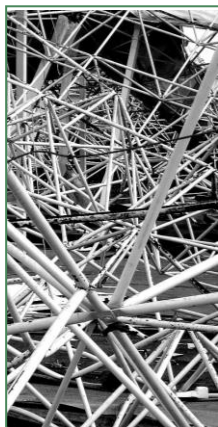
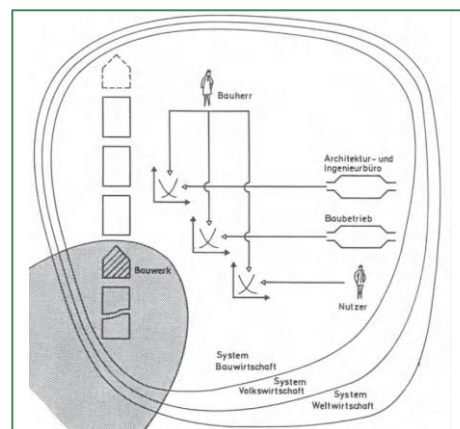
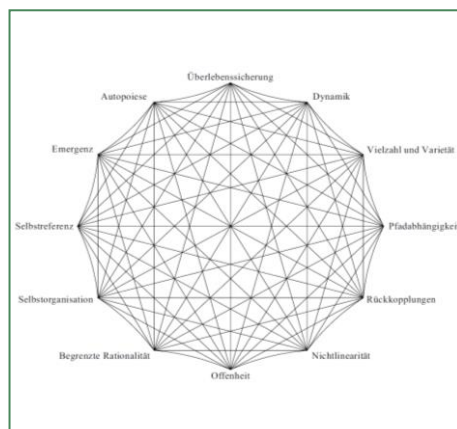
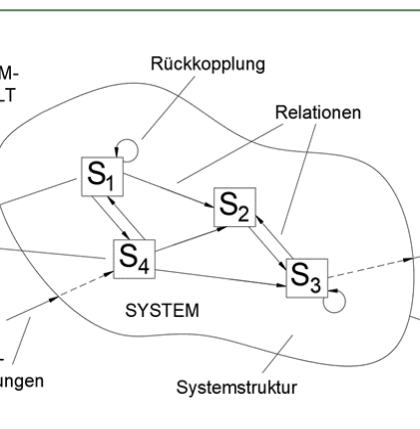


MASTERARBEIT



KOMPLEXITÄT VON BAUPROJEKTEN

Dallago Christoph

Vorgelegt am
 Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft

Betreuer
 Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck

Mitbetreuender Assistent
 Dipl.-Ing. Florian Müller

Graz am 18. Oktober 2019

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am
.....
(Unterschrift)

STATUTORY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz,
date
(signature)

Anmerkung

In der vorliegenden Masterarbeit wird auf eine Aufzählung beider Geschlechter oder die Verbindung beider Geschlechter in einem Wort zugunsten einer leichteren Lesbarkeit des Textes verzichtet. Es soll an dieser Stelle jedoch ausdrücklich festgehalten werden, dass allgemeine Personenbezeichnungen für beide Geschlechter gleichermaßen zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir während meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen.

Für die Betreuung von universitärer Seite bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detlef Heck und Herrn Dr.techn. Dipl.-Ing. Florian Müller.

Besonderer Dank gebührt meiner Familie, die mich die gesamte Ausbildungszeit hindurch unterstützte.

(Ort), am (Datum)

(Unterschrift des Studierenden)

Kurzfassung

Dass Bauprojekte komplex sind, darüber sind sich fast alle im Bauwesen Tätigen einig. Aber wie mit dieser Komplexität umgegangen werden soll und vor allem, wie man die Komplexität von Bauprojekten bestimmt, darüber gibt es erst wenige Erkenntnisse. Diese Masterarbeit befasst sich damit, wie die Komplexität von Bauprojekten beurteilt werden kann und vergleicht dazu mehrere Klassifizierungssysteme.

Zu Beginn dieser wissenschaftlichen Arbeit, werden die Grundlagen zu Systemen und Komplexität im Allgemeinen aufbereitet. Danach erfolgt die Überleitung der Komplexität in das Bauwesen, indem das Bauwerk, das Bauprojekt und die Bauwirtschaft als komplexe Systeme beschrieben werden.

Im Anschluss werden sechs unterschiedliche Systeme zur Klassifizierung der Komplexität bei Bauprojekten vorgestellt. In weiterer Folge werden diese Systeme anhand eines konkreten Bauprojektes in der Praxis getestet und miteinander verglichen. Daraus soll sich ein Klassifizierungssystem als bestes und praktikabelstes herauskristallisieren.

Zum Abschluss wird noch auf Vorteile, mögliche Anwendungsgebiete und etwaige Besonderheiten der Klassifizierung von Bauprojekten anhand der Komplexität hingewiesen.

Abstract

Almost all construction professionals agree that construction projects are complex. But how to deal with this complexity, and above all how to determine the complexity of construction projects, there are only a few insights. This master thesis deals with how the complexity of construction projects can be assessed and compares several classification systems.

At the beginning of this scientific work, the basics of systems and complexity in general are presented. After that, complexity is transferred to the construction industry by describing the building, the construction project and the construction industry as complex systems.

Subsequently, six different systems for classifying the complexity of construction projects are presented. These systems are then tested based on a specific construction project in practice and compared with each other. From this, a classification system should emerge as the best and most practicable one.

Finally, the advantages, potential applications and any special features of the classification of construction projects based on complexity are pointed out.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.2	Zielsetzung.....	2
1.3	Methodische Vorgangsweise.....	3
1.4	Gliederung.....	4
2	Systemtheoretische Grundlagen	5
2.1	System – Definition und Begriffserklärungen.....	5
2.1.1	Begriffsdefinition.....	6
2.1.2	Systemelemente.....	6
2.1.3	Systemrelationen und Systemstruktur.....	7
2.1.4	Systemzustand und Systemverhalten.....	8
2.1.5	Systemumwelt und Systemgrenze.....	9
2.1.6	Subsysteme.....	10
2.1.7	Rückkopplungen.....	10
2.2	Einteilung der Systeme.....	11
2.2.1	Reale oder ideelle Systeme.....	11
2.2.2	Offene und geschlossene Systeme.....	12
2.2.3	Statische und dynamische Systeme.....	12
2.2.4	Stabile und instabile Systeme.....	13
2.2.5	Deterministische und probabilistische Systeme.....	13
2.2.6	Soziale, technische und sozio-technische Systeme.....	14
2.3	Systemkonzepte.....	15
2.3.1	Funktionales Systemkonzept.....	16
2.3.2	Struktureles Systemkonzept.....	16
2.3.3	Hierarchisches Systemkonzept.....	16
3	Grundlagen der Komplexität	17
3.1	Der Komplexitätsbegriff.....	17
3.2	Strukturelle Komplexität.....	18
3.3	Funktionale Komplexität.....	20
3.4	Komplexität in Systemen.....	22
3.4.1	Einfaches System.....	22
3.4.2	Kompliziertes System.....	23
3.4.3	Relativ komplexes System.....	23
3.4.4	Äußerst komplexes System.....	23
3.5	Eigenschaften komplexer Systeme.....	24
3.5.1	Überlebenssicherung.....	25
3.5.2	Dynamik.....	25
3.5.3	Vielzahl und Varietät.....	26
3.5.4	Pfadabhängigkeit.....	27
3.5.5	Rückkopplungen.....	27
3.5.6	Nichtlinearität.....	30
3.5.7	Offenheit.....	31
3.5.8	Begrenzte Rationalität.....	31
3.5.9	Selbstorganisation.....	32
3.5.10	Selbstreferenz.....	34
3.5.11	Emergenz.....	34
3.5.12	Autopoiese.....	35
3.6	Fehler im Umgang mit Komplexität.....	36

4	Komplexität im Bauwesen	38
4.1	Das Bauwerk als komplexes System	38
4.1.1	Systemstruktur	38
4.1.2	Systemzustand und Systemverhalten.....	38
4.1.3	Systemgrenze und Systemumwelt	39
4.1.4	Systemhierarchie	39
4.2	Bauprojekt als komplexes System	39
4.2.1	Projektbegriff.....	39
4.2.2	Bauprojekt.....	41
4.2.3	System Bauprojekt	41
4.3	Bauwirtschaft als System.....	43
5	Vorstellung der Klassifizierungssysteme	44
5.1	PATZAK	44
5.2	PMA – Komplexitätsbewertung Projekte	47
5.3	Lechner	51
5.4	Brunner	57
5.5	Kirst.....	59
5.6	Hoffmann.....	63
6	Klassifizierungssysteme in der Praxis	70
6.1	Vorstellung des Bauprojektes	70
6.2	Anwendung von PATZAK in der Praxis.....	71
6.2.1	Bewertung der Aspekte bei PATZAK.....	71
6.2.2	Einstufung des Projektes nach PATZAK.....	74
6.2.3	Fazit zum Klassifizierungssystem nach PATZAK.....	75
6.3	Anwendung von PMA in der Praxis.....	75
6.3.1	Bewertung der Aspekte bei PMA.....	76
6.3.2	Einstufung des Projektes nach PMA.....	79
6.3.3	Fazit zum Klassifizierungssystem nach PMA.....	79
6.4	Anwendung von LECHNER in der Praxis.....	80
6.4.1	Bewertung der Aspekte bei LECHNER.....	80
6.4.2	Einstufung des Projektes nach LECHNER	84
6.4.3	Fazit zum Klassifizierungssystem nach LECHNER.....	85
6.5	Anwendung von BRUNNER in der Praxis	85
6.5.1	Bewertung der Aspekte bei BRUNNER	85
6.5.2	Einstufung des Projektes nach BRUNNER	87
6.5.3	Fazit zum Klassifizierungssystem nach BRUNNER	88
6.6	Anwendung von KIRST in der Praxis	89
6.6.1	Bewertung der Aspekte bei KIRST	89
6.6.2	Einstufung des Projektes nach KIRST	91
6.6.3	Fazit zum Klassifizierungssystem nach KIRST	92
6.7	Anwendung von HOFFMANN in der Praxis	93
6.7.1	Bewertung der Aspekte bei HOFFMANN.....	93
6.7.2	Einstufung des Projektes nach HOFFMANN	95
6.7.3	Fazit zum Klassifizierungssystem nach HOFFMANN	97
7	Bewertung der Klassifizierungssysteme	98
7.1	Vergleich der Klassifizierungssysteme.....	98
7.1.1	Systemischer Ansatz.....	98
7.1.2	Anwendungsbereich.....	98
7.1.3	Verständlichkeit und Anwendbarkeit der Aspekte	99
7.1.4	Zeitaufwand	100

7.1.5	Anzahl Komplexitätsstufen	100
7.1.6	Vergleichbarkeit der Ergebnisse	101
7.2	Empfehlung eines Klassifizierungssystems.....	102
7.3	Fazit zu den Klassifizierungssystemen	103
8	Diskussion	104
8.1	Vorteile bei Anwendung von Komplexitätsklassifizierung	104
8.1.1	Einschätzung der Komplexität	104
8.1.2	Vergleichbarkeit zwischen Projekten	105
8.1.3	Abstimmung des Ressourceneinsatzes.....	105
8.1.4	Abstimmung von Verträgen, Vergaben, etc.	106
8.2	Besonderheiten bei Anwendung von Komplexitätsklassifizierung	107
8.2.1	Unterschied der Bewertung vor bzw. nach dem Projekt.....	107
8.2.2	Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Projektkategorien	108
8.2.3	Blickwinkel des Anwenders im Projekt.....	109
8.2.4	Subjektivität der Bewertungen	109
8.2.5	Fehlendes Know-how.....	110
9	Zusammenfassung	111
10	Ausblick	114
A.1	Bewertungsmatrizen nach KIRST	115
A.2	Bewertungsmatrizen nach HOFFMANN	125
	Literaturverzeichnis	135

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bestandteile von Systemen.....	7
Abbildung 2: Dreiteilung des Systembegriffs	15
Abbildung 3: System als Blackbox	16
Abbildung 4: Strukturkomplexität	20
Abbildung 5: Systemtypen und Komplexität.....	22
Abbildung 6: Übersicht über die Merkmale der verschiedenen Systemtypen	24
Abbildung 7: Überblick über die Eigenschaften komplexer Systeme	25
Abbildung 8: Verschiedene Systemzustände in Bezug auf Dynamik	26
Abbildung 9: Wirkungsrichtungen von Rückkopplungen	28
Abbildung 10: Wirkungsverläufe von Rückkopplungen	29
Abbildung 11: Zeitliche Wirkungsverläufe bei Rückkopplungen.....	29
Abbildung 12: Systemzustände komplexer Systeme	33
Abbildung 13: Entstehung neuer Ordnungen durch Emergenz.....	35
Abbildung 14: Subsysteme von Bauprojekten	42
Abbildung 15: Systemaspekt der Bauwirtschaft.....	43
Abbildung 16: Vorschlag einer Scoring-Tabelle nach Patzak	47
Abbildung 17: Beispiel des Bewertungsschemas für die Komplexität nach PMA	50
Abbildung 18: Projektklassen nach LECHNER	51
Abbildung 19: Spinnenmatrix für ein sehr komplexes Krankenhausprojekt	55
Abbildung 20: Bewertungsmatrix nach LECHNER.....	56
Abbildung 21: Komplexitätsstufen nach Brunner	58
Abbildung 22: Bewertungstabelle nach KIRST für den Aspekt Projektziele.....	62
Abbildung 23: Komplexitätskreis von Bauvorhaben nach HOFFMANN	64
Abbildung 24: Projektsystemkreis nach HOFFMANN	65
Abbildung 25: Bewertungsmatrix nach HOFFMANN für den Indikator Ziele.....	69
Abbildung 26: Anwendung des Scoring-Schema nach Patzak	74
Abbildung 27: Anwendung des Complexity Sheet von PMA.....	78
Abbildung 28: Anwendung des Analysebogens nach LECHNER	83
Abbildung 29: Darstellung als Spinnenmatrix	84
Abbildung 30: Anwendung der Komplexitätseinstufung nach BRUNNER.....	87
Abbildung 31: Bewertungstabelle nach HOFFMANN.....	96
Abbildung 32: Bewertungsmaßstab für die Komplexität bei HOFFMANN.....	96
Abbildung 33: Gegenüberstellung der Klassifizierungssysteme.....	101
Abbildung 34: Normierter Komplexitätsgrad des untersuchten Bauprojekts	102

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zielsetzung.....	3
Tabelle 2: Merkmale von Projekten.....	40
Tabelle 3: Einstufung der Komplexität nach dem Bewertungsschema von PMA .	49
Tabelle 4: Beispiel der Bewertungsskala nach KIRST	60
Tabelle 5: Beispiel des Bewertungsschemas nach KIRST	61
Tabelle 6: Komplexitätsgrade nach HOFFMANN.....	68
Tabelle 7: Einstufung der Komplexität nach BRUNNER	88
Tabelle 8: Zusammenfassung der Bewertung nach KIRST	91

Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
bzw.	beziehungsweise
etc.	et cetera
PM	Projektmanagement
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Seitdem ich begonnen habe, an dieser Arbeit zu schreiben, wurde mir bewusst, wie oft wir das Wort „komplex“ in den verschiedensten Kontexten verwenden. Sei es in den Medien, wo die Welt und unsere Umgebung immer komplexer wird, oder einfach im täglichen Sprachgebrauch. Wenn wir nicht genau wissen, wie wir etwas beschreiben oder erklären sollen, sagen wir einfach: „Dieses Thema ist sehr komplex.“ Und oftmals sprechen wir von Komplexität, meinen in Wirklichkeit aber Kompliziertheit. Durch diese Arbeit wurde mein Blick für die Komplexität geschärft und sie soll somit auch anderen eine Hilfe sein, mit Komplexität besser umzugehen.

1.1 Problemstellung

Bauvorhaben werden immer komplexer.¹ Die daraus resultierenden Folgen sind vermehrte Kostenüberschreitungen und Bauzeitverzögerungen. Prominente Beispiele sind der Flughafen Berlin², die Elbphilharmonie³ oder in Österreich das Krankenhaus Nord.⁴

Die Gründe für Komplexität bei Bauprojekten sind ebenso wie ihre Auswirkungen vielfältig. Bei komplexen Bauprojekten kommt es leicht zu unvorhergesehenen Komplikationen, erheblichen Kostenüberschreitungen und Bauzeitverzögerungen. Ein Grund hierfür liegt oftmals darin, dass sich die beteiligten Personen der Komplexität nicht ausreichend bewusst sind, oder erst darauf aufmerksam werden, wenn es schon zu spät ist.

Aber wie begegnet man nun Komplexität? Planungsbüros, Baufirmen, aber auch Bauherren, sollten in der Lage sein, beurteilen zu können, ob sie mit der gegebenen Komplexität des Bauprojektes umgehen können. Ist das nicht der Fall, sollten sie besser die Finger von diesen Projekten lassen, oder sich Hilfe suchen, die mit der vorhandenen Komplexität besser zurechtkommt.

Um einen besseren Umgang mit Komplexität bei Bauprojekten zu erreichen, muss man die Projekte aufgrund ihrer Komplexität klassifizieren. Die Klassifizierung vermittelt einen ersten Überblick, wie hoch die Komplexität des Bauprojektes ist und wodurch sie verursacht wird. Anhand dieser Klassifizierung lassen sich dann Strategien entwickeln und Maßnahmen

¹ Vgl. MADAUSS, B.-J.: Projektmanagement. S. 4.

² <https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/flughafen-berlin-brandenburg-ber-kosten-steigen-auf-7-3-milliarden-euro-a-1195101.html>, [zuletzt geprüft am: 04.07.2019].

³ <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wohnen/die-elbphilharmonie-ist-fertig-eine-kurze-chronik-der-hamburger-bau-blamage-14503823.html>, [zuletzt geprüft am: 04.07.2019].

⁴ <https://www.derstandard.at/story/2000079999847/rechnungshof-bestaetigt-gravierende-fehler-bei-krankenhaus-wien-nord>, [zuletzt geprüft am: 04.07.2019].

ableiten, wie der Komplexität des Bauprojekts begegnet wird. Dazu ist es aber zuerst einmal wichtig, diese Komplexitätsbewertung vorzunehmen.

Zurzeit sind verschiedene Methoden zur Klassifizierung von Projekten aufgrund ihrer Komplexität in diversen Fachzeitschriften, Dissertationen und Diplomarbeiten publiziert. Sie liefern ein vorgefertigtes Schema und helfen somit die Komplexität zu bewerten. All diese Methoden besitzen Vor- bzw. Nachteile und sind mehr oder weniger zur Anwendung im Bauwesen geeignet. Auch sind sie noch keinem breiten Anwendungskreis bekannt.

Hier setzt die gegenständliche Arbeit an, indem sie diese vorhandenen Klassifizierungssysteme vergleicht und auf deren Anwendung im Bauwesen überprüft. Dadurch sollen die am besten geeigneten Methoden herausgefiltert werden. Zusätzlich wird gehofft, dass die gegenständliche Arbeit auch beiträgt, solche Systeme einem größeren Anwendungskreis bekannt zu machen.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, verschiedene derzeit vorhandene Methoden zur Klassifizierung der Komplexität bei Bauprojekten auf deren Anwendbarkeit und Praktikabilität hin zu untersuchen. Dazu sollen in einem ersten Schritt die Grundlagen der Komplexität erarbeitet werden. Anschließend sollen bereits vorhandene Verfahren zur Komplexitätsklassifizierung identifiziert und vorgestellt werden. Ausgehend davon wird anhand eines konkreten Projektes die Anwendbarkeit und Praktikabilität der unterschiedlichen Methoden untersucht. Dabei sollen die Vor- und Nachteile der einzelnen Klassifizierungsmethoden hervorgehoben werden. Zusätzlich können auch Vorschläge für Ergänzungen oder Verbesserungen an den Methoden unterbreitet werden. Am Ende soll eine Empfehlung für eine Methode zur zukünftigen Anwendung im Bauwesen stehen. Zu guter Letzt soll auf die Vorteile, die eine Klassifizierung der Bauprojekte aufgrund der Komplexität mit sich bringt, aber auch auf mögliche Gefahren und Probleme dabei, hingewiesen werden. Die Ziele dieser Arbeit sind nochmals zur besseren Übersicht in Tabelle 1 angeführt.

<p>Muss – Ziele</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Identifizierung derzeit vorhandener Verfahren zur Bewertung der Komplexität von Bauprojekten ○ Untersuchung und Vergleich der identifizierten Klassifizierungsmethoden auf deren Praktikabilität und Anwendung im Bauwesen ○ Hervorheben der einzelnen Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Klassifizierungsmethoden 	<p>Soll – Ziele</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Empfehlung einer Methode der Komplexitätsbewertung zur zukünftigen Anwendung im Bauwesen ○ Herausarbeitung der Vorteile, die die Klassifizierung von Bauprojekten anhand der Komplexität bietet ○ Aufmerksam machen, auf mögliche Probleme und Gefahren bei der Klassifizierung von Bauprojekten
<p>Kann – Ziele</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Vorschläge für Ergänzungen oder Verbesserungen der einzelnen Klassifizierungsmethoden 	<p>Nicht – Ziele</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Entwicklung einer eigenen Klassifizierungsmethode

Tabelle 1: Zielsetzung

1.3 Methodische Vorgangsweise

In dieser Arbeit wird grundsätzlich eine systematische Vorgehensweise verwendet. In den Kapiteln 2 und 3 werden die Grundlagen von Systemen und Komplexität dargelegt, die zum weiteren Verständnis nötig sind. In Kapitel 4 erfolgt der Übergang von der Theorie zur Praxis. In den Kapiteln 5 und 6 werden Methoden zur Klassifizierung der Komplexität von Bauprojekten vorgestellt und auf ein reales Bauprojekt angewandt. Dazu wurde ein ausführliches Expertengespräch geführt. Die Erkenntnisse aus dem Expertengespräch und der Untersuchung der Bewertungsmethoden werden in Kapitel 7 zusammengefasst. Hier wird auch das am besten geeignete Klassifizierungssystem identifiziert. Zum Abschluss werden in Kapitel 8 noch mögliche Anwendungsfelder, Vorteile, aber auch Besonderheiten diskutiert.

1.4 Gliederung

Die vorliegende Arbeit „Komplexität bei Bauprojekten“ gliedert sich in folgende Kapitel:

1 Einleitung: Die Einleitung umfasst die Problemstellung, die Zieldefinition, die Beschreibung der methodischen Vorgangsweise und die Gliederung der Arbeit.

2 Systemtheoretische Grundlagen: In Kapitel 2 werden die Bestandteile von Systemen, die Einteilung der Systeme und die unterschiedlichen Systemkonzepte behandelt, um ein gewisses Systemverständnis zu schaffen.

3 Grundlagen der Komplexität: Kapitel 3 beschäftigt sich mit dem Komplexitätsbegriff, der strukturellen und funktionalen Komplexität, sowie der Komplexität in Systemen. Außerdem werden die Eigenschaften komplexer Systeme näher erörtert.

4 Komplexität im Bauwesen: Dieser Teil der Arbeit beinhaltet die Überleitung der Komplexitätstheorie zum Bauwesen. Es wird das Bauwerk als komplexes System dargestellt. Danach erfolgt der Übergang zum Bauprojekt als komplexes System und schlussendlich die gesamte Bauwirtschaft als komplexes System.

5 Vorstellung der Klassifizierungssysteme: In diesem Teil der Arbeit werden die derzeit gängigen und verfügbaren Klassifizierungssysteme für die Komplexität eines Projekts vorgestellt und näher betrachtet.

6 Klassifizierungssysteme in der Praxis: Hier werden die in Kapitel 5 vorgestellten Bewertungsschemata in der Praxis anhand eines untersuchten Bauprojektes angewandt und miteinander verglichen. Dazu wurde ein Experteninterview geführt.

7 Bewertung der Klassifizierungssysteme: Die Erkenntnisse aus den beiden vorhergehenden Kapitel werden nochmals zusammengefasst und diskutiert. In weiterer Folge wird das Klassifizierungssystem, welches am besten für eine Anwendung bei Bauprojekten geeignet ist, identifiziert.

8 Diskussion: Zum Abschluss dieser Arbeit werden die Vorteile und möglichen Anwendungsgebiete der Komplexitätsbewertung von Bauprojekten diskutiert. Außerdem wird auf Besonderheiten und mögliche Probleme der Komplexitätsbewertung hingewiesen.

2 Systemtheoretische Grundlagen

Zu Beginn dieser Arbeit wird auf den Begriff der Komplexität eingegangen. Um Komplexität erklären bzw. verstehen zu können, ist ein näheres Verständnis von Systemen und der Systemtheorie dahinter erforderlich.

2.1 System – Definition und Begriffserklärungen

Der Begriff System wird im allgemeinen Sprachgebrauch sehr weitläufig eingesetzt. Aus unserer Erfahrungsumwelt werden viele Objekte als Systeme bezeichnet. Allerdings ist nicht alles aus unserer Umwelt ein System. Ein System weist ganz bestimmte allgemeine Merkmale auf, die beim Erkennen eines Systems helfen:⁵

Systemzweck

Jedes System erfüllt eine bestimmte Funktion, das heißt der Beobachter kann einen Systemzweck erkennen.⁶

Systemstruktur

Struktur bezeichnet die Menge der Relationen, die die Elemente eines Systems verbinden.⁷ Aufgrund der Relationen entsteht eine Anordnung der Elemente, die dem System sowohl einen Sinn, als auch einen Bezugsrahmen verleiht.⁸

Systemintegrität

Im System existieren Elemente und Relationen, nach deren Herauslösen oder Zerstörung der ursprüngliche Systemzweck nicht mehr erfüllt werden kann. Das System verliert dadurch seine Systemidentität.⁹

BOSSEL führt dazu auch Beispiele an. So ist ein Stuhl ein System, weil es einen Systemzweck (Sitzen), eine Systemstruktur (Sitzfläche, Beine, Rückenlehne) und eine Systemintegrität (beim Abtrennen zweier Beine wäre die Systemintegrität zerstört, der ursprüngliche Systemzweck kann nicht mehr erfüllt werden) besitzt.

Ein Sandhaufen hingegen erfüllt den Systemzweck der Sandlagerung, aber selbst das Abtragen großer Mengen Sands würde nichts an der Systemintegrität ändern. Ein Sandhaufen ist somit kein System.¹⁰

⁵ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 35.

⁶ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 35.

⁷ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 625.

⁸ Vgl. SCHLEICHER, M.: Komplexitätsmanagement bei der Baupreisermittlung im Schlüsselfertigbau. S. 9.

⁹ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 35.

¹⁰ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 35.

2.1.1 Begriffsdefinition

In der Literatur gibt es keine allgemein gültige Definition des Systembegriffs.

Der Begriff System stammt ursprünglich vom altgriechischen Wort „systema“ ab und bedeutet, ein aus mehreren Einzelteilen zusammengesetztes Ganzes.¹¹

MALIK definiert System als kohärente Einheit von mechanisch, energetisch oder informativ miteinander verbundenen Teilen, die andere Funktionen und Eigenschaften haben, als die einzelnen Teile für sich allein. Weiters bemerkt er, dass Systeme nie nur Objekte, Organisationen oder Organismen sind, sondern diese immer mit der für sie relevanten Umwelt gemeinsam verstanden werden müssen.¹²

FLECHTNER definiert Systeme als „Ganze, organisierte Gesamtheiten, deren Bestandteile je nach der Art der Organisation des Ganzen sowie der Art der Beziehungen der Bestandteile untereinander und zum Ganzen als „Elemente“, „Teile“, „Glieder“ usw. bezeichnet werden.“¹³

BANDTE wiederum sieht in einem System „eine kognitiv wahrnehmbare Entität, deren auf der jeweiligen Systemebene nicht weiter zerlegbare Elemente in Relation (Rückkopplungen, physisch/nicht-physisch) zueinander stehen und unterschiedliche Charakteristika bzw. Zustände aufweisen können, sodass auf einer übergeordneten Ebene ein gemeinsames Verhalten erzeugt wird und sich eine Innen/Außen-Differenz zum Umfeld herausbilden kann.“¹⁴

Man kann festhalten, dass ein System also aus Elementen und Beziehungen bzw. Relationen besteht. Zusätzlich gehört zu einem System auch immer die Systemumwelt, von der es durch die Systemgrenze getrennt ist. In Abbildung 1 sind die Bestandteile von Systemen und deren Zusammenhänge dargestellt. Nachfolgend werden diese Begriffe näher erklärt.

2.1.2 Systemelemente

Elemente sind Bestandteile einer Gesamtheit von Objekten, die innerhalb dieser Gesamtheit nicht weiter zerlegt werden können. Systemelemente

¹¹ Vgl. duden.de: "Stichwort: System", <https://www.duden.de/rechtschreibung/System>, [zuletzt geprüft am: 14.03.2019].

¹² Vgl. MALIK, F.: Strategie. S. 399.

¹³ Vgl. FLECHTNER, H.-J.: Grundbegriffe der Kybernetik. S. 12.

¹⁴ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 91.

sind somit die, bezogen auf das System, kleinsten, nicht mehr teilbaren Einheiten eines Systems.¹⁵

Elemente können Atome, Teile, Komponenten, Menschen, Gedanken, Handlungen, Staaten, etc. sein.¹⁶

Von einem System spricht man, wenn zwischen den Elementen Relationen oder Beziehungen erkennbar, bzw. herstellbar sind.¹⁷

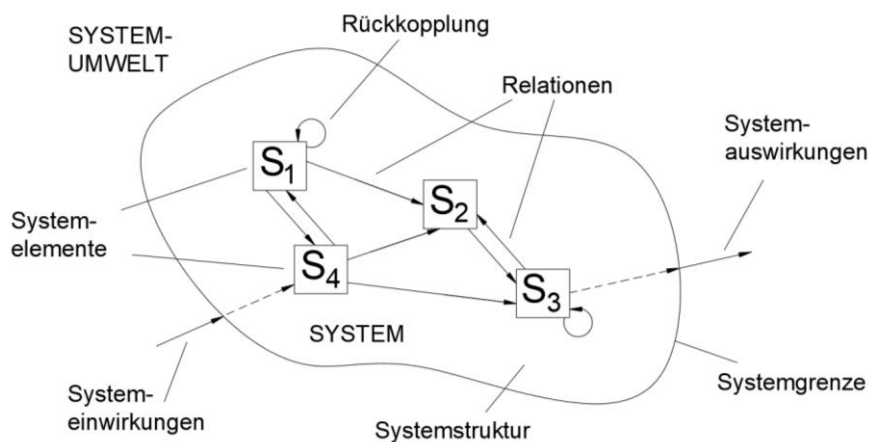


Abbildung 1: Bestandteile von Systemen¹⁸

2.1.3 Systemrelationen und Systemstruktur

Relationen sind die logischen Beziehungen zwischen zwei oder mehreren Dingen, Prozessen usw.¹⁹

Die Systemrelationen verbinden also die Elemente eines Systems. Diese Verbindungen können physikalischer, energetischer, gedanklich-abstrakter, gesellschaftlich-kultureller Natur sein oder eine Abfolge darstellen.²⁰

Die Gesamtheit der Relationen gibt dem System eine Struktur, wodurch die zunächst ungeordneten Elemente geordnet werden. Die Struktur gibt dem System einen Sinn und einen Bezugsrahmen. Sie verhindert, dass

¹⁵ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 173.

¹⁶ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 8.

¹⁷ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 8.

¹⁸ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 36.

¹⁹ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 531.

²⁰ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 8.

die Elemente keine beliebigen, sondern nur konkrete Strukturen ausbilden. Somit bestimmt die Systemstruktur die Abläufe im System.²¹

Die Struktur ist die Menge der elementverbindenden Relationen und aller dazu isomorphen Relationsgefüge.²²

Die Beziehungen oder Relationen können in unterschiedlicher Form, Richtung und Wirksamkeit auftreten. AGGTELEKY führt dazu nachfolgende Arten von Beziehungen/Relationen auf:²³

- Gerichtete oder beidseits wirkende Relationen
- Konstante, zeitlich verändernde oder zeitlich beschränkte Relationen
- Proportional progressiv oder regressiv wirkende Relationen
- Relationen mit individuell geartetem Wirkungsverlauf (z.B. S-Kurve)
- Niedrige bzw. hohe Sensitivität der Auswirkungen von Relationen
- Unabhängige, gegenseitig stärkende oder gegenläufige Relationen
- Quantifizierbare und nicht quantifizierbare Relationen
- Beeinflussbare oder unveränderbare Relationen
- Unterschiedliche Prioritäten der Relationen (Muss-, Soll- oder Wunschbedingungen)

2.1.4 Systemzustand und Systemverhalten

Die Systemelemente besitzen unterschiedliche Eigenschaften, Parameter und Merkmale. Betrachtet man ein Verkehrssystem entsprechen die Fahrzeuge den Elementen. Diese Fahrzeuge bzw. Elemente besitzen unterschiedliche Eigenschaften und Parameter, wie z.B. Geschwindigkeit, Fahrtrichtung, Anzahl Sitzplätze usw. Diese Parameter werden auch als Zustandsgrößen bezeichnet.

Zustandsgrößen sind jene Größen, aus denen sich zu jeder Zeit der Zustand des Systems ergibt, inklusive aller daraus ableitbaren System- und Verhaltensgrößen. Man kann sie auch als Gedächtnis des Systems bezeichnen. Ein bestimmtes System muss durch eine ganz bestimmte Anzahl an Zustandsgrößen beschrieben werden. Würde eine Zustandsgröße fehlen, wäre das System nicht vollständig beschreibbar.

²¹ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 8.

²² Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 625.

²³ Vgl. AGGTELEKY, B.; BAJNA, N.: Projektplanung. S. 8.

Würden hingegen zusätzliche Zustandsgrößen angegeben, wäre die Beschreibung des Systems redundant und überbestimmt. Die überschüssige Zustandsgröße wäre aus den anderen Zustandsgrößen ableitbar.²⁴

Der Zustand eines Systems beschreibt zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt die Gesamtheit der Werte der inneren Parameter eines Systems.²⁵

Verhaltensgrößen sind jene Größen, mit denen das System auf seine Umwelt wirkt und nur diese sind in der Umwelt bemerkbar. Sie beschreiben also das Verhalten des Systems.²⁶

Das Verhalten eines Systems ist die Menge (durch z.B. äußere Einwirkungen hervorgerufenen) zeitlich aufeinander folgender Zustände eines dynamischen Systems.²⁷

2.1.5 Systemumwelt und Systemgrenze

Jedes System hat eine eigene Systemumwelt, von der das System klar durch die Systemgrenze abgegrenzt wird. Größen aus dieser Umwelt können als äußere Einwirkungen (Input) Einfluss auf die Systemelemente haben. Ebenso kann das System durch Systemgrößen (Output) die Umwelt beeinflussen.²⁸

Wie der Begriff des Systems, ist ebenso der Begriff der Umwelt relativ.²⁹ Die Festlegung der Systemgrenze ergibt sich aus dem Zweck oder Bezugsrahmen des Systems. Allerdings entsteht dieser Bezugsrahmen nicht aus dem System heraus, allein die Umwelt gibt dem System seinen Bezugsrahmen und somit Sinn und Zweck. Das System kann nur durch Bezug zur Umwelt seinen bestimmten Systemzweck erfüllen und dadurch ent- bzw. bestehen.³⁰

Man unterscheidet zwischen offenen und geschlossenen Systemen. Offene Systeme besitzen mindestens ein Element, das in Beziehung zur Umwelt oder zu einem anderen System steht. Geschlossene Systeme hingegen sind vollkommen von ihrer Umgebung isoliert. Diese

²⁴ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 39.

²⁵ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 735.

²⁶ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 38.

²⁷ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 692.

²⁸ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 37.

²⁹ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 675.

³⁰ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 9.

geschlossenen Systeme dienen in der Systemtheorie nur zur Systemdefinition.³¹

Reale Systeme sind immer offene Systeme. Sie sind nie völlig von ihrer Umwelt isoliert, sonst wären sie nicht wahrnehmbar, und ihre Existenz nicht beweisbar. Reale Systeme haben somit keine undurchlässige Grenze. Es gibt immer Einwirkungen aus der Umgebung auf das System und Auswirkungen des Systems auf seine Umwelt.³²

Weil nicht immer klar ist, wo die Systemgrenze gezogen werden soll und weil aber von dieser Grenzziehung die Komplexität und Bearbeitbarkeit der Systemuntersuchung entscheidend abhängt, hat BOSSEL Kriterien für die Festlegung der Systemgrenze formuliert:³³

- Die Systemgrenze sollte dort gezogen werden, wo die Kopplungen zur Umwelt sehr viel schwächer sind, als die Binnenkopplungen im System.
- Die Systemgrenze wird dort definiert, wo vorhandene Umweltkopplungen nicht funktionsrelevant sind.
- Die Systemgrenze wird dort festgelegt, wo die Umwelteinwirkungen auf das System nicht durch das System bzw. Rückkopplungen im System bestimmt oder beeinflusst werden.

2.1.6 Subsysteme

Die Elemente eines Systems können selbst Systeme sein. Man spricht hierbei von Subsystemen. Das übergeordnete System stellt die Systemumwelt des Subsystems dar. Das Subsystem steht in Beziehung zum übergeordneten System und kann ebenfalls über Relationen zu anderen Subsystemen oder Elementen verfügen. Besitzt ein System mehrere Subsysteme auf gleicher Systemebene, so entsteht eine horizontale Beziehungshierarchie. Von einer vertikalen Beziehungshierarchie spricht man, wenn das Subsystem wiederum ein Subsystem als Element aufweist.³⁴

2.1.7 Rückkopplungen

Bei Rückkopplungen in dynamischen Systemen wirken Änderungen der Ausgangsgrößen auf die Eingangsgrößen zurück. Helfen die

³¹ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 30–31.

³² Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 37.

³³ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 37–38.

³⁴ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 9–10.

Rückkopplungen die Stabilität des Systems aufrechtzuerhalten, spricht man von kompensierenden Rückkopplungen. Kumulative Rückkopplungen führen dazu, dass die Stabilität des Systems aufgehoben wird.³⁵

Rückkopplungen können im System ein eigenständiges Verhalten verursachen, das mit den Umwelteinwirkungen von außen nur mehr wenig zu tun hat. Dieses Verhalten wird als Eigendynamik bezeichnet.³⁶

2.2 Einteilung der Systeme

Im vorigen Kapitel wurde bei der Beschreibung der Systembestandteile schon eine leichte Unterscheidung der Systemarten ersichtlich. Nachfolgend wird auf die verschiedenen Arten der Systeme eingegangen:

2.2.1 Reale oder ideelle Systeme

Diese Unterscheidung ist für die Untersuchung von Systemen irrelevant, wird der Vollständigkeit halber aber trotzdem hier angeführt. Man unterscheidet reale und ideelle Systeme, wobei dies nicht mit der Realität und Idealität der Systembestandteile zusammenhängt. FLECHTNER bringt das Sonnensystem, einen Organismus oder eine Maschine als Beispiele für reale Systeme mit realen Bestandteilen. Das Periodensystem der Elemente ist ein ideelles System mit realen Bestandteilen. Ein ideelles System aus ideellen Bestandteilen ist z.B. Platons Begriffspyramide.³⁷

2.2.1.1 Natürliche und künstliche Systeme

Man unterscheidet Systeme nach der Art ihrer Entstehung in natürliche und künstliche Systeme. Das bereits genannte Sonnensystem oder der Organismus sind natürliche Systeme, wohingegen Maschinen oder Organisationen künstliche Systeme darstellen.³⁸

³⁵ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 537.

³⁶ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 42–43.

³⁷ Vgl. FLECHTNER, H.-J.: Grundbegriffe der Kybernetik. S. 229.

³⁸ Vgl. FLECHTNER, H.-J.: Grundbegriffe der Kybernetik. S. 229.

2.2.2 Offene und geschlossene Systeme

Die Unterscheidung zwischen offenen und geschlossenen Systemen ist für das Verständnis von Systemen von hoher Relevanz.

Ein offenes System besitzt mindestens ein Element, dessen Input nicht gleichzeitig Output eines anderen Elements desselben Systems ist, oder umgekehrt mindestens ein Element, dessen Output nicht Input eines anderen Elements aus diesem System ist.³⁹

Offene Systeme stehen also mit ihrer Umwelt über zumindest eine Relation im Austausch. Organismen tauschen mit ihrer Umwelt Materie (z.B. Nahrung, Ausscheidung) und Energie (z.B. Wärme) aus.⁴⁰

Bei einem geschlossenen System ist der Input eines jeden Elements gleichzeitig auch Output eines anderen Elements und jeder Output eines Elements zugleich Input eines anderen Elements.⁴¹

Allerdings existieren geschlossene Systeme in der Realität nicht. Reale Systeme sind immer nur näherungsweise geschlossene Systeme, Sie wären sonst nicht wahrnehmbar und ihre Existenz nicht beweisbar.⁴²

2.2.3 Statische und dynamische Systeme

Statische Systeme sind keinen oder nur geringfügigen zeitlichen Veränderungen unterworfen, sie ändern ihren Zustand nicht.⁴³

Bei näherer Betrachtung wird man erkennen, dass fast alle Systeme dynamische Systeme sind, auch solche die auf den ersten Blick eher statisch erscheinen, wie z.B. ein Sessel. Auf längere Sicht ist der Sessel Alterserscheinungen oder Belastungen ausgesetzt. Man spricht allerdings von dynamischen Systemen, wenn diese im Betrachtungszeitraum ihren Zustand ändern und damit ein dynamisches Verhalten zeigen. Hier kommt es auch auf den Bezugsrahmen und die Festlegung der Systemgrenze an.⁴⁴

Das Verhalten dynamischer Systeme kann in folgende vier Dynamikgrade unterschieden werden:⁴⁵

Persistenz

Es finden Bewegungen im System statt, jedoch verändern sich die Eigenschaften des Systems nicht, es wird nur der Status quo erhalten.

³⁹ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 451.

⁴⁰ Vgl. FLECHTNER, H.-J.: Grundbegriffe der Kybernetik. S. 230.

⁴¹ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 229.

⁴² Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 37.

⁴³ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 31.

⁴⁴ Vgl. BOSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. S. 36.

⁴⁵ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 10–11.

