

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Zielsetzung und Lösungsansatz . . . . .	4
1.2	Aufbau der Arbeit . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Augmented Reality</b>	<b>7</b>
2.1	Augmented Reality – Die Anfänge . . . . .	8
2.2	Mixed Reality im „Virtuality Continuum“ . . . . .	11
2.3	Definition „Augmented Reality“ nach Azuma . . . . .	12
2.4	Anwendungsfelder für Augmented Reality . . . . .	13
2.4.1	Medizin . . . . .	13
2.4.2	Präsentation und Visualisierung . . . . .	14
2.4.3	Industrie . . . . .	14
2.4.4	Edutainment . . . . .	15
2.5	Display Technologien für AR Anwendungen . . . . .	17
2.5.1	Optisches See-Through Display . . . . .	17
2.5.2	Video See-Through Display . . . . .	18
2.5.3	Monitor Systeme . . . . .	19
2.5.4	Projektor Systeme . . . . .	20
2.6	Registrierung und Tracking . . . . .	21
2.7	Interaktion . . . . .	23
<b>3</b>	<b>Stand der Technik</b>	<b>27</b>
3.1	Entwurf und Bestandteile mobiler AR Anwendungen . . . . .	28
3.2	Programmierung von AR Anwendungen . . . . .	29
3.2.1	Spezialisierte Einzelbibliotheken . . . . .	29
3.2.2	Integrierte Bibliotheken und Frameworks . . . . .	32
3.3	Inhaltsorientierte Erstellung von AR Anwendungen . . . . .	35
3.3.1	AMIRE Authoring Tool . . . . .	36
3.3.2	DART . . . . .	37
3.3.3	ARBlender . . . . .	38
3.4	Entwurfsprozesse . . . . .	39

3.4.1	Implizite Prozesse . . . . .	40
3.4.2	i4D Design Prozess . . . . .	41
3.4.3	Allgemeine Software Engineering Prozesse . . . . .	44
3.5	Optimierungsverfahren und adaptive Systeme . . . . .	47
3.5.1	Allgemeine Verfahren . . . . .	48
3.5.2	Adaption in VR und AR Systemen . . . . .	50
<b>4</b>	<b>Eigenschaften mobiler AR Anwendungen</b>	<b>53</b>
4.1	Wichtige Begriffe und Definitionen . . . . .	54
4.2	Anforderungsanalyse . . . . .	55
4.2.1	Mobile Nutzung . . . . .	55
4.2.2	Interaktion . . . . .	56
4.2.3	Performance . . . . .	57
4.2.4	Algorithmen . . . . .	58
4.2.5	Übersicht Analyseergebnisse . . . . .	59
4.3	Bewertung des Standes der Technik . . . . .	60
4.3.1	Programmierung von AR Anwendungen . . . . .	60
4.3.2	Inhaltsorientierte Erstellung . . . . .	61
4.3.3	Implizite Entwurfsprozesse . . . . .	62
4.3.4	i4D Design Prozess . . . . .	62
4.3.5	Software Engineering Prozesse . . . . .	63
4.3.6	Allgemeine Optimierungsverfahren . . . . .	64
4.3.7	Adaption in VR und AR Systemen . . . . .	65
4.4	Zusammenfassung der Bewertungen . . . . .	66
<b>5</b>	<b>Lösungsansatz</b>	<b>69</b>
5.1	Grundidee . . . . .	70
5.2	Zentrales Anforderungsmanagement . . . . .	71
5.2.1	Lösungsansatz – Zentrales Anforderungsmanagement . . . . .	72
5.3	Performanceorientierter Entwurfsprozess . . . . .	73
5.3.1	Lösungsansatz – Performanceorientierter Entwurfsprozess . . . . .	73
5.4	Adaptives Laufzeitsystem – MAuRePeP . . . . .	75
5.4.1	Gewählter Lösungsansatz – MAuRePeP . . . . .	76
5.4.2	Lokale Anpassungen . . . . .	77
5.4.3	Globale Anpassungen . . . . .	79
<b>6</b>	<b>Zentrales Anforderungsmanagement</b>	<b>81</b>
6.1	Anforderungsmanagement im Entwurf . . . . .	82
6.1.1	Kategorisierung der Anforderungen . . . . .	83

