

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in Virtual und Augmented Reality	1
	Ralf Dörner, Wolfgang Broll, Bernhard Jung, Paul Grimm und Martin Göbel	
1.1	Worum geht es bei VR/AR?	2
1.1.1	Die perfekte Virtuelle Realität	2
1.1.2	Die Simulation der Welt	6
1.1.3	Suspension of Disbelief	8
1.1.4	Motivation	9
1.2	Was ist VR?	12
1.2.1	Technologieorientierte Charakterisierungen der VR	13
1.2.2	VR als innovative Form der Mensch-Maschine Interaktion	15
1.2.3	Mentale Aspekte der VR-Erfahrung	18
1.3	Was ist AR?	20
1.4	Historische Entwicklung von VR und AR	26
1.5	VR-Systeme	29
1.6	AR-Systeme	32
1.7	Nutzung des Buches	34
1.7.1	Aufbau des Buches	34
1.7.2	Benutzungsanleitung	35
1.7.3	Zielgruppen des Buches	36
1.8	Zusammenfassung und Fragen	39
	Literaturempfehlungen	40
	Literatur	41

2	Wahrnehmungsaspekte von VR.	43
	Ralf Dörner und Frank Steinicke	
2.1	Menschliche Informationsverarbeitung	44
2.2	Visuelle Wahrnehmung	46
2.2.1	Stereosehen	46
2.2.2	Raumwahrnehmung	49
2.3	Multisensorische Wahrnehmung	53
2.3.1	Auditive Wahrnehmung	53
2.3.2	Haptische Wahrnehmung	54
2.3.3	Propriozeption und Kinästhesie	55
2.3.4	Bewegungswahrnehmung	55
2.3.5	Präsenz und Immersion	56
2.4	Phänomene, Probleme, Lösungen	57
2.4.1	Abweichende Betrachtungsparameter	57
2.4.2	Doppelbilder.	59
2.4.3	Frame Cancellation	61
2.4.4	Vergence-Focus-Konflikt	62
2.4.5	Diskrepanzen in der Raumwahrnehmung	63
2.4.6	Diskrepanzen in der Bewegungswahrnehmung	66
2.4.7	Cybersickness.	67
2.4.8	Problem der vertikalen Parallaxe	70
2.5	Nutzung von Wahrnehmungsaspekten	71
2.5.1	Salienz	72
2.5.2	Nutzerführung	74
2.6	Zusammenfassung und Fragen.	75
	Literaturempfehlungen	76
	Literatur.	76
3	Virtuelle Welten.	79
	Bernhard Jung und Arnd Vitzthum	
3.1	Einführung	80
3.2	Szenengraphen	83
3.3	3D-Objekte.	86
3.3.1	Oberflächenmodelle	86
3.3.2	Festkörpermodelle	89
3.3.3	Erscheinungsbild	90
3.3.4	Optimierungstechniken für 3D-Objekte.	95
3.4	Animation und Objektverhalten.	97
3.4.1	Keyframe-Animation	97
3.4.2	Physikbasierte Animation starrer Körper.	98
3.4.3	Objektverhalten	100
3.4.4	Verhalten und Animation in Szenengraphen	101

3.5	Beleuchtung, Sound und Hintergründe	101
3.5.1	Beleuchtung	102
3.5.2	Sound	103
3.5.3	Hintergründe	104
3.6	Spezialsysteme	105
3.6.1	Virtuelle Menschen	105
3.6.2	Partikelsysteme	107
3.6.3	Gelände	109
3.6.4	Vegetation	111
3.7	Zusammenfassung und Fragen	112
	Literaturempfehlungen	114
	Literatur	114
4	VR/AR-Eingabegeräte und Tracking	117
	Paul Grimm, Wolfgang Broll, Rigo Herold und Johannes Hummel	
4.1	Grundlagen	118
4.2	Trackingverfahren	124
4.2.1	Akustisches Tracking	125
4.2.2	Magnetfeldbasiertes Tracking	125
4.2.3	Inertial-Tracker	126
4.2.4	Laser-Tracking	127
4.2.5	Positions-Tracking im Außenbereich	128
4.3	Kamerabasiertes Tracking	130
4.3.1	Markenbasierte Verfahren	131
4.3.2	Tracking mit Schwarzweißmarken	135
4.3.3	Merkmalsbasierte Tracking-Verfahren	140
4.3.4	Visual SLAM-Verfahren	143
4.3.5	Hybride Tracking-Techniken	144
4.4	Finger-Tracking	145
4.5	Eye-Tracking	149
4.5.1	Bewegungsabläufe des Auges	149
4.5.2	Verfahren	149
4.5.3	Funktionsweise eines Eye-Trackers	152
4.5.4	Kalibrierung	152
4.5.5	Eye-Tracking in Head-Mounted Displays	155
4.5.6	Remote-Eye-Tracker	156
4.6	Weitere Eingabegeräte	156
4.6.1	3D-Mouse	156
4.6.2	Mechanische Eingabegeräte	157
4.6.3	Bewegungsplattformen	158
4.7	Zusammenfassung und Fragen	159
	Literaturempfehlungen	160
	Literatur	160

