TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

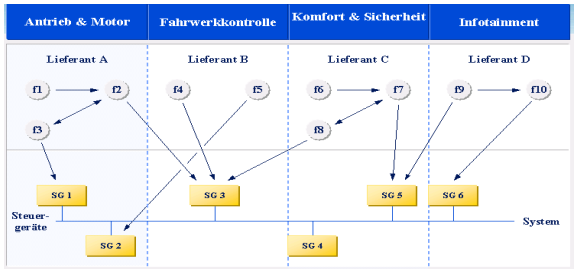
Vorlesung
Automotive Software Engineering
Teil 5 E/E-Entwicklung (2)
Sommersemester 2015

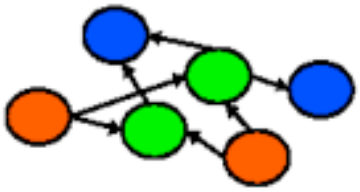
Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Hohlfeld
Bernhard.Hohlfeld@mailbox.tu-dresden.de
Technische Universität Dresden, Fakultät Informatik
Honorarprofessur Automotive Software Engineering

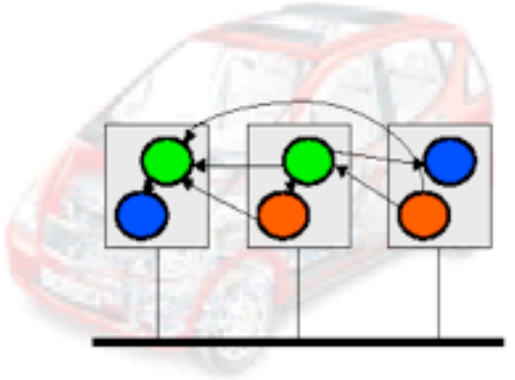
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Vorlesung Automotive Software Engineering

Motivation und Überblick		
Beispiele aus der Praxis	SW-Entwicklung	Normen und Standards
	E/E-Entwicklung	
	Das Automobil	
	Die Automobil-herstellung	
	Die Automobil-branche	





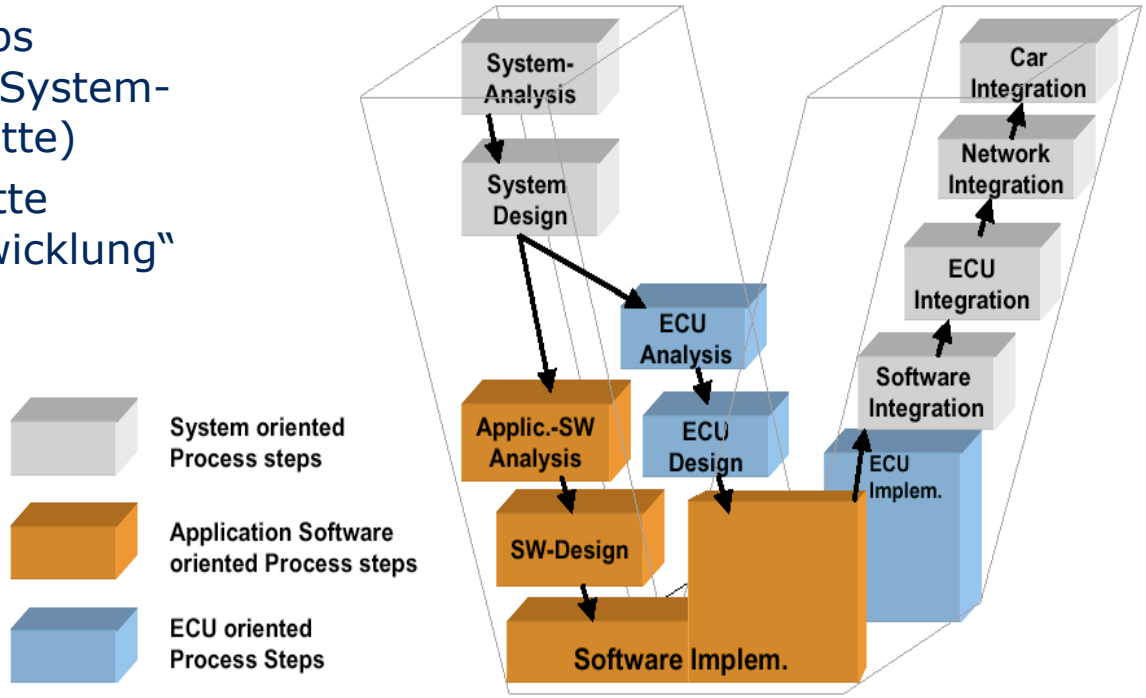


Lernziele E/E-Entwicklung

- Elektrik/Elektronik-Technologien und -Bauteile sowie Randbedingungen der Elektrik/Elektronik-Entwicklung im Automobil und deren Auswirkung auf die Software-Entwicklung kennenlernen:
  - Bussysteme im Automobil
    - Einführung
    - Architektur serieller Bussysteme
    - Serielle Bussysteme im Kfz
  - Mechatronik-Entwicklungen im Automobil
    - Grundlagen
    - X-by-Wire
    - Elektromechanische Lenkungen
    - Elektromechanische Bremsen
  - Technologien und Bauteile
    - Kabelbaum und Energiebordnetze
    - Halbleitertechnologie
    - Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

E/E-Entwicklung

- Automotive Elektrik/Elektronik-Entwicklung
- Ziel:
  Darstellung von Elektrik/Elektronik-Technologien und -Bauteile sowie von Randbedingungen der Elektrik/Elektronik-Entwicklung für eingebettete Systeme speziell im Automobil
- Schwerpunkt:
  ECU oriented Process Steps
  (mit Rückwirkung auf die System- und SW-orientierten Schritte)
- Die SW-orientierten Schritte werden in Teil 6 „SW-Entwicklung“ behandelt
- ECU?



5. E/E-Entwicklung

1. Bussysteme im Automobil
    1. Einführung
    2. Architektur serieller Bussysteme
    3. Serielle Bussysteme im Kfz
2. **Mechatronik-Entwicklungen im Automobil**
    1. **Grundlagen**
    2. X-by-Wire
    3. Elektromechanische Lenkungen
    4. Elektromechanische Bremsen
3. Technologien und Bauteile
    1. Kabelbaum und Energiebordnetze
    2. Halbleitertechnologie
    3. Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Mechatronik

- Grundlagen
  - Mathematik
  - Informatik
  - Physik
  - Mechanik
  - Elektrotechnik
- Methodik
  - Spezifikation
  - Entwurf
  - Test
- Systeme
  - Modellierung
  - Simulation
  - Regelung
  - Optimierung

- Komponenten
  - Sensoren
  - Aktuatoren
  - Mechanische Komponenten
  - Informationsverarbeitende Komponenten
  - Anwendungen

- Teilgebiete der Mechatronik
  - Sensorik
  - Informationsverarbeitung
  - Aktuatorik
  - Steuerungstechnik
  - Regelungstechnik
  - Simulationstechnik
  - Robotik

Mechatronik und Informatik

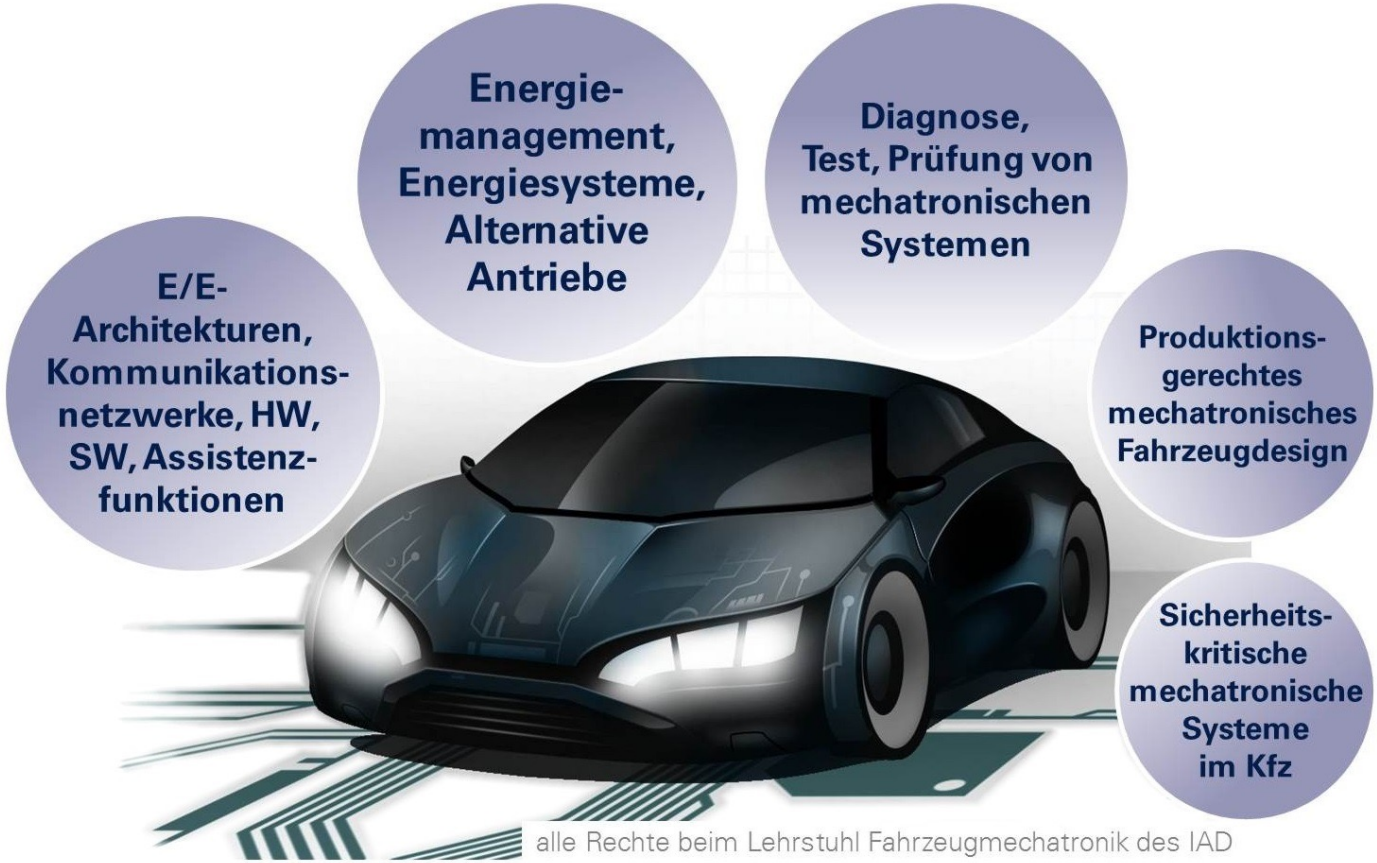
- Grundlagen
  - Mathematik
  - **Informatik**
  - Physik
  - Mechanik
  - Elektrotechnik
- **Methodik**
  - **Spezifikation**
  - **Entwurf**
  - **Test**
- Systeme
  - **Modellierung**
  - **Simulation**
  - Regelung
  - Optimierung

- Komponenten
  - Sensoren
  - Aktuatoren
  - Mechanische Komponenten
  - **Informationsverarbeitende Komponenten**
  - Anwendungen

- Teilgebiete der Mechatronik
  - Sensorik
  - **Informationsverarbeitung**
  - Aktuatorik
  - Steuerungstechnik
  - Regelungstechnik
  - **Simulationstechnik**
  - Robotik

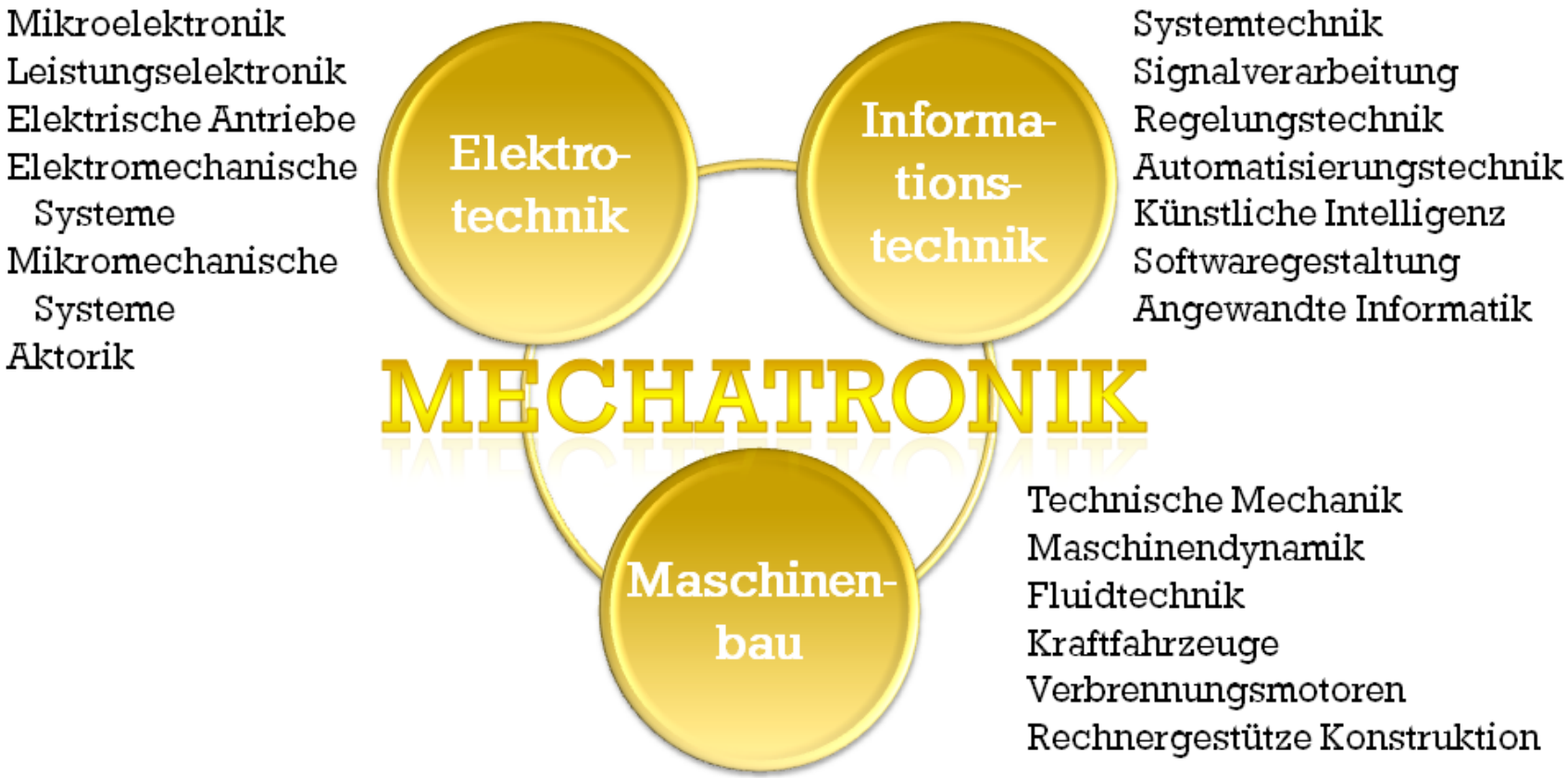
Lehrstuhl Fahrzeugmechatronik - Prof. Bäker

