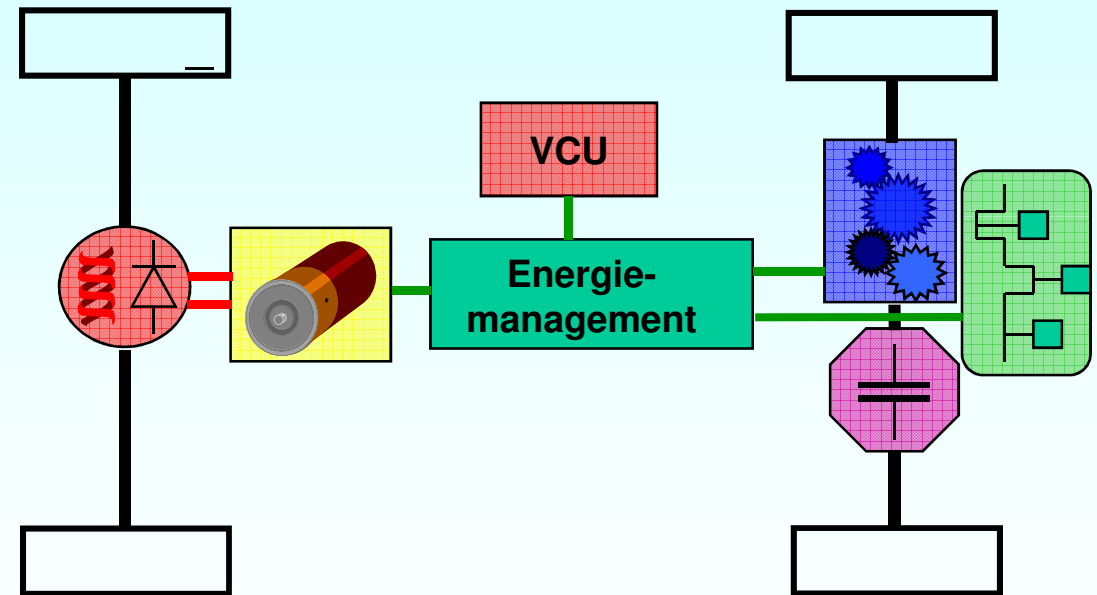


Hybridantriebe für Automobile – Chancen und Risiken

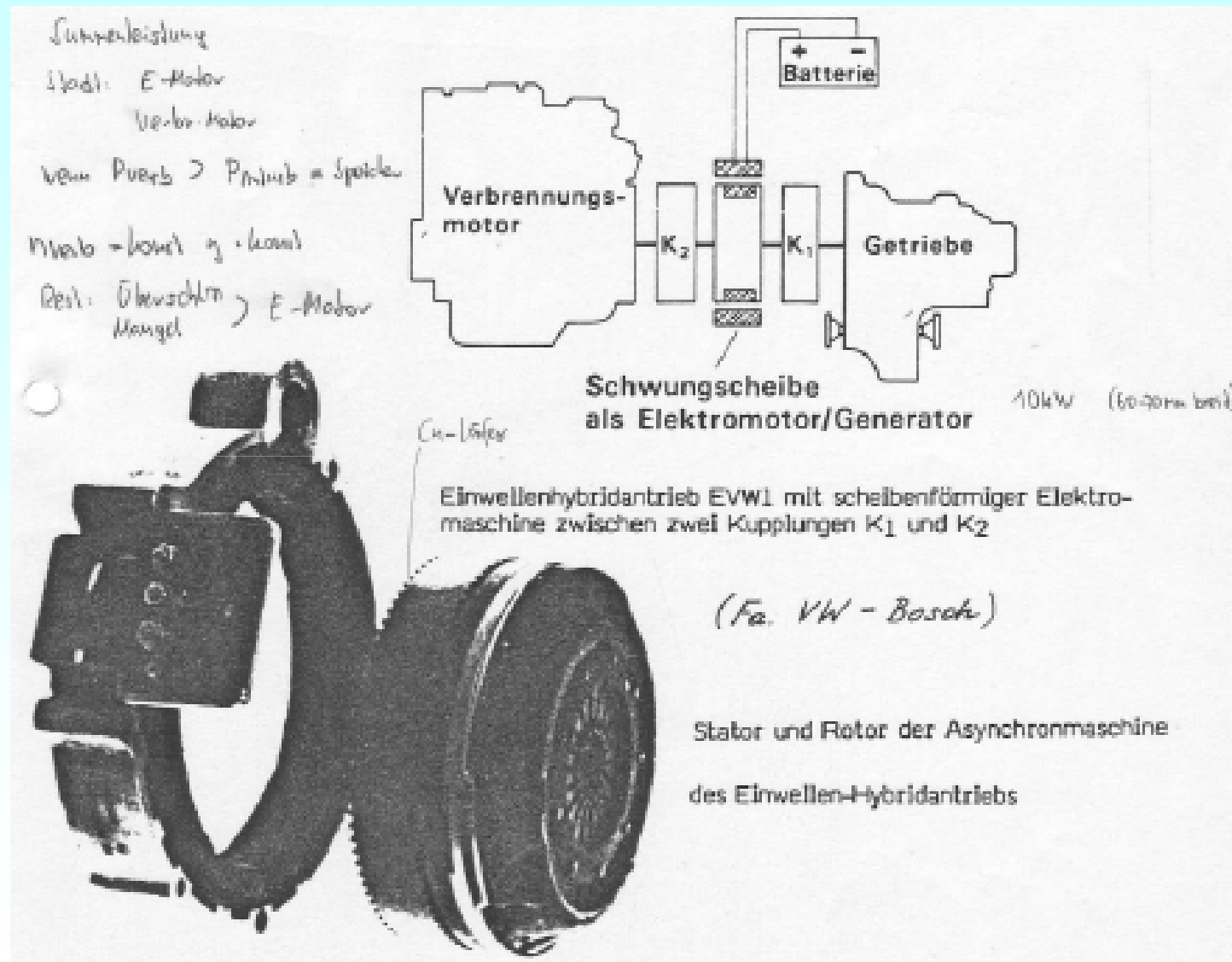


Univ.- Lektor Dr.techn. Dr.phil. Harald Neudorfer
TSA Traktionssysteme Austria GmbH



Vorlesung Prof. Dr. Rummich

Elektrisch betriebene Kraftfahrzeuge WS 1987



Hybridantriebe für Automobile – Chancen und Risiken

- Übersicht

- Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte
- Anforderungen bei Hybridantrieben für Automobile
- Hybridkonzepte für den Einsatz in Kraftfahrzeugen
- Energieeinsparungspotential
- Ausgeführte Hybridfahrzeuge
- Chancen, Risiken und Zusammenfassung



Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte von Hybridantrieben für Automobile

- Ökologische Ziele

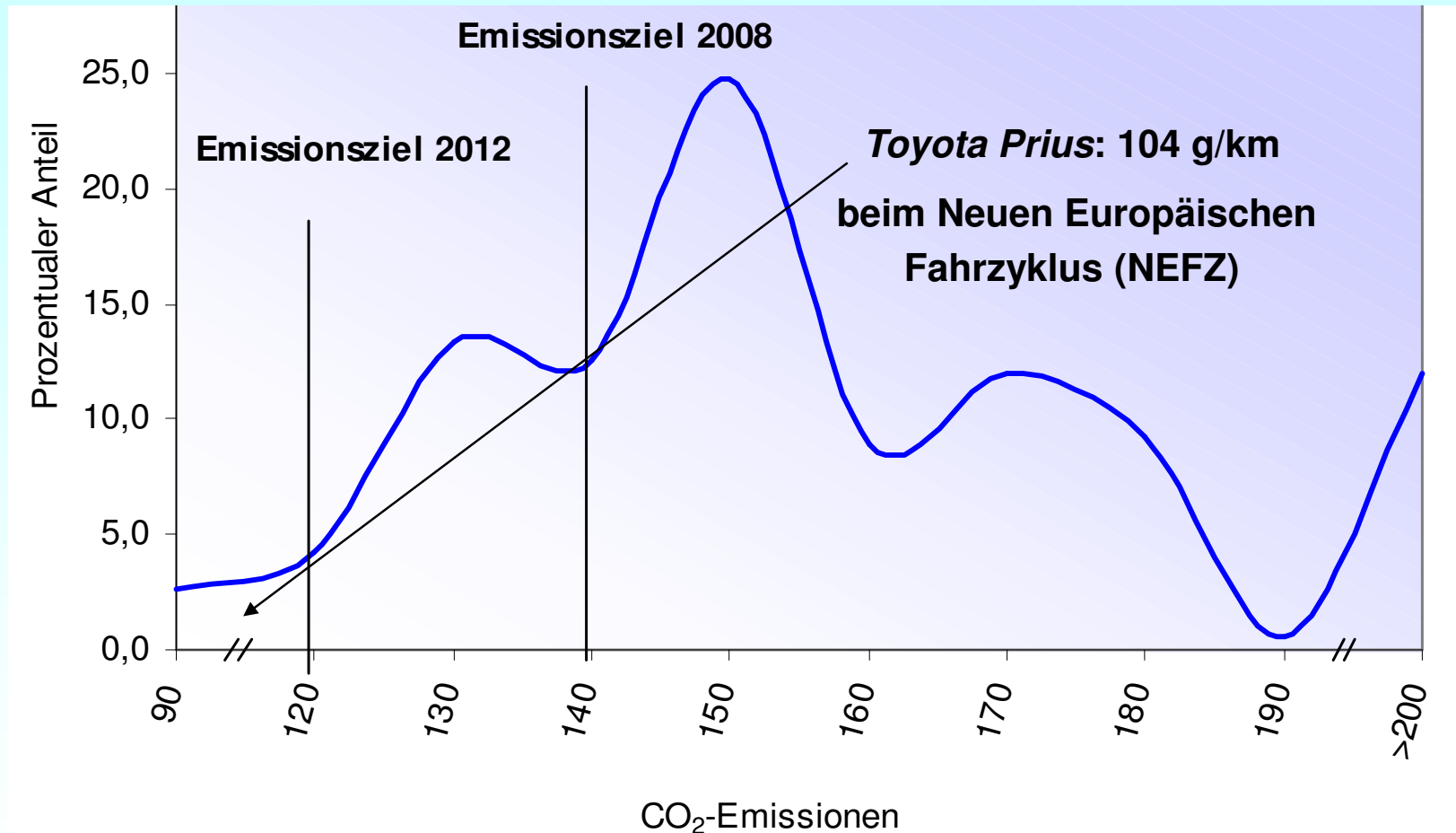
- Reduzierung des anthropogenen CO₂-Ausstoßes

- *Kyoto*-Abkommen: Reduzierung der CO₂-Emission bis 2012 um 21 % bezogen auf 1990
 - freiwillige Selbstbeschränkung der ACEA:
Reduzierung der CO₂-Emission der gesamten Automobilflotte auf 140 g/km bis 2008
bzw. 120 g/km bis 2012
 - Derzeitiger Mittelwert in Deutschland: 160 - 170 g/km

