
2 Transportaufgabe und Transportprozess

2.1 Basisdaten der Transportaufgabe

Die logistische Aufgabe und die Basisdaten von Transportmitteln ergeben sich aus dem Transport von:

- Menschen,
- Gütern,
- Informationen.

Hinzu kommt der räumliche und zeitliche Transportprozess (Synonym: Reise, Fahrt, Flug, u. a.), definiert über seine

- Strecke,
- Phasen,
- Reichweite,
- Dauer,
- Geschwindigkeit,
- Betriebskosten,
- Umweltbelastung u. a. (**Bild 2-1**).

Oberziele des Transports sind, dass dieser Prozess schnell, sicher, ökonomisch, ökologisch, komfortabel u. a. abläuft.

Die obengenannte logistische Aufgabe der Transportmittel soll im Folgenden noch durch einige Beispiele erläutert werden.

Ein historisches Beispiel für ein Spezialfahrzeug zum Informationstransport ist der chinesische Südpolweiser, 260 vor unserer Zeitrechnung.

Eine Gliederung der Fahrzeuge kann designorientiert im einfachsten Fall nach der Anzahl der zu transportierenden Menschen erfolgen.

Der untere Grenzwert der „Bemannung“ eines Fahrzeugs ist Eins, z. B. bei einem Rennwagen (ital. Monoposto, Einsitzer) oder auch bei einem Kinderwagen, aber auch bei einem (motorisierten) Rollstuhl oder einem modernen Motorrad. Hierzu zählt auch das Papamobil.

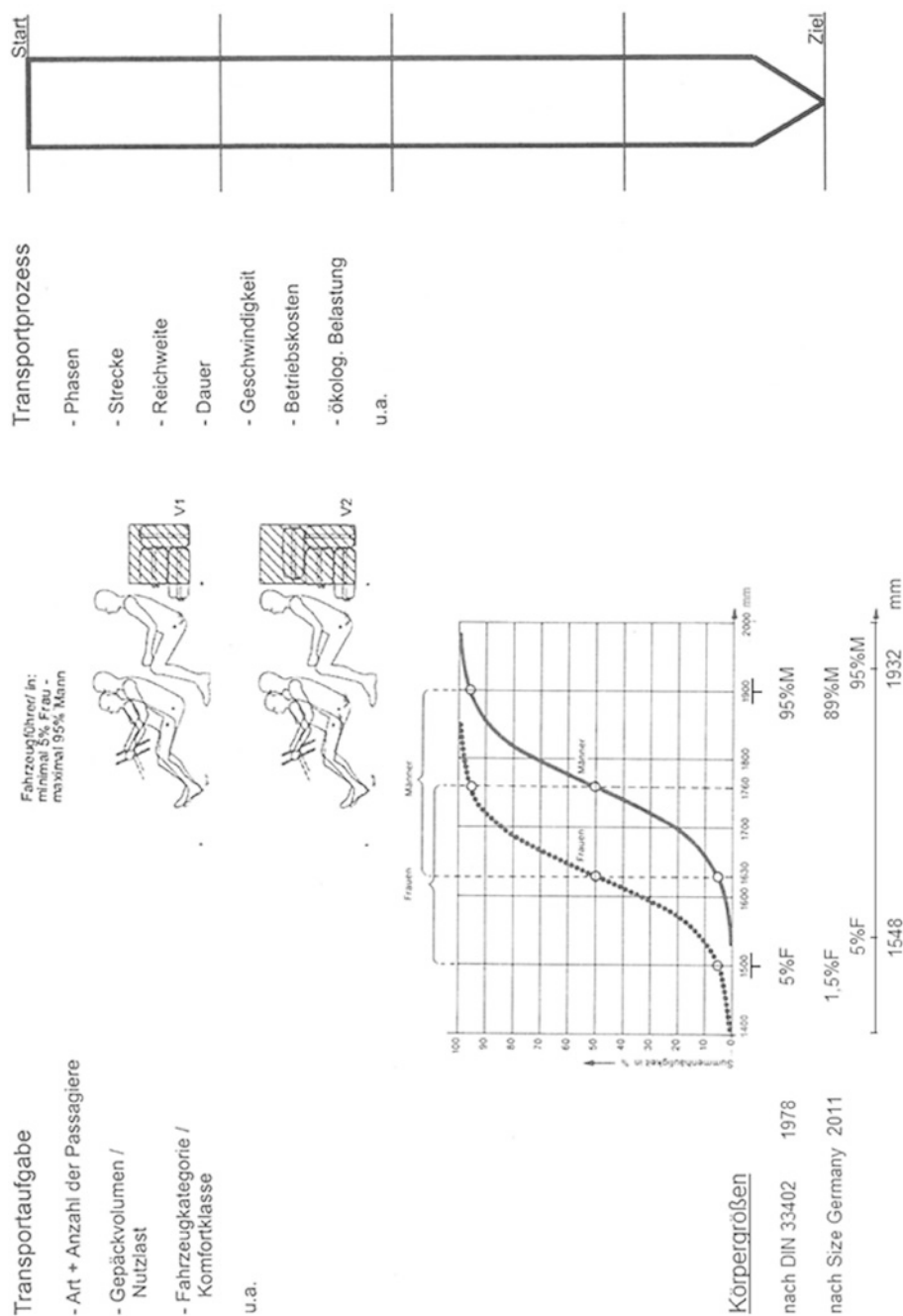


Bild 2-1: Basisdaten eines Personenkraftwagens

Wird der Grenzwert Null, dann ist das diesbezügliche Fahrzeug ein Automat, z. B. ein GPS-gesteuerter Ackerschlepper (GPS = Global Positioning System) oder der Mars-Rover Curiosity. Den alternativen Grenzwert repräsentieren megalomane Fahrzeuge oder Giganten der Meere, wie z. B. die Riesendschunken des chinesischen Admirals Zheng He im 15. Jahrhundert [2-1]. Das megalomanste Fahrzeugprojekt der Gegenwart ist neben den vielen großen Kreuzfahrtschiffsprojekten das „Freiheitsschiff“ mit Wohnungen für 50.000 Menschen und den Maßen 1,3 km Länge, 220 m Breite und 110 m Höhe.