- http://tu-dresden.de/die_tu_dresdenfakultaeten/vkw/iad/professuren/fm



Studiengang Mechatronik (MEC)

- http://www.mechatronik.tu-darmstadt.de

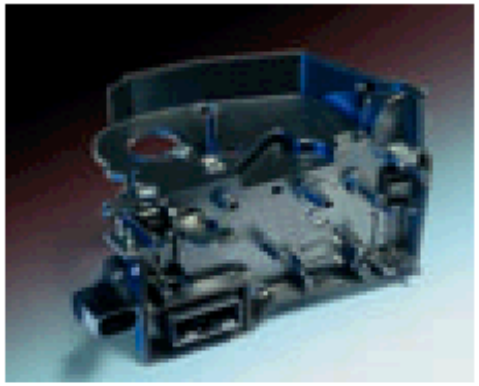


Mechatronik – Beispiele der einzelnen Teilgebiete

Sensoren	Datenverarbeitung (Steuergeräte)	Verbindungselemente	Aktuatoren
Drehzahl Geschwindigkeit Weg Winkel Temperatur Druck Kraft Drehmoment Durchfluss chemische Konz. Zeit Spannung Strom Frequenz Muster (Fahrzeug-umfelderfassung) Bestimmung der geogr. Positon (GPS)	Mikroprozessor (CPU) Speicherelemente RAM ROM -PROM -EPROM -EEPROM -EAPROM A/D Wandler	Elektrische oder optische Verbindungselemente Spannungsversorgung -Kabel/Kabelbaum -Steckverbinder -Sensor/Steller -Mirkokontakte -Vielpolige Kontakte Daten/Bussysteme -CAN -LIN -MOST Physikalische & logische Schnittstellen Übertragungsprotokolle	Elektr. Stellmotoren Translatorische oder rotatorische Magnetsteller Druckschalter Thermozeitschalter Strom-und Schaltrelais Leuchten Drehspulinstrumente Hupe,Lautsprecher Pyrotechnische Gas-Generatoren Elektr. Linearantriebe Elektrochrome Beschichtungen

Mechatronik-Komponenten in der Karosserie

1



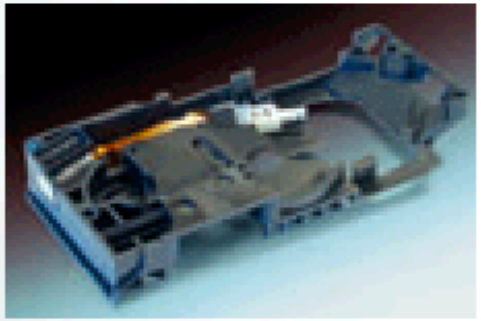
2

Bild 1 Schaltungsträger für Seitentürschloss (Gehäuseteil) mit umspritztem Stanzgitter und aufgespritzter Dichtung für die Aufnahme von Mikroschaltern.

Bild 2 Schaltungsträger für Seitentürschloss (Gehäusehälfte) mit hermetisch dicht umspritztem Stanzgitter (IP 68) für die Aufnahme und 3-dimensionale Anordnung von Sensoren.

Bild 3 Steckerbaugruppe mit flexiblen Folienleiterbahnen (wasserdicht) und Mikroschaltern für elektromechanische Zentralverriegelung Seitentürschloss.

3



4

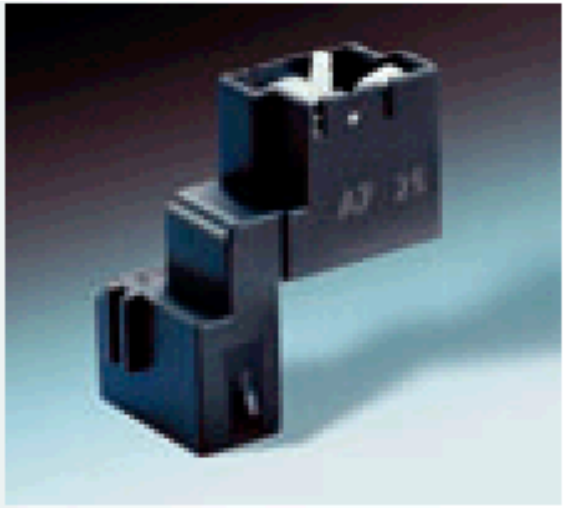
5

Bild 4 Schaltungsträger mit Mikroschalter und Folienleiterbahn als Schloßgehäuseteil.

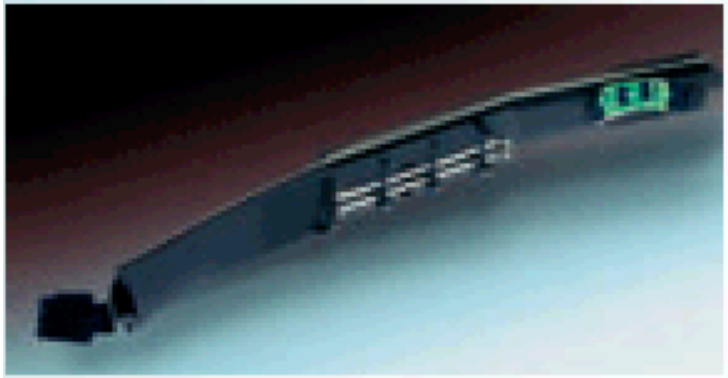
Bild 5 Schaltungsträger mit umspritztem Stanzgitter für 3-dimensionale Anordnung von Mikroschaltern am Heckschließzylinder.

Mechatronik-Komponenten in der Karosserie

6



7



8

Bild 6 Ansteuerung der Innenraumbeleuchtung und des Warnsummers für das Außenlicht sowie der Zentralverriegelung im Seitentürschloss.

Bild 7 Signalgeber am Heckschließzylinder für die Zentralverriegelung. Umspritztes Stanzgitter als Stecker und Träger für Schalter und passive Bauelemente.

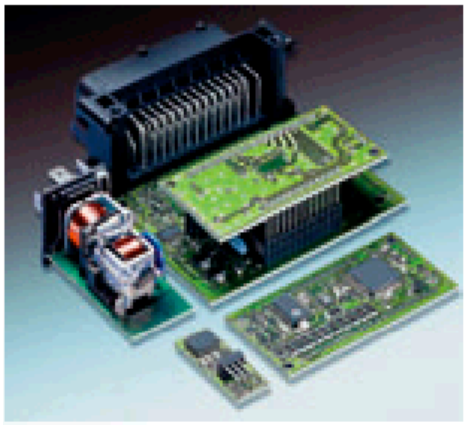
Bild 8 Umspritztes Stanzgitter als Schaltungsträger im Seitentürgriff mit bestückter Leiterplatte für RF-Modul von Keyless Entry System.

Mechatronik-Komponenten in der Karosserie

1

2

3



4

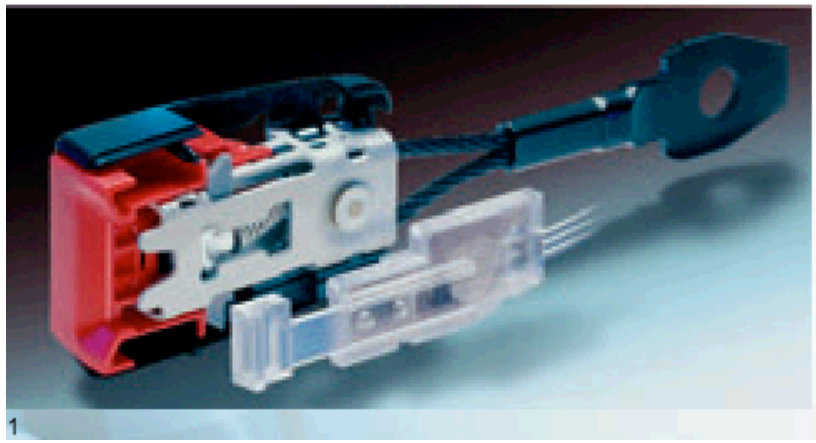
Bild 1 Bedieneinheit für die Sitzverstellung mit Lastschaltelementen zum direkten Schalten der Verstellmotoren, sowie für die Lordosen-einstellung.

Bild 2 Bedieneinheit in Rubber-Dome-Schalt-technologie mit ausgezeichnetem taktilen Schaltgefühl zum Schalten von Steuerströmen.

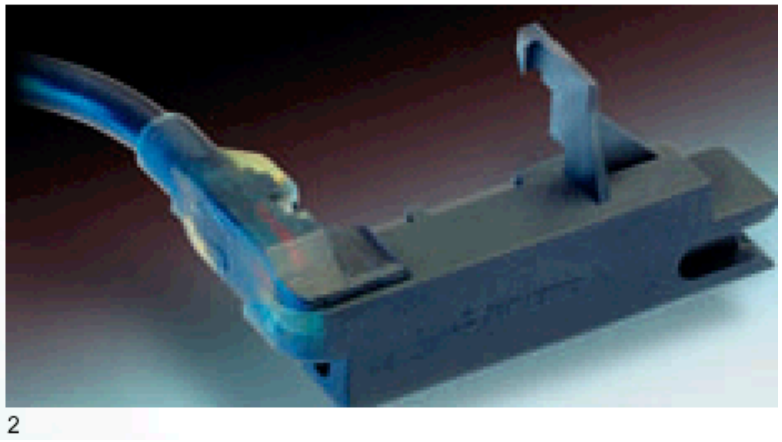
Bild 3 Endschalter für Sitzhöhenverstellung mit zwei Schaltpositionen, befestigt an der Sitzmechanik mit einfacher Anpassung an neue Winkelvorgaben.

Bild 4 Elektronische Verdecksteuerung als Eindraht-Bussystem mit ASIC zur Ansteuerung der Elektrohydraulik und der Fensterheber. Dezentrales System mit Master-Steuerung sowie Ventil- und Relais-Slaves.

Mechatronik-Komponenten in der Karosserie



1

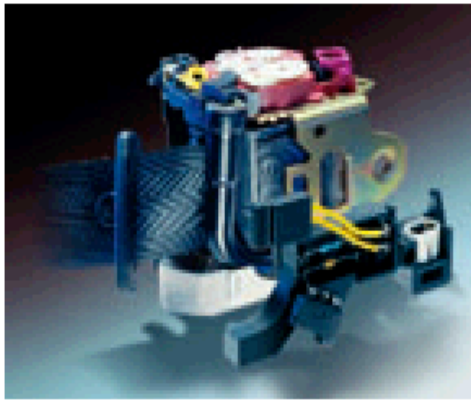


2

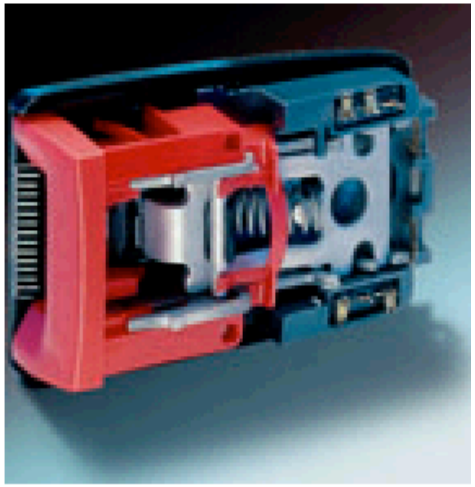
Bild 1 Hall-Sensorik im Gurtschloss für die Erkennung der Gurtverriegelung.

Bild 2 Vergossene Sensorbaugruppe mit Hallsensor, Magnet und schutzbeschalteter Leiterplatte zur Gurtschlossabfrage

Mechatronik-Komponenten in der Karosserie



3



4

Bild 3 Gurtbelegeabfrage in pyrotechnischem Gurtroller. Mechatronik Baugruppe (umspritztes Stanzgitter) mit Kleinstschalter DK (IP67) und passiven Bauelementen sowie Stecksystem für Gasgeneratoren.

Bild 4 Elektromechanische Baugruppe im Gurtschloss mit zwei wasserdichten Schnappschaltern zur Erkennung der Verriegelung.

Mechatronik-Komponenten für den Antriebsstrang

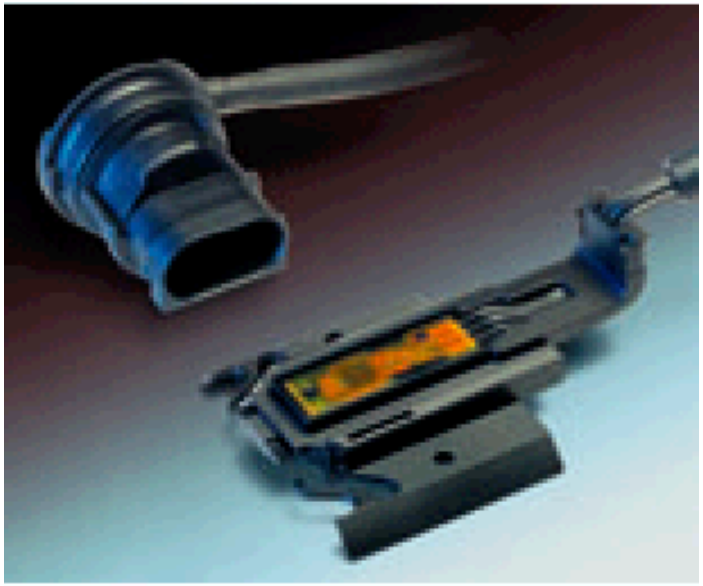
1

2

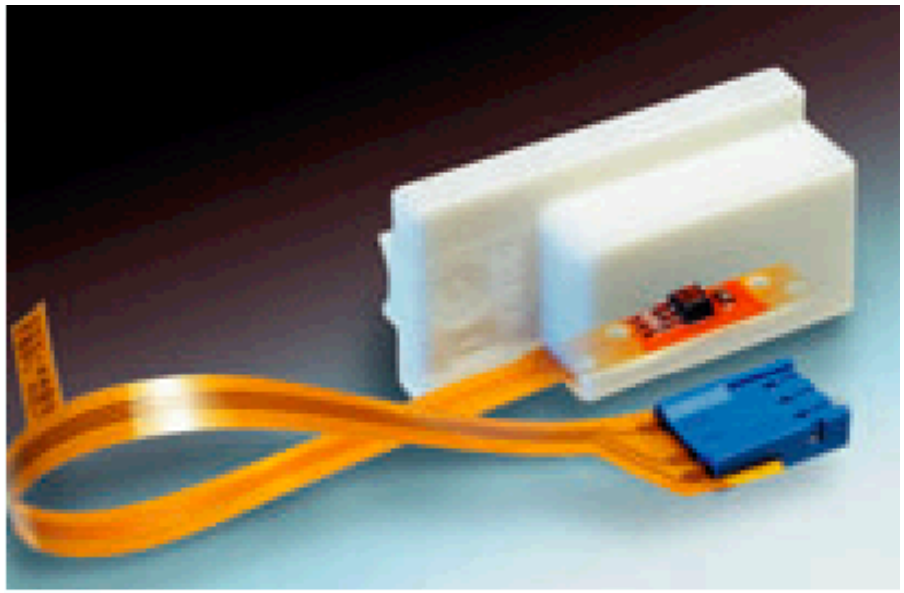
Bild 1 Silikonfreier Schalter für Bremsassistent erfüllt applikationsspezifische Lebensdauer- und Dichtheits-Anforderungen.