ACEA: European Automobile Manufacturers Association



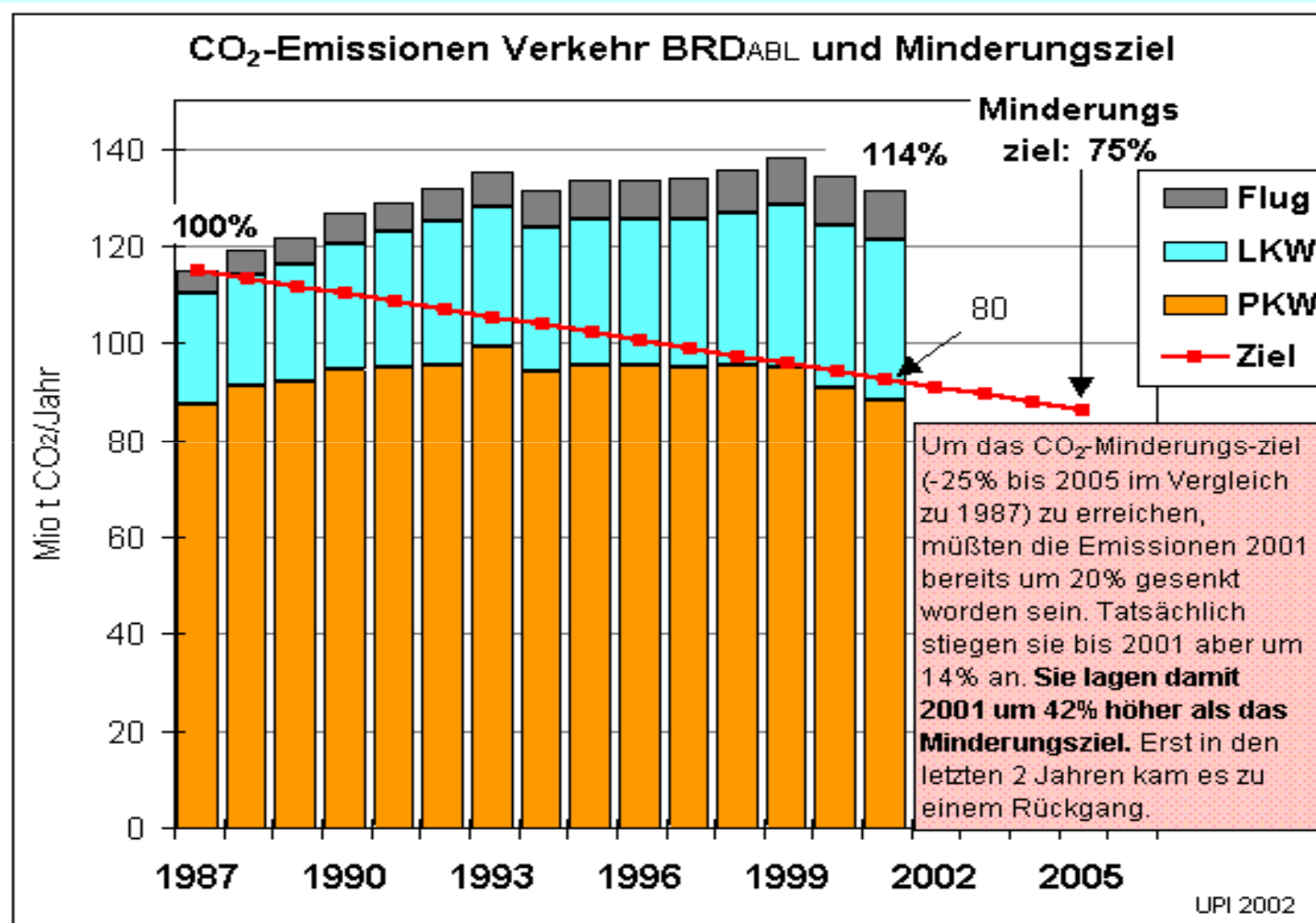
Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte von Hybridantrieben für Automobile



**Verteilung der CO₂-Emission des PKW-Bestandes
in Deutschland (2004)**



Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte von Hybridantrieben für Automobile

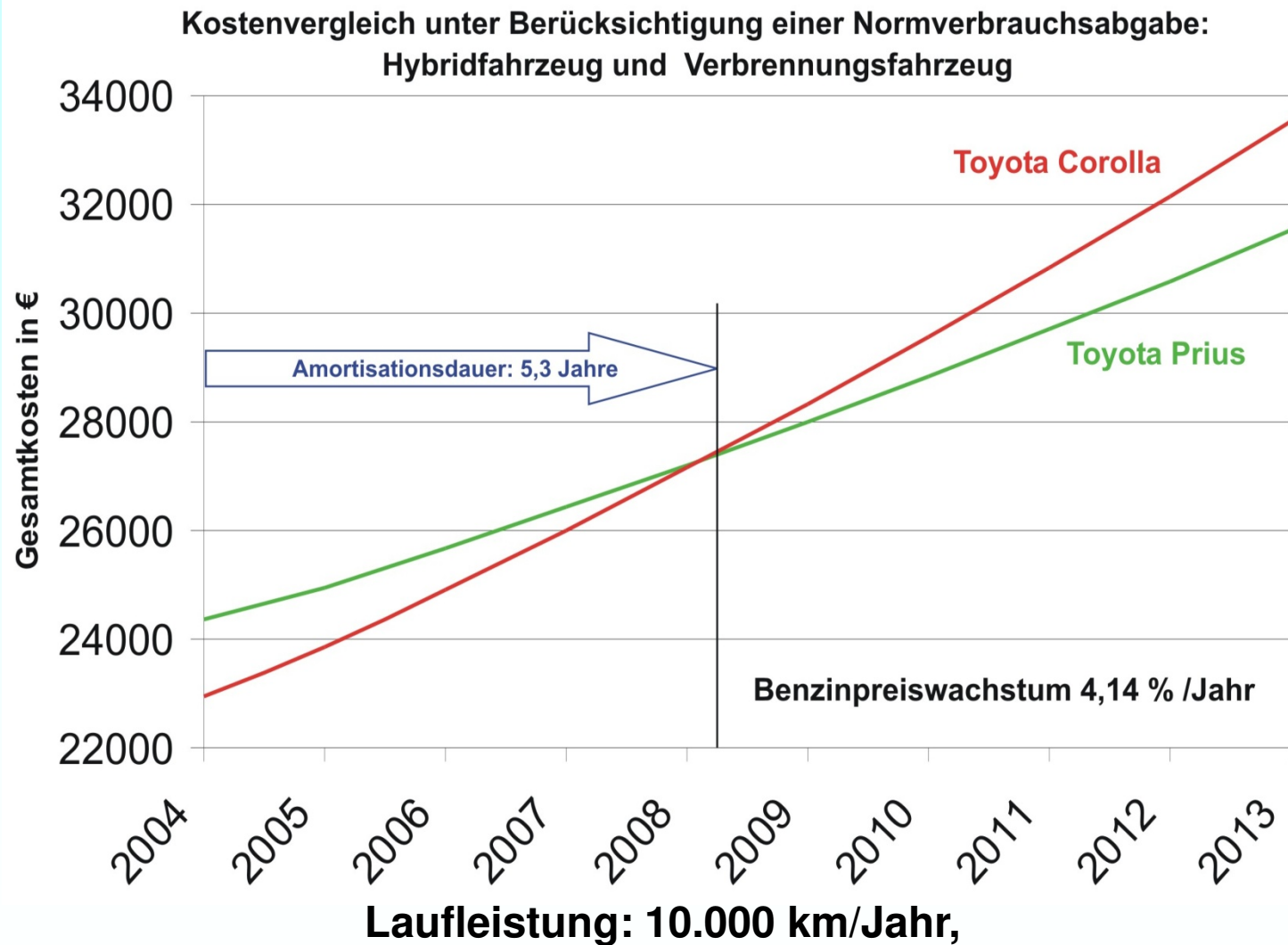


Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte von Hybridantrieben für Automobile

- **Ökonomische Erwartungen**
 - Mehrpreis gegenüber Fahrzeug nur mit Verbrennungskraftmaschine (VKM): ca. 2.000 - 4.000 €
 - Amortisationszeit ca. 6 - 7 Jahre
 - 4 % Preissteigerung von Kraftstoff
 - Laufleistung: 10.000 km/Jahr
 - keine monetäre CO₂-Abgabe (CO₂-Steuer)
 - keine staatliche Förderung
 - Mehrkosten derzeit bei den Fahrzeugherstellern: ca. 3.000 - 7.000 €
 - Starke Reduzierung der Kosten durch hohe Stückzahlen ist zu erwarten



Ökologische und ökonomische Gesichtspunkte von Hybridantrieben für Automobile



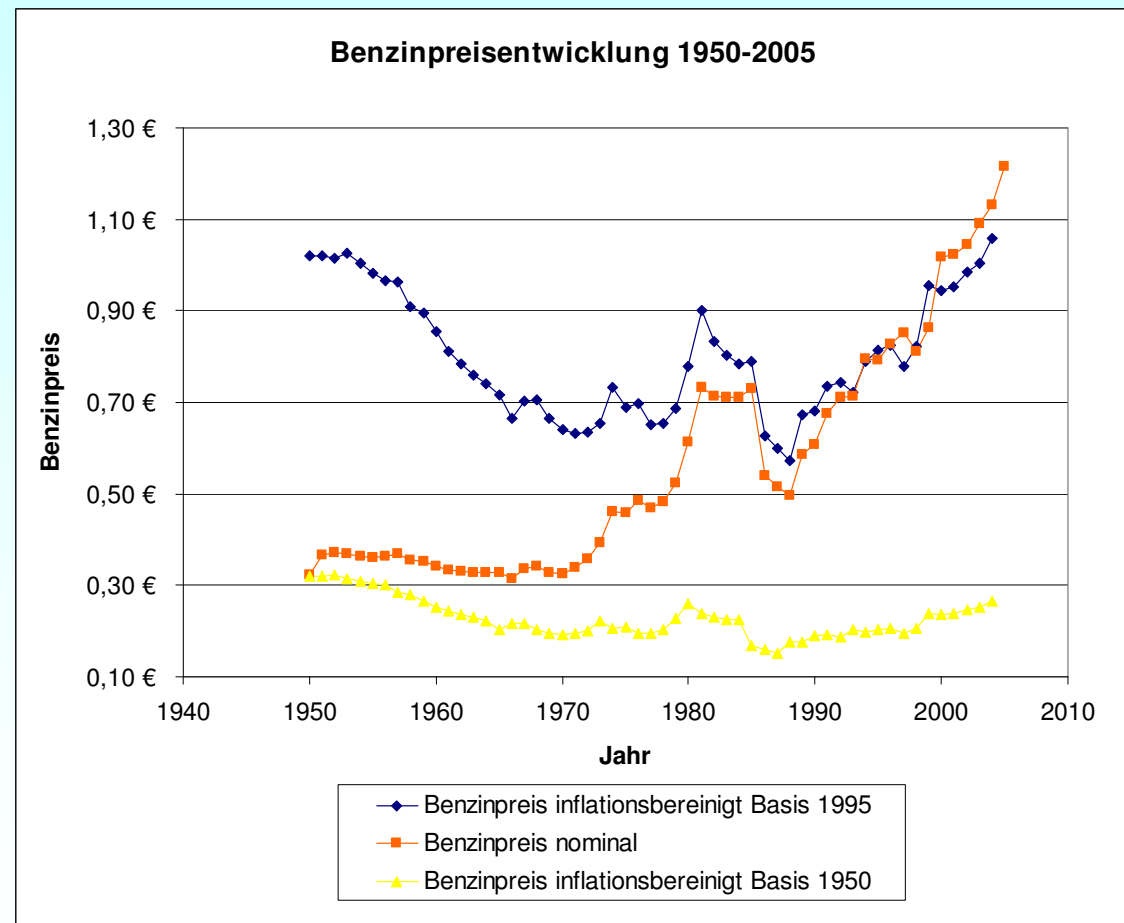
Normverbrauchsabgabe: *Corolla*: 10% *Prius*: 4% vom Neupreis