6.1.2	Aufbau des Traceability-Graphen . . . . .	85
6.1.3	Nutzer- und Aufgabenorientierte Darstellung . . . . .	88
6.2	Formalisierung des Traceability-Graphen . . . . .	91
6.2.1	Wichtige Begriffe und Voraussetzungen . . . . .	92
6.2.2	Formale Beschreibung der Ressourcen . . . . .	93
6.2.3	Formale Beschreibung der Anforderungen . . . . .	96
6.3	Algorithmen im Traceability-Graphen . . . . .	98
6.3.1	Erfassung der Messdaten . . . . .	98
6.3.2	Unit-Tests . . . . .	99
6.3.3	System-Tests . . . . .	100
6.3.4	Vorhersagen – „Virtuelle“ Tests . . . . .	101
6.3.5	Abbildung der Lösungen im Traceability-Graphen auf die Architektur . . . . .	104
<b>7</b>	<b>Performanceorientierter Entwurfsprozess</b>	<b>109</b>
7.1	Anforderungen an den Entwurfsprozess . . . . .	110
7.2	Makroprozess . . . . .	111
7.2.1	Sichten auf das Projekt . . . . .	112
7.2.2	Rollen im Entwurfsprozess . . . . .	113
7.2.3	Mikroprozesse innerhalb der Phasen . . . . .	115
7.3	Phase I: Konzeption . . . . .	115
7.3.1	Nutzersicht . . . . .	116
7.3.2	Technologiesicht . . . . .	118
7.3.3	Managementsicht . . . . .	120
7.3.4	Meilenstein M I: Szenario . . . . .	120
7.4	Phase II: Engine Entwicklung . . . . .	121
7.4.1	Nutzersicht . . . . .	122
7.4.2	Technologiesicht . . . . .	123
7.4.3	Managementsicht . . . . .	126
7.4.4	Meilenstein M II: Engine . . . . .	126
7.5	Phase III: Anwendungsentwicklung . . . . .	127
7.5.1	Nutzersicht . . . . .	129
7.5.2	Interaktionsentwicklung . . . . .	131
7.5.3	Technologiesicht . . . . .	133
7.5.4	Managementsicht . . . . .	134
7.5.5	Meilenstein M III: Release . . . . .	135
7.6	Übersicht – Alle Phasen des Entwurfsprozess . . . . .	136
<b>8</b>	<b>MAuRePeP – Mobile Augmented Reality Performance Plattform</b>	<b>139</b>

