

<b>Geleitwort</b> .....	<b>XVII</b>
<b>Vorwort</b> .....	<b>XXI</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>XXIII</b>
<b>Die Autoren</b> .....	<b>XXV</b>
<b>Teil I: Einstieg und Grundlagen</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>3</b>
1.1 Worum geht es? .....	3
1.2 Integrationstest in der heutigen Praxis .....	5
1.3 Eine kleine Geschichte .....	7
1.4 Integrationstest und Software-Qualität .....	9
1.5 Für wen ist dieses Buch geschrieben? .....	9
<b>2 Einführendes Fallbeispiel</b> .....	<b>13</b>
2.1 Das alte Auftragsbearbeitungssystem .....	15
2.2 Das neue Auftragsbearbeitungssystem .....	17
2.3 Integrationstest der Auftragsbearbeitung .....	21
2.3.1 Klassenintegrationstest .....	21
2.3.2 Komponentenintegrationstest .....	22
2.3.3 Systemintegrationstest .....	29
2.4 Resümee .....	31
<b>3 Grundlegendes zum Softwaretest</b> .....	<b>33</b>
3.1 Was ist Testen? .....	33
3.2 Black-Box-Verfahren .....	36
3.2.1 Äquivalenzklassentest .....	36
3.2.2 Grenzwertanalyse .....	36

3.3	White-Box-Verfahren .....	37
3.3.1	Kontrollflussbasierter Test .....	37
3.3.2	Datenflussbasierter Test .....	37
3.3.3	Bedingungstest .....	38
3.4	Wie gut ist der Test? .....	38
3.4.1	Messung der Testüberdeckung .....	39
3.4.2	Mutationstests .....	40
3.5	Teststufen .....	40
3.5.1	Modul- bzw. Komponententest .....	41
3.5.2	Integrationstest .....	41
3.5.3	Systemtest .....	41
3.5.4	Abnahmetest .....	42
3.6	Testausführung und Testumgebung .....	42
3.7	Testprozess .....	43
<b>4</b>	<b>Grundlagen des Integrationstests .....</b>	<b>45</b>
4.1	Was ist Integration? .....	45
4.2	Bausteine der Integration .....	46
4.3	Abhängigkeiten .....	49
4.3.1	Elementare Bausteine .....	49
4.3.2	Zusammengesetzte Bausteine .....	50
4.3.3	Syntaktische und semantische Abhängigkeiten .....	50
4.4	Ziele, Fokus und pragmatische Definition des Integrationstests .....	51
4.5	Stufen der Integration .....	53
4.6	Vorgehen im Integrationstest .....	54
<b>5</b>	<b>Modellierung im Integrationstest .....</b>	<b>57</b>
5.1	Strukturmodellierung .....	57
5.1.1	Objekte .....	58
5.1.2	Klassen .....	59
5.1.3	Pakete und Komponenten .....	63
5.1.4	Physikalische Struktur und Deployment .....	65
5.2	Verhaltensmodellierung .....	65
5.2.1	Anwendungsfälle .....	66
5.2.2	Aktivitäten .....	67
5.2.3	Interaktionen .....	68
5.2.4	Zustände und reaktives Verhalten .....	70
5.3	Graphentheorie .....	73
5.3.1	Grundlegende Begriffe .....	74
5.3.2	Abhängigkeitsgraphen .....	75
5.3.3	Pfade und Graph-Matrizen .....	75
5.3.4	Gerichtete azyklische Graphen .....	77
5.3.5	Kontrollfluss- und Datenflussgraphen .....	78