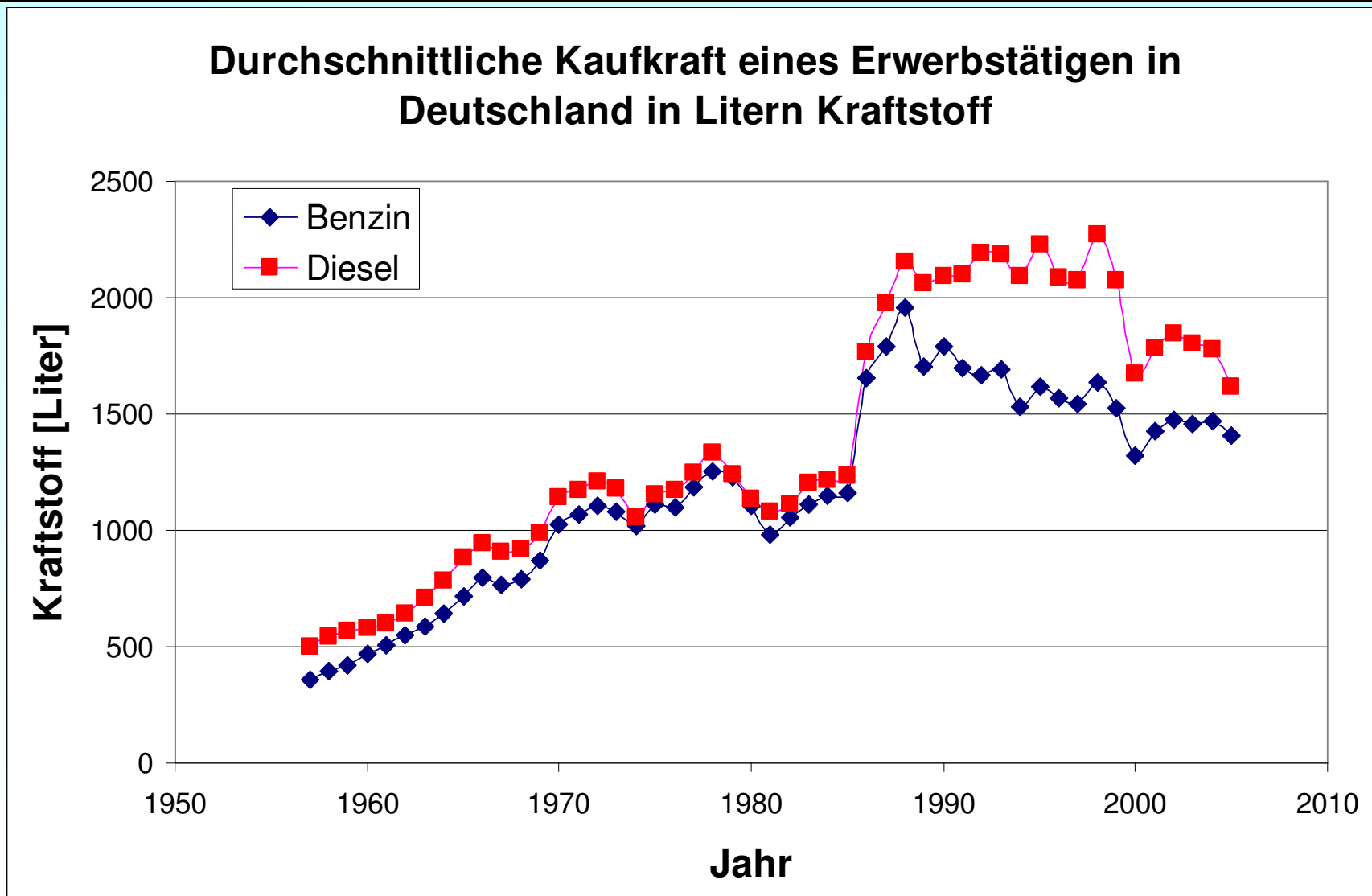
Kraftstoffpreisentwicklung

Benzinpreisentwicklung der letzten 50 Jahre

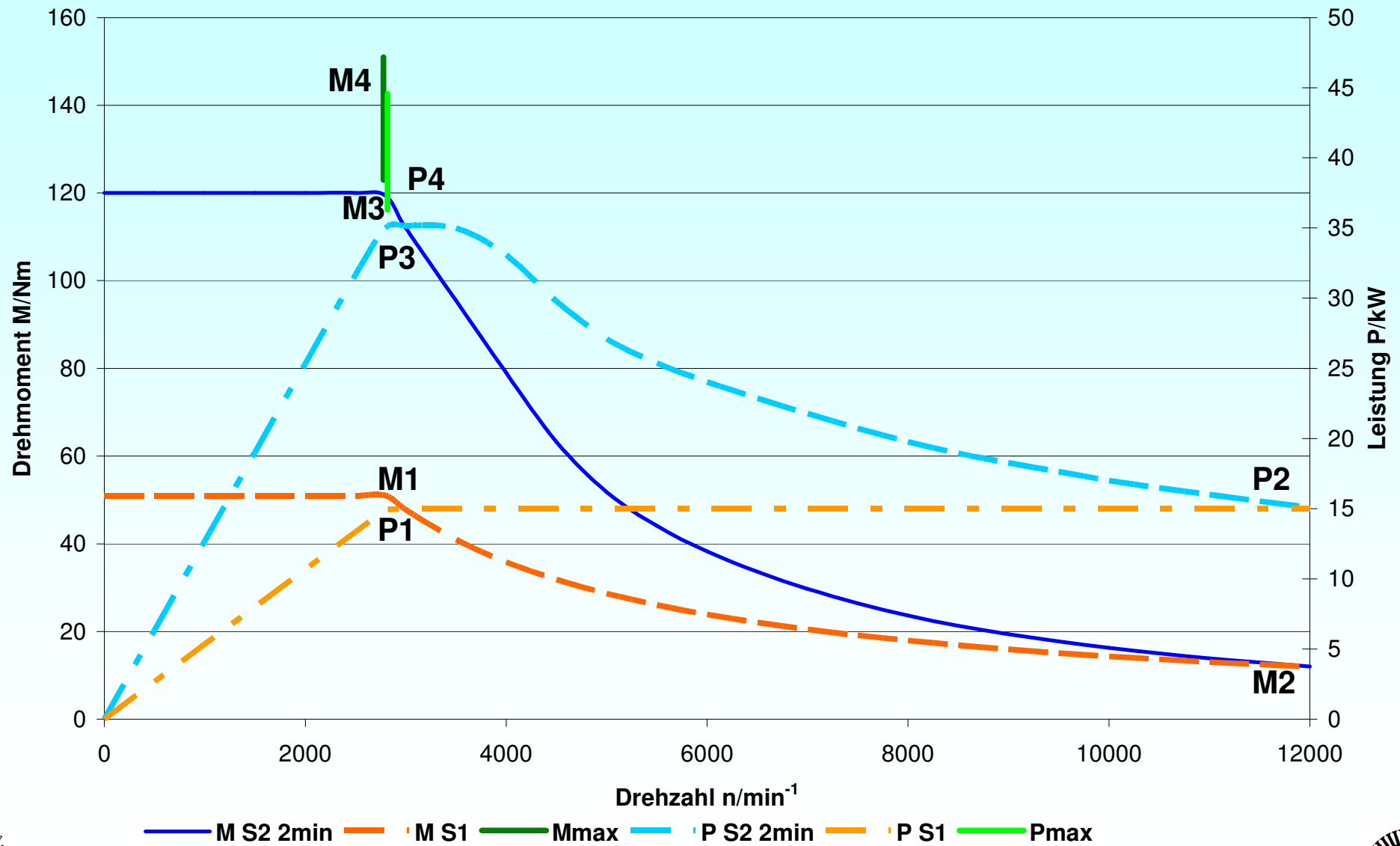
- **Benzinpreis heute etwa so hoch wie 1950**
- **Spitzen in den 1970er Jahren**
- **stetiger Anstieg seit 1989**



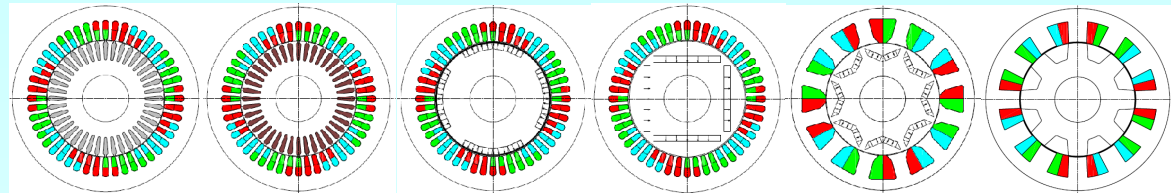
Kraftstoffpreisentwicklung



Anforderungen bei Hybridantrieben für Automobile



Anforderungen bei Hybridantrieben für Automobile

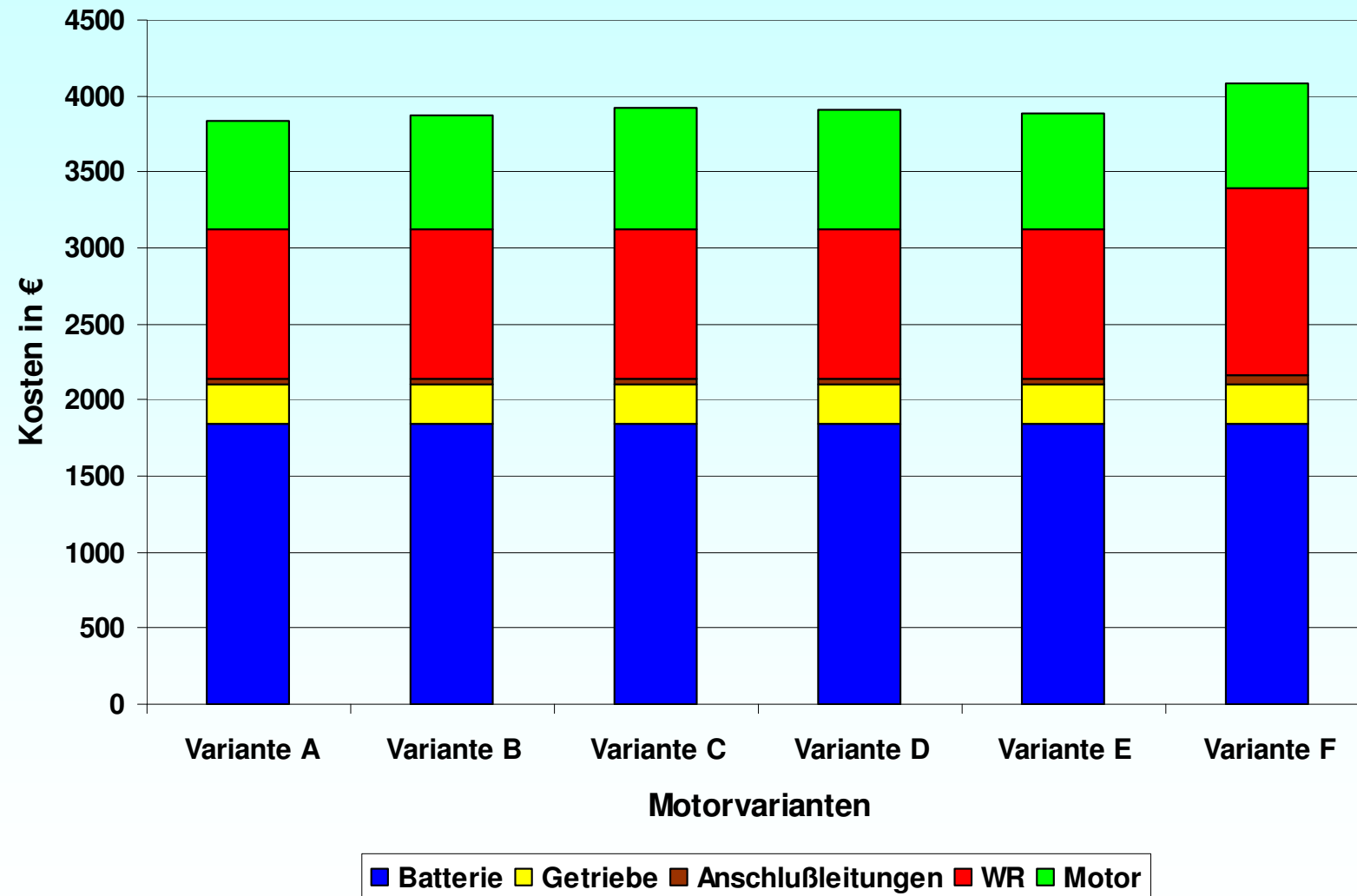


IM Alu-Rotor IM-Cu-Rotor PM-VW-OFM PM-VW-VM PM-EZ-VM SR 12/8

Statoraußendurchmesser	176,6	176,6	176,6	176,6	176,6	176,6
Eisenlänge	150	130	120	120	120	170
Gesamtvolumen	10,5	9,6	9,2	9,2	7,3	9,1
Gesamtmasse	38,0	37,7	31,9	32,2	30,3	35,4
Aktivmasse	24,8	25,3	19,8	20,1	19,3	23,3
Drehmoment S1 @ 2800 min⁻¹	51	51	51	51	51	51
Esson'sche Leistungszahl	2,85	3,28	3,55	3,57	3,72	2,73
Wirkungsgrad @ 15kW, 2800 min⁻¹	88,5	87,7	90,7	91,9	91,5	89,8
Drehmoment/Gesamtmasse	1,34	1,36	1,60	1,59	1,70	1,45
Wirkungsgrad @ 15 kW, 12500 min⁻¹	87,3	88,5	79,8	84,3	91,9	89,9
Max. Leistung @ I_{ZK} = 320 A	42,4	44,0	40,1	44,0	44,3	36,1



Anforderungen bei Hybridantrieben für Automobile



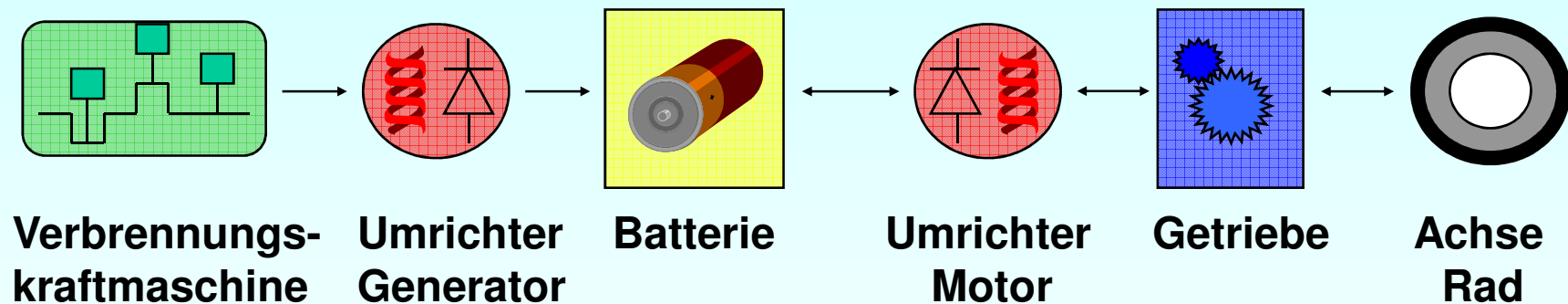
Hybridvarianten für Automobile

Hybridvarianten	Micro-Hybrid	Mild-Hybrid		Full-Hybrid	
Leistung pro Fahrzeugmasse (W/kg)	2,7 – 4	3 – 7	6 – 14	13 – 20	> 20
Bordnetz-Spannung (V)	< 42	42 – 96	96 – 192	144 – 288	>192
Funktion	Elektrische Verbraucher				
		Drehmomentunterstützung beim Beschleunigen			
		Start-Stop-Funktion für VKM			
			Rekuperation		
			Leistungsunterstützung		
			Elektroantrieb		



