

## 2 Theoretische Grundbegriffe

In diesem Kapitel wird auf die theoretischen Grundbegriffe eingegangen, die Grundlage sind für die Planung, Durchführung und Auswertung der Versuchsfahrten. Hierzu wird zuerst ein Schema für die beim Autofahren auftretenden Aufgaben vorgestellt. Ein Modell zur Erklärung von Ablenkung fügt sich an. Eine kurze Beschreibung der drei systemergonomischen Gestaltungsmaximen schließt das Kapitel ab.

### 2.1 Tertiäre Aufgaben beim Autofahren

In der Einleitung wurde bereits erwähnt, dass sich die vorgestellte Arbeit ausschließlich auf die Ablenkungswirkung von tertiären Aufgaben beschränkt. Nachfolgend wird erläutert was unter einer tertiären Aufgabe zu verstehen ist. Dafür wird zuerst das Strukturbild eines Mensch-Maschine-Systems genauer betrachtet, um darauf basierend die drei Typen von Aufgaben näher vorzustellen, die beim Autofahren auftreten.

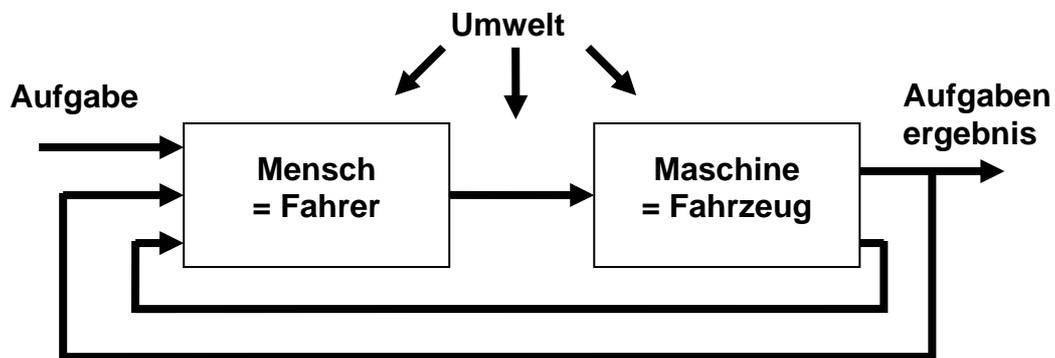


Abbildung 2-1: Strukturbild des Mensch-Maschine-Systems

Das in Abbildung 2-1 vorgestellte Strukturbild des Mensch-Maschine-Systems ist ein wichtiger Ausgangspunkt ergonomischer Fragestellungen (Bubb und Seiffert 1992a; Schmidtke 1993). Dieses System fundiert auf den beiden Elementen Mensch und Maschine, die im vorliegenden Fall gleichzusetzen sind mit dem Fahrer und dem Fahrzeug. Zwischen Mensch und Maschine besteht eine zweigeteilte Interaktion. Zum einen beeinflusst der Mensch über entsprechende Bedienelemente die Maschine. Die Ansteuerung der Maschine kann dabei über unterschiedliche Kanäle erfolgen. Zum Beispiel lenkt der Fahrer mit den Händen während er gleichzeitig mit den Beinen bremst oder Gas gibt. Die Bedienung muss aber nicht nur auf die äußeren Extremitäten beschränkt bleiben. Auch eine Ansteuerung über die Sprache ist denkbar und technisch möglich. Zum anderen trägt die Maschine ebenso einen Teil zur Interaktion bei, indem eine Rückmeldung an den Menschen geliefert wird. Beim Auto kann dies in haptischer (Kräfte von Bedienelementen, gespürte Beschleunigung), akustischer (Warnton, allg. Geräusche im Kfz) oder visueller Form (Anzeigen) erfolgen. Selbstverständlich interagiert der Mensch mit der Maschine nicht zum Selbstzweck. Vielmehr möchte er mit dieser Interaktion ein Aufgabenergebnis bzw. ein Ziel erreichen. Dieses ist im Strukturbild auf der rechten Seite skizziert. Um ein Ergebnis erzielen zu können, bedarf es einer dem Menschen

gestellten Aufgabe, die im Schaubild links eingezeichnet ist. Bis zum Erreichen des Ziels gleicht der Mensch ständig das Ergebnis mit der Aufgabenstellung ab und passt bei Bedarf die Aufgabe an. Schließlich wirken auf das Mensch-Maschine-System diverse Umwelteinflüsse ein, welche die Interaktion zwischen Mensch und Maschine beeinflussen können. Das Strukturbild aus Abbildung 2-1 zeigt demzufolge anschaulich, wie der Mensch in das Mensch-Maschine-System eingebunden ist.

Betrachtet man allerdings das Mensch-Maschine-System Fahrer-Fahrzeug genauer, erkennt man, dass sich der Fahrer ganz unterschiedlichen Aufgaben konfrontiert sieht. Es erweist sich als sinnvoll, diese in primäre, sekundäre und tertiäre Aufgaben zu untergliedern (Bubb, 2003).

