

ELEKTRISCHE SYSTEME IM KRAFTFAHRZEUG

汽车电子系统

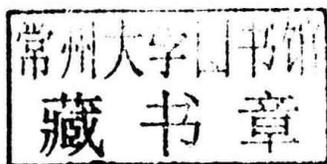
钟再敏 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

Technisches Deutsch für Fahrzeugelektrotechnik 汽车电子专业德语讲义

Elektrische Systeme im Kraftfahrzeug 汽车电子系统

钟再敏 主编



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是汽车电子技术方向的专业德语培训教材。书中精选现代汽车电子领域的科技论文，内容涵盖基础电工电子学、汽车动力控制、底盘控制和车身电子控制。本书强调专业词汇的准确翻译并给出了重点词汇在文中的释义，对重点章节还给出了全文翻译。本书还可作为相关技术领域的科技德语课外辅助阅读材料，也可作为车辆工程技术领域的参考书目。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

汽车电子系统：汉、德 / 钟再敏主编. —北京：北京理工大学出版社，2018.4
ISBN 978-7-5682-5514-1

I. ①汽… II. ①钟… III. ①汽车-电子系统-教材-汉、德
IV. ①U463.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 068148 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中画美凯印刷有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 11

字 数 / 195 千字

版 次 / 2018 年 4 月第 1 版 2018 年 4 月第 1 次印刷

定 价 / 34.00 元

责任编辑 / 梁铜华

文案编辑 / 梁铜华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换



前言

汽车电子已经成为汽车行业和车辆工程学科的重要基础。

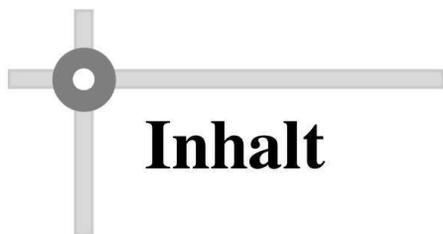
传统意义上我们一般认为汽车电子属于嵌入式控制系统，并根据功能划分为动力控制系统、底盘控制系统、车身电子系统和信息娱乐电子等四个主要类别。随着汽车电动化和智能化的兴起和技术进步，汽车电子的内涵不断丰富。动力系统电动化过程中，引入电机实现机电能量转换、引入动力电池实现电能存储，汽车电子实质上已经由嵌入式控制扩展到电力电子、电化学领域；而无人驾驶和汽车网联技术的快速发展又进一步丰富了汽车电子的内涵，将其扩展到信息科技和互联网技术领域。如今，汽车电子是汽车技术创新的重要手段和技术特征。

在此背景下，汽车电子相关专业人才需求旺盛。编者长期从事汽车电子方向的教学和科研工作，尤其关注汽车电子专门复合人才的培养和成长。在科技德语教学过程中，我们注意到，汽车电子相关的德语教材和参考书目在国内基本是空白。因此，在此前几年试用讲义的基础上，编者整理出版了本书。

本书为车辆工程和汽车电子专业方向的科技德语教材，主要摘编了电子技术基础、汽车动力和电驱动系统、底盘和车身电子等方面的德语科技论文。书中给出了重点专业词汇在文章中的释义，并对重点段落进行了全文翻译。本书也可以作为车辆工程专业领域的课外阅读材料和工程技术人员的参考书目。

本书稿编撰过程中得到了吴海康博士、龚静同学的帮助，在此一并感谢。因水平有限，疏漏在所难免，请读者不吝批评指正。

编者



Inhalt

I	Grundlagen der Fahrzeugelektrotechnik	1
I -A	Grundlagen der Elektrotechnik - Elektrischer Strom	1
I -B	Bussysteme, Vernetzungen, verteilte Systeme Grundlagen der Datenkommunikation	6
II	Antriebssysteme	10
II -A	Motormanagement - Funktionen	10
II -B	Getriebesteuerung - Funktionen und Software	22
II -C	Motor-Getriebe-Schnittstelle für mehr Vergleichbarkeit und Transparenz	33
III	Hybridfahrzeugtechnik	42
III -A	Der neue Touareg Hybrid	42
III -B	Jetzt auch noch Hybridantriebe bei Flurförderzeugen?	52
IV	Chassis	66
IV -A	Elektrisch lenken Notwendige Effizienzsteigerungen im Oberklassesegment	66
IV -B	Elektronisches Bremssystem für Straßenfahrzeuge	79
IV -C	Karosserieelektronik und Infotainment	87
Anhang I	Glossar	98
Anhang II	Textübersetzungen	146