Hybridkonzepte für den Einsatz von Kraftfahrzeugen

- Serielle Hybridkonzepte



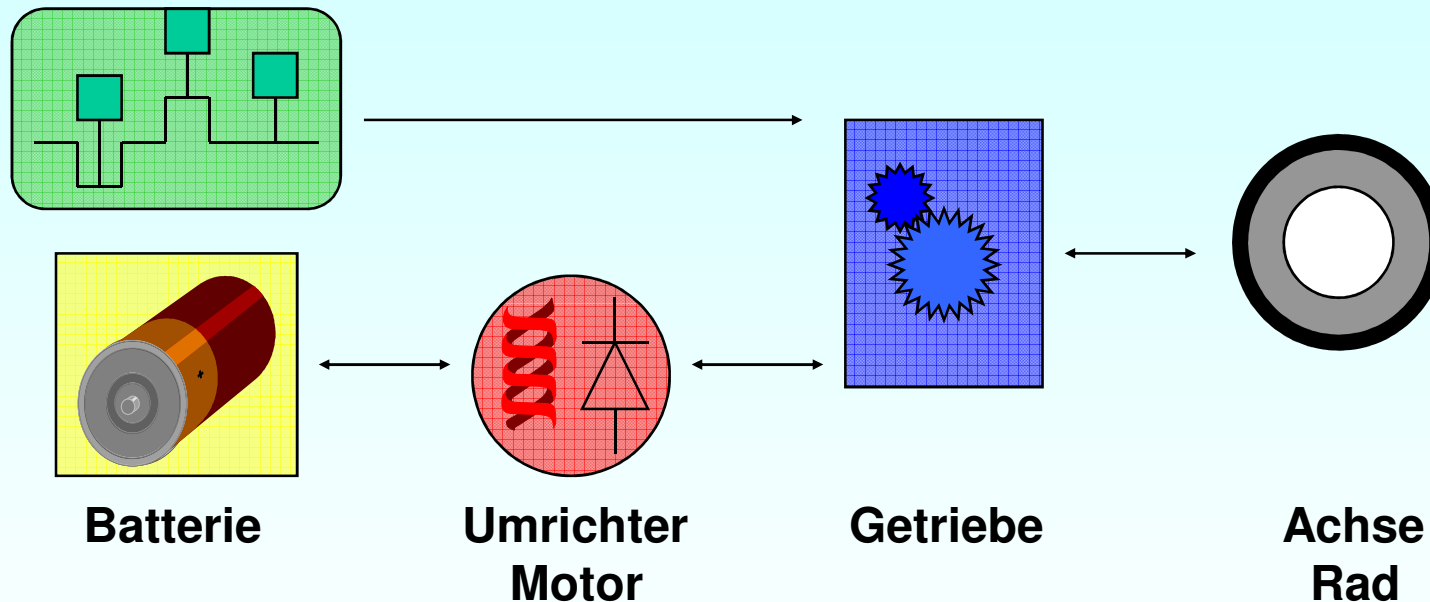
Vorteile: Lastpunkte der Verbrennungskraftmaschine (VKM) sind antriebsunabhängig

Nachteile: Keine rein mechanische Antriebsfunktion möglich
Wirkungsgradkette, Mehrgewicht, Mehrkosten, Mehrvolumen

Hybridkonzepte für den Einsatz von Kraftfahrzeugen

- Parallele Hybridkonzepte

VKM

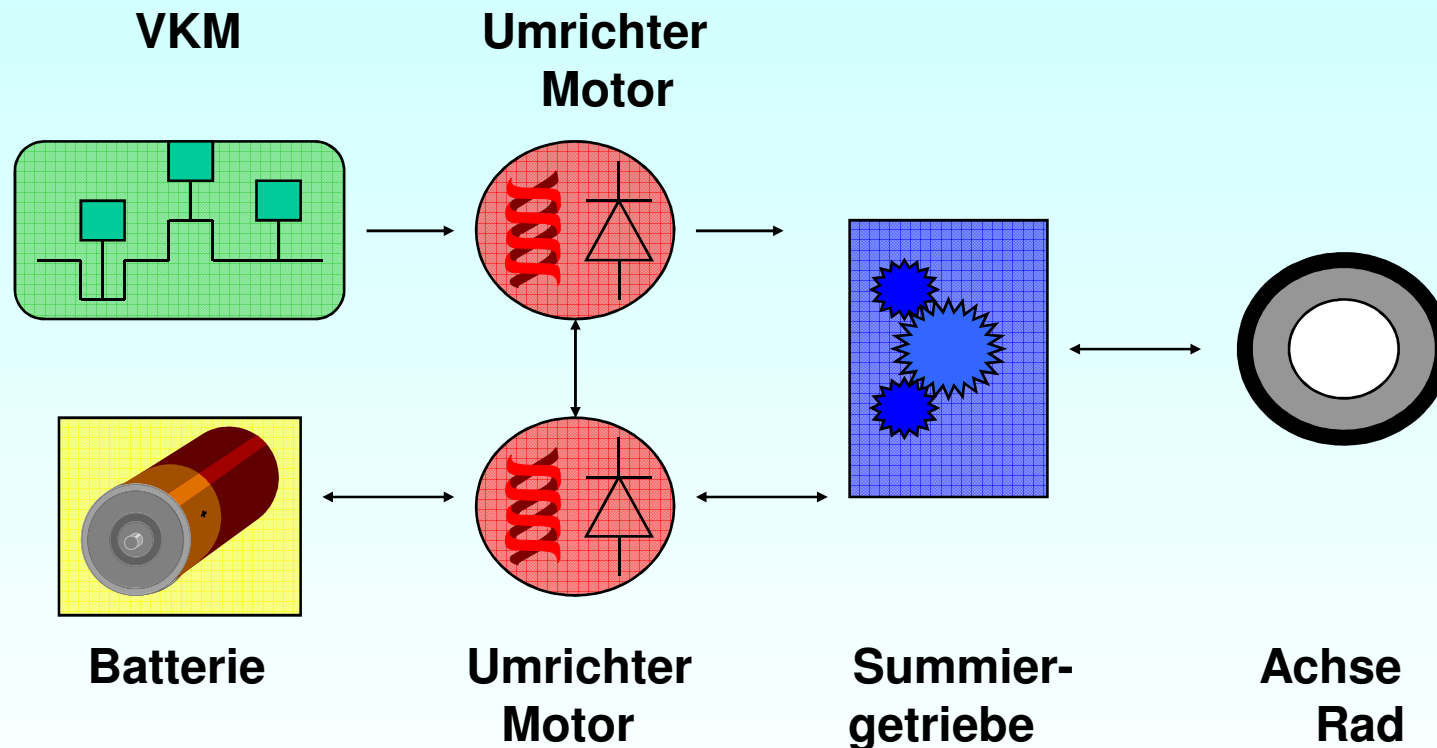


Vorteile: Optimierungspotential im Verbrauch und Drehmoment
Rekuperation, Downsizing der VKM möglich

Nachteile: erhöhter Steuerungsaufwand

Hybridkonzepte für den Einsatz von Kraftfahrzeugen

- Mischhybridkonzepte



Vorteile: Optimierungspotential im Verbrauch und Drehmoment
Rekuperation

Nachteile: erhöhter Steuerungsaufwand

Hybridkonzepte für den Einsatz von Kraftfahrzeugen

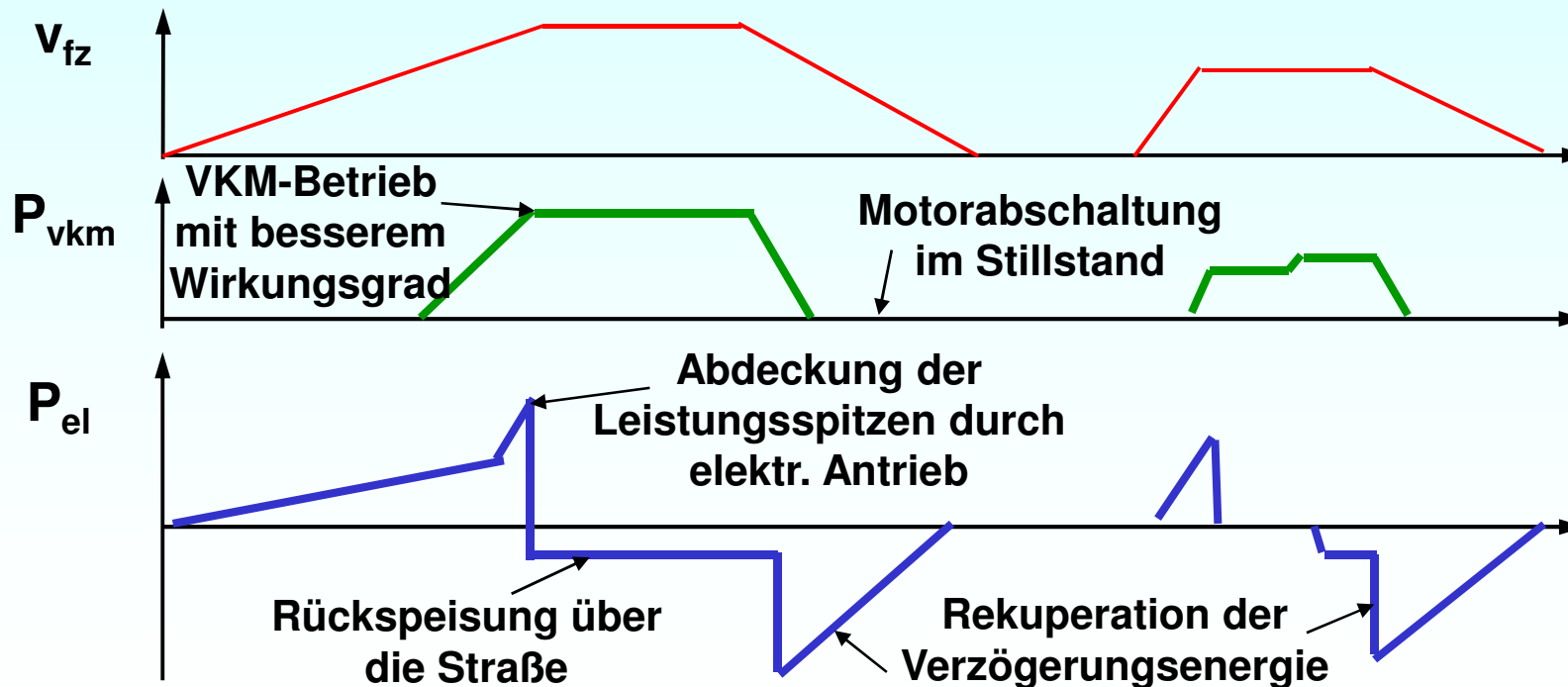
Antrieb:	Mono		Hybrid		
	VKM	Elektro	seriell	parallel	misch
Verbrauch	--	++	+	+	+
Emission	--	++	+	+	+
Einbauraum	++	+	--	+/-	+/-
Steuerung	++	++	--	-	--
Kosten	++	+/-	--	-	-
Reichweite	++	--	+/-	+	+
Fahrspaß	+	-	+/-	++	++



