

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I User Interface Engineering

<b>1</b>	<b>User Interface Engineering: Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Historische Entwicklung	6
1.2	Kontext der Softwareentwicklung	10
1.2.1	Vertragsentwicklung	11
1.2.2	Produktentwicklung	12
1.2.3	Entwicklung innerhalb eines Unternehmens	13
1.2.4	Positionierung von Usability und User Experience	14
1.2.5	User Interface Engineering und Agile Softwareentwicklung	15
1.3	Phasen der Entwicklung	16
1.3.1	Analyse	16
1.3.2	Anforderungen	18
1.3.3	Spezifikation und Design	19
1.3.4	Umsetzung der entworfenen Lösungen	20
1.4	User Experience Design	22
1.4.1	Emotionen	26
1.4.2	Komponenten der UX	27
1.4.3	Beispiele für UX Design	29
1.4.4	Zusammenfassung	31
1.5	Szenariobasierte Entwicklung	32
1.6	Contextual Design	34
1.7	Partizipative Entwicklung und Living Labs	35
1.8	Beobachtungen, Befragungen und Workshops	39
1.8.1	Beobachtungen	39
1.8.2	Befragungen	40
1.8.3	Workshops in der Analyse und Evaluierung	41
1.9	Werkzeuge für das User Interface Engineering	42
1.10	Zusammenfassung	43

- 2 Anforderungsanalyse** ..... 45
  - 2.1 Initiale Aufgaben- und Prozessanalyse ..... 47
  - 2.2 Vertiefte Analyse von Aufgaben und Prozessen ..... 52
    - 2.2.1 Beobachtungen ..... 55
    - 2.2.2 Interviews ..... 63
    - 2.2.3 Schriftliche Befragungen ..... 66
      - 2.2.3.1 Organisatorische Vorbereitung der Befragung .... 66
      - 2.2.3.2 Gestaltung von Fragebögen ..... 68
      - 2.2.3.3 Auswertung von Befragungen ..... 69
      - 2.2.3.4 Generelle Fragebögen ..... 70
      - 2.2.3.5 Befragung mittels E-Mail oder mittels web-basiertem Formular ..... 73
    - 2.2.4 Die Rolle von Entwicklungspartnern ..... 73
    - 2.2.5 Diskussion ..... 74
  - 2.3 Repräsentation der Analyseergebnisse ..... 74
    - 2.3.1 Repräsentation mittels Szenarien ..... 75
    - 2.3.2 Hierarchische Aufgabenanalyse ..... 78
    - 2.3.3 Prozessmodellierung und Workflow-Management ..... 80
    - 2.3.4 Validierung von Anforderungen ..... 84
    - 2.3.5 Verbreitung der Ergebnisse ..... 85
  - 2.4 Benutzeranalyse ..... 85
    - 2.4.1 Identifikation relevanter Gruppen von Benutzern ..... 86
    - 2.4.2 Aspekte der Benutzeranalyse ..... 89
    - 2.4.3 Personas: Fiktive Benutzer ..... 90
  - 2.5 Rahmenbedingungen ..... 94
    - 2.5.1 Direkte Vorgaben ..... 95
    - 2.5.2 Unscharfe Vorgaben ..... 95
  - 2.6 Ethnografische Studien ..... 96
  - 2.7 Definition von Anforderungen ..... 99
    - 2.7.1 Tätigkeiten bei der Definition von Anforderungen ..... 100
    - 2.7.2 Klassifikation von Anforderungen ..... 102
    - 2.7.3 Qualität von Anforderungsdokumenten ..... 103
    - 2.7.4 Szenariobasierte Beschreibung von Anforderungen ..... 104
    - 2.7.5 Quantitative Anforderungen ..... 106
    - 2.7.6 Änderungen von Anforderungen ..... 107
  - 2.8 Zusammenfassung ..... 108
  