I Grundlagen der Fahrzeugelektrotechnik

I-A Grundlagen der Elektrotechnik - Elektrischer Strom

Zunächst ist unter dem Begriff <elektrischer Strom> nichts Konkretes vorstellbar. Allerdings kann er fast überall an seinen Wirkungen erkannt werden. So ist bekannt, dass in einer Leitung oder in einem elektrischen Gerät Strom <fließt> - erkennbar beispielsweise am Aufleuchten der Ladekontrolllampe oder der Fahrscheinwerfer. Der Starter erhält Strom von der Batterie, dreht sich und lässt den Motor anspringen, oder der elektrische Zigarettenanzünder wird benutzt, indem dessen Heizspirale vom Batteriestrom zum Glühen gebracht wird. Jeder Autofahrer weiss, dass die Sicherung durchbrennt, wenn ein Kurzschluss in einer Leitung auftritt. Die Fahrzeugbatterie muss aufgeladen werden: Das besorgt der Ladestrom des Generators; und die Zeiten der von Hand betätigten Hupe sind längst vorüber: ein elektrisches Signalhorn ist an ihre Stelle getreten.

Alle diese und viele andere Anwendungen des elektrischen Stroms und seiner Messung finden ihren Ursprung in seinen Wirkungen. Diese sind:

- das Magnetfeld, das einen stromdurchflossenen Leiter umgibt,
- die Erwärmung, die ein stromdurchflossener Leiter erfährt,
- die elektrochemische Wirkung und
- die elektrische Leitfähigkeit der Gase.

1 Nachweis des Magnetfeldes

Wird eine Kompaßnadel in die Nähe der Pole eines Hufeisenmagneten gebracht, so wird sie von ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt. Das Magnetfeld,

das den Hufeisenmagneten umgibt, übt also eine Kraft auf die Kompaßnadel aus.

In der Nähe eines stromdurchflossenen geraden Leiters, beispielsweise eines Kupferstabs, wird die Kompaßnadel ebenfalls abgelenkt und gezwungen, sich stets quer zum Leiter einzustellen. Die Schlußfolgerung: Ein stromdurchflossener Leiter ist ebenfalls von einem Magnetfeld umgeben (Bild 1.1), das Kräfte auf die Kompaßnadel ausübt.

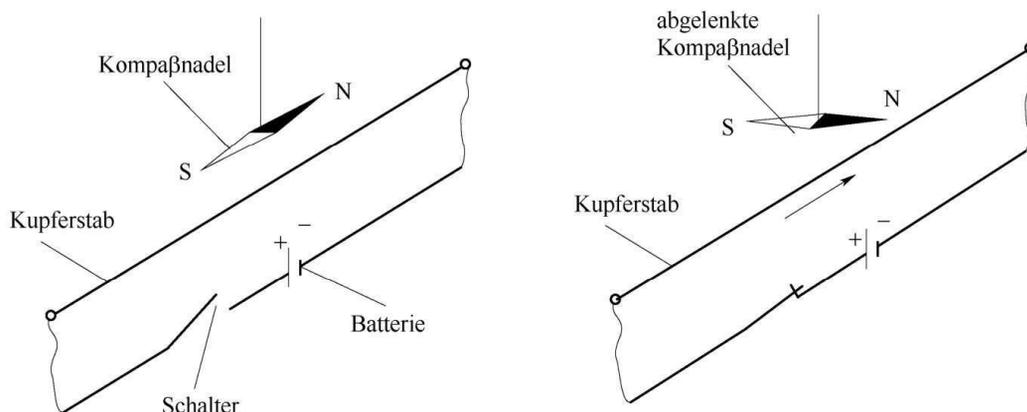


Bild 1.1 Stromdurchflossener gerader Leiter mit abgelenkter Kompaßnadel (Robert Bosch GmbH)

Wird durch Aneinanderreihen von vielen Windungen eines Drahtes eine Spule gebildet, so ist an der Ablenkung der Kompassnadel zu erkennen, daß auch die stromdurchflossene Spule von einem Magnetfeld umgeben ist.

Wird ein Kupferstab trapezförmig so aufgehängt, daß er zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten schwingen kann (Bild 1.2) und dabei von Strom durchfließen, so treibt ihn eine ablenkende Kraft aus seiner Ruhelage heraus. Wird eine Spule zwischen den Polen eines Magneten drehbar angebracht, so wird sie in dem Augenblick,

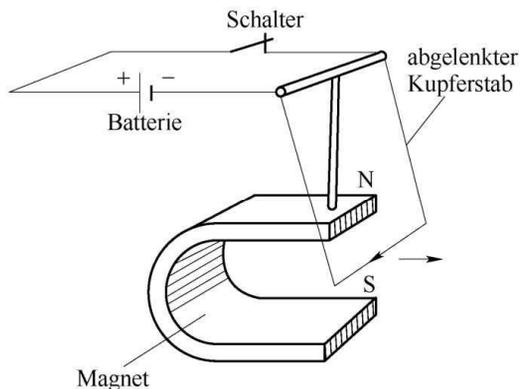


Bild 1.2 Stromdurchflossener gerader Leiter im permanenten Magnetfeld (Robert Bosch GmbH)

in dem sie vom Strom durchflossen wird, aus ihrer Ruhelage herausgedreht, bis sich ihre Windungsebene senkrecht zur Verbindungslinie der Pole einstellt (Bild 1.3). Daraus leitet sich ab, daß zwischen dem Magnetfeld des Magneten einerseits und dem des stromdurchflossenen Kupferstabs bzw. der Spule andererseits Kräfte wirken, die die Lage der beweglichen Teile verändern.