5	VR/AR-Ausgabegeräte	163
	Paul Grimm, Wolfgang Broll, Rigo Herold, Dirk Reiners und Carolina Cruz-Neira	
5.1	Grundlagen visueller Ausgabe	165
5.2	Head-Mounted-Displays (HMDs)	170
5.2.1	VR-Brillen	170
5.2.2	AR-Brillen	173
5.2.3	Allgemeine Kenngrößen und Eigenschaften von HMDs	179
5.2.4	Spezielle HMDs	186
5.3	Stationäre VR-Systeme	188
5.3.1	Einseitige Displays	189
5.3.2	Mehrseitige Displays	191
5.3.3	Gekachelte Displays	194
5.3.4	Verfahren zur Stereoausgabe	201
5.4	Akustische Ausgabegeräte	211
5.5	Haptische Ausgabegeräte	212
5.6	Zusammenfassung und Fragen	215
	Literaturempfehlungen	216
	Literatur	216
6	Interaktionen in Virtuellen Welten	219
	Ralf Dörner, Christian Geiger, Leif Oppermann, Volker Paelke und Steffi Beckhaus	
6.1	Grundlagen aus der Mensch-Computer-Interaktion	220
6.2	Systemsteuerung	222
6.3	Selektion	224
6.3.1	Zeigen in Virtuellen Welten	225
6.3.2	Interaktionsgestaltung	227
6.3.3	Beispiele für Selektionstechniken	229
6.4	Manipulation von Objekten	231
6.5	Navigation	234
6.5.1	Steuerungstechniken zur Bewegungskontrolle	236
6.5.2	Walking – Technik zur natürlichen Bewegungskontrolle	238
6.5.3	Leaning-Interfaces zur Bewegungskontrolle	240
6.5.4	Teleportation als Technik der Bewegungskontrolle	242
6.5.5	Routenplan- und zielbasierte Bewegungstechniken	242
6.5.6	Entwurfskriterien für Navigationstechniken	243
6.6	Prozesse für Design und Realisierung von Interaktion	244
6.6.1	Besonderheiten von VR/AR-Benutzungsschnittstellen	244
6.6.2	Nutzerorientierte Entwicklung von VR/AR-Interaktionen	246
6.7	Nutzertests	249

6.8	Ethische, soziale und rechtliche Aspekte von VR/AR	255
6.9	Zusammenfassung und Fragen.	261
	Literaturempfehlungen	263
	Literatur.	264
7	Echtzeitaspekte von VR-Systemen	267
	Mathias Buhr, Thies Pfeiffer, Dirk Reiners, Carolina Cruz-Neira und Bernhard Jung	
7.1	Latenz in VR-Systemen	268
7.1.1	Welche Anforderungen an Latenz gibt es?	269
7.1.2	Wo entstehen eigentlich Latenzen?	271
7.1.3	Ist die Latenz in einem VR-System konstant?	272
7.1.4	Welche Ansätze zur Latenzbestimmung gibt es?	273
7.1.5	Zusammenfassung Latenz	278
7.2	Effiziente Kollisionserkennung in Virtuellen Welten.	279
7.2.1	Hüllkörper	280
7.2.2	Techniken zur Strukturbildung.	286
7.2.3	Kollisionserkennung für große Umgebungen	291
7.2.4	Zusammenfassung und weitergehende Techniken.	295
7.3	Echtzeit-Rendering Virtueller Welten	296
7.3.1	Algorithmische Strategien	297
7.3.2	Hardwarebezogene Strategien	304
7.3.3	Softwaresysteme für die Darstellung Virtueller Welten.	309
7.4	Zusammenfassung und Fragen.	311
	Literaturempfehlungen	312
	Literatur.	312
8	Augmentierte Realität.	315
	Wolfgang Broll	
8.1	Einführung	315
8.1.1	Übersicht	316
8.1.2	Grundlegende Ausprägungen von AR	320
8.2	Registrierung	325
8.2.1	Geometrische Registrierung.	325
8.2.2	Photometrische Registrierung	329
8.3	Visuelle Ausgabe	332
8.4	Spezielle AR-Techniken.	337
8.4.1	Head-Up-Inhalte.	337
8.4.2	Verdeckungen und Phantomobjekte.	337
8.4.3	Überblenden von Marken.	339
8.4.4	Virtuelle Löcher	339
8.4.5	Röntgenblick	340

