airport, illustrates how straightforward hydrogen is to use. The refuelling process is handled entirely automatically: within the space of just three minutes, a robot opens the fuel filler cap, refuel the vehicle with the ultra-low-temperature hydrogen, and fits the fuel filler cap again.

The objective in opening the first hydrogen filling station in Milan is to create a “hydrogen superhighway” through the heart of Europe – from Milan to Munich and on to Hamburg and Berlin – as the backbone to a more extensive network of filling stations throughout Europe.

Wasserstoff erreicht seine höchste Energiedichte im flüssigen Zustand bei unter  $-253^{\circ}\text{C}$ . Die technischen Probleme des Transports und der Lagerung von flüssigem Wasserstoff sind längst gelöst.

Um das Fahrzeug mit flüssigem Wasserstoff zu befüllen, werden Tankstationen neuartige Zapfsäulen erhalten, die bequem, sicher und schnell arbeiten.

Hydrogen achieves its highest energy density when in liquid form at temperatures below  $-253^{\circ}\text{C}$ . The technical problems of how to transport and store liquid hydrogen have long been solved.

To transfer the liquid hydrogen to the vehicle's tank, filling stations will be fitted with a new type of fuel pump which is convenient, safe and quick to use.



# Tokyo



Megacity mit extrem hoher Verkehrsdichte, hohen CO<sub>2</sub>-**Emissionen** – und damit auch eine Station der CleanEnergy WorldTour 2001. Denn nur der Wasserstoff-Antrieb ermöglicht es den Industriestaaten, die auf den internationalen Klimakonferenzen wie z. B. in Kyoto zugesagten Emissionsobergrenzen für CO<sub>2</sub> einzuhalten.

A megacity with an extremely high traffic density and high CO<sub>2</sub> **emissions** – and therefore a logical port of call on the CleanEnergy WorldTour 2001. Because only hydrogen drive will enable industrial nations to meet the CO<sub>2</sub> emission limits which they pledged to achieve at international climate conferences such as Kyoto.

Entscheidende Impulse für den Umwelt- und Klimaschutz können nicht mehr über die optimierte Nutzung fossiler Energien wie Benzin erzielt werden. Dies gilt vor allem für den Betrieb im Stadtverkehr.

Die Antwort der BMW Group auf die Herausforderungen der Zukunft ist daher auch nicht das Drei-, Zwei- oder Ein-Liter-Auto. Die Antwort ist das Null-Liter-Auto. Ein Fahrzeug, das kein Benzin verbraucht und damit auch, was die Erzeugung von Kohlendioxid angeht, ein Null-Emissions-Auto ist: das Wasserstoffauto.

There is no further scope for optimising the use of fossil energy sources, such as petrol, in order to protect the earth's environment and climate. This is particularly true of urban traffic.

The response of the BMW Group to the challenges of the future is consequently not a three, two or one-litre car. Its solution is the zero-litre car – a vehicle that does not use any petrol at all, and is therefore a zero-emissions car in respect of carbon dioxide: the hydrogen car.





Denn bei der Verbrennung des flüssigen Wasserstoffes an Bord des Fahrzeuges wird einfach der in der Luft befindliche Sauerstoff zugeführt: es entsteht wieder Wasser, das als reiner Wasserdampf aus dem Auspuff strömt.

Das Ziel dieser Station der CleanEnergy WorldTour 2001: Der Beweis, dass die steigenden Ansprüche an die individuelle Mobilität auch für nachfolgende Generationen umweltneutral und unter Beachtung der begrenzten Ressourcen an fossiler Energie schon heute erfüllt sind.

Because when the liquid hydrogen on board the vehicle is burned, it reacts with oxygen from the atmosphere to produce nothing other than water, which is discharged via the exhaust pipe in the form of pure steam.

The purpose of this stopover on the CleanEnergy WorldTour 2001 is to demonstrate that the growing demand for individual mobility, both now and in the future, can already be met in an environmentally neutral form, preserving the earth's limited resources of fossil fuels.



In Industriestaaten wie z. B. Japan oder Deutschland beträgt der Anteil des Straßenverkehrs am Erdölverbrauch zur Zeit noch ca. 40 %.

In industrial countries such as Japan and Germany, road traffic still accounts for some 40 % of crude oil consumption.