<b>6</b>	<b>Software-Abhängigkeiten</b> .....	<b>81</b>
6.1	Syntaktische Abhängigkeiten .....	81
6.1.1	Sichtbarkeiten und Schnittstellen .....	82
6.1.2	Bausteine als Typen .....	82
6.2	Interaktionsabhängigkeiten .....	83
6.2.1	Zugriffe auf Variablen .....	83
6.2.2	Operationsaufrufe .....	83
6.2.3	Nutzung von Operationsparametern .....	84
6.2.4	Verträge zwischen Bausteinen .....	85
6.2.5	Entfernte Prozeduraufrufe .....	87
6.2.6	Nachrichtenbasierte Kommunikation .....	89
6.2.7	Ereignisbasierte Kommunikation .....	89
6.3	Vererbungsabhängigkeiten .....	90
6.3.1	Generalisierung, Substituierbarkeit und Polymorphismus .....	90
6.3.2	Generalisierung und Schnittstellen .....	90
6.3.3	Horizontale und vertikale Abhängigkeiten .....	91
6.4	Indirekte Abhängigkeiten .....	91
6.4.1	Datenorientierte Abhängigkeiten .....	92
6.4.2	Dienstorientierte Abhängigkeiten .....	93
6.4.3	Natürlichsprachliche Kommunikation und REST-Abhängigkeiten .....	94
<b>7</b>	<b>Integrationsfehlerarten</b> .....	<b>97</b>
7.1	Fehler und Abhängigkeiten .....	98
7.1.1	Interaktionsfehler .....	98
7.1.2	Vererbungsfehler .....	101
7.1.3	Fehler bei indirekten Abhängigkeiten .....	102
7.2	Übersicht der Integrationsfehler .....	103
7.3	Fehler in der Integration innerhalb einer Anwendung .....	104
7.3.1	Member-Integrationsfehler .....	104
7.3.2	Modulintegrationsfehler .....	104
7.3.3	Klassenintegrationsfehler .....	106
7.3.4	Komponenten- und Teilsystemintegrationsfehler .....	107
7.4	Fehler in der Integration mehrerer Anwendungen .....	109
7.4.1	Anwendungsintegration .....	109
7.4.2	Fehler in der Unternehmensintegration .....	111
7.5	Fehlerursachen .....	112
7.5.1	Unterschiedliche Schnittstellenbeschreibungen .....	113
7.5.2	Unterschiedliche Schnittstellenversionen .....	113
7.5.3	Unterschiedliche Wertebereiche .....	114
7.5.4	Unterschiedliche Dateninterpretation .....	114
7.5.5	Fehlende Synchronisierung .....	114
7.5.6	Zeitliche Abhängigkeiten .....	114
7.6	Datenbankfehler .....	115
7.7	Integrationsfehlerverteilung .....	116

<b>8</b>	<b>Fallstudien zum Integrationstest</b>	<b>119</b>
8.1	Wertpapierabwicklungssystem	119
8.1.1	Aufteilung des Systems in Teilsysteme	120
8.1.2	Integration der Teilsysteme	121
8.1.3	Test der Batch-Prozesse	122
8.1.4	End-to-End-Test	122
8.1.5	Gesamtsystemtest	122
8.1.6	Zusammenfassung	123
8.2	Gebühreneinzugssystem	123
8.2.1	Risikobasierter Testansatz	125
8.2.2	Problem der Ergebnisprüfung	125
8.2.3	Selektiver Regressionstest	126
8.2.4	Integrationstest versus Teilsystemtest	127
8.2.5	Rückschlüsse	127
8.3	Verteilte Web-Anwendungen	128
8.3.1	Test der Teilsysteminteraktionen	128
8.3.2	Zweistufentest – Schnittstellen und Interaktionen	129
8.3.3	Erkenntnisse aus dem Integrationstest	130
8.4	Gekapselte Web Services	130
8.4.1	Test der Client-Prozesse	131
8.4.2	Test der Web Services	131
8.4.3	Test der Client-Prozesse mit den Web Services	132
8.4.4	Abgrenzung zwischen Integrations- und Systemtest	132
8.5	Integrationstest von Software-Messwerkzeugen	133
8.6	Zusammenfassung der Fallstudien	135

## **Teil II: Strategie, Prozess und Techniken** ..... **137**

<b>9</b>	<b>Integrationsstufen</b>	<b>139</b>
9.1	Member-Integrationstest	140
9.1.1	Zielsetzung	140
9.1.2	Testbasis und Testobjekte	140
9.1.3	Durchführung	140
9.1.4	Überdeckungsmaße und Endekriterien	141
9.1.5	Ergebnis	142
9.1.6	Hinweise und Empfehlungen	142
9.2	Klassen- bzw. Modulintegrationstest	143
9.2.1	Zielsetzung	143
9.2.2	Testbasis und Testobjekte	143
9.2.3	Durchführung	144
9.2.4	Überdeckungsmaße und Endekriterien	145
9.2.5	Ergebnis	145
9.2.6	Hinweise und Empfehlungen	145