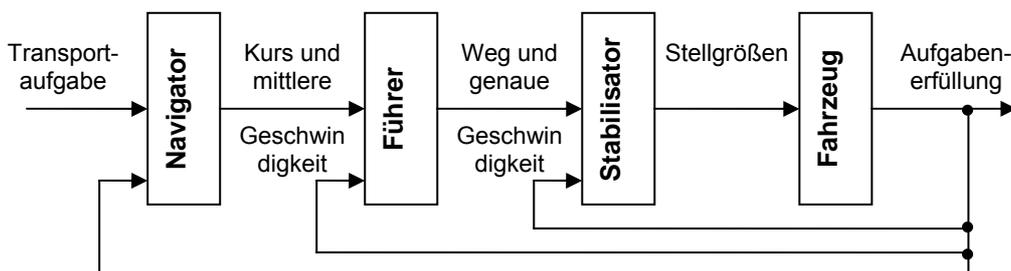


Abbildung 2-2: Hierarchie der verschachtelten Regelkreise bei der Fahrzeugbedienung (Bubb, 1993)

Die primäre Fahraufgabe wird durch den Straßenverlauf, andere Fahrzeuge und sonstige Verkehrsteilnehmer aber auch durch Umgebungsbedingungen wie die Witterung bestimmt. Gemäß Bubb (2002) reduziert sich die primäre Aufgabe auf die Forderung: „jede Berührung mit stehenden oder sich bewegenden Objekten im Verkehrsraum ist zu vermeiden“. Die primäre Fahraufgabe umfasst demzufolge die eigentliche Fahrzeugführung. Diese Fahrzeugführung kann mit Hilfe eines hierarchisch verschachtelten Regelkreises beschrieben werden, der aus den drei Ebenen Navigationsaufgabe, Führungsaufgabe und Stabilisierungsaufgabe besteht und in Abbildung 2-2 skizziert ist (Bernotat, 1970; Bubb, 1993). Diese drei einzelnen Aufgaben werden vom Fahrer mitunter unbewusst durchgeführt, müssen aber alle erfüllt werden. Ein einfaches Beispiel soll die drei Ebenen näher erläutern. Angenommen wird eine Fahrt zu einem bestimmten Ort. Um diese Fahrt durchführen zu können, muss der Fahrer zuerst festlegen, auf welcher Route und in welcher voraussichtlichen Fahrzeit der Zielort zu erreichen ist. Die Auswahl des zu fahrenden Kurses und der geplanten durchschnittlichen Geschwindigkeit entspricht der Navigationsaufgabe. Auf der Strecke unterwegs, wird der Fahrer mit unterschiedlichen Verkehrssituationen konfrontiert und muss seinen im Augenblick notwendigen Kurs festlegen. Dazu gehört zum Beispiel seine augenblickliche Geschwindigkeit oder die gewählte Fahrspur. Diese Aufgabe wird als Führungsaufgabe bezeichnet. Schließlich fällt es dem Fahrer anheim, die Ausgangsgrößen der Führung mit Hilfe des Fahrzeugs in die Realität umzusetzen. Dafür bedient er Lenkrad, Gaspedal und Bremse. Hierbei spricht man von einer Stabilisierungsaufgabe.

Sekundäre Aufgaben fallen zwar im Rahmen der Fahraufgabe verkehrs- bzw. umweltbedingt an, dienen aber nicht dem eigentlichen Halten des Fahrzeugs auf der Straße. Sie können in reaktiv bedingte und aktive Aufgaben unterteilt werden. Reaktive sekundäre Aufgaben erfolgen auf Grund der Verkehrssituation. Dazu zählen etwa Ablenden, Einschalten des Wischers, aber auch Kuppeln und Schalten sowie die Bedienung eines Tempomats. Aktive Aufgaben verfolgen den Zweck mit anderen Verkehrsteilnehmern zu kommunizieren. Dies kann in Form des Blinkers oder der Hupe erfolgen.

Tertiäre Aufgaben stehen nicht direkt mit der Fahraufgabe in Verbindung. Sie dienen lediglich dem Zufriedenstellen von Komfort-, Unterhaltungs- oder Informationsbedürfnissen. Dazu gehören beispielsweise Radio, Telefon, Heizung, Klimaanlage, sonstige Unterhaltungsgeräte und zukünftige Komfortsysteme wie Internet oder Bürotechnik.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Fahrer im Mensch-Maschine-System in Interaktion mit seinem Fahrzeug steht. Sein Ziel ist es, die gestellte Aufgabe mit Hilfe des Mensch-Maschine-Systems zu erfüllen. Beim Fahren mit dem Auto können primäre, sekundäre und tertiäre Aufgaben unterschieden werden. Die primäre Fahraufgabe entspricht dem Ziel ohne Kollision von einem Ort zum nächsten zu kommen und wird in Navigations-, Führungs- und Stabilisierungsaufgabe weiter unterteilt. Sekundäre Aufgaben haben mit dem eigentlichen Fahren nichts gemein. Sie treten als Reaktion auf eine Verkehrssituation oder als Kommunikationsmittel auf. Tertiäre Aufgaben befriedigen schließlich nur das Komfort-, Unterhaltungs- oder Informationsbedürfnis des Fahrers.

Um einen Zusammenhang zwischen der Gestaltung von tertiären Aufgaben und der Ablenkungswirkung finden zu können, stellt sich die Frage was unter Ablenkung zu verstehen ist. Aufschluss gibt das nachfolgende Kapitel.

## 2.2 Ablenkung

Stellt man Überlegungen zum Begriff Ablenkung an, erkennt man sehr schnell, dass ein Zusammenhang mit der Aufmerksamkeit besteht. Deshalb wird in der psychologischen Literatur die Ablenkung in der Regel auch über die Aufmerksamkeit erläutert. Der anschließende Abschnitt beschreibt daher zuerst die Aufmerksamkeit und führt über das Modell der Ressourcen Allokation zu einer Definition für Ablenkung.