Bild 2 Ansteuerungsmodul für die Zusatzheizung. Kompakte Einheit, bestehend aus umspritztem Stanzgitter mit angeformtem Stecker und als Schaltungsträger für den wasserdichten DCJK-Schalter und elektronische Bauelemente.

Mechatronik-Komponenten für das Fahrwerk



3



4

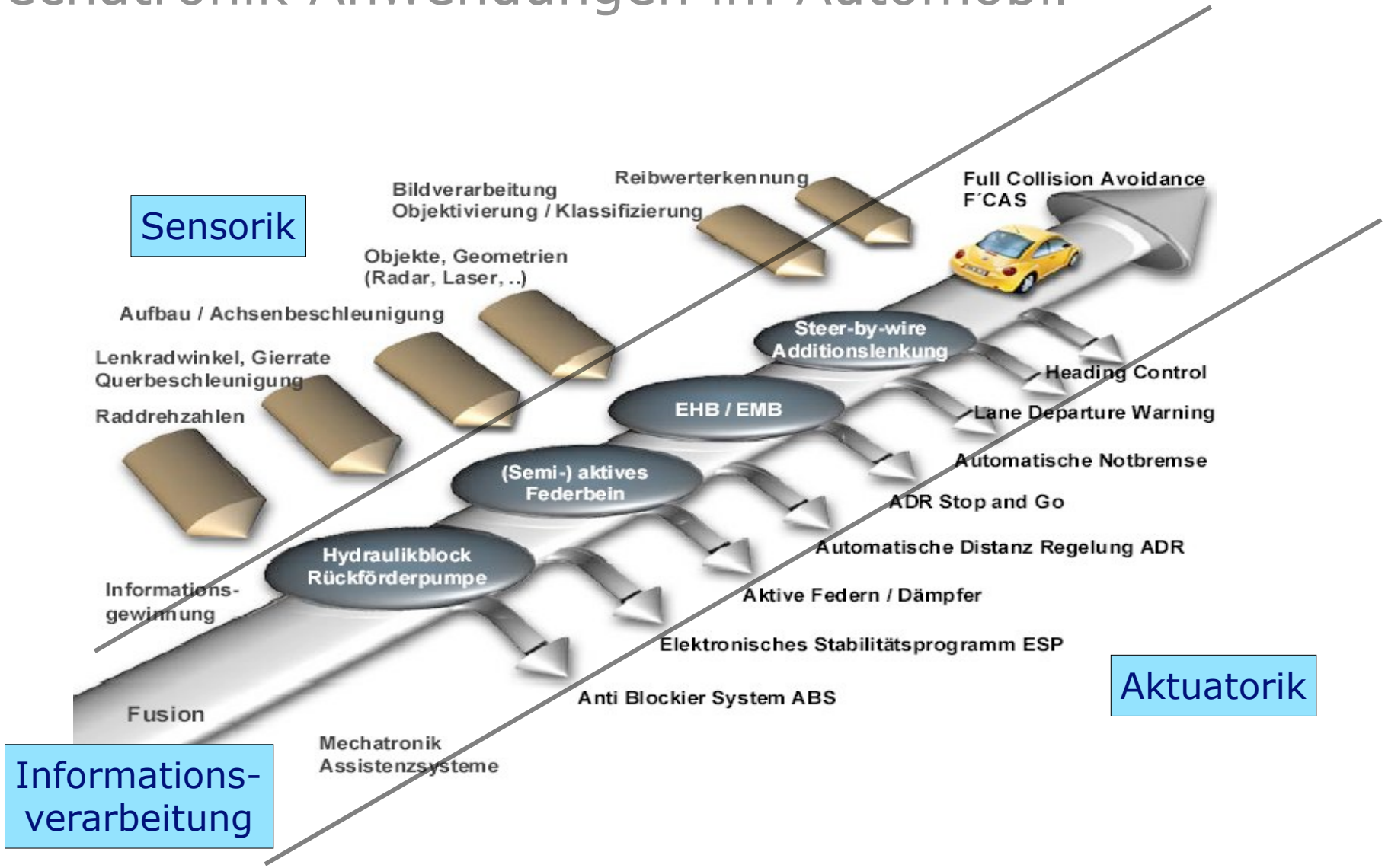
Bild 3 Sensorpackage für Bremsassistenten erfüllt höchste applikationsspezifische Dichtheitsanforderungen. Analoger Hallsensor mit linear programmierbarem Signal.

Bild 4 Sensoreinheit für elektronische Feststellbremse mit Hallsensor auf FPC als Leitungsträger.

Mechatronik im Automobil - X-by-Wire-Technik

- Throttle-by-Wire: Elektrisches Gaspedal
  - Sensor am Gaspedal erfasst Signal des Fahrers. Aktuator steuert Drosselklappe
  - Gaszug entfällt
- Shift-by-Wire: Elektrische Schaltung
  - Gangwechsel wird durch Aktuator 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 Aktuator gelenkt
  - Lenkmechanismus entfällt
  - Lenkrad kann durch Joystick ersetzt werden

Mechatronik-Anwendungen im Automobil



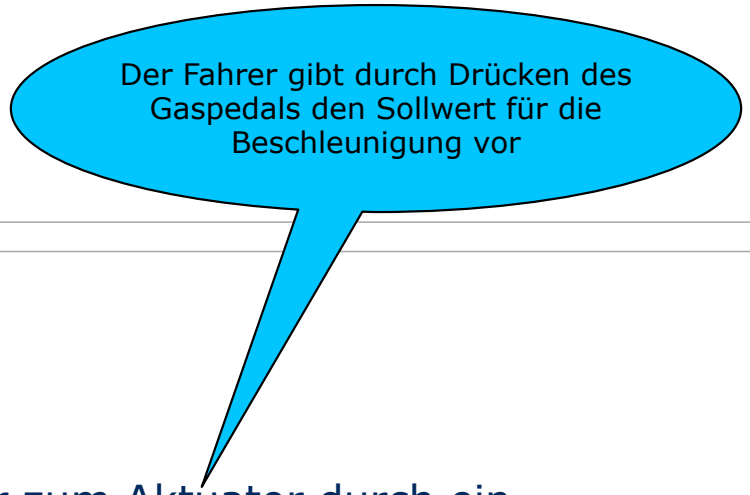
5. E/E-Entwicklung

1. Bussysteme im Automobil
    1. Einführung
    2. Architektur serieller Bussysteme
    3. Serielle Bussysteme im Kfz
2. **Mechatronik-Entwicklungen im Automobil**
    1. Grundlagen
    2. **X-by-Wire**
    3. Elektromechanische Lenkungen
    4. Elektromechanische Bremsen
3. Technologien und Bauteile
    1. Kabelbaum und Energiebordnetze
    2. Halbleitertechnologie
    3. Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

X-by-Wire / Drive-by-Wire

- Das Ersetzen der mechanischen Verbindung von Fahrer zum Aktuator 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

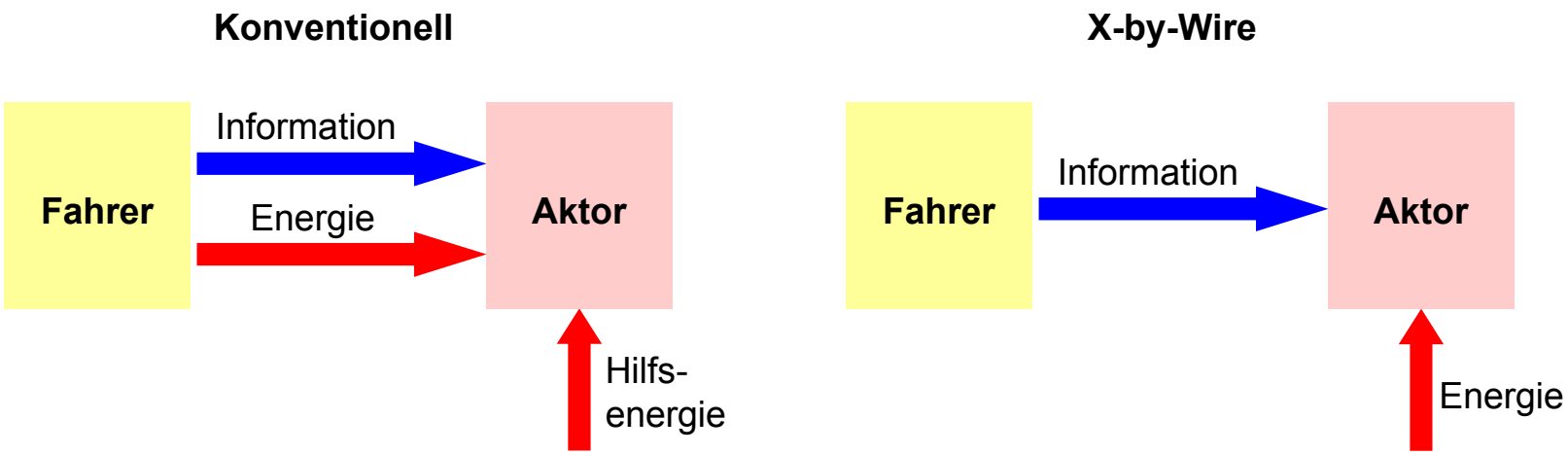


X-by-Wire / Drive-by-Wire

- Das Ersetzen der mechanischen Verbindung von Fahrer zum Aktuator 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



- 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 (1)

- 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 Aktuator kann effizienter sein.
  - Einsparung von (teilweise giftigen) Betriebsstoffen: Hydraulikflüssigkeit

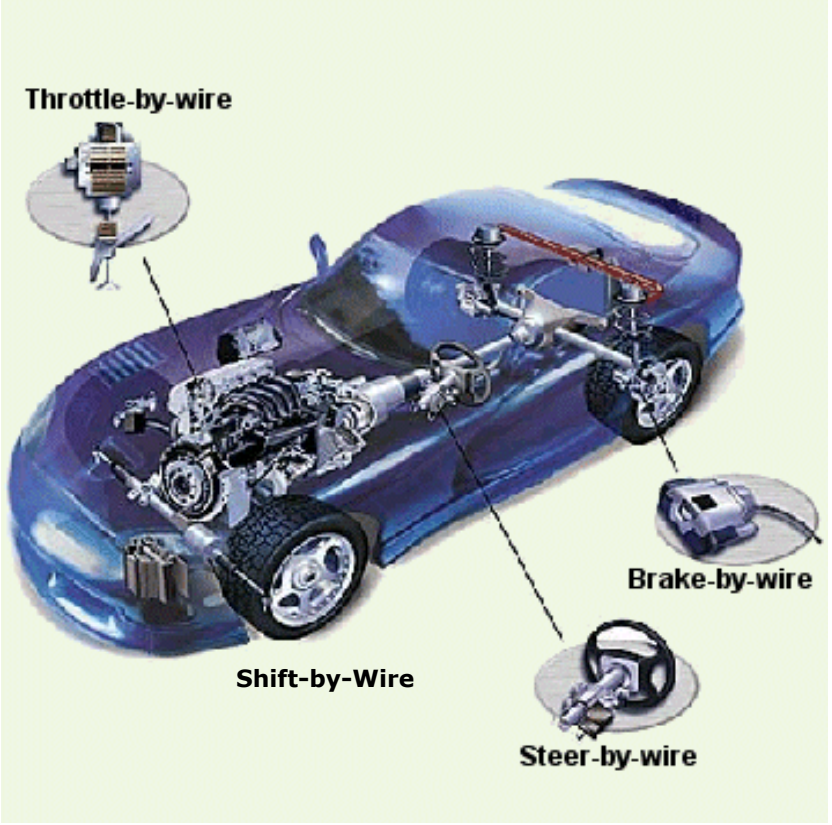
X-by-Wire / Drive-by-Wire (2)

- 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
- Stand der Technik (~2014)
  - Throttle-by-Wire:
  - Shift-by-Wire:
  - Brake-by-Wire:
  - Steer-by-Wire:

- 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-Technik

- Vorteile
  - Alle Vorteile elektrischer Antriebe siehe Folien Prof. Nelles
  - Erhöhung des Gleichteileanteils Beispiel in Abschnitt 3 / Lenkung BMW
  - Verbesserung passive Sicherheit
  - Volumen- und Gewichtsreduktion
  - Erschließung neuer Komfortmöglichkeiten
  - Keine direkte mechanische Verbindung Fahrer ⇔ Fahrzeug
- Nachteile
  - Redundante Datenübertragung
  - Redundante Energieversorgung
  - Rückmeldung an Fahrer, z.B. Lenkwiderstand
  - Kundenakzeptanz ?



