



Vorlesung Automotive Software Engineering Teil 4 Das Automobil (2)

TU Dresden, Fakultät Informatik

Sommersemester 2012

Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Hohlfeld

bernhard.hohlfeld@daad-alumni.de

4. Das Automobil



1. Domänen
2. X-by-Wire: Technologien und Anwendungen
3. Lastkraftwagen (LKW)
4. Landmaschinen

4. Das Automobil

1. Domänen

2. X-by-Wire: Technologien und Anwendungen

3. Lastkraftwagen (LKW)

4. Landmaschinen

2. X-by-Wire: Technologien und Anwendungen



1. X-by-Wire-Technik
2. X-by-Wire-Technik: Elektrische Bremsen im Detail
3. X-by-Wire: Warum eigentlich?

2. X-by-Wire: Technologien und Anwendungen

1. X-by-Wire-Technik

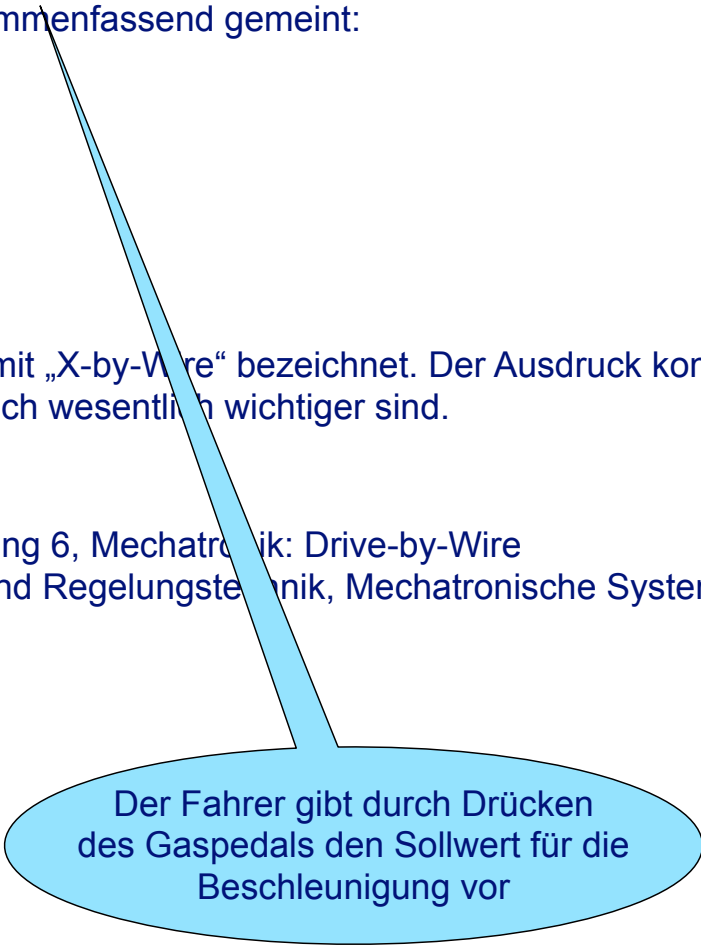
2. X-by-Wire-Technik: Elektrische Bremsen im Detail
3. X-by-Wire: Warum eigentlich?

- Das Ersetzen der mechanischen Verbindung von Fahrer zum Aktor durch ein elektrisch übertragenes Signal nennt man „Drive-by-Wire“. Damit ist zusammenfassend gemeint:
- Throttle-by-Wire: Elektrisches Gaspedal
- Shift-by-Wire: Elektrische Schaltung
- Brake-by-Wire: Elektrische Bremse
- Steer-by-Wire: Elektrische Lenkung
- Oft werden diese Systeme generalisierend auch mit „X-by-Wire“ bezeichnet. Der Ausdruck kommt aus der Fliegerei, wo die Vorteile von „Fly-by-Wire“ noch wesentlich wichtiger sind.

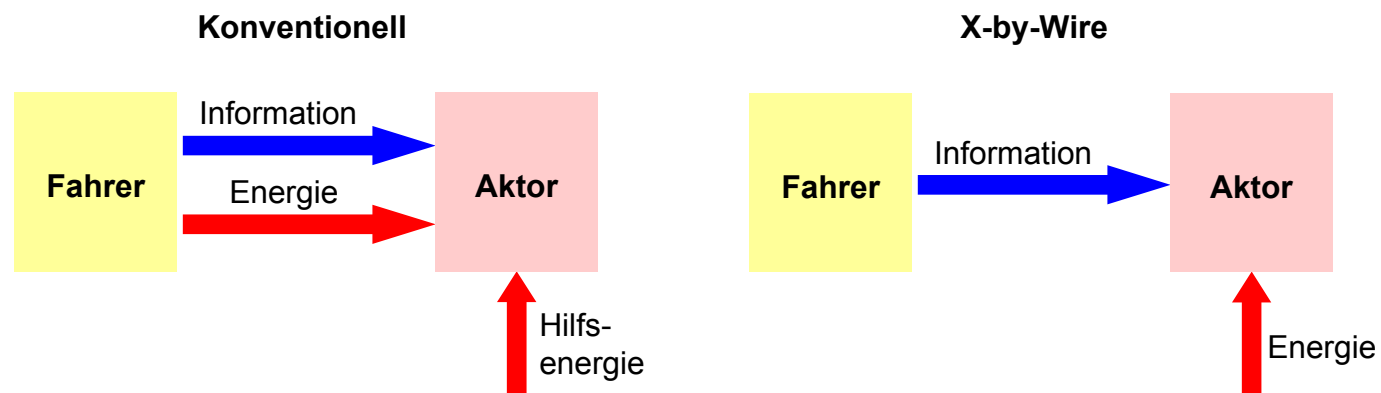
- Quelle: Einführung in den Maschinenbau, Vorlesung 6, Mechatronik: Drive-by-Wire
Prof. Dr.-Ing. Oliver Nelles, Professor für Mess- und Regelungstechnik, Mechatronische Systeme,
Fachbereich Maschinenbau, Universität Siegen

X-by-Wire / Drive-by-Wire

- Das Ersetzen der mechanischen Verbindung von Fahrer zum Aktor durch ein elektrisch übertragenes Signal nennt man „Drive-by-Wire“. Damit ist zusammenfassend gemeint:
- Throttle-by-Wire: Elektrisches Gaspedal
- Shift-by-Wire: Elektrische Schaltung
- Brake-by-Wire: Elektrische Bremse
- Steer-by-Wire: Elektrische Lenkung
- Oft werden diese Systeme generalisierend auch mit „X-by-Wire“ bezeichnet. Der Ausdruck kommt aus der Fliegerei, wo die Vorteile von „Fly-by-Wire“ noch wesentlich wichtiger sind.
- Quelle: Einführung in den Maschinenbau, Vorlesung 6, Mechatronik: Drive-by-Wire
Prof. Dr.-Ing. Oliver Nelles, Professor für Mess- und Regelungstechnik, Mechatronische Systeme,
Fachbereich Maschinenbau, Universität Siegen



Der Fahrer gibt durch Drücken
des Gaspedals den Sollwert für die
Beschleunigung vor



- Quelle: Einführung in den Maschinenbau, Vorlesung 6, Mechatronik: Drive-by-Wire
Prof. Dr.-Ing. Oliver Nelles, Professor für Mess- und Regelungstechnik, Mechatronische Systeme,
Fachbereich Maschinenbau, Universität Siegen

■ Vorteile von Drive-by-Wire

- Mehr Flexibilität und Funktionalität: Die mechanische Entkopplung erlaubt es, das elektrische Signal beliebig zu verarbeiten, bevor es auf den Aktor gegeben wird. D.h. es können gewünschte nichtlineare Transformationen und dynamische Effekte (Filterung) integriert und per Software komplexe logische Verknüpfungen programmiert werden.
- Erhöhte Crash-Sicherheit: Wegfall der Lenksäule
- Verbesserte Ergonomie.
- Gewichts- und Platzeinsparung: Die schwere mechanische Verbindung (Seilzug, Gestänge, Hydraulikleitungen, etc.) wird durch eine elektrische Leitung oder Bus ersetzt.
- Energieeinsparung: Wandlung der Energie lokal am Aktor kann effizienter sein.
- Einsparung von (teilweise giftigen) Betriebsstoffen: Hydraulikflüssigkeit

■ Stand der Technik (~2007)

- Throttle-by-Wire: weitgehend Serie
- Shift-by-Wire: in der Oberklasse Serie
- Brake-by-Wire: elektrohydraulisches System in wenigen Fahrzeugmodellen verfügbar
- Steer-by-Wire: noch nicht verfügbar

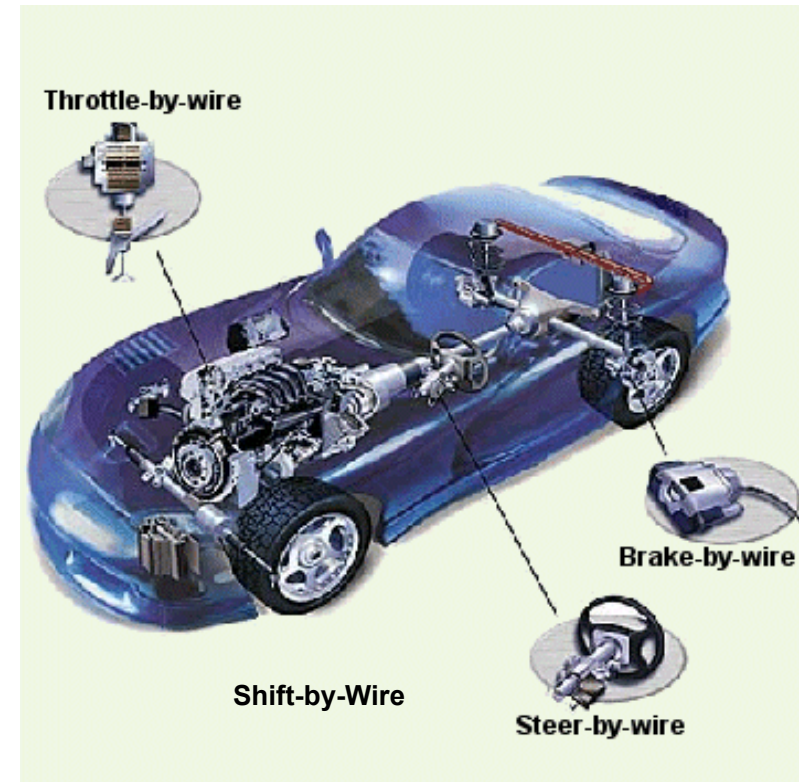
- Quelle: Einführung in den Maschinenbau, Vorlesung 6, Mechatronik: Drive-by-Wire
Prof. Dr.-Ing. Oliver Nelles, Professor für Mess- und Regelungstechnik, Mechatronische Systeme,
Fachbereich Maschinenbau, Universität Siegen

Vorteile

- Alle Vorteile elektrischer Antriebe
- Erhöhung des Gleichteileanteils
Beispiel in Abschnitt 3 /Lenkung BMW
- Verbesserung passive Sicherheit
- Volumen- und Gewichtsreduktion
- Erschließung neuer Komfortmöglichkeiten
- Keine direkte mechanische Verbindung
Fahrer \leftrightarrow Fahrzeug

Nachteile

- Notwendigkeit für redundante Datenübertragung
- Notwendigkeit für redundante Energieversorgung
- Rückmeldung an Fahrer, z.B. Lenkwiderstand
- Kundenakzeptanz ?



