

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
	<i>Heiner Bubb</i>	
1.1	Aktuelle Hauptentwicklungslien des Automobils	2
1.2	Kurzer historischer Überblick über die Fahrzeugentwicklung aus Nutzersicht	8
1.2.1	Entwicklung der Fahrfunktionen	8
1.2.2	Entwicklung des Cockpits	13
1.3	Die Bedeutung der Ergonomie für die Automobilentwicklung	16
1.3.1	Kurzer Abriss der Entwicklung der Ergonomie	16
1.3.2	Ergonomie und Arbeitswissenschaft (Micro Ergonomics und Macro Ergonomics)	17
1.3.3	Teilgebiet der Ergonomie	17
1.3.4	Anwendungsgebiete der Ergonomie	19
1.4	Hierarchie der Fahraufgabe	20
1.4.1	Primäre Aufgabe	20
1.4.2	Sekundäre Aufgaben	22
1.4.3	Tertiäre Aufgaben	23
1.5	Informationsflüsse im Verkehr	24
	Literatur	25
2	Das Regelkreisparadigma der Ergonomie	27
	<i>Heiner Bubb</i>	
2.1	Fahrer-Fahrzeug-Interaktion	28
2.1.1	Der Fahrer-Fahrzeug-Regelkreis	28
2.1.2	Folge- und Kompensationsaufgabe	30
2.1.3	Qualität und Leistung	31
2.1.4	Qualität bei der Querdynamik	31
2.1.5	Qualität bei der Längsdynamik	32
2.2	Grundbegriffe der Systemtechnik	33
2.3	Systemdynamik	37
2.3.1	Übergangsfunktionen und Frequenzgang	37
2.3.2	Übergangsfunktion	38
2.3.3	Frequenzgang	40
2.4	Vom Fahrer geregelte Größen	46
2.4.1	Querdynamik	46
2.4.2	Längsdynamik	51
2.5	Die primäre Fahraufgabe aus regelungstechnischer Sicht	53
2.6	Systemzuverlässigkeit	56
2.6.1	Sicherheit, Risiko, Grenzrisiko und Schutz	56
2.6.2	Zuverlässigkeit, Fehler und Sicherheit	57
2.6.3	Menschlicher Fehler und Unfallwahrscheinlichkeit	60
2.6.4	Ableitung von Maßnahmen aus den Fehlerbaumanalysen	61
	Literatur	64

3	Der Mensch als Fahrer	67
	<i>Heiner Bubb, unter Mitwirkung von Mark Vollrath, Klaus Reinprecht, Erhard Mayer, Moritz Körber</i>	
3.1	Der Mensch als Information verarbeitendes System	68
3.1.1	Systemtechnisches Modell des Fahrers	68
3.1.2	Anatomisch-funktionales Modell	68
3.1.3	Funktionell-neurophysiologisches Modell	73
3.2	Elemente des Information verarbeitenden Menschen	81
3.2.1	Informationsaufnahme	81
3.2.2	Informationsverarbeitung	105
3.2.3	Informationsumsetzung	122
3.3	Informationsverarbeitung beim Autofahren	126
3.3.1	Das Gefühl für die Zeit	126
3.3.2	Blickverhalten des Menschen beim Führen eines PKWs	126
3.3.3	Blickverhalten und innere Modelle	144
3.3.4	Komfort und Diskomfort	146
3.3.5	Belastung und Beanspruchung	149
3.4	Fahrfehler	151
3.4.1	Menschliche Zuverlässigkeit und Fahrfehler	151
3.4.2	Ursachen menschlicher Fehler	153
	Literatur	158
4	Anatomische und anthropometrische Eigenschaften des Fahrers	163
	<i>Rainer E. Grünen, Fabian Günzkofer, Heiner Bubb</i>	
4.1	Anatomische Grundlagen	164
4.1.1	Der Bewegungsapparat	164
4.1.2	Muskulatur	173
4.2	Anthropometrie	179
4.2.1	Längen- und Umfangsmaße	179
4.2.2	Gewicht	197
4.2.3	Kräfte	199
4.2.4	Beweglichkeit	208
	Literatur	216
5	Menschmodelle	221
	<i>Heiner Bubb</i>	
5.1	Kognitive Menschmodelle	222
5.1.1	Regelungstechnische Modelle	222
5.1.2	Der Nutzen Regelungstechnischer Menschmodelle	230
5.1.3	Kognitive Fahrermodelle	231
5.2	Anthropometrische Menschmodelle	238
5.2.1	Zeichenschablonen	238
5.2.2	Digitale Menschmodelle	240
5.3	Zusammenfassende Würdigung des Nutzens von Menschmodellierung	253
	Literatur	253