Mechatronik im Automobil - X-by-Wire-Technik

- Throttle-by-Wire: Elektrisches Gaspedal
  - Sensor am Gaspedal erfasst Signal des Fahrers. Aktuator steuert Drosselklappe
  - Gaszug entfällt
- Shift-by-Wire: Elektrische Schaltung
  - Gangwechsel wird durch Aktuator 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 Aktuator gelenkt
  - Lenkmechanismus entfällt
  - Lenkrad kann durch Joystick ersetzt werden

Throttle-by-Wire: Elektrisches Gaspedal

- Konventionell: Gaspedal steuert mechanisch Drosselklappe (Throttle) im Vergaser
- Throttle-by-Wire: Sensor am Gaspedal steuert Motorelektronik und dadurch Einspritzpumpe, Schubabschaltung etc.
  - Modernes Antriebsmanagement
    - Verbrauchsoptimierung
    - Gaspedalkennlinien nach Wunsch des Fahrers
  - Hybride Antriebskonzepte leichter realisierbar

- Sicherheitstechnische Bewertung:
  - Redundante Auslegung sämtlicher Komponenten
    - Sensoren
    - Prozessoren im SG
    - Übertragungswege
  - Multiprozessorauslegung mit umfangreichen Plausibilisierungsprozessen

Shift-by-Wire: Elektrische Schaltung

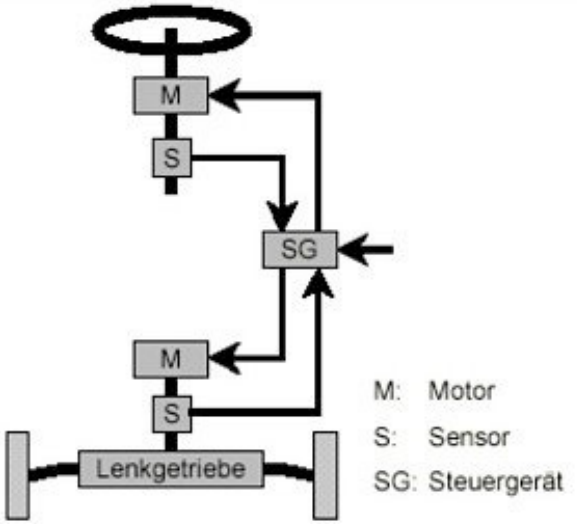
- Beliebige Getriebeform
- Die mechanischen Schaltfunktionen im Getriebe Kuppeln und Schalten werden durch elektromechanische Aktuatoren durchgeführt.
- Steuerung nach Wahl durch direkte Gangwahl oder quasi-automatisch durch Bedienelemente nach freier Vorstellung (Tipphebel, Lenkradtasten, Schaltwippe)
- 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

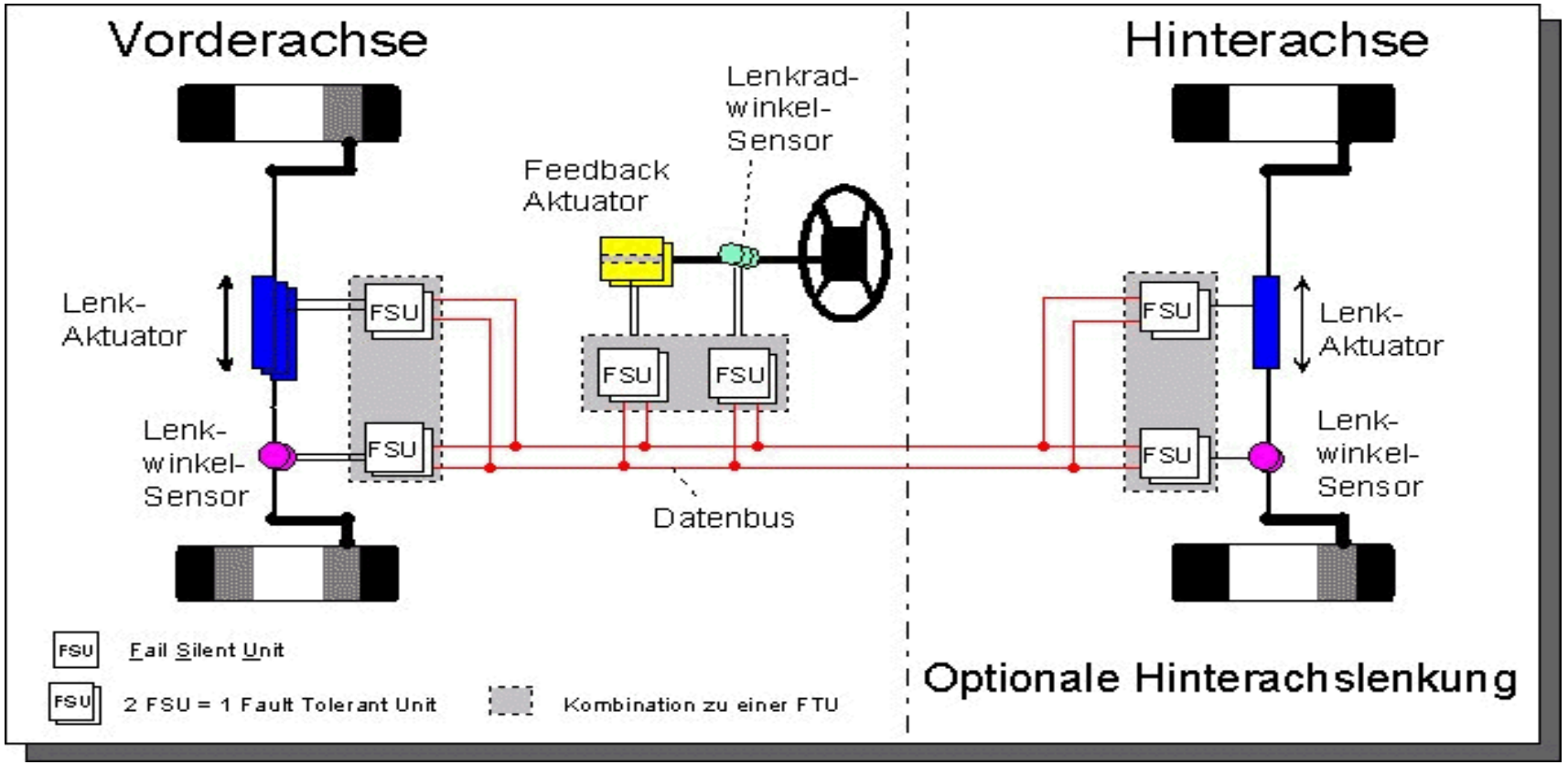
- Vorteile
  - Neue Komfort- und Sicherheitsfunktionen einfach realisierbar
    - Stau
    - Berg
  - Entkopplung von Schwingungen und Vibrationen
  - Entfall der heutigen hydraulischen System
  - Benutzerabhängige Bremscharakteristik
  - Keine giftige Bremsflüssigkeit
- Nachteile
  - Verlust der Bremse (bis auf „Handbremse“) bei Fehlfunktion
  - Erhöhung der ungefederten Massen

Steer-by-Wire: Elektromechanische 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



Steer-by-Wire: Elektromechanische Lenkung



- FSU - Fail Silent Unit: Sendet korrekte Signale oder sendet keine Signale

5. E/E-Entwicklung

1. Bussysteme im Automobil
    1. Einführung
    2. Architektur serieller Bussysteme
    3. Serielle Bussysteme im Kfz
2. **Mechatronik-Entwicklungen im Automobil**
    1. Grundlagen
    2. X-by-Wire
    3. **Elektromechanische Lenkungen**
    4. Elektromechanische Bremsen
3. Technologien und Bauteile
    1. Kabelbaum und Energiebordnetze
    2. Halbleitertechnologie
    3. Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Elektromechanische Lenkungen

- 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 and Hydraulic power steering

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

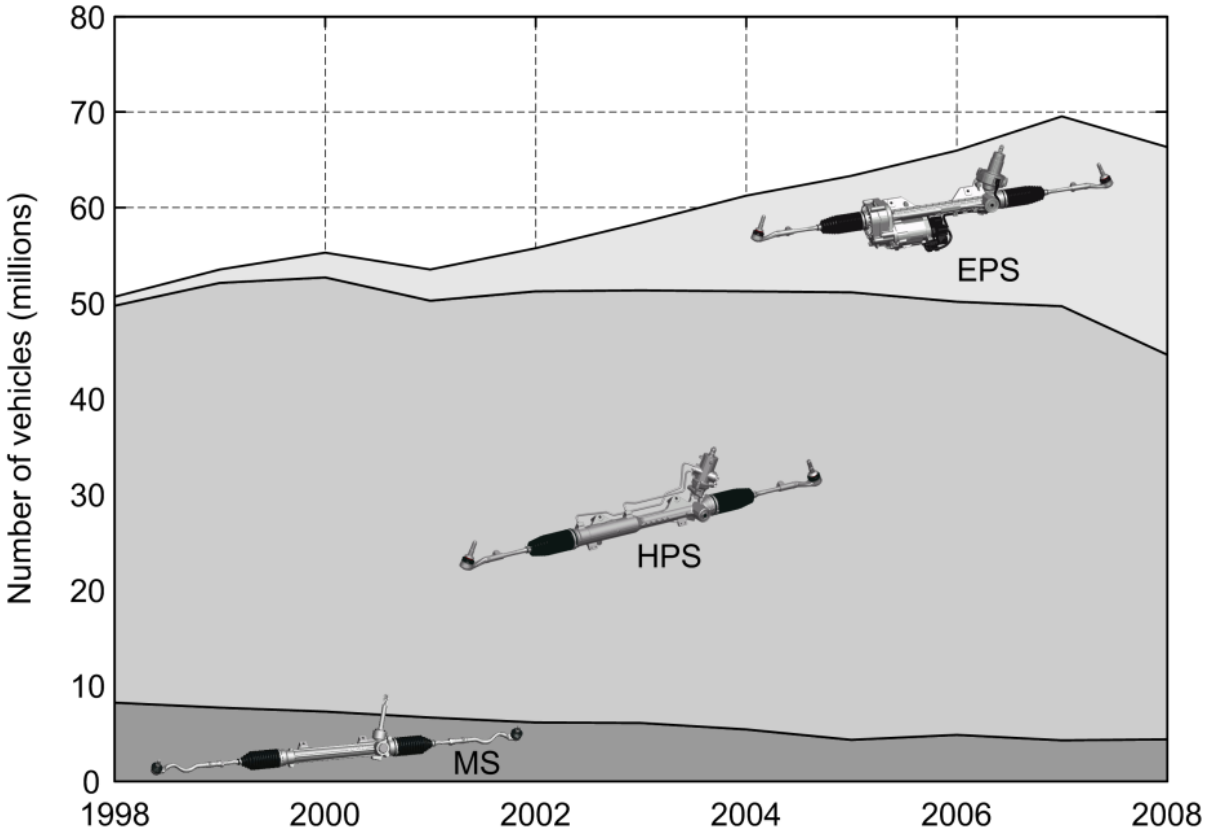


Figure 1: Worldwide market share of electric steering, hydraulic rack-and-pinion steering and mechanical rack-and-pinion steering

Energieverbrauch der Lenkung

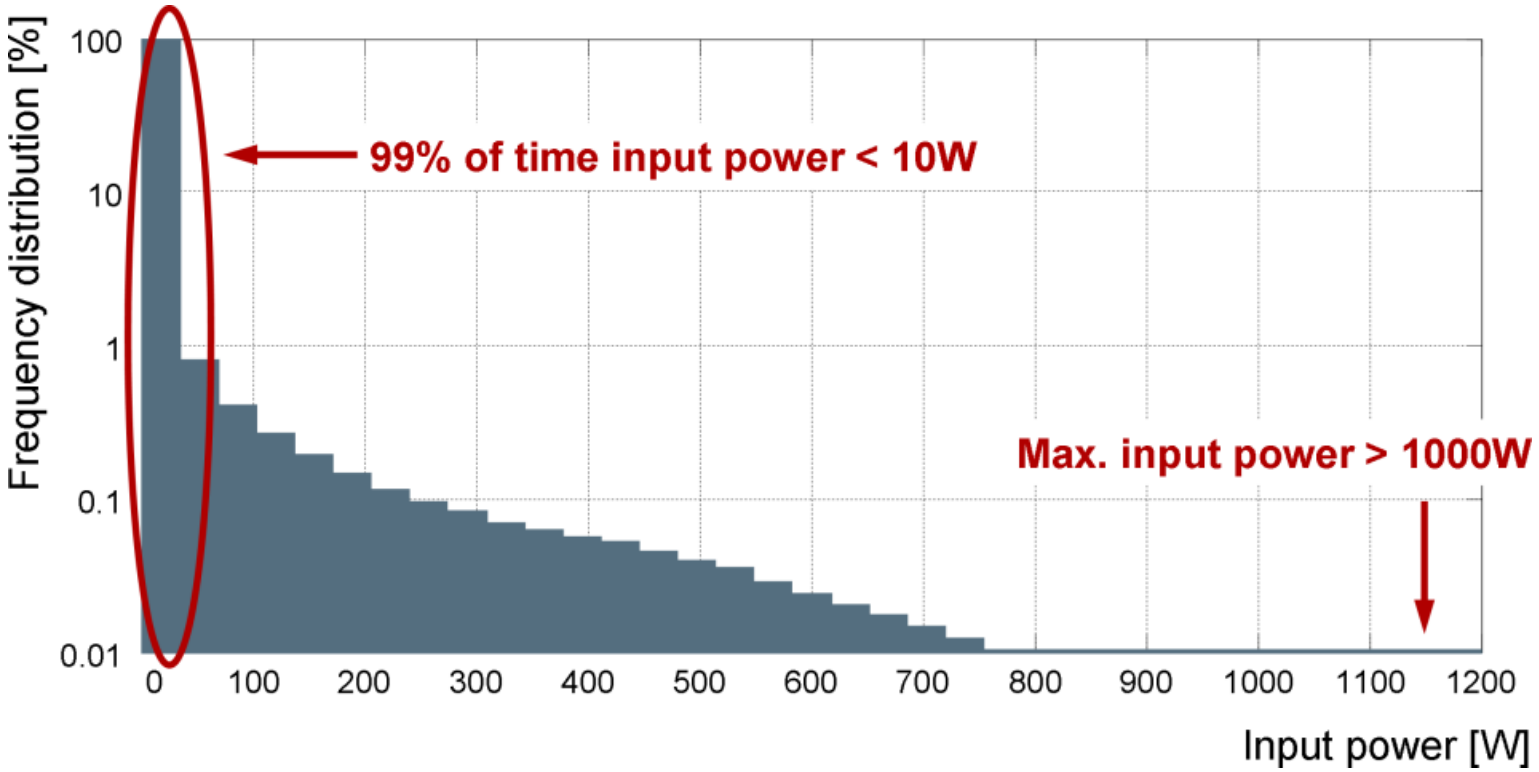


Figure 2: Frequency distribution of EPS input power for normal end customer driving of a medium-sized vehicle

- Quelle: [Gaedke]