Mechatronik-Anwendungen im Automobil

X-by-Wire-Technik



■ Throttle-by-Wire: Elektrisches Gaspedal

- Sensor am Gaspedal erfasst Signal des Fahrers. Aktor steuert Drosselklappe
- Gaszug entfällt

■ Shift-by-Wire: Elektrische Schaltung

- Gangwechsel wird durch Aktor im Getriebe ausgelöst
- Schaltgestänge entfällt

■ Brake-by-Wire: Elektrische Bremse

- Elektromechanische Bremse wird durch Signal angesteuert
- Bremsleitungen und Bremsflüssigkeit entfallen

■ Steer-by-Wire: Elektrische Lenkung

- Lenkwinkelsensor erfasst das Steuersignal des Fahrers, Räder werden durch Aktor gelenkt
- Lenkmechanismus entfällt
- Lenkrad kann durch Joystick ersetzt werden



Throttle-by-Wire: Elektrisches Gaspedal



- „Das elektrische Gaspedal“ durch Motorelektronik-Systeme:
 - Konventionell: Gaspedal steuert mechanisch Drosselklappe (Throttle) im Vergaser
 - Throttle-by-Wire: Sensor am Gaspedal steuert Motorelektronik und dadurch Einspritzpumpe, Schubabschaltung etc.
 - Verbrauchsoptimierung
 - Modernes Antriebsmanagement erst dadurch möglich
 - Hybride Antriebskonzepte realisierbar
 - Gaspedalkennlinien nach Wunsch des Fahrers
- Sicherheitstechnische Bewertung:
 - Redundante Auslegung sämtlicher Komponenten
 - Sensoren
 - Prozessoren im SG
 - Übertragungswege
 - Multiprozessorauslegung mit umfangreichen Plausibilisierungsprozessen



■ Shift-by-Wire: Elektrische Schaltung

- Beliebige Getriebeform
- Die mechanischen Schaltfunktionen im Getriebe Kuppeln und Schalten werden durch elektromechanische Aktuatoren durchgeführt.
- Steuerung nach Wahl durch direkte Gangwahl oder quasi-automatisch durch Bedienelemente nach freier Vorstellung (Tipphebel, Lenkradtasten, Schaltwippe)
- Erhöhung der Schaltgeschwindigkeit
- Ausschluß von Fehlbedienung
- Einfach zu realisieren, in Serie

■ Sicherheitstechnische Bewertung:

- Mögliche Zugkraftunterbrechung bei Fehlfunktion
- Sämtliche Bedienelemente sind ausfallsicher und mit umfangreichen Diagnosemöglichkeiten ausgeführt
- Durch Ausfall eines Bedienelements
 - können keine kritischen Situationen verursacht werden
 - ODER es sind zwei unabhängige Bedienelemente vorhanden
- Übertragung ans Getriebe-Steuergerät über redundante Übertragungswege mit umfangreich gesicherten Protokollen



Brake-by-Wire: Elektrische Bremse



■ Vorteile

- Neue Komfort- und Sicherheitsfunktionen einfach realisierbar
 - Stau
 - Berg
- Entkopplung von Schwingungen und Vibrationen
- Entfall der heutigen hydraulischen System
- Benutzerabhängige Bremscharakteristik
- Keine giftige Bremsflüssigkeit

■ Nachteile

- Verlust der Bremse (bis auf „Handbremse“) bei Fehlfunktion
- Erhöhung der ungefederten Massen



Steer-by-Wire: Elektrische Lenkung

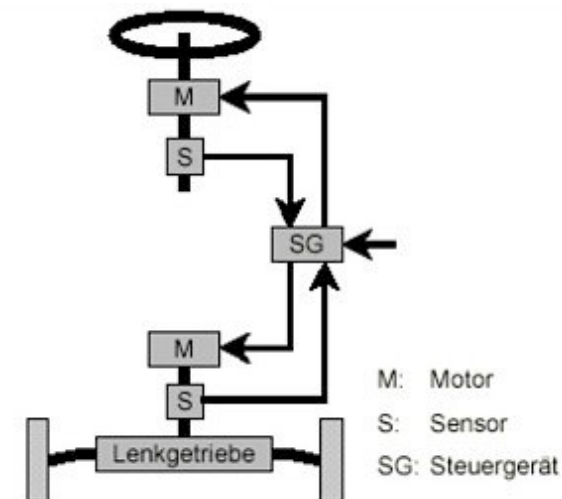


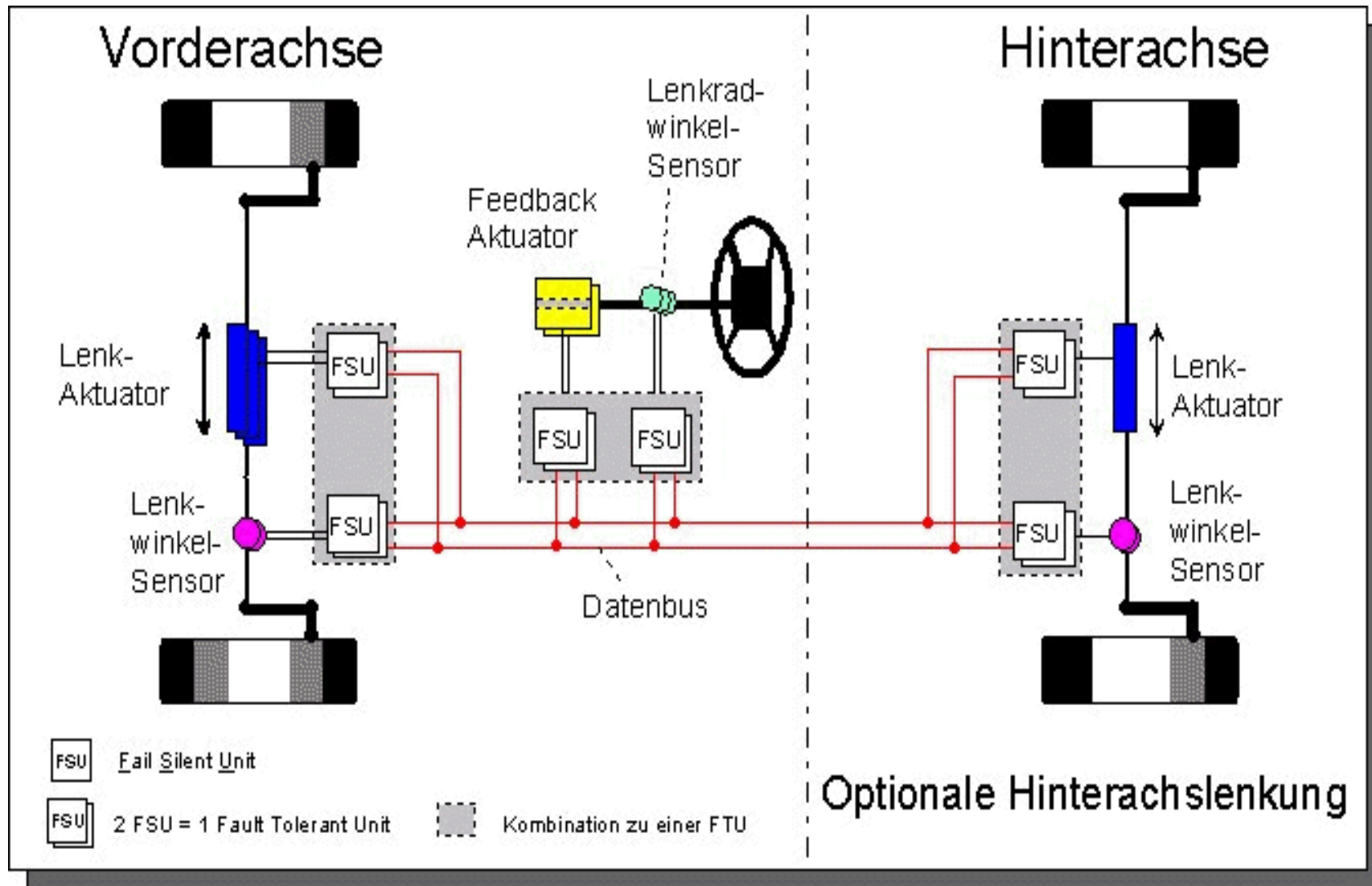
■ Vorteile

- Abstraktes Interface zur Fahrtrichtungsbestimmung
- Neue Komfort- und Sicherheitsfunktionen einfach realisierbar
- Entkopplung von Schwingungen und Vibrationen über Lenkrad
- Entfall der heutigen hydraulischen Systeme
- Benutzerabhängige Lenkradcharakteristik realisierbar
- Vereinfachung Links-/Rechtslenker

■ Nachteile

- Kompletter Kontrollverlust bei Fehlfunktion
- Aufwändiges Force Feedback notwendig
- Aufwand für redundante Auslegung





2. X-by-Wire: Technologien und Anwendungen

1. X-by-Wire-Technik

2. X-by-Wire-Technik: Elektrische Bremsen im Detail

3. X-by-Wire: Warum eigentlich?

Die Elektrohydraulische Bremse EHB



Im Vergleich zu den derzeit üblichen Bremsanlagen wird bei der Elektrohydraulischen Bremse EHB durch Betätigung des Bremspedals der entsprechende Befehl elektronisch an den Rechner der Hydraulikeinheit übertragen. Diese ermittelt den optimalen Bremsdruck und betätigt hydraulisch die Bremssättel.

Komponenten der EHB

- Elektronischer Regler
- Elektronische Betätigungseinheit mit Pedalgefühlssimulator und Sensoren zur Fahrerwunscherfassung

Vorteile der EHB

- Kürzere Brems-/Anhaltewege
- Optimales Brems- und Stabilitätsverhalten
- Optimales Pedalgefühl
- Keine Pedalvibrationen im ABS-Modus
- Besseres Crashverhalten
- Verbessertes Packaging, geringerer Montageaufwand
- Realisiert alle Brems- und Stabilitätsfunktionen wie ABS, EBV, ASR, ESP, BA, ACC etc.
- Leicht vernetzbar mit zukünftigen Verkehrsleitsystemen

Die Elektromechanische Bremse EMB

Mit der EMB steigen wir in die reine Brake-by-Wire-Technik ein, die völlig auf Bremsflüssigkeit und Hydraulikschläuche verzichten kann. Hochleistungs-Elektromotoren erzeugen die Bremskräfte direkt an den Rädern, gesteuert von einer elektronischen Regeleinheit und betätigt über ein elektronisches Bremspedal mit Pedalgefühlssimulator und Sensoren zur Fahrerwunscherkennung. Die EMB realisiert alle Brems- und Stabilitätsfunktionen wie ABS, EBV, ASR, ESP, BA, ACC etc. und arbeitet auch im ABS-Modus fast geräuschlos.