- 3 Der Designprozess** ..... 111
  - 3.1 Charakterisierung des Designprozesses ..... 112
  - 3.2 Sketching ..... 115
    - 3.2.1 Manuelle Skizzen versus computergenerierte Layouts ..... 115
    - 3.2.2 Integration von manuellen Skizzen und computergestütztem Prototyping ..... 116
    - 3.2.3 Verwendung von Storyboards ..... 117
    - 3.2.4 Informationsdesign ..... 118

- 3.2.5 Erstellung von Wireframes ..... 119
- 3.3 Prototypen ..... 120
  - 3.3.1 Papier-Prototypen ..... 123
  - 3.3.2 Erstellung und Nutzung von Papier-Prototypen ..... 124
  - 3.3.3 Integration anderer Methoden des User Interface Engineerings ..... 125
  - 3.3.4 Video Prototyping ..... 125
  - 3.3.5 Wizard of Oz Prototyping ..... 126
  - 3.3.6 Physische Prototypen ..... 128
- 3.4 Fallbeispiel 1: Prototyping für die Exploration geografischer Daten . 129
- 3.5 Fallbeispiel 2: Operationsplanung ..... 130
- 3.6 Fallbeispiel 3: Prototyping eines verbesserten User Interfaces einer Angiografieanlage ..... 133
- 3.7 Werkzeuge für das Prototyping ..... 138
  - 3.7.1 Anforderungen an Prototyping-Werkzeuge ..... 138
  - 3.7.2 Klassische Prototyping-Werkzeuge ..... 140
  - 3.7.3 Neuere Prototyping-Werkzeuge ..... 141
  - 3.7.4 Werkzeuge für das integrierte Prototyping von physischen und digitalen Komponenten ..... 146
- 3.8 Zusammenfassung ..... 148
  
- 4 Evaluierung von User Interfaces ..... 151**
  - 4.1 Formale Evaluierung ..... 152
  - 4.2 Inspektionsmethoden ..... 154
    - 4.2.1 Heuristische Evaluierung ..... 155
    - 4.2.2 Cognitive Walkthrough ..... 158
    - 4.2.3 Zusammenfassung ..... 159
  - 4.3 Einführung in die Empirische Evaluierung ..... 160
    - 4.3.1 Arten empirischer Evaluierungen ..... 160
    - 4.3.2 Formative und summative Evaluierungen ..... 162
    - 4.3.3 Studiendesign ..... 163
    - 4.3.4 Usability Laboratories ..... 165
    - 4.3.5 Empirische Evaluierung subjektiver Kriterien ..... 166
    - 4.3.6 Qualitätskriterien für Benutzerstudien ..... 169
  - 4.4 Vorbereitung empirischer Evaluierungen ..... 170
    - 4.4.1 Auswahl von Testaufgaben ..... 171
    - 4.4.2 Ziele und Hypothesen ..... 171
    - 4.4.3 Beteiligte Personengruppen ..... 172
    - 4.4.4 Weitere Aspekte der Vorbereitung ..... 173
  - 4.5 Statistische Aspekte bei der Planung und Auswertung von Evaluierungen ..... 174
    - 4.5.1 Abschätzung der notwendigen Anzahl an Testpersonen für heuristische Evaluierungen ..... 174
    - 4.5.2 Statistische Auswertung ..... 178
    - 4.5.3 Der  $\chi^2$ -Test ..... 184