Kraftstoffeinsparung durch elektrische Lenkung

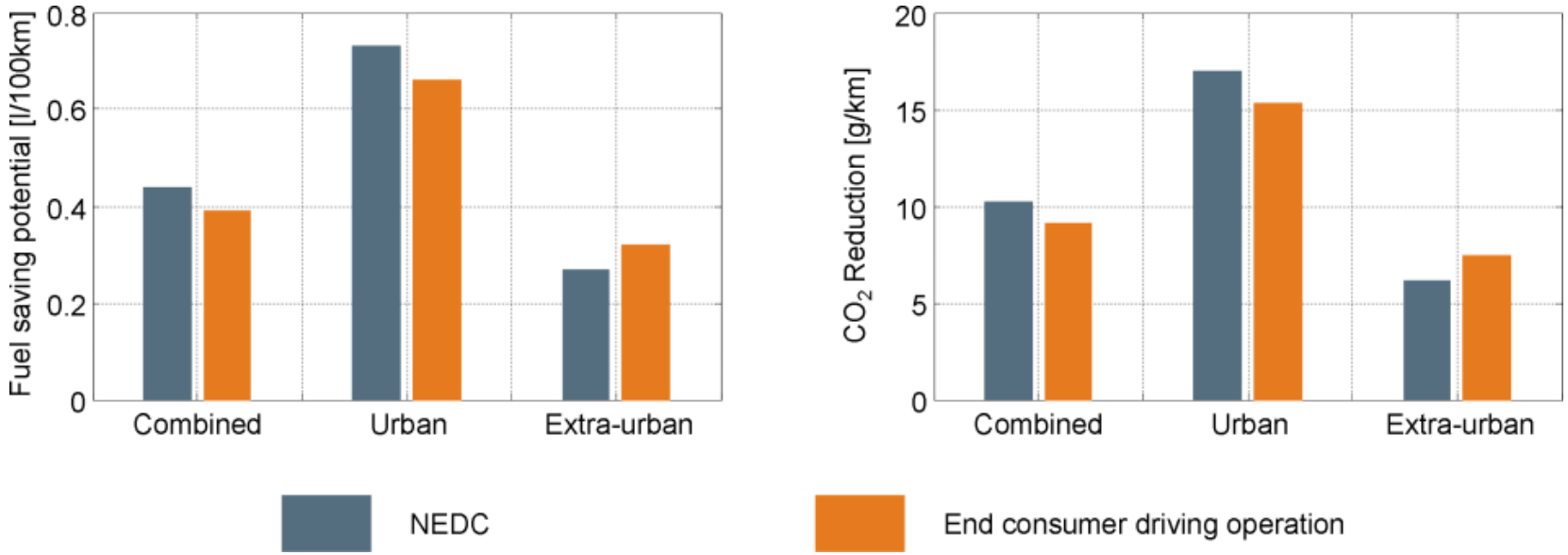


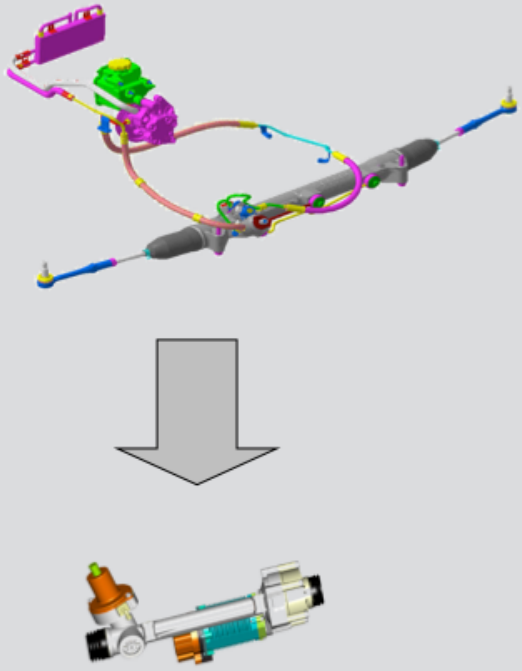
Figure 3: Saving in fuel consumption with EPS compared with conventional hydraulic rack-and-pinion power steering. The results of the NEDC (New European Driving Cycle) and normal driving by the end customer are comparable. Measurements are based on a medium-sized vehicle with a 2.0 l petrol engine.

- Quelle: [Gaedke]

Reduktion des Montageumfangs

Beispiel aus TF Chassis: HPV-Reduktion durch Einsatz Elektrolenkung

Erhebliche Reduktion des Montageumfanges durch Entfall von: Hydraulikleitungen, Ölkühler, Hydraulikpumpe, Öltank



Eingesparte Montageumfänge:

EMO-Umfang (Motorenendmontage) M271 Kostenstelle 230 2

Halter für Servoltg. unterlegen	0,3 min
LHP montieren	1,4 min
ND-Schlauch montieren	0,3 min

Aggregate- bzw. Fahrwerkumfang Kostenstellen 253 5 und 254 5

Anschluß HD/ND-Schläuche incl. Kommissionierung	1,7 min - Kst 254 5
Zusatzumfang Diesel bzw. Benziner	0,6 min - Kst 254 5
Verschrauben HD an Ölwanne / Halter	0,2 + x min (x= 0 - 0,3 min)
Befüllen (ohne Prozeßzeit)	0,57 min - Kst 253 5
Schläuche an Servokühlrohr	1,1 min - Kst 253 5
Servokühlrohr an Kühler	0,27 min - Kst 254 5

Vorkommissioinierung ZSL

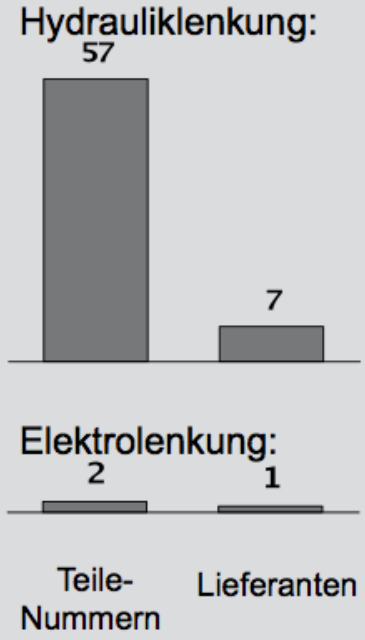
0,5 min Fertigungszeit für Vorkommissionierung ZSL (entspricht 0,375 Euro/Fzg)

HPV-Effekt:

Reduktion der Montageumfänge: - 420 sec

(entspricht einer Einsparung von ca. 5 € pro Fahrzeug)

Teilevielfalt: 211 / 212



Energieverbrauch von elektrischen Lenkungen

- Electric power steering (EPS)
- EPSc
  Basismodell für
  kleinere Fahrzeuge
- EPSdp
  MIttelklasse
- EPSapa
  Oberklasse

Quelle: [Gaedke]

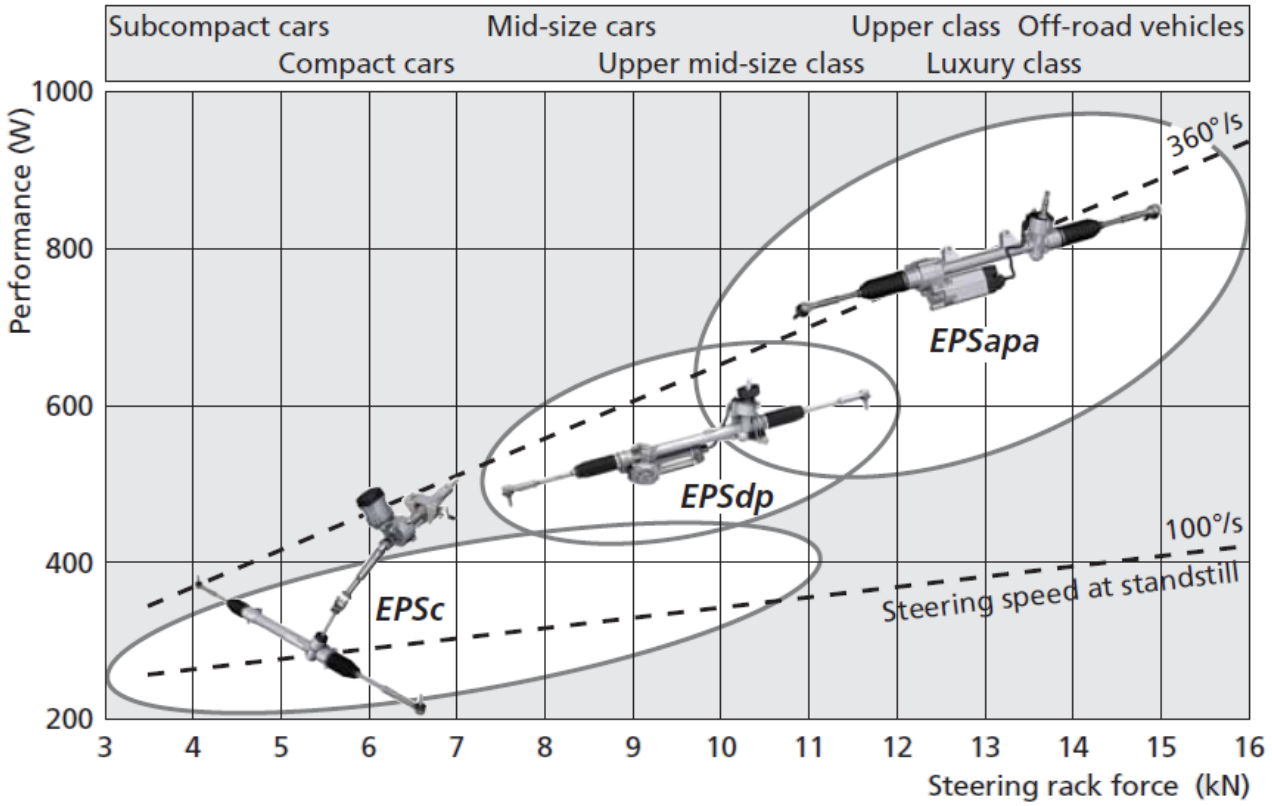


Figure 11: Applications of steering systems in different vehicle and power classes

Variantenbaum Lenkgetriebe im neuen BMW 5er

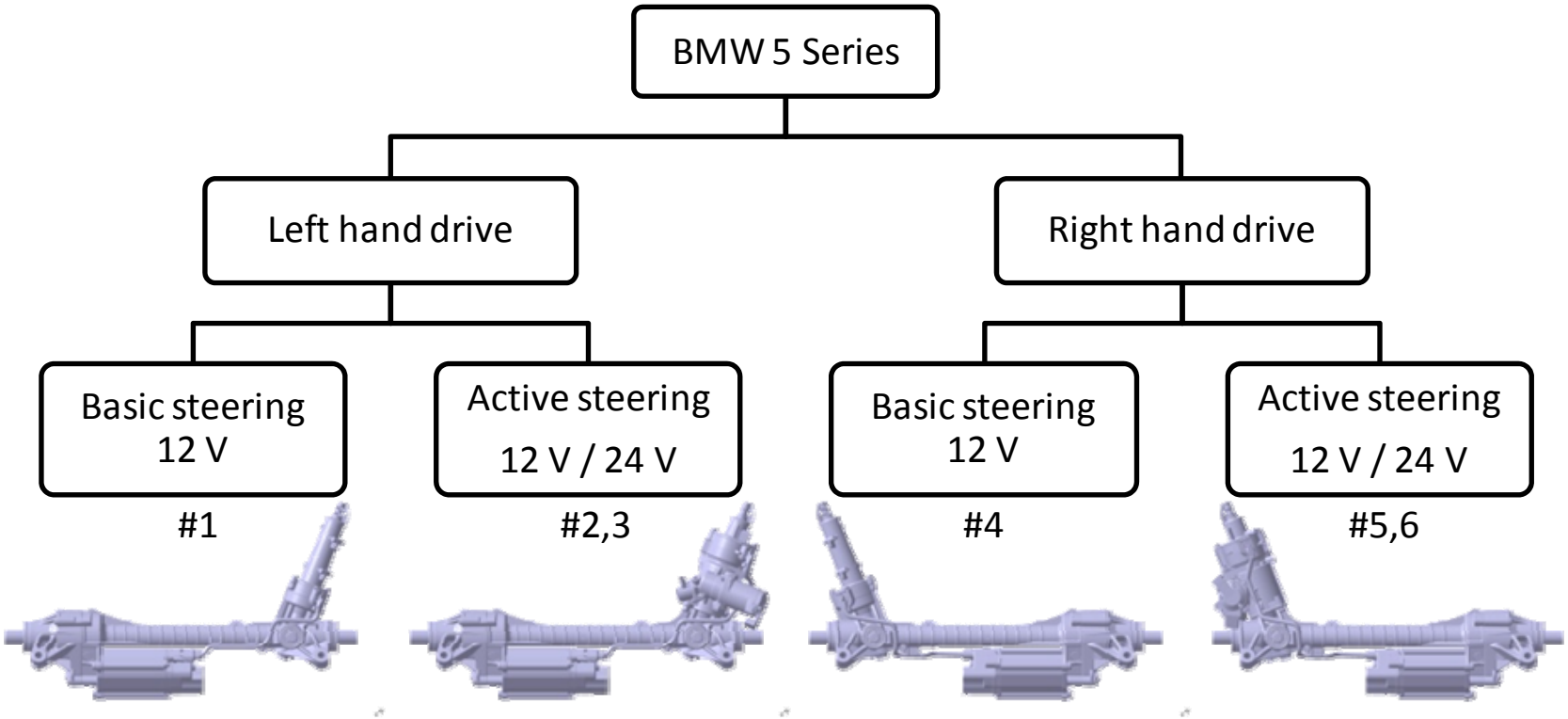


Abbildung 3: Variantenbaum Lenkgetriebe

- Quelle: [Meitinger]

Lenkgetriebebaukasten im neuen BMW 5er

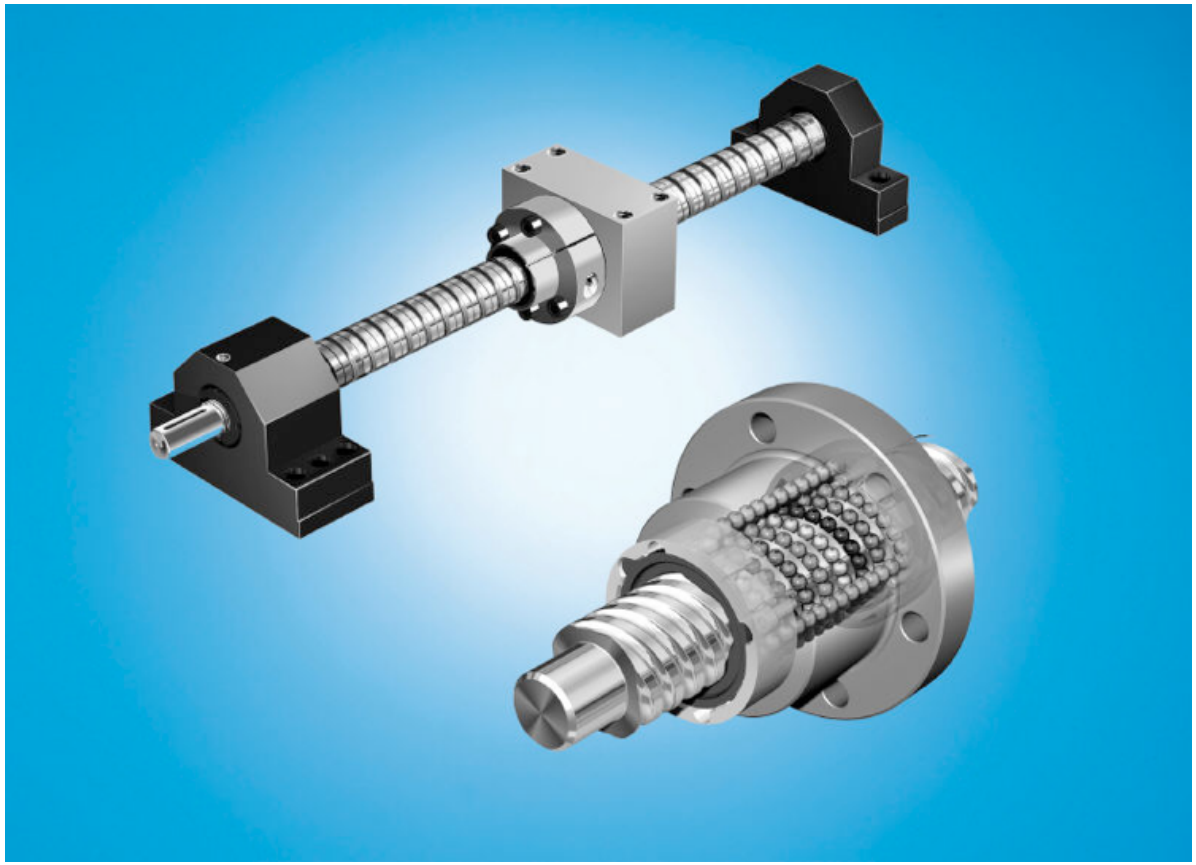
steering system			mechanics								electronics				
			basic housing	ball screw housing	sensor housing	angular actor	rack/pinion	tie rods	belt drive	ball screw	torque sensor	ecu logic	ecu power	motor	motor pulley
left hand drive	basic steering	#1	A	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	active steering 12V	#2	B	A	B	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

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

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).