Was ist Aufmerksamkeit? Unzählige Reize bzw. Informationen wirken auf den Menschen ein. Diese Reize können vom Menschen verarbeitet werden. Der Mensch schenkt den Reizen seine Aufmerksamkeit. Allerdings können bei der Informationsflut nicht alle Reize verarbeitet werden. Der Mensch muss sich daher auf einen bestimmten Reiz fokussieren. *Aufmerksamkeit ist somit eine Fokussierung auf Reize und die Informationsverarbeitung dieser Reize.* Gemäß Wessels (1994) lassen sich drei Arten von Aufmerksamkeit unterscheiden. Als erstes ist die *selektive Aufmerksamkeit* zu nennen. Diese tritt ein, wenn sich der Mensch nur auf einen Reiz konzentriert und alle anderen Reize vernachlässigt. Die selektive Aufmerksamkeit kann etwa beim Autofahren im dichten und schwierigen Stadtverkehr beobachtet werden, wenn der Fahrer eine gleichzeitige Bedienung des Radios unterbricht, um sich vollständig der anspruchsvollen Verkehrssituation widmen zu können. Die zweite Art ist die *geteilte Aufmerksamkeit*. Hier ist beispielsweise der Fahrer in der Lage sein Auto zu führen und sich gleichzeitig mit dem Beifahrer zu unterhalten.

Aufmerksamkeit ist jedoch nicht immer ein bewusster Vorgang. Hochgeübte Handlungen können mit der *unbewussten Aufmerksamkeit* erledigt werden. Ein Beispiel hierfür ist das Fahren auf einer Autobahn ohne Verkehr bei mittlerer Geschwindigkeit. Aufgabe der kognitiven Psychologie ist es, ein Modell zum Verstehen und Erklären der Aufmerksamkeit zu finden.

Hierzu gibt es eine Vielzahl an Erklärungsversuchen. Die ersten entwickelten Modelle (Filter Modell, Abschwächungsmodell, Modell der späten Selektion) haben den Nachteil, dass sie im Grunde nur eine Erklärung für die selektive Aufmerksamkeit liefern. Andere Arten der Aufmerksamkeit werden nicht berücksichtigt. Daher wird derzeit zur Beschreibung der Aufmerksamkeit das Modell der Ressourcen Allokation verwendet. Demnach verfügt der Mensch über einen begrenzten Pool von kognitiven Ressourcen, den er bei der Informationsverarbeitung einsetzt. Wird einer Aufgabe Aufmerksamkeit gewidmet, so werden dieser Ressourcen zugeordnet. Je schwerer die Aufgabe, desto mehr Ressourcen müssen aufgebracht werden. Das heißt für andere Aufgaben, die nicht im primären Vordergrund stehen, bleiben nur noch wenige Ressourcen übrig. Dabei setzt der Mensch die begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen auf flexible Art und Weise ein.

Mit Hilfe des Modells der Ressourcen Allokation können die drei Arten der Aufmerksamkeit erklärt werden. Bei der selektiven Aufmerksamkeit werden von einer Aufgabe so viele Verarbeitungsfähigkeiten blockiert, dass der Mensch sich für eine der gestellten Aufgaben entscheiden muss. Eine beim Autofahren anspruchsvolle Unterhaltung mit dem Mitfahrer wird deshalb schlagartig unterbrochen, weil die sich erschwerende Verkehrssituation eine vollständige Aufmerksamkeit verlangt und alle kognitiven Kapazitäten auf sich zieht. Ist die gestellte Aufgabe dagegen einfach und werden nur wenige Ressourcen zur Bearbeitung dieser benötigt, stehen für andere Aufgaben ausreichend Ressourcen zur Verfügung. Eine geteilte Aufmerksamkeit ist damit möglich, wie sie beispielsweise beim gleichzeitigen Autofahren und Reden vorkommt. Die unbewusste Aufmerksamkeit ist schließlich die Steigerung der geteilten Aufmerksamkeit. Die Aufgabe ist so wenig anspruchsvoll, weshalb nur eine geringe Anzahl an Ressourcen reserviert wird.

Obwohl das Modell der Ressourcen Allokation die drei Arten der Aufmerksamkeit erläutern kann, ergeben sich daraus neue Fragen, die bis zum heutigen Zeitpunkt von der Wissenschaft noch nicht beantwortet werden können. Im Wesentlichen umfassen diese Unklarheiten zu den Ressourcen und zur Reihenfolge der jeweiligen Aufgaben. Man hat keine konkrete Vorstellung was unter kognitiven Ressourcen zu verstehen ist. Auch weiß man nicht, wie diese zu messen sind. Selbst die Frage, ob es verschiedene Arten von Ressourcen gibt, ist bisher unbeantwortet. So ist es keine Überraschung, dass auch die mögliche Größe eines Ressourcenpools unbekannt ist. Eine Aussage inwiefern die Größe dieses Pools konstant ist, verbietet sich somit auch. Bei der Verteilung der Ressourcen zu den bearbeiteten Aufgaben unterscheidet man beim vorgestellten Modell zwischen primären und sekundären Aufgaben. Dabei ergibt sich das Problem, inwiefern die vom jeweiligen Menschen unbewusst gewählte Einteilung in primäre und sekundäre Aufgabe mit der objektiven Situation übereinstimmt. Kann es passieren, dass ein Fahrer sich primär um die Bedienung des Radios kümmert und die Fahraufgabe als sekundär einstuft, obwohl die Verkehrssituation seine vollständige Aufmerksamkeit bräuchte? Kann sich diese Reihenfolge in der Wertigkeit der Aufgabe dynamisch verändern? Wenn dem so ist,