Kontinuität

Durch die Bewegungen des Systems oder der Umwelt verändert sich das System, der Systemzweck bleibt erhalten. Die Veränderungen sind stetig und gleichförmig.

Diskontinuität

Die Veränderungen werden zunehmend ungleichförmig und nicht-linear. Dies führt zu Brüchen in der bisherigen Systemstruktur und zu neuen Beziehungen bislang nicht verbundener Elemente.

Chaos

Hier herrschen hohe Unregelmäßigkeiten der Veränderungen, Unruhe und das Fehlen von Ordnung. Chaotische Systeme agieren weitgehend autonom mit schwer oder nicht voraussagbaren Verhaltensmustern, wodurch die Steuerungsmöglichkeiten stark eingeschränkt sind. Im Extremfall zerfallen chaotische Systeme.

2.2.4 Stabile und instabile Systeme

Die dynamischen bzw. kybernetischen Systeme unterscheidet man noch in stabile und instabile Systeme.

Ein stabiles dynamisches System liegt dann vor, wenn das System nach einer Störung wieder in den Zustand des Gleichgewichts zurückkehrt. Diese Rückkehr wird durch Rückkopplungen bewirkt. Stabilität ist nie absolut, sie gibt es nur in Bezug auf gewisse Typen oder Intensitäten von Störungen.⁴⁶

Instabile dynamische Systeme kehren bei Störungen nicht mehr in den Zustand des Gleichgewichts zurück. Alle organischen und technischen Systeme sind nur relativ stabil und werden im Laufe der Zeit instabil.⁴⁷

2.2.5 Deterministische und probabilistische Systeme

Bei deterministischen Systemen lässt sich das Systemverhalten vollständig voraussagen, die einzelnen Systemzustände folgen eindeutig aufeinander.⁴⁸

Probabilistische Systeme lassen keine eindeutige Vorhersage zu, die einzelnen Systemzustände folgen einander nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit.⁴⁹

⁴⁶ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 609,.

⁴⁷ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 280.

⁴⁸ Vgl. FLECHTNER, H.-J.: Grundbegriffe der Kybernetik. S. 30.

⁴⁹ Vgl. FLECHTNER, H.-J.: Grundbegriffe der Kybernetik. S. 30.

2.2.6 Soziale, technische und sozio-technische Systeme

Technische Systeme sind Produktsysteme, mit denen der Mensch interagiert, er selbst ist aber nicht Teil des Systems. Beispiele dafür sind Maschinen, Anlagen oder Software. Sie lassen sich beliebig in Subsysteme oder Elemente zerlegen, die in Wechselwirkung zueinander stehen. Durch die Funktion des Systems wird der Input in den Output umgewandelt, es existiert ein nachvollziehbares Ursache-Wirkungs-Prinzip.^{50 51}

Sozio-technische Systeme bestehen aus den Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Maschine. Der Charakter und das Niveau des sozio-technischen Systems werden wesentlich durch die Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine bestimmt. Als Beispiel für ein sozio-technisches System dient das von einem Fahrer gesteuerte Auto.⁵²

Bei sozialen Systemen stehen nur Menschen miteinander in Beziehung. Wobei auch Systeme mit Tieren als soziale Systeme gelten. Organisationen sind Beispiele für soziale Systeme.⁵³

⁵⁰ Vgl. WINZER, P.: Generic Systems Engineering. S. 65–66.

⁵¹ Vgl. LUCHT, D.: Theorie und Management komplexer Projekte. S. 87.

⁵² Vgl. WINZER, P.: Generic Systems Engineering. S. 66.

⁵³ Vgl. WINZER, P.: Generic Systems Engineering. S. 66.

2.3 Systemkonzepte

Man unterscheidet hier nach funktionalem, strukturelem und hierarchischem Systemkonzept. In Abbildung 2 ist die Dreiteilung des Systembegriffs übersichtlich dargestellt.

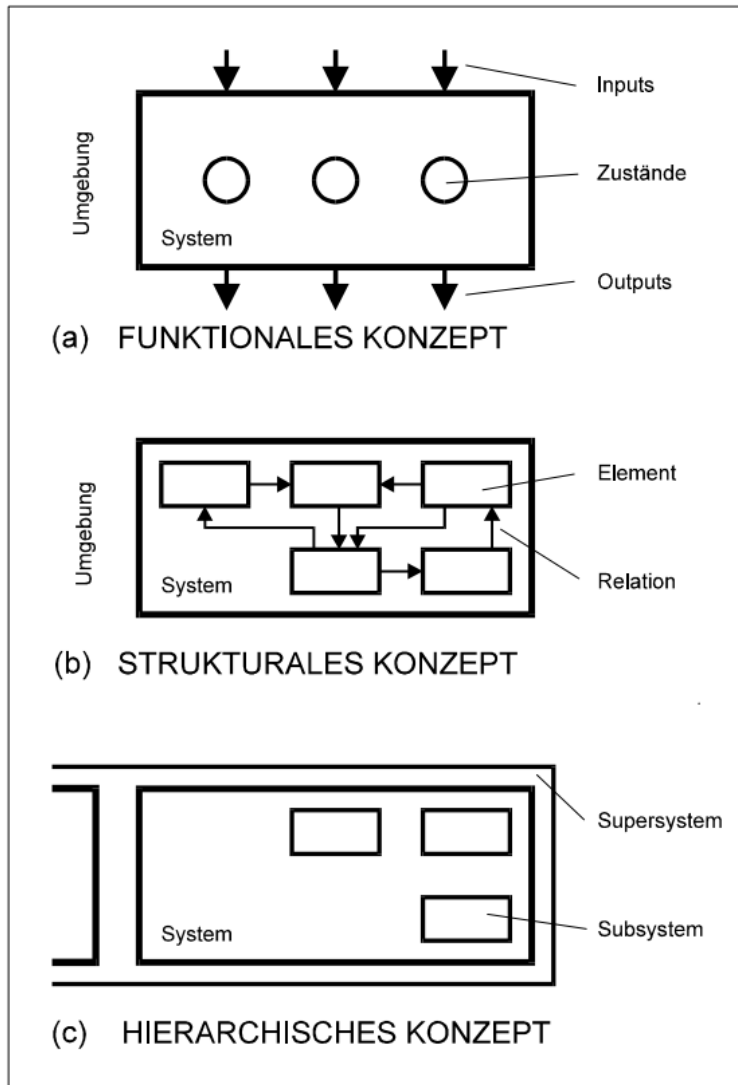


Abbildung 2: Dreiteilung des Systembegriffs⁵⁴

⁵⁴ ROPOHL, G.: Allgemeine Technologie. S. 76.

2.3.1 Funktionales Systemkonzept

Die Grundlage des funktionalen Systemkonzepts bildet die Black-Box-Theorie. Aussagen über das Innere der Blackbox lassen sich nicht treffen. Durch Variation der Inputs und gleichzeitiger Analyse der Outputs wird auf die Struktur bzw. Funktionsweise des Systems geschlossen. Beim funktionalen Systemkonzept steht die Funktion des Systems im Zentrum der Untersuchung.⁵⁶

Blackbox:

Als Blackbox bezeichnet man ein System, dessen Struktur nicht bzw. nur zum Teil bekannt ist. Beobachtet bzw. festgestellt werden kann nur das Verhalten, also Inputs und Outputs des Systems.⁵⁵

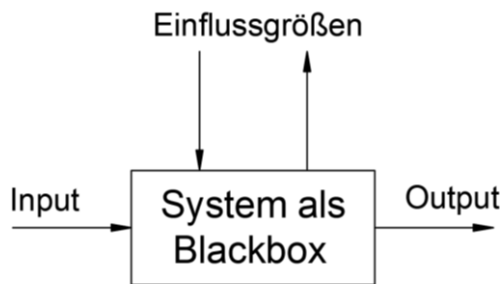


Abbildung 3: System als Blackbox⁵⁷

2.3.2 Strukturales Systemkonzept

Das System besteht aus durch Relationen verbundenen Elementen. Im strukturalen Systemkonzept geht es um die Vielfalt der möglichen Beziehungsgeflechte und die daraus hervorgerufenen unterschiedlichen Systemzustände. Außerdem betrachtet man die Beschaffenheit der Elemente und wie sie sich in das System einfügen. Der Grundsatz des strukturalen Systemkonzepts ist, die Teile des Systems nicht isoliert zu betrachten, sondern die Wechselwirkungen zu anderen Teilen des Systems mitzubersichtigen.⁵⁸

2.3.3 Hierarchisches Systemkonzept

Beim hierarchischen Systemkonzept wird hervorgehoben, dass die Teile eines Systems selbst als System (sogenanntes Subsystem) gesehen werden können. Das System ist wiederum Teil eines größeren Supersystems. Bei einer umfassenden Systembetrachtung werden mehrere Stufen der Systemhierarchie beobachtet. Bewegt man sich in der Hierarchie hinab, bekommt man ein detaillierteres Bild des Systems, bewegt man sich nach oben, erkennt man die Bedeutung des Ganzen immer besser.⁵⁹

⁵⁵ Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 107.

⁵⁶ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 90.

⁵⁷ Vgl. SCHLEICHER, M.: Komplexitätsmanagement bei der Baupreisermittlung im Schlüsselfertigbau. S. 6.

⁵⁸ Vgl. ROPOHL, G.: Allgemeine Technologie. S. 75.

⁵⁹ Vgl. ROPOHL, G.: Allgemeine Technologie. S. 77.

3 Grundlagen der Komplexität

Gleich wie beim Systembegriff, gibt es auch für Komplexität keine allgemeine Begriffsdefinition. Vielmehr wird in der Literatur eher versucht die Komplexität zu erklären, als eine exakte Definition dafür zu liefern.

3.1 Der Komplexitätsbegriff

Der Begriff komplex stammt vom lateinischen Wort „complexum“ ab, was umschlingen, umfassen oder zusammenfassen bedeutet. Die heutige Bedeutung des Wortes komplex ist u.a.: vielschichtig, zusammengesetzt, nicht allein für sich auftretend, ineinandergreifend, nicht auflösbar, usw.⁶⁰

Zunächst kann festgehalten werden, dass Komplexität das Gegenteil von Einfachheit bzw. Trivialität darstellt. Einfachheit ist deterministisch, überschaubar und linear. Im Vergleich dazu ist Komplexität das genaue Gegenteil, nicht linear, nicht überschaubar und lässt sich nicht abschließend formal beschreiben.⁶¹

Für KLAUS ist Komplexität eine Eigenschaft von Systemen, die durch die Art und Zahl der Relationen festgelegt ist, die zwischen den Elementen bestehen. Im Gegensatz dazu bezieht sich die Kompliziertheit eines Systems auf die Unterschiedlichkeit der Elemente.⁶²

ULRICH & PROBST definieren Komplexität als die Fähigkeit eines Systems, in kurzen Zeiträumen eine große Anzahl an verschiedenen Zuständen annehmen zu können. Weiters merken sie an, dass es dynamische Systeme gibt, die nur wenige verschiedene Zustände annehmen können, also nicht komplex sind. Diesen sogenannten einfachen Systemen mangelt es aber nicht an Dynamik, sondern an Kompliziertheit.⁶³

BANDTE sieht Komplexität als Beschreibung eines nicht zerlegbaren, am Rand des Chaos befindlichen Systems, welches in bestimmten (System-) Bereichen kohärente, regelgeleitete und rekursive Verhaltensmuster aufzeigt, in einer Zeitspanne eine große Zahl von verschiedenen Zuständen annehmen kann, und dessen Beschreibung abhängig vom Beobachter ist.⁶⁴

Wie an den vielen unterschiedlichen Definitionen in der Literatur erkennbar ist, gibt es keine einheitliche Definition der Komplexität. Vereinfacht kann gesagt werden, dass Komplexität die Fähigkeit eines

⁶⁰ Vgl. [duden.de: "Stichwort: komplex"](https://www.duden.de/rechtschreibung/komplex), <https://www.duden.de/rechtschreibung/komplex>, [zuletzt geprüft am: 27.03.2019].

⁶¹ Vgl. FRAHM, M.: Baukybernetik. S. 14.

⁶² Vgl. KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. S. 307.

⁶³ Vgl. ULRICH, H.; PROBST, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. S. 59.

⁶⁴ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 78.

Systems ist, in einer Zeitspanne eine große Anzahl von verschiedenen Zuständen anzunehmen.

Abschließend wird noch kurz auf den Unterschied zwischen Kompliziertheit und Komplexität eingegangen. Für ULRICH & PROBST ist Kompliziertheit die Art der Zusammensetzung eines Systems. Diese ist abhängig von der Anzahl und Verschiedenheit der Elemente und Beziehungen. Komplexität wird hingegen von der Veränderlichkeit der Systeme im Zeitablauf bewirkt. Diese Veränderlichkeit ist wiederum abhängig von der Vielfalt der Verhaltensmöglichkeiten der Elemente und der Veränderlichkeit der Beziehungen.⁶⁵

Zusammengefasst wirken sich die Art und Anzahl der Elemente und Relationen vorwiegend auf die Kompliziertheit aus. Komplexität ist die Möglichkeit eines Systems, in einer bestimmten Zeitspanne sehr viele unterschiedliche Zustände anzunehmen. Allerdings kann man davon ausgehen, dass auch die Art und Anzahl der Elemente und Relationen einen gewissen Einfluss auf die Komplexität haben. Ohne viele verschiedene Elemente und Relationen wird sich kein sehr komplexes System herausbilden.

3.2 Strukturelle Komplexität

In Anlehnung an Kapitel 2.3, in dem die drei verschiedenen Systemkonzepte vorgestellt wurden, wird auch die Komplexität in struktureller und funktionaler Komplexität unterschieden.

In vorigen Kapiteln wurde bereits erwähnt, dass die Struktur die Gesamtheit der Relationen und somit die Art wie die Elemente miteinander verknüpft sind, beschreibt. Weiters wurde die Komplexität über die Anzahl der Beziehungen und der verschiedenen Systemzustände definiert.

Die strukturelle Komplexität beschreibt die Dimension der Struktur eines Systems. Sie gibt Auskunft, wie viele potenzielle Systemzustände aufgrund der Elemente und Relationen (also der Struktur) gebildet werden können. Die strukturelle Komplexität nennt man auch objektive Komplexität, weil sie je nach Betrachter immer gleich ist.⁶⁶

Man kann hierbei in statisch-struktureller und dynamisch-struktureller Komplexität unterscheiden.

Die statisch-strukturelle Komplexität ist die Kombination sämtlicher Zustände eines Systems, die sich aus der Anzahl und Vielfalt der Elemente und Relationen ergeben.⁶⁷

⁶⁵ Vgl. ULRICH, H.; PROBST, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. S. 61.

⁶⁶ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 12.

⁶⁷ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 13.

Als Maß der statisch-strukturellen Komplexität dient die Varietät. Varietät ist die Anzahl der unterscheidbaren potenziellen Systemzustände.

Zur Veranschaulichung der Varietät bringt KIRCHHOF das Beispiel eines Systems mit fünf Glühbirnen. Jede der Glühbirnen kann den Zustand „an“ oder „aus“ annehmen. Dadurch kann das System $2^5 = 32$ potentielle Zustände annehmen. Fügt man nur eine Glühbirne als neues Element zu dem System dazu verdoppelt sich bereits die Anzahl der Zustände auf 64 mögliche. Hätten die 5 Glühbirnen nicht nur die Zustände „an“ und „aus“, sondern leuchteten in 5 verschiedenen Farben, ergibt sich ein System mit $5^5 = 3.125$ potenziellen Zuständen. Belässt man es dabei, dass die Glühbirnen nur einfarbig leuchten, aber erhöht die Zahl der Glühbirnen im System auf 25, ergeben sich schon $2^{25} = 33.554.432$ potenzielle Systemzustände.⁶⁸

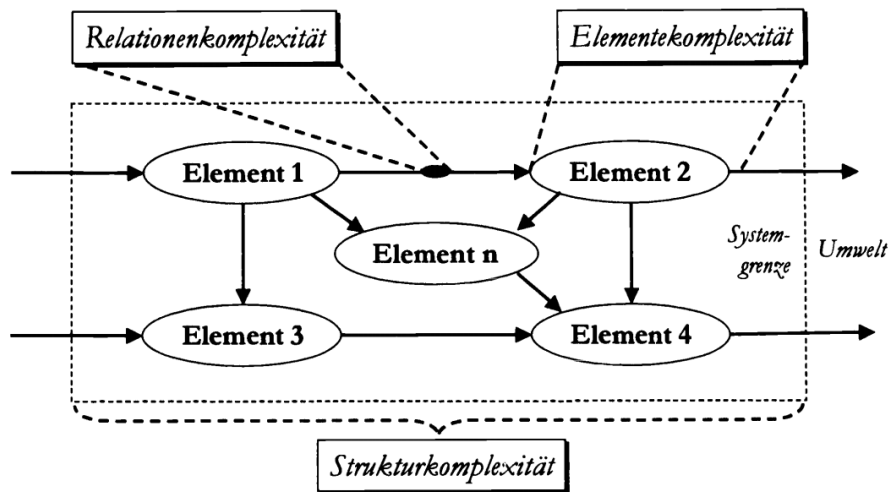
Die statisch-strukturelle Komplexität berücksichtigt allerdings nicht, ob der Zustand eines Systems von einem oder mehreren vorherigen Zuständen abhängt. Dies lässt sich durch das Komplexitätsmaß, der Varietät, nicht mehr beschreiben. Dieses Problem wird durch die dynamisch-strukturelle Komplexität beschrieben. Aufgrund von Vorzuständen oder Umwelteinflüssen treten gewisse Systemzustände mit größerer Wahrscheinlichkeit ein, als andere. Man geht dabei davon aus, dass sich der Makrozustand eines Systems aus vielen Mikrozuständen zusammensetzt, die unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten aufweisen. Das System sucht sich die Kombination von Mikrozuständen aus, die die höchste Eintrittswahrscheinlichkeit aufweisen. Dynamische Systeme streben immer den Zustand der höchsten Konfigurationswahrscheinlichkeit an.⁶⁹

Abschließend kann für die strukturelle Komplexität festgehalten werden, dass ein System umso komplexer ist, je größer die Anzahl und Verschiedenartigkeit der Elemente und Beziehungen ist und je ungewisser sie sich im Zeitablauf verändern.⁷⁰

⁶⁸ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 13.

⁶⁹ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 13–14.

⁷⁰ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 15.

Abbildung 4: Strukturkomplexität⁷¹

3.3 Funktionale Komplexität

In Kapitel 2.3.1 wurde bereits das funktionale Systemkonzept behandelt, darin steht die Verhaltensweise bzw. die Funktion von Systemen im Fokus.

Daran angelehnt, beschreibt die funktionale Komplexität die Verhaltensdimension im Umgang mit Komplexität. Im Gegensatz dazu beschreibt die strukturelle Komplexität die Strukturdimension eines Systems. Beobachtet man ein komplexes System, ergeben sich je nach Beobachter Schwierigkeiten bei der Erfassung des Systems, dem Erkennen von Problemen oder dem Ableiten von Handlungsoptionen. Diese Schwierigkeiten können je nach Beobachter unterschiedlich ausfallen, daher wird die funktionale Komplexität auch subjektive Komplexität genannt.⁷²

Zwischen dem Problemlösungsbedarf und der Problemlösungserkenntnis bzw. -kompetenz ergibt sich eine Differenz, die sich nach KIRCHHOF aus folgenden Punkten zusammensetzt:⁷³

- vielen Variablen
- Intransparenz der Ausgangslage bei der Problemerkennung
- Informationsüberladung
- Zielunklarheit und Zielvielfalt

⁷¹ KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 13.

⁷² Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 15.

⁷³ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 16.

- Dynamik der Entwicklung von Variablen, Zielen und Zuständen des Systems
- Vernetztheit der Variablen, Ziele und Zustände

Daraus ergeben sich wiederum drei verschiedene Kategorien von Problemen im Umgang mit Komplexität:⁷⁴

Probleme organisierter Einfachheit:

Hierbei sind die Anzahl und Vielfalt der Elemente überschaubar und die Relationen und Ziele sind klar definiert. Für dieses Problem gibt es klassische und analytische Instrumente und Methoden.

Probleme unorganisierter Komplexität:

Die Anzahl und Vielfalt der Elemente und Relationen ist sehr groß, sie sind jedoch weitgehend zufallsbestimmt. Dieses Problem wird meist mit stochastischen Methoden wie z.B. der Statistik gelöst.

Probleme organisierter Komplexität:

Auch hier gibt es eine große Anzahl und Vielfalt von Elementen und Relationen. Der Fokus liegt auf der Interaktion der Variablen, die nicht mehr zufällig ist, sondern gewisse Ordnungsmuster und Abhängigkeiten aufweist. Hierbei kann die Komplexität nur mehr mit ganzheitlichen systemorientierten Problemlösungstechniken beherrscht werden.

Die funktionale Komplexität erfordert immer eine Selektion. Der Beobachter eines Systems muss entscheiden, welche Elemente oder Relationen er bei der Bearbeitung von Problemsituationen miteinbezieht. Die funktionale Komplexität birgt dabei das Risiko, die richtige oder falsche Auswahl zu treffen. Durch Variation der Auswahl und Betrachtung der jeweiligen Systemzustände entsteht Wissen und ein System aus Regeln, das wiederum selbst komplex ist.⁷⁵

Wie bereits eingangs erwähnt, ist die funktionale Komplexität immer subjektiv, da jeder Beobachter den Fokus anders legt. Die Entscheidung, welche Elemente und Relationen in den Problemlösungsprozess einbezogen werden, ist subjektiv. Daher hat die funktionale Komplexität im Gegensatz zur strukturellen (auch objektiven) Komplexität keinen absoluten Wahrheitsanspruch, sondern ist stets Interpretation des Systems.⁷⁶

⁷⁴ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 16.

⁷⁵ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 16–17.

⁷⁶ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 17.

3.4 Komplexität in Systemen

Betrachtet man Komplexität in Systemen, lassen sich vier grundsätzliche Systemtypen unterscheiden. Man differenziert in einfache, komplizierte, relativ komplexe und äußerst komplexe Systeme.⁷⁷

Wie in den vorherigen Kapiteln bereits dargelegt, hängt Komplexität stark von der Anzahl und Verschiedenartigkeit der Elemente und Relationen ab. Hauptsächlich hat aber die Dynamik und Veränderlichkeit der Elemente und Relationen einen großen Einfluss auf die Komplexität.

Abbildung 5 beschreibt hierzu den Zusammenhang zwischen den vier Systemtypen und der Elemente- und Relationenkomplexität einerseits, sowie der dynamischen Komplexität andererseits.

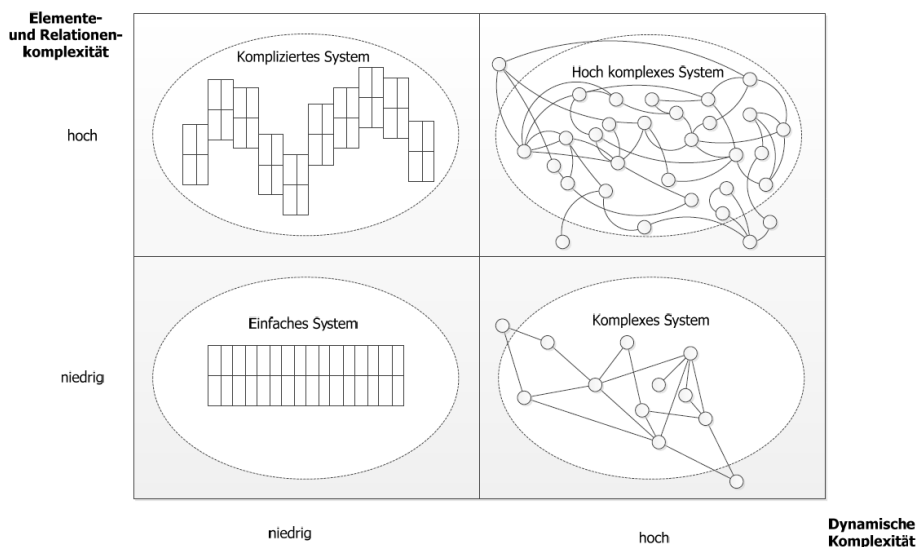


Abbildung 5: Systemtypen und Komplexität⁷⁸

3.4.1 Einfaches System

Einfache Systeme weisen nur wenige Elemente und Relationen auf. Außerdem gibt es nur geringe Veränderungen der Systemzustände.⁷⁹

⁷⁷ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 19.

⁷⁸ HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 43.

⁷⁹ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 43.

3.4.2 Kompliziertes System

Komplizierte Systeme besitzen zwar eine große Anzahl und Vielfalt an Elementen, allerdings sind die Verhaltensweisen bestimmbar.⁸⁰

Ein Uhrwerk ist ein anschauliches Beispiel für ein kompliziertes System. Ein solches ist aus vielen Zahnrädern, Federn und Schrauben zusammengesetzt und erscheint auf den ersten Blick recht undurchschaubar. Wendet man allerdings genug Zeit auf und beschäftigt sich eingehend mit der Materie, wird es mehr und mehr verständlich. Das Uhrwerk lässt sich in seine Elemente zerlegen und auch seine Funktion ändert sich im Zeitverlauf nicht. Daher ist ein Uhrwerk zwar ein kompliziertes, aber kein komplexes System.⁸¹

3.4.3 Relativ komplexes System

Relativ komplexe Systeme besitzen nur wenige Elemente und Relationen, lassen sich also anhand der strukturellen Komplexität noch beschreiben. Ihre Dynamik und Verhaltensmöglichkeiten sind allerdings sehr groß, wodurch sie nur mehr schwer vorhersagbar sind.⁸²

3.4.4 Äußerst komplexes System

Äußerst komplexe Systeme besitzen eine große Anzahl an vielfältigen Elementen, die über Relationen sehr stark verknüpft sind. Durch die hohe Dynamik lässt sich ihr Verhalten nicht prognostizieren und ist mit hohen Unsicherheiten behaftet. Äußerst komplexe Systeme bewegen sich im Grenzbereich zum Chaos. Überschreiten sie diese Grenze, sind sie nicht mehr beherrschbar.⁸³

In Abbildung 6 werden die Merkmale der verschiedenen Systemtypen nochmals übersichtlich zusammengefasst.

⁸⁰ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 19.

⁸¹ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 46.

⁸² Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 19.

⁸³ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 71.

Vielzahl / Vielfalt	hoch	Kompliziertes System <ul style="list-style-type: none"> • viele Elemente und Beziehungen • wenig Verhaltensmöglichkeiten • stabile Wirkungsverläufe 	Äußerst komplexes System <ul style="list-style-type: none"> • Vielzahl von unterschiedlichen Elementen mit vielfältigen Beziehungen • hohe Vielfalt an Verhaltensmöglichkeiten • veränderliche Wirkungsverläufe
	gering	Einfaches System <ul style="list-style-type: none"> • wenig Elemente und Beziehungen • wenige Verhaltensmöglichkeiten • stabile Wirkungsverläufe 	Relativ komplexes System <ul style="list-style-type: none"> • wenige Elemente und Beziehungen • hohe Vielfalt an Verhaltensmöglichkeiten • veränderliche Wirkungsverläufe
		gering	hoch
		Veränderung / Eigendynamik	

Abbildung 6: Übersicht über die Merkmale der verschiedenen Systemtypen⁸⁴

3.5 Eigenschaften komplexer Systeme

In diesem Kapitel werden Eigenschaften komplexer Systeme behandelt, die von BANDTE aufgestellt wurden. Zu diesen zwölf Eigenschaften gehören Überlebenssicherung, Dynamik, Vielzahl und Varietät, Pfadabhängigkeit, Rückkopplungen, Nichtlinearität, Offenheit, begrenzte Rationalität, Selbstorganisation, Selbstreferenz, Emergenz und Autopoiese. Einige dieser Eigenschaften gelten sowohl für komplexe, als auch komplizierte Systeme, diese sind Überlebenssicherung, Dynamik, sowie Vielzahl und Varietät.⁸⁵

⁸⁴ wirtschaftslexikon.gabler.de: "Stichwort: Komplexität", <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/dynamische-komplexitaet-54122>, [zuletzt geprüft am: 10.05.2019].

⁸⁵ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 92.

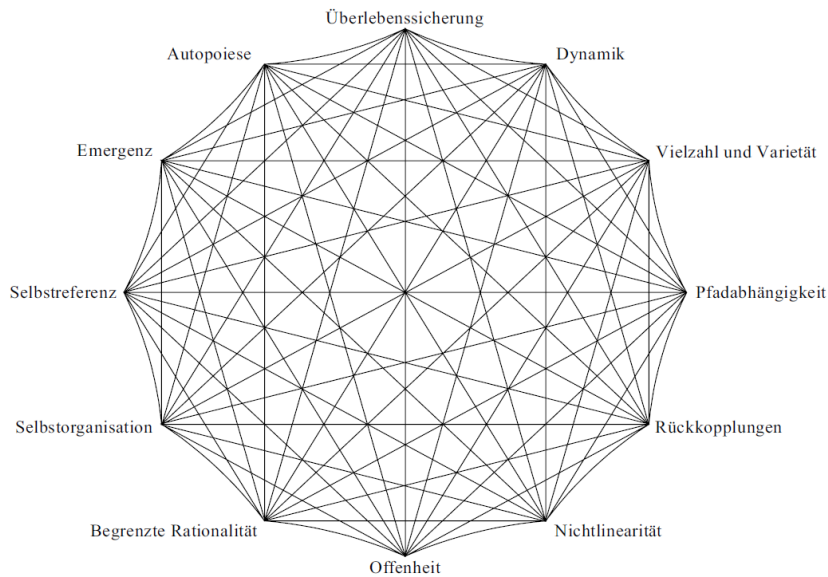


Abbildung 7: Überblick über die Eigenschaften komplexer Systeme⁸⁶

3.5.1 Überlebenssicherung

Komplexe Systeme streben als oberstes Ziel die Sicherung des eigenen Überlebens an. Das System tritt in Interaktion mit anderen Systemen oder führt Aktivitäten aus, die der Überlebenssicherung dienen. Für Unternehmen, die auch komplexe Systeme darstellen, ist Überlebenssicherung ebenfalls das höchste Ziel. Sie produzieren zu diesem Zweck Produkte oder interagieren mit anderen Unternehmen und Organisationen.⁸⁷

3.5.2 Dynamik

Dynamik bringt die Zeitdimension in die Systembetrachtung und ist somit für komplexe Systeme eine zentrale Eigenschaft. Erst durch Dynamik entsteht aus einem komplizierten System ein komplexes System, denn wie in den vorigen Kapiteln ausgeführt, ist Komplexität die Fähigkeit eines Systems in einem bestimmten Zeitraum viele verschiedene Zustände annehmen zu können.⁸⁸

In Bezug auf Dynamik lassen sich vier Systemzustände unterscheiden, wie in Abbildung 8 dargestellt. Im stabilen oder periodischen Systemzustand passieren keine oder nur kontinuierliche Veränderungen.

⁸⁶ BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 93.

⁸⁷ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 94–95.

⁸⁸ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 95.

Gibt es keine Regeln mehr, Unordnung und Strukturlosigkeit, befindet sich das System im chaotischen Zustand. Dazwischen befindet sich das System am Rande des Chaos, in welchem Zustand sich die maximale Komplexität ausbildet. Hier sind Anpassungsfähigkeit und Freiheitsgrade am größten.⁸⁹

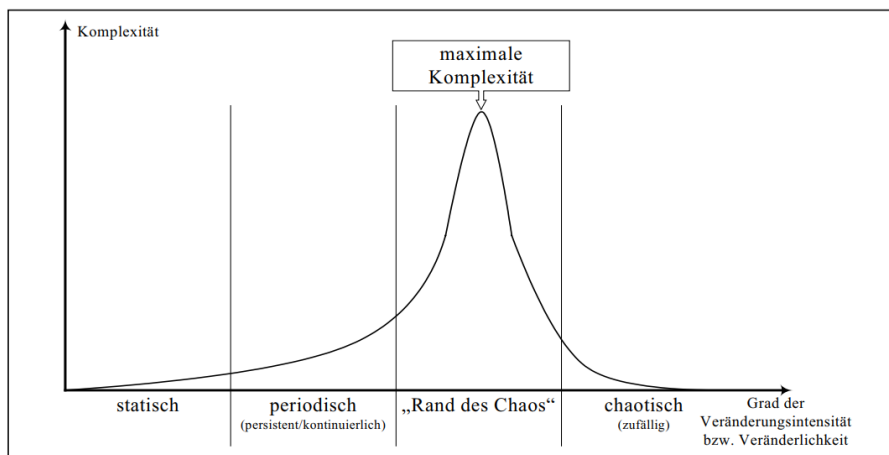


Abbildung 8: Verschiedene Systemzustände in Bezug auf Dynamik⁹⁰

3.5.3 Vielzahl und Varietät

Vielzahl gibt die Anzahl von Elementen und Relationen an. Durch z.B. Abzählen der Elemente, lässt sich diese Größe auch leicht quantifizieren. Vielzahl ist eine wesentliche Eigenschaft von komplexen Systemen, aber keine hinreichende Bedingung für das Vorliegen komplexer Systeme. Dennoch wird das Entstehen komplexer Systeme durch eine große Elementanzahl begünstigt bzw. ermöglicht. Die Komplexität wächst, wenn aufgrund der großen Zahl nicht mehr jedes Element mit jedem anderen verknüpft ist.⁹¹

Die zweite Maßzahl Varietät beschreibt die Vielfalt bzw. die Anzahl möglicher Zustände eines Systems.⁹² Mit steigender Varietät steigen auch die Möglichkeiten von Rückkopplungen. Somit ist es möglich, dass bei hoher Varietät nur eine geringe Anzahl von Elementen (Vielzahl) vorhanden sein muss, um ein komplexes System zu erzeugen.⁹³

⁸⁹ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 96–97.

⁹⁰ BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 97.

⁹¹ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 102.

⁹² Vgl. FRAHM, M.: Baukybernetik. S. 16.

⁹³ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 102–103.

3.5.4 Pfadabhängigkeit

Komplexe Systeme sind in der Lage Erfahrungen zu speichern und zukünftige Handlungen oder Entscheidungen darauf aufzubauen. Diese Fähigkeit nennt sich Pfadabhängigkeit und ist eine grundlegende Eigenschaft komplexer Systeme. Sie lässt sich nicht aus der Vergangenheit nachträglich ableiten. Für außenstehende Betrachter ist es meist nicht möglich, die Fähigkeiten der einzelnen Elemente und deren Rolle im Gesamtsystem zu erkennen. Diese lassen sich nur aus den einzelnen Relationen und deren Vergangenheit, aber niemals aus dem Verhalten des Gesamtsystems, feststellen.⁹⁴

Bei komplizierten Systemen verhält sich das anders. Sind der strukturelle und funktionale Aufbau und der Ist-Zustand bekannt, lässt sich das System vollständig beschreiben. Man braucht keine Kenntnis über die Vergangenheit, um das Verhalten des Systems zu beschreiben.⁹⁵

Als Beispiel dient hier wieder das Uhrwerk. Kennt man den Aufbau und die Funktionsweise sowie den aktuellen Ist-Zustand, lässt sich leicht das weitere Verhalten vorhersagen.

3.5.5 Rückkopplungen

Mittels Rückkopplungen kann sich das System durch Aufbau von Regelkreisen selbst steuern. Sie untersuchen den Istzustand des Systems und steuern bei Abweichung einer Sollgröße entgegen.⁹⁶ Komplexe Systeme sind ohne Rückkopplungen nicht lebensfähig. Sie brauchen Rückkopplungen, um Kurskorrekturen vornehmen zu können.⁹⁷

Man unterscheidet zwischen positiven und negativen Rückkopplungsschleifen. Um positive oder gleichgerichtete Rückkopplungen handelt es sich dann, wenn die Zunahme (oder Abnahme) eines Elements auch zur Zunahme (oder Abnahme) des anderen Elements führt.⁹⁸ Positive Rückkopplungsschleifen führen dazu, dass das System aus dem Gleichgewicht kommt. Sie sind essenziell für Wachstum und Weiterentwicklung eines Systems.⁹⁹ Als Beispiel für positive oder gleichgerichtete Rückkopplungen führen ULRICH & PROBST den Zusammenhang zwischen Absatzmenge und

⁹⁴ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 107.

⁹⁵ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 101.

⁹⁶ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 108.

⁹⁷ Vgl. BORGERT, S.: Resilienz im Projektmanagement: Bitte anschnallen. S. 56.

⁹⁸ Vgl. ULRICH, H.; PROBST, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. S. 45.

⁹⁹ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 22.

Umsatz an. Steigen die verkauften Einheiten eines Produkts, steigt auch der Umsatz des Unternehmens.¹⁰⁰

Von einer negativen oder entgegengerichteten Rückkopplung spricht man, wenn eine Änderung des einen Elements eine gegenläufige Änderung des anderen Elements bewirkt. Eine Zunahme (oder Abnahme) des Elements führt zur Abnahme (oder Zunahme) des anderen Elements.¹⁰¹ Negative Rückkopplungsschleifen wirken korrigierend auf das System ein. Sie versuchen, das System in ein stabiles Gleichgewicht zu bringen bzw. es im Gleichgewicht zu halten und sichern dadurch das Überleben des Systems.¹⁰² Als Beispiel dient hier der Zusammenhang zwischen Verkaufspreis und Absatzmenge. Sinkt der Verkaufspreis, führt dies zu einer Steigerung der Absatzmenge.¹⁰³

Die beiden Wirkungsrichtungen von Rückkopplungen, positiv bzw. gleichgerichtet und negativ bzw. entgegengerichtet, sind in Abbildung 9 nochmals dargestellt.

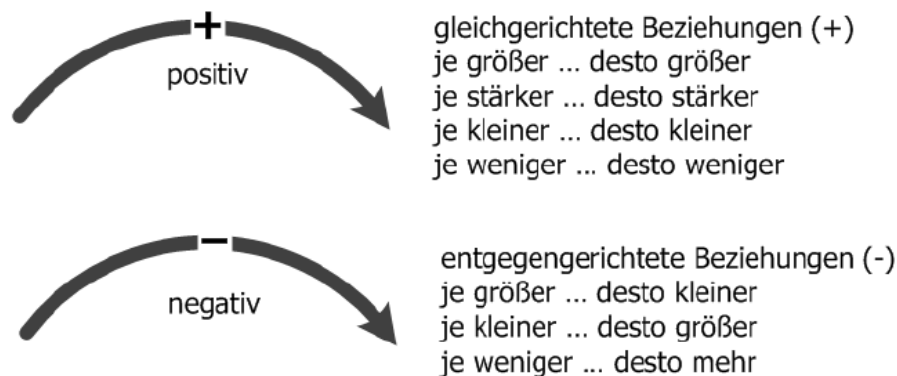


Abbildung 9: Wirkungsrichtungen von Rückkopplungen¹⁰⁴

Man kann Rückkopplungen allerdings nicht nur nach der Richtung der Auswirkung unterscheiden, sondern muss auch den Wirkungsverlauf mitberücksichtigen. Im einfachsten Fall kann es sich um einen linearen Verlauf handeln. Der Verlauf kann aber auch progressiv oder degressiv, bis hin zu einem komplizierten Wirkungsverlauf sein. Auch Sättigungskurven sind möglich, bei denen eine Zunahme von Element A zu einer immer geringeren Zunahme von Element B führt.¹⁰⁵

¹⁰⁰ Vgl. ULRICH, H.; PROBST, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. S. 45.

¹⁰¹ Vgl. ULRICH, H.; PROBST, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. S. 45.

¹⁰² Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 22.

¹⁰³ Vgl. ULRICH, H.; PROBST, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. S. 45.

¹⁰⁴ HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 109.

¹⁰⁵ Vgl. ULRICH, H.; PROBST, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. S. 45.

Einige Beispiele für mögliche Wirkungsverläufe von Rückkopplungen sind in Abbildung 10 angeführt.

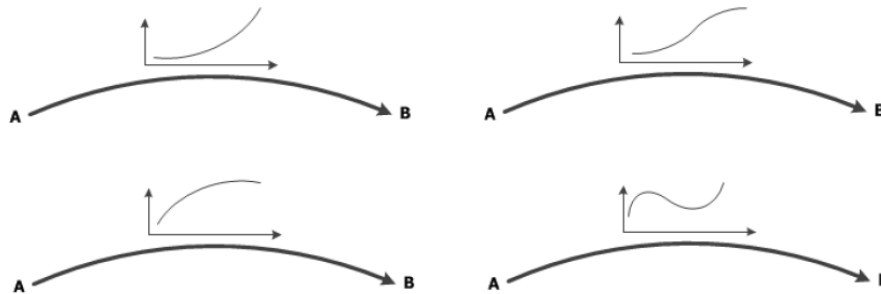


Abbildung 10: Wirkungsverläufe von Rückkopplungen¹⁰⁶

Zusätzlich benötigen die Einwirkungen von einem Element auf ein anderes Zeit. Auch dieser zeitliche Wirkungsverlauf muss berücksichtigt werden. Zum Beispiel kann die Einwirkung schnell oder langsam erfolgen, sich aber auch beschleunigen oder verlangsamen.¹⁰⁷

Dieses Verhalten wird in Abbildung 11 dargestellt.

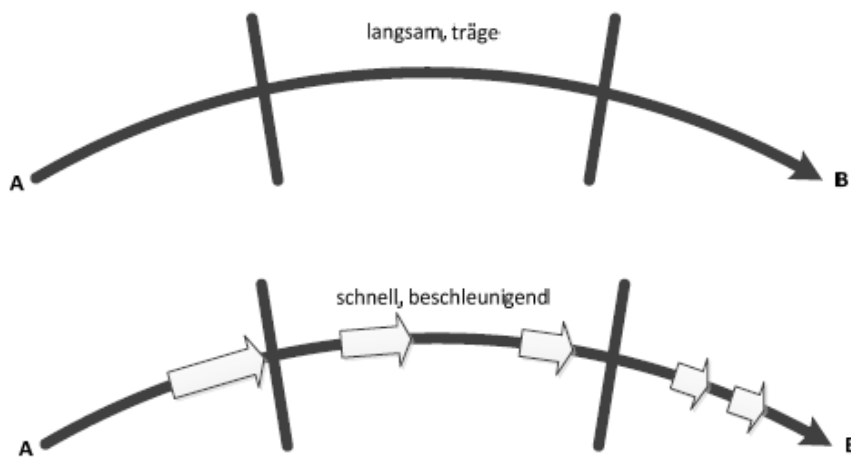


Abbildung 11: Zeitliche Wirkungsverläufe bei Rückkopplungen¹⁰⁸

¹⁰⁶ HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 109.