Vorteile der EMB

- Kürzerer Anhalteweg und optimales Stabilitätsverhalten
- Mehr Komfort und Sicherheit durch verstellbare Pedale
- Keine Pedalvibrationen im ABS-Modus
- Umweltfreundlich keine Bremsflüssigkeit
- Besseres Crashverhalten
- Platzsparend, weniger Teile
- Einfachere Montage
- Leicht vernetzbar mit zukünftigen Verkehrsleitsystemen
- Zusatzfunktionen wie eine elektrische Parkbremse sind einfach zu integrieren

Hybrid-Bremssystem

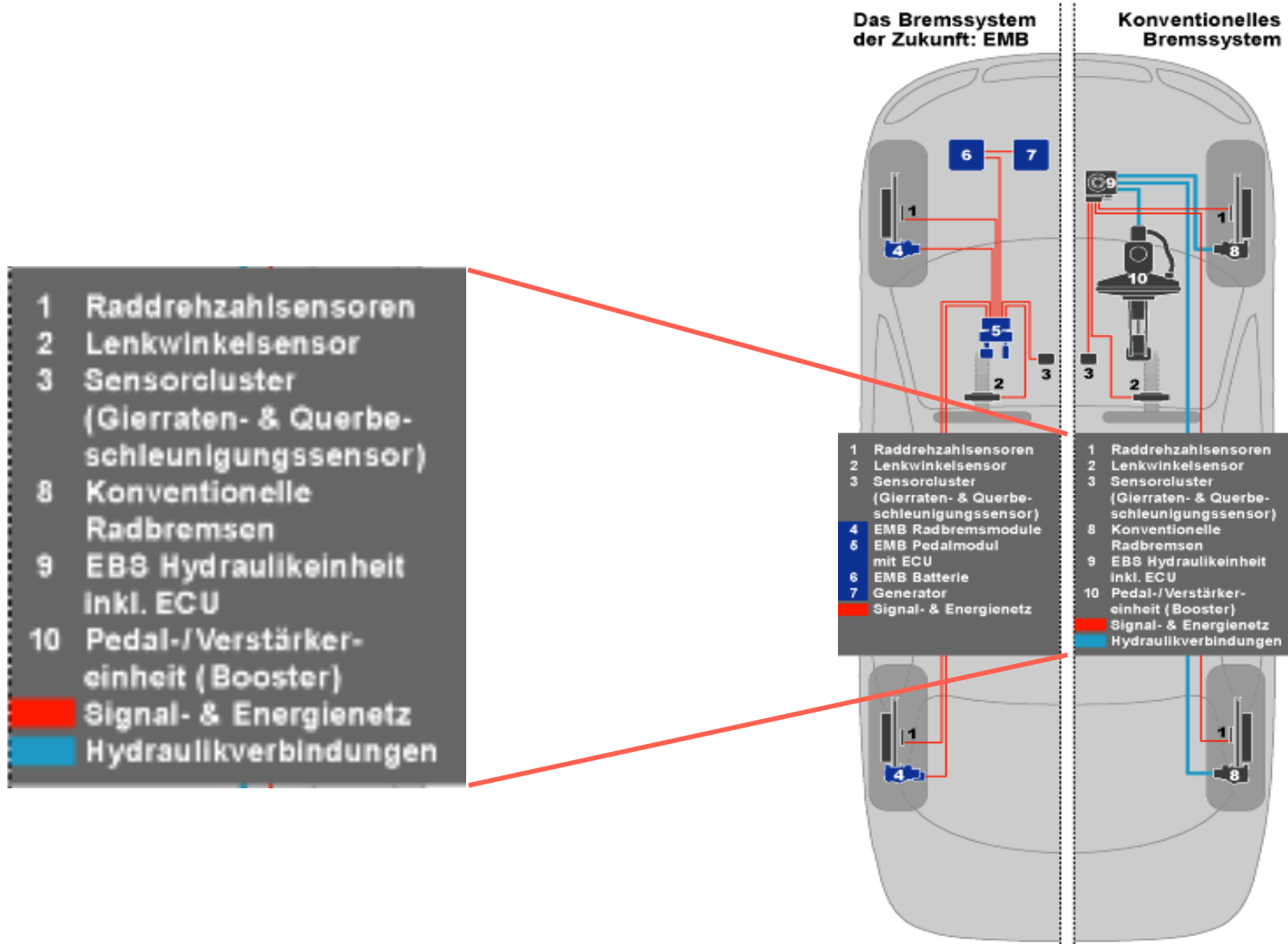
Das Hybrid-Bremssystem ist der Lösungsansatz für Fahrzeuge, deren Bordnetz noch nicht für eine rein trockene Elektromechanische Bremse (EMB) an allen 4 Rädern ausdimensioniert ist.

Da an den Hinterrädern bereits EMB-Radbremssysteme mit integrierter elektrischer Parkbremse eingebaut sind, können die langen Hydraulikleitungen und Handbremsseile zur Hinterachse entfallen. Die Vorderachse wird in gewohnter Weise hydraulisch betätigt, so dass hierdurch eine Zweikreisigkeit des Systems gegeben ist.

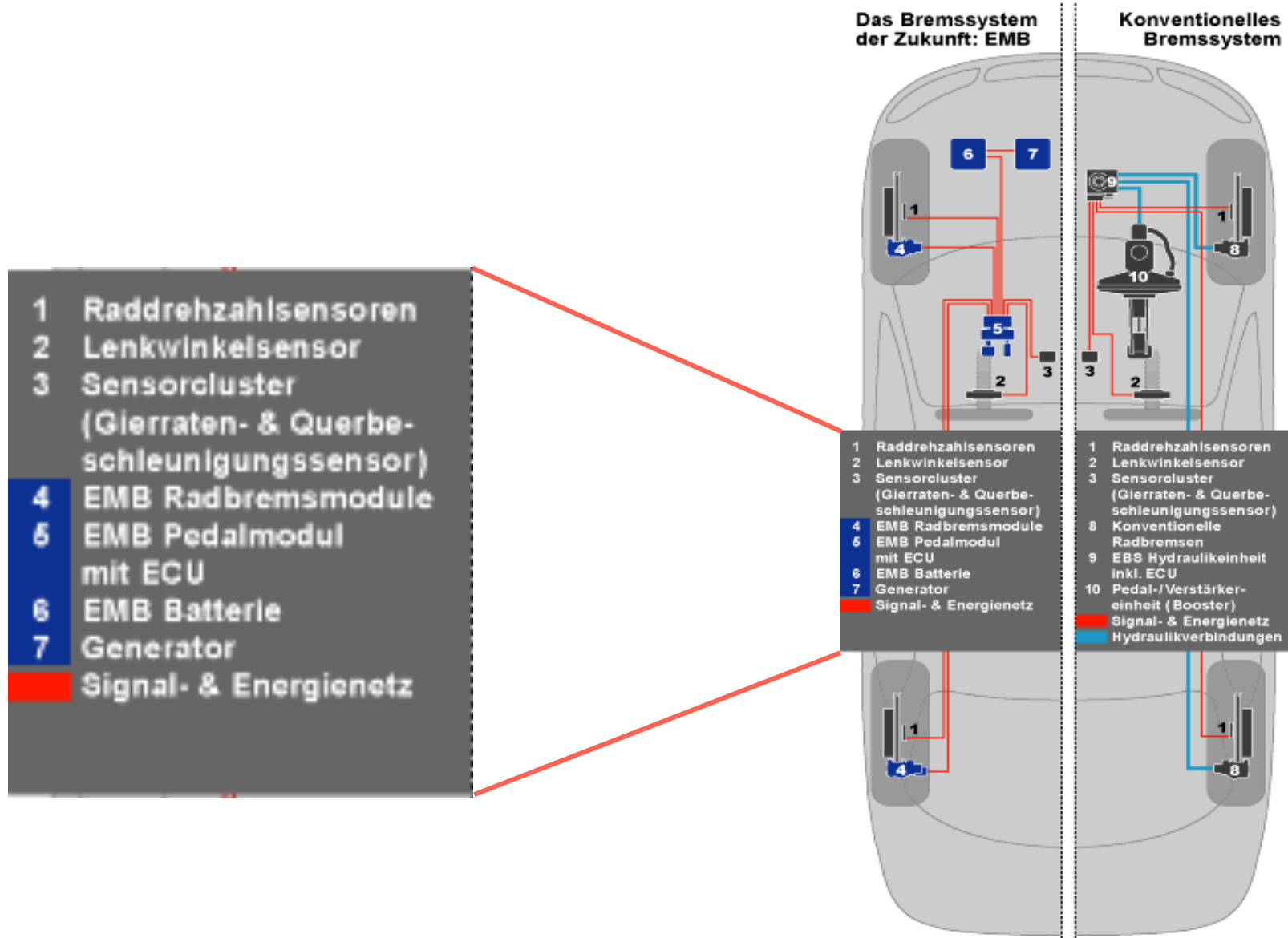
Komponenten des Hybrid-Bremssystems

- Zwei hydraulische Radbremsmodule an der Vorderachse
- Zwei elektromechanische Radbremsmodule an der Hinterachse
- Integrierte elektrische Parkbremse an der Hinterachse
- EBS Hydraulikeinheit inkl. ECU
- Pedal-/Verstärkereinheit mit kleinem Booster

X-by-Wire-Technik: Elektrisches Bremsen Konventionelles Bremssystem (rechts)



X-by-Wire-Technik: Elektrisches Bremsen Elektromechanische Bremse (EMB) (links)



2. X-by-Wire: Technologien und Anwendungen

1. X-by-Wire-Technik
2. X-by-Wire-Technik: Elektrische Bremsen im Detail
- 3. X-by-Wire: Warum eigentlich?**

X-by-Wire: Warum eigentlich?

- Quellen:
Vorträge auf chassis.tech plus
1. Internationales Münchner Fahrwerk-Symposium 8. und 9. Juni 2010 | München
- [Gaedke]
Electric power steering in all vehicle classes – state of the art
Alexander Gaedke, Markus Heger, Alexander Vähning
ZF Lenksysteme GmbH, Schwäbisch Gmünd
- [Meitinger]
Die elektrischen Lenksysteme im neuen BMW 5er
Dr. Th. Meitinger, Dr. Ch. Debusmann, P. Herold
BMW Group, München
- Siehe auch Teil 8 Beispiele aus der Praxis:
Entwicklung einer Antriebssteuerung für ein Hybridfahrzeug in einer Rapid Prototyping-Umgebung

Electric power steering and Hydraulic power steering



- Electric power steering (EPS)
- Hydraulic power steering (HPS)
- Mechanical steering (MS)
- Quelle: [Gaedke]