9.3	Komponenten- bzw. Teilsystemintegrationstest .....	146
9.3.1	Zielsetzung .....	146
9.3.2	Testbasis und Testobjekte .....	147
9.3.3	Durchführung .....	147
9.3.4	Überdeckungsmaße und Endekriterien .....	148
9.3.5	Ergebnis .....	148
9.3.6	Hinweise und Empfehlungen .....	148
9.4	Systemintegrationstest .....	149
9.4.1	Zielsetzung .....	149
9.4.2	Testbasis und Testobjekte .....	150
9.4.3	Durchführung .....	151
9.4.4	Überdeckungsmaße und Endekriterien .....	152
9.4.5	Ergebnis .....	152
9.4.6	Hinweise und Empfehlungen .....	152
9.5	Erweitertes V-Modell für Anwendungslandschaften: Das V-Modell++ .....	153
9.5.1	Anmerkungen zum Systemintegrationstest .....	154
9.5.2	Multisystemtest .....	155
9.5.3	Multisystemabnahmetest .....	155
<b>10</b>	<b>Integrationsstrategien .....</b>	<b>157</b>
10.1	Integration der Bausteine einer Anwendung .....	157
10.1.1	Grundlagen .....	158
10.1.2	Schrittweise Integration mit Stubs und Treibern .....	158
10.1.3	Abhängigkeitszyklen .....	161
10.2	Strukturabhängige Strategien .....	161
10.2.1	Strategien für hierarchische Bausteinstrukturen .....	161
10.2.2	Top-Down-Strategie .....	163
10.2.3	Bottom-Up-Strategie .....	163
10.2.4	Sandwich-Strategie .....	163
10.3	Strukturunabhängige Strategien .....	164
10.3.1	Ad-hoc-Strategie .....	164
10.3.2	Strategie der kritischen Bausteine .....	165
10.3.3	Strategie der kritischen Abhängigkeiten .....	165
10.3.4	Anwendungsfallbasierte Strategie .....	166
10.3.5	Thread-basierte Integration .....	167
10.4	Individuelle Strategien .....	168
10.4.1	Strategie der Clusterbildung .....	169
10.4.2	Heuristische Ansätze .....	170
10.4.3	Graphenbasierte Ansätze mit Zyklenauflösung .....	171
10.5	Objektorientierte Strategien .....	172
10.5.1	Vererbungsbezogene Ansätze .....	173
10.5.2	Vererbungs- und interaktionsbezogene Ansätze .....	174
10.6	Einflussfaktoren für die Integrationsstrategie .....	174
10.6.1	Faktoren des Projektumfelds .....	175
10.6.2	Faktoren des Testumfeldes .....	176

10.6.3	Faktoren der Architektur und des Entwurfs .....	177
10.6.4	Allgemeine Faktoren .....	178
10.6.5	Auswahl der Strategie .....	179
10.7	Integration mehrerer Anwendungen .....	179
10.7.1	Interaktionsbasierte Systemintegration .....	180
10.7.2	Frontend-Integration .....	181
10.7.3	Backend-Integration .....	183
10.7.4	Dienstbasierte Integration .....	185
<b>11</b>	<b>Integrationstestprozess .....</b>	<b>187</b>
11.1	Der fundamentale Testprozess .....	187
11.1.1	Rollen .....	188
11.1.2	Testplanung und Steuerung .....	189
11.1.3	Testanalyse und Testentwurf .....	189
11.1.4	Testrealisierung und Testdurchführung .....	190
11.1.5	Bewertung von Ausgangskriterien und Bericht .....	191
11.1.6	Abschluss der Testaktivitäten .....	192
11.2	Rollen im Integrationstestprozess .....	192
11.2.1	Integrationstestmanager .....	193
11.2.2	Integrationstestdesigner .....	194
11.2.3	Integrationstester .....	194
11.3	Aktivitäten im Integrationstestprozess .....	195
11.3.1	Testplanung und Steuerung .....	195
11.3.2	Testanalyse und Testentwurf .....	196
11.3.3	Testrealisierung und Testdurchführung .....	198
11.3.4	Auswertung, Bericht und Abschluss .....	199
11.4	Integrationsteststufenspezifische Besonderheiten .....	200
11.4.1	Member-Integrationstest .....	200
11.4.2	Klassen- bzw. Modulintegrationstest .....	201
11.4.3	Komponentenintegrationstest .....	201
11.5	Einbindung in den Entwicklungsprozess .....	202
11.5.1	Wasserfallmodell .....	202
11.5.2	V-Modell .....	202
11.5.3	Inkrementelle/Iterative Entwicklung .....	204
11.5.4	Agile Vorgehensweisen .....	205
11.6	Besonderheiten im Systemintegrationstest .....	208
11.6.1	Planung und Steuerung .....	208
11.6.2	Analyse und Entwurf .....	210
11.6.3	Realisierung und Durchführung .....	212
11.6.4	Durchführung und Protokollierung .....	213
11.6.5	Bewertung und Bericht .....	214
11.6.6	Abschluss .....	215
11.6.7	Systemabhängigkeiten und Einführung von Release-Management .....	216