¹⁰⁷ Vgl. ULRICH, H.; PROBST, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. S. 46.

¹⁰⁸ HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 110.

Schlussendlich sind die Wirkungsrichtungen und -verläufe nicht starr festgelegt, sondern verändern sich durch die Dynamik des Systems laufend. Es kann sein, dass ein einmal beobachteter und festgestellter Wirkungsverlauf beim nächsten Mal ganz anders auftritt.¹⁰⁹

Durch Rückkopplungen kann schon bei einer geringen Änderung eines Elements erhebliche Komplexität im System entstehen.¹¹⁰ Sie sind mitverantwortlich für den Übergang zwischen Ordnung und Chaos. Für diesen Übergang müssen negative, regelnde Rückkopplungen abgebaut und positive, verstärkende Rückkopplungen ausgebaut werden.¹¹¹

3.5.6 Nichtlinearität

Nichtlinearität ist die Voraussetzung für komplexes und chaotisches Verhalten in Systemen. Nichtlinearität liegt vor, wenn die Verknüpfung zwischen Ursache und Wirkung nicht mehr einfach und linear hergestellt werden kann, sondern eine kompliziertere, oft exponentielle Abhängigkeit besteht.¹¹²

Durch die große Vernetztheit und Rückkopplungen im System, laufen gleichzeitig mehrere Prozesse, abhängig oder unabhängig voneinander, ab. Die Nichtlinearität bewirkt, dass sich bei gleichen oder ähnlichen Ausgangssituationen die Ergebnisse deutlich voneinander unterscheiden. Selbst kleinste Ereignisse können auf diese Weise unvorhersehbare und exponentiell große Ergebnisse hervorrufen.¹¹³ Ein Input kann somit zu mehreren Outputs führen, deren Ergebnisse nichtproportional zum Input sind. Als Beispiel dient der Schmetterlingseffekt, bei dem der Flügelschlag eines Schmetterlings auf der anderen Seite der Erde einen Wirbelsturm auslösen kann.¹¹⁴

Nichtlinearität tritt sowohl in sozialen, als auch technischen Systemen auf. Es bedeutet, dass eine Verdoppelung von A nicht zwingend auch zu einer Verdoppelung von B führt. In sozialen Systemen kann diese Eigenschaft leicht anhand der Mitarbeiter in einem Team dargestellt werden. Drei Mitarbeiter erledigen die Aufgabe in 10 Tagen. Eine Verdoppelung der Mitarbeiter auf sechs, bedeutet nicht, dass die Aufgabe nun in der Hälfte der Zeit, also in 5 Tagen erledigt wird. Dieser Umstand erfordert ein Denken in Kausalnetzen, anstatt in Kausalketten.¹¹⁵

¹⁰⁹ Vgl. ULRICH, H.; PROBST, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. S. 46.

¹¹⁰ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 108.

¹¹¹ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 110.

¹¹² Vgl. RICHTER, K.; ROST, J.-M.: Komplexe Systeme. S. 124–125.

¹¹³ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 21.

¹¹⁴ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 112.

¹¹⁵ Vgl. LANGE, S.: Komplexität im Projektmanagement. S. 18.

3.5.7 Offenheit

Wie bereits an anderer Stelle ausgeführt, können komplexe Systeme offen oder geschlossen sein. Bei komplexen sozialen Systemen geht man eher von geschlossenen Systemen aus. Allerdings braucht das System zur Selbsterhaltung Impulse aus der Umwelt. Daher gelten komplexe Systeme als partiell-offene Systeme, die im Austausch mit der Umwelt stehen. Sie versuchen durch Ausbalancierung, das Gleichgewicht zwischen Offenheit und Geschlossenheit zu halten.¹¹⁶

Offenheit tritt in komplexen Systemen auf zwei Arten in Erscheinung: partizipativ und reflektiv. Bei der partizipativen Offenheit teilt das System nur seine Zustände mit. Die Organisation wird gegenüber der Systemumwelt nur repräsentiert. Bei der reflektiven Offenheit findet ein Austausch (aus dem System heraus und wieder hinein) mit der Umwelt statt, wodurch die Lernfähigkeit des Systems gesteigert wird.¹¹⁷

Wo die Systemgrenze gezogen wird, hängt vom Beobachter und der individuellen Beschreibungszielsetzung ab. Die Grenzen von sozialen Systemen gelten nicht als fix, sondern als veränderbar, wohingegen bei technischen Systemen von stabilen Grenzen ausgegangen werden kann. Im Zusammenhang mit sozialen Systemen (Organisationen), bezeichnet Fraktalität ein Merkmal von Systemen, bei denen eindeutig definierbare Grenzen fehlen. Dabei stellen sich die Grenzen so flüchtig heraus, dass sie als nicht existent wahrgenommen werden.¹¹⁸

Zusammenfassend kann man davon ausgehen, dass komplexe Systeme über Grenzen verfügen, um sich von der Umwelt abzugrenzen. Weiters müssen komplexe Systeme in einem gewissen Maße offen sein, um einen Austausch mit der Umwelt zu ermöglichen.¹¹⁹

3.5.8 Begrenzte Rationalität

Komplexe Systeme handeln für den Beobachter irrational, das heißt sie verhalten sich mitunter nicht so, wie man es vielleicht erwarten würde. Die Elemente eines Systems besitzen nicht alle Informationen für die Entscheidungsfindung, worin der Grund für das irrationale Handeln besteht.¹²¹

Rationalität:

Rationalität bezeichnet die Ausprägung der menschlichen Vernunft, bzw. ein auf Einsicht gegründetes Verhalten¹²⁰

¹¹⁶ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 113–114.

¹¹⁷ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 107.

¹¹⁸ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 108.

¹¹⁹ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 115.

¹²⁰ Vgl. [duden.de](https://www.duden.de): "Stichwort: Rationalität", <https://www.duden.de/suchen/dudenonline/rationalität>, [zuletzt geprüft am: 17.06.2019].

¹²¹ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 110.

Organisationen gelten im Grunde als rationale Systeme, die zur Erfüllung eines bestimmten Zwecks bestehen. Allerdings ist diese Betrachtungsweise stark verkürzt, weil die rationalen Entscheidungen nur einen kleinen Ausschnitt widerspiegeln. Bei einem Großteil der Wahlmöglichkeiten handelt es sich nicht um Entscheidungen, sondern um die Ausführung von Regeln und Befehlen. Weiters ist das Ziel, eine optimale Entscheidung zu treffen, nur in stark strukturierten Situationen möglich. Dies existiert hauptsächlich in unteren Hierarchieebenen. Entscheidungen, die mehr Komplexität und Unsicherheiten beinhalten, weichen von einer rationalen Wahl mitunter drastisch ab.¹²²

3.5.9 Selbstorganisation

Selbstorganisation bedeutet Steuerung und Entwicklung komplexer Systeme. Selbstorganisation entsteht aus der eigenständigen Interaktion der Systemelemente, welche dabei nach eigenen, lokal begrenzten Handlungsmustern agieren. Die Ursache von Selbstorganisation sind Störungen oder Ungleichgewichte im System oder der Umwelt.¹²³

Befindet sich das System im Zustand des stabilen Gleichgewichts, wiederholt es ständig seine Verhaltensmuster. Für eine Verhaltens- oder Zustandsänderung müssen erhebliche Widerstände überwunden werden. In komplexen Systemen hingegen findet das System nicht automatisch in seinen ursprünglichen Ausgangszustand zurück und das Gleichgewicht nimmt instabile Formen an. Dieses instabile Gleichgewicht entwickelt sich weder zu einem chaotischen, noch zu einem stabilen Systemzustand. Es wird zu einem dynamischen Gleichgewicht mit selbstorganisierter Ordnungsbildung.¹²⁴

Komplexe Systeme können drei verschiedene Systemzustände annehmen, siehe dazu auch Abbildung 12. Im Zustand der Ordnung werden Veränderungen in Richtung des Gleichgewichts vom System zugelassen. Im chaotischen Zustand hat das System seine Regeln, Ordnung und Struktur verloren. Dazwischen befindet sich der Zustand des Phasenübergangs, der Rand des Chaos. Hier weist das System die größten Freiheitsgrade und Anpassungsfähigkeiten auf, auch die Komplexität ist dadurch am größten.¹²⁵

¹²² Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 110–111.

¹²³ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 23.

¹²⁴ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 112.

¹²⁵ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 27.

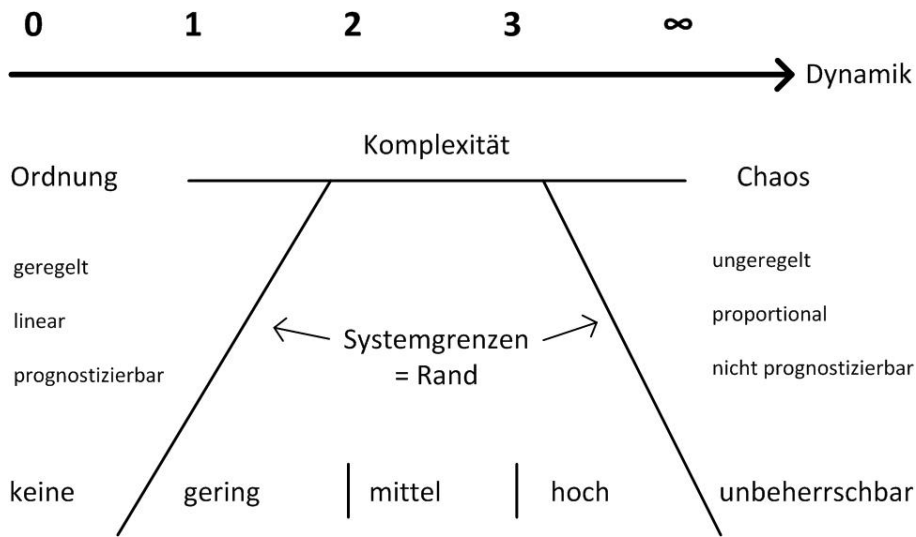


Abbildung 12: Systemzustände komplexer Systeme¹²⁶

Systeme im Wettstreit sind bestrebt, so schnell wie möglich zu wachsen und dadurch ihr Überleben zu sichern. Gleichzeitig versuchen sie aber dabei, stabil zu bleiben. Systeme streben somit nicht den Zustand des Chaos an, sondern nur den Chaosrand. Dieses Streben an den Chaosrand geschieht von beiden Seiten, jener der Ordnung und jener des Chaos. Systeme versuchen dem Chaos zu entkommen und verwenden dazu den Mechanismus der Selbstorganisation, die Strukturbildung aus dem Chaos.¹²⁷

Mit immer weiterer Annäherung an die Grenze zum Chaos, wachsen die Komplexität und die Gefahr zur Instabilität. Durch Selbstorganisation versuchen Systeme dem Chaos entgegenzuwirken. Komplexe Systeme streben ein Gleichgewicht aus Stabilität und Überlebenssicherung an. Um dies zu erreichen, müssen sie an ihre Grenzen (an den Rand zum Chaos) gehen und dort verbleiben. Dazu müssen allerdings Strukturen entwickelt werden, die noch beherrschbar sind und Störungen müssen in Kauf genommen werden. Je flexibler ein System ist und auf Störungen reagieren kann, umso höher ist seine Fähigkeit zur Selbstorganisation.¹²⁸

Grundlage für die Selbstorganisation ist die Selbstreferenz, also die Selbstbeobachtung.¹²⁹

¹²⁶ HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 119.

¹²⁷ Vgl. DITTES, F.-M.: Komplexität. S. 98.

¹²⁸ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 118.

¹²⁹ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 23.

3.5.10 Selbstreferenz

Selbstreferenz oder Selbstbeobachtung ist ein wesentlicher Baustein für Selbstorganisation und gilt als charakteristische Eigenschaft für komplexe Systeme. Selbstreferenz bezieht sich auf die Einheit, die ein Element oder ein System für sich selbst darstellt.¹³⁰ Daraus ergibt sich eine eigene und aktive Abgrenzung zur Umwelt und ein Verständnis eines „Selbst“ für das System. Das System entscheidet, inwieweit Störungen aus der Umwelt in das System integriert werden und wie es darauf reagiert.¹³¹

Selbstreferenz darf nicht als Isoliertheit begriffen werden. Selbstreferenzielle Systeme sind dennoch von außen beeinflussbar. Als Beispiel dient die Preisgestaltung eines Unternehmens. Ändert ein Unternehmen seine Preisgestaltung, wirkt sich dies über den Markt auf den Ertrag des Unternehmens aus und hat so wieder Einfluss auf die Preisgestaltung.¹³²

3.5.11 Emergenz

Unter Emergenz versteht man das spontane oder sprunghafte Entstehen neuer Eigenschaften oder Strukturen im System durch das Zusammenspiel der Elemente.¹³³ Emergenz ist also die Entwicklung komplexer Systeme zu höheren und besser angepassten Ordnungen. Diese Eigenschaft entsteht aus den Elementen des Systems, wobei die Relationen eingeschränkt sind. Das System kann sich nur in eine Richtung entwickeln, in jene, die dem System eine neue Globaleigenschaft verleiht. Die neue Globaleigenschaft lässt sich nicht aus den isolierten Eigenschaften und der Struktur der Elemente erklären, sondern ergibt sich aus der Gesamtheit der Elemente, Relationen und deren Wechselwirkungen. Die Einzelelemente wirken auf die Globaleigenschaft des Systems und diese wirkt wieder auf die Elemente zurück. Untersucht man nur die Einzelelemente lassen sich keine Rückschlüsse auf das Gesamtverhalten des Systems ziehen, wodurch das Verhalten komplexer Systeme überraschend und unvorhersehbar ist.¹³⁴

emergent:
(in einem System) durch Zusammenwirken mehrerer Faktoren neu auftretend, entstehend¹³⁵

¹³⁰ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 115.

¹³¹ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 23.

¹³² Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 115.

¹³³ Vgl. BORGERT, S.: Resilienz im Projektmanagement: Bitte anschnallen. S. 161.

¹³⁴ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 25.

¹³⁵ Vgl. duden.de: "Stichwort: emergent", <https://www.duden.de/rechtschreibung/emergent>, [zuletzt geprüft am: 28.06.2019].

Die emergente Eigenschaft lässt sich in ihrer Gesamtheit nur erfassen, wenn man auch die zukünftige Entwicklung des Systems auf das jetzige Verhalten projiziert.¹³⁶

Die Auslöser für emergentes Verhalten sind Störungen des Systemgleichgewichts. Emergenz ist keine vorgegebene Eigenschaft, sondern entfaltet sich mit der Weiterentwicklung des Systems.¹³⁷

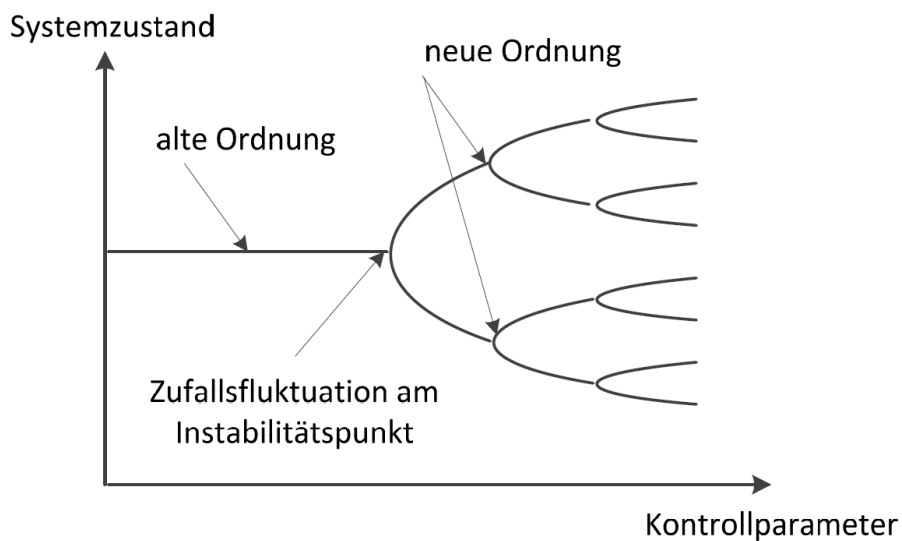


Abbildung 13: Entstehung neuer Ordnungen durch Emergenz¹³⁸

Vergleicht man das Verhaltensmuster der Einzelelemente mit jenem des Globalsystems, ist das Verhaltensmuster des Globalsystems wesentlich komplexer. Aus einfachen Elementen und ihren Wechselwirkungen können sehr schnell komplexe Systeme entstehen. Emergenz ist somit ein wesentlicher Faktor für die Entstehung komplexer Systeme.¹³⁹

3.5.12 Autopoiese

Die Fähigkeit eines Systems, sich zu bilden und zu erneuern und dabei die Systemgrenzen eigenständig zu definieren, nennt man Autopoiese.¹⁴⁰ Autopoietische Systeme reproduzieren sich selbst, indem sie die Elemente, aus denen sie bestehen, mit Hilfe ihrer Elemente herstellen. Dadurch werden die innere Ordnung des Systems und die Identität

¹³⁶ Vgl. LIENING, A.: Komplexität und Entrepreneurship. S. 126.

¹³⁷ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 115–116.

¹³⁸ HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 122.

¹³⁹ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 25.

¹⁴⁰ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 124.

gegenüber der Umwelt aufrechterhalten. Dies wieder führt zur Systemerhaltung, weil Systeme nur existieren, wenn Grenzen zur Umwelt bestehen.¹⁴¹ Das Produkt der Autopoiese ist immer das System selbst.¹⁴²

Die Selbsterhaltung des Systems erfolgt durch Reproduktion und Selbststrukturierung. Komplexe Systeme versuchen die Struktur und Ordnung im Gleichgewicht zu halten, was hauptsächlich durch negative Rückkopplungen geschieht (siehe Kapitel 3.5.5).

Autopoietische Systeme sind selbstreferenziell, da die Reproduktionsprozesse intern und autonom vom System gesteuert werden. Mittels Rückkopplungsschleifen wirken sie auf sich selbst zurück. Während dieser Prozesse können sich die Anzahl, Eigenschaften, Funktionen oder Vernetztheit der Elemente ändern, wodurch sich die Struktur des Systems ändert. Die selbsterhaltenden Kräfte, die auf den Gleichgewichtszustand hinwirken, bleiben jedoch erhalten.¹⁴³

Als Beispiele für autopoietische Systeme gelten in der Biologie z.B. die Zellteilung, oder bei sozialen Systemen die Geburt und das Sterben.¹⁴⁴

3.6 Fehler im Umgang mit Komplexität

Zum Abschluss dieses Kapitels über Komplexität soll noch auf die von VESTER¹⁴⁵ formulierten sechs Fehler im Umgang mit Komplexität hingewiesen werden.

Seine Aussagen beruhen auf einem Experiment von DÖRNER. Dörner schuf eine fiktive afrikanische Region Tanaland und ließ seine Versuchspersonen in einer Computersimulation die Lebensqualität und das Wohlergehen der Bevölkerung verbessern. Die Versuchspersonen konnten dabei allerhand an Eingriffen vornehmen, die Düngung der Felder verbessern, Jagdmaßnahmen anordnen, Staudämme bauen, die medizinische Versorgung verbessern, usw. Die Versuchspersonen konnten so Tanaland durch ein ganzes Jahrhundert steuern. Während nach anfänglichen Erfolgen noch die Nahrungssituation verbessert wurde und die Lebenserwartung stieg, brach danach vermehrt Chaos aus. Die meisten wurden in den späteren Jahren von ausbrechenden Hungersnöten völlig überrascht.¹⁴⁶

VESTER beschreibt die 6 Fehler im Umgang mit Komplexität wie folgt:¹⁴⁷

¹⁴¹ Vgl. BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. S. 117–118.

¹⁴² Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 23.

¹⁴³ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 23–24.

¹⁴⁴ Vgl. KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. S. 23.

¹⁴⁵ Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken. S. 36–37.

¹⁴⁶ Vgl. DÖRNER, D.: Die Logik des Mißlingens. S. 22–32.

¹⁴⁷ Vgl. VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken. S. 36–37.

1. Fehler: Falsche Zielbeschreibung

Es wurde nicht versucht die Lebensfähigkeit des Systems zu verbessern. Stattdessen versuchte man Einzelprobleme zu lösen. Hat man ein Problem gelöst, wurde das nächste gesucht und zu beheben versucht. Dadurch korrigierte man unter Umständen bereits eine Folge des ersten Eingriffs. Die Planung geschieht ohne einheitliche Linie.

2. Fehler: Unvernetzte Situationsanalyse

Die Versuchspersonen waren oft damit beschäftigt, große Datenmengen zu sammeln. Aufgrund fehlender Berücksichtigung von Rückkopplungen, Grenzwerten etc., war die Auswertung der Daten nur unzureichend. Der Dynamik des Systems wurde somit keine Beachtung geschenkt.

3. Fehler: Irreversible Schwerpunktbildung

Man erkannte zunächst einen Handlungsbereich richtig, versteifte sich aber immer mehr darauf. Man machte ihn zum Schwerpunkt und lehnte andere Aufgaben ab. Dadurch blieben schwerwiegende Konsequenzen und Missstände in anderen Bereichen unbeachtet.

4. Fehler: Unbeachtete Nebenwirkungen

Man ging von linearen Zusammenhängen aus. Bei der Suche nach geeigneten Maßnahmen wurde sehr zielstrebig vorgegangen, ohne die Nebenwirkungen zu berücksichtigen. Selbst dann noch, wenn man das System als vernetzt erkannt hatte. Es wurden keine Wenn-Dann-Tests zur Analyse der möglichen Strategien unternommen.

5. Fehler: Tendenz zur Übersteuerung

Eine häufig beobachtete Vorgehensweise war, zuerst nur zögerlich und vorsichtig ins System einzugreifen. Tat sich dann aufgrund von Verzögerungen im System nichts, war die nächste Stufe ein kräftiges Eingreifen. Bei den ersten unerwarteten Rückwirkungen, die sich durch die Zeitverzögerung angehäuft hatten, wurde anschließend wieder komplett gebremst.

6. Fehler: Tendenz zu autoritärem Verhalten

Die Versuchspersonen hatten fast diktatorische Vollmacht. Diese Macht und der Glaube, das System verstanden zu haben, führten zu diktatorischem Verhalten. Dieses ist allerdings für komplexe Systeme komplett ungeeignet. Für komplexe Systeme ist ein Verhalten, mit dem Strom schwimmend und nicht dagegen, am wirkungsvollsten.

4 Komplexität im Bauwesen

4.1 Das Bauwerk als komplexes System

In Anlehnung an Kapitel 2.1 wird hier das Bauwerk als komplexes System definiert.

4.1.1 Systemstruktur

Jedes Bauwerk besteht aus einer Vielzahl an Bauteilen, die die Elemente des Systems Bauwerk darstellen. Die Bauteile sind miteinander verbunden, somit sind Relationen zwischen den Elementen vorhanden, es existiert also eine Systemstruktur. Jedes Bauwerk erfüllt eine bestimmte Funktion, dadurch ist ein Systemzweck gegeben. Und auch die Systemintegrität ist gegeben. Würde man bestimmte Elemente, wie z.B. tragende Bauteile, das Dach oder Fenster weglassen, verliert das System Bauwerk seinen Zweck und seine Identität. Somit stellt ein Bauwerk ein stabiles System dar.¹⁴⁸

Aufgrund der Anfälligkeit der Planungsgrundlagen muss man Bauwerke während der Phase ihrer Errichtung als instabile Systeme betrachten. Erforderliche Zusatzleistungen, Änderungswünsche des Auftraggebers, Planungsfehler oder Ablaufstörungen, wie z.B. Witterungseinflüsse beeinflussen das System Bauwerk in seiner Struktur. Dabei können einerseits neue Bauteile oder Teilleistungen (Elemente) entstehen, andererseits können sich die Schnittstellen (Relationen) zwischen den Teilleistungen verändern.¹⁴⁹

4.1.2 Systemzustand und Systemverhalten

Das System Bauwerk besitzt mehrere unterschiedliche Systemzustände. Für die, für diese Arbeit relevantere Bauphase gilt das ebenso, wie man z.B. am Zustand der Rohbaufertigstellung oder dem Zustand „Dach dicht“ erkennen kann. Somit kann man bei Bauwerken von dynamischen Systemen ausgehen. Weiters hat man es bei Bauwerken mit probabilistischem Systemverhalten zu tun, welches nicht exakt vorhersagbar ist. Das erklärt sich aus den zuvor angesprochenen Planungsänderungen, Bauablaufstörungen, usw.¹⁵⁰

¹⁴⁸ Vgl. SCHLEICHER, M.: Komplexitätsmanagement bei der Baupreisermittlung im Schlüsselfertigbau. S. 16.

¹⁴⁹ Vgl. SCHLEICHER, M.: Komplexitätsmanagement bei der Baupreisermittlung im Schlüsselfertigbau. S. 16.

¹⁵⁰ Vgl. SCHLEICHER, M.: Komplexitätsmanagement bei der Baupreisermittlung im Schlüsselfertigbau. S. 16.

4.1.3 Systemgrenze und Systemumwelt

Bauwerke sind offene Systeme, weil während der Bauphase ein kontinuierlicher Austausch von Informationen, Baumaterialien und am Bau beteiligter Personen stattfindet. Durch diesen Austausch werden die Beziehungen des Systems Bauwerk über die Systemgrenze zu seiner Umgebung hin klar ersichtlich. Weiters gibt es Anforderungen an das Bauwerk, die seine Umgebung betreffen, wie rechtliche Rahmenbedingungen, Normen, Verträge oder auch Stakeholder.¹⁵²

Stakeholder:

Stakeholder, oder auch Anspruchsgruppen, sind alle internen und externen Personengruppen, die von den unternehmerischen Tätigkeiten gegenwärtig oder in Zukunft direkt oder indirekt betroffen sind.¹⁵¹

4.1.4 Systemhierarchie

Bauwerke sind in weitere Subsysteme zerlegbar. Als Beispiele dafür dienen der Rohbau, die Fassade, oder der Innenausbau. Diese Subsysteme sind wiederum in die einzelnen Gewerke, wie z.B. Mauer- und Betonarbeiten im Falle des Rohbaus, aufteilbar. Dadurch lässt sich eine gewisse Systemhierarchie erkennen.¹⁵³

4.2 Bauprojekt als komplexes System

4.2.1 Projektbegriff

Die DIN 69901-5 definiert ein Projekt als Vorhaben, das im Wesentlichen durch Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist.¹⁵⁴

MADAUSS definiert Projekte als Vorhaben mit definiertem Anfang und Abschluss, die durch die Merkmale zeitliche Befristung, Einmaligkeit, Komplexität und Neuartigkeit gekennzeichnet sind.¹⁵⁵

PATZAK zählt nachfolgende Merkmale auf, durch deren hohe Ausprägung sich Projekte auszeichnen:

¹⁵¹ Vgl. wirtschaftslexikon.gabler.de: "Stichwort: Stakeholder", <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/anspruchsgruppen-27010?redirectedfrom=44129>, [zuletzt geprüft am: 08.07.2019].

¹⁵² Vgl. SCHLEICHER, M.: Komplexitätsmanagement bei der Baupreisermittlung im Schlüsselfertigbau. S. 17.

¹⁵³ Vgl. SCHLEICHER, M.: Komplexitätsmanagement bei der Baupreisermittlung im Schlüsselfertigbau. S. 17.

¹⁵⁴ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 69901-5.

¹⁵⁵ Vgl. MADAUSS, B.-J.: Projektmanagement. S. 41.

Neuartig:	Die Aufgabenstellung wiederholt sich nicht oder nur zum Teil und ist mit Unsicherheiten und hohem Risiko verbunden.
Zielorientiert:	Das zu erbringende Ergebnis ist spezifiziert, der dafür erforderliche Zeit- und Mitteleinsatz ist begrenzt.
Abgegrenzt:	Ein Projekt ist hinsichtlich des Zeitrahmens, des Budgets sowie organisatorisch-rechtlicher Art begrenzt.
Komplex, dynamisch:	Die Aufgabenstellung ist umfangreich und stark vernetzt, es existieren viele Abhängigkeiten zwischen den Aufgaben und zum Umfeld. Die Inhalte und Abhängigkeiten können sich dabei immer wieder ändern.
Interdisziplinär, fachübergreifend:	Die Aufgabenstellung kann nur durch Zusammenwirken unterschiedlicher Qualifikationen bewältigt werden.
Bedeutend:	Projekte haben hinsichtlich Akzeptanz, wirtschaftlichem Erfolg und Ressourcenbindung, eine hohe Relevanz für die beteiligten Organisationseinheiten

Tabelle 2: Merkmale von Projekten¹⁵⁶

Projekte lassen sich gemäß Literatur einteilen in:¹⁵⁷

- Unternehmensgründungs- und Unternehmenskaufprojekte
- Marketingprojekte
- Strategieprojekte
- Akquisitionsprojekte
- Durchführbarkeitsstudien, Planungsprojekte
- Forschungs- und Produktentwicklungsprojekte
- Organisationsentwicklungsprojekte
- Investitionsprojekte (Bau, Anlagenbau, etc.)
- IT-Projekte
- Instandhaltungsprojekte

¹⁵⁶ Vgl. PATZAK, G.; RATTAY, G.: Projektmanagement. S. 20.

¹⁵⁷ Vgl. PATZAK, G.; RATTAY, G.: Projektmanagement. S. 21.

4.2.2 Bauprojekt

Bauprojekte sind den Investitionsprojekten zuzuordnen. Diese Projekte haben meist definierte Ziele, sowie fixierte Termine und Kosten. Bei Bauprojekten ist diese Abgrenzung nicht immer gegeben. Oftmals sind bei Beginn des Projektes die Bauherrenwünsche unklar. Die Termine und Kosten werden überschritten und sind somit keine Fixpunkte mehr. Diese Schwierigkeiten haben allerdings Groß- und Kleinprojekte gleichermaßen.¹⁵⁸

4.2.3 System Bauprojekt

Die im Zusammenhang mit Bauprojekten vorherrschenden Systeme sind in der Regel offen, dynamisch und sozio-technisch. So sind die Beziehungen zwischen z.B. Auftragnehmer und Bauherrn einem sozialen System zuzuordnen, das äußerst komplex ist, weil Menschen ein großes Verhaltensrepertoire aufweisen. Zusätzlich sind diese sozialen Systeme in eine natürliche und gesellschaftliche Umwelt eingebettet. Baumaschinen und Baugeräte hingegen gehören zu den technischen Systemen. Die technischen Systeme können im Aufbau mitunter kompliziert sein, das Verhalten allerdings bleibt im Zeitablauf unverändert.¹⁵⁹

Grundsätzlich lassen sich vier Systemtypologien und ein Umsystem bei der Betrachtung des Systems Bauprojekt unterscheiden.¹⁶⁰¹⁶¹

Zielsystem:

Im Zielsystem sind alle anzustrebenden Zustände zusammengefasst und das Handlungsergebnis als geplanter Endzustand dargestellt. Es ist die hierarchische Gliederung des Gesamtziels der Organisation bis hinab zu den operablen Einzelzielen. Mögliche Erscheinungsformen sind Pflichtenhefte, Lastenhefte oder Anforderungsbeschreibungen.

Handlungssystem:

Im Handlungssystem sind die zur Zielerreichung nötigen Handlungen abgebildet. Es ist die hierarchische Gliederung der Gesamtaufgabe. Mögliche Erscheinungsformen sind der Vorhabensplan, ein Programm oder der Projektstrukturplan.

Handlungsträgersystem:

Handlungsträger sind jene, die die im Handlungssystem beschriebenen Aufgaben zur Zielerreichung ausführen. Es umfasst die Hierarchie bzw.

¹⁵⁸ Vgl. GREINER, P., et al.: Baubetriebslehre - Projektmanagement. S. 2.

¹⁵⁹ Vgl. KOCHENDÖRFER, B., et al.: Bau-Projekt-Management. S. 17.

¹⁶⁰ Vgl. KOCHENDÖRFER, B., et al.: Bau-Projekt-Management. S. 17.

¹⁶¹ Vgl. LUCHT, D.: Theorie und Management komplexer Projekte. S. 165.

das Netzwerk der Projektorganisation bis zu den Prozessverantwortlichen für die Einzelaufgaben.

Objekt- oder Produktsystem:

Im Objektsystem befindet sich der Einwirkungsgegenstand als Handlungsergebnis des Handlungsträgersystems. Es ist die hierarchische Gliederung des zu entwickelnden Arbeitsgegenstandes. Es tritt als Arbeitsgegenstand, Produkt, Erzeugnis, Leistung oder Ergebnis in Erscheinung.

Umsystem:

Über die vier Subsysteme hinaus gibt es das Umsystem, in dem alle Einflussgrößen, die mit dem System interagieren, aber nicht Teil des Systems sind, vorkommen.¹⁶²

Gemäß den vier Systemtypologien lässt sich ein Bauprojekt, wie in Abbildung 14, in vier Subsysteme unterteilen. Dazu kommt noch das Umsystem.

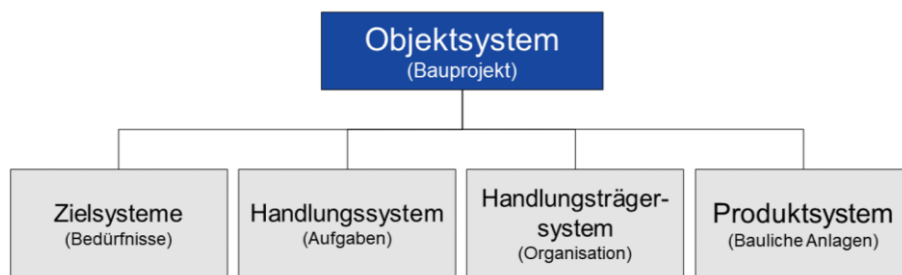


Abbildung 14: Subsysteme von Bauprojekten¹⁶³

¹⁶² Vgl. PATZAK, G.: Messung der Komplexität von Projekten. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 5/2009. S. 44.

¹⁶³ KOCHENDÖRFER, B., et al.: Bau-Projekt-Management. S. 18.

4.3 Bauwirtschaft als System

Als Bauwirtschaft versteht man alle Institutionen, die sich mit der Planung, Durchführung und Nutzung von Bauobjekten befassen. Dazu zählen die Planungsbüros, die bauausführenden Betriebe, Bauherren, Investoren, Behörden, Bürgerinitiativen usw. Die soeben Genannten stellen im System der Bauwirtschaft die Elemente dar. Als Beziehungen gelten Organisationsmuster, Verträge, Informationsströme und dgl. Die Bauwirtschaft ist ein Subsystem der Volkswirtschaft. In Abbildung 15 ist der Systemaspekt der Bauwirtschaft schematisch dargestellt.¹⁶⁴

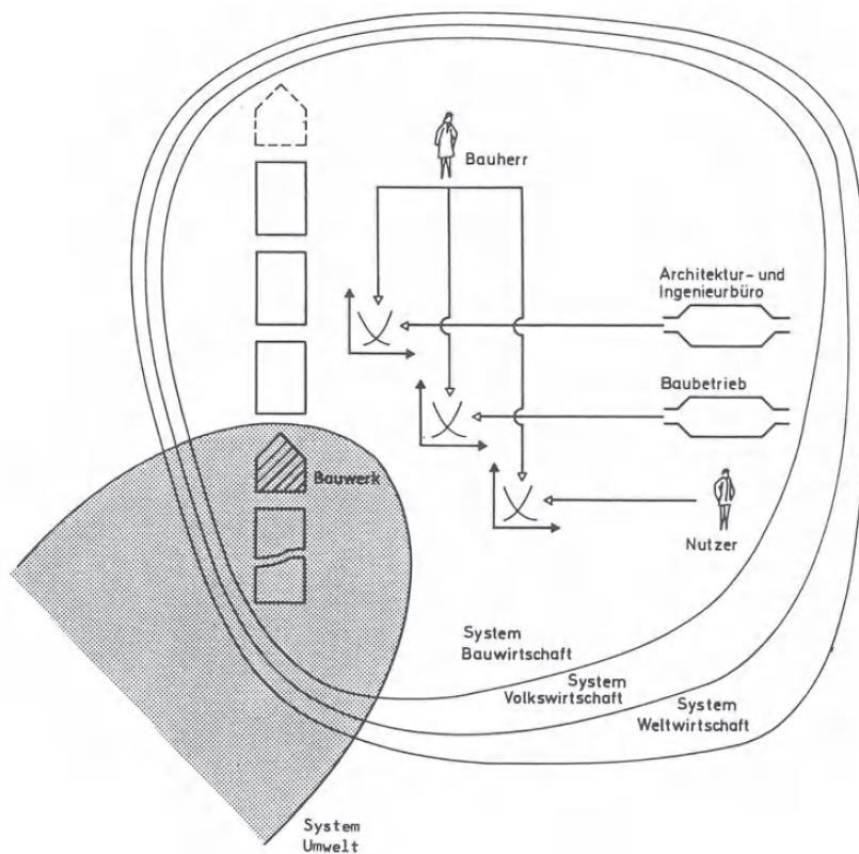


Abbildung 15: Systemaspekt der Bauwirtschaft¹⁶⁵

¹⁶⁴ Vgl. PFARR, K.: Trends, Fehlentwicklungen und Delikte in der Bauwirtschaft. S. 9–11.

¹⁶⁵ PFARR, K.: Trends, Fehlentwicklungen und Delikte in der Bauwirtschaft. S. 10.

5 Vorstellung der Klassifizierungssysteme

Nachfolgend werden sechs verschiedene Verfahren bzw. Schemata zur Klassifizierung der Komplexität von Bauprojekten vorgestellt:

- PATZAK – Messung der Komplexität von Projekten¹⁶⁶
- PMA (Projekt Management Austria) – Komplexitätsbewertung Projekte¹⁶⁷
- LECHNER – Projektklasse - Analyse zur Aufbauorganisation von Projekten¹⁶⁸
- BRUNNER – Koordinierte „Planung der Planung“ und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauprojekten¹⁶⁹
- KIRST – Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben¹⁷⁰
- HOFFMANN – Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben¹⁷¹

5.1 PATZAK

PATZAK wählt einen systemtheoretischen Ansatz zur Messung der Komplexität von Projekten. Er betont, dass persönliche Einschätzungen zur Komplexität immer subjektiv sind. Um dieser Subjektivität besser zu begegnen, ist ein analytisches und nachvollziehbares Vorgehen bei der Erfassung der Komplexität zu bevorzugen. Die objektiv messbare Komplexität ergibt sich durch die Vielfalt der Elemente und der Beziehungen eines Systems. Diese stellen die strukturelle Komplexität eines Systems dar. Dazu kommt noch der dynamische Aspekt, der durch die Veränderung mit der Zeit, das Änderungspotential, erfasst wird.¹⁷²

Elementvielfalt:

Elementvielfalt ist die Menge an Elementen, die an der Anzahl und Unterschiedlichkeit der Elemente gemessen wird (z.B. Bestandteile, Komponenten).

¹⁶⁶ PATZAK, G.: Messung der Komplexität von Projekten. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 5/2009. S. 42–45.

¹⁶⁷ PMA - Projekt Management Austria: "Stichwort: Komplexitätsbewertung Projekte", <https://www.pma.at/de/service/downloads>, [zuletzt geprüft am: 26.08.2019].

¹⁶⁸ LECHNER, H.: Projektklasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 9–18.

¹⁶⁹ BRUNNER, C.: Koordinierte "Planung der Planung" und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauprojekten.

¹⁷⁰ KIRST, D.: Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben.

¹⁷¹ HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben.

¹⁷² Vgl. PATZAK, G.: Messung der Komplexität von Projekten. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 5/2009. S. 43–44.

Beziehungsvielfalt:

Die Beziehungsvielfalt umfasst die Menge der Beziehungen zwischen den Elementen. Sie wird anhand der Anzahl der Beziehungen (Vernetzungsdichte) und deren Unterschiedlichkeit (Beziehungsinhalte) erfasst.

Änderungspotential bzw. Unsicherheit:

Darunter versteht man die Menge möglicher Zustände, die die Elemente und Beziehungen im Laufe der Zeit einnehmen.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass mit der Anzahl der Elemente sowie deren Unterschiedlichkeit, die Komplexität im System steigt. Dieselbe Aussage kann für die Beziehungen eines Systems getroffen werden. Je höher die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Beziehungen, desto höher die Komplexität. Dazu gehören auch die Beziehungen zur Systemumwelt. Und schließlich haben auch die Anzahl der Zustände im Zeitablauf einen Einfluss auf die Komplexität, je größer die Anzahl der möglichen unterschiedlichen Zustände ist, umso größer ist die Komplexität.¹⁷³

PATZAK identifiziert (wie bereits in Kapitel 4.2.3 dargestellt) für das System Projekt vier Subsysteme und ein Umsystem. Diese werden wie folgt unterschieden:¹⁷⁴

Zielsystem (abstraktes System):

Unter dem Zielsystem wird die hierarchische Gliederung des Gesamtzieles der Organisation bis zu den operablen Einzelzielen verstanden. Die Komplexität des Zielsystems wird anhand der Projektzielhierarchie beurteilt.

Objektsystem (konkretes oder abstraktes System):

Das Objektsystem umfasst die hierarchische Gliederung des Arbeitsgegenstandes zur Realisierung des Gesamtzieles. Dessen Komplexität kann anhand des Objektstrukturplanes (OSP) bestimmt werden.

Handlungssystem (konkretes System):

Im Handlungssystem sind von der Gesamtaufgabe bis zu den Einzelaufgaben, die zur Erreichung des Gesamtzieles erforderlich sind, alle Aufgaben hierarchisch gegliedert. Die Komplexität des Handlungssystems ist mittels Projektstrukturplan (PSP) zu beurteilen.

¹⁷³ Vgl. PATZAK, G.: Messung der Komplexität von Projekten. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 5/2009. S. 44.

¹⁷⁴ Vgl. PATZAK, G.: Messung der Komplexität von Projekten. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 5/2009. S. 44.

