

Herausgeber

Reinhard Haberfellner

Olivier de Weck

Ernst Fricke

Siegfried Vössner

Systems Engineering

Grundlagen und Anwendung

12., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage

orell füssli Verlag

Inhalt

Herausgeber und Autoren	5
Vorwort zur Neubearbeitung 2012	8
Vorwort zur 11. Auflage 2001 (gekürzt)	11
Zum Geleit – Einführung in die Thematik (Vorwort zur 1. Auflage 1976, gekürzt)	12
SE-Konzept und Aufbau des Buches	27

Teil I: SE-Philosophie 31

1 Systemdenken 33

1.1 Zweck und Terminologie	33
1.1.1 Systemdenken als Bestandteil des SE-Konzepts	33
1.1.2 Grundbegriffe und Merkmale von Systemen	33
1.1.2.1 Systeme/Elemente/Beziehungen	34
1.1.2.2 Systemgrenze/Umfeld	35
1.1.2.3 Struktur eines Systems	35
1.1.2.4 Untersysteme/Subsysteme	36
1.1.2.5 Übersysteme	36
1.1.2.6 System von Systemen (SvS)	37
1.1.2.7 Systemhierarchie	38
1.1.2.8 Blackbox, Greybox und Whitebox	38
1.1.2.9 Aspekte eines Systems	39
1.2 Denkansätze zur Systembetrachtung	41
1.2.1 Systemmodelle als Basis des Systemdenkens	41
1.2.2 Die umfeldorientierte Betrachtungsweise	42
1.2.3 Wirkungsorientierte Betrachtung (Input/Output-Betrachtung)	42
1.2.4 Strukturorientierte Betrachtung	43
1.2.5 Hilfsmittel zur Darstellung von Zusammenhängen bzw. Strukturen	44
1.2.6 Aspekte der Systembetrachtung	45
1.2.7 Anwendung des systemhierarchischen Denkens	46
1.2.8 Abschlussbemerkungen	48
1.3 Agilität von Systemen	48
1.3.1 Das Konzept	48
1.3.2 Drei Beispiele für agile Systeme	49

1.4	System Dynamics	51
1.5	Zusammenfassung	54
1.6	Literatur zum Systemdenken	55
2	Das SE-Vorgehensmodell	57
<hr/>		
2.1	Komponenten des SE-Vorgehensmodells	57
2.1.1	Das Vorgehensprinzip «Vom Groben zum Detail» (Top-down)	58
2.1.1.1	Grundidee	58
2.1.1.2	Anwendung auf die Strukturierung der Ausgangssituation (Problemstrukturierung) und den Lösungsentwurf	59
2.1.1.3	Alternativen zum Vorgehensprinzip «Vom Groben zum Detail»	60
2.1.1.4	Zusammenfassung	60
2.1.2	Das Prinzip der Variantenbildung	61
2.1.2.1	Grundidee	61
2.1.2.2	Prinzipvarianten vs. Detailvarianten	63
2.1.2.3	Alternativen zum Prinzip der Variantenbildung	64
2.1.2.4	Zusammenfassung	64
2.1.3	Das Prinzip der Gliederung in Projektphasen als Makro-Logik	65
2.1.3.1	Grundidee	65
2.1.3.2	Die einzelnen Projektphasen	66
2.1.3.3	Andere Phasenmodelle	72
2.1.3.4	Alternativen zum Prinzip der sequentiellen Phasengliederung	73
2.1.3.5	Zusammenfassung	73
2.1.4	Der Problemlösungszyklus als Mikro-Logik	73
2.1.4.1	Grundidee	73
2.1.4.2	Die einzelnen Schritte im Problemlösungszyklus	74
2.1.4.3	Alternativen zum Problemlösungszyklus	81
2.1.4.4	Zusammenfassung	84
2.2	Zusammenhänge zwischen den einzelnen Komponenten des Vorgehensmodells	85
2.3	Andere Vorgehensmodelle	86
2.3.1	«Plan-driven methods» (pdm)	87
2.3.1.1	Wasserfallmodell	87
2.3.1.2	V-Modell	89
2.3.1.3	Der SIMILAR-Process	91
2.3.1.4	Der Wertanalyse-Arbeitsplan	93