Dazwischen liegt die Mehrzahl der „normalen“ Fahrzeugtypen.

Ein für die Nutzer und für das Fahrzeugdesign besonders interessanter Fahrzeugtyp sind die Zweisitzer oder die For Two für ein Paar (ital. Biposto, Zweisitzer).

Moderne Pkw werden heute für 5 Personen ausgelegt, für die Körpergrößengruppe – modern ausgedrückt für die Nutzerfamilie – von den kleinen Frauen (5 % F) bis zu den großen Männern (95 % M) (s. **Bild 2-1**). Damit werden 90 % der aktuellen Körpergrößen erfasst. Diese liegen heute in der neuesten Untersuchung German Size 2007/9 vor (leider unveröffentlicht, s. **Bild 2-1** unten).

Der Worst Case ist dabei durch den Transport von fünf 95%-Männern gegeben.

Omnibusse, Schienenfahrzeuge und Schiffe vergrößern progressiv die Anzahl der Passagiere. Zu der 700-Personen-Klasse gehören heute das Schiff MS Graf Zeppelin und das Flugzeug A380; historisch auch der megalomane Triebwagen der Breitspurbahn (**Bild 10-15**).

Aus der Anzahl der Passagiere eines Fahrzeugs lassen sich z. B. über die Brocca'sche Formel Anhaltspunkte für den menschbezogenen Nutzlastanteil ermitteln. Dieser französische Anthropologe stellte im 19. Jahrhundert die Grobregel auf:

Menschliches Sollgewicht (kg) = Körpergröße (cm) minus 100

Nicht zuletzt bei Zweirädern ist der Mensch der Hauptanteil der Belastung (**Bild 10-41**).

Das Fahrzeug mit der idealen Relation von Nutzlast zu Totlast ist das Fahrrad, das als Leichtbaideal im Fahrzeugbau von dem Wagen von C. Benz bis in die Gegenwart immer wieder auftritt.

Zu vielen der sogenannten Transportkennwerte hat im Laufe der Fahrzeuggeschichte eine immense Zunahme stattgefunden.

Beispiel: Geschwindigkeit


Auto 1905:	15 km/h	$\approx \frac{1}{16}$
Pkw heute:	250 km/h	
Eisenbahn 1850:	35 km/h	$\approx \frac{1}{10}$
ICE heute:	320 km/h	
Flugzeug 1930:	450 km/h	$> \frac{1}{2}$
Boeing 747:	980 km/h	

Typische Kennwerte zwischen Pkw und Lkw zeigt der aktuelle Vergleich aus dem Hause MAN, einschließlich einer Prognose für zukünftige Lang-Lkw (**Bilder 2-2/3**).

„Transportmittel“		„Fortbewegungsmittel“	
			
MAN TGX 18.440 Efficient Line		VW Golf BlueMotion Technology 103 kW (140PS) TDI	
	TGX	Ziele	VW GOLF
Leergewicht	7.060 kg	Max. Zuladung (geringes Leergewicht)	1.336 kg
Gesamtgewicht	40.000 kg		1.880 kg
Durchn. Laufleistung pro Jahr	150.000 km	Hohe Laufleistung	12.500 km
Verbrauch in l/100km pro t	0,7-0,8		2,7-3,2
Verbrauch in l pro Jahr	45.750	Min. Kraftstoffverbrauch	687,5
Lebensdauer	1,4 Mio. km	Zuverlässigkeit	200.000 km


Bild 2-2: Unterschiede Nutzfahrzeug – Pkw

Heute



19 Paletten 19 Paletten

Maximale Länge: 18,75 m

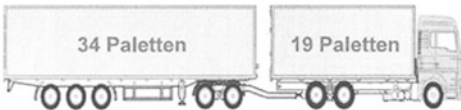


34 Paletten

Maximale Länge: 16,50 m

Zukünftige Möglichkeiten

Lockerung der gesetzlichen Längenbegrenzungen notwendig



34 Paletten 19 Paletten

Maximale Länge: 25,25m

Motorwagen (6x2) + gelenktes Zweiachs-Dolly mit 13,60 m-Standardsattelaufleger

Prämisse: Einlagiger Palettentransport

- Größere Fahrzeuglängen ermöglicht ein erhöhtes Transportvolumen bei einem gleichbleibenden maximalen Zuggesamtgewicht von 40 (44) t
- 35% weniger Touren, 18% weniger CO₂ (Verbrauch)

Bild 2-3: Laderaum-Volumenmaximierung durch Lang-Lkw

2.2 Der Transportprozess und seine Modellierungen

Die Darstellung dieses Transportprozesses kann im einfachsten Fall bildlich erfolgen, z. B. die Phasen eines Fluges (**Bild 2-4**). Eine andere Darstellung ist die nautische Beschreibung der Fahrstrecke eines Schiffes (Anlegepunkte, Fahrtdauer, Streckenlänge u. a. Diss. Traub [2-2], **Bild 2-5**).