6	Systemergonomie des Fahrzeugs	259
	<i>Heiner Bubb, unter Mitarbeit von Klaus Bengler, Jurek Breuninger, Christian Gold, Magnus Helmbrecht</i>	
6.1	Allgemeine systemergonomische Gestaltungsrichtlinien.....	260
6.1.1	Funktion.....	263
6.1.2	Rückmeldung.....	269
6.1.3	Kompatibilität	269
6.2	Mensch – Maschine – Interaktion.....	272
6.2.1	Anzeigen	275
6.2.2	Bedienelemente.....	291
6.3	Systemergonomische Empfehlungen für die jeweiligen Fahraufgabenniveaus	303
6.3.1	Primäre Fahraufgabe	303
6.3.2	Sekundäre Fahraufgabe	309
6.3.3	Tertiäre Aufgaben	310
6.4	Gestaltung der fahrrelevanten Eigenschaften	312
6.4.1	Querdynamik: Das Lenkgefühl	313
6.4.2	Längsdynamik	328
6.4.3	X-by-Wire	333
	Literatur	340
7	Anthropometrische Fahrzeuggestaltung.....	345
	<i>Heiner Bubb, Rainer E. Grünen, unter Mitarbeit von Wolfram Remlinger</i>	
7.1	Fahrzeugpackaging	347
7.1.1	Zielsetzung des anthropometrischen Package	347
7.1.2	PKW-Maßkonzeption nach SAE	350
7.1.3	Arbeitsfelder der anthropometrischen Ergonomie.....	354
7.2	Sitzen	360
7.2.1	Berücksichtigung unterschiedlicher Anthropometrien.....	360
7.2.2	Fahrer	363
7.2.3	Rechtslenkerproblematik	386
7.2.4	Beifahrer.....	393
7.2.5	Fahrzeugfond	393
7.3	Sicht	396
7.3.1	Direkte Sicht	396
7.3.2	Indirekte Sicht	408
7.3.3	Sicht auf Bedien- und Anzeigekomponenten.....	410
7.3.4	Reflexionen	413
7.4	Bedien- und Anzeigekomponenten	418
7.4.1	Bestimmung der Erreichbarkeitsflächen nach SAE.....	418
7.4.2	Funktionale Greifräume.....	419
7.4.3	Berücksichtigung spezieller Bedienanforderungen	420
7.5	Raumbedarf.....	423
7.5.1	Statischer und dynamischer Raumbedarf	423
7.5.2	Ablagen	425
7.5.3	Raumgefühl	426

7.6	Ein- und Ausstieg	428
7.6.1	Türkonzepte	428
7.6.2	Bewegungsstrategien	432
7.6.3	Bewertungsmethoden	439
7.6.4	Zugang zur 2. und 3. Sitzreihe	450
7.7	Beladen	452
7.7.1	Geometrie	452
7.7.2	Bedienbarkeit	454
7.8	Berücksichtigung spezifischer Nutzergruppen	455
7.8.1	Ältere Fahrzeugnutzer	455
7.8.2	Kinder	462
7.9	Handwerklichkeit	463
	Literatur	467
8	Gestaltung der Konditionssicherheit	471
	<i>Heiner Bubb</i>	
8.1	Beleuchtung	472
8.1.1	Lichttechnische Maße	472
8.1.2	Außenbeleuchtung	474
8.1.3	Innenbeleuchtung	475
8.2	Schall	478
8.2.1	Fahrgeräusche	478
8.2.2	Kleine Geräusche	483
8.2.3	Nutzsignale	485
8.3	Schwingungen	486
8.3.1	Schwingungsphänomene	486
8.3.2	Wahrnehmung von Schwingungen	487
8.3.3	Schwingungsbewertung	488
8.3.4	Komfort und Fahrsicherheit	492
8.3.5	Kinetose	496
8.4	Klima	497
8.4.1	Klima, Leistungsfähigkeit und Komfort	497
8.4.2	Klimatische Behaglichkeit	498
8.4.3	Umweltbedingungen	503
8.4.4	Anforderungen an die Technik	505
8.5	Geruch	518
	Literatur	520
9	Fahrerassistenz	525
	<i>Heiner Bubb, unter Mitarbeit von Klaus Bengler</i>	
9.1	Was ist Assistenz?	526
9.2	Fahrerassistenz und Fahraufgabe	528
9.2.1	Heute verfügbare Fahrerassistenzsysteme für die primäre Fahraufgabe	529
9.2.2	Kategorisierung der Fahrerassistenzsysteme für die primäre Fahraufgabe	557
9.2.3	Müdigkeitswarner	562
9.3	Beitrag der Fahrerassistenzsysteme zur Fahrsicherheit	566

