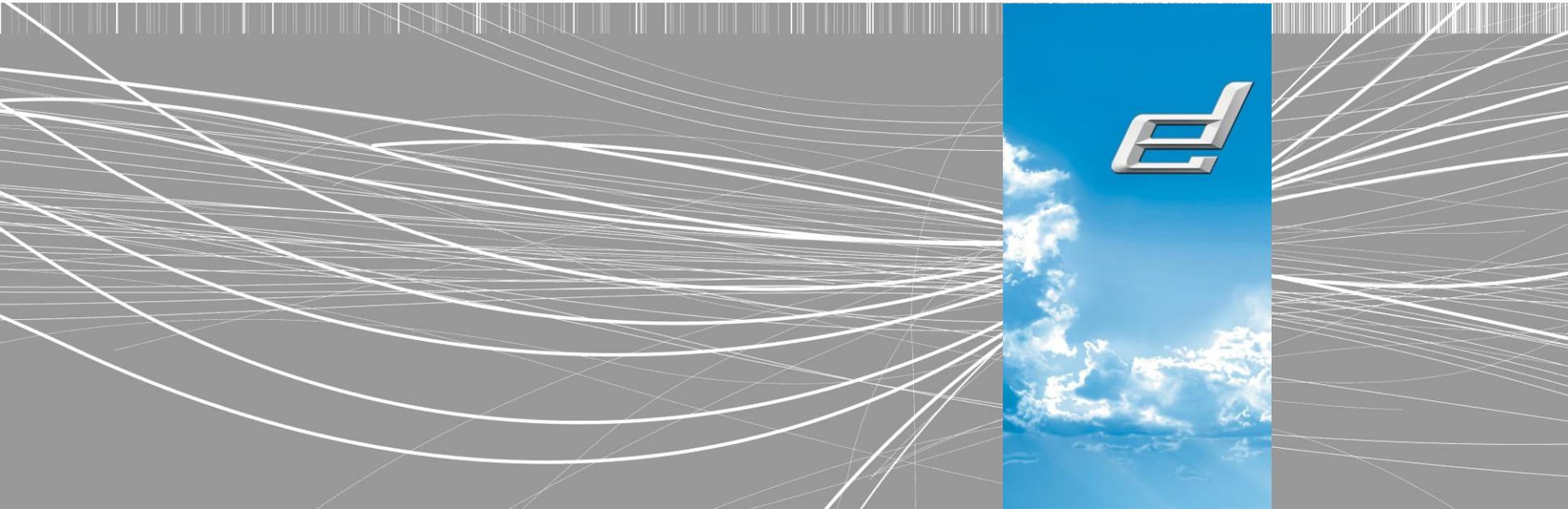


BMW Forschung u. Technik GmbH.

25 Jahre Think Tank.



Efficient Dynamics.

BMW Group



Efficient Dynamics.

Inhalt.

Einleitung.

Wasserstoffmotoren.

Reformer-System.

Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit.

Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug.

Hybridforschung.

Efficient Dynamics.

Unsere Strategie ist nachhaltig.

<p>Hocheffiziente Verbrennungsmotoren</p> <p>Optimierte Getriebe</p> <p>Niedrige Fahrwiderstände</p> <p>Intelligenter Leichtbau</p>	 <p>Active Hybrid</p>	<p>Range Extender</p> <p>Best of Hybrid</p> <p>Nutzung von Verlustenergien</p> <p>Hinweise für effizientes Fahren</p>	 <p>Wasserstoff</p>
<p>Situatives und aktives Energiemanagement</p>			 <p>Elektrischer Strom</p>
<p>Deutlich CO₂ reduziertes Autofahren mit kohlenstoffbasierten Energieträgern</p>			<p>CO₂ freies Autofahren mit alternativen Energieträgern</p>

Efficient Dynamics.

The Most Important Challenges.

Neue Speichersysteme für Strom und Wasserstoff.

Verbrennungs- und Elektromotoren mit hoher Performanz und Effizienz.

Kostengünstige Hybridsysteme.

Efficient Dynamics.

Zukünftige Wasserstofffahrzeuge mit dem Ziel: 1 kg H₂/100 km.

Flächendeckende
Infrastruktur



Monovalentes Fahrzeug,
Funktionsbezogenes Design



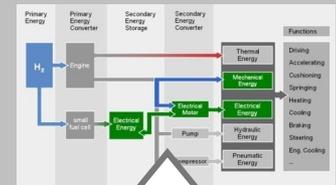
Integrierter
Leichtbautank



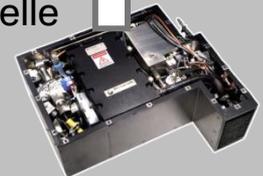
Hohe
Leistungs-
dichte



Intelligentes Energie-
management



mit
kleiner
Brennstoffzelle



Efficient Dynamics.

Forschung Wasserstoffmotoren.



Efficient Dynamics.

Forschung Wasserstoffmotoren.

Meilensteine

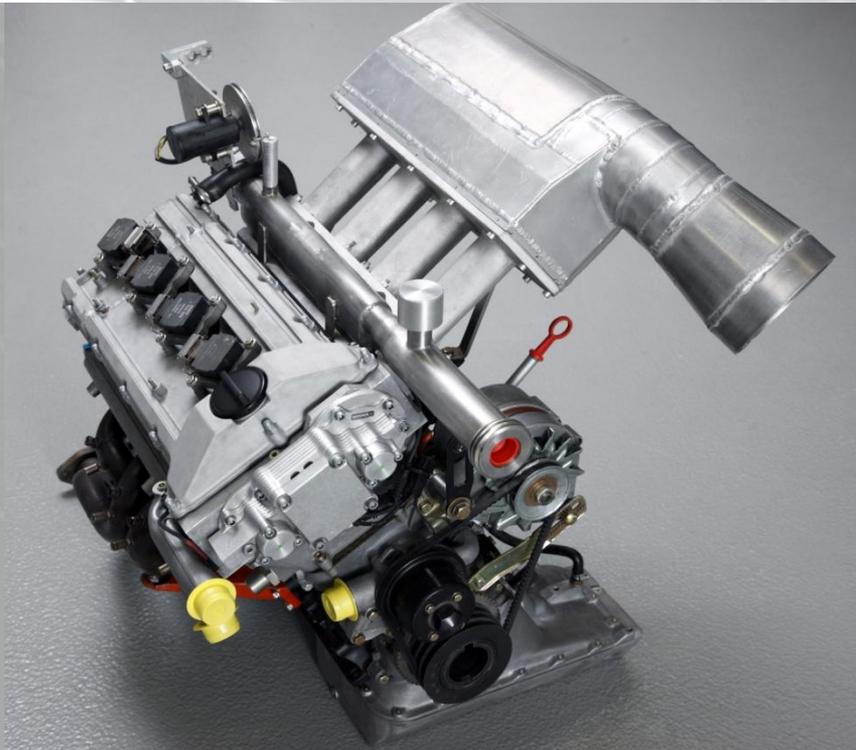
2005: Vollmotor mit kryogener Gemischbildung
Rekord für H₂-Saugmotoren 67 kW / l Hubraum