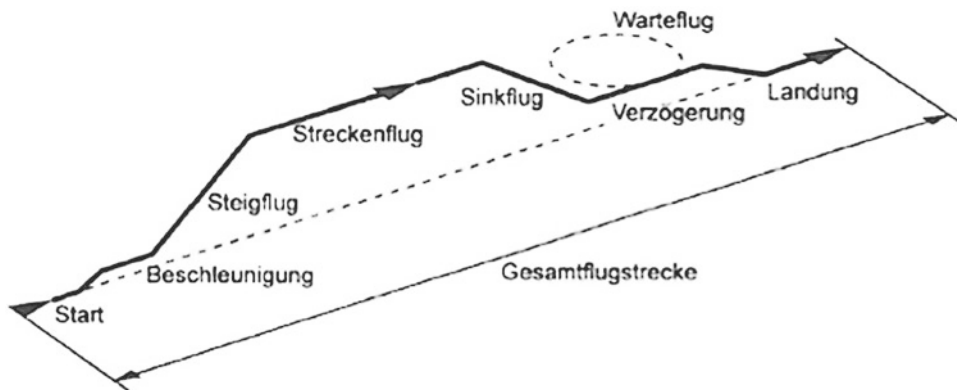


Bild 2-4: Flugphasen

lfd Nr	Teilstrecke	Fahrt- dauer [min]	Strecken- länge [km]	Nautische Beschreibung
1	Konstanz- Gottlieben	20	4,65	Ablegen von Konstanz, nach Hafenausfahrt Bb Kurve, Steuerbordkurve, Richtung Frauenpfahl, links an Rhomben entlang, Schiff vorbereiten für Brückendurchfahrt, Strömung in Richtung Brücke beachten, Brückenbogen anpeilen, Schallsignal, Brücke durchfahren, Abstand zum Ufer einhalten, Durchfahrt neue Rheinbrücke, Schwanenhals Winterweg, links an Rhomben entlang, Seerhein bis Gottlieben, Anlegen in Gottlieben.
2	Gottlieben- Ermatingen	10	4,25	Ablegen von Gottlieben, Talfahrtlinie benutzen, Fahrt links entlang von Tannenwifen, Abstand zum Rand der Fahrtlinie (Flachwasser) halten, Anlegen in Ermatingen.
3	Ermatingen- Reichenau	12	2,83	Ablegen von Ermatingen, Richtung Hohentwiel, Kurs 296° bis Schloß Eilandsfrieden und Hochwart sich decken, Kurs 316°, Anlegen an Reichenau.

Bild 2-5: Nautische Beschreibung einer Schiffsstrecke (Ausschnitt)

Abstraktere Prozessdarstellungen sind z. B. das seit ca. 1955 im Maschinenbau eingeführte Funktionsdiagramm, ein Weg-Zeit-Diagramm der einzelnen Funktionsbaugruppen. Aus der Konstruktionssystematik der ehemaligen DDR ist diesbezüglich der „Nutzungsprozess“ oder der „übergeordnete Gebrauchsprozess“ nach Hückler [2-3] hervorgegangen. Das jüngste Prozessmodell für die methodische Produktentwicklung stammt von der TU Darmstadt (Birkhofer 2001, [2-4]). Den höchsten Abstraktionsgrad stellen diesbezüglich die regelungstechnischen Sachverhalte der „Regelstrecke“ und „Führungsgröße“ dar sowie informationstheoretisch die sogenannte Apobetik (nach Gitt [3-8]).

Gemeinsames Merkmal aller dieser Prozessdarstellungen ist, dass sie unterschiedliche (Betriebs-)Zustände über Zeit und Raum enthalten. Der Prozess selbst wird durch die einzelnen Zustandsänderungen gebildet.

Entscheidend für die nachfolgenden Darstellungen ist, dass innerhalb der Systemgrenzen des Transportprozesses der Mensch als Operator, d. h. als Fahrer, Führer, Steuermann, Pilot, sowie als User, d. h. als Fahrgast, Passagier u. a., enthalten ist. In dem vorgenannten Funktionsdiagramm wird dies durch die sogenannte Signallinie gewährleistet.

Für die nachfolgenden Darstellungen wird das in der Stuttgarter Konstruktionstechnik schon lange eingeführte Mensch-Produkt-Modell verwendet (**Bilder 5-11/12**). Es soll aber zum Schluss nicht unerwähnt bleiben, dass heute die vollständigste, aber auch komplexeste Darstellung von Funktionsprozessen und Handlungsabläufen mit Petrinetzen erfolgt [2-5].

Der Anforderungsumfang an moderne Fahrzeuge ist hochkomplex: 1000 Anforderungen bei einem Fahrgastschiff (**Bild 2-7**), 2-3000 Anforderungen an einen modernen Pkw (ca. 180 Seiten in dem Konzeptheft aus der Strategiephase).

Zwei aktuelle Dissertationen ergaben folgenden Anforderungs- bzw. Bewertungsumfang: Zu einem Pkw-Fahrerplatz 1400 Prüffragen und daraus maximal 4500 Bewertungen (Diss. Dangelmaier [2-6]).

Zu einem 1-Personen-Schiffssteuerstand mit 86 Stellteilen und 58 Anzeigen 1900 Anforderungen (Diss. Traub [2-2]).

Die Aufgabe von Fahrzeugen ist aber designorientiert mit den logistischen Basisdaten nicht hinreichend definiert. Berücksichtigt werden muss deren übergeordnete Zwecksetzung, wie

- beruflicher oder privater Einsatz,
- Arbeitsfahrzeug oder Spaßfahrzeug,
- ziviler oder nicht-ziviler Einsatz u. a.