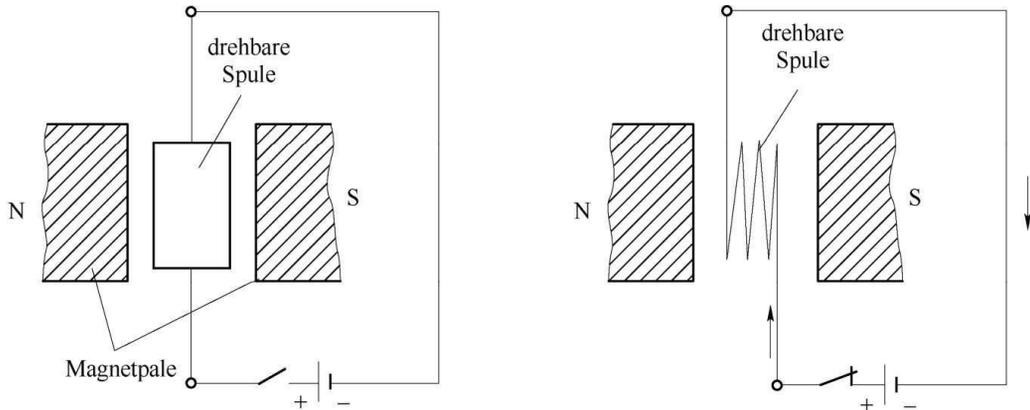


Bild 1.3 Stromdurchflossene Spule im permanenten Magnetfeld (Roben Bosch GmbH)

Bekannt ist, daß sich um eine stromdurchflossene Spule ein Magnetfeld ausbildet. Wird nun der Magnet selbst ebenfalls durch eine Spule und deren Magnetfeld ersetzt, kann mit dieser feststehenden Spule eine andere, bewegliche Spule in Drehung versetzt werden, wenn durch beide Strom geleitet wird. Die bewegliche Spule wird durch die Wechselwirkung der Magnetfeldkräfte beider Spulen gedreht (Bild 1.4), bis sich die Windungen der beweglichen Spule parallel zu denjenigen der feststehenden gestellt haben.

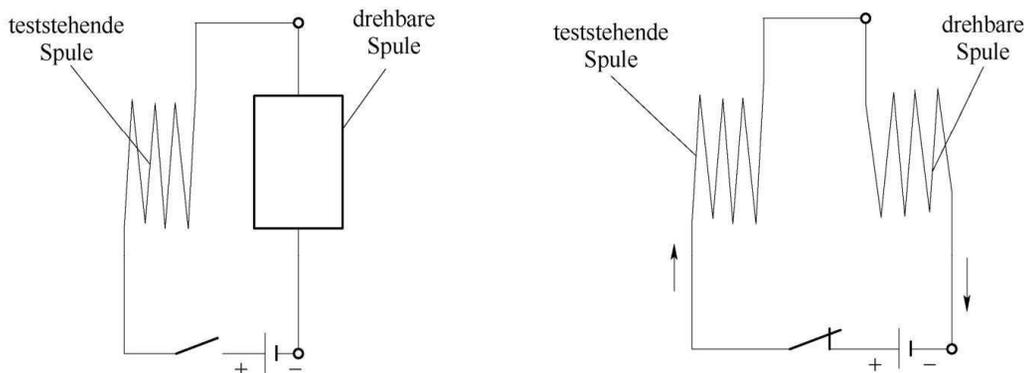


Bild 1.4 Kräftewirkung zwischen stromdurchflossener fester Spule und drehbarer Spule (Robert Bosch GmbH)

4 Elektrische Systeme im Kraftfahrzeug

Genauso wie ein Stück weiches Eisen von den Polen des Hufeisenmagneten angezogen wird, wird es auch vom Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule angezogen (Bild 1.5). Diese Wirkung eines stromdurchflossenen Leiters oder einer Spule wird im Gegensatz zu den magnetischen Wirkungen eines Hufeisenmagneten (Dauer- oder Permanentmagneten) elektromagnetische Wirkung genannt. Auf ihr beruhen die Wirkungsweisen der meisten elektrischen Geräte im Kraftfahrzeug, wie beispielsweise des Generators, des Reglers, des Starters, der elektromagnetischen Schalter usw.