4.5.4	Statistische Auswertung ordinaler Daten . . . . .	186
4.5.5	Effektgröße . . . . .	187
4.5.6	Werkzeuge für die Auswertung von Testdaten . . . . .	190
4.5.7	Zusammenfassung . . . . .	191
4.6	Evaluierung der UX . . . . .	191
4.7	Kritische Sicht auf Evaluierungen . . . . .	195
4.8	Auswertung . . . . .	196
4.8.1	Strukturierung von Usability Reports . . . . .	198
4.8.2	Usability Reports aus Sicht der Software-Entwickler . . . . .	200
4.9	Zusammenfassung . . . . .	201
<b>5</b>	<b>Styleguides im User Interface Engineering . . . . .</b>	<b>205</b>
5.1	Firmen- und plattformspezifische Richtlinien . . . . .	206
5.2	Erstellung von Styleguides . . . . .	208
5.3	Inhalt und Struktur von Styleguides . . . . .	211
5.3.1	Strukturierung . . . . .	211
5.3.2	Richtlinien zur Verwendung von Icons . . . . .	213
5.4	Validierung und Verifikation . . . . .	216
5.5	Einführung von Styleguides . . . . .	217
5.6	Veränderungen von Styleguides . . . . .	218
5.7	Beispiele . . . . .	219
5.7.1	Webdesign . . . . .	219
5.7.2	Medizinische Anwendungen . . . . .	220
5.7.3	Weitere Anwendungen . . . . .	223
5.8	UX Styleguides . . . . .	226
5.9	Zusammenfassung . . . . .	228
 <b>Teil II 3D-Interaktion</b>		
<b>6</b>	<b>Einführung in die 3D-Interaktion . . . . .</b>	<b>231</b>
6.1	Leitszenarien . . . . .	233
6.1.1	Touristische Nutzung von 3D-Stadt- und Terrainmodellen . . . . .	233
6.1.2	Geometrische Modellierung im Design und in der Architektur . . . . .	235
6.1.3	Komplexe industrielle Planungs- und Entwurfsprozesse . . . . .	236
6.1.4	3D-Patientenmodelle für die Therapieplanung . . . . .	237
6.2	Begriffe . . . . .	237
6.2.1	Ein- und Ausgabegeräte . . . . .	244
6.2.2	3D Widgets . . . . .	245
6.2.3	Virtual und Augmented Reality . . . . .	246
6.2.4	Erfolgsfaktoren . . . . .	250
6.3	Bibliotheken, Toolkits und Technologien . . . . .	251
6.3.1	Grafikbibliotheken . . . . .	252
6.3.2	Tools für die web-basierte 3D-Interaktion . . . . .	257
6.3.3	Werkzeuge für AR und VR . . . . .	259

- 6.4 Tiefenhinweise in realen und virtuellen Welten . . . . . 260
  - 6.4.1 Tiefenhinweise in computergenerierten Bildern . . . . . 263
  - 6.4.2 Gestalterische Tiefenhinweise . . . . . 266
  - 6.4.3 Evaluierung von Tiefenhinweisen . . . . . 270
- 6.5 Orientierung und Navigation . . . . . 274
  - 6.5.1 Nutzung visueller Informationen . . . . . 275
  - 6.5.2 Nutzung nicht-visueller Informationen . . . . . 277
- 6.6 Beidhändige 3D-Interaktion . . . . . 279
- 6.7 Metaphern für die 3D-Interaktion . . . . . 280
- 6.8 Zusammenfassung . . . . . 283
  