Unter die Entwicklung der modernen Mobilität fällt leider auch mobiles Kriegsgerät, z. B. Panzer.

Über die meist numerisch zu definierenden Basisdaten hinaus begründen diese „unscharfen oder weichen“ Alternativen der Zwecksetzung, wie z. B. die „Lust am Auto“, bezüglich Freizeit, Spaß, Mobilität, aber auch Repräsentation, vielfach unterschiedliche und häufig ambivalente Designs, teilweise am gleichen Fahrzeugtyp oder Verkehrsmittel. Diese Bedeutung des Autos kann derzeit insbesondere in der Motorisierung Chinas beobachtet werden. Fahrzeuge transportieren damit nicht nur Informationen, insbesondere in Form von Post. Sondern sie sind selbst eine Information über ihren Zweck sowie ihren Besitzer

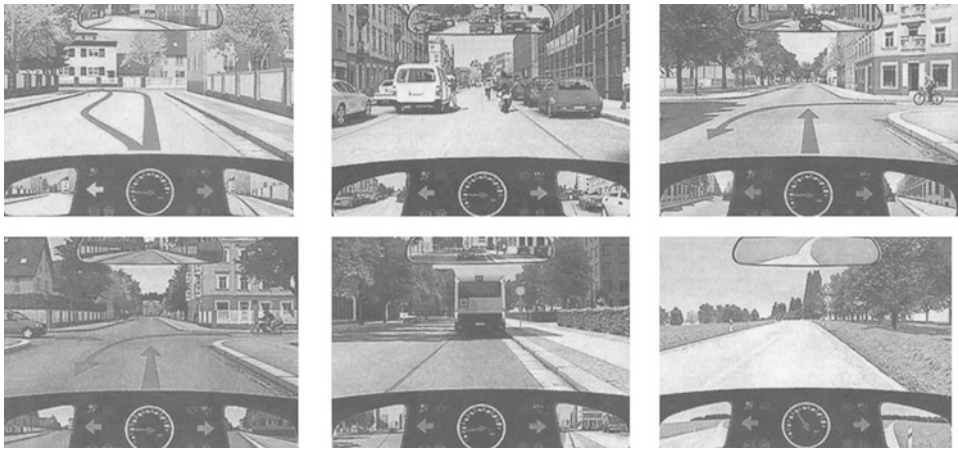


Bild 2-6: Fahrsituationen im Straßenverkehr



Vorläufer



Neues Schiff der DB (1989) MS Graf Zeppelin

Hauptanforderungen

- Gehobene Gastronomie
- Küche auf Hauptdeck
- Steuermann sitzend und stehend
- Behindertenlift

Zulässige Personenzahl	700
Davon in gedeckten Räumen	500
Preis	7 Mio. DM

Umfang der endgültigen Anforderungsliste 1000 Anforderungen



Bild 2-7: Anforderungen an ein modernes Fahrgastschiff

und Benutzer. Über diese Informationsfunktion des Designs hinaus sind aber Fahrzeuge zudem multisensorisch wahrnehmbare Erlebnismobile oder emotionale Technik.

Nach verschiedenen Untersuchungen sinkt bei jüngeren Menschen in den westlichen Ländern allerdings der emotionale Wert des Automobils.

Auch wenn die Lösung dieser emotionalen Ansprüche heute faszinierende Designaufgaben sind, steht nicht zuletzt beim funktionalen Design der Komfort von Arbeit, Reise, Leben und Transport in und mit Fahrzeugen im Mittelpunkt der folgenden Entwicklungslinien (Verweis: Abschnitt 8: Interior-Design).

Fahren ist mehr als ein Transport von A nach B durch die Bewegung eines Fahrzeugs in einem Verkehrsraum aus (**Bild 2-6**)

- ruhenden (stationären) Gestalten, z. B. Naturobjekten, Verkehrszeichen, Architektur
- und bewegten (instationären) Gestalten, z. B. anderen Verkehrsteilnehmern.

Alle Passagiere eines Fahrzeugs nehmen die unterschiedlichen Gestalten des Verkehrsraums wahr, und zwar im Sinne einer bewegten Wahrnehmung. Balzer hat in seiner Dissertation [12-6] die Entwicklungslinie dieses Phänomens bis auf Drobisch (1850) zurückverfolgt. Ein Bezug auf Fahrzeuge findet sich aber erst 1998 bei Schalle [2-7]. Eine geschlossene Behandlung der bewegten Wahrnehmung von und aus Fahrzeugen ist bis heute weder in der Wahrnehmungspsychologie noch in der Kognitionswissenschaft [2-8], noch in der industriellen Forschung zur Fahrzeugentwicklung bekannt.

Als Ansatz erklärt die Wahrnehmungspsychologie die bewegte Wahrnehmung aus realen Bewegungen (bewegter Gestalten) und Scheinbewegungen (ruhender Gestalten). Außerdem ist es im Fahrzeugdesign schon lange üblich, neue Modelle in Bewegung zu testen. Die Bilderfolge aus unterschiedlichen Ansichten der Verkehrsraumgestalten ergibt einen „Film“ mit unterschiedlichen Erkennungsinhalten. Für die Mitfahrer und Passagiere dient dieser „Film“ ihrer Unterhaltung, ihrem Entertainment oder ist Inhalt ihres Fahrerlebnisses.