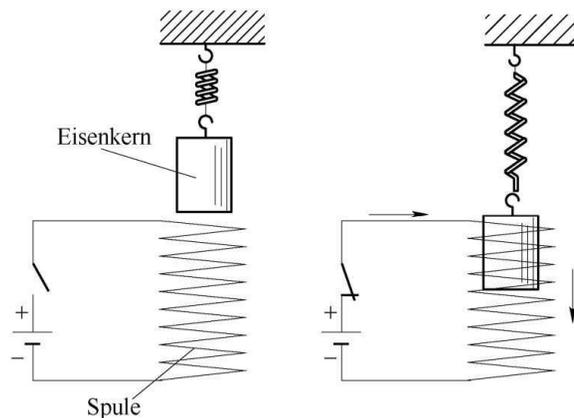


Bild 1.5 Eisenkern wird von stromdurchflossener Spule angezogen (Robert Bosch GmbH)

2 Nachweis der Erwärmung

Eine weitere Wirkung des elektrischen Stroms ist die Erwärmung des Leiters, die bis zum Glühen gesteigert werden kann. Dabei dehnt sich der Leiter aus, was an einem dünnen Kupferdraht beobachtet werden kann (Bild 1.6), der in der Mitte durch ein Gewicht belastet ist. Bei den Glühlampen der Scheinwerfer werden die kleinen Wendel durch den Strom bis zur Weißglut erhitzt, bei einem Zigarettenanzünder dagegen genügt schon helle Rotglut.

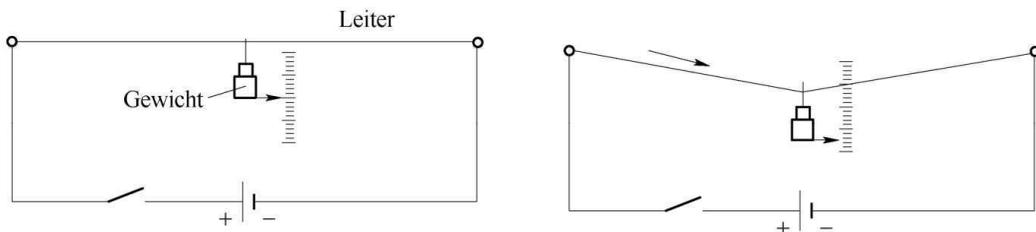


Bild 1.6 Ausdehnung eines erwärmten Stromleiters (Robert Bosch GmbH)

3 Nachweis der elektrochemischen Wirkungen des Stroms

Elektrochemische Wirkungen des Stroms treten beim Stromdurchgang durch leitende Flüssigkeiten, sogenannte Elektrolyte, auf. Werden in ein Glas Wasser, in dem einige Tropfen Schwefelsäure gelöst wurden, zwei Metallplatten als Stromzuführungen, sogenannte Elektroden, getaucht (Bild 1.7), so steigen beim Stromdurchgang durch das Wasser an den Platten Gasbläschen auf, die sich als Sauerstoff- und Wasserstoffgas nachweisen lassen. Das Wasser (H_2O) wird elektrolytisch in seine Bestandteile zerlegt.

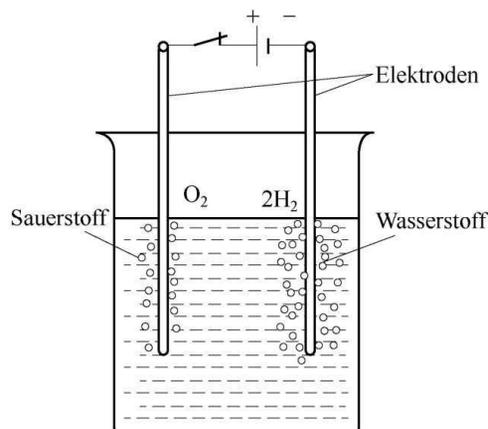


Bild 1.7 Elektrolyse des Wassers (Robert Bosch GmbH)

Fließt Strom durch ein elektrolytisches Silberbad, so scheidet sich an einer der beiden Elektroden Silber ab. In diesem Fall besteht also die elektrochemische Wirkung des Stroms in der Ausscheidung eines Metalls. Die Wirkungsweise der Bleibatterie beruht während des Ladevorgangs ebenfalls auf der elektrochemischen Wirkung des Stroms. Die so in der Fahrzeugbatterie aufgespeicherte elektrochemische Energie wird während der Entladung in elektrische Energie umgeformt und an die Verbraucher abgegeben.

4 Nachweis der elektrischen Leitfähigkeit von Gasen

Neben Metallen und Flüssigkeiten, den Elektrolyten, können auch Gase den elektrischen Strom leiten. Beim Durchgang des Stroms durch ein mit verdünntem Edelgas, beispielsweise Neon oder Helium, gefülltes Glasrohr entsteht ein starkes Leuchten in dessen Inneren. Von den leuchtenden Lichtreklamen her ist diese Erscheinung bekannt. Die Schlußfolgerung daraus ist, daß die einzelnen

Gasteilchen durch den Stromfluß im Glasrohr eine Veränderung erfahren. Ein Funkenüberschlag zwischen zwei Platten oder Spitzen, den Elektroden, ist ebenfalls nichts anderes als ein Stromdurchgang durch die Luft oder durch ein Gasgemisch. Als Beispiel dafür sei der Funkenüberschlag an den Kerzenelektroden einer Zündkerze genannt, durch den das Luft-Kraftstoff-Gemisch im Brennraum des Motors entzündet wird.