Energieeinsparungspotential

• Einsparungspotential bei Hybridfahrzeugen

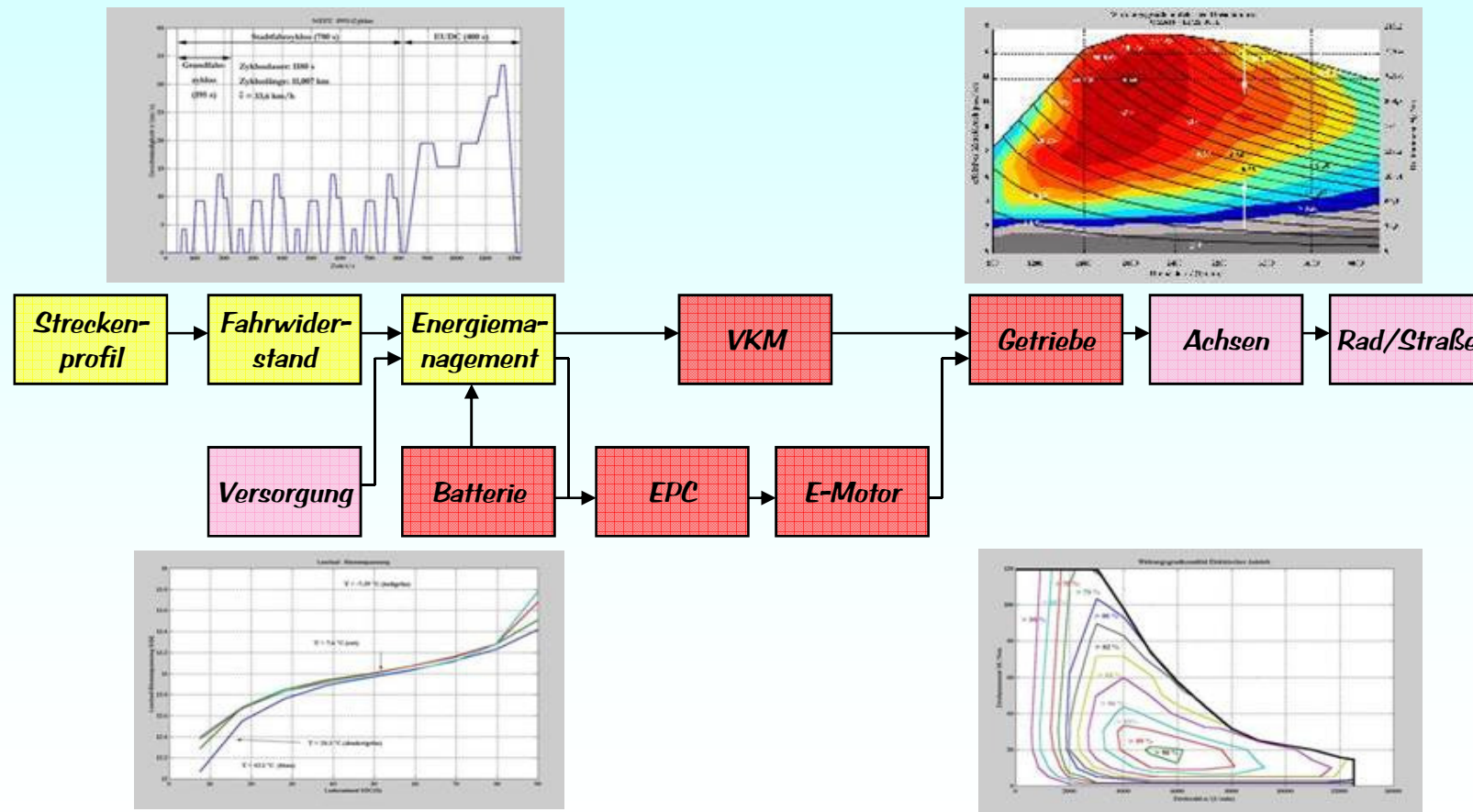
- Rekuperation: Rückgewinnung der Verzögerungsenergie
- Abschaltung der VKM bei Fahrzeugstillstand
- Betrieb der VKM mit besserem Wirkungsgrad



Energieeinsparungspotential

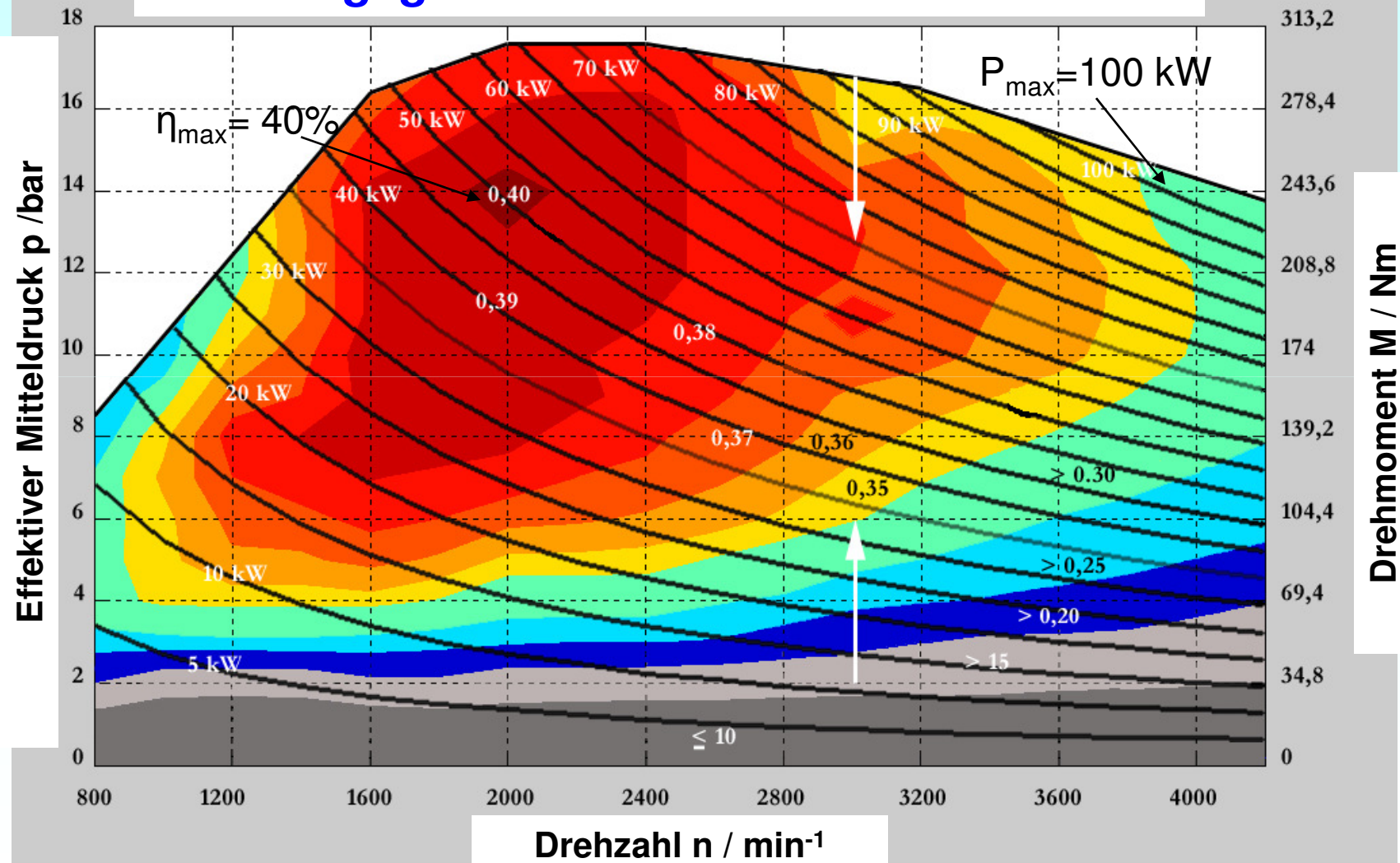
Optimierung des elektrischen Antriebsstranges für den geforderten Einsatzbereich mit Matlab Simulink

Berechnung auf makroskopischer und mikroskopischer Ebene



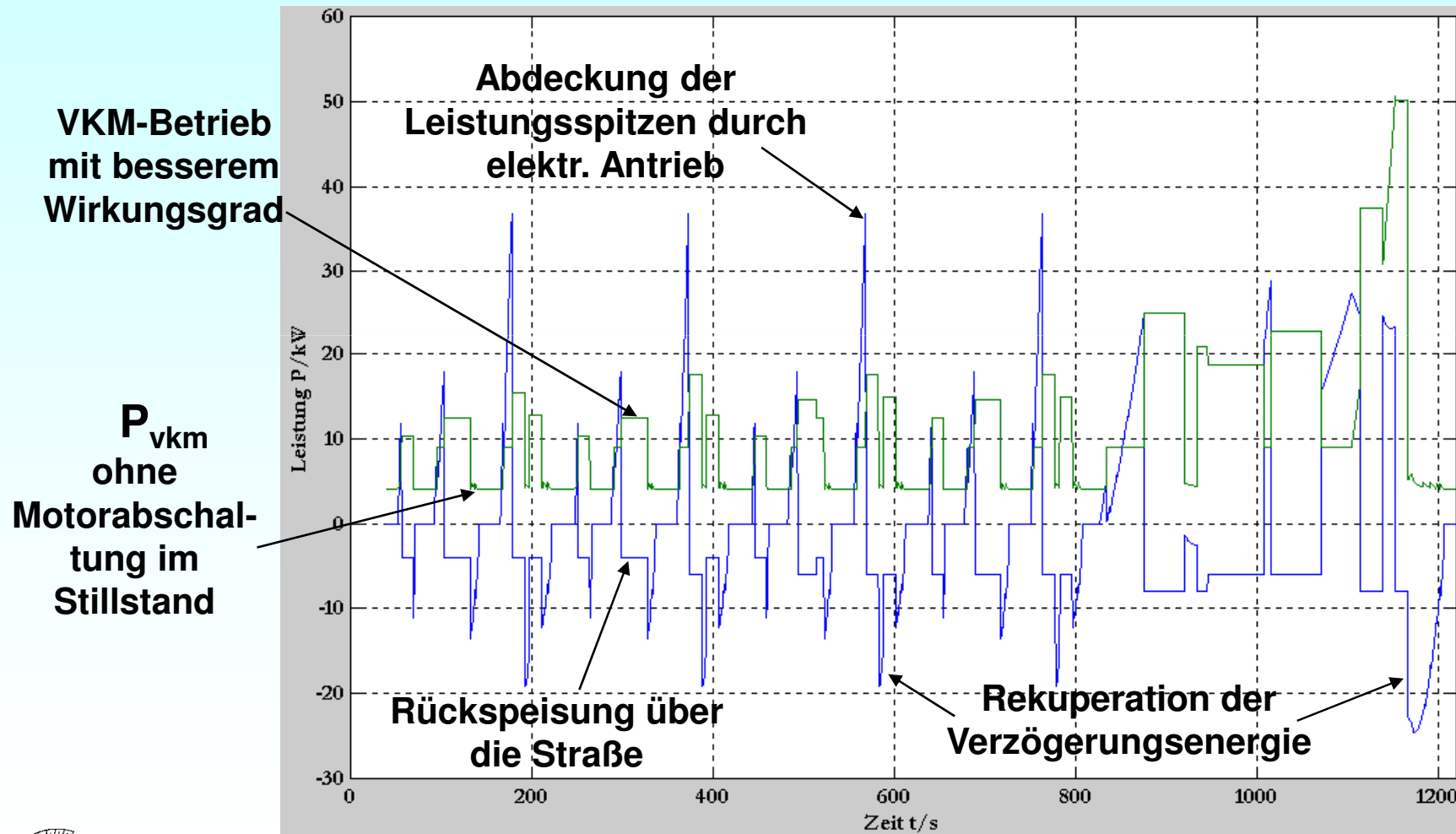
Energieeinsparungspotential

Wirkungsgradkennfeld eines Dieselmotors



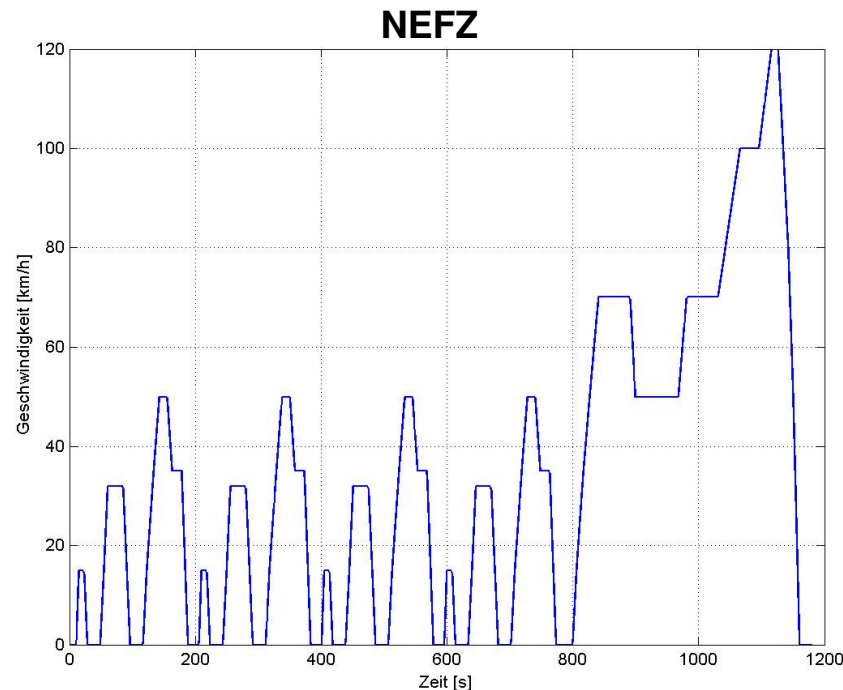
Energieeinsparungspotential

Leistungsabgabe des elektrischen Antriebes (blau) und der Verbrennungskraftmaschine (grün) beim NEFZ