2007: 1-Zylinder-Forschungsmotor mit Otto-Prozess
Rekord für H₂-Turbomotoren 109 kW / l Hubraum

2009: 1-Zylinder-Forschungsmotor mit Diesel-Prozess
Rekord für H₂-Motoren: $\eta_e = 43 \%$

Efficient Dynamics.

H₂-Vierzylindermotor mit sportlichen Genen.



„Zwei kleine BMW Töchter
vollbringen Großes“

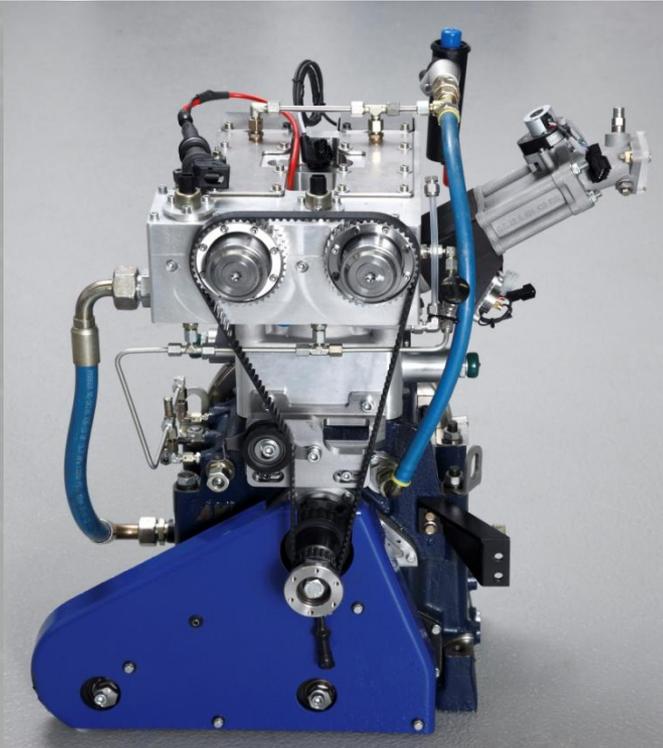
BMW Forschung und Technik GmbH:
H₂-Technologie mit kryogener Gemischbildung

Rekord für H₂-Saugmotoren:
spezifische Leistung 67 kW / l Hubraum

BMW M GmbH:
Sportmotor für hohe Drehzahlen

Efficient Dynamics.

H₂-Einzylinder-Forschungsmotor Ottoprozess.



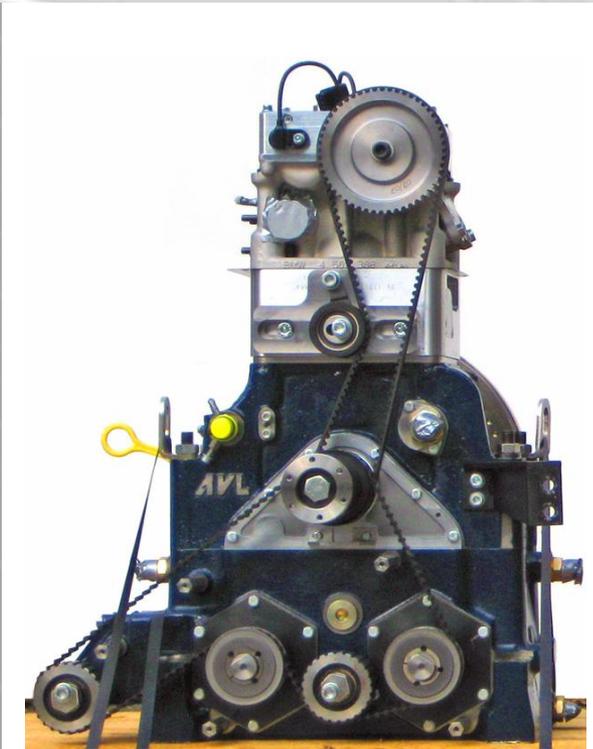
„High Tech für maximale Leistung“
mit Hochdruck-Direkteinblasung

Rekord für H₂-Turbomotoren:
spezifische Leistung 109 kW / l Hubraum

Efficient Dynamics.

H₂-Einzylinder-Forschungsmotor

Dieselprozess.