# Los Angeles

Hier in Kalifornien, wo 200.000 Menschen ihren elektrischen Strom schon seit Jahren aus Sonnenkraftwerken beziehen, gelten mit den vom CARB (California Air Resources Board) verabschiedeten Vorgaben die weltweit schärfsten Emissions-Standards. Auch diese erfüllt der BMW 750hL. Deswegen startet gerade hier die BMW Wasserstoff-Flotte im Rahmen der CleanEnergy WorldTour 2001 ihren USA-**Einsatz**.

Here, in California, where solar power stations have been supplying electricity to 200,000 people for years, the legislation passed by the CARB (California Air Resources Board) includes the toughest emission standards in the world. The BMW 750hL takes them comfortably in its stride, so where better for the BMW hydrogen-fuelled fleet to start the US **operations** of the CleanEnergy WorldTour 2001.

Die BMW Group setzt in der Wasserstoff-Technik auf einen Verbrennungsmotor – im Gegensatz zum Konzept eines Elektromotors mit wasserstoffbetriebener Brennstoffzelle. Unter anderem sprechen folgende Gründe für das BMW Konzept eines Wasserstoff-Verbrennungsmotors:

- höhere Leistungsdichte: Im Gegensatz zum Brennstoffzellen-Konzept verwandelt der Verbrennungsmotor den Wasserstoff direkt in Fahrdynamik – ohne einen weiteren Energieverlust durch Antrieb eines Elektromotors. Nur so lässt sich die gewohnte Freude am Fahren in allen Fahrsituationen garantieren.

The hydrogen vehicle of the BMW Group is based on the internal combustion engine, as opposed to an electric motor with hydrogen-powered fuel cell. The BMW concept of a hydrogen internal combustion engine offers a variety of advantages:

- Higher power density: in contrast to the fuel cell concept, the internal combustion engine transforms the hydrogen directly into propulsive power – without further energy loss as a result of powering an electric motor. The best possible guarantee that this will remain the ultimate driving machine in every conceivable situation.

- ein wesentlich geringerer Bauteileaufwand und damit geringere Kosten pro Fahrzeug.

- damit verbunden ein deutlich geringeres Gewicht des Antriebssystems.

- die Möglichkeit, das Fahrzeug bei mangelnder Wasserstoff-Infrastruktur sowohl mit Wasserstoff als auch mit Benzin zu betreiben (Bi-Valenz).

- Significantly fewer components are required, thus cutting the cost of each vehicle.
- This consequently makes the drive system noticeably lighter.
- The vehicle can also run on petrol wherever the infrastructure of hydrogen filling stations is underdeveloped (bivalence).

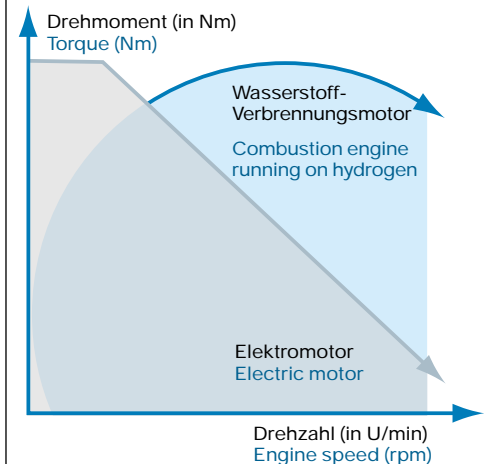
Als Stromlieferant bietet die Brennstoffzelle jedoch unbestrittene Vorteile. Deshalb wird die BMW Group als erster Hersteller die Brennstoffzelle im Automobil einsetzen – in dem Bereich, für den diese Technik optimal ist. Als APU (Auxiliary Power Unit) erzeugt eine Brennstoffzelle Strom für das Bordnetz. Damit eröffnen sich völlig neue Möglichkeiten, wie z. B. der Betrieb einer Klimaanlage auch im Stand, wenn der Motor nicht läuft.

The fuel cell is nevertheless unquestionably superior as a source of electrical energy. The BMW Group will therefore become the first car manufacturer to use the fuel cell – or APU (auxiliary power unit) – in cars, which are ideal for this technology. The APU generates electricity for the on-board power supply. This opens up entirely new horizons, such as scope for running the air conditioning with the car parked and the engine switched off.