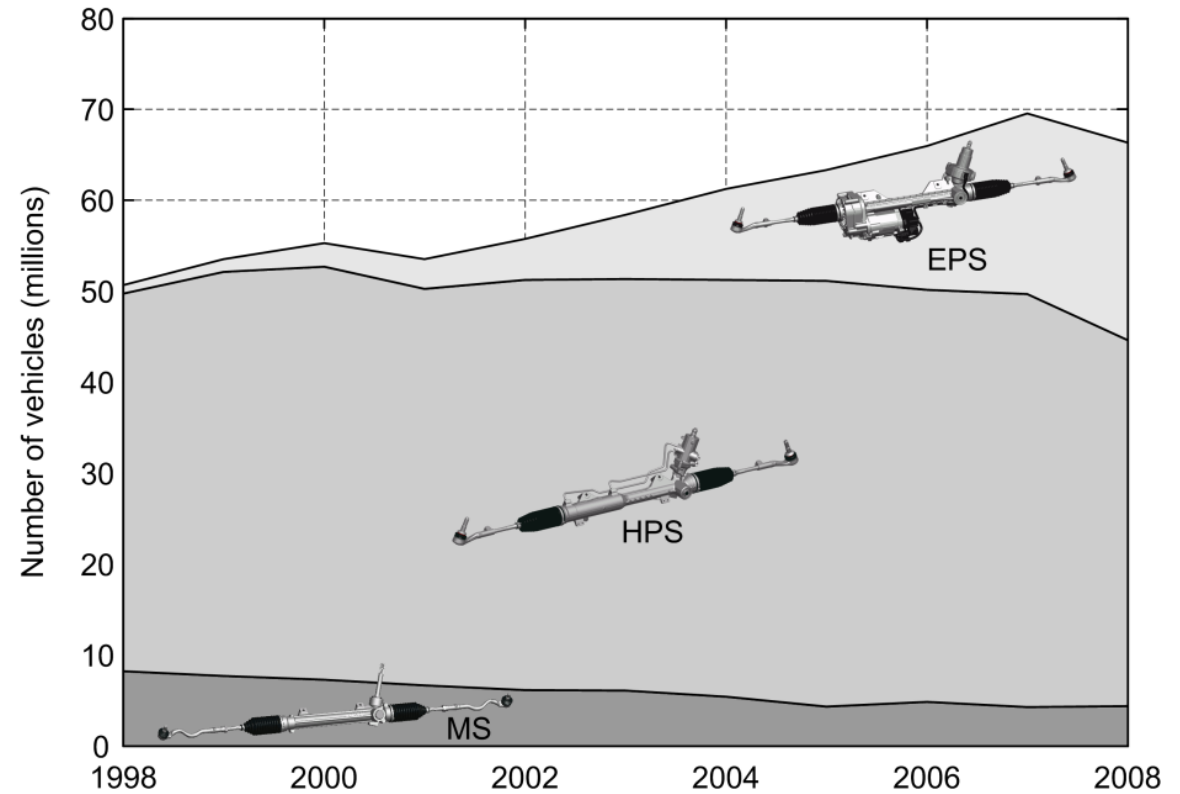


Figure 1: Worldwide market share of electric steering, hydraulic rack-and-pinion steering and mechanical rack-and-pinion steering

Quelle: [Gaedke]

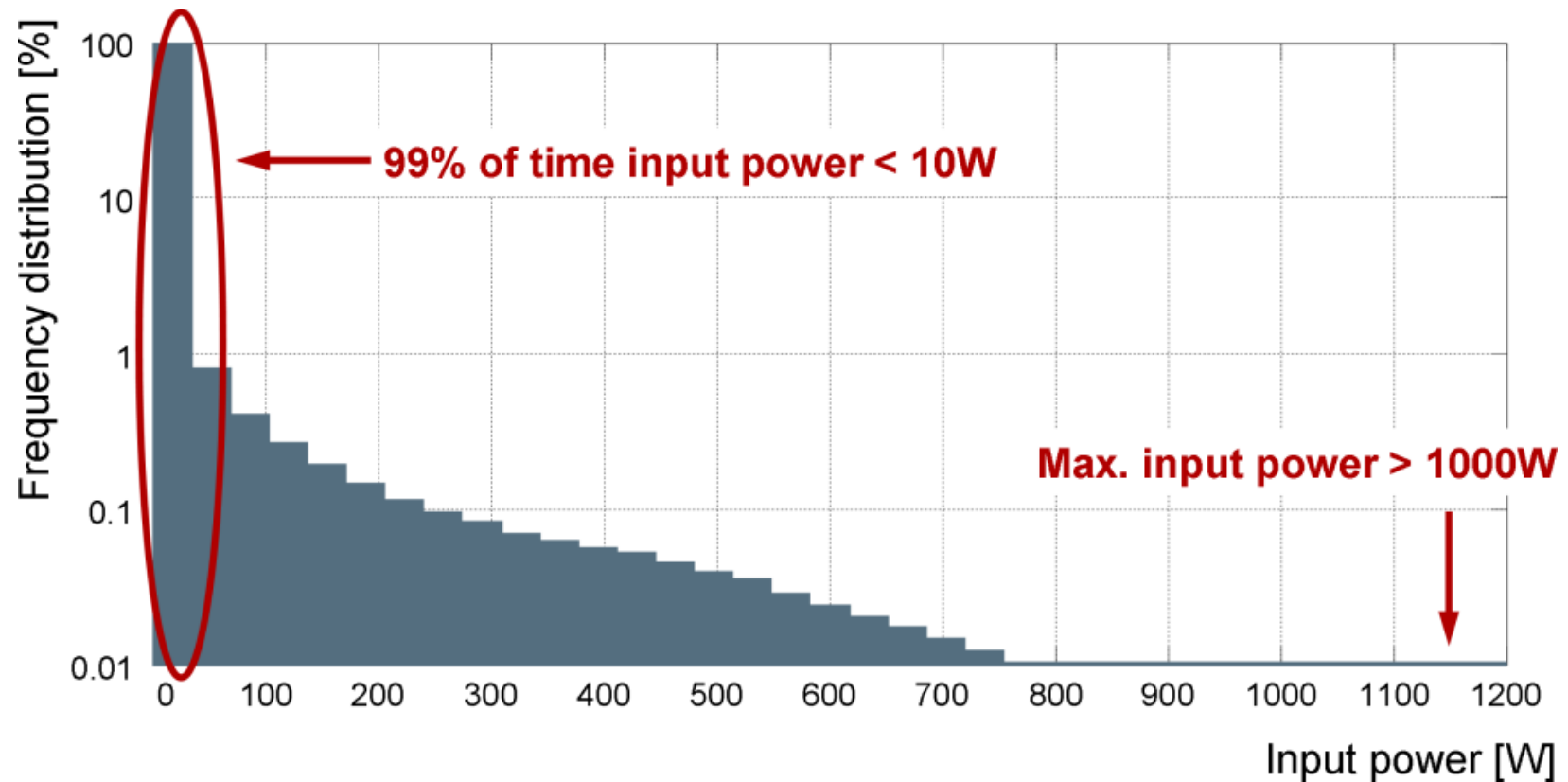


Figure 2: Frequency distribution of EPS input power for normal end customer driving of a medium-sized vehicle

Quelle: [Gaedke]

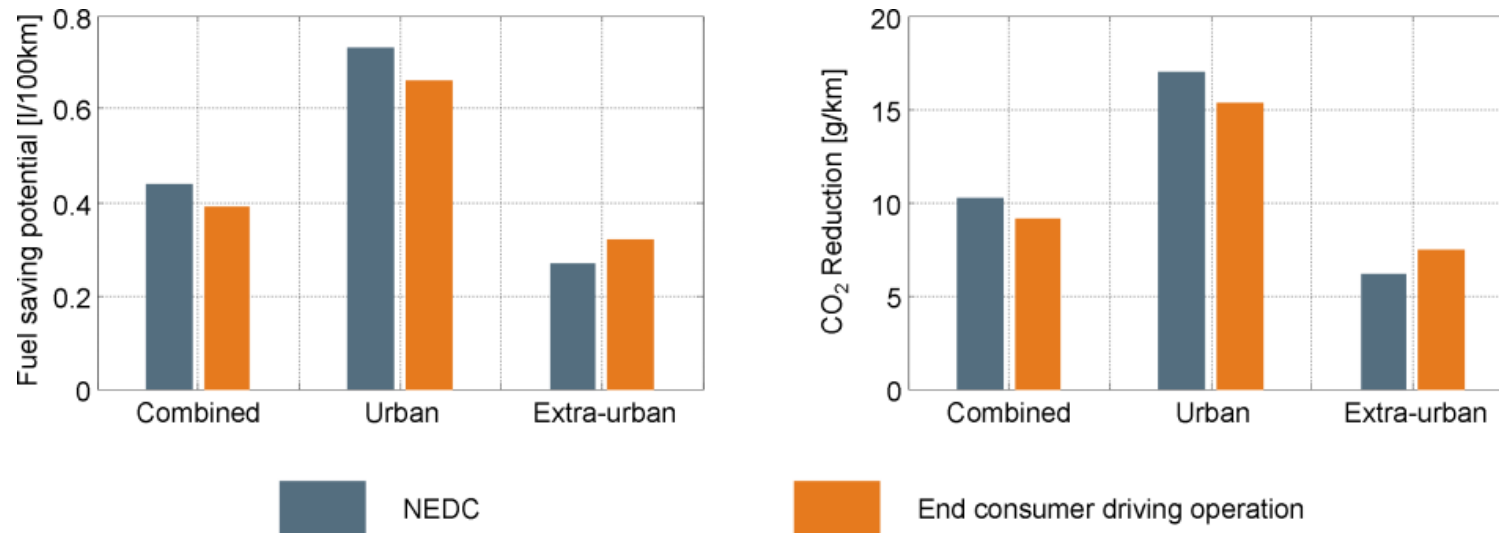


Figure 3: Saving in fuel consumption with EPS compared with conventional hydraulic rack-and-pinion power steering. The results of the NEDC (New European Driving Cycle) and normal driving by the end customer are comparable. Measurements are based on a medium-sized vehicle with a 2.0 l petrol engine.

Energieverbrauch von elektrischen Lenkungen



- Electric power steering (EPS)
- EPS_c
Basismodell für kleinere Fahrzeuge
- EPS_{dp}
Mittelklasse
- EPS_{sapa}
Oberklasse
- Quelle: [Gaedke]