„High Tech für maximale Effizienz“

mit Hochdruck-Direkteinblasung
und sehr großem Verdichtungsverhältnis

Rekord für H₂-Motoren:
effektiver Wirkungsgrad $\eta_e = 43 \%$

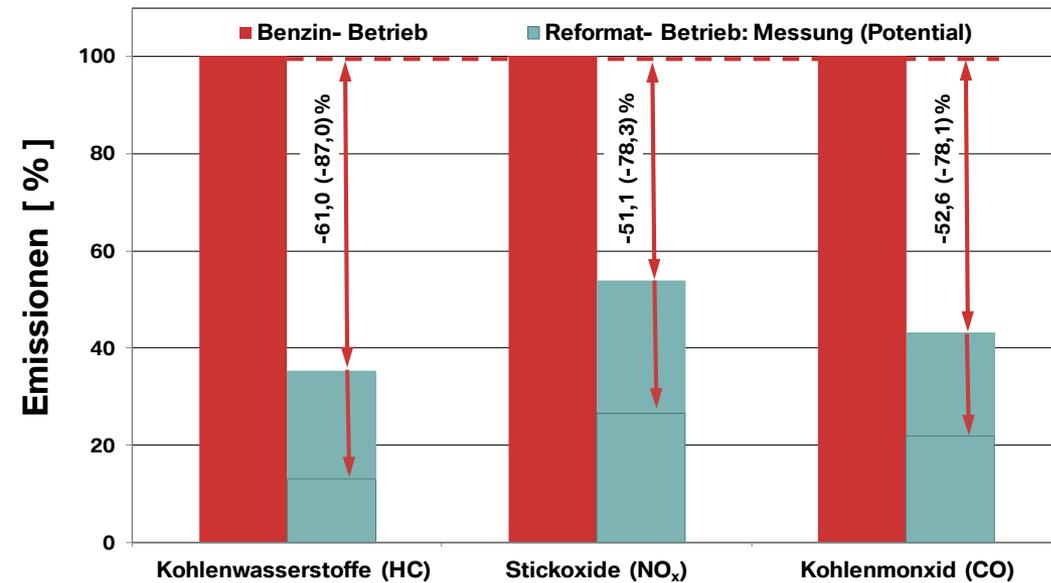
dies entspricht nach sehr kurzer
Entwicklungsdauer bereits den besten
konventionellen Dieselmotoren

Efficient Dynamics. Reformer-System.



Efficient Dynamics.

Reformer-System. Emissionspotential.

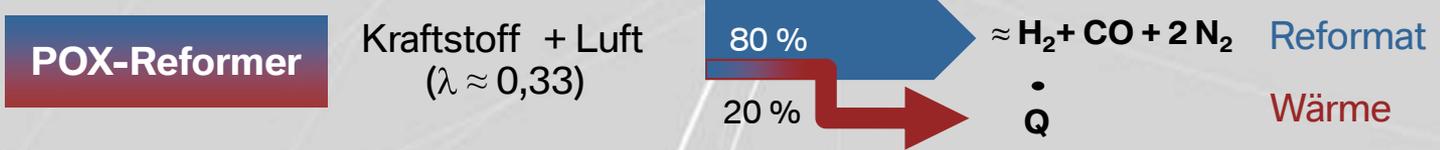
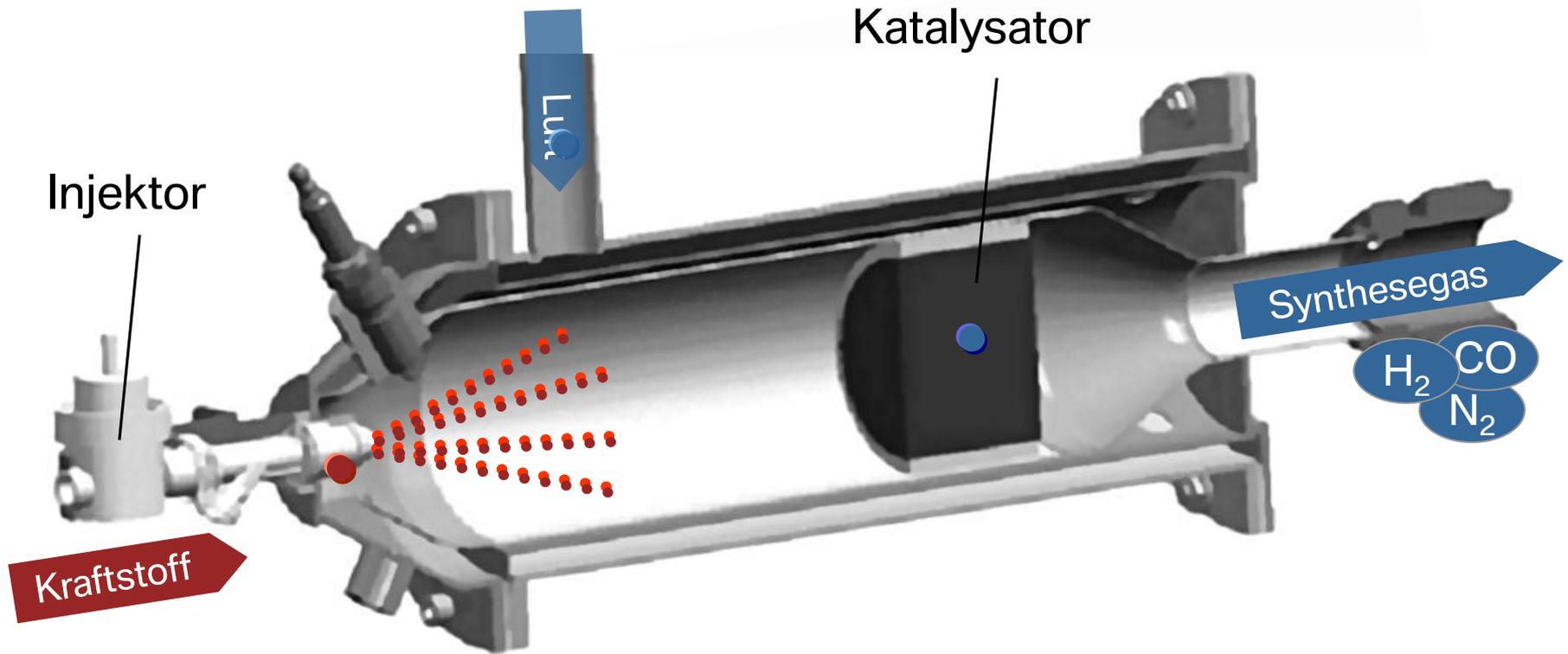


EU5¹⁾- Emissionsergebnisse bei Benzin- bzw. Reformat-Betrieb im Warmlauf.
(Benzin-Ergebnisse = 100 %)