<b>12</b>	<b>Statische Analysen</b>	<b>217</b>
12.1	Schnittstellenarten	217
12.1.1	Unstrukturierte Datenübergabe	218
12.1.2	Gemeinsame globale Datenbereiche	218
12.1.3	Operationsaufrufe und Parameter	219
12.1.4	Dateien	219
12.1.5	Datenbanken	219
12.1.6	Nachrichten in verteilten Systemen	220
12.1.7	Schnittstellendefinitionssprachen	221
12.1.8	Extended Markup Language (XML)	222
12.1.9	Web Service Definition Language (WSDL)	223
12.1.10	Structured Query Language (SQL)	224
12.2	Ansätze zur statischen Analyse der Schnittstellen	225
12.2.1	Reviews der Schnittstellen	226
12.2.2	Inspektionen der Schnittstellen	227
12.2.3	Automatisierte Schnittstellenprüfung	227
12.2.4	Automatisierter Abgleich der Schnittstellen	228
12.3	Voraussetzungen für eine statische Schnittstellenanalyse	229
12.3.1	Prüfbarkeit der Schnittstellendefinitionen	229
12.3.2	Lesbarkeit der Schnittstellendefinitionen	230
12.3.3	Verifizierbarkeit der Schnittstellen	230
12.4	Werkzeuge für die statische Analyse von Schnittstellen	232
12.4.1	Schnittstellenprüfer	232
12.4.2	Schnittstellenvermesser	232
12.4.3	Schnittstellengenerator	234
12.4.4	Schnittstellenv validator	235
12.5	Erfahrung mit der statischen Analyse von Schnittstellen	235
12.5.1	IDL-Analyse	236
12.5.2	XML-Analyse	237
12.5.3	WSDL-Analyse	238
<b>13</b>	<b>Funktions- und wertebezogene Testentwurfsverfahren</b>	<b>241</b>
13.1	Anwendungsfallbasiertes Testen	241
13.1.1	Testziele	242
13.1.2	Voraussetzungen	242
13.1.3	Vorgehen	242
13.1.4	Aufdeckbare Fehler	244
13.1.5	Integrationsteststufen	245
13.1.6	Bekannte Einschränkungen und Probleme	245
13.2	End-to-End-Testen	245
13.2.1	Testziele	246
13.2.2	Voraussetzungen	246
13.2.3	Vorgehen	246
13.2.4	Aufdeckbare Fehler	247
13.2.5	Integrationsteststufen	247
13.2.6	Bekannte Einschränkungen und Probleme	247