nach welchen Kriterien wird diese Reihenfolge vom Menschen bestimmt? Gemäß Rützel (1977) kommen als Auslöser für die Aufmerksamkeit vier Typen von Faktoren in Betracht. Erstens können akute organismische Defizite wie Temperatur, Schmerz, Sexualität, Hunger oder Durst die Aufmerksamkeit beeinflussen. Zweitens spielen Motive, Einstellungen, Gewohnheiten und Interessen eine Rolle. Als drittes sind objektive Reizgegebenheiten zu berücksichtigen. Eigenschaften wie Intensität, Größe, Farbigkeit oder Bewegung haben hier ihren Einfluss. Schließlich spricht Rützel von „collativen“ Reizvariablen, „die mit dem Grad der Neuheit, Unerwartetheit und Komplexität von Reizen etwas zu tun haben, was mit redundanztheoretischen Ansätzen der Ästhetik zusammenfällt: Altbekanntes und zu Einfaches sind langweilig, wobei der aufmerksamkeitswirksamste Grad an Komplexität stark von Entwicklung und Erfahrung abhängt.“

Trotz aller neuen Fragen, die sich aus dem Modell der Ressourcen Allokation ergeben, kann damit der Begriff der Ablenkung beschrieben werden. *Ablenkung ist das Binden von kognitiven Ressourcen.* Möchte man daher Ablenkung messen, muss man die Bindung von Ressourcen erfassen. Das Messen dieser Bindung ist jedoch nicht ohne weiteres möglich, da ein direkter Blick in das menschliche Gehirn verwehrt ist. Jedoch kann durch Messen bzw. Beobachten von menschlichen Fehlern oder Handlungen auf die Bindung von Ressourcen indirekt geschlossen werden. Das Blockschaltbild des Mensch-Maschine-Systems (vgl. Abbildung 2-1) zeigt wo solche menschlichen Fehler und Handlungen beobachtbar und messbar sind. Das ist zum einen unmittelbar an der menschlichen Handlung zwischen Mensch und Maschine und zum anderen mittelbar am Arbeitsergebnis.

Das Fazit der Überlegungen ergibt, dass Ablenkung in Zusammenhang steht mit der Aufmerksamkeit. Aufmerksamkeit ist ein Fokussieren auf und Verarbeiten von Reizen. Es gibt drei Arten von Aufmerksamkeit, die alle mit dem Modell der Ressourcen Allokation erklärt werden können. Ablenkung kann mit Hilfe dieses Modells beschrieben werden und ist demnach ein Binden von Ressourcen. Diese Bindung von Ressourcen kann nicht direkt sondern nur unmittelbar an der menschlichen Handlung oder mittelbar am Arbeitsergebnis gemessen werden.

Die Fragestellung, wie Ablenkung gemessen werden kann, ist damit beantwortet. Somit bleibt nur noch das Problem übrig, wie eine tertiäre Aufgabe hinsichtlich seiner Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu analysieren ist. Dafür sind die drei Gestaltungsmaximen der Systemergonomie prädestiniert und werden im Anschluss veranschaulicht.

### **2.3 Systemergonomische Gestaltungsmaximen**

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den systemergonomischen Gestaltungsmaximen. Im ersten Teil werden diese ausführlich erklärt. Der zweite Teil liefert eine Beschreibung, wie die systemergonomischen Gestaltungsmaximen für einen ergonomischen Soll-/Ist-Vergleich einer Systemauslegung verwendet werden können.

Es liegt im Bestreben der Ergonomie, die Arbeit und Arbeitsumgebung an die Eigenschaften des Menschen anzupassen. Grundlage für die Anpassung ist die rationale Betrachtung des Menschen im Wechselspiel mit seiner Arbeit. Für die Betrachtung bieten sich die zwei Methoden *Belastungs-Beanspruchungs-Analyse* und *systemergonomische Analyse* an. Bei der Belastungs-Beanspruchungs-Analyse wird versucht, die Belastung, die aus der Arbeit selbst und der Arbeitsumgebung

resultiert, möglichst messtechnisch zu erfassen und daraus die zu erwartende menschliche Beanspruchung zu erschließen (Bubb und Schmidtke, 1993). Diese Vorgehensweise stößt allerdings bei informatorischer Arbeit an ihre Grenzen, weil die Arbeitsschwere bei mentaler Belastung messtechnisch nicht zu erfassen ist. In diesem Fall kommt die systemergonomische Analyse zum Zug, bei der die Informationswandlung durch das System betrachtet wird. Dabei kann die Mensch-Maschine-Schnittstelle mit Hilfe von drei systemergonomischen Gestaltungsmaximen untersucht werden, die nachfolgend ausführlich dargestellt sind.