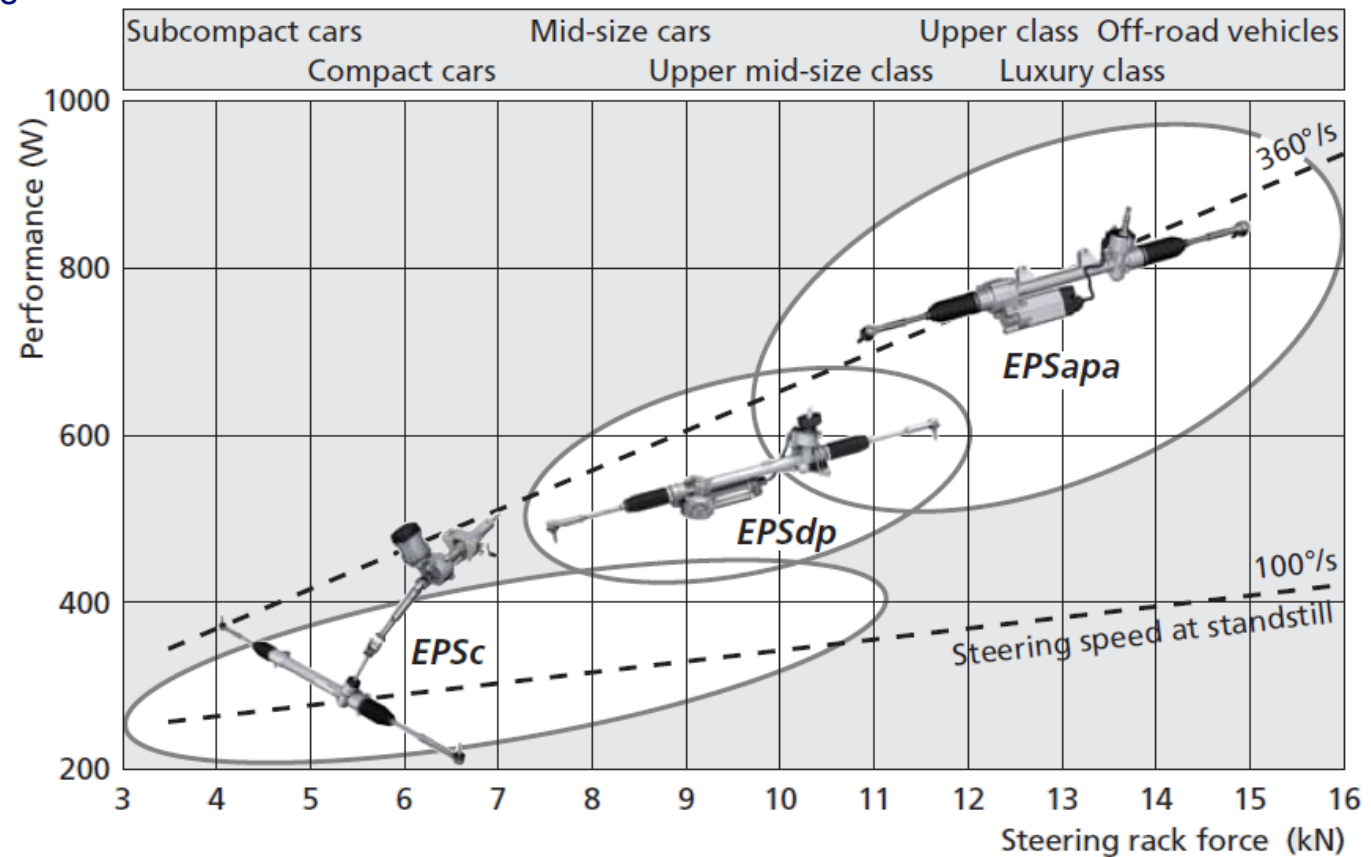


Figure 11: Applications of steering systems in different vehicle and power classes

Variantenbaum Lenkgetriebe im neuen BMW 5er



■ Quelle: [Meitinger]

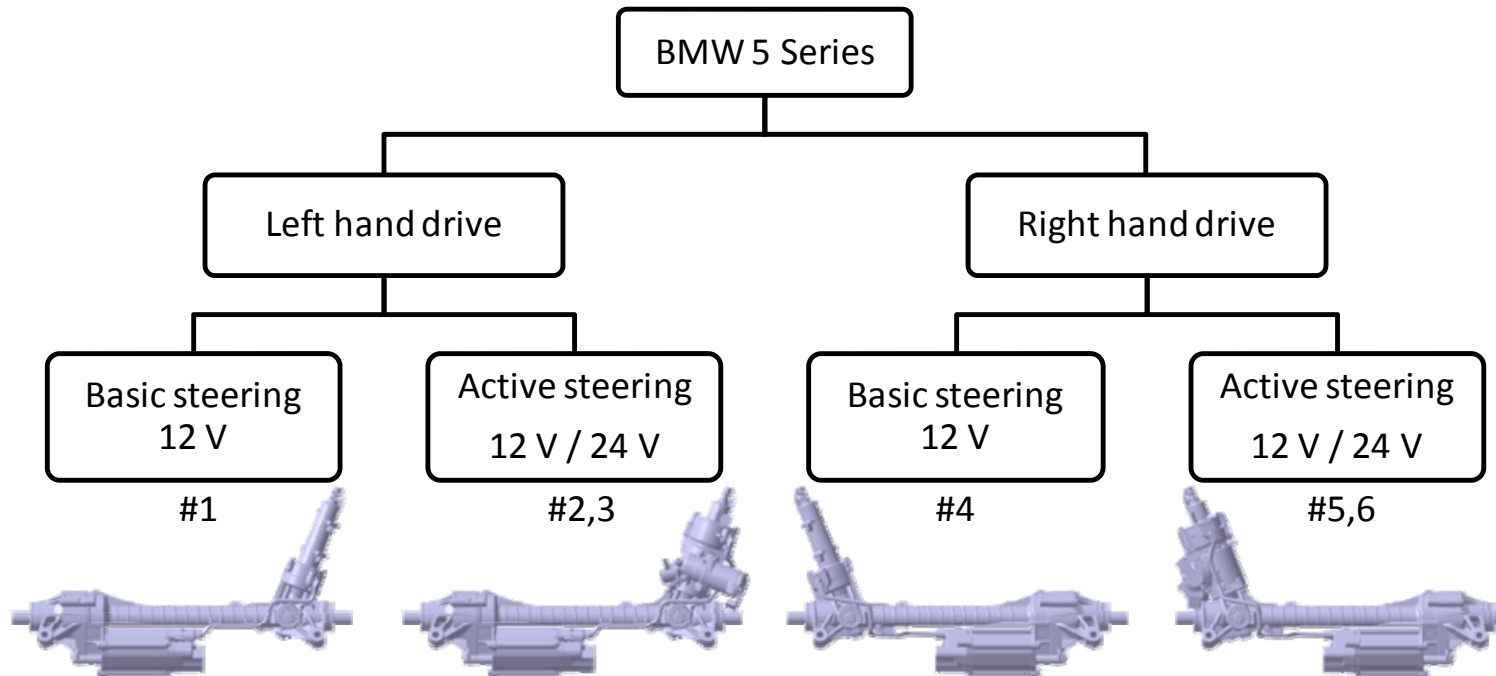


Abbildung 3: Variantenbaum Lenkgetriebe

Lenkgetriebebaukasten im neuen BMW 5er



- Weitgehend Gleichteile in der Elektronik
- Quelle: [Meitinger]

steering system			mechanics							electronics					
			basic housing	ball screw housing	sensor housing	angular actor	rack/pinion	tie rods	belt drive	ball screw	torque sensor	ecu logic	ecu power	motor	motor pulley
left hand drive	basic steering	#1	A	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	active steering 12V	#2	B	A	B	A	B	A	B	B	A	A	A	A	A
	active steering 24V	#3	B	A	B	A	B	A	B	B	A	A	B	B	B
right hand drive	basic steering	#4	C	B	A	-	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	active steering 12V	#5	D	B	B	A	D	A	B	B	A	A	A	A	A
	active steering 24V	#6	D	B	B	A	D	A	B	B	A	A	B	B	B
Σ			4	2	2	1	4	1	2	2	1	1	2	2	2

Abbildung 8: Lenkgetriebebaukasten im 5er

Ball Screw: Kugelgewindetrieb



- Ein Kugelgewindetrieb (KGT) ist die Gesamtheit eines Wälzschraubtriebes mit Kugeln als Wälzkörper. Er dient zur Umsetzung einer Drehbewegung in eine Längsbewegung oder umgekehrt (Definition nach DIN 69051-1).



Ähnliches Prinzip: Eines der wichtigsten Werkzeuge



Ähnliches Prinzip: Eines der wichtigsten Werkzeuge



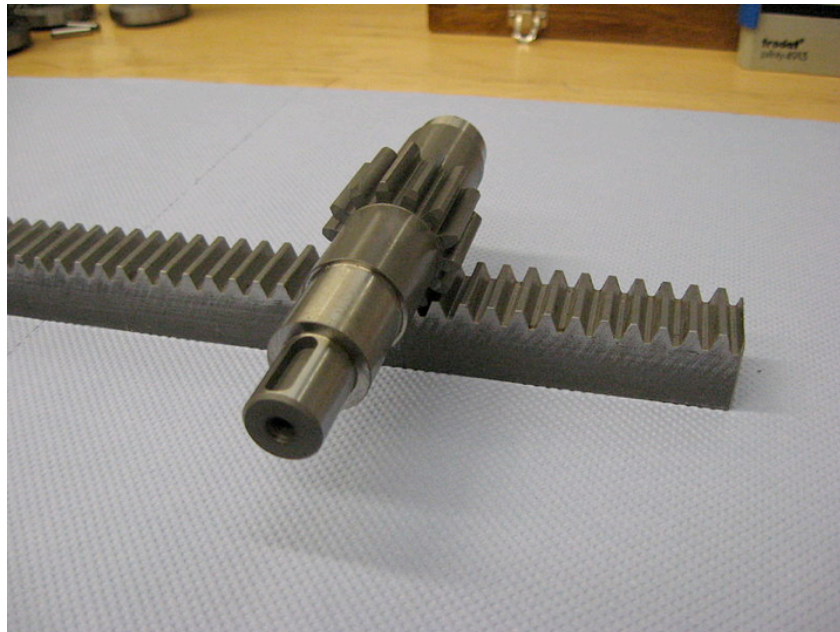
Ähnliches Prinzip: Eines der wichtigsten Werkzeuge



Rack Pinion: Zahnstange

- Die Zahnstange war ursprünglich eine vertikal montierte, technische Vorrichtung mit Zähnen, meist aus Metall, um Gegenstände in verschiedenen Höhen hängen zu können. So wurde z. B. in der Küche die Temperatur in Töpfen über offenen Feuerstellen durch Höhenänderungen an der Zahnstange reguliert.

Im Rahmen der fortschreitenden Industrialisierung wurden Zahnstangen auch als Maschinenelemente eingesetzt. Sie dienen in der Regel zur Umsetzung einer Drehbewegung in eine geradlinige Bewegung oder umgekehrt.