13.3	Parameterbasiertes Testen .....	248
13.3.1	Testziele .....	248
13.3.2	Voraussetzungen .....	248
13.3.3	Vorgehen .....	248
13.3.4	Aufdeckbare Fehler .....	251
13.3.5	Integrationsstufen .....	252
13.3.6	Bekannte Einschränkungen und Probleme .....	252
13.4	Zustandsbasiertes Testen .....	252
13.4.1	Testziele .....	252
13.4.2	Voraussetzungen .....	254
13.4.3	Vorgehen .....	254
13.4.4	Aufdeckbare Fehler und Überdeckungskriterien .....	260
13.4.5	Anwendbare Teststufen .....	261
13.4.6	Einschränkungen und Probleme .....	261
13.5	Assoziationsbasiertes Testen .....	262
13.5.1	Testziele .....	262
13.5.2	Voraussetzungen .....	263
13.5.3	Vorgehen .....	263
13.5.4	Aufdeckbare Fehler und Überdeckungskriterien .....	266
13.5.5	Anwendbare Teststufen .....	267
13.5.6	Einschränkungen und Probleme .....	267
13.6	Generalisierungsbasiertes und paarweises Testen .....	267
13.6.1	Testziele .....	268
13.6.2	Voraussetzungen .....	268
13.6.3	Vorgehen .....	268
13.6.4	Aufdeckbare Fehler und Überdeckungskriterien .....	274
13.6.5	Anwendbare Teststufen .....	274
13.6.6	Einschränkungen und Probleme .....	274
<b>14</b>	<b>Ablaufbezogene Testentwurfverfahren .....</b>	<b>277</b>
14.1	Überblick .....	277
14.2	Kontrollflussbasiertes Testen .....	279
14.2.1	Testziele .....	279
14.2.2	Voraussetzungen .....	280
14.2.3	Vorgehen .....	280
14.2.4	Aufdeckbare Fehler und Überdeckungskriterien .....	286
14.2.5	Anwendbare Teststufen .....	288
14.2.6	Einschränkungen und Probleme .....	289
14.3	Datenflussbasiertes Testen .....	290
14.3.1	Testziele .....	290
14.3.2	Voraussetzungen .....	290
14.3.3	Vorgehen .....	291
14.3.4	Aufdeckbare Fehler und Überdeckungskriterien .....	296
14.3.5	Anwendbare Teststufen .....	297
14.3.6	Einschränkungen und Probleme .....	298



14.4	Interaktionsbasiertes Testen .....	299
14.4.1	Testziele .....	299
14.4.2	Voraussetzungen .....	299
14.4.3	Vorgehen .....	299
14.4.4	Aufdeckbare Fehler und Überdeckungskriterien .....	303
14.4.5	Anwendbare Teststufen .....	304
<b>15</b>	<b>Fehlerbezogene, erfahrungsbasierte und weitere Testentwurfsverfahren .....</b>	<b>305</b>
15.1	Fehlerbezogenes Testen .....	305
15.1.1	Testziele .....	305
15.1.2	Voraussetzungen .....	305
15.1.3	Vorgehen .....	306
15.1.4	Aufdeckbare Fehler .....	307
15.1.5	Integrationsteststufen .....	307
15.1.6	Einschränkungen und Probleme .....	307
15.2	Exploratives Testen .....	307
15.2.1	Testziele .....	307
15.2.2	Voraussetzungen .....	307
15.2.3	Vorgehen .....	308
15.2.4	Aufdeckbare Fehler .....	309
15.2.5	Integrationsteststufen .....	309
15.2.6	Einschränkungen und Probleme .....	309
15.3	Weitere Testentwurfsverfahren .....	309
<b>16</b>	<b>Nicht-funktionale Integrationstests .....</b>	<b>311</b>
16.1	Test gegen die Qualitätsmerkmale .....	311
16.2	Innere und äußere Qualitätsmerkmale .....	312
16.3	Sicherheitstest .....	313
16.3.1	Funktionaler Sicherheitstest .....	313
16.3.2	Technischer Sicherheitstest .....	314
16.3.3	Vorgehensweise .....	315
16.4	Zeit- und Verbrauchsverhalten .....	316
16.4.1	Last- und Performanztest .....	316
16.4.2	Vorgehensweise .....	317
16.4.3	Lasterzeugung und Toolauswahl .....	319
16.4.4	Ziele des Last- und Performanztests .....	319
16.5	Integrationstest verteilter Systeme .....	321
16.5.1	Validierungspunkte in verteilten Systemen .....	321
16.5.2	Nebenläufigkeits- und Synchronisierungstests .....	322