2.3.1.5	VDI-Richtlinie 2221.....	95
2.3.1.6	Konstruktionsmethodik nach Pahl / Beitz.....	95
2.3.1.7	Der Prototyping-Ansatz.....	97
2.3.1.8	Das Versionenkonzept.....	100
2.3.1.9	Simultaneous Engineering, Concurrent Engineering.....	101
2.3.2	Agile Prozessmodelle.....	103
2.3.2.1	Spiralmodell.....	103
2.3.2.2	Agile Manifesto.....	105
2.3.2.3	eXtreme Programming (XP).....	106
2.3.2.4	Feature Driven Development (FDD).....	107
2.3.2.5	Scrum.....	108
2.3.2.6	Crystal.....	109
2.3.3	Wann eignen sich «plan-driven», wann eher «agile methods»?.....	109
2.3.3.1	Gegenseitige Annäherung möglich?.....	110
2.3.3.2	Bereits bestehende Agility im Hall-BWI-SE-Modell.....	111
2.3.3.3	Im SE-Modell problemlos anwendbare Agility.....	113
2.3.3.4	Agility, die schwer mit dem SE-Modell zu vereinbaren ist.....	113
2.3.4	Offenhalten von Optionen als Vorgehensansatz, der Agilität unterstützt.....	114
2.3.5	Real-Optionen RO.....	117
2.4	Zusammenfassung und Abrundung.....	124
2.5	Literatur zu den Vorgehensmodellen.....	126

Teil II: Der Problemlösungsprozess 129

3 Systemgestaltung 131

3.1	Zur Anwendung des Systemdenkens.....	132
3.1.1	Exkurs über die Bildung von Elementen und Beziehungen.....	132
3.1.2	Problemfeld und Lösungssystem.....	134
3.1.3	Anwendung des Systemdenkens auf die Strukturierung und Analyse des Problemfeldes.....	135
3.1.4	Abgrenzung des Problemfeldes.....	136
3.1.5	Systemdenken und Lösungssystem.....	137
3.1.6	Systemorientiertes Denken und Teamarbeit.....	139
3.1.7	Systemdenken und Projektmanagement.....	139

3.2 Zur Anwendung des Vorgehensmodells	140
3.2.1 Anwendung des Vorgehensprinzips «Vom Groben zum Detail»	140
3.2.2 Anwendung des Prinzips der Variantenbildung.....	141
3.2.3 Anwendungsaspekte des Phasenmodells.....	142
3.2.3.1 Konzeptentscheidungen.....	143
3.2.3.2 Der Verlauf des Aufwands während der verschiedenen Phasen eines Projekts.....	145
3.2.3.3 Integration von Teillösungen.....	146
3.2.3.4 Im Projektablauf tendenziell abnehmender Innovationsgrad.....	148
3.2.3.5 Dynamik der Gesamtkonzeption.....	149
3.2.3.6 Zeitlich überlapptes Vorgehen.....	151
3.2.3.7 Sofortmaßnahmen.....	153
3.2.4 Anwendungsaspekte des Problemlösungszyklus (PLZ)	153
3.2.4.1 Schwerpunkte der einzelnen Teilschritte des PLZ.....	153
3.2.4.2 Informationsfluss zwischen den Teilschritten des PLZ.....	155
3.2.4.3 Gedankliche Vor- bzw. Rückgriffe (Wiederholungszyklen, Iterationen)	155
3.2.4.4 Erweiterter Problemlösungszyklus.....	158
4 Projektmanagement	165
<hr/>	
4.1 Begriff und Übersicht	165
4.1.1 Was ist ein Projekt?.....	166
4.1.2 Was ist Projektmanagement?.....	166
4.1.3 Das «Eiserne Dreieck» des Projektmanagements.....	167
4.1.4 Die Aufgaben des Projektmanagement.....	168
4.2 Die funktionale Dimension des Projektmanagements	169
4.2.1 Ingangsetzungsarbeiten.....	169
4.2.2 Inganghaltungsarbeiten.....	169
4.2.3 Abschliessen von Projekten.....	169
4.2.4 Projektmarketing.....	170
4.3 Institutionelles Projektmanagement	170
4.3.1 Beteiligte Gremien/Instanzen.....	170
4.3.2 Organisationsformen für Projekte.....	172
4.3.2.1 Reine Projektorganisation.....	172
4.3.2.2 Einfluss-Projektorganisation (Stabs-Projektorganisation).....	173
4.3.2.3 Matrix-Projektorganisation.....	174
4.3.2.4 Eignungsbereiche.....	175
4.3.2.5 Mischformen der Projektorganisation.....	175