(Verkürzt aus: J. Kasedorf, *Elektrische Systeme im Kraftfahrzeug*, ISBN 10:3802314964/3-8023-1496-4/ISBN 13: 9783802314964, Verlag: Vogel, Erscheinungsdatum: 1995)

I-B Bussysteme, Vernetzungen, verteilte Systeme Grundlagen der Datenkommunikation

1 Einführung in die Datenkommunikation

Mit der Einführung elektronischer Steuergeräte im Kraftfahrzeug können Funktionen realisiert werden, die mit mechanischen, hydraulischen oder elektrischen Komponenten entweder gar nicht oder nur aufwändig und damit teuer umsetzbar sind. Die Realisierung von Funktionen zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen sowie zur Erhöhung der Sicherheit und des Fahrkomforts stellen hohe Anforderungen an die technische Kompetenz der Fahrzeugentwickler und ihrer Zulieferer. In den 70er Jahren hatte jede elektrische oder elektronische Komponente eine explizit zugewiesene Funktion, und die Komponenten arbeiteten unabhängig voneinander. Steigende Komplexität der Funktionen machte schließlich den Einsatz softwarebasierter Steuergeräte (Electronic Control Unit ECU) und schließlich den Austausch von Daten (Datenkommunikation) zwischen den Steuergeräten erforderlich. Heute werden viele Funktionen nicht mehr von einem einzelnen Steuergerät realisiert, sondern sind auf mehrere Steuergeräte verteilt. Man spricht von verteilten Funktionen, verteilten Regelungen und verteilten Systemen (siehe Bild 1.8).

Beispielsweise kommuniziert das Getriebesteuergerät mit dem Motorsteuergerät, um durch Verstellen des Zündzeitpunktes den Komfort beim Schalten zu verbessern oder das Steuergerät für die Antriebsschlupfregelung mit dem Motorsteuergerät, um

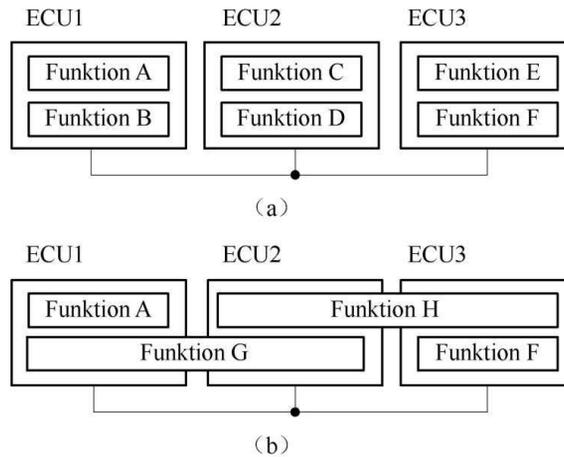


Bild 1.8 Datenkommunikation:

(a) Vernetzung von Steuergeräten; (b) verteilte Funktionen (ECU: Steuergerät)

beim Schlupf der Antriebsräder das Drehmoment zu reduzieren. Die Klimaanlage benötigt die Motortemperatur, die Innenraumtemperatur und die Außentemperatur, um den Innenraum des Fahrzeugs entsprechend dem Fahrerwunsch zu klimatisieren. Zudem werden die Temperaturen dem Fahrer angezeigt. Das ACC-Steuergerät (Adaptive Cruise Control) kommuniziert mit Motor- und Getriebe-Steuergerät und im Bedarfsfall auch mit dem Bremsregelungs-Steuergerät, um den jeweils erforderlichen Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug zu regeln.

Nicht nur die Umsetzbarkeit verteilter Funktionen spricht für die Datenkommunikation. Viele Informationen (z.B. Fahrzeuggeschwindigkeit, Drehzahlen Temperaturen) werden als Eingangsgrößen nicht nur für eine, sondern für mehrere Funktionen, also auch von mehreren Steuergeräten benötigt. Durch Datenkommunikation zwischen den Steuergeräten müssen diese Informationen nur einmal berechnet oder erfasst werden, so dass Sensoren und Rechenleistung eingespart werden können. Zum Beispiel wird die vom ABS-Steuergerät aus den Signalen der Raddrehzahlsensoren ermittelte Geschwindigkeit des Fahrzeugs vom Kombi-Instrument zur Anzeige gebracht, aber auch vom Navigationssystem, dem Motorsteuergerät, dem Getriebesteuergerät, der Geschwindigkeitsregelung und vom Radio (zum Einstellen der geschwindigkeitsabhängigen Lautstärke) benötigt.