Auf diese bewegte Wahrnehmung eines „Films“ verweist auch Schefer in seiner Dissertation (s. 3.2) mit Bezug auf Virilio:

„Denn aus dem Fenster eines Fahrzeugs wie der Eisenbahn, des Flugzeugs oder Automobils heraus erscheint die Umwelt wie ein Kinostreifen und wird dadurch auf sonderbare Weise spannend... Das Autofahren als Massenphänomen wird zur Konkurrenz für das Kino.“ (Schefer, S. 34–35)

Von anderen Autoren, wie z. B. Pittino, werden Auto und Film „als zwei Emotionsmaschinen“ mit dem gleichen Entstehungsdatum, nämlich Ende des 19. Jahrhunderts beschrieben (zit. nach T. Pittino, in [2-9]).

Die Formulierung von Sloterdijk „Autofahren ist kinematischer Luxus“ soll in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben (nach Schefer S. 100).

Gegenüber diesem Unterhaltungs- und Erlebnisansatz des Fahrers selektiert der Fahrer aus diesem „Film“ diejenigen Gestalten, die für seine Entscheidungen und Handlungen zu einer erfolgreichen und sicheren Fahrt entscheidend sind. Vom „Verkehrsfilm“ spricht auch Jenrich in seiner Dissertation (1966, [2-14]).

Eckstein verweist in seiner Dissertation [2-10] in diesem Zusammenhang auf das von Gordon 1966 beschriebene „visuelle Strömungsfeld“ zwischen den Fahrbahnbegrenzungen.

Ein neuer wissenschaftlicher Ansatz ist in diesem Zusammenhang auch das Eye-Tracking.

Dass es sich hierbei um komplexe Wahrnehmungsphänomene handelt, zeigt auch der Tatbestand, dass der „Bildschirm“ nicht nur die Frontscheibe ist, sondern zusätzlich die drei Rückspiegel (**Bild 2-5**).

Außerdem wird die Bilddetektionszeit umso kürzer, je schneller ein Fahrzeug fährt; ein Tatbestand, den man auch für die Signalwahrnehmung durch TGV-Führer kennt.

Neue filmische Ansätze zur bewegten Modellierung des Fahrens sind die in der Simulationstechnik eingesetzten Filme.

Beispiel: Der Stuttgarter Zyklus am FKFS-Simulator, ein Fahrzyklus im Stuttgarter Umland, der repräsentativ für die Fahrprofile in Deutschland ist.

Möglicherweise auch der sogenannte Utility-Film [2-11].

2.3 Grundlagen der Fahrzeugführung

Solange es Fahrzeuge gibt, mussten diese angetrieben, gelenkt, gebremst u. a. werden.

Diese historische Fahrzeugführung erfolgte über

- Ruder,
- Pinnen,
- Deichsel,
- Bremsschuhe u. v. a. m.

Fahrzeugantrieb und -lenkung erfolgten zuerst über die gleichen Elemente, z. B. die Ruder eines Ruderbootes oder die Deichsel eines Leiterwagens. Der erste Schritt einer funktionalen Diversifikation war die – nachfolgend behandelte – Trennung der Antriebs- und der Steuerelemente.

In der modernen Entwicklung kamen neue Elemente dazu, wie z. B. der Joystick [2-10]

- erstmals 1959 bei GM,
- 1991 bei Saab (s. Abschnitt 9).

Mit diesen (Bedien- bzw. Stell-)Elementen erfolgt die Steuerung und/oder Regelung der Bewegungen eines Fahrzeugs, d. h. die Dynamik einer Masse aus Nutzlast und Totlast über die vorgegebene Strecke mit beabsichtigten Zielen, wie z. B. kürzeste Fahr- oder Transportzeit. Jedes Fahrzeug hat aufgrund seiner realen oder virtuellen Masse und technischen Merkmalen dynamische Eigenschaften als Vorgaben der Fahrzeugführung.

Sie haben

- einen Schwerpunkt
- eine Massenverteilung
- Radstand und Spurweite
- Windangriffsfläche u. a.

Die Hauptbewegungen von Land- und Wasserfahrzeugen zeigt **Bild 2-8**. Die X-Achse oder Längsachse ist die Richtung der Längsbewegung oder -dynamik. Die Y-Achse oder Querachse ist die Richtung der Querbewegung oder -dynamik. Die Z-Achse oder Hochachse,

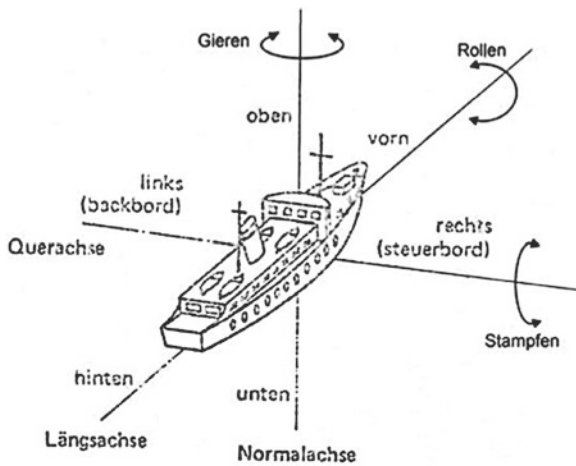


Bild 2-8:
Richtungs- und Bewegungsorientierung eines Schiffes

auch Normalachse, ist die Richtung der Hubbewegung oder -dynamik (auch Steigbewegung oder -dynamik).

Von der praktischen Seite her haben Fahrzeuge Komponenten mit positiven und negativen Führungseigenschaften in alle diese Richtungen, wie

- übersteuernde oder untersteuernde Lenkung,
- träger oder „spritziger“ Motor,
- überdimensionierte oder unterdimensionierte Bremsen,
- leichtgängiges oder schwergängiges Getriebe,
- seitenwindempfindliche oder -unempfindliche Karosserie u. v. a. m.