1) EU5- Grenzwerte:
HC= 0,1 g/km;
NO_x= 0,06 g/km;
CO= 1 g/km

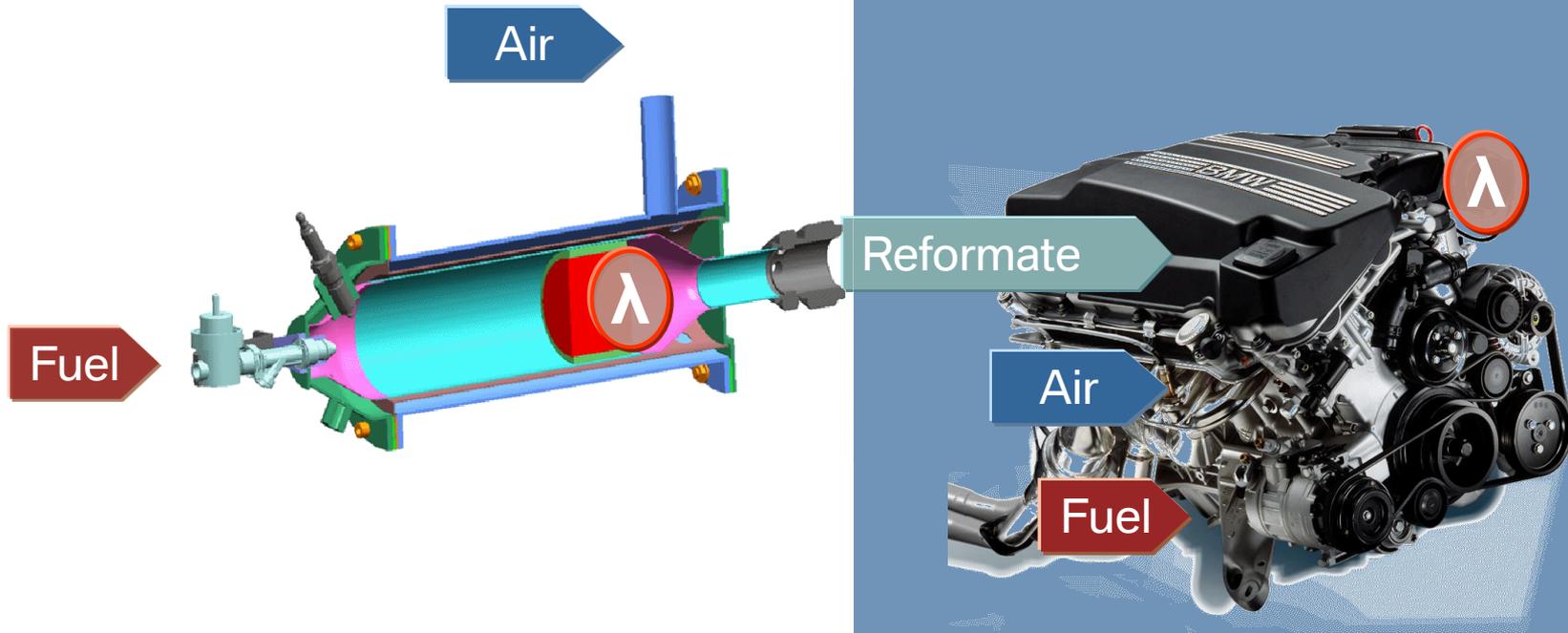
Efficient Dynamics.

Reformer-System. Funktionsweise.



Efficient Dynamics.

Reformer-System. Funktionsweise.



Efficient Dynamics.

Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit.



Efficient Dynamics.

Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit.



Schnelle Betankung



elektrische
Energie



Efficient Dynamics.

Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit.

„Mobiles Kraftwerk“



5 kW hoher Wirkungsgrad

Stadt-
fahrt



Büro



Klimatisierung



Efficient Dynamics.

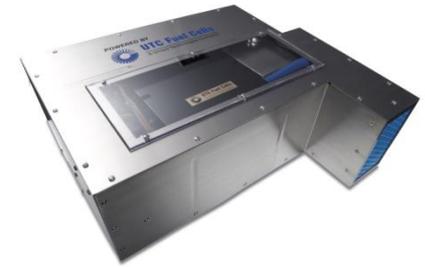
Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit.



1. Brennstoffzelle



Fahrzeuganwendung



Systemintegration

1997

2000

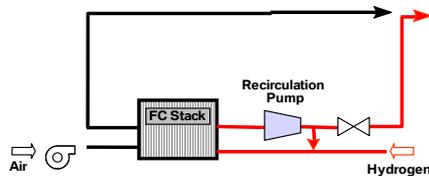
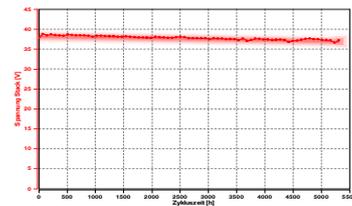
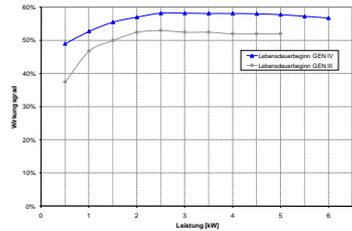
2003

2006

2009

Efficient Dynamics.

Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit.



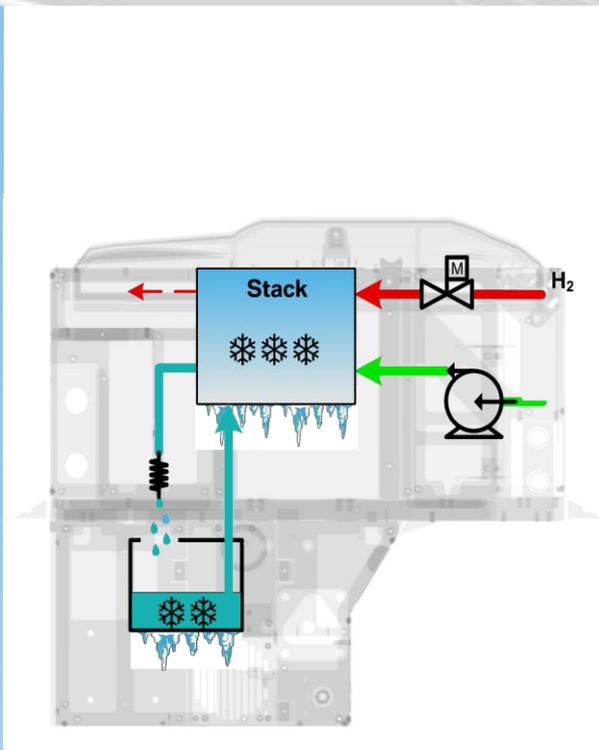
Hohe Effizienz
Niederdruck PEM System
(kein Kompressor)

Hohe Lebensdauer
5000h (im Fahrzyklus)
erfolgreich nachgewiesen

reduzierte Systemkomplexität
interne Befeuchtung
niedrige Kosten

Efficient Dynamics.

Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit.



Kühlung durch Verdunstung

– geschicktes Wassermanagement

Natürliche Wasser-Drainage (unterstützt durch Schwerkraft)

– verkürzte Start- und Abstellzeiten

Efficient Dynamics.

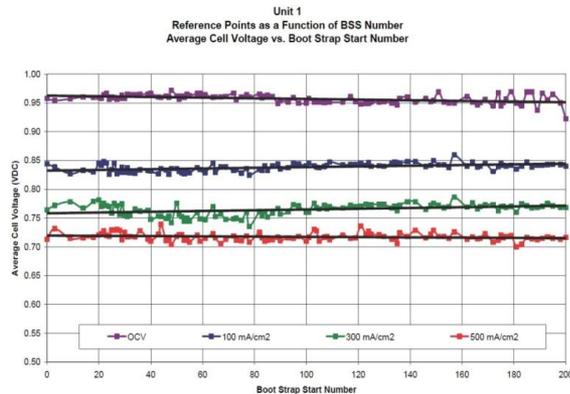
Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit.



Froststartfähigkeit nachgewiesen

200 Starts ohne Degradation

Ergebnis der Frosttests



Efficient Dynamics. Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug.



Efficient Dynamics.

Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug.

Effizientes Fahren in der Stadt und über Land.



Elektrisches Fahren
in der Stadt mit der
Brennstoffzelle

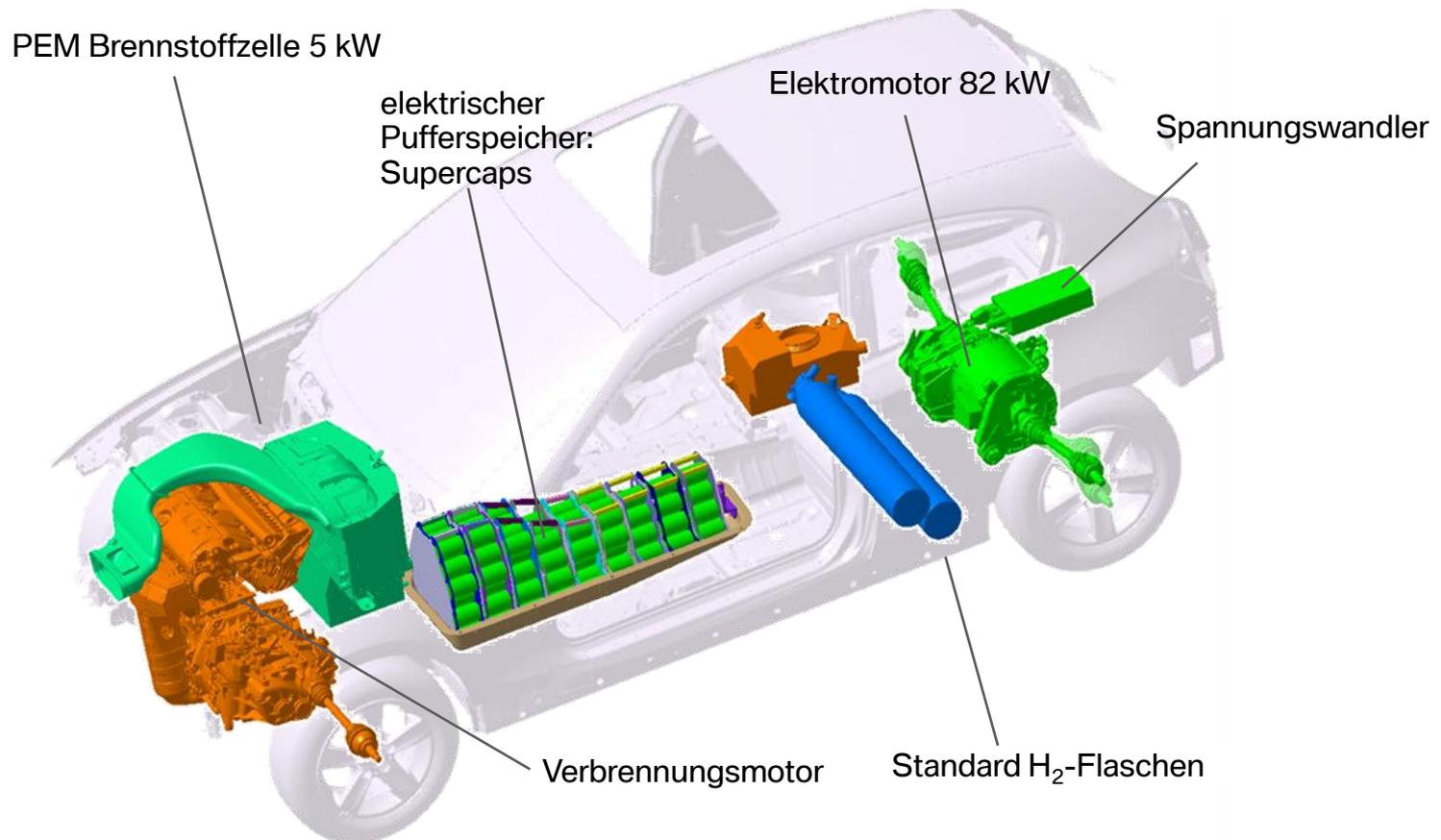
Beschleunigen
mit beiden Antrieben

Überlandfahren
mit Verbrennungsmotor

Efficient Dynamics.

