

Geleitwort	XVII
Vorwort	XXI
Danksagung	XXIII
Die Autoren	XXV
Teil I: Einstieg und Grundlagen	1
1 Einleitung	3
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
2 Einführendes Fallbeispiel	13
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
3 Grundlegendes zum Softwaretest	33
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
4	Grundlagen des Integrationstests	45
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
5	Modellierung im Integrationstest	57
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

6	Software-Abhängigkeiten	81
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
7	Integrationsfehlerarten	97
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

8	Fallstudien zum Integrationstest	119
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**

9	Integrationsstufen	139
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
10	Integrationsstrategien	157
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
11	Integrationstestprozess	187
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

12	Statische Analysen	217
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
13	Funktions- und wertebezogene Testentwurfsverfahren	241
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
14	Ablaufbezogene Testentwurfverfahren	277
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
15	Fehlerbezogene, erfahrungsbasierte und weitere Testentwurfsverfahren	305
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
16	Nicht-funktionale Integrationstests	311
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

Teil III: Realisierung und Praxis	325
17 Integrationstestumgebung	327
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
18 Integrationstestautomation und dynamische Analysen	347
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
19	Ausblick	371
20	Anhang	373
20.1	Glossar	373
20.2	Literatur	374
Index	387