Über die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Führung von Fahrzeugen und (Dampf-)Maschinen besteht eine eigene Fachgeschichte [2-12]:

- 1868 Maxwell, J. C.: On Governors
- 1946 MacCole: Fundamental Theory of Servomechanisms
- 1948 Wiener, N.: Cybernetics, MIT-Press
- 1963 Wiener, N.: Kybernetik, Econ-Verlag, Düsseldorf
- 1970 Oppelt-Vosius: Der Mensch als Regler
- 1981 Schmidtke, H.: Lehrbuch der Ergonomie, Hanser-Verlag, München, Teil 5 Systemergonomie (**Bild 2-9**)
- 1993 Johansson, G.: Mensch-Maschine-Systeme, Springer das. Optimaltheoretische Modelle (**Bild 2-10**)
- 2001 Jürgensohn, T.; Timpe, K.-P.: Kraftfahrzeugführung, Springer

Weiterführend viele Dissertationen:

- 2001 Eckstein, Lutz [2-10]: Entwicklung und Überprüfung eines Bedienkonzepts und von Algorithmen zum Fahren eines Kraftfahrzeugs mit aktivem Sidestick. Diss. Universität Stuttgart

u. a.

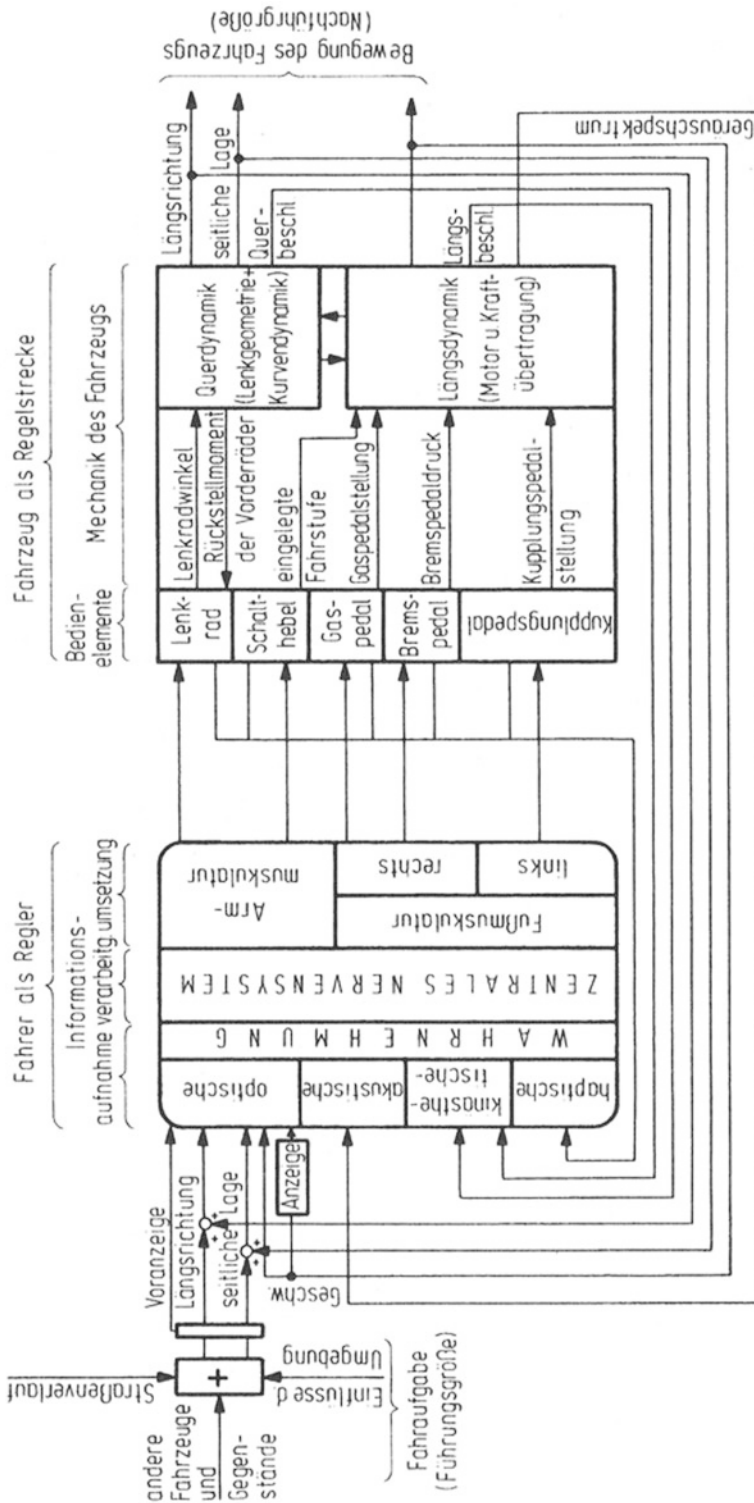


Bild 2-9: Strukturbild des Systems Fahrer – Fahrzeug

Die ausführlichste regelungstechnische Behandlung der Fahrzeugführung findet sich in der „Ergonomie“ von Schmidtke, Teil 5 Systemergonomie, verfasst von H. Bubb, H. Schmidtke und H. Rühmann ([2-13], **Bild 2-9**).

Die wichtigsten regelungstechnischen Sachverhalte zum Fahrzeugdesign sollen an einem Basis-Blockschaltbild in Anlehnung an Oppelt behandelt werden (**Bilder 2-10/11**).