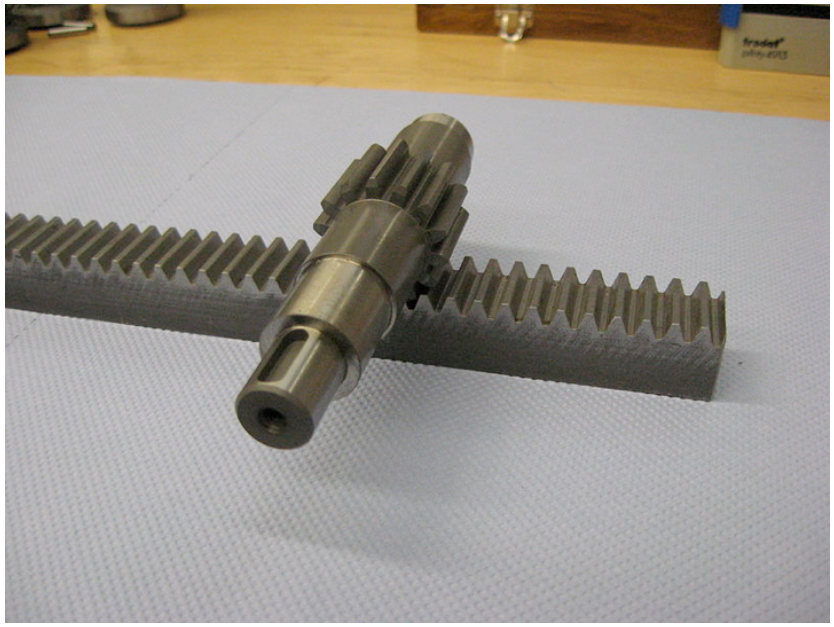
Ähnliches Prinzip: Eines der wichtigsten Werkzeuge

Ähnliches Prinzip: Eines der wichtigsten Werkzeuge

Ähnliches Prinzip: Eines der wichtigsten Werkzeuge

Rack Pinion: Zahnstange

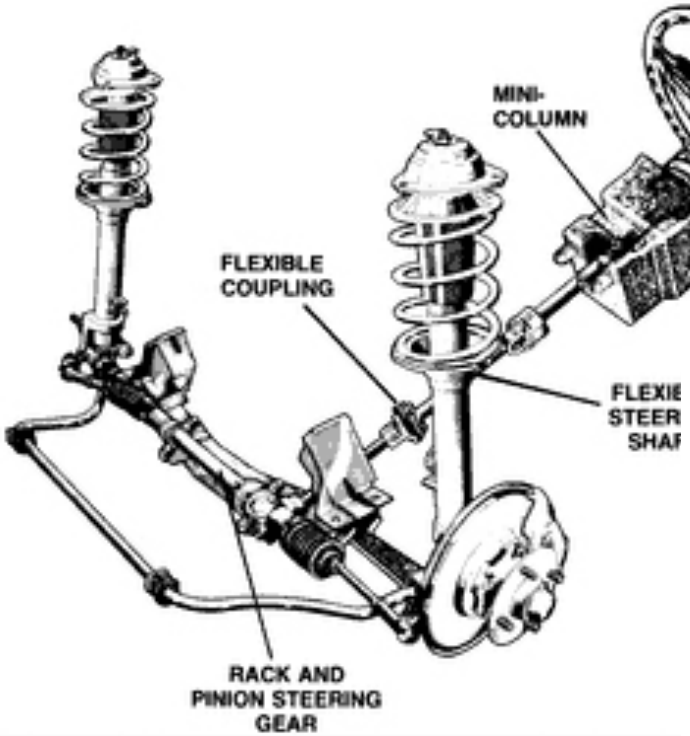
- Die Zahnstange war ursprünglich eine vertikal montierte, technische Vorrichtung mit Zähnen, meist aus Metall, um Gegenstände in verschiedenen Höhen hängen zu können. So wurde z. B. in der Küche die Temperatur in Töpfen über offenen Feuerstellen durch Höhenänderungen an der Zahnstange reguliert.
- Im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

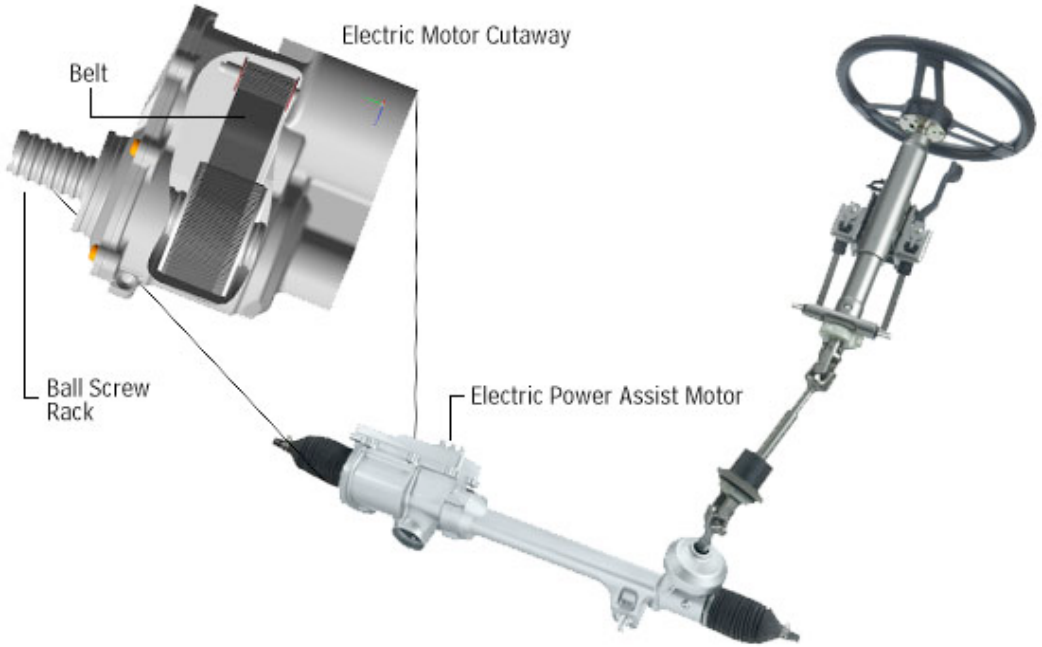


Zahnradbahn

~~Zahnradbahn~~ Standseilbahn

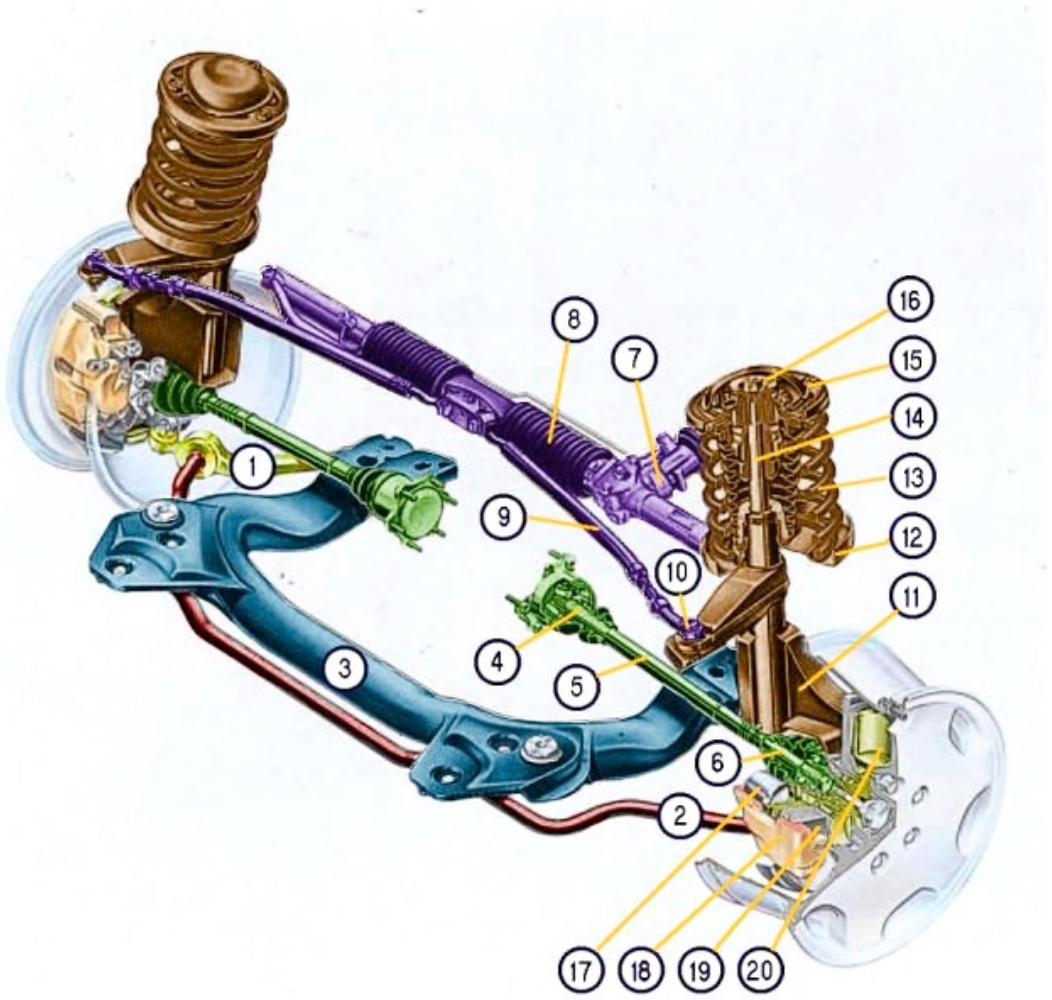
Ball Screw/Kugelgewindetrieb und Rack Pinion/ Zahnstange





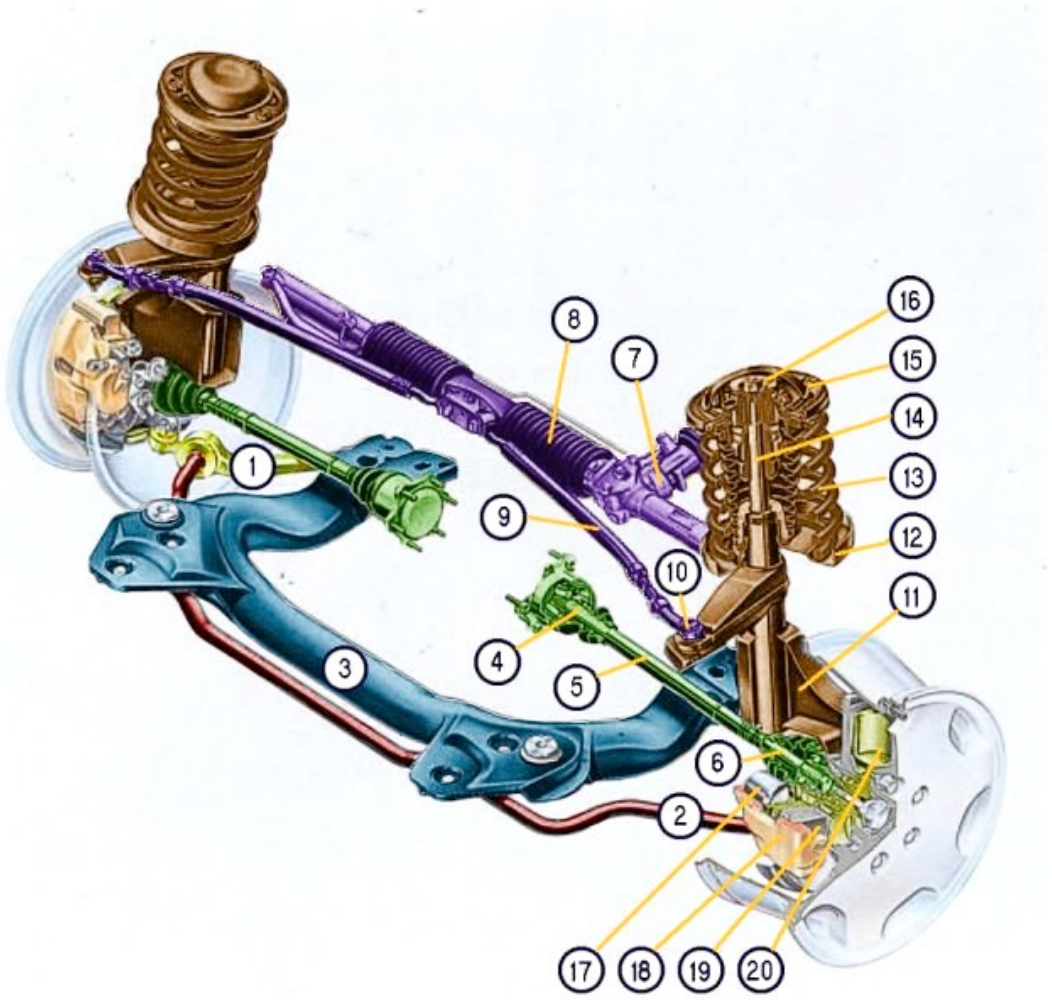
Tie Rod: Spurstange (1)

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)

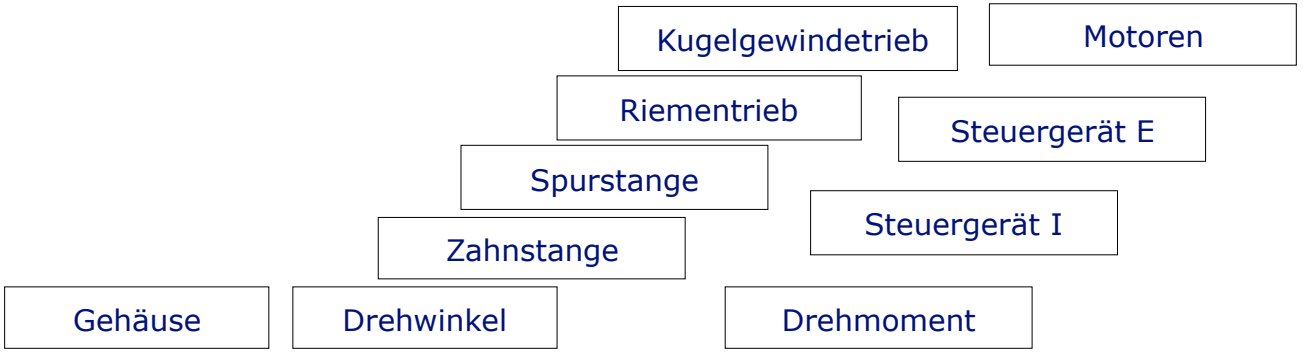


Tie Rod: Spurstange (2)