Bei einem über eine Brennstoffzelle betriebenen Elektromotor nimmt mit steigender Drehzahl die Kraft ab – ein kritischer Effekt, vor allem beim Überholen. Anders beim Wasserstoff-Verbrennungsmotor: Entsprechend modifiziert übertrifft er in seiner spontanen und kraftvollen Leistungsdynamik sogar den Benzin-Verbrennungsmotor und garantiert weiterhin: Freude am Fahren.

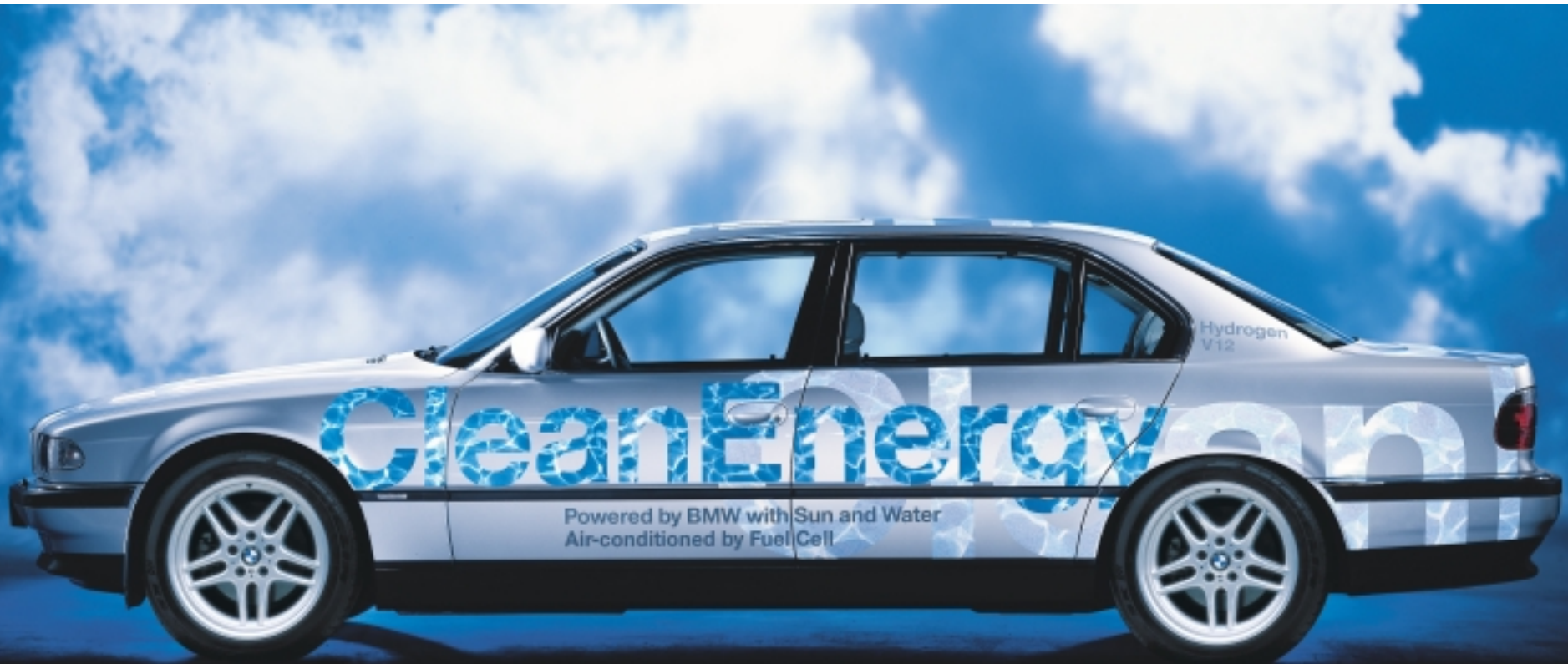
The power of an electric motor supplied with electricity by a fuel cell drops as its operating speed increases – a risky state of affairs, particularly when overtaking. A suitably modified internal combustion engine running on hydrogen, on the other hand, can deliver an even more spontaneous and powerful response than a petrol version, making it a perfect source of sheer driving pleasure.