Energieeinsparungspotential

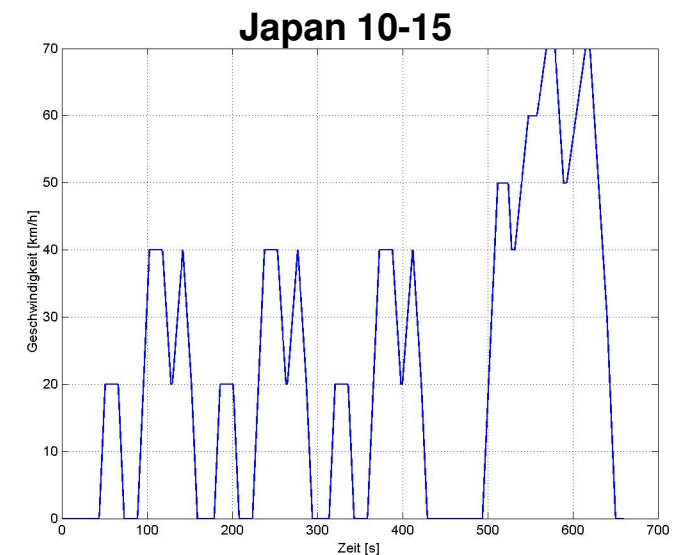
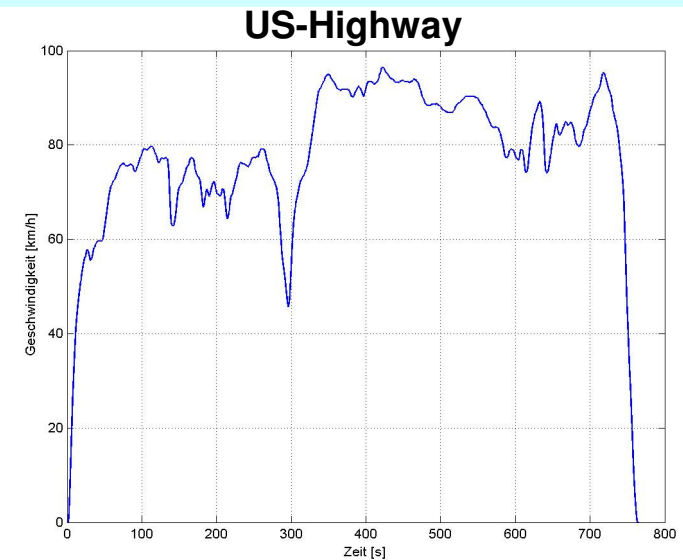
- Fahrzyklen



NEFZ: 11,02 km; 1180 s; $v_{\text{mittel}} = 33,6$ km/h

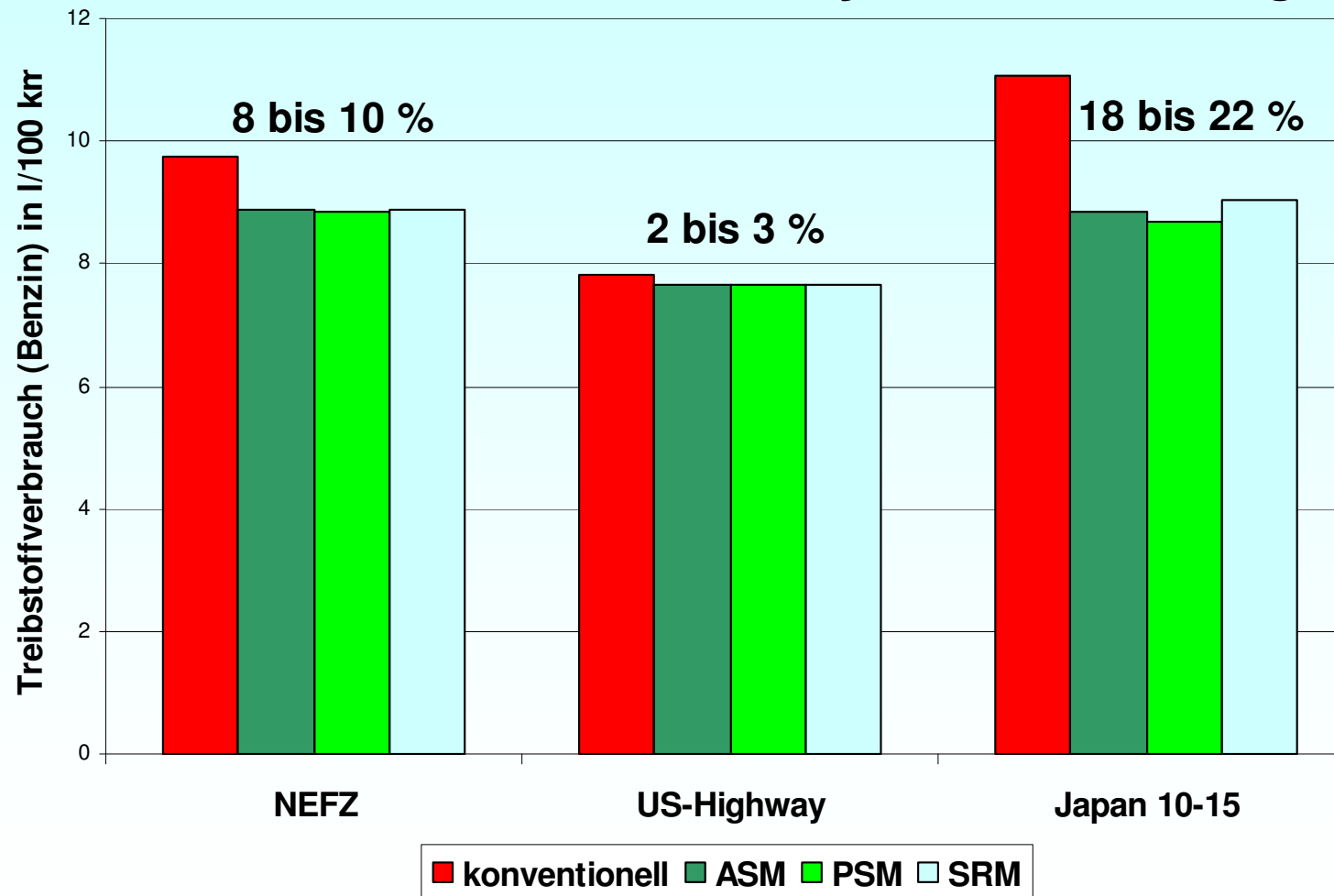
EPA HWFET: 2x(16,51 km; 765 s); $v_{\text{mittel}} = 77,7$ km/h

Japan 10-15: 4,16 km; 660 s; $v_{\text{mittel}} = 22,7$ km/h



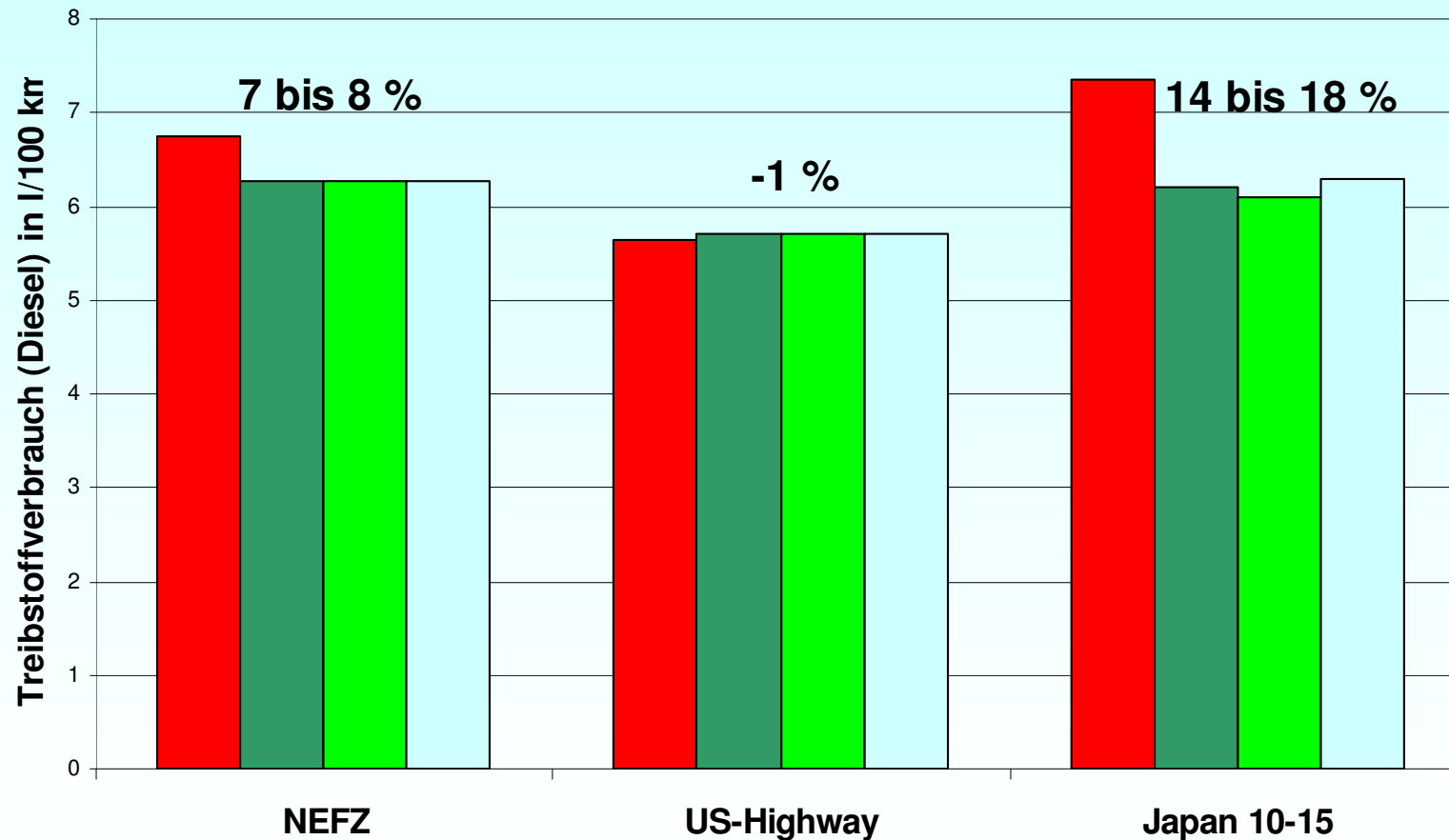
Energieeinsparungspotential

Vergleich Kraftstoffverbrauch zwischen Benzin konventionell und Hybrid P4-Lösung



Energieeinsparungspotential

Vergleich Kraftstoffverbrauch zwischen Diesel konventionell und Hybrid P4-Lösung



Ausgeführte Hybridfahrzeuge

Eingesetzte Hybridkomponenten nach Herstellern

Hersteller (*)	Fahrzeugstatus		Batterietyp					Motortyp	
	Proto- typ	Serie	Li- Ion	NiMH	NiCd	NaNiCl	Blei	ASM	PSM
Daimler-Chrysler (11)	x		2	2	-	-	3	3	4
Ford (8)	x		-	3	1	-	-	-	1
GM (8)		x	-	3	-	-	-	-	3
Honda (4)		x	-	3	-	-	-	-	3
Mitsubishi (5)	x		2	-	-	-	-	2	1
Nissan-Renault (9)	x		-	-	5	-	-	-	4
PSA (4)	x		-	2	2	-	-	-	2
Toyota (7)		x	-	6	-	-	-	-	6
VW (5)	x		-	5	-	-	1	3	3