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 Zweikolbensättel 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

Elektrische Leistungsanforderungen

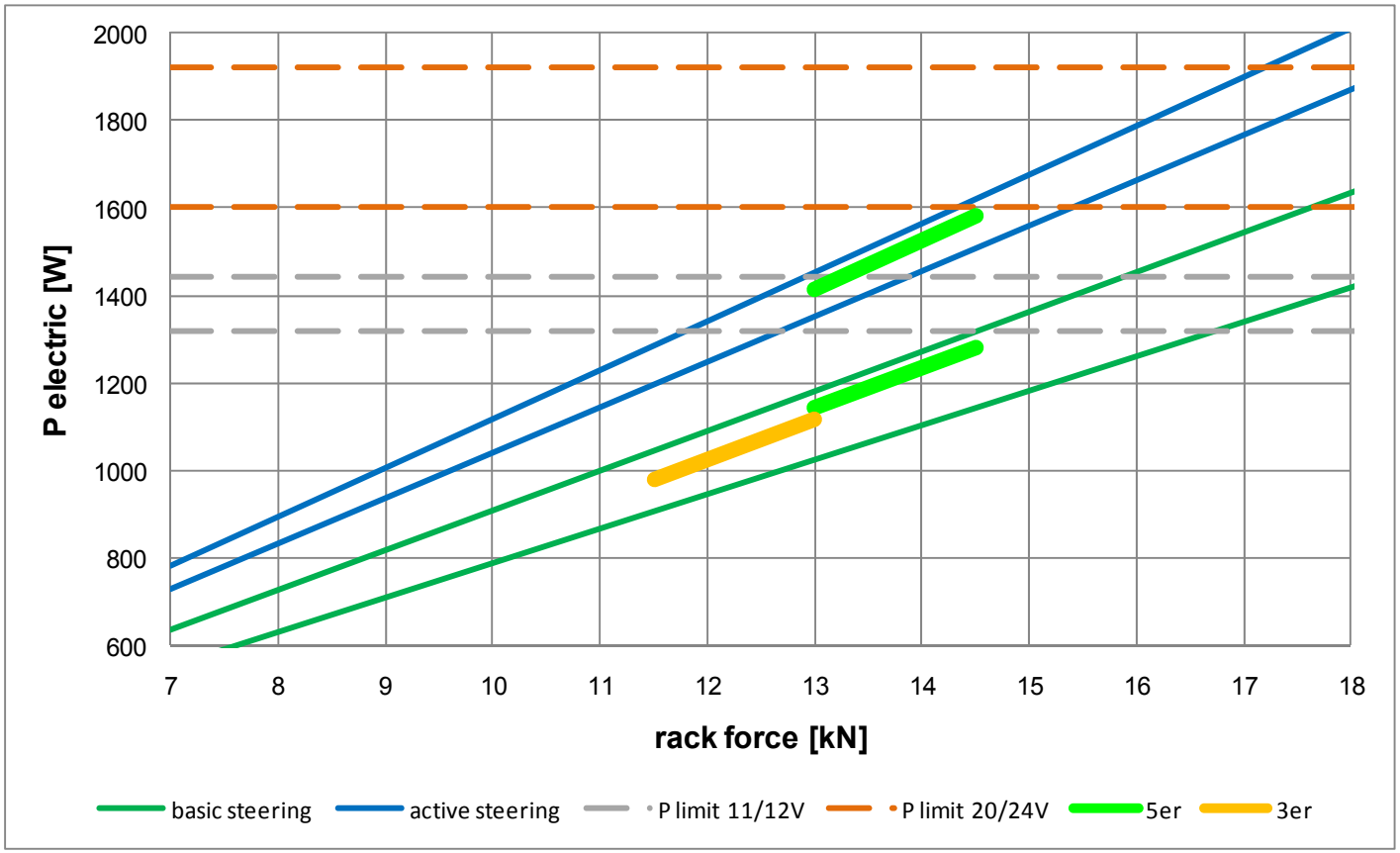


Abbildung 10: elektrische Leistungsanforderungen

- Quelle: [Meitinger]

Basisbordnetz (12V) mit Erweiterung auf 24V

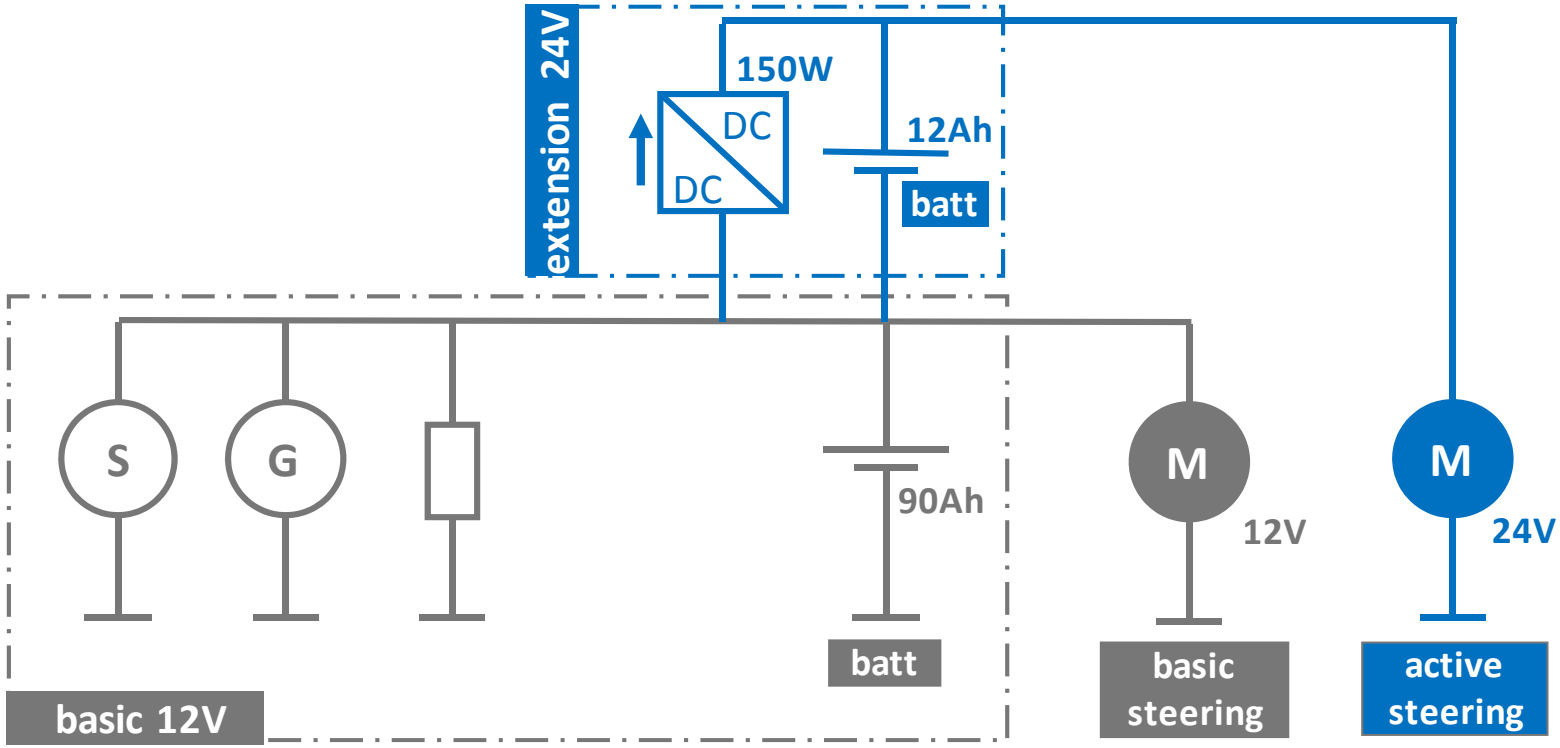


Abbildung 11: Basisbordnetz (12V) mit Erweiterung auf 24V

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

Basisbordnetz (12V) mit Erweiterung auf 24V

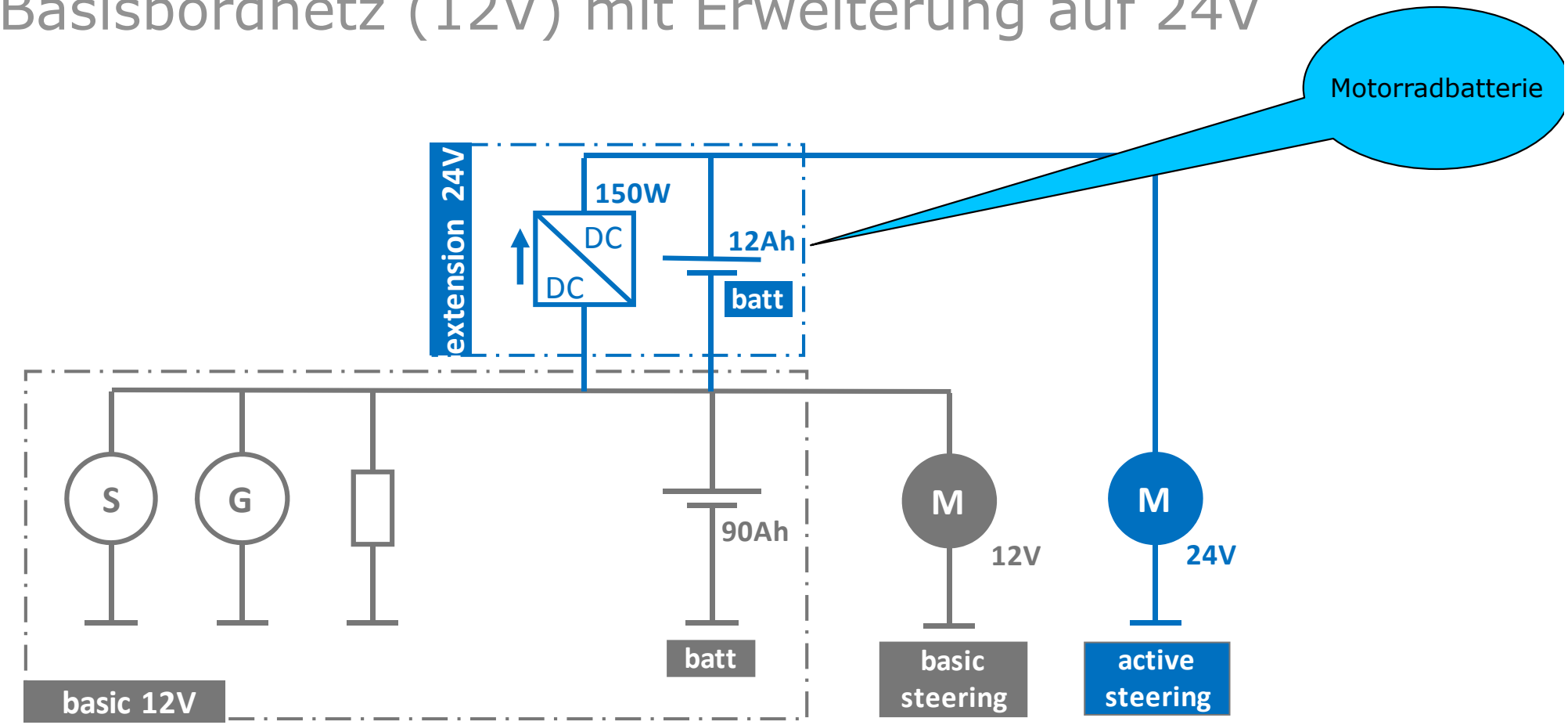


Abbildung 11: Basisbordnetz (12V) mit Erweiterung auf 24V

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

Virtuelle Änderung des Radstandes durch die Hinterachslenkung

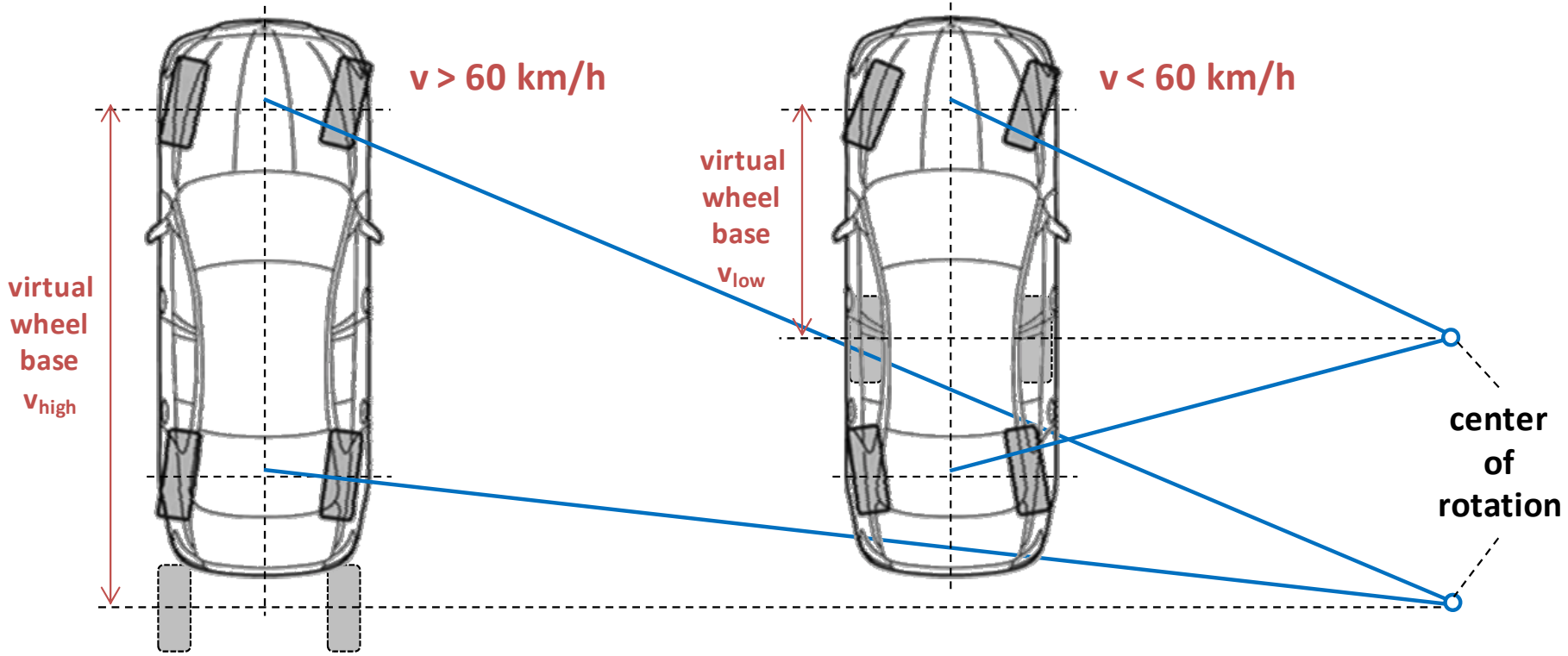


Abbildung 14: Virtuelle Änderung des Radstandes durch die Hinterachslenkung

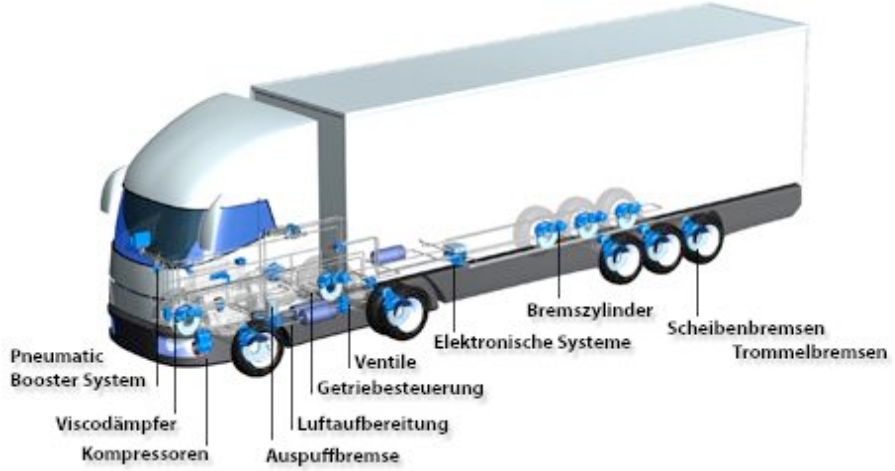
- Quelle: [Meitinger]