Handlungsträgersystem (konkretes System):

Das Handlungsträgersystem ist die Gesamtheit aller Einheiten, die Einzelaufgaben ausführen, um das Gesamtziel zu erreichen. Es kann hierarchisch oder als Netzwerk dargestellt werden. Zur Beurteilung der Komplexität des Handlungsträgersystems dient das Projektorganigramm.

Umsystem (konkret oder abstrakt):

Das Umsystem sind alle relevanten Größen, die nicht zum betrachteten System gehören, aber in Wechselwirkung mit dem System stehen, also auf dieses einwirken. In die Komplexität des Umsystems fließen alle relevanten Umweltfaktoren und Stakeholder-Beziehungen ein.

Die Komplexität des Projektes setzt sich aus der Komplexität der vier Subsysteme und des Umsystems zusammen. Auf Basis dieser Erkenntnisse schlägt PATZAK eine Scoring-Tabelle zur quantitativen Erfassung der Komplexität von Projekten vor.¹⁷⁵ Die Tabelle ist in Abbildung 16 dargestellt.

Es wird jedes der vier Subsysteme und das Umsystem nach Anzahl und Unterschiedlichkeit der Elemente, Anzahl und Unterschiedlichkeit der Relationen und dem Änderungspotential auf einer fünfteiligen Skala bewertet. Durch die 4 Subsysteme und jeweils 3 zu bewertenden Kriterien ergeben sich 12 einzelne Komplexitätswerte. Das Umsystem wird nur mehr mit einem Einzelwert bewertet. Somit ergeben sich in Summe 13 einzelne Komplexitätsgrade, aus denen durch Mittelwertbildung die Gesamtkomplexität des Projektes errechnet wird. Hierbei weist eine 1 auf der fünfteiligen Skala darauf hin, dass das Projekt einfach bzw. kaum komplex ist, eine 5 hingegen bedeutet eine extreme Komplexität des Projektes.¹⁷⁶

¹⁷⁵ Vgl. PATZAK, G.: Messung der Komplexität von Projekten. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 5/2009. S. 44.

¹⁷⁶ Vgl. PATZAK, G.: Messung der Komplexität von Projekten. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 5/2009. S. 44.

Scoring-Schema zur Bewertung der Komplexität von Projekten								
Schritt	Aspektsystem	Zu bewertende Kriterien	1	2	3	4	5	Summe
1	Zielsystem: PROJEKTZIEL (Was soll erreicht werden?)	Anzahl und Unterschiedlichkeit der Einzelziele unter Berücksichtigung der Ziele und Erwartungen der relevanten Stakeholder, unterschiedliche Zielkategorien: Prozessziele, Nutzungsziele (Business Case), Operationalisierbarkeit	sehr wenige Ziele, quantitativ angegeben	wenige Ziele, gut formuliert, ohne Priorität	mehrere Ziele unterschiedlicher Art	viele Ziele, Prozessziele, Nutzungsziele	sehr viele, schwer erfassbare Ziele aller Art	
		Anzahl und Unterschiedlichkeit der Wechselwirkungen zwischen den Zielen der Zielhierarchie (Zielbeziehungen), Prioritätensetzung/relative Gewichtung, Zielkonkurrenz und Optimierungskriterien, Antinomie, K.-o.-Kriterien	keine Zielbeziehungen zu berücksichtigen	vereinzelt Zielkonkurrenz vorliegend	unterschiedliche Zielbeziehungen	vielfältige z. T. unklare Zielabhängigkeiten	starke, unklare Wechselbeziehungen	
		Zieländerungen betreffend Inhalt, Gewichtung, Präferenz und deren Unsicherheiten (Eintrittswahrscheinlichkeiten)	keine	vereinzelt möglich	Änderungspotenzial groß	hohe Wahrscheinlichkeit	laufend und sehr unklar	
2	Objektsystem: PROJEKTGEGENSTAND (Was ist der Leistungsinhalt?)	Anzahl und Unterschiedlichkeit der Komponenten, d. h. Subsysteme, Module, Baugruppen, Bauteile, Elemente, hinsichtlich Dimensionen, Technologien, Spezifikationen, Testvorschriften, Abnahmebedingungen, Neuheitsgrad	sehr wenige Komponenten	wenige Komponenten	viele Komponenten unterschiedlicher Art	sehr viele Komponenten und Teilpläne, Technologien	unüberschaubar viele Baupläne, Planhierarchie	
		Anzahl und Unterschiedlichkeit der zu berücksichtigenden funktionalen und technologischen Beziehungen zwischen den Komponenten (Flüsse von Energie, Materie, Info), auf den Prozess sich auswirkende Ordnungsbeziehungen	einfachster Aufbau	klarer Aufbau, wenige relevante Abhängigkeiten	viele wesentliche Abhängigkeiten	stark vernetzte Abhängigkeiten zwischen den Bauteilen	mannigfaltige sehr kritische Beziehungen technolog. Art	
		Änderungen der Konfiguration , Technologie, Spezifikationen, Qualität, Funktionalität, Lieferanten, Wahrscheinlichkeit	keine Änderungen zu erwarten	wenig Änderungen	Objektstruktur nicht fix	Creeping Scope	unabsehbare Änderungen	
3	Handlungssystem: PROJEKTAUFGABE (Was ist zu tun?)	Anzahl und Unterschiedlichkeit der Phasen, erforderlichen Arbeitspakete, Vorgänge, Operationen; Hierarchieebenen im PSP, Meilensteine, erforderliche Fachdisziplinen, Know-how, Neuheitsgrad, Einsatzmöglichkeiten von Standards	sehr wenige (< 30)	wenige (100) nur wenige Fachdisziplinen	viele neuartige (300) unterschiedliche Disziplinen	sehr viele (1.000) Machbarkeit noch unklar	unüberschaubar viele (3.000), neuartig, alle Disziplinen	
		Anzahl und Unterschiedlichkeit der Abhängigkeiten zwischen den Vorgängen (Vernetzungsgrad, Arten von AOB, pos./neg., MIN/MAX), Begleitvorgänge, Planhierarchien, intermediate Schnittstellen/Interfaces, Programm-Interfaces	linear, nur Normalfolgen	vereinzelt Überlappungen	stark vernetzt, alle AOBs aufscheindend	sehr stark vernetzt, Schnittstellen	viele Subnetze mit intermediären Abhängigkeiten	
		Änderungen der Arbeitspakete wegen Abänderung bei Scope, Technologie, Erfahrungsmangel, Risikobehauptung	fix	Änderungen möglich	viele Änderungen	starke Änderungsneigung	alles kann geändert werden	
4	Handlungsträgersystem: PROJEKTAUSFÜHRENDE (Wer tut etwas?)	Anzahl und Unterschiedlichkeit der im Projekt unmittelbar Mitwirkenden/Interessengruppen (Auftraggeber, Lenkungs-kreis, Mitarbeiter, Subs); Qualifikationen, Verfügbarkeit, Diversität, Kulturen, örtl. Verteilung, Motivationslage	sehr wenige, untereinander bekannte MA, wenige Mittel	wenige Organisationseinheiten einer Firma involviert	viele MA unterschiedl. Disziplin, viele Abteilungen	unterschiedl. Qualifikationen aus vielen Firmen/Externe	großes, stark inhomogenes, verteiltes Team, Crosscultural	
		Anzahl und Unterschiedlichkeit der Wechselwirkungen (Unterstellungen, Berichtswege, formelle und informelle Kommunikationsbeziehungen, Arten des Zusammenwirkens, Vertretungsregelungen, Arbeitsverträge)	klare Aufgabenverteilung	klare Zuständigkeiten	vermaschte Berichtswege	starke Wechselbeziehungen über Firmengrenzen/Ort	unüberschaubar vernetzte Interaktionen, jeder mit jedem	
		Personelle Änderungen bei den Mitwirkenden, Fluktuation, Eintrittswahrscheinlichkeiten und sich ergebende Risiken	Personen sind fix	geregelt Organisation	hohe Fluktuation	Änderungen überall möglich	nicht vorhersehbare Dynamik	
5	Umsystem: PROJEKTUMFELD (Welche Einflüsse von außen?)	Anzahl und Unterschiedlichkeit der relevanten Einflussgrößen aus der Umwelt (sachliche und soziale Umfeldfaktoren, Erwartungen der mittelbar einwirkenden Stakeholder), gesetzliche Randbedingungen, zu beachtende Beschränkungen	das Projekt ist als isoliert zu betrachten	leicht kontrollierbare Einflüsse ähnlicher Art, Risiken klar abgrenzbar	starke Einflüsse aus mehreren Umfeldaus-schnitten mit einzelnen hohen Risiken	viele schwer zu berücksichtigende, starke Einflüsse mit hohen Risiken	unklares, chaotisches Umfeld, unbekannt viele Einflüsse mit völlig unbestimmten Risiken	
		Anzahl und Unterschiedlichkeit der Art der Einflussbeziehung (Einstellungen, Erwartungen/Befürchtungen, Macht, Auswirkungsschwere, Erkennungsmöglichkeit), Konsequenzen bei Nichtbeachtung, Pönalfunktionen						
		Änderungspotenzial der Einflüsse , Unsicherheiten (Eintrittswahrscheinlichkeiten der Varianten), Risikohöhe						
Total	GESAMTSYSTEM	KOMPLEXITÄT DES PROJEKTS	einfach	wenig komplex	ziemlich komplex	hoch komplex	extrem komplex	0

Abbildung 16: Vorschlag einer Scoring-Tabelle nach Patzak¹⁷⁷

5.2 PMA – Komplexitätsbewertung Projekte

Die Projekt Management Austria (PMA) stellt im Rahmen ihres Zertifizierungsprogrammes ein Schema zur Einstufung des Projektes nach der Komplexität zur Verfügung. Der Complexity Sheet dient zur Bewertung der Komplexität für das Projektmanagement. Bewertet werden dabei zehn Kriterien nach ihrer Komplexität von 1 (= sehr geringe Komplexität) bis 4 (= sehr hohe Komplexität). Nachfolgend werden die zehn Kriterien kurz vorgestellt:¹⁷⁸

¹⁷⁷ PATZAK, G.: Messung der Komplexität von Projekten. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 5/2009. S. 43.

¹⁷⁸ Vgl. PMA - Projekt Management Austria: "Stichwort: Komplexitätsbewertung Projekte", <https://www.pma.at/de/service/downloads>, [zuletzt geprüft am: 26.08.2019].

Zielsetzung

Dieses Kriterium behandelt die Komplexität der Ziele. Untersucht werden Auftrag und Zielsetzung, Zielkonflikte, Transparenz, Abhängigkeiten und Anzahl der Ziele.

Umwelten und Integration

Dieser Aspekt bewertet das Umweltsystem des Projektes, anhand von Interessentengruppen, Stakeholder und deren Beziehungen sowie Macht und Interessen der Umwelten.

Kultur und sozialer Kontext

Hier wird die Kultur und der soziale Kontext des Projektes und der Beteiligten betrachtet. Unterschiede in Kultur und sozialem Kontext, geografische Entfernungen und der soziale Bereich fließen in die Bewertung ein.

Maß an Innovation und Rahmenbedingungen

Neuartigkeit ist ein entscheidender Faktor für Komplexität. Daher ist das technologische Maß an Innovation, der Bedarf an Kreativität, der Spielraum für Entwicklungen und das öffentliche Interesse von großer Bedeutung.

Projektstruktur und Bedarf an Koordination

Ein Projekt mit vielen unterschiedlichen Strukturen bedarf eines hohen Maßes an Koordination. In diesem Aspekt wird die Anzahl an Strukturen, die koordiniert werden müssen bewertet. Weiters auch der allgemeine Bedarf an Koordination, die Phasenstruktur und der Bedarf an Reporting.

Projektorganisation

Zur Koordination der Strukturen ist auch ein hohes Maß an Kommunikation erforderlich. Dazu werden die Anzahl von Kommunikationsschnittstellen, der allgemeine Bedarf an Kommunikation, die Hierarchie im Projekt und die Beziehung zur bestehenden Organisation untersucht.

Führung, Teamarbeit und Entscheidungen

Dieses Kriterium behandelt die Anzahl an Mitarbeitern, die Teamstruktur, den Führungsstil sowie die Entscheidungsprozesse.

Ressourcen inkl. Finanzmittel

Ressourcen meint die Verfügbarkeit von Personal, Material, Finanzmitteln usw. Bewertet werden die ausreichende Verfügbarkeit von Ressourcen, die Beschaffung der Finanzierungsmittel und die Anzahl und Verschiedenheit des Personals.

Risiko und Chancen

Durch Risiko entstehen Unsicherheiten und Dynamik im Projekt, die sich negativ auf die Komplexität auswirken. Der Aspekt untersucht die Vorhersehbarkeit von Chancen und Risiken, die Risikowahrscheinlichkeit, das Potential für Chancen und die Möglichkeiten zur Risikominimierung.

PM Methoden, Werkzeuge und Techniken

Durch die Anwendung von Methoden und Werkzeugen des Projektmanagements (PM) lässt sich die Komplexität besser beherrschen und reduzieren. Bewertet werden die Vielfalt an Methoden und Werkzeugen, die Verwendung von Standards, die Verfügbarkeit von PM Unterstützung und der Prozentsatz von Projektmanagement im Vergleich zum Gesamtaufwand.

Bewertet werden die 10 Kriterien mit Punkten von sehr geringer Komplexität (1 Punkt) bis zu sehr hoher Komplexität (4 Punkte). Durch Addition der einzelnen Bewertungen ergibt sich die Gesamtbewertung der Komplexität für das Projekt. Die Einstufung der Komplexität nach der erreichten Gesamtpunktzahl kann Tabelle 3 entnommen werden. In Abbildung 17 ist das Bewertungsschema zur Bewertung der Komplexität nach PMA anhand eines Projektes mit hoher Komplexität dargestellt.¹⁸⁰

Gesamtpunktzahl	Einstufung der Komplexität
10-14 Punkte	Komplexität sehr gering
15-24 Punkte	Komplexität niedrig
25-34 Punkte	Komplexität hoch
35-40 Punkte	Komplexität sehr hoch

Tabelle 3: Einstufung der Komplexität nach dem Bewertungsschema von PMA¹⁸¹

Risiko:

Risiko ist eine Erwartungshaltung unter Unsicherheit, bei der mit einer negativen Zielabweichung gerechnet wird und die Auswirkungen und Eintrittswahrscheinlichkeit bekannt sind.¹⁷⁹

¹⁷⁹ Vgl. HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. S. 38.

¹⁸⁰ Vgl. PMA - Projekt Management Austria: "Stichwort: Komplexitätsbewertung Projekte", <https://www.pma.at/de/service/downloads>, [zuletzt geprüft am: 26.08.2019].

¹⁸¹ Vgl. PMA - Projekt Management Austria: "Stichwort: Komplexitätsbewertung Projekte", <https://www.pma.at/de/service/downloads>, [zuletzt geprüft am: 26.08.2019].

Complexity Sheet

- Das Complexity Sheet dient zur Beurteilung der Komplexität eines Projektes.
- Für alle in dem Anmeldeformular (Punkt 6) angegebenen komplexen Projekte des Zertifizierungskandidaten/der Zertifizierungskandidatin, sowie für das für den Report gewählte Projekt ist ein Complexity Sheet auszufüllen und mit der Anmeldung zu übermitteln.

Zertifizierungslevel	B				Diese Formular dient zur Bewertung der Komplexität für das Projektmanagement in einem Projekt. Jeder Parameter wird bewertet in Bezug auf die 4 Stufen der Komplexität (4= sehr hohe Komplexität, 3= hohe Komplexität, 2= niedrige Komplexität, 1= sehr geringe Komplexität). Bitte für jedes Kriterium einen Kommentar/Begründung ergänzen.
	Kandidat*in (Vorname, Nachname)				
Projekt					
Kriterium	Beschreibung des Kriteriums				Kommentar/Begründung
	Signifikant Komplexität		Beschränkte Komplexität		
	Komplexität sehr hoch (4)	Komplexität hoch (3)	Komplexität niedrig (2)	Komplexität sehr gering (1)	
1. Zielsetzung, Beurteilung der Lieferobjekte	Auftrag und Zielsetzung: unbestimmt, unklar ← → bestimmt, klar Konflikte in der Zielsetzung: viele Konflikte ← → wenige Konflikte Transparenz im Auftrag und der Zielsetzung: versteckt ← → transparent Abhängigkeiten in der Zielsetzung: große Abhängigkeit ← → unabhängig Anzahl und Beurteilung der Lieferobjekte: viele, mehrdimensional ← → gering, eindimensional				Geben Sie bitte einen Kommentar an
Bewertung	○	⊙	○	○	3
2. Umwelten, Integration	Umwelten, Interessentengruppen: viele Umwelten ← → wenige Kategorien der Stakeholder: viele, unterschiedlich ← → wenige und gleiche Kategorien Stakeholder Beziehungen: unbekannt ← → wenige und bekannte Beziehungen Macht/Interessen der Umwelten: unterschiedliche Interessen ← → gleiche Interessen				Geben Sie bitte einen Kommentar an
Bewertung	○	○	⊙	○	2
3. Kultur und Sozialer Kontext	Unterschiede im Kontext: mannigfaltig ← → gleichförmig, gut bekannt Kulturelle Unterschiede: multikulturell/viele ← → nahe, zentral Geographische Distanzen: große Distanzen ← → klein, leicht zu managen Sozialer Bereich: groß, anspruchsvoll ← →				Geben Sie bitte einen Kommentar an
Bewertung	○	⊙	○	○	3
4. Maß an Innovation, Rahmenbedingungen	Technologisches Maß an Innovation: unbekannte Technologie ← → bekannte, angewandte Technologie Bedarf an Kreativität: innovativer Ansätze ← → Wiederholung Spielraum für Entwicklungen: groß ← → begrenzt Interesse der Öffentlichkeit: großes öffentliches Interesse ← → geringes öffentliches Interesse				Geben Sie bitte einen Kommentar an
Bewertung	⊙	○	○	○	4
5. Projektstruktur, Bedarf an Koordination	Strukturen die koordiniert werden: viele Strukturen, anspruchsvoll, kompliziert ← → wenige Strukturen, einfach, geradlinig Bedarf an Koordination: überlappend, gleichzeitig ← → hintereinander Phasenstruktur: mehrdimensional, anspruchsvoll ← → eindimensional, überlicher Umfang Bedarf an Reporting:				Geben Sie bitte einen Kommentar an
Bewertung	○	⊙	○	○	3
6. Projektorganisation	Anzahl von Kommunikationschnittstellen: viele ← → wenige Bedarf an Kommunikation: indirekt, anspruchsvoll, vielfältig ← → direkt, einfach Hierarchie: mehrdimensional, Matrixstruktur ← → eindimensional, einfach Beziehung zur bestehenden Organisation: intensive gegenseitige Beziehungen ← → wenige Beziehungen				Geben Sie bitte einen Kommentar an
Bewertung	⊙	○	○	○	4
7. Führung, Teamarbeit, Entscheidungen	Anzahl an Mitarbeitern: viele, großer Bereich ← → wenige, kleiner Bereich Teamstruktur: dynamische Teams ← → statische Teamstrukturen Führungsstil: angepasst und viele ← → konstant und gleichförmig Entscheidungsprozess: viele, wichtige Entscheidungen ← → wenige wichtige Entscheidungen				Geben Sie bitte einen Kommentar an
Bewertung	○	⊙	○	○	3
8. Ressourcen inkl. Finanzmittel	Verfügbarkeit von Personen, Material, usw.: unklar, wechselnd ← → vorhanden, bekannt Finanzmittel: viele Investoren, unterschiedliche Ressourcen ← → ein Investor und gleiche Ressourcen Beschaffung der Finanzierungsmittel: groß (zu vergleichbaren Projekten) ← → gering (zu vergleichbaren Projekten) Anzahl und Verschiedenheit der Personals: hoch ← → gering				Geben Sie bitte einen Kommentar an
Rating	○	○	⊙	○	2
9. Risiko und Chancen	Vorhersehbarkeit von Risiken und Chancen: gering, unklar ← → hoch, klar Risikowahrscheinlichkeit, Bedeutung Einfluss: hohes Risiko, großer Einfluss ← → geringes Risikopotential, wenig Einfluss Potential für Chancen: wenige Möglichkeiten ← → viele Möglichkeiten für Maßnahmen Möglichkeiten zur Risikominimierung: großes Potential an Möglichkeiten ← → geringes Potential an Möglichkeiten				Geben Sie bitte einen Kommentar an
Bewertung	⊙	○	○	○	4
10. PM Methoden, Werkzeuge und Techniken	Vielfalt an Methoden und Werkzeugen: hohe Anzahl, vielfältig ← → wenig, einfach Verwendung von Standards: Anwendung von wenigen Standards ← → Anwendung gewohnter Standards Verfügbarkeit von PM Unterstützung: Keine Unterstützung ← → viel Unterstützung Prozentsatz von PM zu Gesamtaufwand: hoher Prozentsatz ← → geringer Prozentsatz				Geben Sie bitte einen Kommentar an
Bewertung	○	⊙	○	○	3
Gesamtbewertung der Komplexität: Das Projekt ist für die Zertifizierung IPMA Level B geeignet. 31					
nächster Schritt: Executive Summary Report IPMA Level B®					

Abbildung 17: Beispiel des Bewertungsschemas für die Komplexität nach PMA¹⁸²

¹⁸² PMA - Projekt Management Austria: "Stichwort: Komplexitätsbewertung Projekte", <https://www.pma.at/de/service/downloads>, [zuletzt geprüft am: 26.08.2019].

5.3 Lechner

LECHNER schlägt die Einführung von Projektklassen vor, um eine bessere Vergleichbarkeit bereits beim Start von Projekten zu ermöglichen. Sie sind als Einteilungsschema für die Aufbauorganisation gedacht. So können Projekte von Beginn an mit ausreichend Kapazitäten ausgestattet werden. Es können Mitarbeiterteams homogener zusammengestellt, Verträge abgestuft und bessere Vergleiche zu anderen Projekten angestellt werden. Auch können für die jeweiligen Projektklassen Leistungsbilder, Honorarberechnungstabellen oder Organisationshandbücher zurechtgelegt werden.¹⁸⁴

Aufbauorganisation: Die Aufbauorganisation stellt die Organisationsstruktur dar, in der das Projekt abgewickelt wird. Sie enthält die Definition von Aufgaben, deren Zuordnung zu Stellen und auch die Zuweisung von Kompetenzen. Zur besseren Übersichtlichkeit wird sie meist als Organigramm dargestellt.¹⁸³

LECHNER definiert dafür fünf Projektklassen, die er mit den Komplexitätsgraden gleichsetzt. So sind in der Projektklasse 1 kleinere und einfache Bauprojekte zu finden, während äußerst komplexe Projekte in der Klasse 5 angesiedelt sind. In Abbildung 18 ist die Einteilung in die Projektklassen graphisch dargestellt.¹⁸⁵

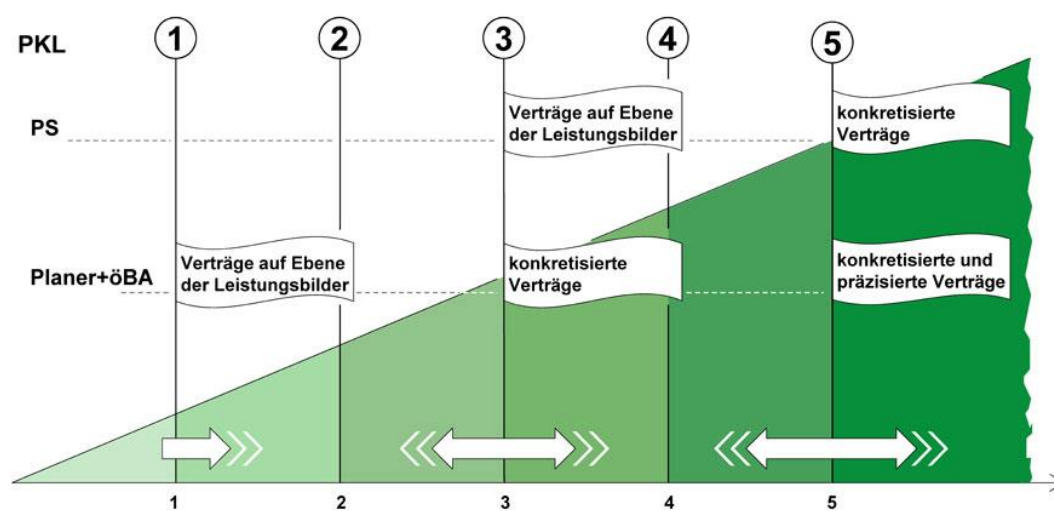


Abbildung 18: Projektklassen nach LECHNER¹⁸⁶

Zur Einteilung in die Projektklassen sind zwölf Aspekte definiert. Ähnlich wie bei PATZAK werden einige der Aspekte nach den klassischen Merkmalen der Komplexität eines Systems bewertet, also Anzahl und Unterschiedlichkeit der Elemente, Anzahl und Unterschiedlichkeit der Relationen und der Dynamik bzw. den Änderungen. Dies betrifft allerdings nur jene Aspekte, wo dies auch sinnvoll möglich ist. Nachfolgend wird kurz auf die zwölf Aspekte eingegangen:¹⁸⁷

¹⁸³ Vgl. KOCHENDÖRFER, B., et al.: Bau-Projekt-Management. S. 104.

¹⁸⁴ Vgl. LECHNER, H.: Projekt-Klasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 9–10.

¹⁸⁵ Vgl. LECHNER, H.: Projekt-Klasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 9ff.

¹⁸⁶ LECHNER, H.: Projekt-Klasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 9.

¹⁸⁷ Vgl. LECHNER, H.: Projekt-Klasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 10–12.

A1 Anzahl der Projektziele

Dieser Aspekt bewertet die Anzahl und Unterschiedlichkeit der im Projekt zu integrierenden und koordinierenden Abteilungen, sowie die unterschiedlichen baulichen Zonen (z.B. Turnsaal, Schwimmhalle, Vorschule, Mittelschule, etc.). Diese entsprechen den Elementen im System der Projektziele. Weiteren Einfluss hat die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Anforderungen und Wechselwirkungen zwischen den Zielen, den Prioritätssetzungen und Optimierungskriterien (entspricht den Relationen im System). Als Dynamik im System fließen noch die Zieländerungen betreffend Inhalt, Gewichtung oder Eintrittswahrscheinlichkeiten in die Bewertung ein.

A2 Ressourcen AG Besteller und Ersteller

Dieser Aspekt behandelt die Ressourcen des Auftraggebers (AG), vor allem in personeller Hinsicht. Bewertet wird die Anzahl und Unterschiedlichkeit der leitenden Mitarbeiter des AG (=Systemelemente), hinsichtlich Kompetenz, Erfahrung, Qualifikation, Zusammenwirken und Entscheidungsvolumen. Zwischen den Projektbeteiligten existieren Relationen, die nach Anzahl und Unterschiedlichkeit der Wechselwirkungen bewertet werden. Darunter fallen die Hierarchie, die formelle und informelle Kommunikation, die Vertretungsregeln sowie die Motivation. Als Dynamik zählen die Änderungen, die Entscheidungsvolumina oder Mitarbeiterfluktuation.

A3 strategische Bedeutung für den Auftraggeber

Hier unterscheidet sich erstmals das Bewertungsschema, weil nicht die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Elemente oder Relationen bewertet wird. Stattdessen wird auf die relative Größe des Projektes im Vergleich zu sonstigen Aufgaben des Bestellers eingegangen. Auch die Außenwirkung des Projekts im Hinblick auf hohe (umwelt- und sozial-) politische oder mediale Sensibilität wird untersucht.

A4 Neuartigkeit

Dieser Aspekt umfasst die Anzahl und Unterschiedlichkeit der technischen und nutzungsspezifischen Systeme, die Verwendung von neu kombinierten Systemen oder den Neuheitsgrad von Teillösungen. Auch das Zusammenwirken der Systeme wird über deren Anzahl und Unterschiedlichkeit untersucht (z.B. bei Laborklassen). Ebenso gehen die Änderungen der Anforderungen in die Betrachtung mit ein.

A5 Neubau / Umbau / in Betrieb

Hier wird unterschieden zwischen Neubau, Umbau und Arbeiten während laufenden Betriebs. Während der Neubau auf freiem Gelände mit geringer Interaktion mit dem Umfeld nur gering bewertet wird, werden Umbauten während laufenden Betriebs mit intensiven Eingriffen mit der Maximalpunktzahl von 5 bewertet.

A6 Risikoeinschätzung

Bei diesem Aspekt wird die Risikoeinschätzung und Risikoverteilung berücksichtigt. Die Bewertungsspanne reicht von sehr geringem Risiko (1 Punkt) bis zu deutlichem Übersteigen der Risikovorsorge (Maximum von 5 Punkten).

A7 Projektdauer

Dieser Aspekt berücksichtigt die Planungsdauer und die dafür zur Verfügung stehenden Ressourcenkapazitäten. Außerdem fließen die Bauabwicklungsdauer und gegebenenfalls Fristen in die Betrachtung mit ein. Ebenso müssen Änderungen oder Verdichtungen aus äußeren Einflüssen (z.B. Ineinanderschieben von Planung und Ausführung) bedacht werden.

A8 Projektkosten

Die Bewertung der Projektkosten ist gestaffelt. Bis 15 Mio. € werden 1-2 Punkte vergeben, bis 75 Mio. € sowie bei Einhalten eines Kostendeckels sind es 3-4 Punkte und bis 300 Mio. € und Einbeziehen mehrerer Förderstellen 5 Punkte. Das Besondere an diesem Aspekt ist, dass Zusatzpunkte bei sehr hohen Projektkosten vergeben werden können. So sind für Krankenhausprojekte mit Projektkosten von über 1 Mrd. € auch z.B. 9 Punkte möglich.

A9 Anzahl Planungsfelder und Fachbereiche

Die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Planungsdisziplinen (Systemelemente) geht über die Hierarchie in den Planungsbüros, die Kompetenz und Erfahrung in der speziellen Projektart und Größe in die Bewertung ein. Der Vernetzungsgrad zwischen den Disziplinen, das Zusammenwirken der Inhalte und Personen, die Planhierarchien und die Bearbeitungstiefe werden durch die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Abhängigkeiten (Systemrelationen) zwischen den Fachbereichen abgebildet. Die Dynamik wird durch die Änderung von Arbeitspaketen z.B. Änderung der Funktionsanforderung oder Technologien repräsentiert.

A10 Anzahl ausführender Firmen und Gewerke

Dieser Aspekt berücksichtigt die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Gewerke, die im Projekt zu integrieren und koordinieren sind. Bewertet wird die Qualifikation, Verfügbarkeit und Motivationslage. Zusätzlich fließen die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Wechselwirkungen zwischen den Schnittstellen, in Form von Kommunikation, Vertretungsregelungen oder dem Organisationsgrad der Firmen, ein. Personelle Änderungen bei den ausführenden Firmen spiegeln die Dynamik wider.

Kosten

Kosten bezeichnen den in Geld ausgedrückten Verzehr von Gütern und Dienstleistungen zur Erzeugung betrieblicher Leistungen entweder für eine Periode oder für eine Mengeneinheit.¹⁸⁸

¹⁸⁸ Vgl. REFA Consulting: "Stichwort: Kosten", <https://refa-consulting.at/kosten>, [zuletzt geprüft am: 28.08.2019].

A11 Verträge, Genehmigungen, Freigaben

Verträge, die nahe an den üblichen Standards und den Vertragsnormen sind, sowie die qualifizierte Mitwirkung des Auftraggebers werden mit 1-2 Punkten bewertet. Sind eigene, von allen Standards abweichende Verträge, spezielle Vertragsbedingungen mit erheblichen Risikoverschiebungen erforderlich und die Entscheidungs- und Zustimmungswege unklar und schwierig, wird die Höchstpunktzahl von 5 Punkten vergeben. Dazwischen angesiedelt sind Verträge und Vertragsbedingungen, die zwar von den Standards abweichen, bei denen die Risiken noch kalkulierbar sind.

A12 Umfeld

In diesen Aspekt fließen die Anzahl und Unterschiedlichkeit der relevanten Einflussgrößen aus dem sachlichen, sozialen und medialen Umfeld ein (entspricht den Systemelementen). Auch gesetzliche oder sonstige Einschränkungen spielen eine Rolle. Als Systemrelationen fungieren die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Einflüsse auf Beziehungen, z.B. Einstellungen, Erwartungen, Befürchtungen oder Machtausübung. Die Dynamik stellt das Änderungspotential der Umwelt dar, z.B. die Eintrittswahrscheinlichkeit von Varianten oder die Veränderung der politischen Landschaft.

Die Bewertung der 12 Einteilungsaspekte für die Projektklassen erfolgt von einfach bis sehr komplex mit Punkten von 1 bis 5. Bei gewissen Aspekten sind Zusatzpunkte, die über das Punktemaximum von 5 hinausgehen, möglich. Daher sind in der Endabrechnung auch mehr als $12 \times 5 = 60$ Punkte möglich. Durch Addition der Bewertungspunkte und anschließende Division durch 12 ergibt sich die Einteilung in die Projektklasse. Eine Übersicht als Matrix ist in Abbildung 20 dargestellt.¹⁸⁹

Zur besseren Darstellung und Übersichtlichkeit lässt sich die Bewertung auch in einer Spinnenmatrix darstellen. So können bei häufiger Anwendung typische Muster erkannt werden. In Abbildung 19 ist die Bewertung mittels Spinnenmatrix für ein Projekt der Projektklasse 5 beispielhaft dargestellt.¹⁹⁰

¹⁸⁹ Vgl. LECHNER, H.: Projektklasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 13.

¹⁹⁰ Vgl. LECHNER, H.: Projektklasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 13.

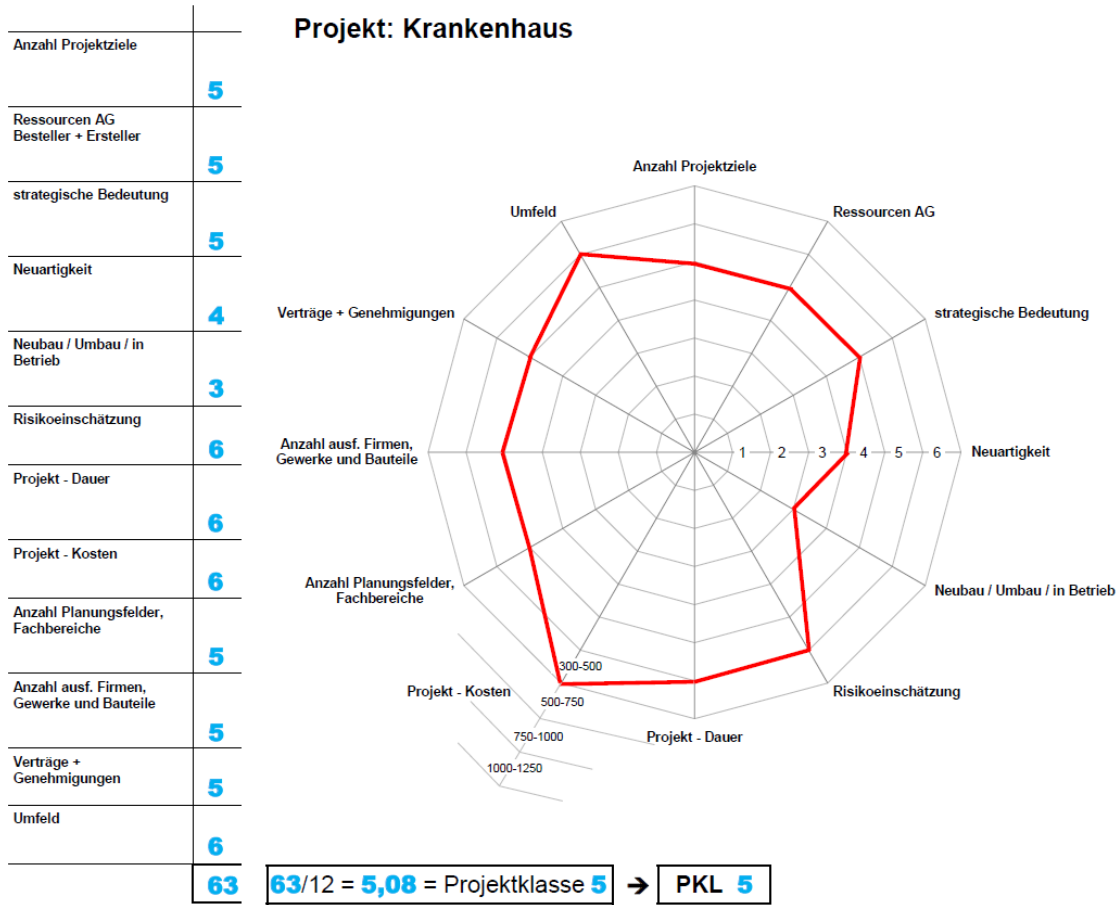


Abbildung 19: Spinnenmatrix für ein sehr komplexes Krankenhausprojekt¹⁹¹

¹⁹¹ LECHNER, H.: Projektklasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 17.

Bewertung		1 Pkt	2 Pkte	3 Pkte	4 Pkte	5 Pkte	6,7,... Pkte	Σ
A1	Anzahl Projektziele	sehr wenige Ziele quantitative Vorgabe keine Priorität	wenige Ziele gut formuliert keine Priorität	mehrere Ziele unterschiedliche Art	viele Ziele Prozessziele Nutzungsziele	sehr viele Ziele schwer erfassbar mehrere Prioritäten		
A2	Ressourcen AG Besteller + Ersteller	1 + 1 Beteiligter 1 Gremium klare Aufgaben	1 + 2 Beteiligte 2 Gremien klare Aufgaben	2 + 3 Beteiligte 2 Gremien vermischte Interaktion	2 + 4 Beteiligte 3 Gremien vermischte Interaktion	3 + 5 Beteiligte 4 und mehr Gremien stark vermischt	10 →	
A3	strategische Bedeutung	sehr gering Routineaufgabe	gering ausreichende Routine	mittlere Bedeutung einzelne Leistungsträger Einbeziehen einer Förderstelle	große Bedeutung wenige routinierte Beteiligte mehrere Förderstellen/-regain	sehr große Bedeutung übersteigt Routine und Erfahrung deutlich mehrere Finanzierungsebenen		
A4	Neuartigkeit	sehr gering	gering	einzelne neue Aspekte	neue Teilsysteme	neue Systeme und unbekanntes Zusammenwirken		
A5	Neubau / Umbau / in Betrieb	Neubau auf freiem Gelände	Neubau innerstädtisch	Neubau mit schwierigen Anschlüssen, Durchdringungen	Umbau, mittlere Eingriffe schwierige Anschlüsse eingeschränkter Betrieb im Bestand	Umbau, intensive Eingriffe sehr schwierige Anschlüsse bei ftd. (Weiter)Betrieb der Anlage		
A6	Risikoinschätzung	sehr geringes Risiko	geringes Risiko	Risiken und Reserven ausgeglichen	Risiken übersteigen Reserven	Risiken deutlich höher als Reserven		
A7	Projekt - Dauer	1 + 2 Jahre	2 + 3 = 4 Jahre wenig verdichtet	3 + 4 = 6 Jahre verdichtet	4 + 4 = 7 Jahre verdichtet ineinandergeschoben	4 + 5 = 8 Jahre sehr verdichtet stark ineinandergeschoben	9 →	
A8	Projekt - Kosten	0,6 - 3,5 Mio. €	3,6 - 15,0 Mio. €	15,0 - 50,0 Mio. € Kostendeckel	50,0 - 100,0 Mio. € enger Kostendeckel	100,0 - 300,0 Mio. € sehr enger Kostendeckel	300 - 500 = 6 500 - 750 = 7 750 - 1000 = 8 1000 - 1250 = 9	
A9	Anzahl Planungsfelder, Fachbereiche	2 - 4 Planerfelder untereinander bekannt klare Aufgaben	4 - 8 Planerfelder mehrere Büros klare Aufgaben	8 - 12 Planerfelder mehrere Büros vermischte Aufgaben	12 - 16 Planerfelder viele Büros / Standorte vernetzte Interaktion	16-18 Planerfelder unterschiedl. Qualitäten viele freierlancer	19 →	
A10	Anzahl ausführender Firmen und Gewerke ^{a)}	5 - 10	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 70	70 → 2 - 3 BT = +1 4 - ... BT = +2 →	
A11	Verträge + Genehmigungen	übliche Verträge unkomplizierte Freigabe qualifizierte MW des AG	übliche VT-Erweiterungen festgelegte Freigaberegeln qualifizierte MW des AG	Vertragsweiterungen kalk. aufwendige Freigaberegeln qualifizierte MW des AG sprachüberschreitend	erhebliche VT-Erweiterungen Risikoverschiebung schwierige Entscheidungen sprachüberschreitend	eigene Vertragswelt hohe Risikoverschiebung sehr schw. Entscheidungen sprachüberschreitend		
A12	Umfeld	geringe Umwelteinflüsse geringe Erwartungen geringe Veränderungszahl	geringe Umwelteinflussgröße mittlere Erwartungen geringe Änderungen	mittlere Umwelteinflüsse mittlere Erwartungen mittlere Änderungen grenzüberschreitend	mittlere Umwelteinflüsse hohe Erwartungen viele Änderungen grenzüberschreitend	hohe Umwelteinflüsse sehr hohe Erwartungen sehr viele Veränderungen grenzüberschreitend		
... / 12 = = Projektklasse ... ← Bewertungspunkte							

Abbildung 20: Bewertungsmatrix nach LECHNER¹⁹²

¹⁹² LECHNER, H.: Projektklasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 14.

5.4 Brunner

BRUNNER verwendet in seiner Diplomarbeit ein Modell zur Einstufung der Komplexität von Bauprojekten. Die Bewertungsaspekte sind dabei an LECHNER angelehnt. Folgende Aspekte kommen zur Anwendung:¹⁹³

Projektziele

Die Projektziele werden bewertet nach der Anzahl der unterschiedlichen Funktionsbereiche in einem Gebäude. 1-4 Funktionsbereiche deuten auf geringe (1 Punkt), 5-8 Funktionsbereiche auf mittlere (2 Punkte) und mehr als 9 Funktionsbereiche auf hohe (3 Punkte) Komplexität hin. Weiters erfolgt die Bewertung nach Anzahl und Unterschiedlichkeit der Anforderungen und Wechselwirkungen zwischen den Zielen. Der Rahmen reicht von wenigen Zielen (1 Punkt), über viele Ziele (2 Punkte) bis zu sehr vielen Zielen (3 Punkte).