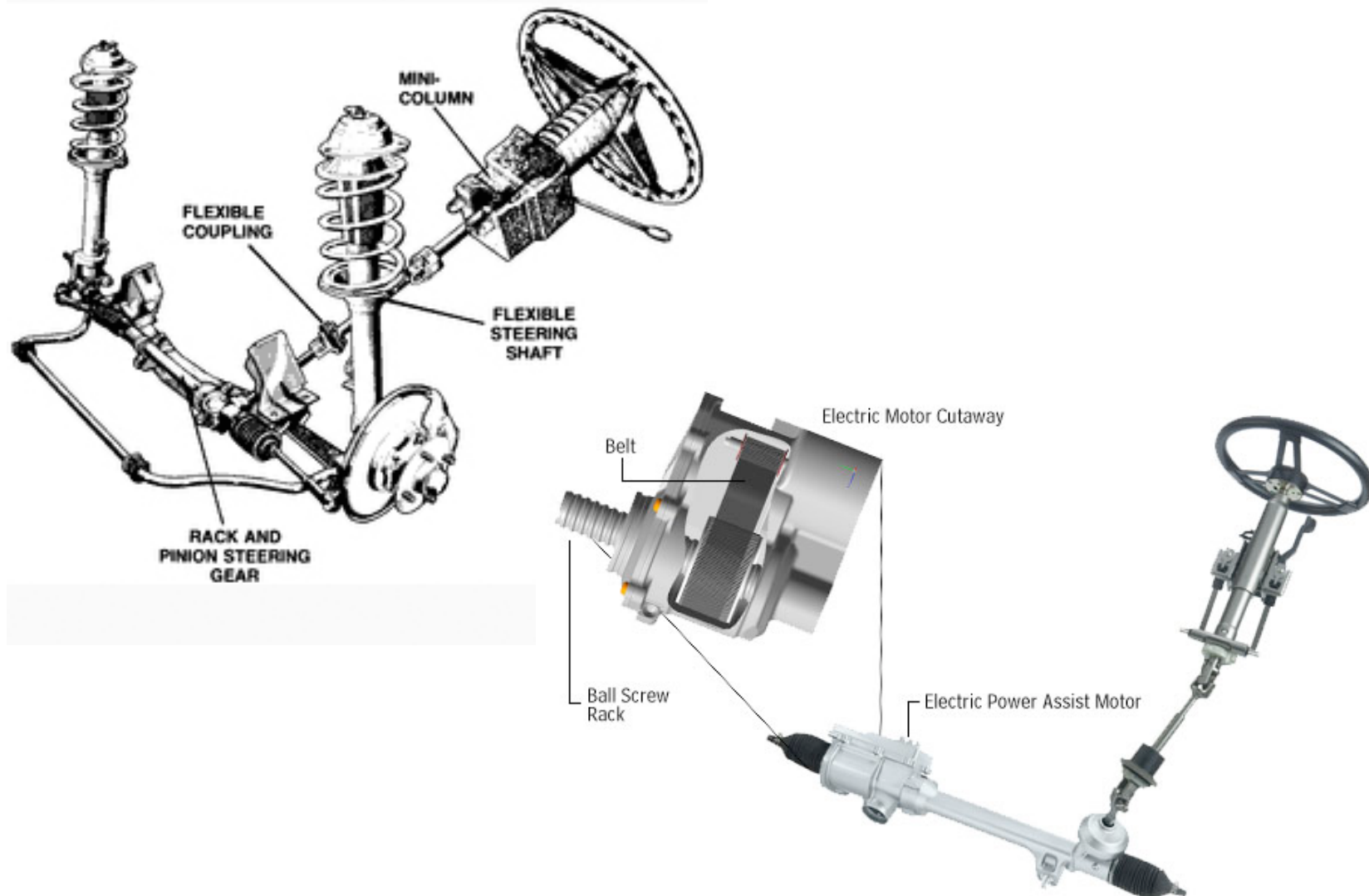
Zahnradbahn



Zahnradbahn

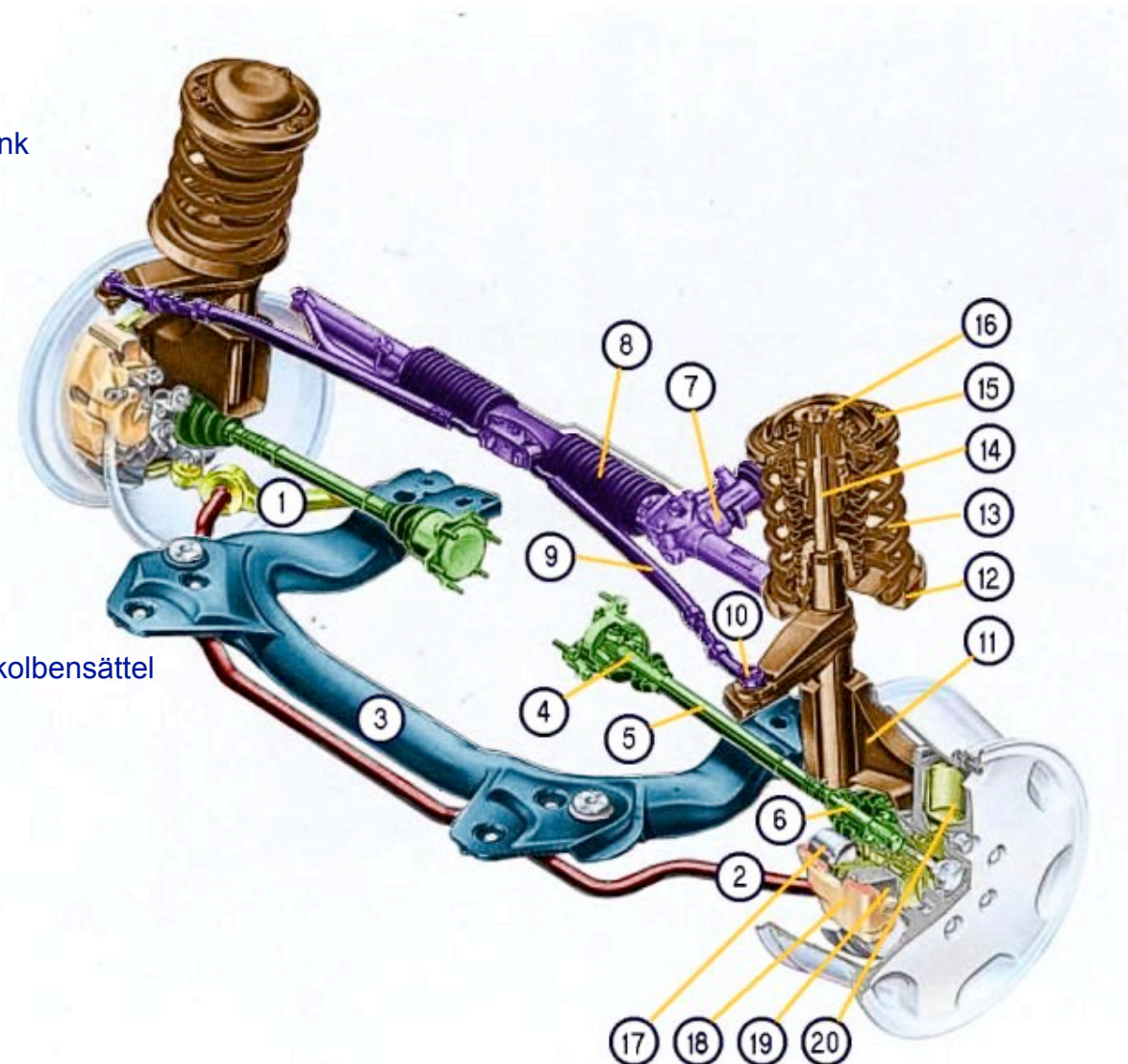


Ball Screw/Kugelgewindetrieb und Rack Pinion/Zahnstange in der Lenkung

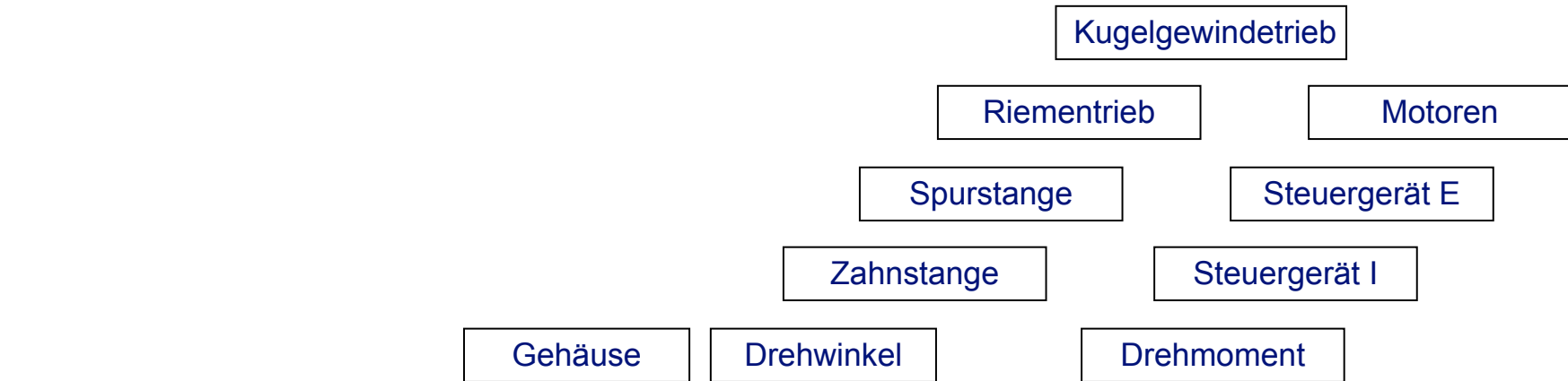


Tie Rod: Spurstange

1. Querlenker
2. Stabilisator
3. Hilfsrahmen
4. Inneres Wellengelenk / Gleichlaufgelenk
5. Antriebswelle
6. Äußeres Gleichlaufgelenk
7. Lenkgetriebe
8. Manschette vom Lenkgetriebe
9. Spurstange
10. Spurstangenkopf
11. Federbein (mit den folgenden Komponenten 12 bis 16)
12. Unterer Federteller
13. Schraubenfeder
14. Stoßdämpfer
15. Oberer Federteller
16. Domlager
17. Kolben im Bremssattel (ein oder Zweikolbensattel je nach Modell und Motorisierung)
18. Bremssattel
19. Bremsbelag
20. Bremsscheibe



Lenkgetriebebaukasten im neuen BMW 5er



steering system			mechanics								electronics				
			basic housing	ball screw housing	sensor housing	angular actor	rack/pinion	tie rods	belt drive	ball screw	torque sensor	ecu logic	ecu power	motor	motor pulley
left hand drive	basic steering	#1	A	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	active steering 12V	#2	B	A	B	A	B	A	B	B	A	A	A	A	A
	active steering 24V	#3	B	A	B	A	B	A	B	B	A	A	B	B	B
right hand drive	basic steering	#4	C	B	A	-	C	A	A	A	A	A	A	A	A
	active steering 12V	#5	D	B	B	A	D	A	B	B	A	A	A	A	A
	active steering 24V	#6	D	B	B	A	D	A	B	B	A	A	B	B	B
Σ			4	2	2	1	4	1	2	2	1	1	2	2	2

Abbildung 8: Lenkgetriebebaukasten im 5er

Quelle: [Meitinger]