Für die Datenkommunikation müssen die Steuergeräte physikalisch miteinander verbunden werden. Die Verbindung zwischen den Steuergeräten im Fahrzeug wird als Vernetzung bezeichnet. Dabei wird zwischen Netzwerken mit paralleler und serieller Datenkommunikation unterschieden.

Vereinfacht dargestellt, wird bei paralleler Datenkommunikation für jedes Bit einer Nachricht eine Übertragungsleitung benötigt, während die Daten bei serieller Datenkommunikation über eine einzelne Leitung hintereinander übertragen werden. Serielle Netzwerke benötigen also weniger Übertragungsleitungen als parallele Netzwerke. Dadurch kann auch die Anzahl der Steckverbinderkontakte reduziert werden. Nur mit seriellen Netzwerken ist die Beherrschung der mit dem zunehmenden Einsatz elektronischer Steuergeräte verbundenen Komplexität der Kabelbäume möglich.

Im Folgenden werden ausschließlich Netzwerke mit digitaler, serieller Datenkommunikation behandelt. Netzwerke mit digitaler, serieller Datenkommunikation erlauben die Mehrfachnutzung von Informationen (Daten), reduzieren die Anzahl von Sensoren-Steckverbindern und elektrischen Leitungen, ermöglichen Diagnose und erhöhen durch Redundanz die Ausfallsicherheit.

Serielle Netzwerke im Kraftfahrzeug dienen nicht nur der Datenkommunikation zwischen den im Fahrzeug verbauten Steuergeräten, sondern bieten zudem die Möglichkeit zum Anschluss intelligenter, externer Kommunikationspartner, die nicht zur Serienausstattung des Fahrzeugs gehören (external test equipment). So schreibt der Gesetzgeber für alle Kraftfahrzeuge einen international genormten Steckverbinder für die Datenkommunikation des OBD-Systems (On-Board-diagnose) mit einem externen OBD-Scantool vor (siehe auch Abschnitt 4.2.2).

Bei der Kommunikation des Fahrzeugs mit externen Kommunikationspartnern kommen spezielle Protokolle zum Einsatz. Neben einer Vielzahl fahrzeugherstellerspezifischer (proprietärer) Protokolle finden heute zunehmend standardisierte Protokolle Anwendung. Historisch bedingt werden diese Protokolle auch als Diagnoseprotokolle bezeichnet, obwohl sie heute Anwendungen ermöglichen, die weit über die klassische Diagnose hinausgehen. Beispiele für standardisierte Diagnoseprotokolle sind ISO 15031 (Communication between vehicle and external equipment for emissionrelated diagnostics), ISO 14230 (Diagnostic systems), ISO 15765 (Diagnostics on Controller Area Networks (CAN)) und ISO 14229-1 [Unified diagnostic services (UDS)].

Beispiele für externe Kommunikationspartner, die mit dem Fahrzeug über ein Diagnoseprotokoll kommunizieren, sind OBD-Scantools zur Kommunikation mit dem OBD-System, Prüfstandsrechner im Rahmen der Funktionsentwicklung mit HIL, Rollenprüfstände, elektronische Checkout-Systeme in der Fahrzeugproduktion

(ECOS), Flashtools und Servicetester in der Werkstatt.

Nach den bisherigen Ausführungen müssen Fahrzeug-Steuergeräte neben der Steuerung oder Regelung von Prozessen durch die Verarbeitung von Eingangsinformationen zu Ausgangsinformationen zusätzlich mit anderen Steuergeräten kommunizieren und die Kommunikation mit externen Kommunikationspartnern über ein Diagnoseprotokoll gewährleisten.

Die Kommunikation der Steuergeräte untereinander wird als in-vehicle-communication (GMLAN), normal communication (SAE J1850) oder als Onboard-Kommunikation bezeichnet. Die Kommunikation der Steuergeräte mit externen Kommunikationspartnern unter Verwendung eines Diagnoseprotokolls wird als Diagnose-Kommunikation oder als Offboard-Kommunikation bezeichnet.

(Verkürzt aus: Wallentowitz/Reif(Hrsg.), *Handbuch Kraftfahrzeugelektronik*,
Verlag:Vieweg+Teunber,ISBN: 978-3-528-03971-4)

II Antriebssysteme

II-A Motormanagement - Funktionen

1 Übersicht der Motorsteuerungsfunktionen

Die Steuerungs- und Regelungsaufgaben im Kraftfahrzeug lassen sich analog zur physikalischen Organisationsstruktur des Gesamtsystems Fahrzeug in Funktionspakete gliedern, die jeweils die Algorithmen zur Lösung der einzelnen Aufgabenstellung umfassen, Bild 2.1. Die Funktionen basieren auf dem physikalischen Zusammenhang zwischen einer Zustandsgröße und der zugehörigen Stellgröße und lassen sich als Modell eines dynamischen Systems beschreiben.