4.4 Instrumentelles Projektmanagement	177
4.5 Personelle Aspekte des Projektmanagement	177
4.5.1 Anforderungen an den Projektleiter	177
4.5.1 Erfolgreiche Teamarbeit	178
4.6 Erfolgskomponenten des Projektmanagements	179
4.7 Literatur	179

Teil III: Systemgestaltung als Architektur- und

Konzeptgestaltung

181

5 Architekturgestaltung

183

5.1 Beispiele für Architekturvarianten von Systemen	184
5.2 Verhältnis von Funktion und Form zur Architektur	185
5.3 Aufgaben und Bedeutung der Architekturgestaltung	186
5.4 Gestaltungsmerkmale guter Architekturen	188
5.5 Architektur und Innovation	190
5.6 Die Rolle von Systemarchitekten	192
5.7 Literatur	193

6 Konzeptgestaltung

195

6.1 Situationsanalyse	196
6.1.1 Zweck und Begriff	197
6.1.2 Leitideen und Grundsätze zur Analyse von Situationen	197
6.1.2.1 Einflussfaktoren auf das Problemverständnis	198
6.1.2.2 Handlungsrelevante Problembetrachtung	198
6.1.3 Verschiedene Betrachtungsweisen in der Situationsanalyse	199
6.1.3.1 Systemorientierte Betrachtungsweise	199
6.1.3.2 Ursachenorientierte Betrachtungsweise	202
6.1.3.3 Lösungsorientierte Betrachtungsweise	205
6.1.3.4 Zeit- bzw. zukunftsorientierte Betrachtungsweise	205
6.1.4 Zur Abgrenzung von Problemfeld, Lösungsfeld und Eingriffsbereich	206
6.1.5 Herausfinden von Randbedingungen und Einschränkungen der gestalterischen Freiräume	208