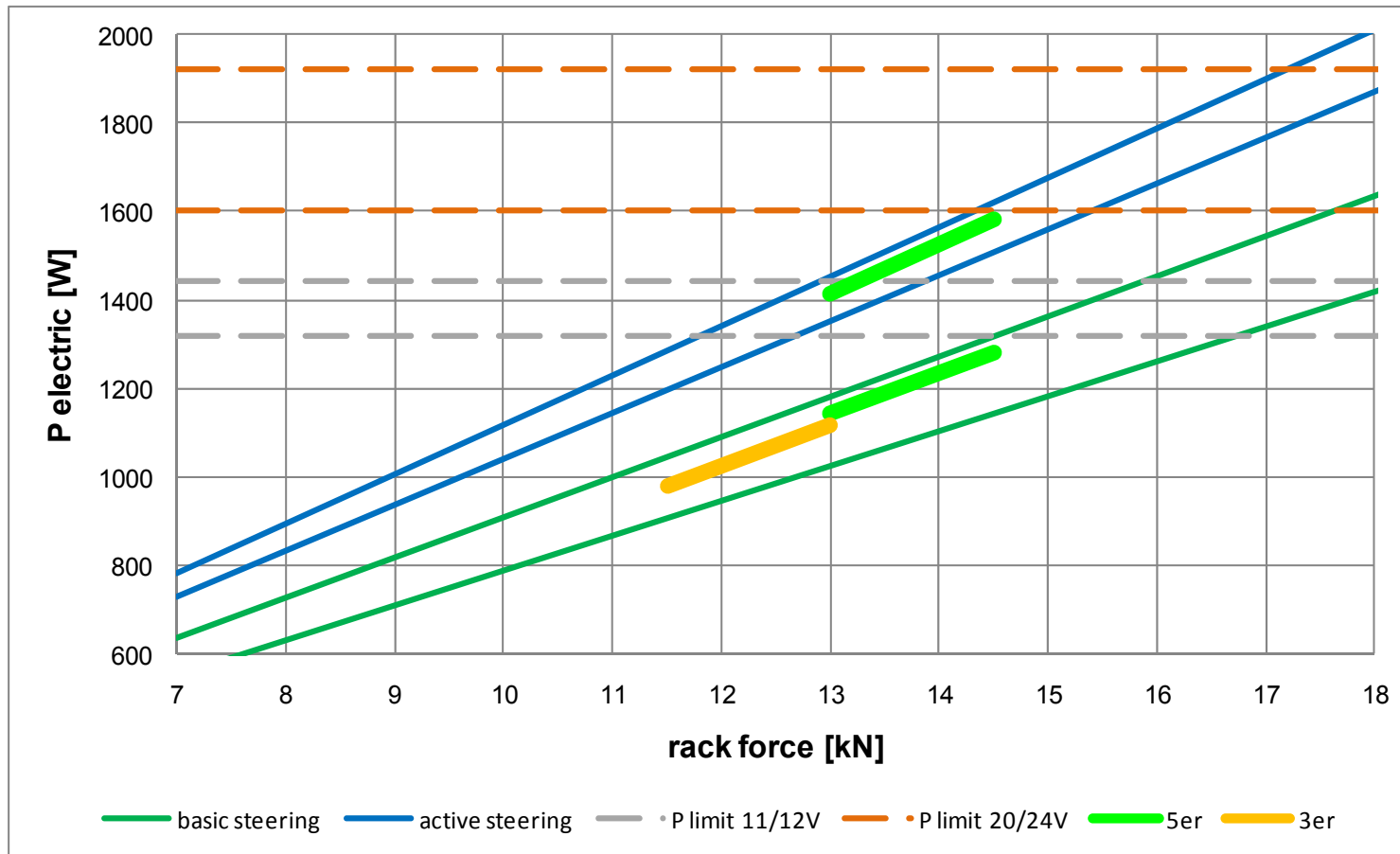


Abbildung 10: elektrische Leistungsanforderungen

Basisbordnetz (12V) mit Erweiterung auf 24V

- Quelle: [Meitinger]
- Siehe auch:
Kabelbaum und Energiebordnetze
42V-Bordnetz und 2 SpBN

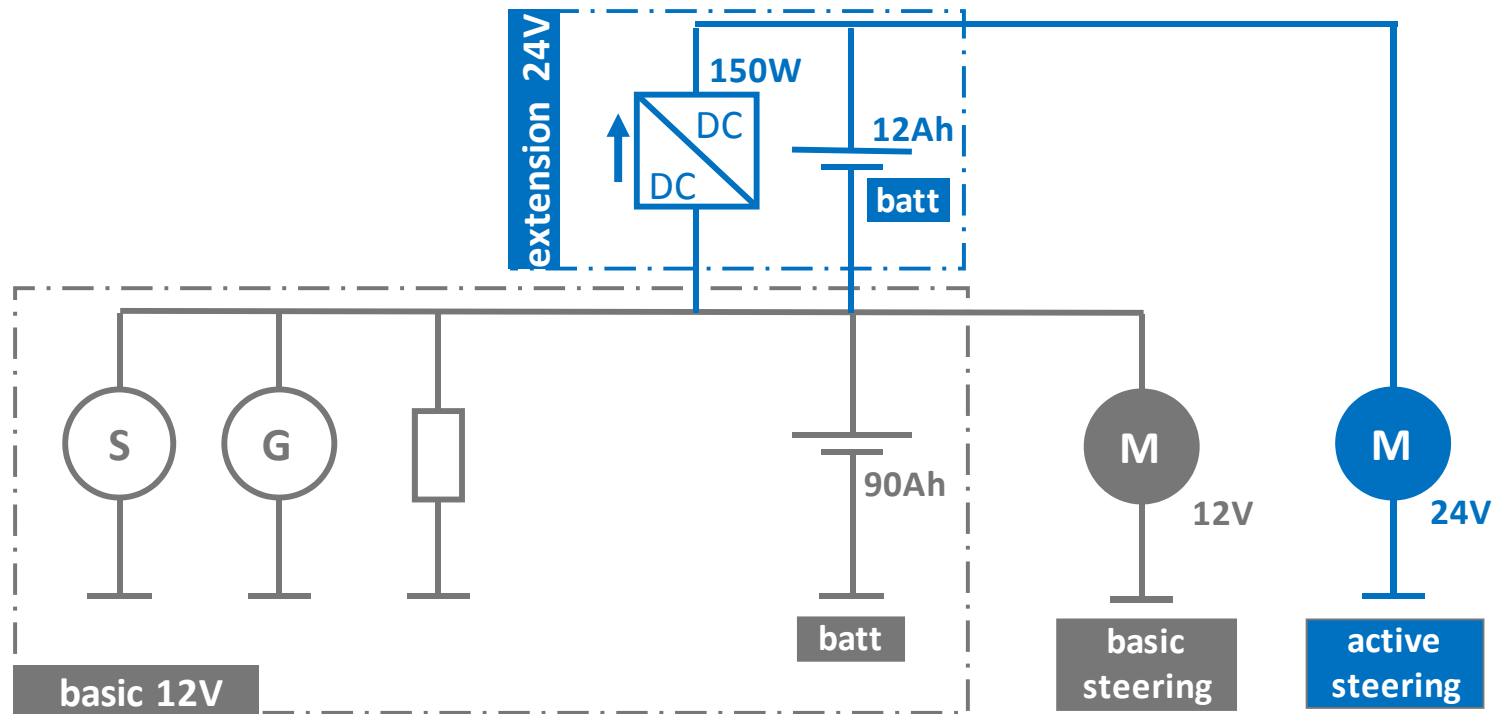


Abbildung 11: Basisbordnetz (12V) mit Erweiterung auf 24V

Basisbordnetz (12V) mit Erweiterung auf 24V

- Quelle: [Meitinger]
- Siehe auch:
Kabelbaum und Energiebordnetze
42V-Bordnetz und 2 SpBN

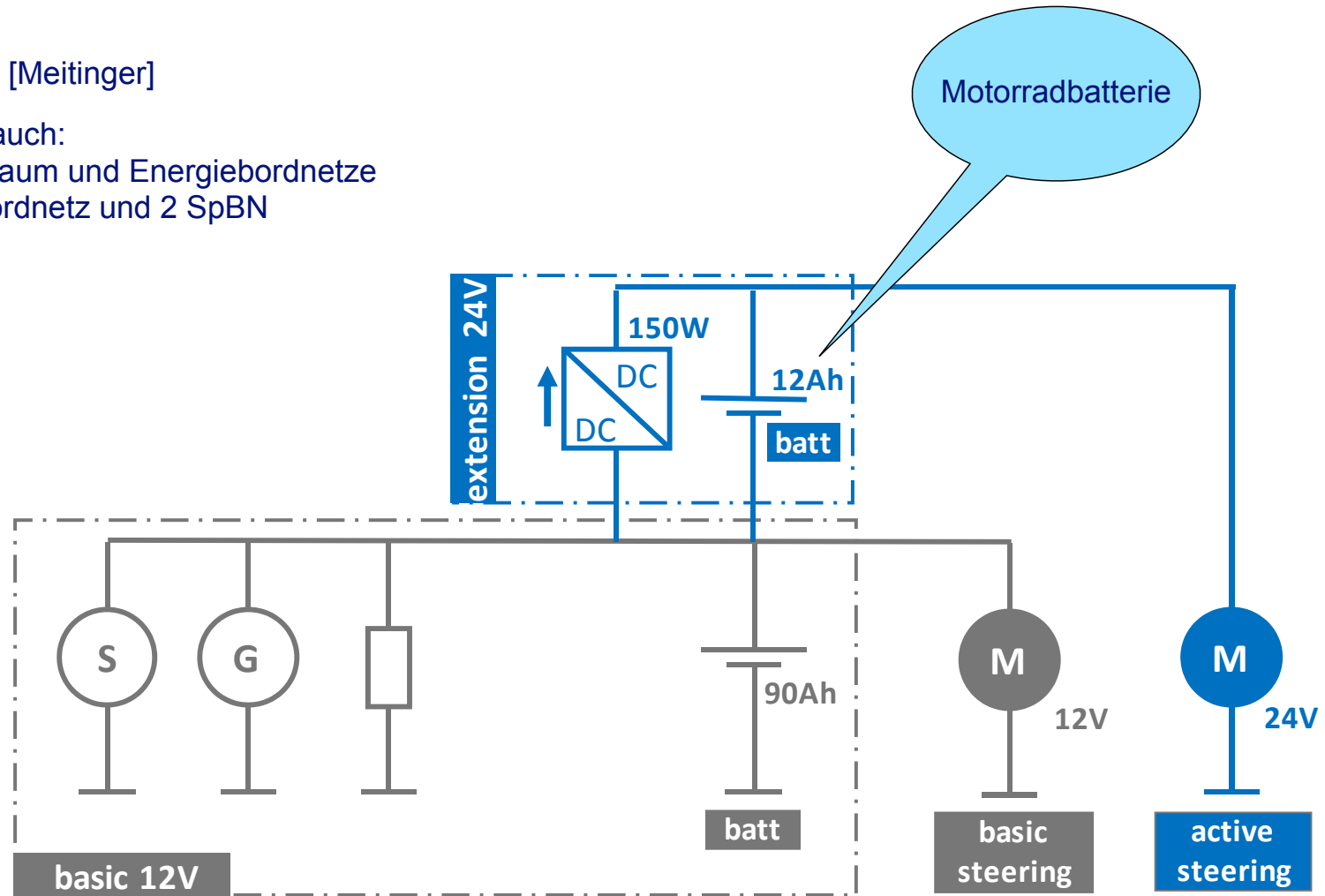


Abbildung 11: Basisbordnetz (12V) mit Erweiterung auf 24V

Virtuelle Änderung des Radstandes durch die Hinterachslenkung

■ Quelle: [Meitinger]