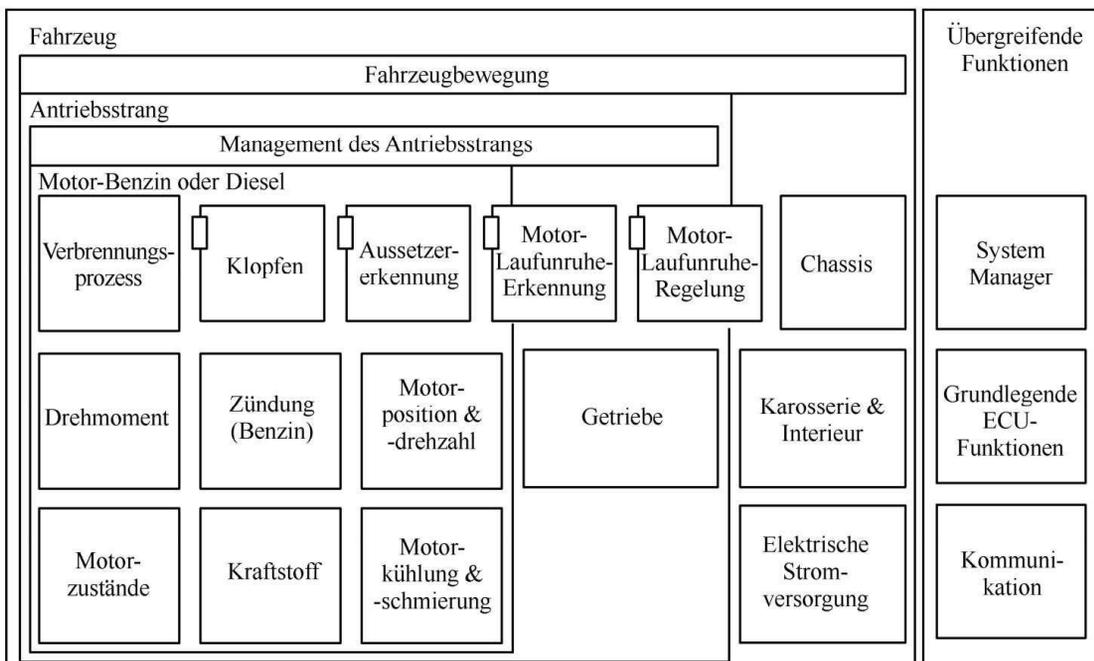


Bild 2.1 Hierarchische Strukturierung der Steuerungssystem (ECU Steuergerät)

Ein Beispiel dafür ist die Bestimmung der Drosselklappen-Sollwertposition mit dem Saugrohrmodell, Bild 2.2.

Dieses Verfahren basiert darauf, dass jeder Stellung der Drosselklappe bei einem gegebenen Saugrohrdruck und einer definierten Drehzahl ein mathematisch präzise beschreibbarer Luftmassenstrom entspricht und umgekehrt, denn das mathematische Modell des Zusammenhangs ist invertierbar. Da jeder definierte Luftmassenstrom wiederum einer bestimmten Zylinderfrischgasfüllung entspricht, eignet sich mathematische Beschreibung dazu, das physikalische Verhalten des Zusammenhangs zwischen Drosselklappenstellung und erwünschter Frischgasfüllung zu beschreiben. Sensorsignale werden in diesem Fall oft nur noch zum Abgleich mit den Sollwerten genutzt, die das Modell errechnet. Eine dabei eventuell erkannte Abweichung zwischen Modell und Messwerten (z.B. Saugrohrdruck, der Abgastemperatur und Abgasgegendruck) geht in die Modelladaptation und in die Systemdiagnose ein. Um die Nachbildungsgenauigkeit der Modelle zu steigern, werden zur mathematischen Modellierung sowohl die theoretische als auch die experimentelle Systemanalyse verwendet. Die theoretische Systemanalyse als analytischer Ansatz auf Basis bekannter physikalischer chemischer und anderer Gesetzmäßigkeiten beschreibt die Zusammenhänge innerhalb des Systems. Die experimentelle Systemanalyse ist dagegen der empirische Ansatz auf Basis von Versuchsreihen. Auf der Grundlage der Beobachtungen im Versuch wird das Systemverhalten hier mit Kennfeldern nachgebildet. Ein typisches Beispiel ist der Luftmassenstrom als Funktion von Drehzahl und Saugrohrdruck.