<b>Teil III: Realisierung und Praxis</b> .....	<b>325</b>
<b>17 Integrationstestumgebung</b> .....	<b>327</b>
17.1 Definition der Testumgebung .....	327
17.2 Zweck der Testumgebung .....	328
17.3 Bedeutung der Testumgebung für den Integrationstest .....	329
17.4 Managementprozesse für die Testumgebung .....	330
17.5 Planung und Management der Testumgebung .....	332
17.6 Aufwandschätzung für die Testumgebung .....	332
17.7 Big Picture = Systemstadtplan .....	333
17.8 Testinfrastrukturplan .....	334
17.9 Beschaffung von Hardware .....	335
17.10 Systeminstallations- und -konfigurationsplan .....	336
17.11 Simulatoren und Emulatoren .....	336
17.12 Stubs und Mock-Objekte .....	337
17.13 Testtreiber und Monitore .....	338
17.13.1 Beobachtungs- und Steuerungspunkte .....	339
17.14 Testwerkzeuge .....	340
17.15 Testdaten .....	341
17.16 Verantwortlichkeiten .....	342
17.17 Release-Management .....	343
17.18 Testumgebung für Maintenance und Support .....	344
17.19 Abbau der Testumgebung .....	344
17.20 Dokumentation .....	345
<b>18 Integrationstestautomation und dynamische Analysen</b> .....	<b>347</b>
18.1 Überblick .....	347
18.2 Automatisierung der Schnittstellenanalyse .....	349
18.2.1 Zweck eines Schnittstellenanalysators .....	349
18.2.2 Funktionalität eines Schnittstellenanalysators .....	350
18.2.3 Voraussetzungen für einen Schnittstellenanalysator .....	350
18.2.4 Ergebnisse eines Schnittstellenanalysators .....	351
18.3 Automatisierte Ermittlung von Integrationstestfällen .....	351
18.3.1 Zweck eines Testfallgenerators .....	352
18.3.2 Funktionalität eines Testfallgenerators .....	352
18.3.3 Voraussetzungen für die Testfallerstellung .....	353
18.3.4 Ergebnisse eines Testfallgenerators .....	353
18.4 Automatisierte Generierung von Schnittstellendaten .....	353
18.4.1 Zweck eines Schnittstellengenerators .....	355
18.4.2 Funktionalität eines Schnittstellengenerators .....	355
18.4.3 Voraussetzungen für die Schnittstellengenerierung .....	355
18.4.4 Ergebnisse eines Schnittstellengenerators .....	356

18.5	Testtreiber für die Steuerung des Integrationstests .....	356
18.5.1	Zweck eines Testtreibers .....	357
18.5.2	Funktionalität eines Testtreibers .....	357
18.5.3	Voraussetzungen für die Integrationstestausführung .....	358
18.5.4	Ergebnisse der Integrationstestausführung .....	358
18.6	Dynamische Analyse der Schnittstellennutzung .....	358
18.6.1	Zweck eines Schnittstellenvalidators .....	360
18.6.2	Funktionalität eines Schnittstellenvalidators .....	360
18.6.3	Voraussetzungen für die Schnittstellenvalidation .....	361
18.6.4	Ergebnisse der Schnittstellenvalidation .....	361
18.7	Dynamische Analyse der Integrationstestabläufe .....	362
18.7.1	Zweck eines Ablaufverfolgungswerkzeugs .....	363
18.7.2	Funktionalität eines Ablaufverfolgungswerkzeugs .....	364
18.7.3	Voraussetzungen für die Testablaufverfolgung .....	364
18.7.4	Ergebnisse der Testablaufverfolgung .....	365
18.8	Werkzeuge für das Integrationstestmanagement .....	365
18.8.1	Zweck eines Teststeuerungspults .....	367
18.8.2	Funktionalität des Teststeuerungspults .....	368
18.8.3	Voraussetzungen für das Teststeuerungspult .....	369
18.8.4	Ergebnisse eines Teststeuerungspults .....	370
<b>19</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>371</b>
<b>20</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>373</b>
20.1	Glossar .....	373
20.2	Literatur .....	374
<b>Index</b>	<b>.....</b>	<b>387</b>