5. E/E-Entwicklung

1. Bussysteme im Automobil
    1. Einführung
    2. Architektur serieller Bussysteme
    3. Serielle Bussysteme im Kfz
2. **Mechatronik-Entwicklungen im Automobil**
    1. Grundlagen
    2. X-by-Wire
    3. Elektromechanische Lenkungen
    4. **Elektromechanische Bremsen**
3. Technologien und Bauteile
    1. Kabelbaum und Energiebordnetze
    2. Halbleitertechnologie
    3. Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Bremssysteme

- Durch jahrzehntelange Erfahrung im Bereich der Bremstechnologie und weltweite Entwicklungsaktivitäten verfügt Knorr-Bremse über umfassende fachliche Kompetenz und Innovationskraft in den vier Haupttechnologien Pneumatik, Mechanik, Elektronik und komplexe Regelungstechnik.
- Moderne Entwicklungswerkzeuge, Simulationsverfahren sowie intensive und kompromisslose Erprobung gewährleisten extrem robuste Systeme, die auch unter härtesten Bedingungen sicher und zuverlässig funktionieren.



- Quelle: http://www.knorr-bremse.de/de/commercialvehicles/products_1/systems/systems_1.jsp

Pneumatik

- Druckluft ist das wichtigste Arbeitsmedium im Nutzfahrzeug-Bereich. Sie wird durch den Kompressor erzeugt, über die Luftaufbereitungseinheit zu den Druckluftbehältern geleitet und dort gespeichert.
- Bei einer Bremsung oder Beladungsänderung wird die Druckluft über Steuerventile bzw. Steuermodule zu den Bremszylindern bzw. Federungsbälgen geleitet, und dies bei Systemdrücken über 10 bar.

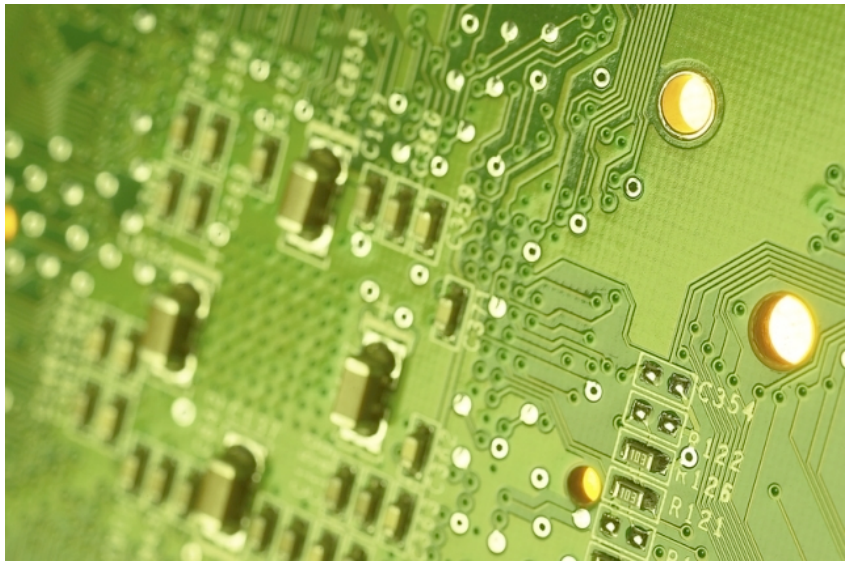
- Quelle: http://www.knorr-bremse.de/de/commercialvehicles/products_1/systems/systems_1.jsp

Mechanik

- Die eigentliche Bremsleistung wird mechanisch erbracht. Scheibenbremsen von Knorr-Bremse mit einem Systemgewicht von unter 50 kg erzeugen gegenwärtig eine Zuspannkraft von 300 kN und eine Spitzenleistung von 900 kW.
- Mit der Einführung der pneumatisch zugespannten Scheibenbremse in den Nutzfahrzeug-Markt hat Knorr-Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge neue Standards gesetzt. Durch überzeugende Einsatzvorteile steigt der Ausrüstungsgrad in Lkws, Sattelzugmaschinen, Bussen und Anhängern weiter an.

- Quelle: http://www.knorr-bremse.de/de/commercialvehicles/products_1/systems/systems_1.jsp

Elektronik und Komplexe Regelungstechnik



- Die Elektronik hat in modernen Brems-, Sicherheits- und Federungssystemen für Nutzfahrzeuge viele Bereiche der Pneumatik substituiert.
- Mit den im Millisekundenbereich liegenden Steuerzeiten elektronischer Steuergeräte werden Stellbefehle beispielsweise zu den entsprechenden Ventilen und Modulen geleitet. So können Brems- und Fahrverhalten blitzschnell neuen Situationen angepasst werden - daraus resultieren extrem verbesserte Standards bezüglich Fahrzeugstabilität, Bremskontrolle, Fahrkomfort und vor allem Fahrsicherheit.
- Komplexe Regelungstechnik
  Knorr-Bremse hat seit über 100 Jahren Erfahrung in der Regelung von komplexen, pneumatischen Regelsystemen. Diese werden zunehmend auch außerhalb von Brems- und Federungssystemen, z.B. im Powertrain, nutzbringend eingesetzt.
- Quelle: http://www.knorr-bremse.de/de/commercialvehicles/products_1/systems/systems_1.jsp

Bremssysteme

Art der Bremse	**Charakterisierung**
Mechanisch	Direkte Betätigung der Bremse über Seilzug
Hydraulisch	Bremssignal geht mechanisch an Hydraulikeinheit „Bremskraftverstärker“
Pneumatisch	Bremssignal geht mechanisch an Pneumatikeinheit
Elektromechanisch	Bremssignal geht elektronisch an Elektromotoren
Elektrohydraulisch	Bremssignal geht elektronisch an Hydraulikeinheit
Elektropneumatisch	Bremssignal geht elektronisch an Pneumatikeinheit
Hybrid	Kombination z. B. aus Elektrohydraulischer und elektromechanischer Bremse

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 Pedalgefühlsimulator 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

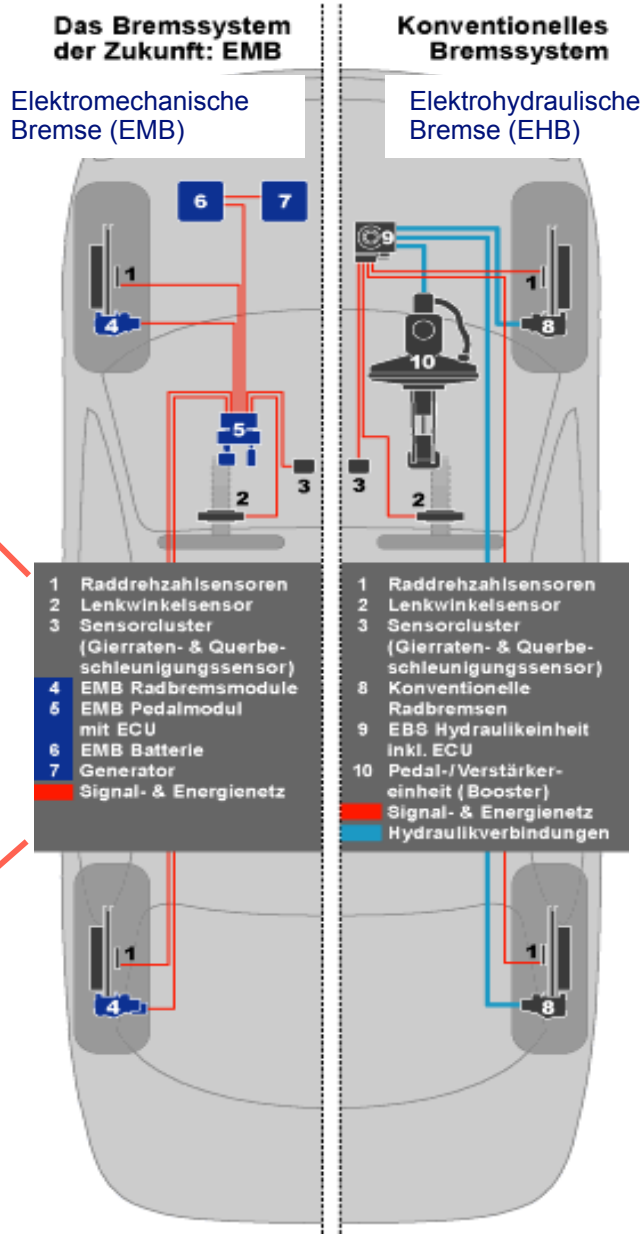
Die Elektromechanische Bremse EMB

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 Pedalgefühlsimulator 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

	EMB	EHB
1	Raddrehzahl-sensoren	Raddrehzahl-sensoren
2	Lenkwinkelsensor	Lenkwinkelsensor
3	Sensorcluster (Gierraten- & Querbeschleuni-gungssensor)	Sensorcluster (Gierraten- & Querbeschleuni-gungssensor)
4	EMB Radbremsmodule	
5	EMB Pedalmodul mit ECU	
6	EMB Batterie	
7	Generator	
8		Konventionelle Radbremsen
9		EBB Hydraulikeinheit mit ECU
10		Pedal- / Verstärkereinheit (Booster)
	Signal- & Energienetz	
		Hydraulik-verbindungen



Hybrid-Bremssystem

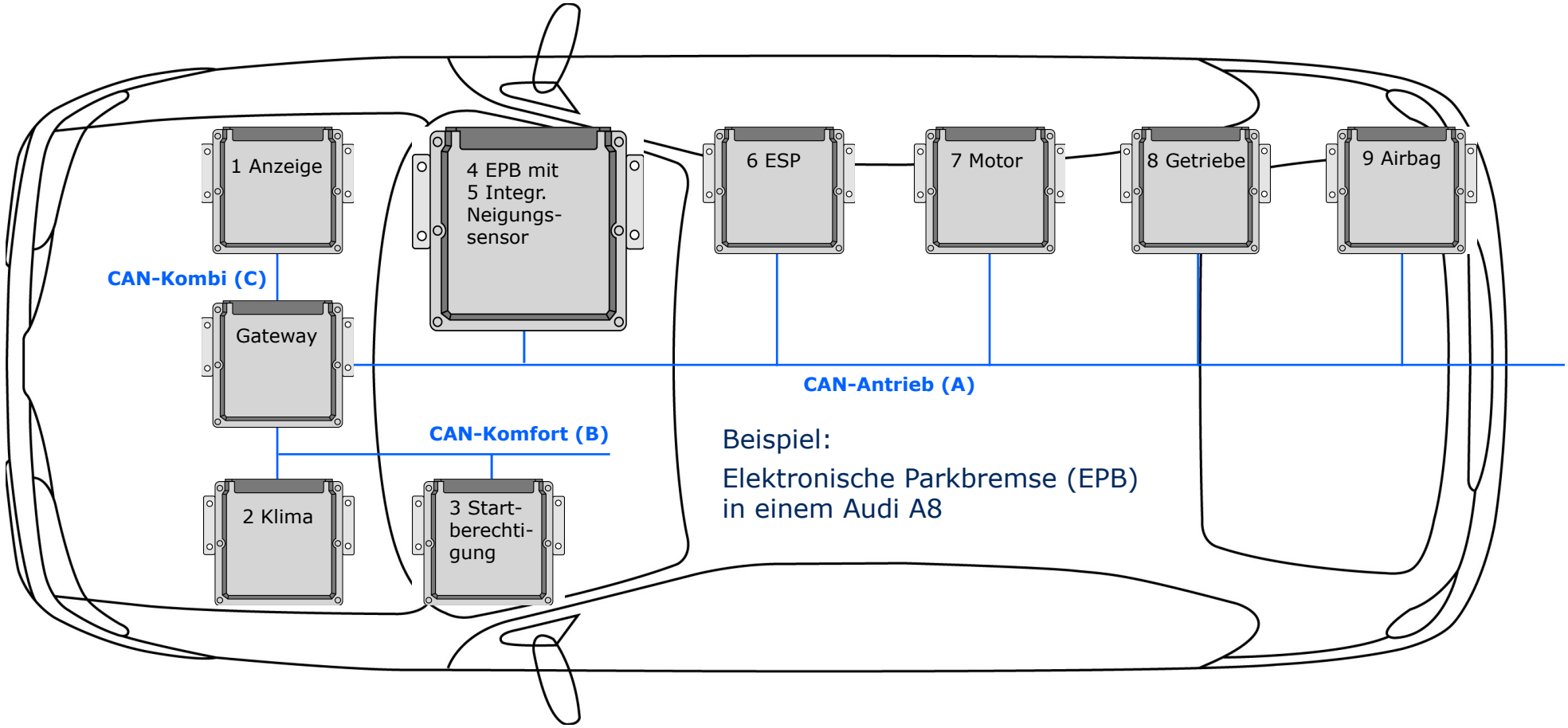
Das Hybrid-Bremssystem ist der Lösungsansatz für Fahrzeuge, deren Bordnetz noch nicht für eine rein trockene Elektromechanische Bremse (EMB) an allen 4 Rädern ausdimensioniert ist.

Da an den Hinterrädern bereits EMB-Radbremsmodule 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

Vernetzung der Steuergeräte



- Quellen:
  T. Trautmann: Grundlagen der Fahrzeugmechatronik, Vieweg+Teubner Verlag, 2009. (Struktur)
  J. Schäuffele,Th. Zurawka: Automotive SW Engineering, Vieweg+Teubner, 4. Auflage, 2010. (Grafiken)