- 7 Ein- und Ausgabegeräte für die 3D-Interaktion . . . . . 285**
  - 7.1 3D-Eingabegeräte . . . . . 287
    - 7.1.1 Kriterien . . . . . 287
    - 7.1.2 3D-Mäuse . . . . . 289
    - 7.1.3 Tracking-basierte Eingabe . . . . . 293
    - 7.1.4 Handgehaltene Eingabegeräte . . . . . 294
    - 7.1.5 Datenhandschuhe und Finger-Tracking . . . . . 297
    - 7.1.6 Leap Motion . . . . . 299
    - 7.1.7 Gestenbasierte Eingabe mit der Wiimote . . . . . 299
    - 7.1.8 Tracking auf Basis von Tiefenkameras . . . . . 302
    - 7.1.9 Evaluierung von Eingabegeräten . . . . . 304
  - 7.2 Stereoskopische und autostereoskopische Displays . . . . . 306
    - 7.2.1 Stereodarstellungen . . . . . 307
    - 7.2.2 Stereodarstellungen mit dem z-Space-System . . . . . 310
    - 7.2.3 Autostereoskopische Darstellungen . . . . . 312
    - 7.2.4 Evaluierung von Stereoeffekten . . . . . 315
    - 7.2.5 Volumetrische und holografische Displays . . . . . 315
    - 7.2.6 Zusammenfassung . . . . . 316
  - 7.3 Force Feedback-Geräte . . . . . 317
  - 7.4 Semi-Immersive und immersive VR-Umgebungen . . . . . 322
    - 7.4.1 Semi-Immersive VR-Umgebungen . . . . . 322
    - 7.4.2 Displays für immersive VR . . . . . 324
    - 7.4.3 Cave Automatic Virtual Environment . . . . . 326
    - 7.4.4 Kuppelprojektionen . . . . . 331
    - 7.4.5 Anwendungen der Kuppelprojektion . . . . . 333
  - 7.5 Displays für Augmented Reality . . . . . 335
    - 7.5.1 Optische See-Through Displays . . . . . 336
    - 7.5.2 Video See-Through Displays . . . . . 336
    - 7.5.3 Google Glass . . . . . 337
  - 7.6 Zusammenfassung . . . . . 337

<b>8</b>	<b>Grundlegende 3D-Interaktionen</b>	339
8.1	Entwurf von 3D Widgets	340
8.1.1	Visuelle Gestaltung	341
8.1.2	Platzierung und Sichtbarkeit von 3D Widgets	342
8.2	Selektion	343
8.2.1	Erweiterungen des Raycastings	345
8.2.2	Erweiterungen der Selektion in VR-Umgebungen	348
8.2.3	Feedback	352
8.2.4	Evaluierung von Selektionstechniken	353
8.3	Objektplatzierung	353
8.3.1	Arten der Objektplatzierung	354
8.3.2	Eingeschränkte Objektplatzierung	355
8.3.3	Anwendungen	359
8.4	Skalierung und Rotation von Objekten	364
8.5	Rotation der virtuellen Kamera	366
8.5.1	Virtueller Trackball	367
8.5.2	Rotation mit dem Two-Axis Valuator	369
8.5.3	Vergleich der Methoden	370
8.5.4	Orientierungsanzeige	373
8.6	Touch-basierte Platzierung und Rotation von 3D-Objekten	373
8.7	Navigation in virtuellen Welten	375
8.7.1	Navigationsaufgaben	378
8.7.2	Navigationshinweise	380
8.7.3	Geschwindigkeitssteuerung	384
8.7.4	Beschränkte Navigation	386
8.7.5	Automatische Tourgenerierung	388
8.7.6	Selbstdefinierte Pfade	389
8.8	3D Widgets zur Systemsteuerung	390
8.8.1	Kommandoingabe	390
8.8.2	Texteingabe in virtuellen Umgebungen	391
8.8.3	3D-Menüs	391
8.8.4	Kreisförmige Menüs	393
8.9	Zusammenfassung	396
<b>9</b>	<b>Fortgeschrittene 3D-Interaktionen und Anwendungen</b>	399
9.1	Exploration von 3D-Daten	400
9.1.1	Einfügen und Manipulieren von Schnittebenen	401
9.1.2	Linsen, Cutaways und Ghostviews	404
9.1.3	Explosionsdarstellungen	408
9.2	Erstellung komplexer Objektformen	409
9.2.1	Modellierung mit Bezier- und Splineflächen	410
9.2.2	Sketching	414
9.2.3	Architektonische Modellierung	419
9.2.4	Virtuelle Resektion	422
9.3	Anwendungen der Navigation	425