Nach Bubb (1993) können die drei systemergonomischen Gestaltungsmaximen als Fragen formuliert werden:

- **Funktion:** „Was will der Operateur bezwecken und inwieweit kommt ihm das technische Arbeitsmittel dabei entgegen?“
- **Rückmeldung:** „Kann der Operateur erkennen, ob er etwas bewirkt hat und welchen Erfolg er hatte?“
- **Kompatibilität:** „Wie groß ist der Umcodieraufwand zwischen verschiedenen technischen Informationskanälen?“

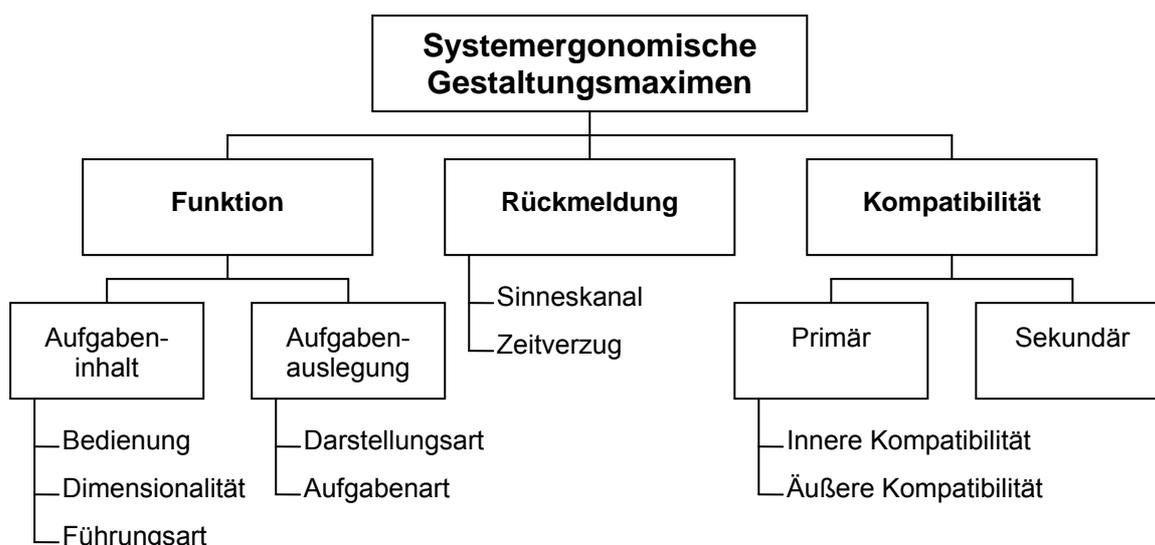


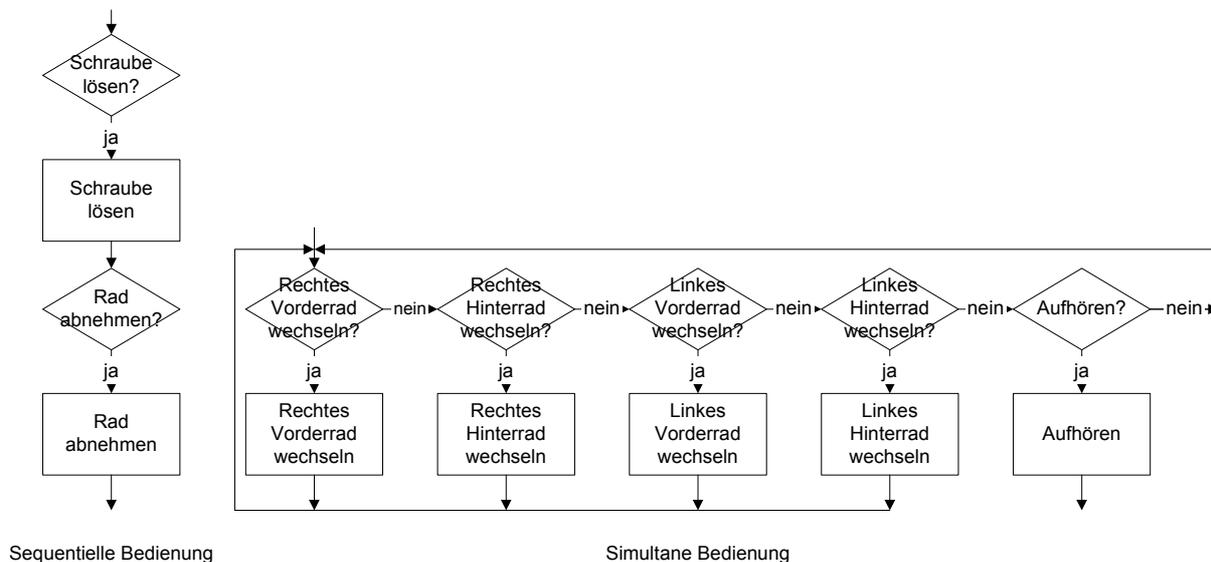
Abbildung 2-3: Übersicht über die systemergonomischen Gestaltungsmaximen Funktion, Rückmeldung und Kompatibilität

Abbildung 2-3 gibt eine Übersicht wie die systemergonomischen Gestaltungsmaximen Funktion, Rückmeldung und Kompatibilität weiter untergliedert sind. Demnach kann die Funktion in den eigentlichen Aufgabeninhalt und die Aufgabenauslegung zerlegt werden. Wie die beiden Bezeichnungen schon implizieren, ergibt sich der Inhalt aus der der Aufgabe zugrunde liegenden Logik, während die Aufgabenauslegung durch den Systementwickler vorgenommen wird.