Projektorganisation

Die Projektorganisation der Auftraggeberseite wird bewertet nach Anzahl der Beteiligten des AG, der Gremien und der Nutzer. Einzelpersonen oder wenige Beteiligte erhalten 1 Punkt, 2-3 Beteiligte und bis zu 2 Gremien erhalten 2 Punkte und mehr als 3 Beteiligte sowie mehrere Gremien erhalten 3 Punkte.

Neuartigkeit

In die Neuartigkeit fließen die Anzahl neuer Aspekte, neuer Systeme und deren unbekanntes Zusammenwirken ein. Geringe Neuartigkeit bedeutet geringe Komplexität, hohe Neuartigkeit heißt hohe Komplexität.

Planungsbeteiligte

Bei dem Aspekt der Planungsbeteiligten fließen die Anzahl der Planungsfelder und Fachbereiche in die Betrachtung ein. Bis zu 8 Planungsfelder und eine klare Aufgabenverteilung werden mit 1 Punkt, 8-12 Planungsfelder mit 2 Punkten und über 12 Planungsfelder mit mehreren beteiligten Planungsbüros werden mit 3 Punkten bewertet.

Beteiligte Gewerke

Die Bewertung der Anzahl der Gewerke erfolgt von gering (bis 25 Gewerke), über mittel (26-35 Gewerke), bis hoch (ab 35 Gewerken).

Umfeld

Die Bewertung des Umfeldaspekts erfolgt mittels Anzahl und Unterschiedlichkeit der Umwelteinflüsse, den Erwartungen (Vorstellungen, Befürchtungen, etc.) sowie Veränderungen (Eintrittswahrscheinlichkeit von Varianten, politische, technische oder rechtliche Veränderungen).

¹⁹³ Vgl. BRUNNER, C.: Koordinierte "Planung der Planung" und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauprojekten. S. 62–63.

Anrechenbare Baukosten

Die anrechenbaren Baukosten reichen von geringer Komplexität (bis 15 Mio. €), über mittlere Komplexität (15-50 Mio. €) bis zu hoher Komplexität (50-100 Mio. €)

Komplexitätsstufen Bewertung	geringe 1 Punkte	mittel 2 Punkte	hoch 3 Punkte
Komplexität – Merkmale/ Einflussgrößen			
Projektziele • Anzahl der unterschiedlichen Funktionsbereiche in einem Gebäude. • Anzahl und Unterschiedlichkeit der Anforderungen und Wechselwirkungen zwischen den Zielen, Zielhierarchie, und den Prioritätssetzungen.	1-4 Funktionsbereiche wenige Ziele und Vorgaben	5-8 Funktionsbereiche viele Ziele und Vorgaben	≥ 9 Funktionsbereiche sehr viele Ziele, z.T. schwer erfassbar, mehrere Prioritäten
Projektorganisation (Auftraggeberseite) • Anzahl der Beteiligten des Auftraggebers, Gremien, Nutzer	Einzelperson bis wenig Beteiligte (1-2 Stk.), keine bis 1 Gremium	2-3 Beteiligte, bis 2 Gremien	mehrere Beteiligte (ab 3 Stk.) und mehrere Gremien
Neuartigkeit • Anzahl neuer Aspekte, neuer Systeme und unbekanntes Zusammenwirken	gering	mittel (einzelne neue Aspekte)	mittel bis hoch
Planungsbeteiligte • Anzahl Planungsfelder, Fachbereiche	gering, klare Aufgabenverteilung (bis 8 Planungsfelder)	bis 8 - 12 Planungsfelder	über 12 Planungsfelder, mehrere Planungsbüros, vermischte Aufgaben
Beteiligte Gewerke • Anzahl der Gewerke	gering (bis 25 Stk.)	mittel (26-35 Stk.)	hoch (ab 35 Stk.)
Umfeld • Anzahl und Unterschiedlichkeit der Umwelteinflüsse (sachlich, sozial, medial) • Erwartungen (Einstellung, Vorstellungen, Befürchtungen) • Veränderungen (Eintrittswahrscheinlichkeit von Varianten, politische Veränderungen, technische, rechtliche Veränderungen)	gering	mittel	hoch
Anrechenbare Baukosten	25.000 € - 15. Mio. €	15 Mio. € - 50 Mio. €	50 Mio. € - 100 Mio. €

Abbildung 21: Komplexitätsstufen nach Brunner¹⁹⁴

Die Bewertung der einzelnen Aspekte erfolgt in 3 Stufen. Von geringer Komplexität (1 Punkt), über mittlere Komplexität (2 Punkte) bis zu hoher Komplexität (3 Punkte). Bei Addition aller Punkte ergibt sich die letztendliche Komplexitätseinstufung des Bauprojektes. Von BRUNNER wird folgende Einteilung der Komplexitätsstufe vorgeschlagen: gering (1-7 Punkte), mittel (8-14 Punkte) und hoch (15-21 Punkte).¹⁹⁵ Das setzt allerdings voraus, dass auch null Punkte vergeben werden können, da ansonsten das Minimum an erreichbaren Punkten 7 ist. Daher wird im Rahmen dieser Arbeit die Endpunktezahlnochmal durch die Anzahl der Aspekte dividiert um den Komplexitätsgrad zu bestimmen.

¹⁹⁴ Vgl. BRUNNER, C.: Koordinierte "Planung der Planung" und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauprojekten. S. 63.

¹⁹⁵ Vgl. BRUNNER, C.: Koordinierte "Planung der Planung" und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauprojekten. S. 65.

5.5 KIRST

KIRST entwickelt in seiner Diplomarbeit eine Matrix zur Bewertung der Komplexität von Bauvorhaben. Die Aspekte, die dabei in die Matrix Einzug halten, stammen aus einer Expertenumfrage bzw. beruhen auf bereits bestehenden Bewertungstabellen. Folgende zehn Aspekte kommen in der Bewertungstabelle nach KIRST zur Anwendung:¹⁹⁶

Projektziele:

Darunter werden alle Ziele innerhalb des Bauprojektes verstanden.

Projektumwelt:

Zur Projektumwelt gehören alle Einflüsse, die von außen auf das Projekt einwirken, wie z.B. Behörden und Interessensgruppen.

Projektgegenstand:

Hierbei geht es um den Leistungsinhalt, z.B. Baugruppen, Bauteile oder Elemente.

Projektorganisation:

In der Projektorganisation wird festgelegt, „Wer tut was?“.

Projektstruktur:

Die Projektstruktur definiert den strukturellen Aufbau innerhalb des Projektes.

Ressourcen:

Hier wird das Thema der Ressourcen beleuchtet, egal ob von z.B. finanzieller oder personeller Seite.

Neuartigkeit:

Der Aspekt der Neuartigkeit betrachtet jegliche Art der Innovation im Bauprojekt. Diese Innovation kann z.B. technischer oder gestalterischer Natur sein.

Genehmigung und Verträge:

Hierbei werden die Genehmigungen und Verträge hinsichtlich ihrer Komplexität bewertet.

Risiko und Chancen:

Dieser Aspekt behandelt die Risikobewertung des Bauprojektes.

PM Methoden und Techniken:

Dieser Aspekt untersucht, welche Projektmanagement Methoden und Techniken eingesetzt werden, weil diese im Umgang mit Komplexität bei Bauprojekten helfen.

¹⁹⁶ Vgl. KIRST, D.: Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben. S. 66–67.

Jeder dieser zehn Aspekte wird nach den von BANDTE formulierten Eigenschaften der Komplexität untersucht. Die Eigenschaften von BANDTE wurden bereits in Kapitel 3.5 ausführlich erläutert. Diese zwölf Eigenschaften oder Bewertungskriterien werden auf einer Skala von 1- 10 bewertet, wobei eine 1 sehr einfach hinsichtlich Komplexität bedeutet und eine 10 auf extreme Komplexität hinweist (siehe dazu auch Tabelle 4).¹⁹⁷

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
einfach		wenig komplex		komplex		hoch komplex		extrem komplex	
Einfache Dynamik des Leistungsinhaltes		Wenig Dynamik des Leistungsinhaltes		Dynamik des Leistungsinhaltes, durch Gegenmaßnahmen aber händelbar		Hohe Dynamik des Leistungsinhaltes, trotz Gegenmaßnahmen schwer händelbar		Unüberschaubar	

Tabelle 4: Beispiel der Bewertungsskala nach KIRST¹⁹⁸

Somit ergeben sich für die zehn Aspekte, zehn unterschiedliche Matrizen. Durch Mittelwertbildung ergibt sich für jeden Aspekt bzw. jede Matrix ein Komplexitätsgrad. Bildet man davon wieder den Mittelwert, erhält man den Komplexitätsgrad des gesamten Bauprojektes, wie in Tabelle 5 beispielhaft dargestellt ist.¹⁹⁹

¹⁹⁷ Vgl. KIRST, D.: Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben. S. 67.

¹⁹⁸ Vgl. KIRST, D.: Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben. S. 67.

¹⁹⁹ Vgl. KIRST, D.: Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben. S. 67.

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten		
<u>Bewertungsaspekte</u>	Erreichte Punktzahl	Gesamtpunktzahl = Erreichte Punktzahl/12
1. Projektziele	79	6,58
2. Projektumwelt	93	7,75
3. Projektgegenstand	71	5,92
4. Projektorganisation	71	5,92
5. Projektstruktur	65	5,42
6. Ressourcen	65	5,42
7. Neuartigkeit	63	5,25
8. Verträge und Genehmigungen	63	5,25
9. Risiko und Chancen	69	5,75
10. PM Methoden und Techniken	39	3,25
Punktzahl	678	56,51
<u>Erreichter Grad der Komplexität</u>	Der Grad der Komplexität des Projektes errechnet sich durch: Gesamtsumme der Aspekte/10	5,65

Tabelle 5: Beispiel des Bewertungsschemas nach KIRST²⁰⁰

In Abbildung 22 ist die Bewertungsmatrix für den Aspekt Projektziele beispielhaft dargestellt. Für die restlichen 9 Aspekte gibt es analoge Matrizen, diese sind im Anhang zu finden.

²⁰⁰ Vgl. KIRST, D.: Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben. S. 80.

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten												Gesamtsumme innerhalb der Aspekte
Punkteskala		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Bewertungskriterien		einfach		wenig komplex		komplex		hoch komplex		extrem komplex		
Bewertungsaspekte	1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)	Einfache Dynamik bei den Zielen	Einfache Dynamik der Ziele	Wenig Dynamik der Ziele	Dynamik der Ziele, durch Gegenmaßnahmen aber handhabbar	hohe Dynamik der Ziele, trotz Gegenmaßnahmen schwer handhabbar	hohe Dynamik der Ziele, extrem unterschiedliche Ziele, unüberschaubare Ergebnisse	Unüberschaubar				
	2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)	Einfache Ziele mit gleichem Ergebnis	Wenige Ziele mit kleinen Abweichungen im Ergebnis	Wenige Ziele mit kleineren Abweichungen im Ergebnis	Mehrere Ziele mit abweichenden, noch überschaubaren Ergebnissen	Mehrere Ziele mit abweichenden, schwer überschaubaren Ergebnissen	extrem unterschiedliche Ziele, unüberschaubare Ergebnisse					
	3. Pfadabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)	Völlig neue Ziele	Wenig bekannte Ziele aus vergangenen Projekten	Wenig bekannte Ziele aus vergangenen Projekten	Wenig bekannte Ziele aus vergangenen Projekten	Zum Teil bekannte Ziele aus vergangenen Projekten	Alles bekannte Ziele aus vergangenen Projekten					
	4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)	Miteinander verbundene Ziele und Feedback innerhalb dieser	Großteil der Ziele miteinander verbunden, viel Feedback innerhalb dieser	Teilweise Ziele miteinander verbunden, teilweise Feedback innerhalb dieser	Wenig Ziele miteinander verbunden, vereinzelt Feedback innerhalb dieser	Wenig Ziele miteinander verbunden, vereinzelt Feedback innerhalb dieser	Ziele ohne jegliche Verbindung und Feedback					
	5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)	Aufeinander aufbauende Ziele	Ziele zum Großteil aufeinander aufbauend	Verzerrt aufeinander aufbauende Ziele	Kaum aufeinander aufbauende Ziele	Ausschließlich Einzelziele						
	6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)	Eindeutig abgegrenzte Ziele	Verzerrt nicht erkennbar abgegrenzte Ziele	größtenteils keine Grenzen bei Zielen erkennbar	größtenteils keine genauen Grenzen bei Zielen erkennbar	Nicht erkennbar, ob Grenze der Ziele vorhanden oder nicht vorhanden						
	7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)	Große Informationsaufnahme der Projektziele	Informationsaufnahme der Projektziele	Informationsaufnahme der Projektziele	Geringe Informationsaufnahme der Projektziele durch erreichte Informationskapazitätsgrenzen	Keinerlei Informationsaufnahme der Projektziele mehr vorhanden						
	8. Selbstorganisation	Einfache Selbstorganisation	Wenig Selbstorganisation	Wenig Selbstorganisation	hohe Selbstorganisation	Extrem Selbstorganisation						
	9. Selbstreferenz	Keinerlei Änderungen von Ausgangsgrößen	Wenig Änderungen der Ausgangsgrößen	Wenig Änderungen der Ausgangsgrößen	Hohe Änderungsrate der Ausgangsgrößen	Extrem hohe Anzahl neuer Teilziele						
	10. Emergenz	Keine neuen Teilziele	Wenig Teilziele	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise neue Teilziele	hoher Steuerungswiderstand						
	11. Autopoiesie	Keinerlei Steuerungswiderstand	Extrem viel Erfolgspotential	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	Extremes Steuerungswiderstand						
	12. Überlebenssicherung	Extrem viel Erfolgspotential	hohes Erfolgspotential	hohes Erfolgspotential	Erfolgspotential	wenig Erfolgspotential						
Punktzahl												-> Σ/12

Abbildung 22: Bewertungstabelle nach KIRST für den Aspekt Projektziele²⁰¹

²⁰¹ Vgl. KIRST, D.: Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben. S. 68.

5.6 Hoffmann

HOFFMANN entwickelt in seiner Doktorarbeit ein Modell, das ähnlich wie KIRST, auf den zwölf Eigenschaften der Komplexität von BANDTE aufbaut. Durch Umfragen identifiziert er fünf Merkmale von Bauprojekten, durch die sich die Komplexität ausdrückt. Diesen 5 Merkmalen werden die zwölf Eigenschaften der Komplexität (beschrieben in Kapitel 3.5) von BANDTE zugeordnet.²⁰²

Strukturen

Dem Merkmal Strukturen wird hierbei die Eigenschaft „Vielzahl und Varietät“ zugewiesen. Daraus ergeben sich als mögliche Parameter die Elemente des Objektes oder Projektes und als Messgrößen der Grad aus Anzahl der Elemente (z.B. Planungsbeteiligte, Gewerke, etc.) oder Grad der möglichen Zustände (z.B. Schnittstellen). Grundsätzlich gilt, je höher die Vielzahl und Varietät, desto größer ist die Komplexität.

Veränderungen

Dem Merkmal Veränderungen wird die Eigenschaft „Dynamik“ zugewiesen. Als mögliche Parameter und Messgrößen können die Wahrscheinlichkeit von Veränderungen, die soziale Struktur der Beteiligten, die Dichte der Arbeitsvorgänge oder die Dauer von Prozessverläufen fungieren. Auch hier gilt, je höher die Dynamik eines Bauvorhabens, umso größer ist die Komplexität.

Wahrnehmung

Dem Merkmal Wahrnehmung werden die drei Eigenschaften „Pfadabhängigkeit“, „Nichtlinearität“ und „begrenzte Rationalität“ zugewiesen. Daraus ergeben sich folgende mögliche Parameter und Messgrößen: Dauer des Projektes, Dauer der Zusammenarbeit der Beteiligten, Grad der Neuartigkeit von Verfahren und Produkten, Grad der Erfahrung der Führungsbeteiligten im Umgang mit komplexen Projekten, Einsatz von systemischen Managementsystemen, Grad der Organisationstiefe, Grad des Informationsflusses usw.

Verhalten

Dem Merkmal Verhalten werden die sechs Eigenschaften „Überlebenssicherung“, „Rückkopplungen“, „Selbstorganisation“, „Selbstreferenz“, „Emergenz“ und „Autopoiese“ zugewiesen. Man kann folgende mögliche Parameter und Messgrößen identifizieren: Chancen und Risiken, Anzahl und Varietät der Gewerke, Schnittstellenmanagement, Stakeholdermanagement, Informationsfluss über die Hierarchieebenen, Vertragsgestaltung unter Berücksichtigung von Interessenslagen, zeitliche Abfolge des Gesamtprojektes, usw.

²⁰² Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 197–213.

Umwelt

Dem Merkmal Umwelt wird die Eigenschaft „Offenheit“ zugewiesen. Mögliche Parameter und Messgrößen sind Art und Größe des Bauvorhabens, Bedeutung und öffentliches Interesse, Risiko der politischen Einflussnahme, formelle und informelle Systemgrenzen usw. Je höher die Offenheit des Systems, desto größer ist die Komplexität.

Daraus lässt sich der sogenannte Komplexitätskreis bilden. Im äußeren Ring sind die fünf von HOFFMANN identifizierten Merkmale der Komplexität von Bauvorhaben abgebildet, denen im inneren Ring die zwölf Eigenschaften der Komplexität von BANDTE zugeordnet werden.

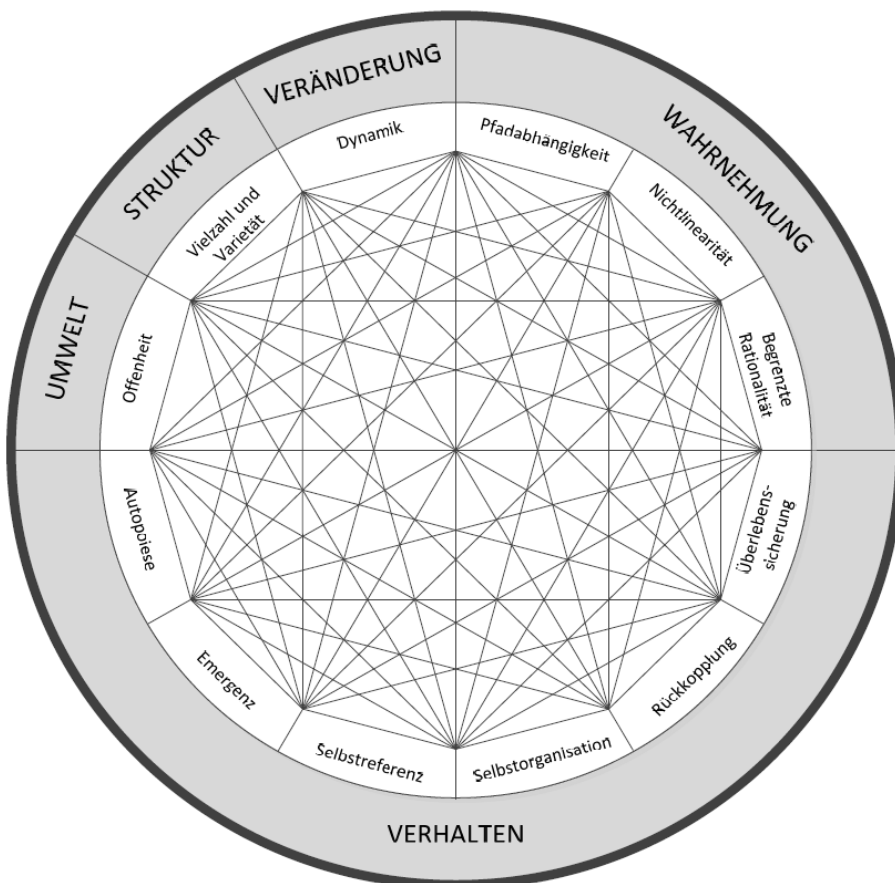


Abbildung 23: Komplexitätskreis von Bauvorhaben nach HOFFMANN²⁰³

²⁰³ HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 214.

Aus den fünf Subsystemen eines Bauprojektes, Zielsystem, Produktsystem, Handlungssystem, Handlungsträgersystem und Umsystem identifiziert HOFFMANN zehn spezifische Indikatoren, die er den Subsystemen zuordnet. Die Indikatoren stammen aus Expertengesprächen oder aus bereits vorhandenen Komplexitätsbewertungsmodellen. Die zehn von HOFFMANN bestimmten Indikatoren und deren Zuordnung zu den Subsystemen sind in Abbildung 24 im Projektsystemkreis dargestellt.²⁰⁴

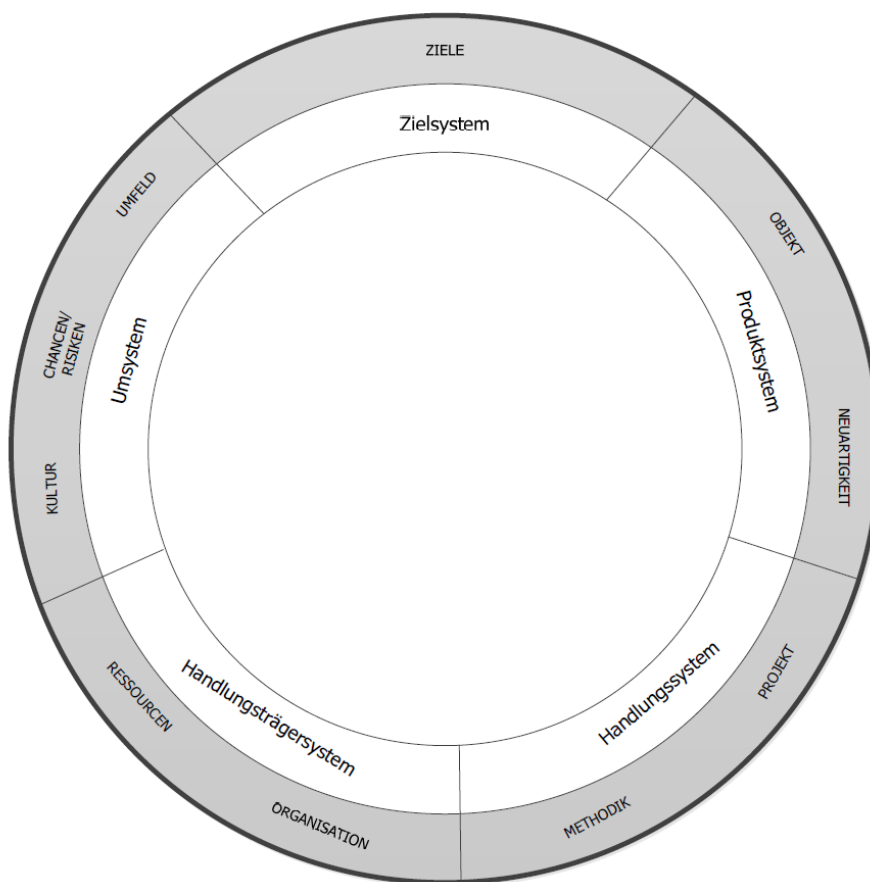


Abbildung 24: Projektsystemkreis nach HOFFMANN²⁰⁵

²⁰⁴ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 216–217.

²⁰⁵ HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 220.

Nachfolgend wird auf diese zehn Indikatoren kurz eingegangen:²⁰⁶

Ziele

Der Aspekt Ziele ist dem Subsystem Zielsystem zugeordnet und beantwortet die Frage „Was soll getan werden?“. Unterschieden wird nach den Zielarten, den Zielrelationen, dem Veränderungspotential sowie den Teilzielen der Beteiligten. Wichtig ist, dass eine klare Projektdefinition vorhanden ist, sodass eine eindeutige Ziel- und Leistungsdefinition möglich ist.

Objekt

Der Indikator Objekt ist dem Subsystem Produktsystem zugeordnet. Hier geht es um die zu erbringenden Leistungsinhalte. Mögliche Teilaspekte sind Grundstück, Objektart, Nutzung, Nutzungsdauer, Funktionalität, Struktur, Technisierungsgrad, Fertigung, Inbetriebnahme, Qualität und Einflussnahmen.

Neuartigkeit:

Der Indikator Neuartigkeit ist dem Subsystem Produktsystem zugeordnet. Neuartigkeit ist ein wesentlicher Faktor der Komplexität. Bauprojekte sind in hohem Maß einmalig und somit neuartig, daher ist die Neuartigkeit bei der Bewertung der Komplexität zu berücksichtigen. Die Neuartigkeit lässt sich in folgende Teilaspekte einteilen: Art der Innovation, Einmaligkeit, Erfahrung, Standardisierung, Technologien, Produktionsprozess, Marktgängigkeit, Kapitalbedarf, Kreativität, Spielräume.

Projekt

Der Indikator Projekt gehört zum Subsystem Handlungssystem. Dazu gehören die rechtlichen Rahmenbedingungen, Vertragsmodelle und Ablaufstrukturen. Es wird die Frage nach dem „Was soll getan werden?“ behandelt. Mögliche Teilaspekte sind die rechtlichen Rahmenbedingungen, das Vertragswesen, die Ablaufstrukturen und deren Vernetzung.

Methodik

Die Methodik ist dem Subsystem Handlungssystem zugeordnet. Sie beschäftigt sich mit der Frage „Wie soll es getan werden?“. Unterscheiden lassen sich die Führungsmethodik, die Managementmethodik und das Managementteam.

Organisation

Die Organisation ist dem Subsystem Handlungsträgersystem zugeordnet. Hier geht es um die Frage „Wer tut was?“, also die Projektbeteiligten, deren Rollen und Beziehungen. Es lassen sich folgende Teilaspekte unterscheiden: Beteiligte, Organisationsart, Elemente und Dimensionen, sowie Beziehungen.

²⁰⁶ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 225–271.

Ressourcen

Der Indikator Ressourcen ist dem Subsystem Handlungsträgersystem zugeordnet. Er befasst sich mit den Teamzusammensetzungen und beantwortet die Frage „Wie tut wer was und warum?“. Mitunter wird der Indikator Organisation ergänzt. Mögliche Teilaspekte sind das Projektteam, Begrenzungen (Zeit, Finanzen, Information, Material) und Team- und Individualabhängigkeiten (Chancen und Risiken der Mitarbeiter).

Kultur

Der Aspekt Kultur ist dem Subsystem Umsystem zugeordnet. Hierbei geht es um die externen kulturellen Beziehungen und er beantwortet die Frage „Welche Einflüsse erfolgen von außen?“. Einerseits hat eine unterschiedliche Kultur durch unterschiedlichen sozialen Kontext einen Einfluss auf das Projekt, aber auch die interne Unternehmenskultur muss mitberücksichtigt werden. Teilaspekte sind die externen (kulturübergreifend wie z.B. Länder oder Staaten) und internen (interne Zusammenarbeit im Projekt) Kultur Aspekte.

Chancen/Risiken

Chancen und Risiken gehören zum Subsystem Umsystem. Chancen und Risiken sind ein weiterer wesentlicher, die Komplexität beeinflussender Faktor. Mögliche Teilaspekte sind die strategische und politische Bedeutung des Projektes für den AG, Win-Win-Modelle und das Risikomanagement.

Umfeld

Der Indikator Umfeld wird dem Subsystem Umsystem zugeordnet. Auch er beschäftigt sich mit der Frage „Welche Einflüsse erfolgen von außen?“. Die Teilaspekte des Umfelds lassen sich einteilen in mittelbare Stakeholder und Einflussgrößen aus politischen, sachlichen, sozialen oder medialen Bereichen.

Jeder dieser 10 Indikatoren wird anhand der fünf Merkmale der Komplexität (Strukturen, Veränderungen, Wahrnehmung, Verhalten, Umwelt) bewertet. Somit ergeben sich zehn Matrizen, für jeden Indikator eine. Die Matrix für den Indikator Ziele ist in Abbildung 25 beispielhaft dargestellt, die Matrizen für die restlichen Indikatoren sind im Anhang zu finden.

Die Bewertung erfolgt anhand einer fünfteiligen Skala. Die Punktzahl 1 wird für sehr geringe Komplexität vergeben, die höchste Punktzahl 5 für sehr hohe Komplexität. Die Komplexitätsgrade nach HOFFMANN werden in Tabelle 6 zusammengefasst.²⁰⁷

²⁰⁷ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 223–224.

Grad	Eigenschaft	Umgang	Komplexität
1	einfach, statisch	gut beherrschbar	sehr gering
2	kompliziert, periodisch	noch beherrschbar	gering
3	komplex, dynamisch	beherrschbar mit Erfahrung	mittel
4	hoch komplex und dynamisch	beherrschbar mit Spezialisierung	hoch
5	chaotisch dynamisch	kaum beherrschbar	sehr hoch

Tabelle 6: Komplexitätsgrade nach HOFFMANN²⁰⁸

²⁰⁸ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 224.

ZIELE	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K1)					3,2 SUMME
	1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄT	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
MERKMALE	sehr wenige Ziele, eindeutig messbar (≤ 3 Oberziele, ≤ 1 Unterziele je Oberziel)	wenige Ziele, definiert, ohne Priorität (≤ 3 Oberziele, ≤ 3 Unterziele je Oberziel)	mehrere Ziele, verschiedenartig, mit Priorisierung (≤ 5 Oberziele, ≤ 3 Unterziele je Oberziel)	viele Ziele, sehr unterschiedlich, hohe Priorisierung (≤ 5 Oberziele, ≤ 5 Unterziele je Oberziel)	unzählige Ziele, unklar definiert, unklare Priorisierung, schwer erfassbar (≥ 5 Oberziele, ≥ 5 Unterziele je Oberziel)	3
STRUKTUREN	keine Veränderungen sind zu erwarten, Ober- und Teilziele verändern sich nicht	wenige Veränderungen sind wahrscheinlich, Oberziele bleiben konstant und Teilziele können sich in geringem Umfang verändern	Veränderungen sind wahrscheinlich und verschiedenartig, Oberziele und Teilziele können sich verändern	viele Veränderungen und sehr unterschiedlich, Oberziele oder Teilziele verändern sich in hohem Umfang	unzählige Veränderungen und sehr schwer erfassbar, Oberziele und Teilziele verändern sich chaotisch	4
VERÄNDERUNGEN	keine Veränderungen sind zu erwarten, Ober- und Teilziele verändern sich nicht	wenige Veränderungen sind wahrscheinlich, Oberziele bleiben konstant und Teilziele können sich in geringem Umfang verändern	Veränderungen sind wahrscheinlich und verschiedenartig, Oberziele und Teilziele können sich verändern	viele Veränderungen und sehr unterschiedlich, Oberziele oder Teilziele verändern sich in hohem Umfang	unzählige Veränderungen und sehr schwer erfassbar, Oberziele und Teilziele verändern sich chaotisch	4
WAHRNEHMUNG	bekannte Ziele, aufeinander aufbauend und geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Ziele, teilweise aufbauend und wenig Informationsbedarf	wenig bekannte Ziele, vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Ziele, verknüpft mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Ziele mit starker Verknüpfung und sehr hohem Informationsbedarf	3
VERHALTEN	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, sehr hohes Konfliktpotenzial	3
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, geringe Wechselwirkungen	Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Ziele, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ziele, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ziele, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	3

Abbildung 25: Bewertungsmatrix nach HOFFMANN für den Indikator Ziele²⁰⁹

²⁰⁹ HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 228.

6 Klassifizierungssysteme in der Praxis

Nach der Vorstellung der Klassifizierungssysteme in Kapitel 5 werden diese auf ein Bauprojekt aus der Praxis angewandt, um deren Praxistauglichkeit zu erproben. Dazu wurde ein Expertengespräch geführt, um näheren Einblick in das zu untersuchende Bauprojekt zu erhalten. Weiters wurden im Zuge des Expertengesprächs die vorgestellten Klassifizierungssysteme, gemeinsam mit dem Experten, auf das Bauprojekt angewandt.

Das Büro des Experten trat im Zuge des Projektes als Bauträger und auch Generalplaner auf. Der Experte war in der Abwicklung des Projektes als Projektsteuerung und Bauaufsicht involviert.

Nachfolgend wird das untersuchte Bauprojekt kurz vorgestellt, wobei auf eine genaue Nennung des Projektes verzichtet wird. Im Anschluss daran werden die verschiedenen Klassifizierungssysteme gemeinsam mit dem Experten, auf das gegenständliche Bauprojekt angewandt. Die Einschätzungen des Experten zur Komplexität des Projektes sind rein subjektiv, allerdings wird versucht, die einzelnen Bewertungen zu begründen. Aufgrund der Tatsache, dass Bewertungsaspekte in den verschiedenen Modellen häufiger vorkommen, wird nicht bei allen Aspekten eine Begründung angegeben, sondern auf vorhergehende verwiesen. Die Befragung fand in der Nachbetrachtung statt, das Projekt war also bereits abgeschlossen.

6.1 Vorstellung des Bauprojektes

Bei dem untersuchten Bauprojekt handelt es sich um drei bis zu sechsstöckige Hochbauten in zentraler Innenstadtlage. Das Projekt befindet sich dabei in zentraler Innenstadtlage, begrenzt durch einen stark frequentierten Platz, die historische Stadtmauer und den dahinter anschließenden Stadtpark. Ein Haus fungiert als Wohn- und Bürogebäude, während die anderen beiden Häuser als Hotel genutzt werden. Die drei Häuser sind dabei auf eine bestehende Tiefgaragenanlage aufgesetzt, bei der im laufenden Betrieb die Tragkonstruktion verstärkt werden musste. Dazu wurden neue Fundamente gebaut und die bestehenden Stützen über mehrere Geschoße ausgetauscht und verstärkt. Zum Einsatz kamen dabei auch Schrägstützen und architektonisch ansprechende Stützenformen.

Weiters musste die Altstadtmauer teilweise abgebrochen und aufwendig saniert werden. Durch die Lage des Grundstücks in der Altstadtzone des Weltkulturerbes war auch die Altstadtkommission in die Planungen und den Bauablauf eingebunden. Durch das Grundstück verlief die Kulturachse der Stadt, dadurch musste von dem stark frequentierten Platz eine öffentlich zugängliche Verbindung zum Stadtpark hergestellt werden.

Durch die exklusive Lage inmitten der Altstadt und des Stadtzentrums wurden die Wohnungen und Büroflächen im höherpreisigen Segment angeboten. Auch das Hotel ist als 4-Sterne-Hotel in dieser Kategorie angesiedelt. Daher mussten auf eine hochwertige Qualität der Materialien, guten Schallschutz sowie ein stimmiges Beleuchtungskonzept, vor allem im Hotel, geachtet werden. Zusätzlich kam ein neuartiges Fassadensystem zum Einsatz, das erst auf dem Prüfstand auf seine Tauglichkeit getestet werden musste. Hergestellt werden konnte dieses nur von einer ausländischen Firma.

Die Baukosten für das Projekt betragen rund 36 Mio. €.

Die Einschätzung des Experten zur Komplexität des Bauprojektes, zu Beginn des Gesprächs, ergab eine Komplexität von 4 auf einer fünfteiligen Skala.

6.2 Anwendung von PATZAK in der Praxis

Nachfolgend wird das Scoring-Schema zur Bewertung der Komplexität von Projekten von PATZAK²¹⁰ auf das untersuchte Bauprojekt angewandt. In Kapitel 6.2.1 wird versucht die gewählten Bewertungen zu begründen und nachvollziehbar zu machen, in Kapitel 6.2.2 erfolgt die Einstufung in die Komplexitätskategorie. Die zusammengefassten Bewertungen sind mittels ausgefüllter Tabelle in Abbildung 26 dargestellt. In Kapitel 6.2.3 wird ein Fazit zur Komplexitätsbewertung durch PATZAK gezogen.

6.2.1 Bewertung der Aspekte bei PATZAK

Die Bewertung erfolgt nach einer fünfstufigen Skala von einfach (1 Punkt) bis zu extrem komplex (5 Punkte).

Aspekt Projektziel

Das Kriterium der Anzahl und Unterschiedlichkeit der Einzelziele wird mit einem mittleren Komplexitätsgrad von 3 bewertet. Die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Wechselwirkungen zwischen den Zielen erhalten ebenfalls eine Bewertung von 3. Die Zieländerungen waren komplexer und werden daher mit 4 bewertet.

Die Anzahl der Ziele war für ein Hochbauprojekt dieser Größe im Durchschnitt, allerdings kamen aufgrund der in Kapitel 6.1 dargelegten Besonderheiten noch zusätzliche Ziele dazu. Das Bauwerk wurde auf einer bestehenden Tiefgarage errichtet, deren Betrieb während der Bauarbeiten gewährleistet werden musste. Zusätzliche Ziele ergaben sich durch die Altstadtkommission, die Sanierung der Altstadtmauer, Naturschutzauflagen und das Behindertenreferat. So musste z.B. die

²¹⁰ PATZAK, G.: Messung der Komplexität von Projekten. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 5/2009.

Altstadtmauer aufwendig saniert werden, was sich erst im Laufe des Projektes herausstellte.

Die Zieländerungen wurden mit 4 bewertet, weil es während des Projektes laufend zu Zieländerungen kam. Ursprünglich war es als reiner Wohnbau konzipiert, später kamen die Büroräumlichkeiten dazu. Abschließend wurden zwei der Häuser zum Hotel umfunktioniert. Und auch Auflagen der Behörden änderten sich im Zuge des Bauvorhabens.

Aspekt Projektgegenstand

Die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Komponenten und die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Beziehungen zwischen den Komponenten wird jeweils mit 3 bewertet. Die Änderungen des Projektgegenstandes werden hingegen mit 4 bewertet.

Die Begründung liegt in den vielen Komponenten unterschiedlicher Art, aufgrund der unterschiedlichen Nutzung als Wohn-, Büro-, und Hotelgebäude. Es wurden viele verschiedene Materialien mit hohen Qualitätsansprüchen verwendet. Auch durch den aufwendigen Schallschutz und ein innovatives Beleuchtungskonzept ergaben sich neue Komponenten. Dazu kommen noch eine neuartige Fassadengestaltung und die statische Verstärkung der Tiefgarage. Somit ergeben sich zahlreiche Komponenten unterschiedlicher Art, die in wesentlichen Abhängigkeiten miteinander stehen.

Die Änderungen wurden mit 4 bewertet, weil sich im Zuge der Änderungen der Projektziele auch der Projektgegenstand laufend änderte.

Aspekt Projektaufgabe

Die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Vorgänge, die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Abhängigkeiten zwischen den Vorgängen und auch die Änderungen der Arbeitspakete wird mit dem Durchschnittswert von 3 bewertet.

Die Bewertung erfolgte mit einem für ein Hochbauprojekt dieser Größenordnung üblichen Durchschnittswert. Aufgrund der Nutzungsänderung waren umfangreiche nachträgliche Änderungen nötig. Überdurchschnittlich hoch waren die Bewilligungsverfahren, im Hinblick auf die Altstadtkommission, Denkmalschutz der Stadtmauer, öffentliches Gut, Naturschutz, etc.

Aspekt Projektausführende

Die Anzahl und Unterschiedlichkeit der im Projekt Mitwirkenden wird mit der höchsten Kategorie von 5 bewertet. Die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Wechselwirkungen zwischen den Projektbeteiligten und die personellen Änderungen erhalten die Bewertung 3.

Im Projekt war eine Vielzahl an unterschiedlichen Firmen, auch aus verschiedenen Kulturkreisen, beteiligt. Der Hotelbetreiber ist eine große internationale Hotelkette aus Spanien, die Fassade wurde aus Kostengründen von einer Firma aus Slowenien hergestellt. Materialien (z.B. Marmor aus Italien) wurden teilweise aus ganz Europa angeliefert.

Die Aufträge wurden einzeln vergeben, wodurch auch ein erhöhter Koordinationsbedarf gegeben war. Allein bei den Rohbauarbeiten und Tiefgaragenverstärkungen kamen drei verschiedene Bauunternehmen zum Einsatz. Durch die Nutzungsänderung wurde eine Neuausschreibung notwendig. Das gleiche galt auch für einige der Ausbaugewerke. Somit war eine gewisse Fluktuation bei den beteiligten Firmen gegeben.

Aspekt Projektumfeld

Hier ist das Bewertungsschema nicht mehr konsistent zu den vorherigen Aspekten. In den vorherigen Aspekten wurden jeweils die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Elemente, die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Beziehungen und deren Änderungen bewertet. Beim Projektumfeld ist nur mehr ein Feld für die Bewertung des Aspektes vorhanden. Zur besseren Verständlichkeit und besseren Mittelwertberechnung wurde die Bewertung dennoch analog den vorhergehenden Aspekten vorgenommen.

Die Anzahl und Unterschiedlichkeit der relevanten Einflussgrößen aus der Umwelt, die Anzahl und Unterschiedlichkeit der Einflussbeziehungen und die Änderungspotenziale der Einflüsse wurden allesamt mit 4 Punkten bewertet.

So gab es eine große Anzahl an Einflüssen von außen, angefangen von den zukünftigen Wohnungs- und Büro Eigentümern, über Anrainer, den Parkhausbetreiber, bis zur Politik, welche die Kulturachse umgesetzt sehen wollte. Durch die angekündigte Schließung eines Lokals im nahegelegenen Stadtpark kam es zu Demonstrationen, welche die zukünftigen, betuchten Bewohner des Wohnhauses für die Schließung verantwortlich machten. Tatsächlich gab es zwischen dem Bauprojekt und der Schließung keinen Zusammenhang.