8.1	Architektur-Übersicht . . . . .	140
8.1.1	Funktions- und Datenmodule . . . . .	141
8.1.2	Auslagerung von Modulen . . . . .	142
8.1.3	Beispiel: AR-PDA . . . . .	143
8.1.4	Anpassungen des Systemverhaltens zur Laufzeit . . . . .	146
8.2	Lokale Anpassungen . . . . .	147
8.2.1	Parameter zur lokalen Anpassung . . . . .	148
8.2.2	Bewertung des aktuellen Systemzustandes . . . . .	149
8.2.3	Vorhersage . . . . .	157
8.2.4	Algorithmus zur lokalen Anpassung . . . . .	161
8.2.5	Ansteuerung von globalen Anpassungen . . . . .	165
8.3	Globale Anpassungen . . . . .	166
8.3.1	Basis-Algorithmus zur globalen Anpassung . . . . .	166
8.3.2	Auslagerung von Modulen . . . . .	167
<b>9</b>	<b>Werkzeuge</b>	<b>171</b>
9.1	Werkzeugunterstützung im Entwurfsprozess . . . . .	172
9.1.1	Nutzersicht . . . . .	172
9.1.2	Technologiesicht . . . . .	174
9.1.3	Managementsicht . . . . .	177
9.2	Anforderungsmanagement . . . . .	177
9.2.1	Realisierung des Traceability-Graphen . . . . .	177
9.2.2	Requirements-Manager . . . . .	177
9.3	MAuRePeP . . . . .	179
9.3.1	Übersicht . . . . .	180
9.3.2	Unterstützung des Entwurfsprozesses . . . . .	185
9.3.3	Prototyperstellung und Nutzertests . . . . .	187
9.3.4	Lokale Anpassungen . . . . .	189
9.3.5	Globale Anpassungen . . . . .	191
<b>10</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b>	<b>193</b>
10.1	„Hello MAuRePeP“ . . . . .	194
10.1.1	Anwendungsbeschreibung . . . . .	194
10.1.2	Testdurchführung . . . . .	195
10.2	Themenparkführer – „AR-Squire“ . . . . .	199
10.2.1	Hintergrund & Ausgangssituation . . . . .	199
10.2.2	Phase I: Konzeption . . . . .	201
10.2.3	Phase II: Engine Entwicklung . . . . .	205
10.2.4	Phase III: Anwendungsentwicklung . . . . .	209

10.2.5	AR-Squire	212
<b>11</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>217</b>
11.1	Kapitel 1 „Einleitung“	218
11.2	Kapitel 2 „Augmented Reality“	218
11.3	Kapitel 3 „Stand der Technik“	219
11.4	Kapitel 4 „Eigenschaften mobiler AR Anwendungen“	220
11.5	Kapitel 5 „Lösungsansatz“	221
11.6	Kapitel 6 „Zentrales Anforderungsmanagement“	222
11.7	Kapitel 7 „Performanceorientierter Entwurfsprozess“	223
11.8	Kapitel 8 „MAuRePeP – Mobile Augmented Reality Performance Plattform“	224
11.9	Kapitel 9 „Werkzeuge“	226
11.10	Kapitel 10 „Anwendungsbeispiele“	227
11.11	Kapitel 11 „Zusammenfassung und Ausblick“	227
11.12	Anhang A „Formale Betrachtungen“	228
11.13	Anhang B „Entwurfsprozess“	228
11.14	Fazit	229
11.15	Ausblick	229
<b>A</b>	<b>Formale Betrachtungen</b>	<b>231</b>
A.1	Formeln zur Statistik	231
A.2	Formale Betrachtungen zur Bewertungsfunktion	232
A.2.1	Wiederholung benötigter Definitionen	233
A.2.2	Monotonie und Stetigkeit	234
A.2.3	Bewertungsfunktion $bm_1$	238
A.2.4	Bewertungsfunktion $bm_2$	239
A.2.5	Bewertungsfunktion $bm_3$	240
A.2.6	Bewertungsfunktion $bm_4$	241
A.3	Pareto-Optimalität des Verfahrens zur lokalen Anpassung	242
A.3.1	Definitionen & Voraussetzungen	242
A.3.2	Durchführung des Beweises	243
<b>B</b>	<b>Entwurfsprozess</b>	<b>245</b>
B.1	Aufgaben im Entwurfsprozess	245
B.1.1	Phase I: Konzeption	246
B.1.2	Phase II: Engine-Entwicklung	247
B.1.3	Phase III: Anwendungsentwicklung	248
B.2	„AR-Squire“ – Entwurfsdokumente	249

B.2.1	Spielidee . . . . .	249
B.2.2	Szenariobeschreibung „Ein Tag in Castle Fever“ . . . . .	250
B.2.3	Auszug Engine-Dokumentation – Datenobjekte . . . . .	254
<b>Eigene Veröffentlichungen</b>		<b>257</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>263</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>		<b>277</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>		<b>281</b>