Der Aufgabeninhalt besteht aus Bedienung, Dimensionalität und Führungsart. Mit der Bedienung wird die sachlich notwendige zeitliche Ordnung beschrieben. Unterschieden wird eine sequentielle oder simultane Bedienung. Ist die Reihenfolge der notwendigen Arbeitsschritte zeitlich vorgegeben, spricht man von einer

sequentiellen Bedienung. Gibt es dagegen keine zeitliche Reihenfolge der Arbeitsschritte, liegt ein simultaner Vorgang vor. Hierbei darf der Begriff simultan nicht missverstanden werden. Simultan bedeutet in der Systemergonomie nicht eine zeitgleiche Bedienung. Vielmehr drückt es eine gleichrangige Anordnung verschiedener Auswahlmöglichkeiten aus. Ein einfaches Beispiel soll den Zusammenhang erläutern. Es sei die Aufgabe gestellt, bei einem Fahrzeug die Sommerreifen zu montieren. Es ist offensichtlich, dass die Arbeitsschritte für den Wechsel eines einzelnen Rades in einer sequentiellen Anordnung stehen. Bevor etwa das Rad abgenommen werden kann, sind die einzelnen Schrauben zu lösen. Erst das Rad abzunehmen und dann die Schrauben zu entfernen, widerspricht jeglicher Logik. In welcher Reihenfolge die vier Räder ausgetauscht werden sollen, entzieht sich dagegen einer zeitlichen Ordnung. Weil es für das Arbeitsergebnis nicht von Bedeutung ist, ob zuerst mit dem rechten Vorder- oder linken Hinterrad begonnen wird, spricht man von einer simultanen Bedienung.

Die Beschreibung der zeitlichen Ordnung einer Aufgabe ist Basis für alle systemergonomischen Analysen. Zur besseren Beschreibung dieser Ordnung bietet sich eine graphische Darstellung basierend auf der Flussdiagrammtechnik an. Dabei kennzeichnet eine Raute eine Entscheidung, die der Mensch treffen muss. Ein Rechteck steht dagegen für eine Bedienung, die er auszuführen hat. Stehen simultane Entscheidungen an, so werden die Raute auf einer horizontalen Linie angeordnet. Eine sequentielle Bedienung ist demzufolge vertikal ausgerichtet. In Abbildung 2-4 sind die beiden Möglichkeiten exemplarisch für das Beispiel Reifen wechseln dargestellt.



**Abbildung 2-4:** Beispielhafte Darstellung einer sequentiellen und simultanen Bedienung. Bei der sequentiellen Bedienung ist die zeitliche Ordnung vorgegeben. Bei der simultanen Bedienung stehen verschiedene Auswahlmöglichkeiten zeitgleich an. Die Entscheidung repräsentierenden Raute sind daher auf einer horizontalen Linie angeordnet.

<p>Zwingende Art</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrere Arbeitsschritte stehen zur zeitgleichen Entscheidung an</li> <li>• Jeder Arbeitsschritt muss durchgeführt werden</li> <li>• Reihenfolge der Abarbeitung ist für das Ergebnis irrelevant</li> </ul>	
<p>Variierende Art</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrere Arbeitsschritte stehen zur zeitgleichen Entscheidung an</li> <li>• Nur ein Arbeitsschritt muss zur Aufgabenerfüllung durchgeführt werden</li> <li>• Jeder Arbeitsschritt führt zum Ziel</li> </ul>	
<p>Divergierende Art</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrere Arbeitsschritte stehen zur zeitgleichen Entscheidung an</li> <li>• Nicht jeder Arbeitsschritt muss durchgeführt werden</li> <li>• Die einzelnen Arbeitsschritte führen zu unterschiedlichen Ergebnissen</li> </ul>	

Tabelle 2-1: Zusammenfassung der drei Unterarten der simultanen Bedienung. Je nach vorherrschenden simultanen Auswahlmöglichkeiten stellt sich diese unterschiedlich dar.

Eine simultane Bedienung bedingt sich in der nicht zeitlich geordneten Anordnung von Arbeitsschritten. Sobald sich der Anwender mehreren Auswahlmöglichkeiten ausgesetzt sieht, wird von ihm eine simultane Bedienung abverlangt. Dabei können ausgehend von diesen Entscheidungsmöglichkeiten drei verschiedene Typen unterteilt werden. Demnach gibt es simultane Bedienung *zwingender*, *variierender* und *divergierender* Art. Bei der zwingenden Art stehen mehrere Arbeitsschritte zeitgleich zur Entscheidung an. Jeder muss zur Erfüllung der Aufgabe durchgeführt werden. Auf Grund der simultanen Bedienung ist eine Abarbeitung in einer bestimmten Reihenfolge nicht notwendig. Ein typisches Muster für eine simultane Bedienung zwingender Art ist das komplette Ausfüllen eines Personalbogens. Die Aufgabe besteht zwar darin, alle Daten anzugeben. Ob jedoch zuerst der Vor- oder Nachname in den Bogen eingetragen wird, ist für das Ergebnis irrelevant. Auch bei der variierenden Art stehen unterschiedliche Arbeitsschritte gleichzeitig zur Entscheidung an. Jedoch müssen nicht alle bearbeitet werden, weil jeder mögliche Schritt zum Ziel führt. Zur Erfüllung der Aufgabe reicht es, nur einen Arbeitsschritt auszuführen. Ein sehr bildhaftes Beispiel ist die Vorstellung, im Winter auf einem Gipfel zu stehen. Möchte man zu einer bestimmten Talstation mit den Ski abfahren, kann man zwischen unterschiedlich schweren Pisten wählen, die alle zum gleichen Ziel führen. Hätte man zwar am Gipfel verschiedene Abfahrten zur Auswahl, die

jedoch bei unterschiedlichen Talstationen enden, wäre man einer simultanen Bedienung divergierender Art ausgesetzt. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass ebenfalls diverse Arbeitsschritte zum selben Zeitpunkt zur Entscheidung anstehen. Auch muss nicht jede Auswahlmöglichkeit gewählt werden. Aber anders als bei der variierenden Art, führen die Arbeitsschritte zu ungleichen Ergebnissen. In Tabelle 2-1 sind die drei Typen der simultanen Bedienung mit jeweils einem schematischen Flussdiagramm zusammengefasst.