* In Klammern: Anzahl der veröffentlichten Hybridfahrzeuge Stand: Ende 2006

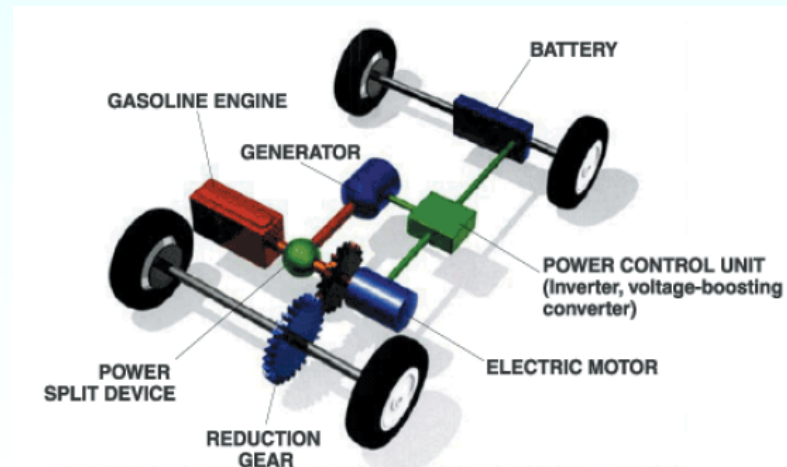
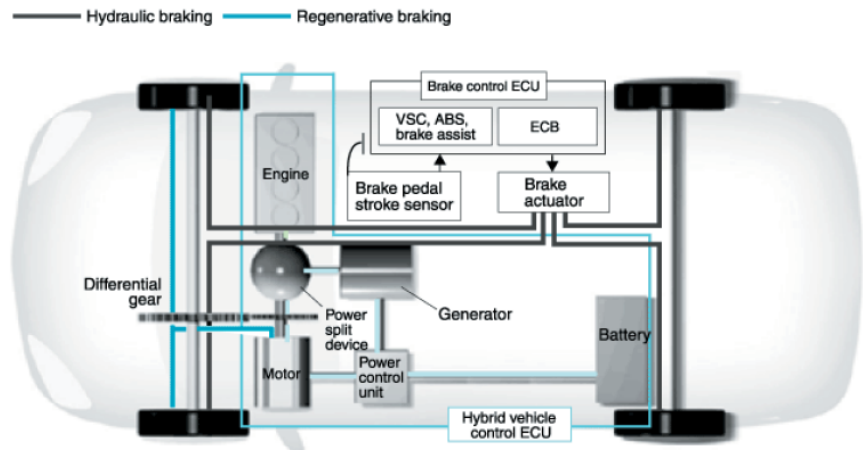


Ausgeführte Hybridfahrzeuge

Prius I (1997) & Prius II (2003)



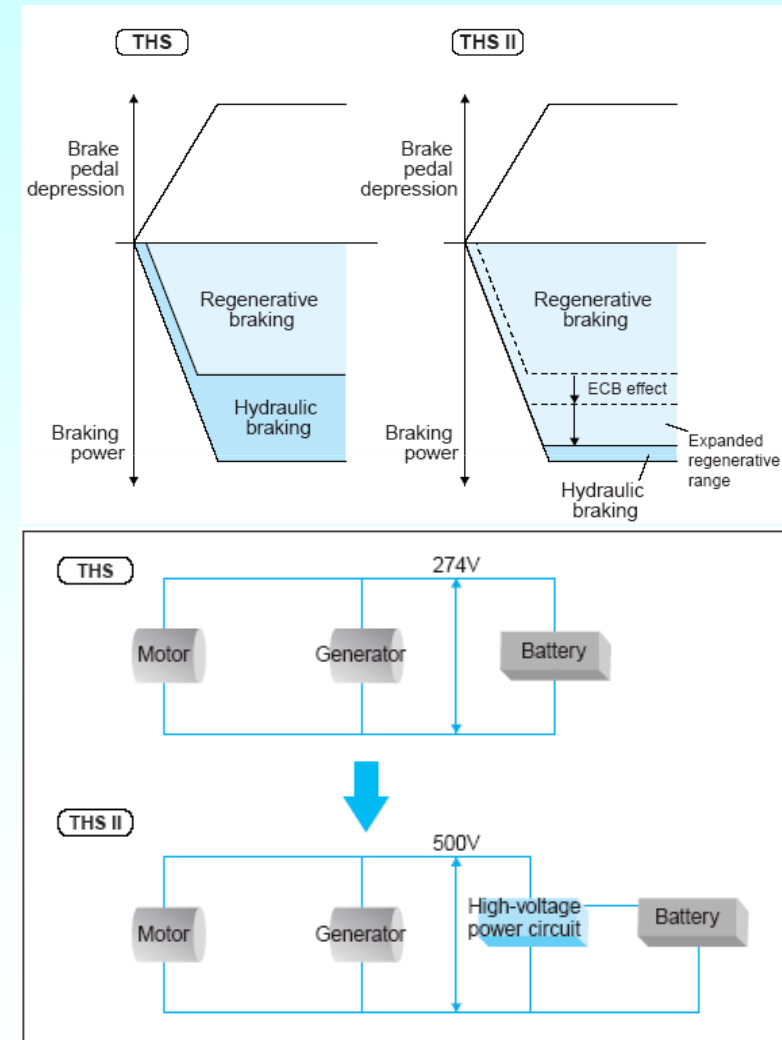
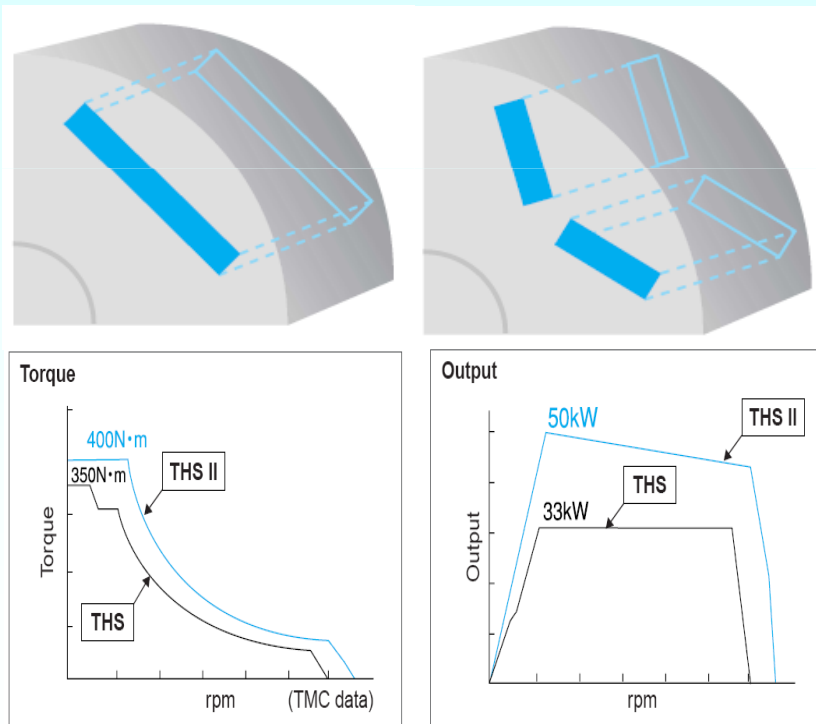
Hybridkonzept: Leistungsverzweigter Mischhybrid



Ausgeführte Hybridfahrzeuge

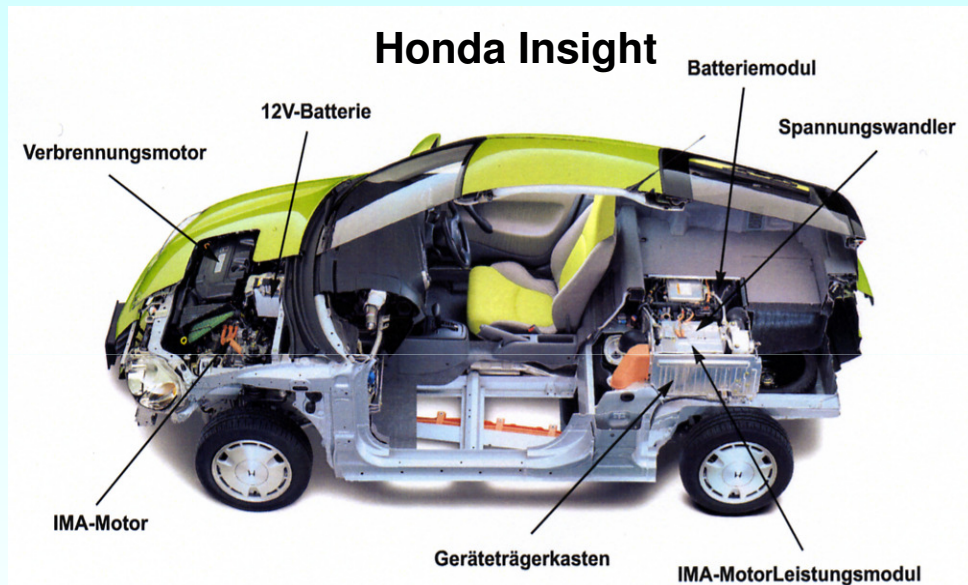
Merkmale des Prius Antrieb / Prius I vs. Prius II

- NiMH – Hochleistungsbatterie (202 V; 6,5 Ah; 25 kW)
- Permanentmagneterregte Synchronmaschine mit V-förmig angeordneten (Neodymium-) Permanentmagneten

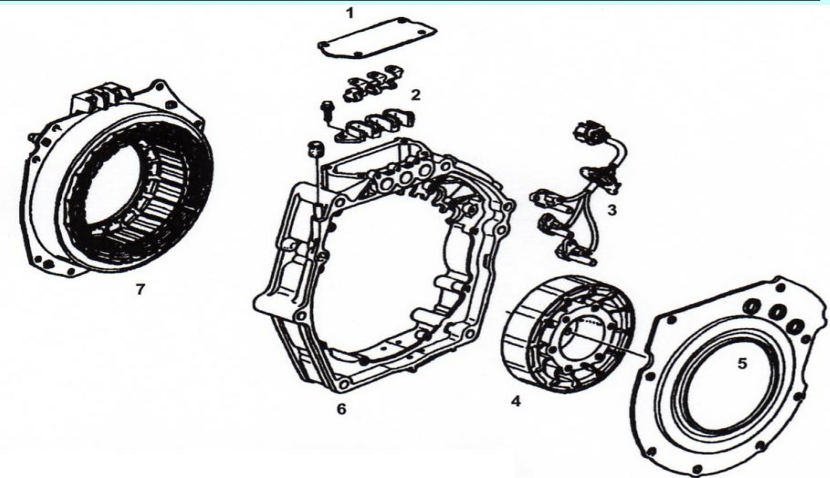


Ausgeführte Hybridfahrzeuge

IMA – Komponenten (Integrated Motor Assistant)

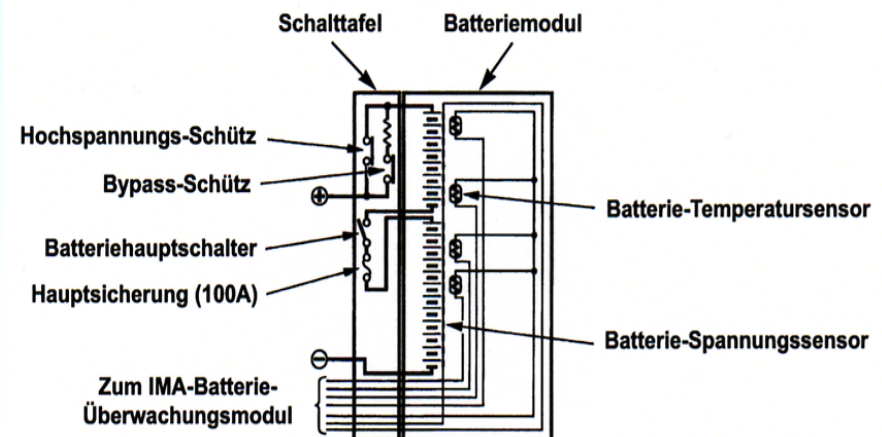


- Batteriemodul (NiMH)
- UBatt= 144 V; Kapazität = 6,5 Ah;
- $W = 1 \text{ kWh}$ bei $-30^\circ\text{C} < T < +60^\circ\text{C}$
- zweistufiger Lüfter zum Kühlen/Anwärmen des Moduls
- Sicherheitselemente



IMA – Motor (PSM)