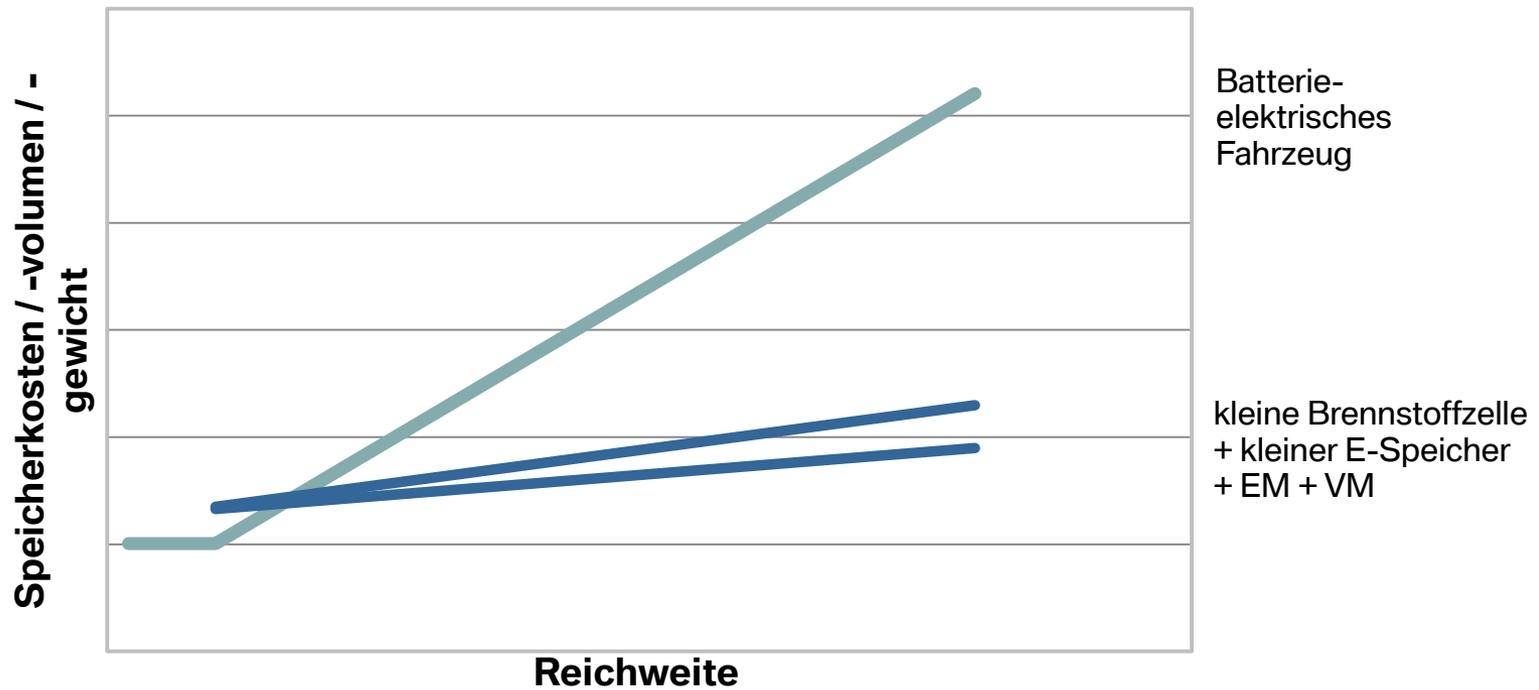
Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug.

1. Qualifizierungsstufe auf Basis BMW 1er.



Efficient Dynamics.

Antriebskonzepte. Aufwand über Reichweite.



Efficient Dynamics. Hybridforschung.



Efficient Dynamics. Historie Elektrifizierung Antrieb.

Hybrid



1994
518i Parallel Hybrid
mit NiMH-Batterie



1995
316i Serieller
Hybrid mit NaNiCl-
Batterie



2003
X5 Aktivgetriebe
mit Supercaps



2005
X3 Voll-Hybrid mit
Aktivgetriebe,
Batterie und
Supercaps



1972
BMW 1602
mit Bleibatterien

1987
BMW 325
mit NaS-Batterie

1992
BMW 325
mit NaNiCl-Batterie

1993
BMW E1
mit NaS-Batterie

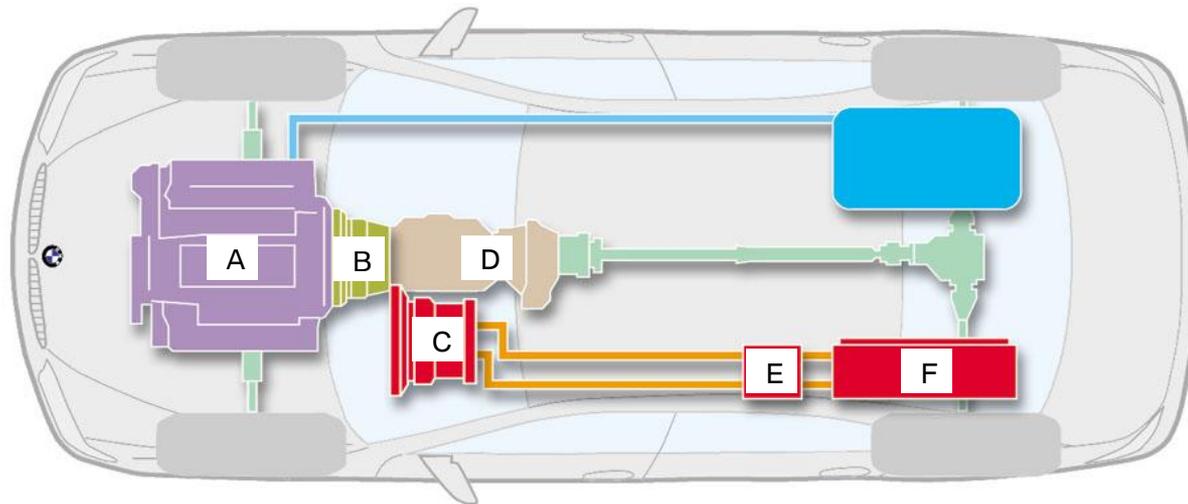


Elektro

Efficient Dynamics.

BMW 5er 3. Generation – paralleler Hybrid (1994).