**BMW 750hL**, Baujahr 2000, bivalenter 5,4 Liter-Zwölfzylinder-V-Motor, 0–100 km/h in 9,6 sec., max. 226 km/h, sicherheitsoptimierter 140 Liter-Wasserstofftank mit Kapselung, Reichweite mit Wasserstoff: 350 km, 5kW, 42V Brennstoffzellen-APU zur permanenten Bordstromversorgung.

**BMW 750hL**, 2000 model, bivalent 5.4 litre 12-cylinder V-engine, 0-100 km/h in 9.6 s, top speed 226 m/h, safety-optimised 140 litre hydrogen tank with encapsulation, range on hydrogen 350 km; 5 kW, 42 V fuel cell (APU) for permanent on-board power supply.





## Visionen

- 2005: Eine Wasserstoff-Tankstelle in allen europäischen Hauptstädten.**
- 2010: Verkäufe von mehreren tausend Wasserstoff-Fahrzeugen.**
- 2020: Deutlicher Anteil von Wasserstoffmotoren ausgerüsteter BMW Group Automobile in Europa, USA und Japan.  
Flächendeckendes Tankstellen-Netz in ganz Europa.  
Breite Markteinführung von erneuerbaren Energien zur Wasserstoff-Erzeugung\*.**

## Visions

- 2005: A hydrogen filling station in every European capital.**
- 2010: Sales of several thousand of hydrogen vehicles.**
- 2020: Significant share of hydrogen-powered engines in BMW Group automobiles in Europe, USA and Japan.  
Europe-wide network of filling stations.  
Broad-based market launch of renewable energies for the production of hydrogen\*\*.**

\*Dies ist einer der Eckpunkte des HYFORUM, im September 2000 in München, dem Kongress von Entscheidern aus Politik, Wirtschaft und Finanzwelt sowie Ingenieuren und Technikern.

\*\*This is one of the cornerstones of HYFORUM in September in Munich, the congress bringing together decision-makers from the worlds of politics, business and finance, alongside engineers and technical experts.

Die Zukunft fährt schon: Der BMW 750hL ist kein Testfahrzeug aus dem Labor. Er ist seriennahe Realität, denn die BMW Group beschäftigt sich seit Ende der siebziger Jahre intensiv mit dem Wasserstoff-Antrieb. Inzwischen fährt schon die fünfte Generation von BMW Wasserstoff-Fahrzeugen im Alltagsbetrieb auf unseren Straßen.

Mit einer Wasserstoff-Tankfüllung fährt der BMW 750hL rund 350 km weit – mit der vollen Dynamik, Kraft und Leichtigkeit, die man von einem BMW erwartet. Ist danach keine Wasserstoff-Tankstelle in Sicht, schaltet das Fahrzeug auf Benzinbetrieb um und fährt mit Kraftstoff aus dem zweiten Tank noch mehrere hundert Kilometer. Das zeigt, wie wir in Zukunft fahren werden: Der Kraftstoff wechselt, aber der Verbrennungsmotor bleibt. Und mit ihm: Freude am Fahren.

Die CleanEnergy WorldTour 2001 ist nur eine Initiative. Die BMW Group engagiert sich neben der Fahrzeugherstellung gemeinsam mit Partnern konsequent und kontinuierlich um die nötige Infrastruktur.

This is where the future starts: the BMW 750hL is not a laboratory test vehicle. It is near-series reality, because the BMW Group has been working intensively on hydrogen drive since the end of the 1970s. This is actually the fifth generation of hydrogen-fuelled BMW cars, and now makes this concept everyday reality on our roads.

The BMW 750hL covers around 350 km on one tank of hydrogen – with all the dynamics, power and agility that are expected of a typical BMW. If there is then no hydrogen filling station in the vicinity, the engine switches over to petrol, with the second tank holding sufficient fuel for several hundred kilometres. This is a vision of how we will be travelling in the future: the fuel may have changed, but the internal combustion engine remains. The best basis for the ultimate driving machine.

The CleanEnergy WorldTour 2001 is merely an initiative intended to give momentum to its progress. Over and above this, the BMW Group continues to work on the development of these vehicles and, together with various partners, is steadily creating the necessary infrastructure.