Scoring-Schema zur Bewertung der Komplexität von Projekten								
Schritt	Aspektsystem	Zu bewertende Kriterien	1	2	3	4	5	Summe
1	Zielsystem: PROJEKTZIEL (Was soll erreicht werden?)	Anzahl und Unterschiedlichkeit der Einzelziele unter Berücksichtigung der Ziele und Erwartungen der relevanten Stakeholder, unterschiedliche Zielkategorien: Prozessziele, Nutzungsziele (Business Case), Operationalisierbarkeit	sehr wenige Ziele, quantitativ angegeben	wenige Ziele, gut formuliert, ohne Priorität	mehrere Ziele unterschiedlicher Art	viele Ziele, Prozessziele, Nutzungsziele	sehr viele, schwer erfassbare Ziele aller Art	3
		Anzahl und Unterschiedlichkeit der Wechselwirkungen zwischen den Zielen der Zielhierarchie (Zielbeziehungen), Prioritätensetzung/relative Gewichtung, Zielkonkurrenz und Optimierungskriterien, Antinomie, K.-o.-Kriterien	keine Zielbeziehungen zu berücksichtigen	vereinzelt Zielkonkurrenz vorliegend	unterschiedliche Zielbeziehungen	vielfältige z. T. unklare Zielabhängigkeiten	starke, unklare Wechselbeziehungen	3
		Zieländerungen betreffend Inhalt, Gewichtung, Präferenz und deren Unsicherheiten (Eintrittswahrscheinlichkeiten)	keine	vereinzelt möglich	Änderungspotenzial groß	hohe Wahrscheinlichkeit	laufend und sehr unklar	4
2	Objektsystem: PROJEKTGEGENSTAND (Was ist der Leistungsinhalt?)	Anzahl und Unterschiedlichkeit der Komponenten, d. h. Subsysteme, Module, Baugruppen, Bauteile, Elemente, hinsichtlich Dimensionen, Technologien, Spezifikationen, Testvorschriften, Abnahmebedingungen, Neuheitsgrad	sehr wenige Komponenten	wenige Komponenten	viele Komponenten unterschiedlicher Art	sehr viele Komponenten und Teilpläne, Technologien	unüberschaubar viele Baupläne, Planhierarchie	3
		Anzahl und Unterschiedlichkeit der zu berücksichtigenden funktionalen und technologischen Beziehungen zwischen den Komponenten (Flüsse von Energie, Materie, Info), auf den Prozess sich auswirkende Ordnungsbeziehungen	einfachster Aufbau	klarer Aufbau, wenige relevante Abhängigkeiten	viele wesentliche Abhängigkeiten	stark vernetzte Abhängigkeiten zwischen den Bauteilen	mannigfaltige sehr kritische Beziehungen technolog. Art	3
		Änderungen der Konfiguration , Technologie, Spezifikationen, Qualität, Funktionalität, Lieferanten, Wahrscheinlichkeit	keine Änderungen zu erwarten	wenig Änderungen	Objektstruktur nicht fix	Creeping Scope	unabsehbare Änderungen	4
3	Handlungssystem: PROJEKTAUFGABE (Was ist zu tun?)	Anzahl und Unterschiedlichkeit der Phasen, erforderlichen Arbeitspakete, Vorgänge, Operationen; Hierarchieebenen im PSP, Meilensteine, erforderliche Fachdisziplinen, Know-how, Neuheitsgrad, Einsatzmöglichkeiten von Standards	sehr wenige (< 30)	wenige (100) nur wenige Fachdisziplinen	viele neuartige (300) unterschiedliche Disziplinen	sehr viele (1.000) Machbarkeit noch unklar	unüberschaubar viele (3.000), neuartig, alle Disziplinen	3
		Anzahl und Unterschiedlichkeit der Abhängigkeiten zwischen den Vorgängen (Vernetzungsgrad, Arten von AOB, pos./neg., MIN/MAX), Begleitvorgänge, Planhierarchien, intermediate Schnittstellen/Interfaces, Programm-Interfaces	linear, nur Normalfolgen	vereinzelt Überlappungen	stark vernetzt, alle AOBs aufscheinend	sehr stark vernetzt, Schnittstellen	viele Subnetze mit intermediären Abhängigkeiten	3
		Änderungen der Arbeitspakete wegen Abänderung bei Scope, Technologie; Erfahrungsmangel, Risikoabbeugung	fix	Änderungen möglich	viele Änderungen	starke Änderungsneigung	alles kann geändert werden	3
4	Handlungsträgersystem: PROJEKT-AUSFÜHRENDE (Wer tut etwas?)	Anzahl und Unterschiedlichkeit der im Projekt unmittelbar Mitwirkenden/Interessengruppen (Auftraggeber, Lenkungs-kreis, Mitarbeiter, Subs); Qualifikationen, Verfügbarkeit, Diversität, Kulturen, örtl. Verteilung, Motivationslage	sehr wenige, untereinander bekannte MA, wenige Mittel	wenige Organisationseinheiten einer Firma involviert	viele MA unterschiedl. Disziplin, viele Abteilungen	unterschiedl. Qualifikationen aus vielen Firmen/Externe	großes, stark inhomogenes, verteiltes Team, Crosscultural	5
		Anzahl und Unterschiedlichkeit der Wechselwirkungen (Unterstellungen, Berichtswege, formelle und informelle Kommunikationsbeziehungen, Arten des Zusammenwirkens, Vertretungsregelungen, Arbeitsverträge)	klare Aufgabenverteilung	klare Zuständigkeiten	vermaschte Berichtswege	starke Wechselbeziehungen über Firmengrenzen/Ort	unüberschaubar vernetzte Interaktionen, jeder mit jedem	3
		Personelle Änderungen bei den Mitwirkenden, Fluktuation, Eintrittswahrscheinlichkeiten und sich ergebende Risiken	Personen sind fix	geregelt Organisation	hohe Fluktuation	Änderungen überall möglich	nicht vorhersehbare Dynamik	3
5	Umsystem: PROJEKTUMFELD (Welche Einflüsse von außen?)	Anzahl und Unterschiedlichkeit der relevanten Einflussgrößen aus der Umwelt (sachliche und soziale Umfeldfaktoren, Erwartungen der mittelbar einwirkenden Stakeholder), gesetzliche Randbedingungen, zu beachtende Beschränkungen	das Projekt ist als isoliert zu betrachten	leicht kontrollierbare Einflüsse ähnlicher Art, Risiken klar abgrenzbar	starke Einflüsse aus mehreren Umfeldaus-schnitten mit einzelnen hohen Risiken	viele schwer zu berücksichtigende, starke Einflüsse mit hohen Risiken	unklares, chaotisches Umfeld, unbekannt viele Einflüsse mit völlig unbestimmten Risiken	4
		Anzahl und Unterschiedlichkeit der Art der Einflussbeziehung (Einstellungen, Erwartungen/Befürchtungen, Macht, Auswirkungsschwere, Erkennungsmöglichkeit), Konsequenzen bei Nichtbeachtung, Pönalfunktionen						4
		Änderungspotenzial der Einflüsse , Unsicherheiten (Eintrittswahrscheinlichkeiten der Varianten), Risikohöhe						4
Total	GESAMTSYSTEM	KOMPLEXITÄT DES PROJEKTS	einfach	wenig komplex	ziemlich komplex	hoch komplex	extrem komplex	52

Abbildung 26: Anwendung des Scoring-Schema nach Patzak²¹¹

6.2.2 Einstufung des Projektes nach PATZAK

Durch die in Abbildung 26 zusammengefassten Ergebnisse ergibt sich eine Gesamtsumme von 52 Punkte. Durch Division mit den 15 Teilaspekten ergibt sich ein Komplexitätsgrad laut PATZAK von 3,47.

$$\text{Komplexitätsgrad} = \frac{52 \text{ Gesamtpunkte}}{15 \text{ Teilaspekte}} = 3,47 \quad [1]$$

Dies entspricht einem ziemlich komplexen Projekt, knapp an der Grenze zu einem hoch komplexen Projekt. Die wesentlichen Komplexitätstreiber lassen sich durch die Anzahl und Unterschiedlichkeit der

²¹¹ Vgl. PATZAK, G.: Messung der Komplexität von Projekten. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 5/2009. S. 43.

Projektbeteiligten (5 Punkte), die Zieländerungen (4 Punkte), die Änderungen im Projektgegenstand (4 Punkte) und das Projektumfeld (4 Punkte) ausmachen.

6.2.3 Fazit zum Klassifizierungssystem nach PATZAK

PATZAK verwendet einen systemischen Ansatz, indem er das System Bauprojekt in seine fünf Subsysteme unterteilt und diese nach den Hauptmerkmalen der Komplexität, Anzahl und Unterschiedlichkeit der Elemente, Anzahl und Unterschiedlichkeit der Relationen und der Dynamik untersucht.

Der Anwendungsbereich erstreckt sich über alle Projekte und ist nicht auf Bauprojekte im Speziellen beschränkt. Dadurch ergibt sich ein sehr weiter Anwendungsbereich, aber Eigenheiten von Bauprojekten bleiben somit unberücksichtigt.

Die Einteilung in die Komplexitätsstufen erfolgt in fünf Stufen und ergibt somit eine gute Abstufung der Komplexität.

Die Beschreibungen der einzelnen Aspekte und die Erläuterungen zur Einstufung der Komplexität sind, wie bereits erwähnt, sehr allgemein für alle Projekte gehalten. Einige der Beschreibungen und Erläuterungen können nur schwer auf das Bauwesen umgelegt werden, wodurch bei der Bewertung Interpretationsspielraum entsteht, auch wenn Komplexität natürlich mitunter subjektiv ist.

Schlussendlich ist das Bewertungssystem nach PATZAK ein aussagekräftiges Bewertungssystem, welches die Komplexität des untersuchten Bauprojektes sehr gut widerspiegelt. Die Einschätzung des Experten zu Beginn des Gesprächs (Komplexitätsgrad 4) stimmt annähernd mit dem Ergebnis des Bewertungssystems (Komplexitätsgrad 3,47) überein. Einzig durch Abrunden ergibt sich hierbei eine unterschiedliche Komplexitätskategorie, hoch komplex bei der Experteneinschätzung im Vergleich zu ziemlich komplex beim Bewertungssystem von PATZAK.

6.3 Anwendung von PMA in der Praxis

Nachfolgend wird der Complexity Sheet der Projekt Management Austria (PMA) ²¹² auf das untersuchte Bauprojekt angewandt. In Kapitel 6.3.1 wird wiederum versucht, die Bewertung der einzelnen Aspekte nachvollziehbar zu begründen. Bei Aspekten, die sich zum vorhergehenden Bewertungssystem von PATZAK wiederholen oder stark ähneln, wird auf die Begründung im vorhergehenden Kapitel verwiesen.

²¹² PMA - Projekt Management Austria: "Stichwort: Komplexitätsbewertung Projekte", <https://www.pma.at/de/service/downloads>, [zuletzt geprüft am: 26.08.2019].

In Kapitel 6.3.2 wird wieder die Einstufung in die Komplexitätskategorie vorgenommen und in Kapitel 6.3.3 gibt es ein Fazit zum Complexity Sheet der PMA.

6.3.1 Bewertung der Aspekte bei PMA

Die Bewertung erfolgt mittels vierstufiger Skala von sehr geringer Komplexität (1 Punkt) bis zu sehr hoher Komplexität (4 Punkte).

Aspekt Zielsetzung und Beurteilung der Lieferobjekte

Dieser Aspekt wurde mit einer 3 auf der vierteiligen Komplexitätsskala bewertet.

Zur Begründung wird auf den Aspekt Projektziel in Kapitel 6.2.1 verwiesen. Die Bewertung wurde aufgrund der großen Anzahl an Zielen und den vielen Zieländerungen getroffen.

Aspekt Umwelten und Integration

Der Aspekt Umwelt wurde mit der höchsten Kategorie 4 bewertet.

Durch die hohe Anzahl an Umwelteinflüssen, wie z.B. die Wohnungs- und Büroigentümer, Anrainer, Parkhausbetreiber und Politik wurde hier die höchste Kategorie vergeben. Weitere Details sind in der Begründung zum Aspekt Projektumwelt in Kapitel 6.2.1 zu finden.

Aspekt Kultur und sozialer Kontext

Dieser Aspekt wurde mit einem Wert von 3 bewertet.

Zu vergleichen ist er teilweise mit dem Aspekt Projektausführende aus Kapitel 6.2.1. Die Bewertung erfolgte aufgrund der Internationalität der Projektbeteiligten. Der Hotelbetreiber ist eine große spanische Hotelkette, die Fassadenbaufirma kam aus Slowenien. Auf Ebene der Bauarbeiter sind im Bauwesen generell viele unterschiedliche Kulturen beteiligt.

Aspekt Maß an Innovation

Das Maß an Innovation wurde mit einer hohen Komplexität von 3 bewertet.

Die Bewertung ergibt sich durch das neuartige Fassadensystem. Auch für die Tiefgaragenertüchtigung waren innovative statische Konzepte für die aufwendigen und architektonisch ansprechenden Stützen nötig. Zusätzlich waren kreative Wohngrundrisse gefordert, um die Auflagen aus dem Bebauungsplan zu erfüllen.

Aspekt Projektstruktur und Bedarf an Koordination

Der Aspekt Projektstruktur und Koordination wurde ebenfalls mit 3 Punkten bewertet.

Die Bewertung wurde hauptsächlich aufgrund des hohen Maßes an Koordination als Generalplaner in der Planung und als Bauaufsicht zwischen den ausführenden Gewerken getroffen. Zusätzliche

Koordination war durch die Eigentümerstruktur und den Hotelbetreiber gegeben.

Aspekt Projektorganisation

Der Aspekt Projektorganisation wurde gleich wie der Aspekt Projektstruktur mit 3 Punkten bewertet.

Durch das hohe Maß an Koordination ergaben sich viele Kommunikationsschnittstellen und der Bedarf an Kommunikation stieg. Daher wurde die Bewertung analog dem Aspekt der Projektstruktur vorgenommen.

Aspekt Führung, Teamarbeit und Entscheidungen

Dieser Aspekt wurde mit niedriger Komplexität (2 Punkte) bewertet.

Beim Projektteam handelte es sich um ein kleines homogenes Team. Die beteiligten Personen arbeiten bereits seit mehreren Jahren in der gleichen Konstellation zusammen.

Aspekt Ressourcen

Der Aspekt Ressourcen erhielt eine Bewertung von 3 Punkten.

Die Bewertung erfolgte aufgrund vieler unterschiedlicher Investoren.

Aspekt Risiko und Chancen

Der Aspekt Risiko und Chancen wurde mit 3 Punkten bewertet.

Das Projekt war für das Unternehmen bislang eines der größten. Da als Bauträger auch erhebliche Eigenmittel im Projekt steckten, war dieses Projekt mit hohem Risiko verbunden.

Aspekt PM Methoden, Werkzeuge und Techniken

Dieser Aspekt wurde mit niedriger Komplexität von 2 Punkten bewertet.

Es kamen keine besonderen Projektmanagement (PM) Methoden, die über ein Projekt dieser Größenordnung hinausgehen, zum Einsatz.

Complexity Sheet

- Das Complexity Sheet dient zur Beurteilung der Komplexität eines Projektes
- Für alle in dem Anmeldeformular (Punkt 6) angegebenen komplexen Projekte des Zertifizierungskandidaten/der Zertifizierungskandidatin, sowie für und mit der Anmeldung zu übermitteln.

Zertifizierungslevel	B				Diese Formular dient zur Bewertung der Komplexität. Jeder Parameter wird bewertet in Bezug auf die 4 Komplexitätsstufen (4 = hohe Komplexität, 1 = sehr geringe Komplexität). Bitte für jedes Kriterium einen Kommentar/Begründung abgeben.
Kandidat*in (Vorname, Nachname)					
Projekt					
Kriterium	Beschreibung des Kriteriums				Wert
	Signifikant Komplexität		Beschränkte Komplexität		
	Komplexität sehr hoch (4)	Komplexität hoch (3)	Komplexität niedrig (2)	Komplexität sehr gering (1)	
1. Zielsetzung, Beurteilung der Lieferobjekte Auftrag und Zielsetzung Konflikte in der Zielsetzung Transparenz im Auftrag und der Zielsetzung Abhängigkeiten in der Zielsetzung Anzahl und Beurteilung der Lieferobjekte	unbestimmt, unklar viele Konflikte versteckt große Abhängigkeit viele, mehrdimensional			bestimmt, klar wenige Konflikte transparent unabhängig gering, eindimensional	Geben!
Bewertung	o	.	o	o	3
2. Umwelten, Integration Umwelten, Interessengruppen Kategorien der Stakeholder Stakeholder Beziehungen Macht/Interessen der Umwelten	viele Umwelten viele, unterschiedlich unbekannt unterschiedliche Interessen			wenige wenige und gleiche Kategorien wenige und bekannte Beziehungen gleiche Interessen	Geben!
Bewertung	.	o	o	o	4
3. Kultur und Sozialer Kontext Unterschiede im Kontext Kulturelle Unterschiede Geographische Distanzen Sozialer Bereich	mannigfaltig multikulturell, viele große Distanzen groß, anspruchsvoll			wenig gleichförmig, gut bekannt nahe, zentral klein, leicht zu managen	Geben!
Bewertung	o	.	o	o	3
4. Maß an Innovation, Rahmenbedingungen Technologisches Maß an Innovation Bedarf an Kreativität Spielraum für Entwicklungen Interesse der Öffentlichkeit	unbekannte Technologie anspruchsvoll, kompliziert innovativer Ansatz groß großes öffentliches Interesse			bekannt, angewandte Technologie einfach, geradlinig Wiederholung begrenzt geringes öffentliches Interesse	Geben!
Bewertung	o	.	o	o	3
5. Projektstruktur, Bedarf an Koordination Strukturen die koordiniert werden Bedarf an Koordination Phasenstruktur Bedarf an Reporting	viele Strukturen, anspruchsvoll, kompliziert überlappend, gleichzeitig mehrdimensional, anspruchsvoll			wenige Strukturen einfach, geradlinig hintereinander eindimensional, überlicher Umfang	Geben!
Bewertung	o	.	o	o	3
6. Projektorganisation Anzahl von Kommunikationsschnittstellen Bedarf an Kommunikation Hierarchie Beziehung zur bestehenden Organisation	viele indirekt, anspruchsvoll, vielfältig mehrdimensional, Matrixstruktur intensive gegenseitige Beziehungen			wenig direkt, einfach eindimensional, einfach wenige Beziehungen	Geben!
Bewertung	o	.	o	o	3
7. Führung, Teamarbeit, Entscheidungen Anzahl an Mitarbeitern Teamstruktur Führungsstil Entscheidungsprozess	viele, großer Bereich dynamische Teams angepasst und viele viele, wichtige Entscheidungen			wenig, kleiner Bereich statische Teamstrukturen konstant und gleichförmig wenige wichtige Entscheidungen	Geben!
Bewertung	o	c	.	o	2
8. Ressourcen inkl. Finanzmittel Verfügbarkeit von Personen, Material, usw. Finanzmittel Beschaffung der Finanzierungsmittel Anzahl und Verschiedenheit der Personals	unklar, wechselnd viele Investoren, unterschiedliche Ressourcen groß (zu vergleichbaren Projekten) hoch			vorhanden, bekannt ein Investor und gleiche Ressourcen gering (zu vergleichbaren Projekten) gering	Geben!
Rating	o	.	o	o	3
9. Risiko und Chancen Vorhersehbarkeit von Risiken und Chancen Risikowahrscheinlichkeit, Bedeutung Einfluss Potential für Chancen Möglichkeiten zur Risikominimierung	gering, unklar hohes Risiko, großer Einfluß wenige Möglichkeiten großes Potential an Möglichkeiten			hoch, klar geringes Risikopotential, wenig Einfluß viele Möglichkeiten für Maßnahmen geringes Potential an Möglichkeiten	Geben!
Bewertung	o	.	o	o	3
10. PM Methoden, Werkzeuge und Techniken Vielfalt an Methoden und Werkzeugen Verwendung von Standards Verfügbarkeit von PM Unterstützung Prozentsatz von PM zu Gesamtaufwand	hohe Anzahl, vielfältig Anwendung von wenigen Standards Keine Unterstützung hoher Prozentsatz			wenig, einfach Anwendung gewohnter Standards viel Unterstützung geringer Prozentsatz	Geben!
Bewertung	o	c	.	o	2
Gesamtbewertung der Komplexität	Das Projekt ist für die Zertifizierung IPMA Level B geeignet.				29

Abbildung 27: Anwendung des Complexity Sheet von PMA²¹³

²¹³ Vgl. PMA - Projekt Management Austria: "Stichwort: Komplexitätsbewertung Projekte", <https://www.pma.at/de/service/downloads>, [zuletzt geprüft am: 26.08.2019].

6.3.2 Einstufung des Projektes nach PMA

In Abbildung 27 sind die Ergebnisse der einzelnen Aspekte im Complexity-Sheet nochmals zusammenfassend dargestellt. Die Gesamtsumme der Bewertungen ergibt 29 Punkte, womit das Projekt gemäß Tabelle 3 aus Kapitel 5.2 als hoch komplex einzustufen ist.

Die hohe Summe ergibt sich durch die durchschnittlich hohe Bewertung der Aspekte mit 3 Punkten. Der Aspekt Umwelt erhielt als Ausreißer nach oben eine Bewertung von 4 Punkten, die Aspekte Führung und PM-Methoden bekamen hingegen nur 2 Punkte.

Der Komplexitätsgrad errechnet sich entsprechend nachfolgender Formel mit 2,90.

$$\text{Komplexitätsgrad} = \frac{29 \text{ Gesamtpunkte}}{10 \text{ Teilaspekte}} = 2,90 \quad [2]$$

Weil das Bewertungsschema von PMA nur eine vierstufige Skala kennt, ergibt sich hier ein niedrigerer Wert, als z.B. bei PATZAK. Die Einstufung der Komplexität lässt sich aber durchaus vergleichen, hoch komplex bei PMA bzw. ziemlich komplex bei PATZAK. Auch die Aussage des Experten zu Beginn des Gesprächs deckt sich mit dieser Einstufung.

6.3.3 Fazit zum Klassifizierungssystem nach PMA

Der Complexity-Sheet verwendet keine systemischen Ansätze, obwohl sich alle untersuchten Aspekte auf die Komplexität auswirken.

Der Anwendungsbereich ist für Projekte aus allen Bereichen geeignet und nicht auf das Bauwesen beschränkt. Grundsätzlich dient der Complexity-Sheet zur Bewertung der Komplexität für das Projektmanagement.

Die Einstufung der Komplexität erfolgt hier in 4 Stufen, dadurch ergibt sich eine noch einigermaßen gute Einteilung der Komplexität. Allerdings springt die Komplexität von Stufe 2 auf Stufe 3 von niedrig direkt auf hoch. Hier wäre ein Zwischenschritt (z.B. mittlere Komplexität) und somit eine fünfte Stufe besser geeignet.

Die Beschreibungen für die Kriterien und deren Bewertungen sind auf allgemeine Projekte, und hierbei im Speziellen auf das Projektmanagement, abgestimmt. Daher ist es für Bauprojekte nicht ganz einfach auf Anhieb die richtige Einstufung zu finden.

Die Einstufung der Komplexität lässt sich nicht direkt mit den anderen Klassifizierungsverfahren vergleichen, deckt sich mit ihnen aber grundsätzlich. So ergab sich der Komplexitätsgrad mit 2,9 von 4,0, im Vergleich dazu lag er bei PATZAK bei 3,47 von 5,0. Auch die Einschätzung mit dem Experten (Stufe 4 von 5) zu Beginn der Befragung stimmt überein.

Somit ist der Complexity-Sheet von PMA ein geeignetes Verfahren zur Klassifizierung von Projekten aufgrund ihrer Komplexität.

6.4 Anwendung von LECHNER in der Praxis

In diesem Kapitel wird die Bewertungsmatrix von LECHNER²¹⁴ auf das untersuchte Bauprojekt angewandt. Dazu werden in Kapitel 6.4.1 die einzelnen Aspekte bewertet und begründet. Dabei wird bei der Begründung von einzelnen Aspekten auf die vorhergehenden Kapitel 6.2.1 und 6.3.1 verwiesen. Die Einteilung in die Projektklasse erfolgt in Kapitel 6.4.2 und in Kapitel 6.4.3 wird ein Fazit gezogen.

6.4.1 Bewertung der Aspekte bei LECHNER

Die Bewertung erfolgt mittels fünfteiliger Skala von niedriger Komplexität (1 Punkt) bis zu sehr hoher Komplexität (5 Punkte).

Aspekt Projektziele

Der Aspekt Projektziele wird mit 3 von 5 Punkten bewertet.

Die Bewertung erfolgte gleich, wie in den vorhergegangenen Kapiteln und wurde aufgrund der großen Anzahl an Zielen und den vielen Zieländerungen getroffen.

Aspekt Ressourcen AG

Der Aspekt Ressourcen des Auftraggebers (AG) wurde mit 4 Punkten bewertet.

Die Bewertung erfolgt aufgrund der Anzahl der Projektbeteiligten und deren Beziehungen untereinander

Aspekt strategische Bedeutung

Dieser Aspekt wurde mit einer Punktzahl von 4 bewertet.

Das Projekt war ein Prestigeprojekt und bislang das größte Projekt für das Unternehmen. Dazu wurde es bis zu einem gewissen Grad mitfinanziert, ein Scheitern hätte somit Auswirkungen auf das Büro gehabt. Somit hatte dieses Bauprojekt eine große strategische Bedeutung.

²¹⁴ LECHNER, H.: Projektklasse. In: planungswirtschaft, 06/2016.

Aspekt Neuartigkeit

Der Aspekt erhält eine Punktzahl von 4 Punkten.

Zu vergleichen ist dieser Aspekt mit dem Maß an Innovation aus Kapitel 6.3.1. Im Projekt wurden einige neue Aspekte umgesetzt. Das Fassadensystem wurde komplett neu entworfen, innovative statische Konzepte waren nötig um den Tiefgaragenumbau zu ermöglichen und kreative Wohngrundrisse mussten gefunden werden.

Aspekt Neubau, Umbau und Umbau im Betrieb

Dieser Aspekt wurde mit 4 Punkten bewertet.

Die Bewertung ergab sich daraus, dass die Tiefgarage auf allen Ebenen umgebaut und währenddessen der Betrieb aufrechterhalten werden musste.

Aspekt Risikoeinschätzung

Der Aspekt Risikoeinschätzung erhält in der Bewertung 4 Punkte.

Zu vergleichen ist dieser Aspekt mit dem Aspekt Risiko und Chancen aus Kapitel 6.3.1. Die große strategische Bedeutung für das Unternehmen ist mit großem Risiko verbunden. Ob alle Wohnungen zu verkaufen waren, war ebenfalls mit Risiko verbunden. Zusätzliche Risikofaktoren waren der Tiefgaragenumbau und gewisse Behördenauflagen.

Aspekt Projektdauer

Der Aspekt Projektdauer wurde mit 3 Punkten bewertet.

Die Projektdauer betrug von Projektbeginn bis zur Inbetriebnahme rund 6 Jahre.

Aspekt Projektkosten

Der Aspekt Projektkosten wurde ebenfalls mit 3 Punkten bewertet.

Die Projektkosten summierten sich auf rund 36 Mio. €.

Aspekt Anzahl der Planungsfelder und Fachbereiche

Dieser Aspekt wurde mit 3 Punkten bewertet.

Die Anzahl an Planungsfeldern und deren Abhängigkeiten bewegte sich in einer für einen Hochbau dieses Umfangs üblichen Größenordnung, daher wurde dieser Aspekt mit mittlerer Komplexität eingestuft.

Aspekt Anzahl ausführender Firmen oder Gewerke

Dieser Aspekt wurde mit einer Punktzahl von 3 bewertet.

Für einen Hochbau dieser Größenordnung bewegte sich die Anzahl der Gewerke in einer üblichen Größenordnung, daher wurde die Bewertung mit einer mittleren Komplexität vorgenommen.

Aspekt Anzahl der Verträge und Genehmigungen

Dieser Aspekt erhielt eine Punktzahl von 3 Punkten.

Die übliche Anzahl an Genehmigungen wurde durch die Situation mit Altstadtkommission, Denkmalschutz, Naturschutz und Behindertenreferat erheblich erhöht. Ebenso wurde neben den ausführenden Firmen, eine Mehrzahl an Verträgen mit z.B. Tiefgaragenbetreiber, Hotelbetreiber und zukünftigen Wohnungs- und Büroeigentümern abgeschlossen.

Aspekt Umfeld

Der Aspekt Umfeld wurde mit 4 Punkten bewertet.

Hier wird bei der Begründung wieder auf die vorhergehenden Kapitel verwiesen. Die Bewertung kam aufgrund der großen Anzahl an Einflüssen von außen zu Stande, z.B. zukünftige Eigentümer, Anrainer, Parkhausbetreiber, Politik, etc.

Bewertung	1 Pkt	2 Pkte	3 Pkte	4 Pkte	5 Pkte	6,7, ..., Pkte	Σ
A1 Anzahl Projektziele	sehr wenige Ziele quantitative Vorgabe	wenige Ziele gut formuliert keine Priorität	mehrere Ziele unterschiedliche Art	viele Ziele Prozessziele Nutzungsziele	sehr viele Ziele schwer erfassbar mehrere Prioritäten		3
A2 Ressourcen AG Besteller + Ersteller	1 + 1 Beteiligter 1 Gremium klare Aufgaben	1 + 2 Beteiligte 2 Gremien klare Aufgaben	2 + 3 Beteiligte 2 Gremien vermischte Interaktion	3 + 4 Beteiligte 3 Gremien vermischte Interaktion	3 + 5 Beteiligte 4 und mehr Gremien stark vermisch	10 →	3
A3 strategische Bedeutung	sehr gering Routineaufgabe	gering ausreichende Routine	mittlere Bedeutung einzelne Leistungsträger Einbeziehen einer Förderstelle	große Bedeutung wenige routinisierte Beteiligte mehrere Förderstellen/-regeln	sehr große Bedeutung übersteigt Routine und Erfahrung deutlich mehrere Finanzierungsebenen		4
A4 Neuartigkeit	sehr gering	gering	einzelne neue Aspekte	neue Teilsysteme	neue Systeme und unbekanntes Zusammenwirken		4
A5 Neubau / Umbau / in Betrieb	Neubau auf freiem Gelände	Neubau innerstädtisch	Neubau mit schwierigen Anschlüssen, Durchdringungen	Umbau, mittlere Eingriffe schwierige Anschlüsse eingeschränkter Betrieb im Bestand	Umbau, intensive Eingriffe sehr schwierige Anschlüsse bei lfd. (Weiter)Betrieb der Anlage		4
A6 Risikoeinschätzung	sehr geringes Risiko	geringes Risiko	Risiken und Reserven ausgeglichen	Risiken übersteigen Reserven	Risiken deutlich höher als Reserven		4
A7 Projekt - Dauer	1 + 2 Jahre	2 + 3 = 4 Jahre wenig verdichtet	3 + 4 = 6 Jahre verdichtet	4 + 4 = 7 Jahre verdichtet ineinandergeschoben	4 + 5 = 8 Jahre sehr verdichtet stark ineinandergeschoben	9 →	3
A8 Projekt - Kosten	0,8 - 3,5 Mio. €	3,8 - 15,0 Mio. €	15,0 - 50,0 Mio. € Kostendeckel	50,0 - 100,0 Mio. € enger Kostendeckel	100,0 - 300,0 Mio. € sehr enger Kostendeckel	300 - 500 = 8 500 - 750 = 7 750 - 1000 = 8 1000 - 1250 = 9	3
A9 Anzahl Planungsfelder, Fachbereiche	2 - 4 Planerfelder untereinander bekannt klare Aufgaben	4 - 8 Planerfelder mehrere Büros klare Aufgaben	8 - 12 Planerfelder mehrere Büros vermischte Aufgaben	12 - 16 Planerfelder viele Büros / Standorte vernetzte Interaktion	16-19 Planerfelder unterschiedl. Qualitäten viele Freelancer	19 →	3
A10 Anzahl ausführender Firmen und Gewerke ^{x)}	5 - 10	11 - 20 wenig Schnittstellen	21 - 30 mittlere Interaktion	31 - 40 viele Schnittstellen	41 - 70 hohe Interaktion sehr viele Schnittstellen	70 → 2 - 3 BT = +1 4 - ... BT = +2 →	3
A11 Verträge + Genehmigungen	übliche Verträge unkomplizierte Freigabe qualifizierte MW des AG	übliche VT-Erweiterungen festgelegte Freigaberegeln qualifizierte MW des AG	Vertragsweiterungen kalk. aufwendige Freigaberegeln qualifizierte MW des AG sprachüberschreitend	erhebliche VT-Erweiterungen Risikoverschiebungen schwierige Entscheidungen sprachüberschreitend	eigene Vertragswelt hohe Risikoverschiebung sehr schw. Entscheidungen sprachüberschreitend		3
A12 Umfeld	geringe Umwelteinflüsse geringe Erwartungen geringe Veränderungszahl	geringe Umwelteinflussgröße mittlere Erwartungen geringe Änderungen	mittlere Umwelteinflüsse mittlere Erwartungen mittlere Änderungen grenzüberschreitend	mittlere Umwelteinflüsse hohe Erwartungen grenzüberschreitend	hohe Umwelteinflüsse sehr hohe Veränderungen sehr viele Veränderungen grenzüberschreitend		4
	41 / 12 = 3,42 = Projektklasse 3 ← Bewertungspunkte						41

Abbildung 28: Anwendung des Analysebogens nach LECHNER²¹⁵

²¹⁵ Vgl. LECHNER, H.: Projektklasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 14.

6.4.2 Einstufung des Projektes nach LECHNER

Die Ergebnisse sind in Abbildung 28 zusammenfassend dargestellt. Daraus ergibt sich eine Gesamtsumme von 41 Bewertungspunkten. Durch Division mit den zwölf Teilaspekten errechnet sich der Komplexitätsgrad nach LECHNER mit 3,42.

$$\text{Komplexitätsgrad} = \frac{41 \text{ Gesamtpunkte}}{12 \text{ Teilaspekte}} = 3,42 \quad [3]$$

Das Projekt wird somit in Projektklasse (PKL) 3 eingestuft. Die Projektklasse entspricht dabei in etwa der Komplexität des Projektes, daher kann für das untersuchte Bauprojekt eine mittlere Komplexität festgestellt werden.

Zur besseren Übersicht und Darstellung lässt sich der Analysebogen in eine Spinnenmatrix übertragen (siehe Abbildung 29). Daraus lassen sich die Aspekte, die wesentlich zur Erhöhung der Komplexität beigetragen haben, erkennen. Diese sind die strategische Bedeutung für den AG, die Neuartigkeit, der Umbau während laufenden Betriebs, das Chancen-Risiko-Verhältnis und das Umfeld.

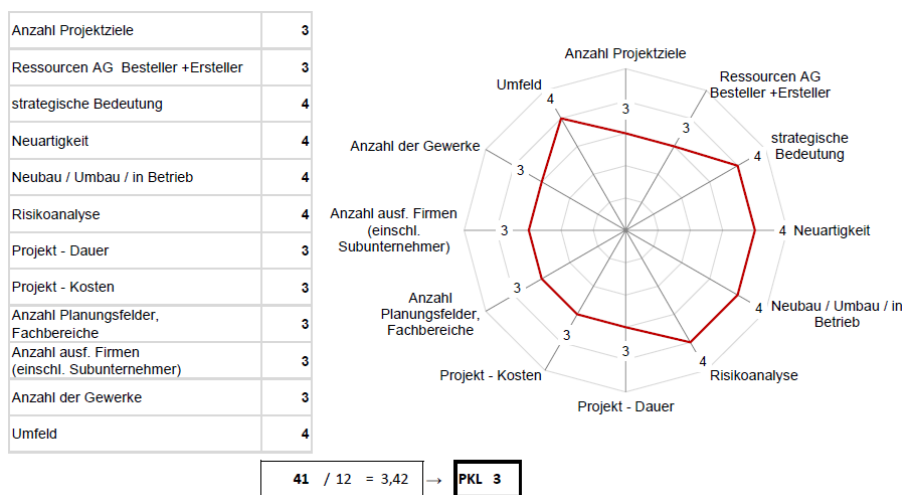


Abbildung 29: Darstellung als Spinnenmatrix²¹⁶

²¹⁶ Vgl. LECHNER, H.: Projektklasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 14.

6.4.3 Fazit zum Klassifizierungssystem nach LECHNER

LECHNER verwendet einen teilweise systemischen Ansatz, indem er manche der Aspekte nach Anzahl und Unterschiedlichkeit der Elemente, Anzahl und Unterschiedlichkeit der Relationen und den Änderungen untersucht.

Der Anwendungsbereich ist klar auf das Bauwesen abgestimmt. Die Projektklassen sind jedoch als Einteilungsschema für die Aufbauorganisation gedacht, um die Projekte schon zum Start in die richtige Richtung zu lenken. Allerdings lässt sich der Analysebogen auch in anderen Phasen des Projekts sehr gut einsetzen.

Die Bewertung der einzelnen Aspekte erfolgt mittels einer fünfteiligen Skala, womit eine sehr gute Abstufung der Komplexität gegeben ist.

Die Beschreibungen der einzelnen Aspekte und die Erläuterungen zur Einstufung sind, wie bereits vorher ausgeführt, auf das Bauwesen abgestimmt. Dadurch ist das Bewertungsschema leicht verständlich und ohne große Mühen anwendbar.

Das Bewertungsschema nach LECHNER ist ein gutes Bewertungssystem, das die Komplexität des untersuchten Bauprojektes sehr gut widerspiegelt. Das Ergebnis (Komplexitätsgrad 3,33 bzw. Projektklasse 3) stimmt recht gut mit der Einschätzung des Experten zu Beginn der Befragung (Komplexitätsgrad 4) überein. Vor allem die für das Bauwesen spezifischen Aspekte, erleichtern die Anwendung.

6.5 Anwendung von BRUNNER in der Praxis

In diesem Kapitel wird das Bewertungsverfahren nach BRUNNER²¹⁷ auf das untersuchte Bauprojekt angewandt. Zunächst wird in Kapitel 6.5.1 eine Bewertung vorgenommen und diese begründet. Die Aspekte zur Bestimmung der Komplexität orientieren sich stark an jenen von LECHNER, daher wird auf die Begründung in Kapitel 6.4.1 verwiesen.

In Kapitel 6.5.2 wird die Einstufung in die Komplexitätskategorien vorgenommen und in Kapitel 6.5.3 wird wiederum ein Fazit gezogen.

6.5.1 Bewertung der Aspekte bei BRUNNER

Die Bewertung der Komplexität erfolgt in drei Kategorien, gering (1 Punkt), mittel (2 Punkte) und hoch (3 Punkte).

²¹⁷ BRUNNER, C.: Koordinierte "Planung der Planung" und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauprojekten.

Aspekt Projektziele

Der Aspekt Projektziele wurde als mittel eingestuft und mit 2 Punkten bewertet.

Zur Begründung wird auf die vorhergehenden Kapitel verwiesen. Die Bewertung erfolgte aufgrund der großen Anzahl an Zielen und Zieländerungen.

Aspekt Projektorganisation

Der Aspekt Projektorganisation wurde ebenfalls mit 2 Punkten bewertet.

Dieser Aspekt ähnelt dem Aspekt Ressourcen des AG von LECHNER aus Kapitel 6.4.1. Die Einteilung erfolgte aufgrund der Anzahl der Projektbeteiligten.

Aspekt Neuartigkeit

Der Aspekt Neuartigkeit wurde mit der höchsten Komplexitätsstufe und somit mit 3 Punkten bewertet.

Die Bewertung erfolgte aufgrund des neu entworfenen Fassadensystems, innovativer statischer Konzepte und kreativer Grundrisslösungen. Für weitere Details wird auf die vorhergehenden Kapitel verwiesen.

Aspekt Planungsbeteiligte

Dieser Aspekt wurde mit 2 Punkten bewertet.

Die Anzahl an Planungsbeteiligten bewegte sich in einer für einen Hochbau dieser Größe üblichen Größenordnung.

Aspekt Beteiligte Gewerke

Der Aspekt wurde ebenfalls mit 2 Punkten bewertet.

Die Anzahl der beteiligten Gewerke befand sich auf einem üblichen Maß für ein Projekt dieser Größenordnung.

Aspekt Umfeld

Der Aspekt Umfeld wurde mit der Höchstpunktzahl von 3 bewertet.

Hier wird für die Begründung wieder auf die vorhergehenden Unterkapitel verwiesen. Die Bewertung kam aufgrund der zahlreichen Einflüsse von außen zu Stande, wie z.B. Anrainer, Parkhausbetreiber, Politik, etc.

Aspekt anrechenbare Baukosten

Der Aspekt der anrechenbaren Baukosten wurde mit mittlerer Komplexität von 2 Punkten bewertet.

Die Projektkosten betragen rund 36 Mil. €.

Komplexitätsstufen Bewertung	geringe 1 Punkte	mittel 2 Punkte	hoch 3 Punkte	Punkte
Komplexität – Merkmale/ Einflussgrößen				
Projektziele • Anzahl der unterschiedlichen Funktionsbereiche in einem Gebäude. • Anzahl und Unterschiedlichkeit der Anforderungen und Wechselwirkungen zwischen den Zielen, Zielhierarchie, und den Prioritätssetzungen.	1-4 Funktionsbereiche wenige Ziele und Vorgaben	5-8 Funktionsbereiche viele Ziele und Vorgaben	≥ 9 Funktionsbereiche sehr viele Ziele, z.T. schwer erfassbar, mehrere Prioritäten	2
Projektorganisation (Auftraggeberseite) • Anzahl der Beteiligten des Auftraggebers, Gremien, Nutzer	Einzelperson bis wenig Beteiligte (1-2 Stk.), keine bis 1 Gremium	2-3 Beteiligte, bis 2 Gremien	mehrere Beteiligte (ab 3 Stk.) und mehrere Gremien	2
Neuartigkeit • Anzahl neuer Aspekte, neuer Systeme und unbekanntes Zusammenwirken	gering	mittel (einzelne neue Aspekte)	mittel bis hoch	3
Planungsbeteiligte • Anzahl Planungsfelder, Fachbereiche	gering, klare Aufgabenverteilung (bis 8 Planungsfelder)	bis 8 - 12 Planungsfelder	über 12 Planungsfelder, mehrere Planungsbüros, vermischte Aufgaben	2
Beteiligte Gewerke • Anzahl der Gewerke	gering (bis 25 Stk.)	mittel (26-35 Stk.)	hoch (ab 35 Stk.)	2
Umfeld • Anzahl und Unterschiedlichkeit der Umwelteinflüsse (sachlich, sozial, medial) • Erwartungen (Einstellung, Vorstellungen, Befürchtungen) • Veränderungen (Eintrittswahrscheinlichkeit von Varianten, politische Veränderungen, technische, rechtliche Veränderungen)	gering	mittel	hoch	3
Anrechenbare Baukosten	25.000 € - 15. Mio. €	15 Mio. € - 50 Mio. €	50 Mio. € - 100 Mio. €	2
			Summe	16

Abbildung 30: Anwendung der Komplexitätseinstufung nach BRUNNER²¹⁸

6.5.2 Einstufung des Projektes nach BRUNNER

In Abbildung 30 sind die Aspekte und ihre Bewertung nochmals zusammengefasst. Die Gesamtpunktzahl summiert sich zu 16 Punkten. Gemäß BRUNNER liegt dadurch eine hohe Komplexität vor. Die Einstufung der Komplexität ist dabei nicht ganz konsistent. Wie in Tabelle 7 zu sehen, liegt bei einer Gesamtpunktzahl zwischen 1 und 7 Punkten eine geringe Komplexität vor. Dies setzt voraus, dass auch 0 Punkte vergeben werden können, anders wäre bei sieben Aspekten die Mindestpunktzahl 7.