- 9.3.1 Navigation in 3D-Stadtmodellen ..... 425
- 9.3.2 Navigation in der virtuellen Endoskopie ..... 427
- 9.3.3 Navigation in VR ..... 430
- 9.4 Annotation von 3D-Modellen ..... 434
  - 9.4.1 Annotation von 3D-Stadt- und Terrainmodellen ..... 437
  - 9.4.2 Dynamische Anpassungen ..... 439
  - 9.4.3 Annotation in immersiven VR-Umgebungen ..... 441
- 9.5 Interaktive Vermessung in virtuellen Welten ..... 443
  - 9.5.1 Distanzmessung ..... 444
  - 9.5.2 Größenabschätzung ..... 445
  - 9.5.3 Winkelmessung ..... 446
  - 9.5.4 Vermessung in VR ..... 448
- 9.6 Fallbeispiele ..... 448
  - 9.6.1 Medizinische Lern- und Trainingssysteme ..... 449
  - 9.6.2 VR-Anwendungen ..... 451
- 9.7 Zusammenfassung ..... 455

**Teil III Natural User Interfaces**

- 10 Natürliche und gestische Interaktion ..... 461**
  - 10.1 Natural User Interfaces: Einführung und Motivation ..... 463
    - 10.1.1 Grenzen von Fenstern, Icons, Menüs und Mauszeigern ..... 466
    - 10.1.2 Die natürliche Nutzererfahrung ..... 470
    - 10.1.3 Meilensteine der Entwicklung ..... 473
    - 10.1.4 Post-WIMP UIs: Ausprägungen und Konzepte ..... 479
    - 10.1.5 Ein konzeptueller Rahmen: Realitätsbezogene Interaktion .. 484
  - 10.2 Gesten in der menschlichen Kommunikation ..... 488
    - 10.2.1 Grundlagen: Gesten im Alltag ..... 489
    - 10.2.2 Typisierung und Klassifikation von Gesten ..... 491
    - 10.2.3 Aufbau und Aspekte von Gesten ..... 494
  - 10.3 Gestenbasierte Mensch-Computer-Interaktion ..... 496
    - 10.3.1 Begriffsbestimmungen und eine Taxonomie ..... 496
    - 10.3.2 In welchen Formen werden Gesten genutzt? ..... 500
    - 10.3.3 Gesten als Teil natürlicher Benutzungsschnittstellen ..... 507
    - 10.3.4 Anwendungsgebiete und -beispiele für Freihandgesten ..... 512
  - 10.4 Designaspekte und Herausforderungen beim Gestenentwurf ..... 520
    - 10.4.1 Attribute und Freiheitsgrade von Gesten ..... 520
    - 10.4.2 Designrichtlinien und -herausforderungen ..... 522
    - 10.4.3 Weitere Herausforderungen ..... 525
  - 10.5 Prozess und Verfahren der Gestenerkennung ..... 528
    - 10.5.1 Grundsätzliche Probleme und Herausforderungen ..... 529
    - 10.5.2 Merkmalsfassung (Feature Detection) ..... 530
    - 10.5.3 Merkmalsverfolgung (Tracking) ..... 533
    - 10.5.4 Gestenklassifikation (Classification) ..... 534
    - 10.5.5 Weiterführende Literatur und Ausblick ..... 536