Ausgangspunkt ist das Fahrzeug als „Regelstrecke“, das bei seiner Bewegung durch einen Verkehrsraum Zustandsänderungen unterliegt. Diese begründen sich aus den äußeren Störgrößen, z. B. Seitenwind. Die Regelstrecke hat auf ihrer Eingangsseite neben den Störgrößen die Stellgröße, z. B. den Lenkeinschlag. Ihre Ausgangsseite enthält die Regelgröße, z. B. den Kurs oder die Fahrtrichtung.

Der „Regler“ ist der Fahrzeugführer.

In der modernen Automatisierungstheorie ist das Führen eines Fahrzeugs im Normalfall ein „Bedienter Betrieb“ oder eine „Handregelung“, d. h. die niederste Automatisierungsstufe mit dem höchsten Aufgabenanteil für den Menschen, wobei in der Fahrzeugforschung heute natürlich schon an dem Fahrzeug-Automatikbetrieb, d. h. der höchsten Automatisierungsstufe, gearbeitet wird. Zwischenzeitlich hat zum 125-jährigen Jubiläum der Fahrt von Bertha Benz von Mannheim nach Pforzheim auf dieser Route die erste Testfahrt eines selbstfahrenden Mercedes-Fahrzeugs stattgefunden.

In dem europäischen Forschungsprojekt Munin wird auch an der automatischen Überquerung des Atlantiks ohne Schiffsbesatzung gearbeitet.

Die Regelgröße wird zum Regler geführt bzw. diesem angezeigt und von diesem mit der Führungsgröße verglichen.