²¹⁸ Vgl. BRUNNER, C.: Koordinierte "Planung der Planung" und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauprojekten. S. 63.

Bewertung (Gesamtpunktzahl)	Komplexität
1-7 Punkte	Gering
8-14 Punkte	Mittel
15-21 Punkte	Hoch

Tabelle 7: Einstufung der Komplexität nach BRUNNER²¹⁹

Aus diesem Grund wird auch noch der Komplexitätsgrad errechnet. Die 16 Gesamtpunkte werden durch die 7 Teilaspekte dividiert. Daraus ergibt sich ein Komplexitätsgrad von 2,29, welcher näher an einer mittleren Komplexität liegt.

$$\text{Komplexitätsgrad} = \frac{16 \text{ Gesamtpunkte}}{7 \text{ Teilaspekte}} = 2,29 \quad [4]$$

Der Vergleich mit den anderen Klassifizierungssystemen ist aufgrund der nur dreistufigen Bewertungsskala schwierig. Es kann lediglich die Aussage getroffen werden, dass sich die Komplexität auf einer mittleren bis hohen Stufe befindet, was mit den anderen Klassifizierungssystemen übereinstimmt.

6.5.3 Fazit zum Klassifizierungssystem nach BRUNNER

BRUNNER verwendet bei seinem Klassifizierungssystem keine systemischen Ansätze. Die Aspekte orientieren sich stark an jenen von LECHNER, wobei nicht alle übernommen wurden. Es werden nur sieben Aspekte untersucht, was der geringsten Anzahl aller betrachteten Klassifizierungssysteme entspricht.

Der Anwendungsbereich liegt im Bauwesen, dabei aber hauptsächlich auf Seiten der Planung.

Die Einstufung der Komplexität erfolgt lediglich in drei Stufen, wodurch keine differenzierte Abstufung erreicht wird. Eine fünfteilige Skala, wie bei PATZAK und LECHNER wird als wesentlich besser und sinnvoller angesehen. Der Vergleich mit den anderen Klassifizierungssystemen ist daher nur schwer möglich.

Das Klassifizierungssystem nach BRUNNER verwendet ähnliche, aber deutlich weniger Aspekte als LECHNER. Auch die Komplexitätsstufen sind weit weniger abgestuft als bei LECHNER. Daher kann das Klassifizierungssystem von BRUNNER nicht empfohlen werden, stattdessen wird gleich auf das Bewertungsschema von LECHNER verwiesen.

²¹⁹ Vgl. BRUNNER, C.: Koordinierte "Planung der Planung" und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauprojekten. S. 65.

6.6 Anwendung von KIRST in der Praxis

Nachfolgend wird das Klassifizierungssystem von KIRST²²⁰ auf das untersuchte Bauprojekt angewandt. In Kapitel 6.6.1 wird dabei auf die bewerteten Aspekte eingegangen, wobei nicht auf alle Bewertungskriterien der einzelnen Aspekte eingegangen wird. Eine Zusammenfassung und Einstufung finden in Kapitel 6.6.2 statt. Das Fazit gibt es in Kapitel 6.6.3.

6.6.1 Bewertung der Aspekte bei KIRST

Die Bewertung bei KIRST erfolgt mit maximal 10 Punkten pro Kriterium, wobei 1 Punkt auf keine Komplexität und 10 Punkte auf eine extreme Komplexität hinweisen. Jeder Aspekt wird nach den zwölf Eigenschaften der Komplexität untersucht, womit in Summe 120 Punkte für jeden Aspekt erreicht werden können.

Die einzelnen Matrizen mit den Bewertungen sind im Anhang A.1 zu finden.

Aspekt Projektziele

Der Aspekt Projektziele erzielte 79 von 120 möglichen Punkten. Der Komplexitätsgrad für die Projektziele liegt dabei bei 6,58, womit er an der Grenze zwischen „komplex“ und „hoch komplex“ liegt, mit leichter Tendenz zu „hoch komplex“. Dies deckt sich im Grunde mit den bereits untersuchten Bewertungsschemata.

Aspekt Projektumwelt

Der Aspekt Projektumwelt erreichte eine Gesamtpunktzahl von 93 Punkten und einen Komplexitätsgrad von 7,75. Damit liegt er stabil im hoch komplexen Bereich. Auch diese Bewertung deckt sich mit jenen von z.B. PATZAK und LECHNER mit jeweils 4 von 5 Punkten.

Aspekt Projektgegenstand

Der Aspekt Projektgegenstand wurde in Summe mit 71 Punkten bewertet. Der Komplexitätsgrad beträgt 5,92 und liegt somit am oberen Ende des komplexen Bereichs. Die anderen Klassifizierungssysteme kommen zu einem ähnlichen Ergebnis.

²²⁰ KIRST, D.: Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben.

Aspekt Projektorganisation

Der Aspekt Projektorganisation erhielt ebenfalls 71 Punkte und der Komplexitätsgrad lag somit auch bei 5,92. Er kann damit als komplex eingestuft werden und liegt damit ähnlich wie z.B. bei PMA.

Es wird angemerkt, dass die Beschreibungen bei dem Kriterium Pfadabhängigkeit nicht korrekt sind. So wird eine völlig neue Organisation als „einfach“ eingestuft, während eine Organisation wie bei vergangenen Projekten, als „extrem komplex“ eingestuft wird. Dies müsste genau gegenteilig lauten.

Aspekt Projektstruktur

Der Aspekt Projektstruktur erzielte 65 Punkte, dies entspricht einem Komplexitätsgrad von 5,42. Die Einstufung erfolgte somit in der mittleren Stufe „komplex“, vergleichbar mit den Ergebnissen der anderen Bewertungsschemata.

Aspekt Ressourcen

Der Aspekt Ressourcen wurde mit einer Gesamtpunktzahl von 65 bewertet. Der Komplexitätsgrad lag daher ebenfalls bei 5,42. Die Einstufung erfolgte somit als „komplex“ und deckt sich mit der Einstufung bei PATZAK oder PMA.

Aspekt Neuartigkeit

Der Aspekt Neuartigkeit erhielt 63 Punkte. Der Komplexitätsgrad betrug 5,25 und liegt am unteren Ende des „komplexen“ Bereichs. Er ist somit durchaus mit dem Aspekt Neuartigkeit von LECHNER vergleichbar.

Aspekt Verträge und Genehmigungen

Der Aspekt Verträge und Genehmigungen erzielte eine Gesamtpunktzahl von 63 Punkten und einen Komplexitätsgrad von 5,25. Die Einstufung erfolgt somit als „komplex“.

Aspekt Risiko und Chancen

Der Aspekt Risiko und Chancen wurde mit 69 Punkten bewertet. Der Komplexitätsgrad ergab 5,75 und liegt somit ziemlich in der Mitte des „komplexen“ Bereichs.

Hier haben sich bei der Beschreibung der Aspekte einige Fehler eingeschlichen. Das Kriterium Pfadabhängigkeit wird als „einfach“ bewertet, wenn es kein Potential an Möglichkeiten zur Risikominimierung gibt und als „extrem komplex“ bewertet, wenn sehr großes Potential an Möglichkeiten zur Risikominimierung besteht. Dies gehört vertauscht. Das gleiche gilt für das Kriterium Selbstreferenz.

Weiters wird das Kriterium Emergenz als „einfach“ bewertet, wenn es keine Möglichkeit für Chancenpotential gibt. Im Gegensatz dazu wird es als „extrem komplex“ bewertet, wenn sehr viele Möglichkeiten für Chancenpotential besteht. Auch hier müsste die Beschreibung genau vertauscht, anders lauten.

Schlussendlich tritt dieser Fehler in der Beschreibung auch beim Kriterium Überlebenssicherung auf. Eine Bewertung als „einfach“ erfolgt, wenn kein Erfolgspotential gegeben ist und als „extrem komplex“, wenn sehr viel Erfolgspotential vorhanden ist. Diese Beschreibungen müssten korrekterweise andersrum lauten.

Aspekt PM Methoden und Techniken

Der Aspekt PM Methoden und Techniken erreichte 39 Punkte und war damit jener Aspekt mit der geringsten Punktezahl. Der Komplexitätsgrad wurde mit 3,25 errechnet und ergab eine Einstufung als „wenig komplex“. Dies deckt sich durchaus mit der Einstufung bei PMA, welche eine niedrige Komplexität ergab.

Auch hier gibt es den Fehler in der Beschreibung des Kriteriums Überlebenssicherung wie bereits beim Aspekt Risiko und Chancen. Die Beschreibung „kein Erfolgspotential“ bei der Stufe „einfach“ muss mit jener von „sehr viel Erfolgspotential“ bei der Stufe „extrem komplex“ vertauscht werden.

6.6.2 Einstufung des Projektes nach KIRST

Die erreichten Punktzahlen der einzelnen Aspekte und die zugehörigen Komplexitätsgrade sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Über das gesamte Projekt ergab sich eine Gesamtpunktzahl von 678 Punkten.

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten		
Bewertungsaspekte	Erreichte Punktzahl	Gesamtpunktzahl = Erreichte Punktzahl/12
1. Projektziele	79	6,58
2. Projektumwelt	93	7,75
3. Projektgegenstand	71	5,92
4. Projektorganisation	71	5,92
5. Projektstruktur	65	5,42
6. Ressourcen	65	5,42
7. Neuartigkeit	63	5,25
8. Verträge und Genehmigungen	63	5,25
9. Risiko und Chancen	69	5,75
10. PM Methoden und Techniken	39	3,25
Punktzahl	678	56,51
Erreichter Grad der Komplexität	Der Grad der Komplexität des Projektes errechnet sich durch: Gesamtsumme der Aspekte/10	5,65

Tabelle 8: Zusammenfassung der Bewertung nach KIRST²²¹

²²¹ Vgl. KIRST, D.: Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben. S. 80.

Der Komplexitätsgrad für das Gesamtprojekt errechnet sich mit 5,65.

$$\text{Komplexitätsgrad} = \frac{\sum \text{Komplexitätsgrade Aspekte}}{\text{Teilaspekte}} = \frac{56,51}{10} = 5,65 \quad [5]$$

Das untersuchte Bauprojekt kann also als „komplexes“ Projekt eingestuft werden. Dies entspricht der mittleren Stufe auf der fünfstufigen Skala von KIRST. Als die größten Komplexitätstreiber konnten die Projektumwelt, die Projektziele, der Projektgegenstand und die Projektorganisation ausgemacht werden.

6.6.3 Fazit zum Klassifizierungssystem nach KIRST

KIRST verwendet zum Teil einen systemischen Ansatz. Nicht bei der Auswahl der Aspekte, diese wurden aus Expertenbefragungen und anderen Klassifizierungssystemen zusammengestellt, aber bei den Kriterien, nach denen die Aspekte bewertet werden. Jeder der zehn Aspekte wird anhand der zwölf Eigenschaften der Komplexität bewertet.

Der Anwendungsbereich bezieht sich auf das Bauwesen und im Speziellen auf das Projektmanagement.

Die Bewertung der einzelnen Aspekte erfolgt mit bis zu maximal 10 Punkten, wobei die Einstufung der Komplexität anhand einer fünfstufigen Skala erfolgt. 2 Punkte bilden also immer eine Stufe der Komplexität. Dadurch lässt sich innerhalb der Komplexitätsstufen die Bewertung feiner differenzieren, da man innerhalb der Stufe die höhere oder niedrigere Punktzahl vergeben kann. Die Vergleichbarkeit mit den anderen Klassifizierungssystemen wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Eine Beschreibung der Aspekte erfolgt nicht, daher ist es mitunter schwer nachzuvollziehen, was unter dem jeweiligen Aspekt zu verstehen ist. Hierbei muss man sich an den anderen Klassifizierungssystemen orientieren.

Die zwölf Eigenschaften der Komplexität sind als Bewertungskriterien für die Aspekte nur bedingt geeignet. Zum einen erfordert dies eine vertiefte Kenntnis über die Systemtheorie und Komplexität, die bei vielen Anwendern solcher Klassifizierungssysteme vermutlich nicht ausreichend gegeben ist. Zum anderen ist oftmals unklar, was damit gemeint ist, auch weil es mitunter schwer ist, sich vorzustellen, was unter z.B. „Überlebenssicherung der Neuartigkeit“ zu verstehen ist. Das macht eine Bewertung der einzelnen Kriterien schwierig, zumal die Beschreibungen dazu eher wenig Aufschluss geben.

Zudem waren einige Beschreibungen zur Einstufung der Komplexität, wie bereits in Kapitel 6.6.1 ausgeführt, nicht korrekt und hätten vertauscht

gehört. Das heißt, die Beschreibung zur Komplexitätsstufe „einfach“ gehört zur Komplexitätsstufe „extrem komplex“, und umgekehrt.

Der Zeitaufwand ist im Vergleich zu den bisher vorgestellten Klassifizierungssystemen deutlich höher, da bei KIRST in Summe 120 Bewertungen abgegeben werden müssen. Bei den anderen Bewertungsschemata bewegten sich die Bewertungen in einem Rahmen von 7 bis maximal 15 Bewertungen.

Vergleicht man das Endergebnis, also die Einstufung der Komplexität für das Gesamtprojekt, lässt sich durchaus feststellen, dass die anderen Klassifizierungssysteme zu einem ähnlichen Ergebnis, nämlich mittlerer Komplexität, kommen.

Aufgrund der häufigen Unklarheit in der Bewertung, dem erhöhten Zeitaufwand und den teilweisen Fehlern in der Beschreibung der Kriterien, wird das Bewertungsschema von KIRST, zur Anwendung in der Praxis, als nicht praktikabel empfunden.

6.7 Anwendung von HOFFMANN in der Praxis

In diesem Kapitel wird das Klassifizierungssystem von HOFFMANN²²² auf das untersuchte Bauprojekt angewandt. In Kapitel 6.7.1 wird die Bewertung der einzelnen Aspekte durchgeführt. In Kapitel 6.7.2 erfolgt die Einstufung in die Komplexitätsstufen und in Kapitel 6.7.3 wird ein Fazit gezogen.

6.7.1 Bewertung der Aspekte bei HOFFMANN

Die Bewertung bei HOFFMANN erfolgt in fünf Stufen von sehr gering (1 Punkt) bis sehr hoch (5 Punkte). In Summe sind somit maximal 25 Punkte für jeden Aspekt möglich.

Die einzelnen Matrizen mit den Bewertungen sind im Anhang A.2 zu finden.

Aspekt Ziele

Der Aspekt Ziele erzielte 16 von 25 möglichen Punkten. Der Komplexitätsgrad errechnet sich daraus mit 3,2, womit der Aspekt Ziele mit mittlerer Komplexität eingestuft wird. Diese Einstufung deckt sich in etwa mit den anderen untersuchten Klassifizierungssystemen.

Das Merkmal Veränderung wurde aufgrund der vielen Zieländerungen mit 4 Punkten bewertet, alle anderen Merkmale erhielten die Punktzahl 3.

²²² HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben.

Aspekt Objekt

Der Aspekt Objekt erreichte eine Gesamtpunktzahl von 14 Punkten und einen Komplexitätsgrad von 2,8. Dies bedeutet eine Einstufung als mittel komplex und ist mit den anderen Klassifizierungssystemen vergleichbar.

Dabei wurden an alle Merkmale 3 Punkte vergeben, einzig das Merkmal Wahrnehmung erhielt lediglich 2 Punkte.

Aspekt Neuartigkeit

Der Aspekt Neuartigkeit wurde in Summe mit 15 Punkten bewertet. Der Komplexitätsgrad ergab sich mit 3,0 und kommt somit auf das gleiche Ergebnis wie z.B. LECHNER.

Die Merkmale Veränderungen und Wahrnehmung erhielten jeweils 2 Punkte, das Merkmal Strukturen 3 Punkte und die Merkmale Verhalten und Umwelt jeweils 4 Punkte.

Aspekt Projekt

Der Aspekt Projekt bekam 17 Punkte, wodurch sich der Komplexitätsgrad von 3,4 ergibt. Auch dieses Ergebnis steht mit den anderen Klassifizierungsverfahren im Einklang.

Die Merkmale Veränderungen, Wahrnehmung und Umwelt erhielten 3 Punkte, während die Merkmale Strukturen und Verhalten aufgrund vieler Genehmigungsverfahren und hohem Koordinationsbedarf 4 Punkte erhielten.

Aspekt Methodik

Der Aspekt Methodik erreichte 12 Punkte und ist somit der am niedrigsten bewertete Aspekt. Der Komplexitätsgrad errechnet sich mit 2,4. Er ist somit als gering komplex einzustufen.

Die Merkmale Veränderungen, Wahrnehmung und Umwelt erhielten jeweils 2 Punkte, die Merkmale Strukturen und Verhalten erhielten jeweils 3 Punkte.

Aspekt Organisation

Der Aspekt Organisation erzielte eine Gesamtpunktzahl von 14 Punkten und einen Komplexitätsgrad von 2,8. Der Aspekt wird als mittel komplex klassifiziert.

Es wurden alle Merkmale mit 3 Punkten bewertet, einzig das Merkmal Umwelt erhielt nur 2 Punkte.

Aspekt Ressourcen

Der Aspekt Ressourcen erhielt ebenfalls 14 Punkte und einen Komplexitätsgrad von 2,8. Dies bedeutet eine mittlere Komplexität.

Auch hier wurden alle Merkmale mit durchschnittlich 3 Punkten bewertet, nur das Merkmal Umwelt erhielt 2 Punkte.

Aspekt Kultur

Der Aspekt Kultur erreichte 13 Punkte. Der Komplexitätsgrad lag bei 2,6. Die Einstufung der Komplexität erfolgt somit auf mittlerer Stufe.

Die Merkmale Veränderungen und Umwelt bekamen jeweils 2 Punkte, die Merkmale Strukturen, Wahrnehmung und Verhalten jeweils 3 Punkte.

Aspekt Chancen/Risiken

Der Aspekt Chancen und Risiken wurde mit einer Gesamtpunktzahl von 16 bewertet. Der Komplexitätsgrad liegt bei 3,2, was einer mittleren Komplexität entspricht. Damit liegt dieser Aspekt eine Stufe niedriger als z.B. bei LECHNER.

Es wurden alle Merkmale mit 3 Punkten bewertet, nur das Merkmal Umwelt erhielt aufgrund des hohen Risikoeinflusses aus der Umwelt einen höheren Wert von 4.

Aspekt Umfeld

Der Aspekt Umfeld erzielte eine Gesamtpunktzahl von 18 Punkten und einen Komplexitätsgrad von 3,6. Er ist damit der höchst bewertet Aspekt und ist als einziger mit hoher Komplexität eingestuft.

Die Merkmale Veränderungen und Verhalten wurden mit jeweils 3 Punkten bewertet, die Merkmale Strukturen, Wahrnehmung und Umwelt mit jeweils 4 Punkten bewertet.

6.7.2 Einstufung des Projektes nach HOFFMANN

Die Bewertungen aus dem vorhergehenden Kapitel sind in Abbildung 31 zusammengefasst. Darin ist auch der spezifische Komplexitätsgrad für jeden Indikator (Aspekt) in der Spalte rechts nochmals dargestellt. Zusätzlich lässt sich ein spezifischer Komplexitätsgrad für jedes Merkmal errechnen, in der untersten Zeile dargestellt. Die spezifischen Komplexitätsgrade für die Merkmale reichen von 2,8 bis 3,2. Es zeigt sich, dass jedes Merkmal in etwa gleich stark zur Komplexität des gesamten Bauprojektes beiträgt.

GRAD DER KOMPLEXITÄT (K _B)							3,0
INDIKATOR	MERKMAL					Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K _i)	
	1	2	3	4	5		
	STRUKTUREN	VERÄNDERUNGEN	WAHRNEHMUNG	VERHALTEN	UMWELT		
1	ZIELE	3	4	3	3	3	3,2
2	OBJEKT	3	3	2	3	3	2,8
3	NEUARTIGKEIT	3	2	2	4	4	3,0
4	PROJEKT	4	3	3	4	3	3,4
5	METHODIK	3	2	2	3	2	2,4
6	ORGANISATION	3	3	3	3	2	2,8
7	RESSOURCEN	3	3	3	3	2	2,8
8	KULTUR	3	2	3	3	2	2,6
9	CHANCEN/RISIKEN	3	3	3	3	4	3,2
10	UMFELD	4	3	4	3	4	3,6
Spezifischer Komplexitätsgrad (Merkmal) (K _M)		3,2	2,8	2,8	3,2	2,9	

 Abbildung 31: Bewertungstabelle nach HOFFMANN²²³

Weiters findet man rechts oben den Komplexitätsgrad für das gesamte Bauprojekt, errechnet nach der folgenden Formel:

$$\text{Komplexitätsgrad} = \frac{\sum \text{spez. Komplexitätsgrade}}{\sum \text{Indikatoren}} = \frac{29,8}{10} = 2,98 \quad [6]$$

Der Komplexitätsgrad für das untersuchte Bauprojekt beträgt also gerundet 3,0, was eine mittlere Komplexitätseinstufung bedeutet (siehe Abbildung 32). Damit ist die Komplexität in etwa auf dem gleichen Niveau wie bei allen anderen Klassifizierungsverfahren (im Vergleich: PATZAK 3,47 von 5; PMA 2,9 von 4; LECHNER 3,42 von 5). Einzig die Experteneinschätzung zu Beginn der Befragung (4 von 5) weicht um eine Komplexitätsstufe ab.

Grad	Eigenschaft	Umgang	Komplexität
1	einfach, statisch	gut beherrschbar	sehr gering
2	kompliziert, periodisch	noch beherrschbar	gering
3	komplex, dynamisch	beherrschbar mit Erfahrung	mittel
4	hoch komplex und dynamisch	beherrschbar mit Spezialisierung	hoch
5	chaotisch dynamisch	kaum beherrschbar	sehr hoch

 Abbildung 32: Bewertungsmaßstab für die Komplexität bei HOFFMANN²²⁴

²²³ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 277.

²²⁴ Vgl. HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. S. 224.

6.7.3 Fazit zum Klassifizierungssystem nach HOFFMANN

HOFFMANN verwendet in seinem Klassifizierungssystem einen systemischen Ansatz, indem er einen Komplexitätskreis und einen Projektsystemkreis bildet. Im Komplexitätskreis werden den fünf Merkmalen (Struktur, Veränderung, Wahrnehmung, Verhalten und Umwelt) die zwölf Eigenschaften der Komplexität zugeordnet. Im Projektsystemkreis bildet er aus den fünf Subsystemen des Systems Bauprojekt die zehn Indikatoren bzw. Aspekte. So ergeben sich zehn Indikatoren (Aspekte), die anhand der fünf Merkmale bewertet werden.

Der Anwendungsbereich ist klar auf das Bauwesen ausgelegt, dies spiegelt sich in der Auswahl der Indikatoren wider. Die Beschreibung der Indikatoren und in weiterer Folge der Bewertungsstufen entspricht ebenfalls den Gegebenheiten von Bauprojekten. Durch die Abstimmung auf das Bauwesen fällt die Bewertung der Merkmale leicht.

Die Bewertung der Merkmale bei den Aspekten erfolgt mittels einer fünfstufigen Skala von 1 bis maximal 5 Punkten. Damit lässt sich das Bewertungsschema gut mit den anderen Schemata vergleichen. PATZAK und LECHNER verwenden ebenso eine fünfstufige Skala.

Der Zeitaufwand ist im Vergleich zu diesen beiden etwas höher, da in Summe 50 Bewertungen vergeben werden müssen, hält sich aber noch in Grenzen. Die anderen Klassifizierungssysteme kommen dabei mit maximal 15 Bewertungen aus. Einzig bei KIRST sind 120 Bewertungen nötig.

Der Vergleich des Endergebnisses, also die Einstufung der Komplexität des Gesamtprojektes, liefert das gleiche Bild, wie bei allen anderen Klassifizierungssystemen zuvor. Die Ergebnisse sind durchaus miteinander vergleichbar und der Komplexitätsgrad bewegt sich in etwa auf einer Höhe.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Klassifizierungssystem von HOFFMANN ein gutes, verständliches und leicht anzuwendendes Bewertungsschema ist.

7 Bewertung der Klassifizierungssysteme

Anhand dem Expertengespräch in Kapitel 6 und den daraus gewonnenen Erkenntnissen werden die untersuchten Klassifizierungssysteme gegenübergestellt und miteinander verglichen. Daraus soll sich das für die Klassifizierung von Bauprojekten am besten geeignete herauskristallisieren.

7.1 Vergleich der Klassifizierungssysteme

In diesem Kapitel sollen die untersuchten Klassifizierungssysteme aus den vorhergehenden Kapiteln nochmals kurz zusammengefasst gegenübergestellt werden. Die Gegenüberstellung erfolgt anhand der Kriterien systemischer Ansatz, Anwendungsbereich, Verständlichkeit und Anwendbarkeit, Zeitaufwand und Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Eine Gegenüberstellung in Tabellenform findet sich in Abbildung 33.

7.1.1 Systemischer Ansatz

Lediglich PATZAK und HOFFMANN verwenden einen systemischen Ansatz. PATZAK untersucht die fünf Subsysteme von Bauprojekten nach der Art und Unterschiedlichkeit der Elemente, der Art und Unterschiedlichkeit der Relationen und deren Dynamik. HOFFMANN identifiziert zehn Indikatoren der Komplexität, die er den vier Subsystemen und dem Umsystem zuordnet. Diese werden nach fünf Merkmalen (Strukturen, Veränderung, Wahrnehmung, Verhalten, Umwelt) untersucht, wodurch die zwölf Eigenschaften der Komplexität abgebildet werden.

LECHNER und KIRST haben teilweise systemische Ansätze. LECHNER untersucht manche seiner Aspekte der Komplexität nach Art und Unterschiedlichkeit der Elemente, Art und Unterschiedlichkeit der Relationen und der Dynamik. KIRST definiert zehn Aspekte und bewertet diese mittels der zwölf Eigenschaften der Komplexität.

Bei BRUNNER und PMA waren keine systemischen Ansätze erkennbar.

7.1.2 Anwendungsbereich

PATZAK versucht eine allgemeine Bewertung der Komplexität von Projekten vorzunehmen. Auf Besonderheiten aus dem Bauwesen wird dabei nicht eingegangen.

Der Complexity-Sheet der PMA dient zur Bewertung der Komplexität eines Projektes im Projektmanagement. Der Anwendungsbereich erstreckt sich

über alle Bereiche von Projekten und ist nicht speziell auf das Bauwesen abgestimmt.

Das Klassifizierungssystem von LECHNER ist für die Anwendung in der Projektphase 1 Projektvorbereitung, und somit für Projektleitung, Projektsteuerung und Planung gedacht. Er schlägt die Einführung von Projektklassen für die Aufbauorganisation vor. Damit können vorgefertigte Leistungsbilder, Honorarberechnungstabellen und Organisationshandbücher zurechtgelegt werden. Das System wurde speziell für das Bauwesen entwickelt.

BRUNNER versucht die Komplexität der Planung von Bauprojekten zu ermitteln. Er verwendet dabei die gleichen Aspekte wie LECHNER, womit der Bezug zum Bauwesen gegeben ist.

KIRST betrachtet in seinem Klassifizierungssystem gezielt Bauprojekte. Das System kann hierbei in allen Projektphasen eingesetzt werden.

Das Klassifizierungssystem von HOFFMANN ist auf Bauprojekte abgestimmt und bezieht dabei alle Beteiligten, wie Auftraggeber, Planer und Ausführende mit ein.

7.1.3 Verständlichkeit und Anwendbarkeit der Aspekte

Die Aspekte und deren Bewertung bei LECHNER und HOFFMANN sind gut auf Bauprojekte abgestimmt und daher leicht verständlich. Die Bewertung kann aufgrund von schlüssigen Komplexitätsstufen und einer guten Beschreibung leicht vorgenommen werden.

Die Klassifizierungssysteme von PATZAK und PMA sind nicht allein auf das Bauwesen ausgerichtet. Daher sind die Erläuterungen zu den Aspekten und den Komplexitätsstufen nicht immer schlüssig. Dies wirkt sich auf die Verständlichkeit und generelle Anwendbarkeit des Klassifizierungssystems aus.

BRUNNER verwendet die gleichen Aspekte wie LECHNER, unterteilt sie aber in nur drei Komplexitätsstufen. Dadurch ist eine feinere Abstufung der Komplexität nicht mehr möglich, was sich negativ auf die Anwendbarkeit des Klassifizierungssystems auswirkt.

Das Klassifizierungssystem von KIRST verwendet die zwölf Eigenschaften der Komplexität und wendet sie auf zehn Komplexitätsaspekte an. Nachdem das Know-how über Komplexität nicht sehr verbreitet ist, sind die zwölf Eigenschaften der Komplexität auch nur einem kleinen Anwenderkreis bekannt. Daher ist eine Untersuchung der Aspekte nach den Eigenschaften der Komplexität nicht zielführend. Zusätzlich sind die Beschreibungen der Komplexitätsstufen nicht sehr schlüssig und auch teilweise fehlerhaft. All das wirkt sich negativ auf die Verständlichkeit und Anwendbarkeit aus.

7.1.4 Zeitaufwand

Grundsätzlich ist bei allen Klassifizierungssystemen ein erhöhter Zeitaufwand für das Zusammentragen aller benötigten Informationen anzusetzen. Dieser Zeitaufwand kann hier aber nicht bewertet werden und wird sich bei allen Bewertungsschemata in einem ähnlichen Rahmen bewegen.

Die Klassifizierungssysteme von PATZAK, PMA, LECHNER und BRUNNER bewegen sich alle in einem ähnlichen Zeitaufwand. Hier ist lediglich eine geringe Anzahl an Bewertungen durchzuführen. Die Anzahl der Bewertungen beträgt bei PATZAK 15, bei PMA 10, bei LECHNER 12 und bei BRUNNER nur 7.

Bei KIRST sind um ein Vielfaches mehr Bewertungen durchzuführen, nämlich 10 Aspekte mit jeweils 12 zu bewertenden Kriterien. Somit ergeben sich in Summe 120 Bewertungen. Erschwerend kommt hinzu, dass wie bereits vorhin erwähnt, die Beschreibung nicht sehr schlüssig ist und dadurch der Zeitaufwand nochmals erhöht wird.

Bei HOFFMANN sind es nicht mehr ganz so viele Bewertungen, aber in Summe dennoch 50. Diese ergeben sich aus den 10 Indikatoren, die nach jeweils 5 Merkmalen bewertet werden.

Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob diese hohe Zahl an Bewertungen wie bei KIRST oder HOFFMANN unbedingt nötig ist. Eine hohe Zahl an Bewertungen liefert womöglich ein genaueres Ergebnis, aber wie Kapitel 6 gezeigt hat, ist das Ergebnis bei allen Klassifizierungssystemen sehr ähnlich. Weiters ist Komplexität objektiv nicht messbar, sondern nur subjektiv einschätzbar. Dafür reicht auch eine geringere Anzahl der Bewertungen eindeutig aus.

7.1.5 Anzahl Komplexitätsstufen

Durch die Komplexitätsstufen wird eine Einteilung der Projekte vorgenommen und ihr Vergleich untereinander ermöglicht.

PATZAK, LECHNER, KIRST und HOFFMANN verwenden jeweils eine Einteilung in fünf Komplexitätsstufen. KIRST benutzt zur Bewertung eine zehnteilige Skala, diese wird aber in fünf Komplexitätsstufen zurückgeführt.

PMA stuft die Komplexität in vier Stufen ein. Der Sprung geschieht hier direkt von niedriger zu hoher Komplexität. Es zeigt sich, dass eine weitere, mittlere Stufe fehlt, in der ein Großteil der Projekte zu liegen käme.

BRUNNER verwendet nur mehr drei Komplexitätsstufen, die für eine Anwendung in der Praxis als nicht ausreichend erachtet werden.

Zur Einteilung der Komplexität werden fünf Stufen als optimal angesehen. Daraus ergibt sich eine gute aussagekräftige Abstufung der Komplexität.

	PATZAK	PMA	LECHNER	BRUNNER	KIRST	HOFFMANN
Systemischer Ansatz	Ja	Nein	Teilweise	Nein	Teilweise	Ja
Anwendungsbereich	Allgemein	Allgemein	Bauwesen	Bauwesen	Bauwesen	Bauwesen
Verständlichkeit	Gut	Gut	Sehr gut	Gut	Schlecht	Sehr gut
Zeitaufwand	Gering	Gering	Gering	Gering	Hoch	Mittel
Komplexitätsstufen	5	4	5	3	5	5
Vergleichbarkeit des Ergebnisses mit anderen Klassifizierungssystemen	Ja	Bedingt	Ja	Bedingt	Ja	Ja
Untersuchtes Bauprojekt						
Erreichter Komplexitätsgrad	3,47 (von 5)	2,9 (von 4)	3,42 (von 5)	2,29 (von 3)	5,65 (von 10)	2,98 (von 5)
Einstufung der Komplexität	Ziemlich komplex	Hohe Komplexität	PKL 3	Mittlere Komplexität	Komplex	mittel

Abbildung 33: Gegenüberstellung der Klassifizierungssysteme

7.1.6 Vergleichbarkeit der Ergebnisse

Vergleicht man alle Ergebnisse der Klassifizierungssysteme aus dem untersuchten Bauprojekt, zeigt sich ein durchaus ähnliches Niveau. Bei den Komplexitätsstufen wird das Bauprojekt bei allen Systemen mit einer mittleren Komplexität eingestuft. Hier unterscheidet sich lediglich die Bezeichnung der Komplexitätsstufen.

Vergleicht man die einzelnen Komplexitätsgrade aus Abbildung 33, zeigt sich ein leicht differenziertes Bild. So liegen alle Systeme zwar in etwa immer noch gleich auf, aber jene von KIRST und HOFFMANN fallen leicht ab. Der Komplexitätsgrad bei HOFFMANN ist mit 2,96 im Vergleich zu PATZAK oder LECHNER mit 3,47 bzw. 3,42 um 0,5 Punkte niedriger. Dies kann bei einem etwas anderem Ergebnis eine Einstufung in eine andere Komplexitätsstufe bedeuten.

Dividiert man den Komplexitätsgrad durch die Bewertungsstufen, ergibt sich der normierte Komplexitätsgrad. Somit lassen sich die Komplexitätsgrade besser vergleichen. Der mittlere normierte Komplexitätsgrad über alle Klassifizierungssysteme liegt bei 0,67. Man erkennt, dass PATZAK und LECHNER ziemlich nah am Mittelwert liegen. PMA und BRUNNER liegen darüber, das Bauprojekt wird also als komplexer eingestuft. KIRST und HOFFMANN liegen unterhalb des Mittelwerts, die Komplexität des Bauprojekts wird als nicht so hoch eingestuft.

	Komplexitäts- grad	Bewertungs- stufen	Normierter Komplexitätsgrad
PATZAK	3,47	5	0,69
PMA	2,9	4	0,73
LECHNER	3,42	5	0,68
BRUNNER	2,29	3	0,76
KIRST	5,65	10	0,57
HOFFMANN	2,96	5	0,59

Abbildung 34: Normierter Komplexitätsgrad des untersuchten Bauprojekts

7.2 Empfehlung eines Klassifizierungssystems

In diesem Kapitel soll das am besten für eine Anwendung in der Praxis geeignete Klassifizierungssystem festgelegt werden. Dazu werden die Erkenntnisse des Vergleichs aus dem vorhergehenden Kapitel und das Expertengespräch herangezogen.

Als bestes Klassifizierungssystem kristallisierte sich im Rahmen dieser Arbeit jenes von LECHNER heraus. Sein Anwendungsbereich ist klar auf das Bauwesen abgestimmt. Die Aspekte und die Klassifizierungsstufen sind klar verständlich und sind gut auf das Bauprojekt anwendbar, was der ausschlaggebende Punkt für die Bewertung als bestes Klassifizierungssystem war. Der Zeitaufwand ist relativ gering, sodass man ohne viel Aufwand einen Überblick über die Komplexität des Projektes erhält. Ebenso ist das Ergebnis der Bewertung mit den Ergebnissen der anderen Klassifizierungssysteme gut vergleichbar und bewegt sich auf ähnlichem Niveau. Daher wurde das Klassifizierungssystem von LECHNER als bestes und praktikabelstes Bewertungsschema ausgewählt.

Allerdings sind auch andere Klassifizierungssysteme durchaus zum Einsatz in der Praxis geeignet. Das Bewertungsschema von HOFFMANN liegt nur knapp hinter jenem von LECHNER. Es wurde aufgrund der hohen Anzahl an Bewertungen und dem damit verbundenen erhöhten Zeitaufwand dahinter gereiht. Außerdem fällt es im Vergleich der Ergebnisse zu z.B. LECHNER oder PATZAK leicht ab.

Die Systeme von PATZAK oder PMA sind zwar auch noch gute Klassifizierungssysteme, fallen aber aufgrund der fehlenden Abstimmung auf das Bauwesen im Ranking zurück.

Die Klassifizierungssysteme von BRUNNER und KIRST können für eine Anwendung in der Praxis nicht empfohlen werden. Dafür werden bei BRUNNER zu wenige Komplexitätsaspekte berücksichtigt und zu wenig Bewertungsstufen verwendet. Bei KIRST hingegen liegt es vor allem an der mangelnden Verständlichkeit und Praktikabilität.

Daraus ergibt sich nachfolgende subjektive Reihung der Klassifizierungsverfahren:

1. LECHNER
2. HOFFMANN
3. PATZAK
4. PMA
5. KIRST
6. BRUNNER

7.3 Fazit zu den Klassifizierungssystemen

Das Klassifizierungssystem von LECHNER hat sich im Rahmen dieser Arbeit als bestes und praktikabelstes System zur Bewertung der Komplexität von Bauprojekten herauskristallisiert.

Aber es gibt auch noch andere Systeme, die zur Klassifizierung von Bauprojekten herangezogen werden. Diese sind alle mehr oder weniger zur Klassifizierung von Bauprojekten geeignet. Als weiteres zu empfehlendes System ist hier z.B. jenes von HOFFMANN zu nennen. Was die Einstufung der Komplexität betrifft, liefern alle Systeme ähnliche Ergebnisse.

Allerdings ist zu sagen, dass diese Einschätzung zu den Klassifizierungssystemen sehr subjektiv ist und nur anhand eines untersuchten Bauprojekts zustande kam. Hier sind definitiv noch weitere Untersuchungen anzustellen um das Ergebnis zu verifizieren.

Generell ist Komplexität sehr subjektiv. Sie hängt einerseits von der Auswahl der zu untersuchenden Komplexitätsaspekte und andererseits von der Bewertung dieser Aspekte ab. Keines der Bewertungsschemata erhebt den Anspruch der Vollständigkeit. Die vorgestellten Klassifizierungssysteme bieten lediglich ein vorgefertigtes Schema und können nach den eigenen Bedürfnissen angepasst oder miteinander kombiniert werden.

Zur Einschätzung der Komplexität eines Bauprojektes sind Klassifizierungssysteme ein gutes Werkzeug. Durch das vorgefertigte Schema wird sichergestellt, dass bereits erprobte Systeme zum Einsatz kommen und auch möglichst alle Aspekte der Komplexität berücksichtigt werden. Außerdem liefern sie einige Vorteile, die in Kapitel 8.1 näher erläutert werden.

8 Diskussion

8.1 Vorteile bei Anwendung von Komplexitätsklassifizierung

Die Anwendung von Methoden zur Klassifizierung der Komplexität bringt einige Vorteile mit sich. Man weiß bereits zu Beginn des Projektes über die Komplexität Bescheid. Es wird eine Möglichkeit zur besseren Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Projekten geschaffen. Und der Ressourceneinsatz kann auf die Projektkomplexität abgestimmt werden.

8.1.1 Einschätzung der Komplexität

Ein großer Vorteil von Klassifizierungssystemen ist, dass die Komplexität des Bauprojektes im Vorhinein bekannt ist, und man nicht im Projektverlauf davon überrascht oder überrumpelt wird. Die vielen komplexitätsverursachenden Aspekte werden auf eine prägnante Zahl heruntergebrochen. Es hilft dabei, schon früh den Fokus auf die relevanten, komplexitätsverursachenden Bereiche zu legen. Somit kann man bereits in einer frühen Phase des Projekts, oder noch vor Beginn, Maßnahmen gegen die Komplexität einleiten. Man muss sich also bereits zum Projektstart intensiv mit den Gegebenheiten des Projekts auseinandersetzen.

LECHNER schlägt vor, dass Projekte der Klasse 3-4 und 5 mit intensiver Vorbereitung in der Projektphase 1, der Projektvorbereitung, starten sollten.²²⁵

Klassifizierungssysteme stellen sicher, dass durch die systematische Vorgehensweise der Betrachtung, alle Aspekte der Komplexität mitberücksichtigt und keine vergessen werden.