Kombiniertes Fahren Verbrennungs-/Elektromotor



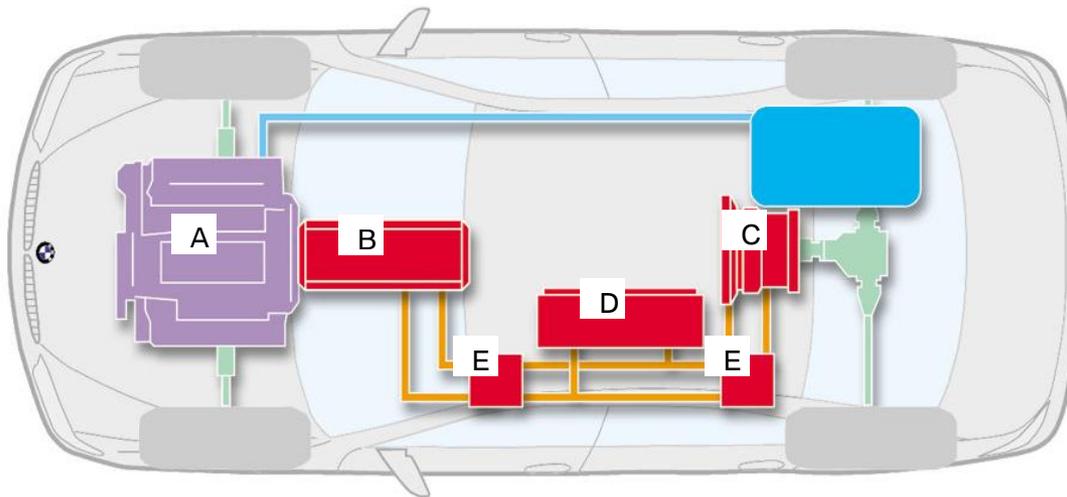
A = Verbrennungsmotor
B = Kupplung
C = Elektromotor
D = Getriebe
E = Leistungselektronik
F = Batterie

Basisfahrzeug: BMW E34, 518i
4-Zyl. -1,8l Ottomotor, 83 kW
Asynchron-Elektromaschine,
18 kW, kurzzeitig 26 kW/165 Nm
NiMH Batterie 3,5 kWh,
Reichweite 11 km

Efficient Dynamics.

BMW 3er 3. Generation – serieller Hybrid (1995).

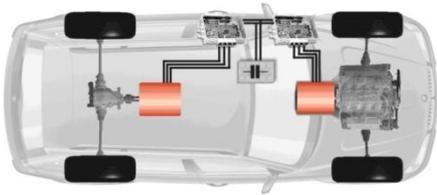
5 kW permanente Ladeleistung ist ausreichend für Stadtfahrt



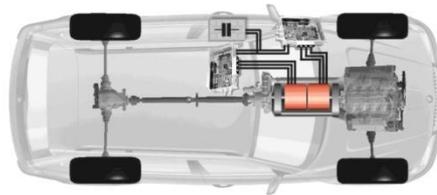
- | | |
|-------------------------|-------------------------------------|
| A = Verbrennungsmotor | Basisfahrzeug: BMW E36, 316i |
| B = Generator | 4-Zyl. -1,6l Ottomotor, 40 kW |
| C = Elektromotor | Permanenterregte Synchronmaschine, |
| D = Batterie | 31 kW Dauerleistung, max. 35 kW |
| E = Leistungselektronik | NaNiCl Batterie , Reichweite: 38 km |

Efficient Dynamics. Evolution Hybridantrieb, Systementwicklung.

Parallelhybrid Optimum Aufwand vs. Nutzen



Serieller Hybrid



**Leistungsverzweigter
Hybrid**



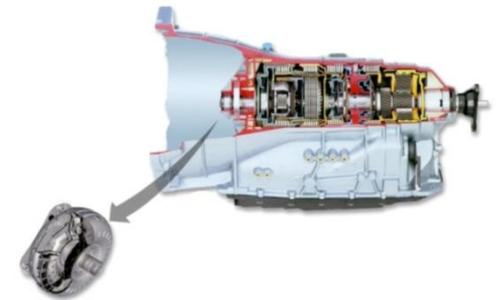
Parallelhybrid

Efficient Dynamics. Evolution Hybridantrieb, Komponentenentwicklung.

Minimierung Bauraumbedarf durch Integration E-Motor ins Getriebe



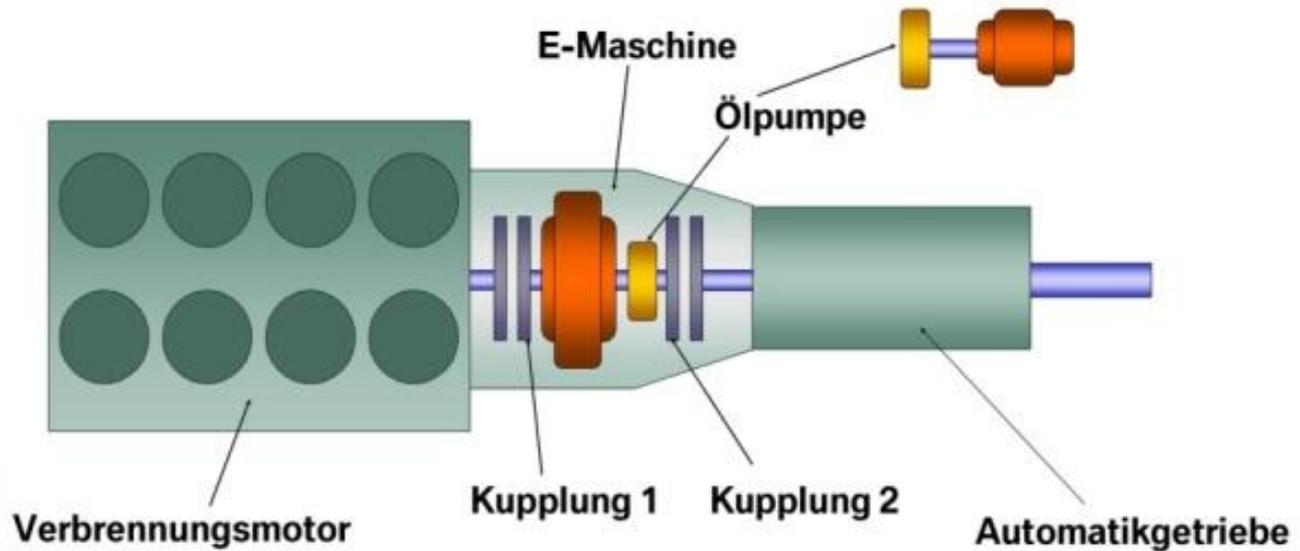
E-Motor in
Getriebe



Entfall Wandler

Efficient Dynamics.

Evolution Hybridantrieb, Komponentenentwicklung.



Efficient Dynamics.