8.5	Spezielle AR-Interaktionstechniken.	343
8.5.1	Interaktion durch Navigation	343
8.5.2	Selektion durch Blickrichtung	343
8.5.3	Tangible User Interfaces	344
8.6	Applikationen.	345
8.7	Diminished und Mediated Reality	347
8.7.1	Diminished Reality	347
8.7.2	Mediated Reality	351
8.8	Zusammenfassung und Fragen.	353
	Literaturempfehlungen	355
	Literatur.	355
9	Fallbeispiele für VR/AR	357
	Ralf Dörner, Torsten W. Kuhlen, Geert Matthys, Manfred Bogen, Stefan Rilling, Andreas Gerndt, Janki Dodiya, Katharina Hertkorn, Thomas Hulin, Johannes Hummel, Mikel Sagardia, Robin Wolff, Andreas-Christoph Bernstein, Sebastian Utzig, Tom Kühnert, Guido Brunnett, Lisa Blum, Christoffer Menk, Christian Bade, Werner Schreiber, Thomas Alexander, Michael Kleiber, Leif Oppermann, Gerd Bruder, Frank Steinicke, Raphael Zender und Christian Geiger	
9.1	Einführung und Übersicht	357
9.2	Die aixCAVE an der RWTH Aachen University	359
9.3	Virtuelle Realität in der Öl- und Gasindustrie	362
9.4	Virtuelle Satellitenreparatur im Orbit	365
9.5	Virtual Prototyping von Schuhen und Stiefeln	367
9.6	Augmentierte Realität unter Wasser.	371
9.7	Einsatz von Spatial Augmented Reality in der Automobilindustrie	373
9.8	Einsatz von Augmented Reality in der Fertigungsplanung	376
9.9	Benutzerzentrierte Gestaltung eines AR-basierten Systems zur Telemaintenance.	378
9.10	Auto-AR – Visualisierung von 3D-Gebäudedaten vor Ort	380
9.11	Effekte von Rendering-Parametern auf die Wahrnehmung von Größen und Distanzen	382
9.12	Festplattentausch in der Ausbildung zum Fachinformatiker	385
9.13	Klettern in Virtueller Realität.	388
	Literatur.	391

10	Authoring von VR/AR-Anwendungen	393
	Wolfgang Broll, Florian Weidner, Tobias Schwandt, Kai Weber und Ralf Dörner	
10.1	Unterstützung von Autoren	394
10.2	Grundlagen und Konzepte von Software zur Unterstützung von Autoren	395
10.2.1	Unity	398
10.2.2	Unreal Engine	401
10.2.3	AR-Frameworks: ARCore und ARKit	405
10.3	Beispiele für die Erstellung von VR/AR-Anwendungen	408
10.3.1	Making Of: Immersive VR-Präsentation von CAD-Daten in der Oculus Rift mit Unity	408
10.3.2	Making Of: Realisierung von Interaktion in VR mit der HTC Vive auf Basis der Unreal Engine	411
10.3.3	Making Of: Eine Anwendung für Microsoft's Hololens	413
10.3.4	Making Of: Basics für die Erstellung einer nativen ARCore Applikation für Android	418
10.4	Zusammenfassung und Fragen	421
	Literaturempfehlungen	422
	Literatur	422
11	Mathematische Grundlagen von VR/AR	425
	Ralf Dörner	
11.1	Vektorräume	425
11.2	Geometrie und Vektorräume	427
11.3	Der affine Raum	428
11.4	Der euklidische Raum	429
11.5	Analytische Geometrie im \mathbb{R}^3	431
11.6	Matrizen	432
11.7	Affine Abbildungen und Wechsel von Koordinatensystemen	433
11.8	Bestimmung von Transformationsmatrizen	435
	Über die Autoren	437
	Stichwortverzeichnis	445