9.4	Ergonomische Gestaltung	571
9.4.1	Bedienung und Anzeige	571
9.4.2	Unterscheidbarkeit der Modi eines Fahrerassistenzsystems	575
	Literatur	578
10	Methoden der ergonomischen Fahrzeugentwicklung	583
	<i>Heiner Bubb</i>	
10.1	Ergonomie im Fahrzeugentwicklungsprozess	584
10.2	Virtual Reality	588
10.3	Simulation anthropometrischer Bedingungen	590
10.3.1	Sitzkiste	590
10.3.2	Variabler Ergonomieprüfstand	591
10.3.3	Anwendung von Virtual Reality	592
10.4	Simulation fahr- und verkehrsdynamischer Aspekte	598
10.4.1	Motivation für Fahrsimulatoren und deren technische Herausforderung	598
10.4.2	Simulatortechniken	600
10.4.3	Aussagekraft von Fahrsimulatoren unterschiedlichen Niveaus	606
10.4.4	Nutzung von Augmented Reality im Realfahrzeug	609
10.5	Versuche im Realfahrzeug	611
10.5.1	Versuche auf abgesperrtem Gelände	611
10.5.2	Versuche im öffentlichen Straßenverkehr	613
10.5.3	Kundenrückmeldungen	614
	Literatur	615
11	Messmethoden	617
	<i>Heiner Bubb, Klaus Bengler, Christian Lange, Carmen Aringer, Nicole Trübwetter, unter Mitarbeit von Antonia Conti, Markus Zimmermann</i>	
11.1	Notwendigkeit von Versuchen	618
11.1.1	Wissenschaftliche Anforderungen an Versuche	618
11.1.2	Bewertung der Gebrauchstauglichkeit – Usability	619
11.1.3	Versuchsplanung	620
11.2	Objektive Messungen	621
11.2.1	Erfassung der individuellen Anthropometrie	621
11.2.2	Erfassung von Körperhaltung und -bewegung	623
11.2.3	Erfassen von Kontaktkräften	626
11.2.4	Blickbewegung	630
11.2.5	Leistungsmessungen	637
11.2.6	Physiologische Parameter	641
11.3	Subjektive Messungen	644
11.3.1	Psychophysik	644
11.3.2	Interview	649
11.3.3	Standardisierte Fragebögen	657
	Literatur	659

12	Statistische Methoden	663
	<i>Mark Vollrath</i>	
12.1	Grundlegende Fragestellungen – Verteilung vs. Unterschiedsprüfung	664
12.2	Ausprägung von Merkmalen – Vertrauensintervalle	664
12.2.1	Methodik – Stichprobenziehung	664
12.2.2	Statistik – Bestimmung von Kenngrößen	666
12.3	Unterschiede zwischen Bedingungen – Signifikanztests	669
12.3.1	Methodik – Versuchspläne	669
12.3.2	Statistik – Signifikanztests	673
12.3.3	Statistik – Darstellung der Ergebnisse	679
12.4	Externe und interne Validität	682
	Literatur	684
13	Ausblick	685
	<i>Klaus Bengler, Heiner Bubb</i>	
13.1	Elektromobilität	686
13.2	Automation	687
13.3	Mobilitätsverhalten	688
	Literatur	688
	Anhang	691
	Sachwortverzeichnis	692