Evolution Hybridantrieb, elektrischer Speicher.

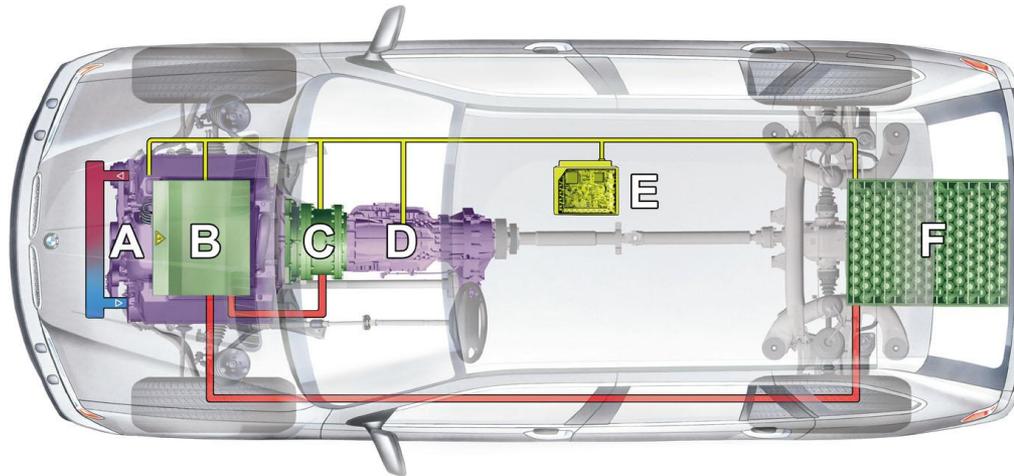


Packagevorteile
hohe Leistungsdichte
schnelle Energie-
aufnahme und
-abgabe

Supercap

Efficient Dynamics. BMW X5 Power Assist (2003).

Erhöhung Kundenwertigkeit, Fahrfreude



- A = Verbrennungsmotor
- B = Wechselrichter
- C = Elektromotor
- D = Getriebe
- E = Antriebsmanagement
- F = Supercaps

Basisfahrzeug: BMW E53, X5

8-Zyl. – 4,4l Ottomotor, 210 kW

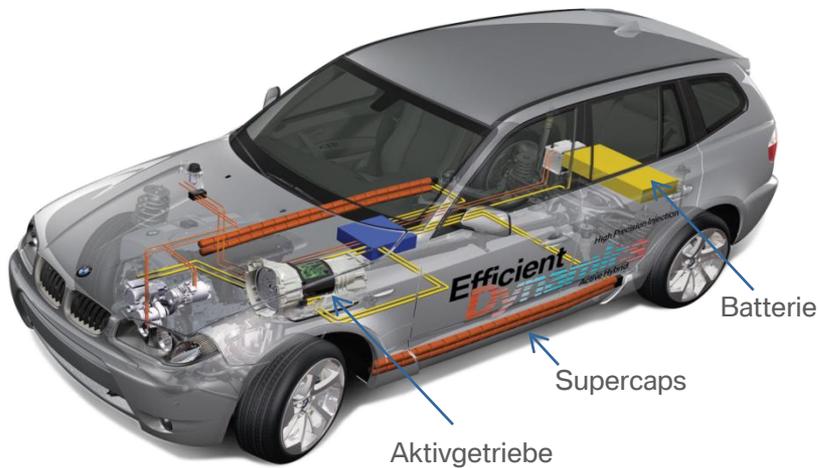
5-Gang Automatikgetriebe ohne Wandler

Asynchron-Elektromaschine 14 kW Dauerleistung
max. 70 kW/660 Nm elektrisch, > 1000 Nm kombiniert

Supercap-Energiespeicher 650 kW

Efficient Dynamics.

BMW Concept X3 EfficientDynamics (2005).

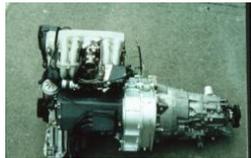


Prämissen

- Integration als Add-on Lösung
- kein zusätzlicher Bauraumbedarf
- Kostenreduzierung durch geschickte Komponentendimensionierung und Anordnung unter Beibehaltung der Verbrauchsvorteile und Kundenwertigkeit

Efficient Dynamics.

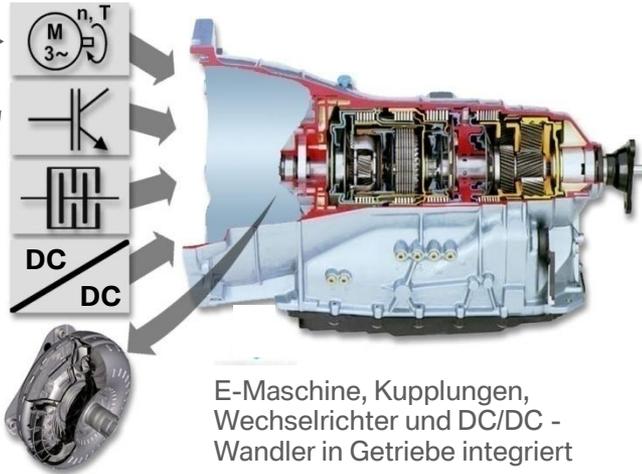
BMW Concept X3 EfficientDynamics (2005).



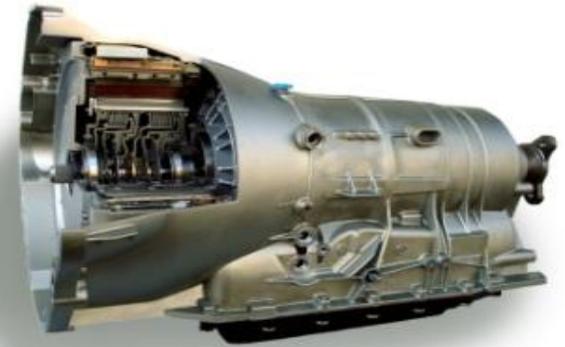
E-Maschine E 34



Wechselrichter X5



E-Maschine, Kupplungen,
Wechselrichter und DC/DC -
Wandler in Getriebe integriert



Aktivgetriebe komplett

Efficient Dynamics.
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

BMW EfficientDynamics
Weniger Emissionen. Mehr Fahrfreude.