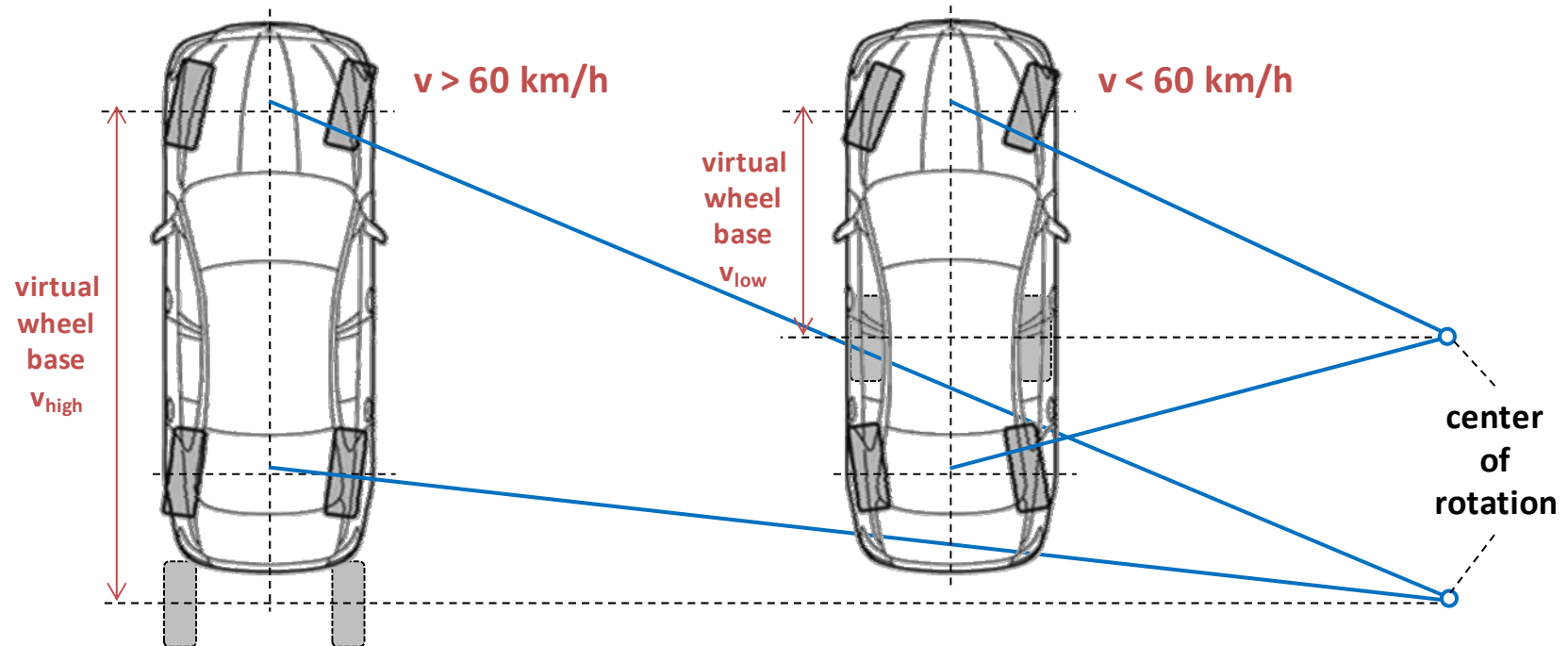


Abbildung 14: Virtuelle Änderung des Radstandes durch die Hinterachslenkung

4. Das Automobil

1. Domänen
2. X-by-Wire: Technologien und Anwendungen
- 3. Lastkraftwagen (LKW)**
4. Landmaschinen

Unterschiede PKW - LKW

- Verhältnis Leistung / Masse
- Verhältnis Zulässiges Gesamtgewicht / Leergewicht
- Kinetische Energie
- Fahrdynamik

Konsequenzen

- LKW-spezifische Entwicklungen einschliesslich Software
- Beispiel: Telligent (Mercedes):
http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/trucks_/home/distribution/axor_distribution_haulage/Safety.fb0005.html
- Beispiel: Getriebefunktionen
- Beispiel: Assistenzsysteme („ESP“)

Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34

Verhältnis Leistung / Masse

	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34



Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34

Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34



Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34

Verhältnis Leistung / Masse

	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34



Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34

Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34



Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34

Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34



Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34

Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34



Verhältnis Leistung / Masse



	Masse (t)	Leistung (PS)	PS / t
VW Käfer (1965)	1,5	34	23
VW Polo (1985)	1,6	60	38
Mercedes C300	2,0	238	119
BMW 760i	2,7	544	201
Actros 1860	18,0	600	33
als Lastzug	40,0	600	15
Actros 2532	25,0	320	13
als Lastzug	40,0	320	8
Sprinter 524	5,0	240	48
als Lastzug	7,0	240	34



4143

41 t zulässiges
Gesamtgewicht

43(0) PS

Verhältnis Zulässiges Gesamtgewicht / Leergewicht



	Zulässiges Gesamtgewicht (t)	Leergewicht (t)	Verhältnis
VW Käfer (1965)	1,5	1,1	1,4
VW Polo (1985)	1,6	1,0	1,6
Mercedes C300	2,040	1,555	1,3
BMW 760i	2,695	2,180	1,2
Actros 1860	18,0	8,0	2,3
als Lastzug	40,0	8,0	5,0
Actros 2532	25,0	8,0	3,1
als Lastzug	40,0	8,0	5,0
Sprinter 524	5,0	2,8	1,8
als Lastzug	7,0	2,8	2,5

Kinetische Energie (1)



	Masse (t)	Geschwindigkeit (km/h)	Kinetische Energie (kJ)	Leistung beim Abbremsen in 20 sec (kW)
VW Käfer (1965)	1,5	80	370	19
VW Polo (1985)	1,6	80	395	20
Mercedes C300	2,0	80	494	25
BMW 760i	2,7	80	667	33
Actros 1860	18,0	80	4444	222
als Lastzug	40,0	80	9877	494
Actros 2532	25,0	80	6173	309
als Lastzug	40,0	80	9877	494
Sprinter 524	5,0	80	1235	62
als Lastzug	7,0	80	1728	86

Kinetische Energie (2)



	Masse (t)	Geschwindigkeit (km/h)	Kinetische Energie (kJ)	Leistung beim Abbremsen in 20 sec (kW)
VW Käfer (1965)	1,5	90	469	23
VW Polo (1985)	1,6	100	617	31
Mercedes C300	2,0	180	2500	125
BMW 760i	2,7	240	6000	300
Actros 1860	18,0	100	6944	347
als Lastzug	40,0	100	15432	772
Actros 2532	25,0	80	6173	309
als Lastzug	40,0	80	9877	494
Sprinter 524	5,0	120	2778	139
als Lastzug	7,0	120	3889	194

Konsequenz: Getriebefunktionen Automatikgetriebe LKW (Auswahl)



- Überdrehzahlschutz
- Anfahrgang
 - Defaultanfahrgang
 - Maximaler Anfahrgang
 - Jeweils vorwärts und rückwärts
- Automatisiertes Anfahrgangschalten im Stand
- Hoch- und Rückschalten um eine oder mehrere Gangstufen
- Automatisiertes Gangnachschieben bei Schaltabbruch während der Fahrt
- Automatisiertes Gangnachschieben bei Schaltabbruch im Stand
- Schaltung in RW-Gänge 3-4 während der Fahrt
- Gang einlegen entgegen Fahrtrichtung
- Splitwechsel in Neutral
- Automatisches Hoch- und Rückschalten bei konstanter Masse und Steigung
- Verhalten bei aktiver ABS-Regelung
- Verhalten bei Bremsung mit blockierenden Rädern
- Rückschaltung im Motorbremsbetrieb
- Rückschaltung mit Betriebsbremse
- Automatisches Hoch- und Rückschalten unter Schlupf
- Bremsschlupfreaktion

Mit der für Baufahrzeuge serienmäßigen Telligent®-Schaltung erfüllt der Actros alle Ansprüche, die eine moderne Schaltung erfüllen muss: Die ergonomische Anordnung des Schalthebels auf einer klappbaren Konsole am Fahrersitz ermöglicht in jeder Situation kräfteschonendes, komfortables Schalten „aus dem Handgelenk“. Das entlastet den Fahrer und sorgt dafür, dass er sich auf das Straßengeschehen konzentrieren kann. Um hoch- oder zurückzuschalten, muss der Fahrer den Schalthebel nur leicht nach vorne beziehungsweise nach hinten bewegen; dann nur noch kuppeln – fertig. Dabei wird der gewählte und – nach dem Kuppeln – auch der eingelegte Gang im Kombiinstrument angezeigt. Und die Schaltwippe ermöglicht es dem Fahrer, die Gänge bequem zu splitten, also zum Beispiel nur einen halben Gang nach oben oder nach unten zu schalten. Für noch mehr Schaltkomfort gibt es auf Wunsch Mercedes PowerShift offroad.



Fahrdynamik (1)



- Batterie vorne:
- Batterie hinten
 - Hohe Ströme
 - Schwere Kabel



- Durch den (i.A. „unbekannten“) Anhänger bzw. Auflieger mit zusätzlichen teilweise beweglichen Achsen kommt beim LKW ein weiterer Freiheitsgrad hinzu.
- Beladung und Beladungsverteilung spielen beim LKW eine entscheidende Rolle
 - Verhältnis Zulässiges Gesamtgewicht / Leergewicht
 - „Load Sensing“: Auch für bestimmte PKW-Baureihen (Geländewagen) interessant
- Der PKW ist von der Fahrdynamik her vollständig „bekannt“, der LKW nicht.
- Weiterer Unterschied LKW / PKW: Mechanische (Ent-) Kopplung Kabine / Rahmen
- Bremsregelung bei LKW pneumatisch („by wire“), bei PKW (elektro-)hydraulisch.
- Oft unterschiedliche Zulieferer, z.B. bei LKW Wabco und Knorr, bei PKW Bosch und Conti Teves
- Konsequenz für Assistenzsysteme:
 - Übernahme ESP bei LKW „blauäugig“
 - LKW-spezifische Entwicklungen, z.B. Telligent (Mercedes):
http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/trucks_/home/distribution/axor_distribution_haulage/Safety.fb0005.html

Telligent®-Stabilitätsregelung



Die für 4x2-, 6x2- und 6x4*-Sattelzugmaschinen als Sonderausstattung erhältliche Telligent®-Stabilitätsregelung erkennt drohende Instabilitäten wie Schleudern oder Ausbrechen und wirkt diesen Tendenzen, soweit physikalisch möglich, entgegen. Ein Plus an Sicherheit, das durch die gezielte Beeinflussung des Motordrehmoments, radweise Eingriffe in das Bremssystem des Zugfahrzeugs und durch die Ansteuerung der Aufliegerbremsanlage so manchen brenzigen Moment erst gar nicht entstehen lässt. Aber eine vorsichtige und vorausschauende Fahrweise kann auch dieses System nicht ersetzen.



Telligent®-Stabilitätsregelung



Die für 4x2-, 6x2- und 6x4*-Sattelzugmaschinen als Sonderausstattung erhältliche Telligent®-Stabilitätsregelung erkennt drohende Instabilitäten wie Schleudern oder Ausbrechen und wirkt diesen Tendenzen, **soweit physikalisch möglich**, entgegen. Ein Plus an Sicherheit, das durch die gezielte Beeinflussung des Motordrehmoments, radweise Eingriffe in das Bremssystem des Zugfahrzeugs und durch die Ansteuerung der Aufliegerbremsanlage so manchen brenzlichen Moment erst gar nicht entstehen lässt. **Aber eine vorsichtige und vorausschauende Fahrweise kann auch dieses System nicht ersetzen.**



4. Das Automobil

1. Domänen
2. X-by-Wire: Technologien und Anwendungen
3. Lastkraftwagen (LKW)
- 4. Landmaschinen**

- Automatisches Fahren im Verbund mit Präzisionsnavigation: Mähdrescher
- Zahlreiche „unbekannte“ Anbaugeräte
- Schnittstellen
 - Mechanisch
 - Elektrisch
 - Daten
 - Bedienung
- Dr. G. Kormann, M. Hoeh, H.J. Nissen: „Service Oriented Architecture for Agricultural Vehicles“ 8. Workshop Automotive Software Engineering, Leipzig, 30.9.2010
Vorlesung:
Datei ... Kormann.pdf
Prüfung
- <http://www.d-i-e-t-z.de/jd/mp3/micro/klanzh.mp3>