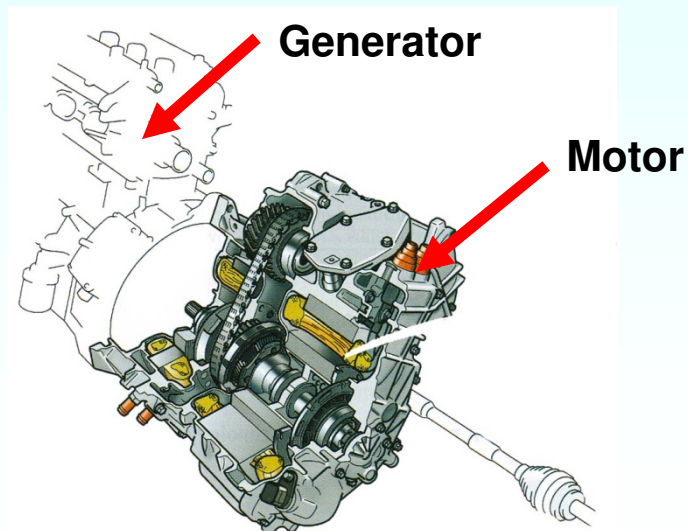
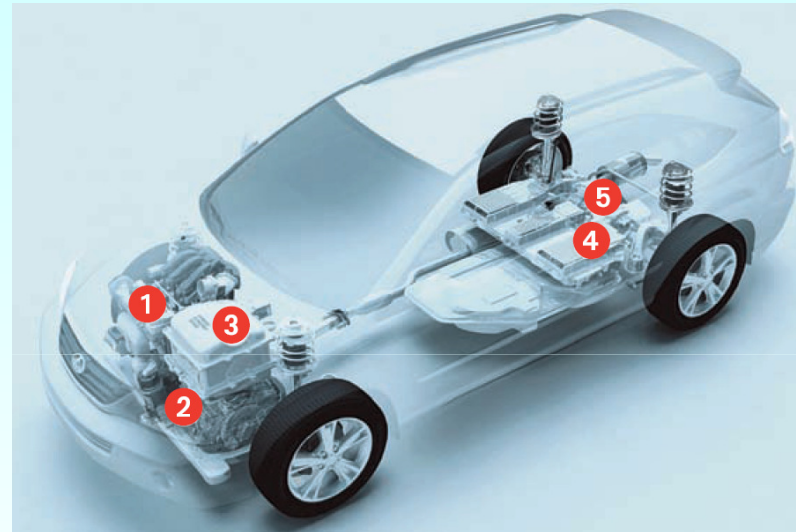
- $P = 10 \text{ kW}$
- flache Bauweise
- sowohl Motor- als auch Generatorfunktion



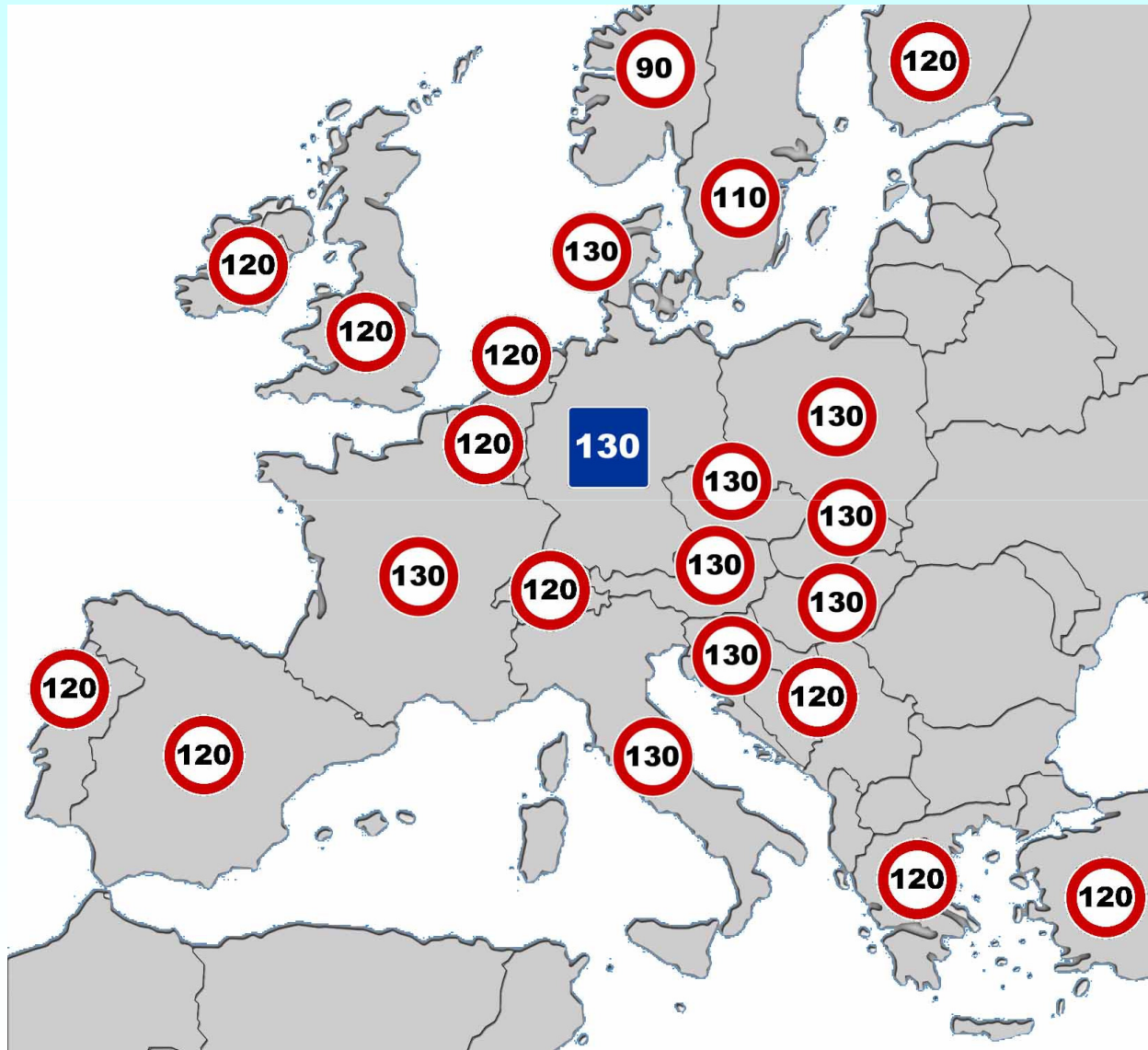
Hybridsystem

- Komponenten des Hybridantriebes im Lexus RX 400h

- (1) Verbrennungsmotor
- (2) Getriebe inkl. 2 E-Maschinen
- (3) Leistungselektronik
- (4) Batterie
- (5) E-Maschine



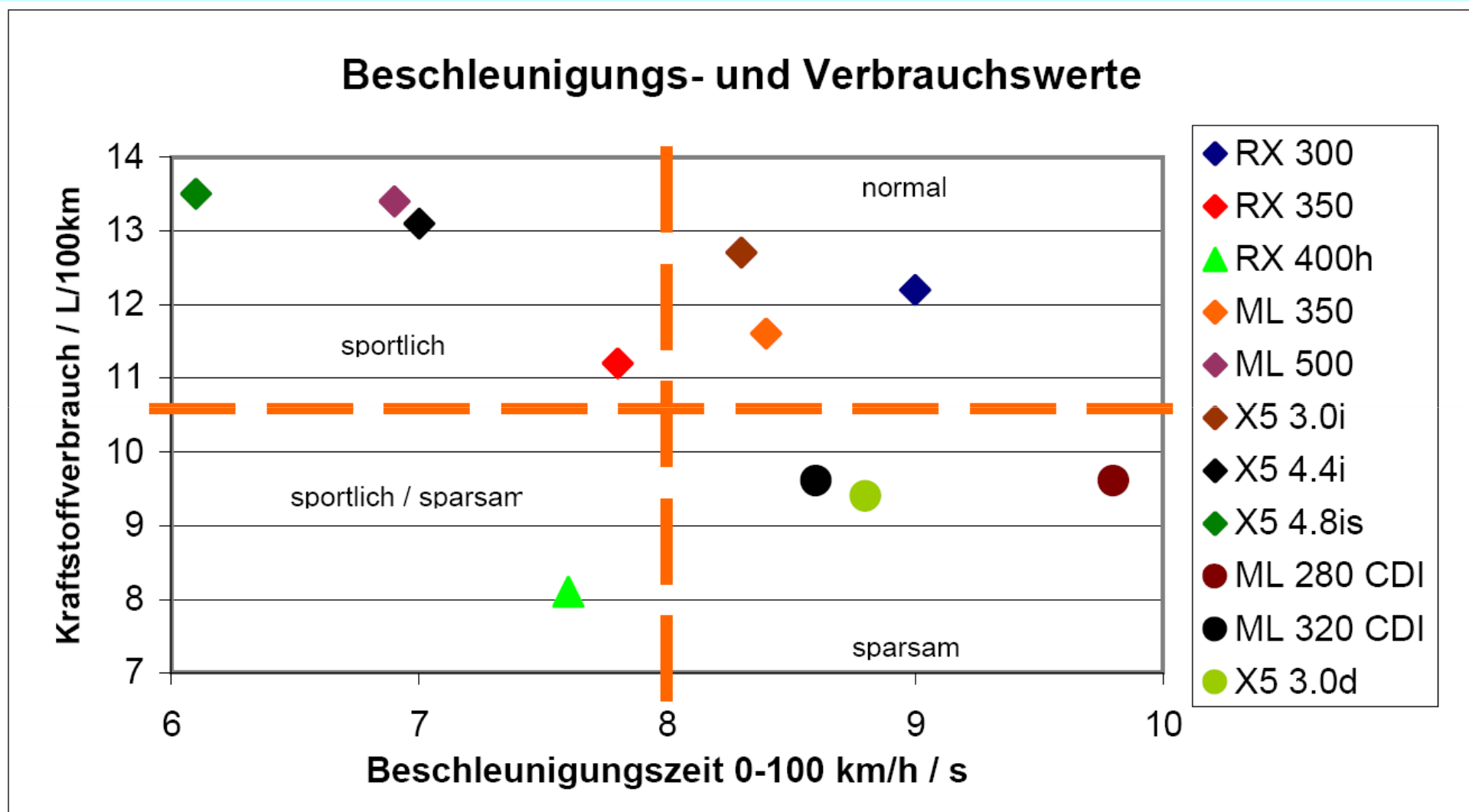
Maximal zulässige Höchstgeschwindigkeiten



Fahrzeug	Leistung [kW]	vmax [km/h]
X5 4.8is	265	246
X5 4.4i	235	240
ML 500	225	240
RX 350	203	200
ML 350	200	225
X5 3.0i	170	210
ML 320 CDI	165	215
X5 3.0d	160	210
RX 400h	155	200
RX 300	150	200
ML 280 CDI	140	205



Beschleunigung und Kraftstoffverbrauch von SUVs



Technische Daten der Hybridfahrzeuge

	Spannungen Energie- Speicher	Leistung EM Pmax	Start/ Stopp	Reku- peration	Boost- betrieb	Elektr. Anfahren	Elektr. Fahren	Einsparungs- potential CO2 + Kraftstoff	Zusatzkosten auf Gesamt- fahrzeug
	in V	in kW						in %	in €
Micro- Hybrid	14	2 - 5	X	-	-	-	-	3 - 6	1000 - 1500
Mild- Hybrid	14 - 42	< 10	X	X	X	-	-	6 - 12	2000 - 3000
Medium- Hybrid	42 - 144	5 - 25	X	X	X	X	-	10 - 15	3000 - 4000
Full- Hybrid	> 200	20 - 70	X	X	X	X	X	15 - 25	3500 - 8000
Serielle Hybrid	> 200	< 50	X	X		X	X		> 7000



Chancen für Hybridfahrzeuge

- **Hybridfahrzeuge derzeit noch mit geringem Marktanteil**
 - bis 2010 ca. 3% vom europäischen Automarkt
 - Toyota will ab 2007 mind. 500.000/Jahr Hybridfahrzeuge verkaufen
 - Toyota will ab 2012 nur noch Hybridfahrzeuge bauen
 - Toyota will ab 2015 Weltmarktanteil Hybridfahrzeuge 20 %
 - Toyota will ab 2025 Weltmarktanteil Hybridfahrzeuge 50 %
- **Weiterentwicklung elektrochemischer Speicher**
- **politische Rahmenbedingung**
 - CO₂ – Steuerabgabe,
 - steuerlicher Erleichterungen bei Hybridfahrzeuge,
 - Fahrverbote für Fahrzeuge mit hoher CO₂ – Emission
- **Übergangslösung zu Brennstoffzellenfahrzeugen**



Risiken für Hybridfahrzeuge

- Reine Batteriefahrzeuge lediglich Nischenfahrzeuge
- Hybridfahrzeuge mit geringem Marktanteil
- Mehrkosten von Hybridfahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen ca. € 4000,--
- Derzeit ist der gesellschaftliche Druck noch nicht groß genug
- Kritiker meinen: Hybridfahrzeug ist eine kurzfristige Modeerscheinung



Zusammenfassung

- Die gesamte europäische Automobilindustrie hat die Entwicklung des Hybridantriebes vollkommen verschlafen
- In Europa war und ist die Devise: Diesel statt Hybrid
- Toyota hat derzeit über 10 Jahre Entwicklungsvorsprung gegenüber allen anderen Herstellern
- PM-Maschine hat sich als Maschinentype durchgesetzt
- Einsparungspotential je nach Fahrzyklus und Hybridvariante 0 % bis 35 %
- Full-Hybrid einzig sinnvolle Variante (außer Kleinfahrzeuge)



Herzlichen Dank
Herrn Univ.-Prof. Dr. Rummich
für Ihre interessanten, praxisorientierten
Vorlesungen, die ich in meinem beruflichen
Werdegang sehr gut anwenden konnte.

DANKE für Ihre Aufmerksamkeit!