10.6	Möglichkeiten und Grenzen gestischer Interaktion	537
10.6.1	Vorteile	537
10.6.2	Nachteile	538
10.7	Zusammenfassung und Ausblick	540
<b>11</b>	<b>Interaktive Oberflächen</b>	<b>545</b>
11.1	Interaktive Oberflächen: Einführung & Grundlagen	547
11.1.1	Wenn Eingabe und Ausgabe verschmelzen	548
11.1.2	Meilensteine der Entwicklung	550
11.1.3	Formfaktoren und Gerätevielfalt	558
11.2	Gestische Multitouch-Eingabe	567
11.2.1	Ein einführendes Beispiel: Multitouch-Layout	567
11.2.2	Charakteristik von Multitouch-Eingabe	570
11.2.3	Multitouch-Gesten	576
11.3	Designaspekte und Herausforderungen bei Multitouch-Interaktion	580
11.3.1	Fat-Finger-Problem	581
11.3.2	Geeignetes Feedback	585
11.3.3	Feedforward als Ergebnisvorschau	588
11.3.4	Erlernen von Touch-Gesten	589
11.3.5	Multiuser-Aspekte	590
11.3.6	Nutzeridentifikation	594
11.3.7	Erkennung von Gesten in Hard- und Software	595
11.4	Der Entwurf eines Gestenvokabulars	597
11.4.1	Von (technischen) Experten allein entworfene Gesten	598
11.4.2	Ein benutzerzentrierter Gesten-Entwicklungsprozess	598
11.4.3	Von Nutzern vorgeschlagene Gesten	600
11.4.4	Individualisierte und selbst definierte Gesten	606
11.5	Erfolgreiche Anwendungsgebiete	607
11.5.1	Tabletops in Museen und Ausstellungen	608
11.5.2	Lehr-/Lernanwendungen	610
11.5.3	Schauräume und Verkaufsanwendungen	612
11.5.4	Kollaborative Informationsvisualisierung	613
11.5.5	Strategie, Planung und Koordination	614
11.6	Aktuelle Trends und Herausforderungen	615
11.6.1	Neue Formfaktoren, Materialien und Haptik	615
11.6.2	Erweiterter Interaktionsraum vor und um Oberflächen	619
11.6.3	Abstandsabhängige und entfernte Interaktion	621
11.6.4	Multi-Display-Umgebungen	624
11.7	Zusammenfassung	626
<b>12</b>	<b>Tangible User Interfaces</b>	<b>629</b>
12.1	Einführung, Grundlagen und Historie	630
12.1.1	Einführende Beispiele	632
12.1.2	Was sind Tangible User Interfaces?	634
12.1.3	Eigenschaften und Kernaspekte von TUIs	637



- 12.1.4 Historie und Entwicklung ..... 640
- 12.2 Anwendungsklassen und -beispiele ..... 643
  - 12.2.1 Architektur-, Raum- und Landschaftsplanung ..... 644
  - 12.2.2 Informationsvisualisierung, -suche und -filterung ..... 646
  - 12.2.3 Musik und Kunst ..... 651
  - 12.2.4 Tangible Programming ..... 654
  - 12.2.5 Lehr-/Lernanwendungen ..... 656
  - 12.2.6 Spiele und Edutainment ..... 659
- 12.3 Klassifikation von TUIs und konzeptionelle Frameworks ..... 663
  - 12.3.1 Grundlegende TUI-Klassen ..... 664
  - 12.3.2 Begriffe und ein Framework: Token und Constraints ..... 668
  - 12.3.3 Kopplung des Gegenständlichen und Digitalen ..... 669
  - 12.3.4 Soziale Interaktion und User Experience ..... 672
- 12.4 Designaspekte, Vorteile und Grenzen ..... 673
  - 12.4.1 Herausforderungen ..... 674
  - 12.4.2 Stärken und Vorteile von TUIs ..... 677
  - 12.4.3 Nachteile und Beschränkungen von TUIs ..... 679
- 12.5 Aktuelle Trends ..... 680
  - 12.5.1 Touch+Tangibles kombiniert ..... 680
  - 12.5.2 Tangibles auf Mobilien Endgeräten ..... 681
  - 12.5.3 Tangibles jenseits von kleineren horizontalen Oberflächen .. 682
  - 12.5.4 Größerer Ausdrucksreichtum ..... 683
  - 12.5.5 Smarte und Augmentierte Objekte ..... 684
  - 12.5.6 Aktuierte Tangibles und Oberflächen ..... 685
  - 12.5.7 Formveränderliche Oberflächen und Tangibles ..... 687
- 12.6 Zusammenfassung ..... 689
- Literaturverzeichnis ..... 695
- Definitionen ..... 752
- Index ..... 753
- Personen ..... 765