6.1.6	Zieloffenheit, Lösungsneutralität und Nachvollziehbarkeit	209
6.1.7	Techniken für die Situationsanalyse	209
6.1.7.1	Techniken zur Informationsbeschaffung.....	209
6.1.7.2	Techniken zur Informationsaufbereitung und -darstellung.....	210
6.1.7.3	Art der Informationsbeschaffung.....	211
6.1.8	Vorgehensschritte bei der Situationsanalyse	213
6.1.8.1	Verwendung von Arbeitshypothesen.....	213
6.1.8.2	Die Vorgehensschritte.....	213
6.1.9	Unterschiedlicher Stellenwert der Situationsanalyse im Phasenablauf	215
6.1.10	Zusammenfassung	217
6.1.11	Literatur zur Situationsanalyse	218
6.2	Zielformulierung	219
6.2.1	Zweck und Terminologie	219
6.2.1.1	Zielbegriff.....	219
6.2.1.2	Stellung im Problemlösungszyklus.....	219
6.2.2	Zielformulierung auf verschiedenen Systemebenen	221
6.2.3	Denkansätze, Prinzipien und Leitideen für eine handlungsorientierte Zielformulierung	221
6.2.3.1	Operationale Zielformulierung.....	221
6.2.3.2	Formulierung von erwünschten oder ausdrücklich unerwünschten Wirkungen.....	223
6.2.3.3	Unterscheidung zwischen Systemzielen und Projektablauf- (Vorgehens-)zielen.....	223
6.2.3.4	Struktur eines Zielkatalogs.....	223
6.2.3.5	Anwendung des Ziel-Mittel-Denkens.....	224
6.2.3.6	Prinzip der Orientierung von Zielen an Fakten wie auch an Wertvorstellungen.....	227
6.2.3.7	Prinzip der Lösungsneutralität.....	228
6.2.3.8	Prinzip der Vollständigkeit hinsichtlich der Zielinhalte.....	228
6.2.3.9	Prinzip der Prioritätensetzung bei der Zielformulierung.....	230
6.2.3.10	Prinzip der Widerspruchsfreiheit von Teilzielen.....	231
6.2.3.11	Prinzip der Überblickbarkeit eines Zielkatalogs.....	233
6.2.4	Techniken für die Zielformulierung	234
6.2.5	Vorgehen bei der Zielformulierung	234
6.2.6	Einschränkungen	235
6.2.7	Zusammenfassung	236
6.2.8	Literatur zur Zielformulierung	236

6.3 Lösungssuche: Synthese/Analyse	237
6.3.1 Zweck und Terminologie	237
6.3.2 Wichtige Denkansätze, Prinzipien	238
6.3.2.1 Die Bedeutung der Kreativität.....	238
6.3.2.2 Arbeiten mit Modellen.....	239
6.3.2.3 Generelle Entwurfsprinzipien.....	240
6.3.2.4 Variantencreation und -reduktion.....	241
6.3.2.5 Zusammenwirken von Synthese und Analyse im Verlauf der System- entwicklung.....	242
6.3.3 Strategien zur Lösungsfindung (Synthese)	244
6.3.3.1 Begrenzung des Lösungsfeldes.....	244
6.3.3.2 Unterschiedliche Ausgangspunkte für die Lösungssuche.....	245
6.3.3.3 Systematische Suchstrategien.....	247
6.3.3.4 Mathematische Methoden des Operations Research.....	250
6.3.3.5 Heuristiken als Strategie zur Lösungsfindung.....	251
6.3.4 Grundsätze zur Analyse von Lösungen	251
6.3.4.1 Intuitive vs. systematische Analyse.....	252
6.3.4.2 Inhalte der systematischen Analyse.....	252
6.3.5 Techniken für die Synthese/Analyse	256
6.3.6 Vorgehen bei der Synthese/Analyse	256
6.3.7 Zusammenfassung Lösungssuche	261
6.3.8 Literatur zur Lösungssuche Synthese/Analyse	262
6.4 Bewertung und Entscheidung	263
6.4.1 Zweck, Begriffe, Grundlagen	264
6.4.1.1 Verschiedene Entscheidungsarten.....	264
6.4.1.2 Methodisch unterstützte Entscheidungen.....	266
6.4.1.3 Ablauf von Entscheidungsvorbereitung und Entschluss.....	266
6.4.2 Bewertungsmethoden	269
6.4.2.1 Die Argumentenbilanz.....	269
6.4.2.2 Die Bewertungsmatrix als Basis für den Variantenvergleich.....	270
6.4.2.3 Nutzwertanalyse.....	271
6.4.2.4 Kosten-Wirksamkeits-Analyse.....	272
6.4.2.5 Andere Bewertungsmethoden.....	274
6.4.3 Vorgehen bei der Bewertung	275
6.4.3.1 Teilnehmerkreis bestimmen.....	275
6.4.3.2 Festlegung der Kriterien.....	276
6.4.3.3 Behandlung von Musszielen.....	277
6.4.3.4 Anzahl Teilziele.....	278