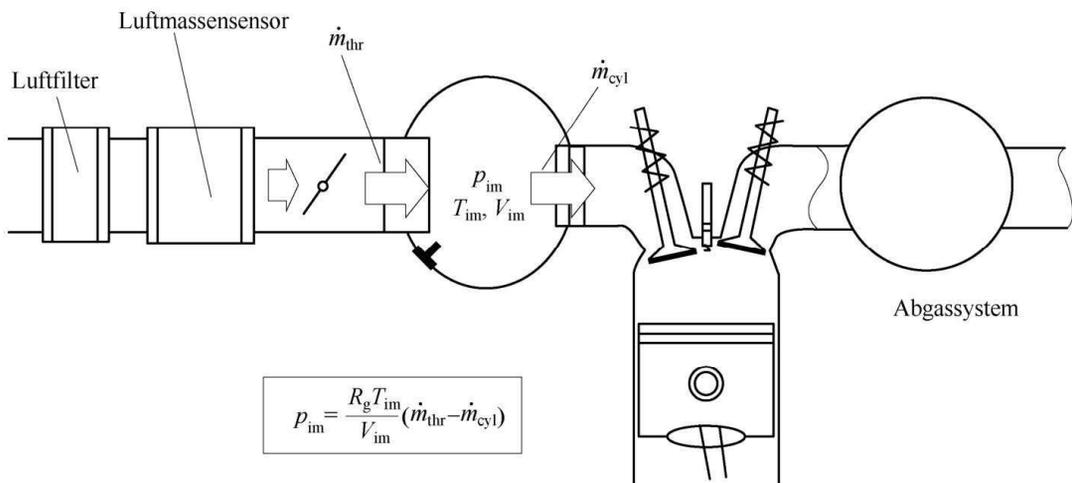


Bild 2.2 Modell des Saugrohrs (ohne Abgasrückführung): p_{im} Saugrohrdruck, T_{im} Gastemperatur im Saugrohr, V_{im} Saugrohrvolumen, \dot{m}_{thr} Massenstrom über die Drosselklappe, \dot{m}_{cyl} über die Einlassventile, $R_g \approx 387 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ Gaskonstante für Luft

2 Drehmomentbasierte Funktionsstruktur

Bei einer drehmomentbasierten Funktionsstruktur werden alle Motorsteuer- und Regelanforderungen, die sich als Drehmoment oder Wirkungsgrad darstellen lassen, auch tatsächlich als physikalische Drehmomentanforderung definiert. In Kombination mit einem E-Gas-System erlaubt diese Funktionsstruktur im Ottomotor eine vom Fahrer entkoppelte Steuerung der Frischgasfüllung. Dadurch ist es möglich, den Fahrkomfort zu erhöhen und gleichzeitig eine optimale Balance zwischen Fahrbarkeit, Verbrauch und Emissionen zu erreichen. Den Ausgangspunkt bildet die Stellung des Gaspedals, die als Geber zur Berechnung einer Drehmomentanforderung (Soll-Moment) dient. Dieses Moment versucht die Motorsteuerung entweder auf einem Pfad (Ottomotor mit Schichtladung/ Dieselmotor) oder auf zwei Pfaden (Ottomotor mit homogener Ladung) einzustellen.

Zu den Einstellgrößen des schnellen Pfades (arbeitsspielsynchrone Momentenbeeinflussung) zählen Zündzeitpunkt, Einspritzmenge (in den Zylinder) und die Zylinderabschaltung. Die Zündverstellung dient beim Ottomotor dazu, Effekte der Füllungsregelung soweit erforderlich zu kompensieren.

Als langsamer Pfad gelten Eingriffe in die Frischgasfüllung (Füllungssteuerung durch die Drosselklappe, bei einigen Systemkonfigurationen auch durch Phasensteller der Nockenwelle) beim Ottomotor mit homogener Verbrennung. Beim Dieselmotor und beim Ottomotor mit Schichtladung erfolgt die Momentensteuerung ausschließlich über die Einspritzmenge. Da Lastanforderungen über eine Erhöhung der Einspritzmenge arbeitsspielsynchron umgesetzt werden können, umfasst die Funktionsstruktur hier keinen langsamen Pfad zur Momentensteuerung.

Im Ottomotor mit Homogenbetrieb ergibt sich durch diese Aufteilung auf zwei Einstellpfade die Möglichkeit, eine Momentenreserve aufzubauen. Unter Momentenreserve versteht man in diesem Zusammenhang eine kupplungsmomentenneutrale Füllungserhöhung bei gleichzeitiger Verstellung des Zündwinkels in Richtung spät. Der schlechtere Wirkungsgrad führt zu einer höheren Abgastemperatur, die für Heizmaßnahmen von Komponenten (Katalysator, NO_x -Speicherkatalysator) im Abgasstrang genutzt werden kann. Gleichzeitig bietet sich die Möglichkeit, durch eine plötzliche Zündwinkelverstellung in Richtung früh aktiv auf diese Momentenreserve zuzugreifen und sie für eine arbeitsspielsynchrone Anhebung des Kupplungsmomentes zu nutzen. Diese schnelle Eingriffsmöglichkeit