Die Dimensionalität bezieht sich beim Aufgabeninhalt auf die räumliche Ordnung der Aufgabe und stellt die Zahl der Freiheitsgrade dar, auf die der bedienende Mensch Einfluss nehmen muss. Man unterscheidet daher ein- bis sechsdimensionale Aufgaben. Das Führen eines Zuges erweist sich als eindimensional. Beim Autofahren müssen zwei Dimensionen gemeistert werden. Arbeiten am Computer präsentieren sich in der Regel als eindimensionale Aufgaben.

Mit der Führungsart wird die Aufgabe hinsichtlich ihrer örtlichen und zeitlichen Einschränkung systematisiert. Unterschieden wird zwischen statischen und dynamischen Aufgaben. Diese beziehen sich immer auf die örtliche und zeitliche Einbindung des Menschen. Ein Kunstflieger, der beispielsweise bei einer Flugschau extreme Flugmanöver fliegt, setzt sich einer dynamischen Aufgabe aus, die durch ein enges Ort-/Zeitfenster charakterisiert ist. Dagegen kann das Führen eines Verkehrsflugzeuges, das sich in Reisehöhe bei einer Atlantiküberquerung befindet, wegen des weiten Ort-/Zeitfensters als eine statische Aufgabe betrachtet werden.

Bedienung, Dimensionalität und Führungsart beschreiben den Inhalt der gestellten Aufgabe. Parallel dazu steht die Aufgabenauslegung, die sich in Darstellungsart und Aufgabenart unterteilt. Bei der Darstellungsart wird unterschieden, inwiefern die Aufgabe und das Ergebnis getrennt oder verrechnet dargestellt werden. Bleibt es dem Menschen überlassen, die Differenz zwischen Aufgabenstellung und Aufgabenerfüllung zu berechnen, spricht man von einer Folgeaufgabe. Wird dagegen dem Anwender vom System der entsprechende Unterschied präsentiert, handelt es sich um eine Kompensationsaufgabe. Ein einfaches Beispiel verdeutlicht die Unterschiede. Es gibt zwei verschiedene Arten von Waagen. Bei den einen wird die gewogene Masse direkt angezeigt. Die anderen liefern die Differenz zu einem vorher eingestellten Wert. Ist es Absicht, eine bestimmte Masse abzuwiegen, stellt sich die Bedienung der ersten Waagenart als Folgeaufgabe dar. Es muss eine Differenz zwischen gewünschtem und gemessenem Wert gebildet werden. Bei der zweiten Waagenart handelt es sich um eine Kompensationsaufgabe, denn der Abstand zwischen Ist und Soll wird direkt ausgegeben.

Bei der Aufgabenart wird zwischen aktiver und monitiver Aufgabe unterteilt. Dabei stellt sich die Frage, ob der Mensch aktiv in den Arbeitsprozess eingebunden ist, oder ob ihm lediglich überwachende Funktion zukommt. Eine monitive Aufgabe tritt immer bei der Bedienung eines Automaten auf. Voraussetzung ist allerdings, dass der Mensch auf den Automaten einwirken kann. Eine monitive Aufgabe ist daher eine Beobachtung eines automatischen Vorgangs, der nur bei einem Fehler vom Anwender unterbrochen wird. Der Einsatz und die Überwachung eines Autopiloten im Flugzeug ist daher eine monitive Aufgabe. Fliegt der Pilot selbständig manuell, spricht man von einer aktiven Aufgabe.

Die zweite systemergonomische Gestaltungsmaxime berücksichtigt die Rückmeldung. Es ist offensichtlich, dass bei einer Analysemethode, die sich mit dem Informationsfluss in einem Mensch-Maschine-System beschäftigt, der Rückmeldung

eine besondere Rolle zukommt. Schließlich liefert die Maschine über den Weg der Rückmeldung Information an den Menschen. Wie Abbildung 2-3 zu entnehmen ist, spielt dabei die Art und die Verzögerungszeit der Rückmeldung die entscheidende Rolle. Zuerst stellt sich die Frage, in welcher Form welche Information als Rückmeldung erfolgt. Welche und wie viele Sinneskanäle werden durch die Rückmeldung angesprochen? Die Ergonomie empfiehlt, gleichzeitig eine Rückmeldung über möglichst viele Sinneskanäle zu geben. Beim Auto bieten sich hierzu visuelle, akustische und haptische Rückmeldeformen an. Als zweites ist die Zeit, innerhalb derer die Rückmeldung erfolgt, von Bedeutung. Wie viel Zeit ist verstrichen, bis nach der Informationseingabe in die Maschine eine Rückmeldung durch das System erfolgt? Empfohlen wird eine Rückmeldung innerhalb der physiologischen Reaktionszeit des Menschen, die bei circa 100-200 Millisekunden liegt.