6.4.3.5	Gewichtung der Teilziele.....	278
6.4.3.6	Ermittlung der Teilzielerfüllung.....	280
6.4.3.7	Plausibilitätsüberlegungen.....	284
6.4.3.8	Sensibilitätsanalysen.....	286
6.4.3.9	Analyse des Risikos und potenzieller Probleme.....	287
6.4.4	Zur Objektivität von Bewertungsverfahren.....	288
6.4.5	Die Wirtschaftlichkeitsrechnung als Ergänzung des Schritts der Entscheidungsvorbereitung.....	289
6.4.6	Dokumentation des Bewertungsschrittes.....	289
6.4.7	Entscheidung.....	289
6.4.8	Zusammenfassung und Abrundung.....	290
6.4.9	Literatur zu Bewertung und Entscheidung.....	291
6.5	Sonderfälle und situationsbedingte Interpretation.....	292
6.5.1	Umbauten am «lebenden Objekt».....	292
6.5.2	Verbesserungs-(Meliorations-)Vorhaben.....	293
6.5.3	Vorhaben beschränkten Umfanges.....	295
6.5.4	Vorhaben außergewöhnlich großen Umfangs.....	295
6.5.5	Programme.....	296
6.5.6	Gestaffelte Realisierung von Vorhaben.....	296
6.5.7	Relative Unerfahrenheit der Beteiligten aufgrund von Pioniersituationen.....	298
6.5.8	Einstieg in ungeordnet verlaufende Problemlösungsprozesse.....	298
6.5.9	Stilllegungen und Abbrüche.....	299
6.5.10	Literatur.....	300

Teil IV: Fallbeispiele 301

7 Die SE-Basics im Hall/BWI-Konzept 303

7.1 Basic 1 – Anwendung des Systemansatzes..... 303

7.2 Basic 2 – Anwendung eines erkennbaren und
akzeptierten Vorgehensmodells..... 303

7.3 Basic 3 – Anwendung von Methoden, Techniken, Werkzeugen (MTW)..... 306

8 Fallbeispiel 1: Hausbau 307

8.1 Ausgangssituation..... 307

8.2 Vorstudie..... 308

8.3	Hauptstudie	311
8.4.	Detailstudien	313
8.5	Systembau und Einführung	314
8.6	Schlussbemerkungen	315

9	Fallbeispiel 2: Flughafenplanung	317
----------	---	-----

Teil V: SE in der Praxis	345
---------------------------------	-----

10	Neun grundsätzliche Empfehlungen	347
-----------	---	-----

11	Typische Schwachstellen in Projekten (Stolpersteine)	350
-----------	---	-----

12	Aktivitäten-Checklisten	351
-----------	--------------------------------	-----

12.1	Aktivitäten-Checkliste «Vorstudie»	351
------	--	-----

12.2	Aktivitäten-Checkliste «Hauptstudie»	355
------	--	-----

12.3	Aktivitäten-Checkliste «Detailstudien»	357
------	--	-----

12.4	Aktivitäten-Checkliste «Systembau»	358
------	--	-----

12.5	Aktivitäten-Checkliste «Systemeinführung»	359
------	---	-----

12.6	Aktivitäten-Checkliste «Abschluss des Projekts»	360
------	---	-----

13	Erfolgsmerkmale des Projektmanagements	361
-----------	---	-----

Teil VI: Methoden, Techniken und Werkzeuge (MTW)	367
---	-----

14	Methoden, Techniken und Werkzeuge (MTW) im Überblick	369
-----------	---	-----

15	Enzyklopädie / Glossar	373
-----------	-------------------------------	-----

Teil VII: Anhang	413
16 Formularsammlung	414
17 Abbildungsverzeichnis	438
18 Literaturverzeichnis	443
19 Index	456
20 Autorenadressen	457