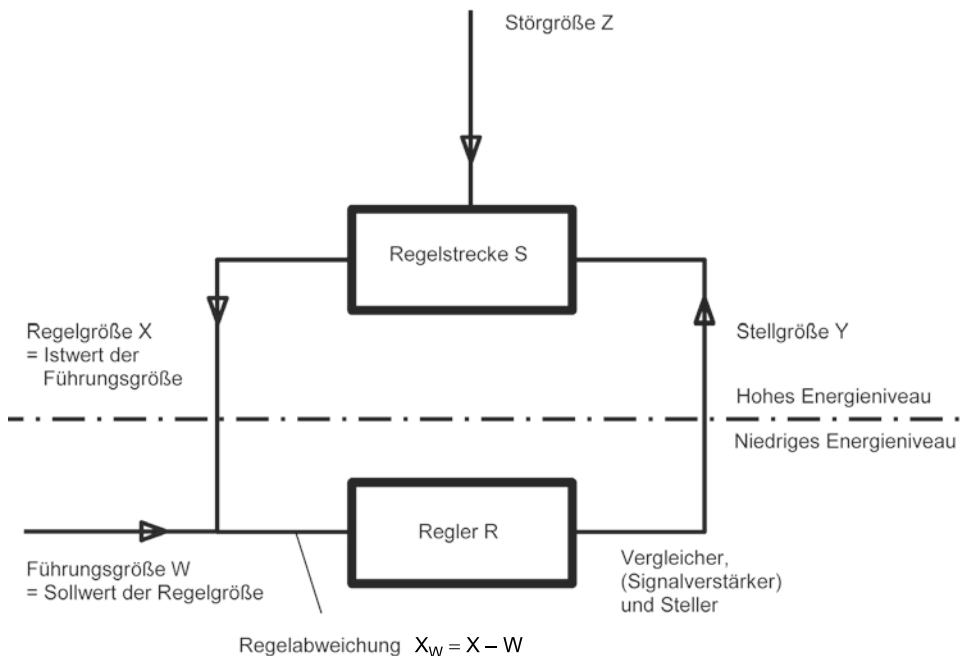


Bild 2-10: Allgemeines Blockschaltbild einer Regelung

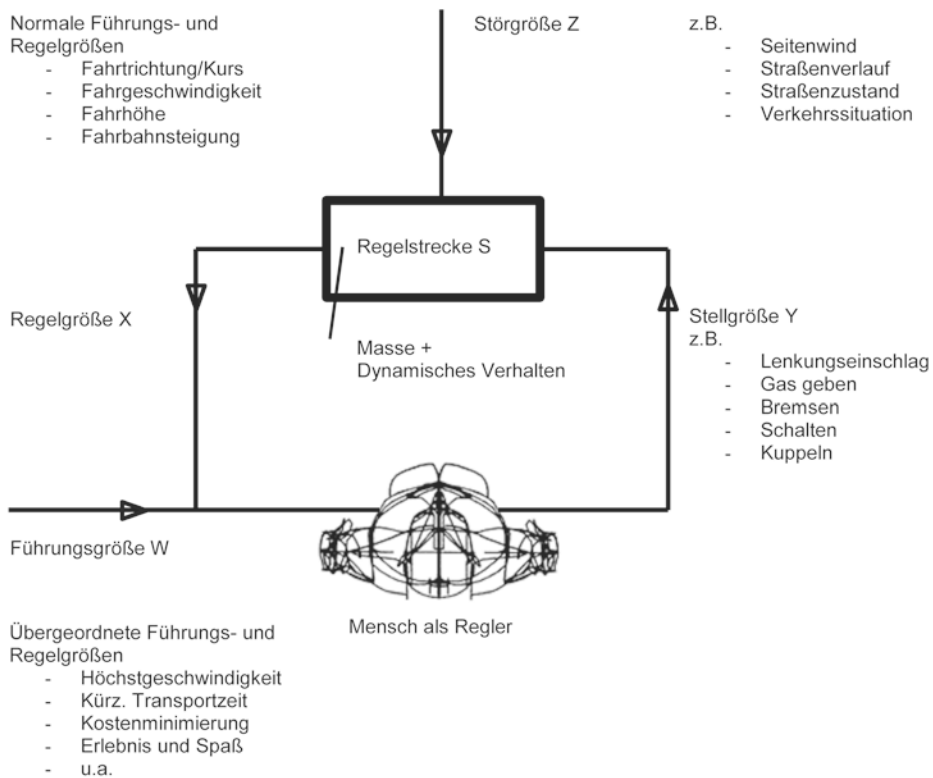


Bild 2-11: Blockschaltbild einer Fahrzeughandregelung durch den Menschen

Die Regelgröße ist der Ist-Wert der Führungsgröße. Die Führungsgröße ist der Soll-Wert der Regelgröße. Die Führungsgröße kann sowohl vom Regler selbst vorgegeben werden, z. B. schnellste Fahrtzeit, wie auch von dritter Seite, z. B. als Speditionsauftrag an den Fahrzeugführer.

Unterschiedliche Regelgrößen von Fahrzeugen sind:

- die Längsbewegung oder -dynamik,
- die Querbewegung oder -dynamik,
- die Höhen- oder Vertikalbewegung.

Zu der Anzahl dieser Regelgrößen definiert Schmidtke [2-13] eine Dimensionalität der Fahrzeugführung und damit eine zunehmende Belastung des Fahrzeugführers:

- eindimensional durch den Lokführer,
- zweidimensional durch den Autoführer,
- dreidimensional durch den Flugzeugpiloten,
- vierdimensional durch den Hubschrauberpiloten,
- fünfdimensional durch den U-Boot-Steuermann,
- sechsdimensional durch den Raumschiffpiloten.

Nicht zuletzt bei der Schiffsführung können durch Wind und Wellen mehrere Störbewegungen auftreten, wie das Gieren, das Rollen und das Stampfen (**Bild 2-8**), die die Regelgröße Kurs beeinflussen und durch die entsprechenden Stellgrößen kompensiert werden müssen.

Der Regler ermittelt durch den Vergleich von Soll- und Ist-Wert der Führungsgröße die „Regelabweichung“. Ist der Regler ein Fahrzeugführer, dann erfolgt dieser Vergleich über dessen Expertenwissen oder dessen „Inneres Modell“ [6-2]. Als Ergebnis dieses Vergleichs entsteht am Ausgang des Reglers das Stellsignal. Dieses führt zur Veränderung der Stellgröße über das Stellteil am Eingang der Regelstrecke. Damit ist der Regelkreis geschlossen.

Das Gebrauchen eines Produkts und damit auch das Führen eines Fahrzeugs ist auf dieser Grundlage eine Regelung oder ein Regelprozess mit acht Bestimmungsgrößen, nämlich:

- der Regelstrecke „Fahrzeug“,
- dem Regler „Fahrer“,
- der Führungsgröße,
- der Regelgröße,
- der Stellgröße,
- der Störgröße,
- der Anzeiger für die oben genannten Größen,
- der Stellteile oder Steller für die Stellgrößen.

Aus verschiedenen Untersuchungen (z. B. Klose 1984) ist bekannt, dass bei der Fahrzeugführung die Regelung von Fahrtrichtung/Kurs und Geschwindigkeit permanente Regelkreise darstellt, während andere Führungsaufgaben, wie z. B. das Blinken und das Hupen, sequentielle Regelkreise sind.

Eine weitere wichtige Bestimmungsgröße für die spätere Behandlung der Stellteile und Anzeigen sind die beiden unterschiedlichen Energieniveaus eines Regelkreises (**Bild 2-11**, strichpunktierte Linie):

- ein niedriges Energieniveau auf der Reglerseite, d. h. bei der Handregelung auf der Seite des Menschen,
- ein hohes Energieniveau auf der Seite der Regelstrecke, d. h. auf der Seite des Fahrzeugs.

Der Übergang zwischen diesen beiden Energieniveaus, d. h. auf der Seite der Stellgröße von niedrig zu hoch, und auf der Seite der Regelgröße von hoch nach niedrig, bestimmt die Positionierung von Stellteil(en) und von Anzeige(n).

Auf das Stellsignal für die Stellgröße wird im Abschnitt 6 Pragmatik eingegangen. Die Anzeiger und Stellteile werden im Abschnitt 9 Interface-Design behandelt.

Schon die Elemente und Relationen eines einfachen Regelkreises verdeutlichen die Komplexität der Fahrzeugführung. Diese wird noch erhöht, weil der Fahrprozess aus Fahrbewegungen über der Zeit- und Raumachse gebildet wird und der Fahrer dabei einen „Verkehrsfilm“ verarbeiten muss. Jede Zustandsänderung der Fahrsituation bedeutet dann

einen neuen und weiteren Regelungsprozess. Weiter kommt dazu, dass viele Fahrmanöver Folgeregelungen sind, wie z. B. das Kurvenfahren aus Lenken, Anbremsen, Zurückschalten und Beschleunigen.

Die Überlagerung mehrerer Regelungen führt zu einem hoch- und höchstkomplexen Regelungssystem mit einer Größenpluralität. Diese erweitert damit das SISO-Modell (Single Input, Single Output) zu einem MIMO-Modell (Multi Input, Multi Output) der modernen Regelungstechnik (nach Prof. Allgöwer, Uni Stuttgart). Erste Anwendungen in der Fahrzeugführung liegen vor [2-15].

Basiswissen Transportation-Design

Anforderungen - Lösungen - Bewertungen

Seeger, H.

2014, XI, 352 S. 407 Abb. Mit 15 Vorlesungen und ein

Anwendungsbeispiel. Book + eBook., Softcover

ISBN: 978-3-658-04448-0