Unter der so genannten Kompatibilität ist die dritte Gestaltungsmaxime zusammengefasst. Die Frage nach dem Umcodieraufwand zwischen verschiedenen technischen Informationskanälen steht hier im Mittelpunkt. Das bedeutet, die Kompatibilität kennzeichnet die Sinnfälligkeit zwischen unterschiedlich codierter Information für den Menschen. Ein simples Beispiel illustriert die Problematik. Ein Drehen der Lenkstange beim Fahrrad nach rechts steuert das Fahrzeug in die gleiche Richtung und umgekehrt. Bei manchen Jahrmärkten gibt es bisweilen als Sensation Fahrräder, bei denen dies zur Belustigung der Zuschauer umgekehrt gestaltet ist. Mit Hilfe einer Übersetzung bewirkt ein Drehen der Lenkstange ein Steuern in entgegengesetzter Richtung. Die Sinnfälligkeit zwischen der Drehrichtung des Lenkers und der Reaktion des Fahrrades stimmen nicht überein. Welcher immense Umcodieraufwand vom Fahrer in so einem Fall zu leisten ist, erkennt man, wenn Ungeübte versuchen, dieses spezielle Fahrrad zu lenken. Insgesamt kann zwischen einer primären und sekundären Kompatibilität unterschieden werden. Die primäre Kompatibilität bezieht sich auf die Sinnfälligkeit zwischen Informationen bezogen auf Wirklichkeit, Anzeigen, Stellteile und innere Modelle. Diese wird daher in eine äußere und innere Kompatibilität weiter unterteilt. Die äußere Kompatibilität beschränkt sich nur auf die Sinnfälligkeit von Informationen von Wirklichkeit, Anzeige und Stellteil. Die Interpretation der Information durch den Menschen geht bei dieser Betrachtung nicht ein. Das beschriebene Fahrrad ist ein Beispiel für eine Verletzung der äußeren Kompatibilität. Stellteil und Wirklichkeit verhalten sich nicht kompatibel. Bei der inneren Kompatibilität wird dagegen die Sinnfälligkeit zwischen innerem Modell und externer Information untersucht. Inwiefern stimmt die dargebotene Information mit der inneren Vorstellung des Menschen überein? Dabei wird die innere Vorstellung durch Erfahrung, Training und Erziehung geprägt. Schließlich gibt es die sekundäre Kompatibilität. Diese bezieht sich darauf, dass sich die Bewegungsrichtung und der Drehsinn zueinander nicht im Widerspruch befinden dürfen. Dies hat etwa Auswirkungen auf die Anbringung von Beschriftungen.

Mit den drei vorgestellten Gestaltungsmaximen kann eine Aufgabe systemergonomisch analysiert werden. Diese Analyse ist Basis für einen Soll/Ist-Vergleich, der mögliche Verbesserungspotenziale in der Aufgabe aufdeckt. Die Einflussmöglichkeiten des Systemgestalters auf die einzelnen Elemente der Gestaltungsmaximen unterscheiden sich sehr stark. Der Aufgabeninhalt, der durch die Bedienung, Dimensionalität und Führungsart geprägt ist, kann vom Entwickler nicht direkt beeinflusst werden. Er muss vielmehr darauf achten, dass das verwirklichte System nicht zu sehr von den Vorgaben des Aufgabeninhalts abweicht.

Dagegen sind die restlichen Bereiche Aufgabenauslegung, Rückmeldung und Kompatibilität vom Systemdesigner festzulegen. Welche gestalterischen Vorgaben ergeben sich daraus für den Entwickler? Erstens muss die technische Abbildung des Aufgabeninhalts sehr nah an den Vorgaben angelehnt sein, die sich aus der „Logik“ der Aufgabe ergeben. Zweitens müssen sich die Aufgabenauslegung, Rückmeldung und Kompatibilität nach den bekannten ergonomischen Gesichtspunkten richten. Aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen ist es jedoch denkbar, dass nicht immer alle ergonomischen Empfehlungen berücksichtigt oder die „Logik“ der Aufgabe eindeutig wiedergegeben werden können. Mit Hilfe der angegebenen Gestaltungsmaximen kann diese geplante oder bereits realisierte technische Lösung beschrieben werden, so dass man eine Ist-Darstellung der Aufgabe erhält. Gleichzeitig ist das Bedienkonzept aus der Sicht der Aufgabe und des Anwenders ohne Rücksicht auf die vorgesehene oder bestehende Konfiguration zu analysieren. Diese so gewonnene Soll-Darstellung lässt sich mit der Ist-Darstellung vergleichen und damit mögliche Verbesserungspotenziale detektieren.

Zusammenfassend gilt, dass mit Hilfe der drei systemergonomischen Gestaltungsmaximen ein Mensch-Maschine-System, bei dem vor allem der Informationsfluss im Vordergrund steht, analysiert werden kann. Dabei werden die Funktion, Rückmeldung und Kompatibilität betrachtet. Der Aufgabeninhalt, der einen Teilbereich der Funktion darstellt, wird durch die Logik der Aufgabe vorgegeben. Der Gestalter des Systems muss sich möglichst nah an dieser Vorgabe orientieren. Der zweite Teilbereich der Funktion, die so genannte Aufgabenauslegung, kann ebenso wie die Rückmeldung und die Kompatibilität vom Entwickler direkt beeinflusst werden. Eine geplante oder bereits entwickelte Systemstruktur kann in Form einer Ist-Darstellung wiedergegeben werden. Die Soll-Darstellung spiegelt dagegen das Bedienkonzept aus der Perspektive der Aufgabe wider. Bei einem Soll-/Ist-Vergleich der Darstellungen werden somit mögliche Diskrepanzen entdeckt. Werden diese klassifiziert, ist eine Vorhersage für die Bedienbarkeit des gewählten Konzeptes möglich.

Für tertiäre Aufgaben, die sich auf die Bedienung von Komfortsystemen beziehen, sollen die nachfolgenden beschriebenen Untersuchungen die Vorhersage erleichtern. Diese Vorhersagen werden im nächsten Kapitel als Hypothesen formuliert.