Komplexität ist grundsätzlich subjektiv. Sie hängt davon ab, welche Kriterien zur Bewertung der Komplexität herangezogen werden und wie diese Kriterien bewertet werden. Durch Klassifizierungssysteme wird, ähnlich einer Entscheidungsmatrix bei z.B. Bauverfahrensvergleichen, die Komplexitätsbewertung objektivierbar gemacht. Es wird einerseits nachvollziehbar, welche Kriterien zur Bewertung herangezogen wurden und andererseits, wie diese bewertet wurden. Diese Objektivität und Nachvollziehbarkeit ist Grundlage für alle weiteren möglichen Einsatzbereiche und Vorteile der Komplexitätsklassifizierung.

²²⁵ Vgl. LECHNER, H.: Projektklasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 13.

8.1.2 Vergleichbarkeit zwischen Projekten

Ein weiterer Vorteil bei der Verwendung von Verfahren zur Klassifizierung der Komplexität ist die bessere Vergleichbarkeit der Projekte. Dadurch lässt sich eine Art Wissensspeicher aufbauen, in dem alle Projekte gesammelt sind. Daraus lässt sich dann ableiten, welche Projekte eher einfach und welche komplex sind. Auch die Gründe für erhöhte Komplexität sind daraus ablesbar. Somit kann auf bekannte und bereits erfolgreich angewandte Lösungen aus älteren Projekten zurückgegriffen werden und müssen nicht erst neu erdacht werden.

Dazu ist, ähnlich einer Nachkalkulation, eine Nachbetrachtung der Komplexität erforderlich. Die Komplexität wird am Ende des Projektes, in Nachbetrachtung mit all dem nun vorhandenen Projektwissen, nochmals bewertet. Damit lassen sich die Bewertungen zu Beginn und zum Ende des Projektes miteinander vergleichen. Außerdem sind mögliche Fehleinschätzungen zur Komplexität bei Projektbeginn feststellbar. Nachdem diese Informationen in den Wissensspeicher einfließen, wird dieser im Laufe der Zeit immer weiter gefüllt und die Einschätzung der Komplexität immer genauer.

Anhand der Einschätzung der Komplexität und des Wissensspeichers, lassen sich auch Projekte untereinander vergleichen. Es lässt sich beurteilen, was bei Projekten ähnlicher Komplexität gut gelaufen ist und in welchen Bereichen es noch Nachbesserungsbedarf gibt. Damit werden Fehler aus anderen Projekten vermieden.

8.1.3 Abstimmung des Ressourceneinsatzes

Durch das frühe Wissen um die Komplexität und den Informationen aus dem Wissensspeicher, ergeben sich weitere Möglichkeiten. So lässt sich der erforderliche Ressourceneinsatz für das Projekt besser planen und steuern. Darunter fallen personelle, materielle, zeitliche als auch finanzielle Ressourcen.

Die Projektbeteiligten können auf die zu erwartende Komplexität abgestimmt werden. Ergibt das Bewertungsverfahren eine hohe Komplexität des Bauprojekts, sollten nur mehr jene Mitarbeiter eingesetzt werden, die mit solchen komplexen Projekten bereits Erfahrung haben und mit dieser Komplexität umgehen können. Umgekehrt können weniger erfahrene Mitarbeiter an komplexe Projekte herangeführt werden, indem sie sich über einfachere Projekte an die Komplexität herantasten oder ihnen jemand mit Erfahrung zur Seite gestellt wird. So können die Mitarbeiterteams homogen und abgestimmt auf die Anforderungen des Projekts zusammengestellt werden.

Wissensspeicher:

Ein Wissensspeicher speichert die Ergebnisse und Erkenntnisse von bereits abgeschlossenen Projekten.²²⁶

²²⁶ Vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. S. 438.

Bei komplexen Bauprojekten muss mit vermehrten Mehrkostenforderungen gerechnet werden. Die Planung der finanziellen Ressourcen kann, in Kombination mit dem Wissensspeicher, dahingehend abgestimmt werden. Zusätzlich helfen die Klassifizierungssysteme dabei, Kostensteigerungen besser zu argumentieren. Zum Beispiel wurde ein Bauprojekt zu Beginn nachvollziehbar und schlüssig, als wenig komplex eingestuft. Steigt im Projektverlauf die Komplexität aufgrund unterschiedlichster Gründe, kommt es mit großer Wahrscheinlichkeit zu Mehrkosten. Diese Mehrkosten lassen sich durch einen Vorher- und Nachher-Vergleich der Komplexität erklären.

Ähnlich verhält es sich bei den zeitlichen Ressourcen. Bei komplexen Bauprojekten ist mit Bauzeitverzögerungen zu rechnen. Hier kann bei der Terminplanung bereits Rücksicht darauf genommen werden. Außerdem lassen sich Bauzeitverzögerungen aufgrund der gestiegenen Komplexität besser erklären.

Aus dem Komplexitätsgrad können also in Kombination mit dem Wissensspeicher Referenzwerte für die Bauzeit, Baukosten, Mängelaufkommen etc. gezogen werden.

8.1.4 Abstimmung von Verträgen, Vergaben, etc.

LECHNER schlägt vor, sich für jede Projektklasse eigene Vertragsmuster, Leistungsbilder der Honorarordnungen, Honorarberechnungstabellen oder Organisationshandbücher zurechtzulegen.²²⁷

Die Verträge können auf jede Komplexitätsstufe angepasst werden. Bei weniger komplexen Bauprojekten reichen standardisierte Verträge mit einigen Anpassungen aus. Bei komplexen Projekten wiederum ist ein besonderes Augenmerk auf die Ausgestaltung der Verträge zu richten.

Ein weiterer Punkt ist, wie von LECHNER vorgeschlagen, sich für jede Komplexitätsstufe vorgefertigte Muster in der Aufbau- und Ablauforganisation zurechtzulegen. Dies können z.B. Organisations- und Projekthandbücher, Organigramme, Qualitäts- und Dokumentationsmanagementsysteme, sowie Entscheidungs- und Änderungsmanagementsysteme sein. Dadurch können für die vorliegende Komplexitätsstufe bereits vorbereitete Muster verwendet werden und müssen nicht erst erarbeitet werden. So können Fehlerquellen reduziert werden, indem Erfahrungen aus ähnlich komplexen Projekten berücksichtigt werden.

Für Bauunternehmen spielt Komplexität natürlich ebenso eine große Rolle. Auch für Bauunternehmen entstehen bei komplexen Bauprojekten vermehrt Kosten. Hier kann zum Beispiel die Kalkulation mittels

²²⁷ Vgl. LECHNER, H.: Projektklasse. In: planungswirtschaft, 06/2016. S. 10.

unterschiedlicher Risikozuschlägen je nach Komplexitätsstufe angepasst werden.

Ebenfalls kann die Vergabe je nach Komplexität erfolgen. Der Bauherr kann einschätzen, ob er mit komplexen Bauprojekten zurechtkommt. Ist dies nicht der Fall, kann er diese komplexen Bauprojekte z.B. pauschal an Generalunternehmer vergeben und spart sich dadurch Koordinationsaufwand. Oder er kann zusätzliche Hilfe über z.B. eine erfahrene Projektsteuerung beauftragen. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass sich der Bauherr der Komplexität bewusst ist. Dabei helfen die beschriebenen Komplexitätsklassifizierungssysteme.

Um sicherzustellen, dass das beauftragte Unternehmen ebenfalls mit der vorliegenden Komplexität des Bauprojektes umgehen kann, können ebenfalls die Klassifizierungssysteme herangezogen werden. Bereits jetzt werden bei Ausschreibungen im Rahmen des Bestbieterprinzips Referenzprojekte von den Bietern verlangt. Dabei könnte die Komplexität ein weiteres Kriterium sein. Die Bieter müssen nachweisen, dass sie bereits Projekte in der Größenordnung der Komplexität des anzubietenden Bauprojektes erfolgreich abgewickelt haben. Dafür müssten allerdings die stark subjektiv geprägten Klassifizierungssysteme von unabhängiger Seite objektiv überprüfbar sein. Am ehesten ist dies bei großen staatlichen Auftraggebern wie z.B. der ASFINAG oder der BIG möglich. Diese können die Angaben aus den Referenzprojekten, welche wiederum meist von ASFINAG oder BIG Projekten kommen, intern überprüfen. Allerdings unterliegen diese dem Bundesvergabegesetz und ohne objektiv quantifizierbare Bewertungsaspekte in den Klassifizierungssystemen ist eine Anwendung ebenjener nicht zielführend und würde Einsprüchen Tür und Tor öffnen.

8.2 Besonderheiten bei Anwendung von Komplexitätsklassifizierung

Klassifizierungssysteme zur Bewertung der Komplexität dienen in erster Linie dazu, um Projekte untereinander besser vergleichen zu können bzw. gewisse Dinge (z.B. Baukosten, Bauzeit, etc.) von anderen Projekten abzuleiten. Neben den Vorteilen gibt es auch einige Besonderheiten bzw. Einschränkungen der Anwendung. Auf diese Besonderheiten soll in diesem Kapitel näher eingegangen werden.

8.2.1 Unterschied der Bewertung vor bzw. nach dem Projekt

Viele der in Kapitel 8.1 beschriebenen Vorteile bedingen eine Komplexitätseinschätzung zu Beginn des Projektes. Allerdings sind zu diesem Zeitpunkt viele der Komplexitätskriterien noch nicht oder nur teilweise bekannt. Daher ergeben sich eventuell Unterschiede in der

Bewertung zu Beginn des Projektes und zum Ende des Projektes. Die tatsächliche Komplexität kristallisiert sich möglicherweise erst im Laufe des Projektes heraus, wenn alle Randbedingungen bekannt sind. Daher ist es wichtig, die erste Komplexitätsbewertung nachvollziehbar und gut dokumentiert vorzunehmen um mögliche nachträgliche Änderungen erklären zu können.

Eine regelmäßige Evaluierung der Komplexitätsbewertung ist entscheidend. Es hilft nicht, nur zu Beginn und am Ende des Projektes eine Bewertung durchzuführen. Die Herausforderungen und Probleme der gestiegenen Komplexität treten in dem Zeitraum dazwischen auf. Je früher man um die gestiegene Komplexität Bescheid weiß, umso früher kann darauf reagiert werden.

Bei genügend Bewertungen ließe sich sogar ein Komplexitätsverlauf über die gesamte Projektdauer in Form einer Kurve darstellen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass die Komplexität nach einem Anstieg auch wieder sinkt, wenn komplexitätsverursachende Bereiche wegfallen (z.B. Austausch von Projektbeteiligten, Änderung von Projektzielen, Wegfall von Einflüssen aus der Umwelt, etc.). In weiterer Folge ließe sich aus dem Komplexitätsverlauf sogar ein Trend der Komplexität ableiten, der in weitere Risikobetrachtungen einfließen kann.

8.2.2 Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Projektkategorien

Der größte Vorteil von Klassifizierungssystemen ist die bessere Vergleichbarkeit von Projekten untereinander. Dies gilt allerdings nicht uneingeschränkt für alle Projekte, sondern nur für jene der gleichen Projektkategorie. Vergleiche von Projekten aus unterschiedlichen Kategorien sind nicht oder nur bedingt sinnvoll möglich. Ein Wohnbau lässt sich nicht mit einem Krankenhausprojekt oder einem Straßenbauprojekt vergleichen. Die einzelnen Projektkategorien weisen gänzlich andere Rahmenbedingungen auf. So weist ein Krankenhausprojekt generell mehr Gewerke auf, als ein normaler Wohnbau. Was sich allerdings stark auf die Komplexität auswirkt ist die Art der Gewerke. Während im normalen Wohnbau die klassischen Gewerke überwiegen, sind beim Krankenhaus vermehrt spezifische Gewerke im Einsatz. Daher ist auch bei gleicher Anzahl der Gewerke die Komplexität im Krankenhausprojekt höher. Als weiteres Beispiel dient der Umbau im Betrieb. Auch hier ergeben sich im Krankenhausbau ganz andere Anforderungen (Hygienebestimmungen, Lärm, Erschütterungen, etc.) als im Wohnbau. Aus diesen und mehreren Gründen sollten nur Projekte gleicher Kategorie, das heißt Wohnbau mit Wohnbau und Krankenhaus mit Krankenhaus, verglichen werden.

Die fehlende Vergleichbarkeit der Projekte anhand der Komplexität ist aber kein allzu großes Problem. Auch bei anderen Kennwerten des

Projektes ist die Vergleichbarkeit nicht gegeben. Ein Vergleich der Baukosten zwischen einem Wohnbau und Krankenhaus hat ebenso wenig Aussagekraft.

Weiters gibt es wohl nur wenige Firmen, die sowohl ein Krankenhaus als auch eine Autobahn bauen oder planen. Und selbst diese großen Unternehmen haben dafür eigene Abteilungen, die sich auf eine Projektkategorie spezialisiert haben. Daher ist es gar nicht notwendig, Projekte unterschiedlicher Kategorie miteinander zu vergleichen. Der Vergleich findet in erster Linie innerhalb der Projektkategorie statt.

Viel wichtiger ist, dass das Klassifizierungssystem auf die Art und Größe der Projekte die im Unternehmen (oder der Abteilung) hauptsächlich umgesetzt werden, abgestimmt wird. Dadurch ergibt sich eine aussagekräftige Bewertung der Komplexität, die an die Anforderungen des Unternehmens angepasst ist.

8.2.3 Blickwinkel des Anwenders im Projekt

Die Bewertung der Komplexität hängt stark von der Rolle des Bewerter im Projekt ab. Die meisten Klassifizierungssysteme sind für die Anwendung in der Projektleitung bzw. -steuerung oder in der Planung gedacht. Aber warum sollten nicht auch die ausführenden Gewerke eine Komplexitätsbetrachtung durchführen. Die Komplexität wirkt sich genauso auf deren Kosten, Termine Verträge, etc. aus. Dabei ist es klar, dass die ausführenden Gewerke eine andere Sichtweise auf das Projekt besitzen, als z.B. die Projektleitung. Während die Projektleitung das gesamte Projekt von Beginn bis zum Ende im Blick hat, betrachtet z.B. der Baumeister nur die für ihn relevanten Rohbauarbeiten, also nur ein Subsystem des Systems Bauprojekt. Dies wirkt sich mitunter auf die Komplexität aus. Daher muss bei Vergleichen der Komplexität immer auch der Blickwinkel des Betrachters mitberücksichtigt werden.

8.2.4 Subjektivität der Bewertungen

Die Bewertung der Komplexität von Bauprojekten ist immer subjektiv. Zum einen, welches der beschriebenen Klassifizierungssysteme und damit verbunden welche Aspekte zur Bewertung herangezogen werden. Hier hat sich bei der Untersuchung der verschiedenen Systeme in Kapitel 6 gezeigt, dass zwar Unterschiede existieren, diese aber nicht so groß sind, dass sie sich im Endergebnis zu stark unterscheiden. Zum anderen ist die Bewertung der einzelnen Aspekte der Komplexität selbst subjektiv.

Darum ist es wichtig, die Bewertung genauestens zu dokumentieren, damit man auch zu einem späteren Zeitpunkt noch nachvollziehen kann, wie die Bewertung zustande gekommen ist.

8.2.5 Fehlendes Know-how

Klassifizierungssysteme sind in der Praxis noch nicht weit verbreitet. Das liegt sicherlich daran, dass man sich der Vorteile nicht bewusst ist. Generell ist das Know-how zu Komplexität im Bauwesen erst schwach ausgeprägt. Man ist sich zwar bewusst, dass Bauprojekte komplex sind, aber über die Bedeutung dieser Komplexität weiß man nur schlecht Bescheid. Gerade hier können Klassifizierungssysteme enorm weiterhelfen, weil sie die Kriterien zur Bewertung der Komplexität vorgeben und auch die Stufen der Komplexität beschreiben. So erhält man einen schnellen Überblick über das Projekt und dessen Komplexität.

9 Zusammenfassung

Diese wissenschaftliche Arbeit behandelt die Komplexität bei Bauprojekten. Sie untersucht, welche Verfahren zur Klassifizierung von Bauprojekten anhand der Komplexität existieren und wie praktikabel deren Anwendung in der Praxis ist. Außerdem zeigt sie Vor- und Nachteile sowie mögliche Anwendungsgebiete solcher Klassifizierungssysteme in der Baupraxis auf.

Dazu wurden in Kapitel 2 die systemtheoretischen Grundlagen erarbeitet. Der Systembegriff wird definiert und Merkmale zum Erkennen eines Systems werden erläutert. Ein System besteht aus Systemelementen, Systemrelationen, einer Systemumwelt und diversen Subsystemen. Diese Bestandteile eines Systems werden näher beschrieben. Weiters werden die unterschiedlichen Systemarten unterschieden. Zum Abschluss des Kapitels wird die Unterscheidung in das funktionale, strukturele und hierarchische Systemkonzept vorgestellt.

Nach den systemtheoretischen Grundlagen wird in Kapitel 3 näher auf die Komplexität eingegangen. Nachdem es keine einheitliche Definition der Komplexität gibt, wird versucht, sich dem Komplexitätsbegriff über mehrere Definitionen zu nähern. Anschließend wird die Unterscheidung in strukturelle oder objektive Komplexität und funktionale oder subjektive Komplexität unternommen. Ebenso wird auf die Komplexität in Systemen eingegangen. Die unterschiedlichen Systemtypen, wie einfache, komplizierte, komplexe und hoch komplexe Systeme werden behandelt. Ein wesentlicher Teil dieses Kapitels widmet sich den zwölf Eigenschaften der Komplexität, die im weiteren Verlauf dieser Arbeit noch öfters vorkommen werden. Hierzu werden die Eigenschaften Überlebenssicherung, Dynamik, Vielzahl und Varietät, Pfadabhängigkeit, Rückkopplungen, Nichtlinearität, Offenheit, begrenzte Rationalität, Selbstorganisation, Selbstreferenz, Emergenz und Autopoiese detailliert beschrieben. Schlussendlich wird noch auf Fehler im Umgang mit Komplexität hingewiesen.

Kapitel 4 schlägt den Bogen zur Komplexität im Bauwesen. Das Bauwerk, das Bauprojekt und die gesamte Bauwirtschaft werden als komplexe Systeme vorgestellt. Es wird die Systemstruktur, der Systemzustand und das Systemverhalten, die Systemgrenzen und Systemumwelt sowie die Systemhierarchie eines Bauwerks beschrieben. Weiters wird auf die Begriffe Projekt und Bauprojekt eingegangen, bevor das Bauprojekt als komplexes System definiert wird. Hierbei werden die vier Subsysteme und das Umsystem eines Bauprojektes erläutert. Zum Abschluss dieses Kapitels wird der Systemaspekt der Bauwirtschaft beleuchtet.

Nach der Einführung in Systeme, Komplexität und deren Zusammenhang mit Bauprojekten erfolgt in Kapitel 5 die Vorstellung der Klassifizierungssysteme. Es werden die sechs Klassifizierungssysteme

von PATZAK, PMA (Projekt Management Austria), LECHNER, BRUNNER, KIRST und HOFFMANN vorgestellt. Um die Komplexität bei Bauprojekten zu bewerten, müssen Bewertungsaspekte festgelegt werden. Diese Aspekte werden für jedes Klassifizierungssystem beleuchtet. Außerdem wird dargelegt, wie die Einstufung in die Komplexitätsstufen erfolgt.

Nach der Vorstellung der Systeme erfolgt in Kapitel 6 die Anwendung in der Praxis, indem alle Klassifizierungssysteme auf ein konkretes Bauprojekt angewandt werden. Dazu wurde ein Interview mit einem am Projekt beteiligten Experten geführt. Zunächst wird das untersuchte Bauprojekt vorgestellt, es handelt sich hierbei um ein innerstädtisches Wohn-, Büro- und Hotelprojekt. Danach wird für jedes Klassifizierungssystem erklärt, wie die einzelnen Aspekte bewertet wurden. Darauf folgt die Berechnung des Komplexitätsgrades und die Einstufung des Projektes in die Komplexitätsstufen. Schließlich wird zu jedem Klassifizierungssystem ein Fazit gezogen.

In Kapitel 7 werden die gewonnenen Erkenntnisse aus Kapitel 6 nochmals gegenübergestellt und miteinander verglichen. Verglichen werden der systemische Ansatz, der Anwendungsbereich, die Verständlichkeit und Praktikabilität, der Zeitaufwand und die Anzahl der Komplexitätsstufen. Aufgrund dessen stellt sich das Klassifizierungssystem von LECHNER als bestes und praktikabelstes System zur Anwendung bei Bauprojekten heraus. Aber auch jenes von HOFFMANN kann durchaus empfohlen werden. Es zeigte sich, dass alle Klassifizierungssysteme zu ähnlichen Resultaten der Komplexitätseinstufung kommen. Nur bei den Komplexitätsgraden gibt es leichte Abweichungen. Allerdings wird auch angeführt, dass die Systeme nur ein Schema vorgeben, da Komplexität immer subjektiv ist. So hängt die Komplexität stark von den untersuchten Aspekten und deren Bewertung ab. Zusammenfassend aber kann gesagt werden, dass Klassifizierungssysteme eine gute Möglichkeit sind, Bauprojekte anhand ihrer Komplexität einzuteilen.

Nachdem sich gezeigt hat, dass Klassifizierungssysteme ein gutes Werkzeug zur Einstufung von Bauprojekten sind, werden in Kapitel 8 Vorteile und mögliche Anwendungen im Bauwesen diskutiert. In erster Linie dienen sie zur Einschätzung der Komplexität, um Maßnahmen zur Gegensteuerung ergreifen zu können. Zusätzlich wird durch sie erst der Vergleich von Projekten ermöglicht. Weiters können finanziellen, personellen oder zeitlichen Ressourcen auf den Komplexitätsgrad abgestimmt werden. Ebenso ist die Abstimmung von Verträgen oder die Vorbereitung von Mustern in der Aufbauorganisation möglich.

Aber auch gewisse Einschränkungen werden angeführt. Besonders ist darauf zu achten, dass sich die Komplexität im Projektverlauf ändern kann. Außerdem lassen sich Projekte aus unterschiedlichen Projektkategorien nicht ohne Weiteres vergleichen und der Blickwinkel

des Anwenders ist ebenso entscheidend. Auf die Subjektivität der Bewertung wurde bereits hingewiesen.

Abschließend ist zu sagen, dass die Vorteile bei der Anwendung von Verfahren zur Klassifizierung von Bauprojekten anhand der Komplexität weit aus überwiegen. Daher wird angeregt, diese auch möglichst in der Praxis zu verwenden.

10 Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurden mehrere Systeme zur Klassifizierung von Bauprojekten anhand der Komplexität vorgestellt. Die Systeme wurden anhand eines konkreten Bauprojektes miteinander verglichen. Der Vergleich zeigt, dass die Ergebnisse der unterschiedlichen Klassifizierungssysteme durchaus ähnliche Ergebnisse liefern. Hier sind noch weitere Untersuchungen an anderen Bauprojekten nötig, um dieses Ergebnis zu verifizieren.

Weiterer Forschungsbedarf besteht zu den in Kapitel 8 beschriebenen Vorteilen und möglichen Anwendungsbereichen. Hierzu ist in den wissenschaftlichen Publikationen erst sehr wenig veröffentlicht. Zum Beispiel sollte näher untersucht werden, wie die Komplexität in den Wissensspeicher integriert werden kann und wie daraus Referenzwerte zu Baukosten, Bauzeit etc. abgeleitet werden können.

Mit gesteigener Komplexität lassen sich weiters Mehrkosten und Bauzeitverlängerungen erklären. Dies ist vorerst nur Unternehmensintern möglich. In weitergehender Forschung soll abgeklärt werden, ob dies auch für offizielle Mehrkostenforderungen angewandt werden kann.

Auch können für die einzelnen Komplexitätsstufen standardisierte Vorlagen für Verträge, Objekt- und Projekthandbücher, etc. entworfen werden.

A.1 Bewertungsmatrizen nach KIRST

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten													
Bewertungsaspekte	Punkteskala	Bewertungskriterien										Gesamtsumme innerhalb der Aspekte	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		Σ
		einfach	wenig komplex	Komplex	hoch komplex	extrem komplex							
1 Projektziele (Was soll erreicht werden?)	1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)	Einfache Dynamik bei den Zielen	Wenig Dynamik der Ziele	Dynamik der Ziele, durch Gegenmaßnahmen aber handelbar	hohe Dynamik der Ziele, trotz Gegenmaßnahmen schwer handelbar	Unüberschaubar	8						
	2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)	Einfache Ziele mit gleichem Ergebnis	Wenige Ziele mit kleinen Abweichungen im Ergebnis	Mehrere Ziele mit abweichenden, noch überschaubaren Ergebnissen	Mehrere Ziele mit abweichenden, schwer überschaubaren Ergebnissen	extrem unterschiedliche Ziele, unüberschaubare Ergebnisse	8						
	3. Pfadabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)	Völlig neue Ziele	Wenig bekannte Ziele aus vergangenen Projekten	Wenig bekannte Ziele aus vergangenen Projekten	Zum Teil bekannte Ziele aus vergangenen Projekten	Alles bekannte Ziele aus vergangenen Projekten	7						
	4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)	Miteinander verbundene Ziele und Feedback innerhalb dieser	Großteil der Ziele miteinander verbunden, viel Feedback innerhalb dieser	Teilweise Ziele miteinander verbunden, teilweise Feedback innerhalb dieser	Wenig Ziele miteinander verbunden, vereinzelt Feedback innerhalb dieser	Ziele ohne jegliche Verbindung und Feedback	6						
	5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)	Aufeinander aufbauende Ziele	Ziele zum Großteil aufeinander aufbauend	Vereinzelt aufeinander aufbauende Ziele	Kaum aufeinander aufbauende Ziele	Ausschließlich Einzelziele	6						
	6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)	Eindeutig abgegrenzte Ziele	Vereinzelt nicht erkennbar abgegrenzte Ziele	Teilweise keine Grenze bei Zielen erkennbar	größtenteils keine genauen Grenze bei Zielen erkennbar	Nicht erkennbar, ob Grenze der Ziele vorhanden oder nicht vorhanden	6						
	7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)	Große Informationsaufnahme der Projektziele	größtenteils Informationsaufnahme der Projektziele	Teilweise Informationsaufnahme der Projektziele mit erreichte Informationskapazitätsgrenzen	Geringe Informationsaufnahme der Projektziele durch erreichte Informationskapazitätsgrenzen	Keinerlei Informationskapazitäten der Projektziele mehr vorhanden	6						
	8. Selbstorganisation	Einfache Selbstorganisation	Wenig Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	hohe Selbstorganisation	Extreme Selbstorganisation	6						
	9. Selbstreferenz	Keinerlei Änderungen von Ausgangsgrößen	Wenig Änderungen der Ausgangsgrößen	Teilweise Änderungen der Ausgangsgrößen	Hohe Änderungsrate der Ausgangsgrößen	Extreme Änderung der Ausgangsgrößen	8						
	10. Emergenz	Keine neuen Teilziele	Wenig Teilziele	Teilweise neue Teilziele	hohe Anzahl neuer Teilziele	Extrem hohe Anzahl neuer Teilziele	8						
	11. Autopoiesis	Keinerlei Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	hoher Steuerungswiderstand	Extremer Steuerungswiderstand	5						
	12. Überlebenssicherung	Extrem viel Erfolgspotential	hohes Erfolgspotential	Erfolgspotential	wenig Erfolgspotential	Kein Erfolgspotential	5						
Punktzahl												79	→ 1/12 6,58

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten													
Bewertungsaspekte	Punkteskala											Σ	Gesamtsumme innerhalb der Aspekte
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	extrem Komplex		
2 Projektwelt (Welche Einflüsse von außen?)	1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)	Einfache Dynamik der Umwelt	wenig Komplex	Komplex	hoch Komplex	extrem Komplex	6	7	8	9	10	6	-> Σ/12 7,75
	2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)	Einfache Einflüsse mit gleichem Ergebnis	Wenige Einflüsse mit kleinen Abweichungen im Ergebnis	Mehrere Einflüsse mit abweichenden, noch überschaubaren Ergebnissen	Mehrere bekannte Einflüsse aus vergangenen Projekten	Mehrere Einflüsse mit abweichenden, schwer überschaubaren Ergebnissen	Völlig neu zu erwartende Einflüsse	9	10	10	10	10	
	3. Pfadabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)	Alles bekannte Einflüsse aus vergangenen Projekten	Zum Teil bekannte Einflüsse aus vergangenen Projekten	Wenige bekannte Einflüsse aus vergangenen Projekten	Wenige bekannte Einflüsse aus vergangenen Projekten	Alles bekannte Einflüsse aus vergangenen Projekten	Kaum bekannte Einflüsse aus vergangenen Projekten	9	9	9	9	9	
	4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)	Miteinander verbundene Einflüsse, Feedback innerhalb dieser	Großteil der Einflüsse miteinander verbunden und viele Möglichkeiten zum Feedback innerhalb der Umwelt	Teilweise Einflüsse miteinander verbunden, vereinzelt Feedback innerhalb der Umwelt	Teilweise Einflüsse miteinander verbunden, vereinzelt Feedback innerhalb der Umwelt	Großteil der Einflüsse miteinander verbunden und viele Möglichkeiten zum Feedback innerhalb der Umwelt	Vereinzelt Einflüsse miteinander verbunden, vereinzelt Feedback innerhalb der Umwelt	9	9	9	9	9	
	5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)	Aufeinander aufbauende Einflüsse	Großenteils aufeinander aufbauende Einflüsse	Größtenteils aufeinander aufbauende Einflüsse	Vereinzelte Einflüsse aufeinander aufbauend	Größtenteils aufeinander aufbauende Einflüsse	Kaum aufeinander aufbauende Einflüsse	8	8	8	8	8	
	6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)	Eindeutige abgegrenzte Umwelt	Vereinzelt nicht erkennbar abgegrenzte Umwelt	Größtenteils nicht erkennbar abgegrenzte Umwelt	Teilweise keine genauen Grenze bei Umwelt erkennbar	Größtenteils keine genauen Grenze bei Umwelt erkennbar	größtenteils keine genauen Grenze bei Umwelt erkennbar	7	7	7	7	7	
	7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)	Große Informationsaufnahme der Umwelt	größtenteils Informationsaufnahme der Umwelt	Teilweise Informationsaufnahme der Umwelt mit erreichbaren Informationskapazitätsgrenzen	Teilweise Informationsaufnahme der Umwelt mit erreichbaren Informationskapazitätsgrenzen	größtenteils Informationsaufnahme der Umwelt mit erreichbaren Informationskapazitätsgrenzen	Keinerlei Informationsaufnahme der Umwelt mehr vorhanden	6	6	6	6	6	
	8. Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Vereinzelt Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	größtenteils Selbstorganisation	größtenteils Selbstorganisation	Absolute Selbstorganisation	7	7	7	7	7	
	9. Selbstreferenz	Keinerlei interne Änderungen bei den Einflüssen	Kaum interne Änderungen bei den Einflüssen	Teilweise interne Änderungen bei den Einflüssen	größtenteils interne Änderungen bei den Einflüssen	größtenteils interne Änderungen bei den Einflüssen	Interne Änderungen bei den Einflüssen	8	8	8	8	8	
	10. Emergenz	Keine neuen Einflüsse	Vereinzelt neue Einflüsse	Teilweise neue Einflüsse	größtenteils neue Einflüsse	größtenteils neue Einflüsse	Ausschließlich neue Einflüsse	8	8	8	8	8	
	11. Autopoiesis	Keinerlei Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	größtenteils Steuerungswiderstand	größtenteils Steuerungswiderstand	Absoluter Steuerungswiderstand	8	8	8	8	8	
	12. Überlebenssicherung	Extrem viel Erfolgspotential	hohes Erfolgspotential	Erfolgspotential	wenig Erfolgspotential	Kein Erfolgspotential	Kein Erfolgspotential	7	7	7	7	7	
Punktzahl												93	7,75

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten												Σ	Gesamtsumme innerhalb der Aspekte	
Punkteskala		Bewertungskriterien		1	2	3	4	5	6	7	8			9
Bewertungsaspekte				einfach	wenig komplex	Komplex	hoch komplex	extrem komplex						
3	Projektgegenstand (Was ist der Leistungsinhalt ?)	1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)		Einfache Dynamik des Leistungsinhaltes	Wenig Dynamik des Leistungsinhaltes	Dynamik des Leistungsinhaltes, durch Gegenmaßnahmen aber handelbar	hohe Dynamik des Leistungsinhaltes, trotz Gegenmaßnahmen schwer handelbar	Unüberschaubar						8
		2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)		Wenige Leistungen	Wenige leicht unterschiedliche Leistungen	Mehrere leicht unterschiedliche Leistungen	Mehrere unterschiedliche Leistungen	Viele stark unterschiedliche Leistungen						8
		3. Pfadabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)		Alles bekannte Leistungen aus vergangenen Projekten	Zum Teil bekannte Leistungen aus vergangenen Projekten	Wenige bekannte Leistungen aus vergangenen Projekten	Kaum bekannte Leistungen aus vergangenen Projekten	Alles bekannte Leistungen aus vergangenen Projekten						6
		4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)		Miteinander verbundene Leistungen mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	größtenteils verbundene Leistungen mit viel Feedbackmöglichkeiten	Teilweise verbundene Leistungen mit Feedback	Vereinzelte verbundene Leistungen	Vereinzelte verbundene Leistungen mit Möglichkeit zum Feedback						5
		5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)		Aufeinander aufbauende Leistungen	größtenteils aufeinander aufbauende Leistungen	Vereinzelte aufeinander aufbauende Leistungen	Kaum aufeinander aufbauende Leistungen	Ausschließlich Einzelleistungen						5
		6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)		Eindeutig abgegrenzter Leistungsinhalt	Vereinzelte nicht erkennbar abgegrenzter Leistungsinhalt	Teilweise keine genauen Grenze bei Leistungsinhalt erkennbar	größtenteils keine genauen Grenze bei Leistungsinhalt erkennbar	Nicht erkennbar ob Grenze der Leistungsinhalt vorhanden oder nicht vorhanden						5
		7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)		Große Informationsaufnahme zur Leistungserfüllung	größtenteils Informationsaufnahme zur Leistungserfüllung	Teilweise Informationsaufnahme zur Leistungserfüllung	Geringe Informationsaufnahme zur Leistungserfüllung	Keinerlei Informationsaufnahme mehr vorhanden						5
		8. Selbstorganisation		Keinerlei Selbstorganisation	Vereinzelte Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	größtenteils Selbstorganisation	Absolute Selbstorganisation						6
		9. Selbstreferenz		Keinerlei Änderungen der Leistungsgrundlagen	Kaum Änderungen der Leistungsgrundlagen	Teilweise Änderungen der Leistungsgrundlagen	Größtenteils Änderungen der Leistungsgrundlagen	Änderungen der Leistungsgrundlagen						7
		10. Emergenz		Keine neuen Teilleistungen	Vereinzelte neue Teilleistungen	Teilweise neue Teilleistungen	größtenteils neue Teilleistungen	Ausschließlich neue Teilleistungen						6
		11. Autopoiese		Keinerlei Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	Großteil Steuerungswiderstand	Absoluter Steuerungswiderstand						5
		12. Überlebenssicherung		Extrem viel Erfolgspotential	hohes Erfolgspotential	Erfolgspotential	wenig Erfolgspotential	Kein Erfolgspotential						5
Punktzahl												71	-> 5/12 5,92	

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten												
Bewertungsaspekte	Punkteskala											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	
Bewertungskriterien	Gesamtsumme innerhalb der Aspekte											
4 Projektorganisation (Wert tut etwas?)	1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)	einfach Einfache Dynamik der Organisation	wenig komplex Wenig Dynamik der Organisation	Komplex Dynamik der Organisation, durch Gegenmaßnahmen aber handelbar	hoch komplex hohe Dynamik der Organisation, trotz Gegenmaßnahmen schwer handelbar	extrem komplex Unüberschaubar	6					
	2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)	Wenige Kommunikationsschnittstellen	Wenige Kommunikationsschnittstellen mit kleiner Hierarchie	Mehrere Kommunikationsschnittstellen mit kleiner Hierarchie	Viele Kommunikationsschnittstellen mit großer Hierarchie	Viele Kommunikationsschnittstellen bei undurchsichtiger Hierarchie	9					
	3. Pfadabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)	Völlig neue Organisation	Großteil neue Organisation	Teilweise Feedback innerhalb der Organisation	Organisation zum Großteil wie bei vergangenen Projekten	Organisation wie bei vergangenen Projekten	6					
	4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)	Feedback innerhalb der Organisation	größtenteils Feedback innerhalb der Organisation	Teilweise Feedback innerhalb der Organisation	Vereinzeit Feedback innerhalb der Organisation	Kein Feedback innerhalb der Organisation	6					
	5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)	Aufeinander aufbauende Hierarchie mit einfacher Kommunikation	größtenteils aufeinander aufbauende Hierarchie mit geregelter Kommunikation	Teilweise aufeinander aufbauende Hierarchie und kaum geregelte Kommunikation	Mehrdimensionale Hierarchie mit anspruchsvoller Kommunikation	Undurchsichtige Hierarchie, chaotische Kommunikation	6					
	6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)	Eindeutig abgegrenzte Hierarchie und Kommunikation	Vereinzeit nicht erkennbar abgegrenzte Hierarchie und Kommunikation	Teilweise keine genauen Grenze bei Hierarchie und Kommunikation erkennbar	größtenteils keine genauen Grenze bei Hierarchie und Kommunikation erkennbar	Nicht erkennbar ob Grenze der Hierarchie und Kommunikation vorhanden oder nicht vorhanden	5					
	7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)	Große Informationsaufnahme	größtenteils Informationsaufnahme	Teilweise Informationsaufnahme	Geringe Informationsaufnahme	Keinerlei Informationskapazitäten mehr vorhanden	6					
	8. Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Vereinzeit Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	größtenteils Selbstorganisation	Absolute Selbstorganisation	5					
	9. Selbstreferenz	Keinerlei Änderungen innerhalb der Hierarchie	Kaum Änderungen innerhalb der Hierarchie	Teilweise Änderungen innerhalb der Hierarchie	größtenteils Änderungen innerhalb der Hierarchie	Änderungen innerhalb der Hierarchie	6					
	10. Emergenz	Keine neue Hierarchieordnung	Vereinzeit neue Hierarchieordnung	Teilweise neue Hierarchieordnung	größtenteils neue Hierarchieordnung	Ausschließlich neue Hierarchieordnung	5					
	11. Autopoiese	Keinerlei Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	Großteil Steuerungswiderstand	Absoluter Steuerungswiderstand	6					
	12. Überlebenssicherung	Extrem viel Erfolgspotential	hohes Erfolgspotential	Erfolgspotential	wenig Erfolgspotential	Kein Erfolgspotential	5					
Punktzahl											71	
											-> Σ/12 5,92	

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten													
Bewertungsaspekte	Punkteskala												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Z		
Bewertungskriterien	Gesamtsumme innerhalb der Aspekte												
5 Projektstruktur (Bedarf an Koordination?) Wie ist das Projekt Organisatorisch aufgebaut?	1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)	Keinerlei Dynamik innerhalb der Projektstruktur	Vereinzelte Dynamik innerhalb der Projektstruktur	Vereinzelte Strukturen	Einzelne Strukturen	Einzelne Strukturen	Einzelne Strukturen	Einzelne Strukturen	Einzelne Strukturen	Einzelne Strukturen	Einzelne Strukturen	Einzelne Strukturen	5
	2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)	Einfache Koordination bei wenigen Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	8
	3. Pfadabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	5
	4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	4
	5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)	Kooperierende Strukturen	Kooperierende Strukturen	Kooperierende Strukturen	Kooperierende Strukturen	Kooperierende Strukturen	Kooperierende Strukturen	Kooperierende Strukturen	Kooperierende Strukturen	Kooperierende Strukturen	Kooperierende Strukturen	Kooperierende Strukturen	6
	6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	Eindeutig abgegrenzte Projektstruktur	5
	7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)	Kaum Bedarf an Reporting	Kaum Bedarf an Reporting	Kaum Bedarf an Reporting	Kaum Bedarf an Reporting	Kaum Bedarf an Reporting	Kaum Bedarf an Reporting	Kaum Bedarf an Reporting	Kaum Bedarf an Reporting	Kaum Bedarf an Reporting	Kaum Bedarf an Reporting	Kaum Bedarf an Reporting	4
	8. Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	6
	9. Selbstreferenz	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	Keinerlei Änderung der Phasenstruktur	5
	10. Emergenz	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	Kein Entstehen von Koordinationsbedarf während Projektphase	7
	11. Autopoiesie	Keinerlei Steuerungswiderstand	Keinerlei Steuerungswiderstand	Keinerlei Steuerungswiderstand	Keinerlei Steuerungswiderstand	Keinerlei Steuerungswiderstand	Keinerlei Steuerungswiderstand	Keinerlei Steuerungswiderstand	Keinerlei Steuerungswiderstand	Keinerlei Steuerungswiderstand	Keinerlei Steuerungswiderstand	Keinerlei Steuerungswiderstand	5
	12. Überlebenssicherung	Extrem viel Erfolgspotential	Extrem viel Erfolgspotential	Extrem viel Erfolgspotential	Extrem viel Erfolgspotential	Extrem viel Erfolgspotential	Extrem viel Erfolgspotential	Extrem viel Erfolgspotential	Extrem viel Erfolgspotential	Extrem viel Erfolgspotential	Extrem viel Erfolgspotential	Extrem viel Erfolgspotential	5
Punktzahl												65	
												-> $\sum/12$ 5,42	

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten												
Punkteskala	Bewertungskriterien											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	
Bewertungsaspekte	Bewertungskriterien											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	Gesamtsumme innerhalb der Aspekte
6 Ressourcen (Alles Benötigte z.B. Finanzmittel, Personal)	1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)	Keinerlei Dynamik der Ressourcen	Vereinzelte Dynamik der Ressourcen	Großteil aufeinander folgende Phasenstruktur	Teilweise Überschneidung der Phasenstruktur	Dynamik innerhalb der Ressourcen, durch Gegenmaßnahmen aber handelbar	Viel Dynamik innerhalb der Ressourcen, trotz Gegenmaßnahmen schwer handelbar	hoch komplex	extrem komplex	Unüberschaubar	7	-> Σ/12 5,42
	2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)	Einfache Koordination bei wenigen Strukturen	Einfache Koordination bei mehreren Strukturen	Großteil aufeinander folgende Phasenstruktur	Anspruchsvollere Koordination bei mehreren Strukturen	Anspruchsvollere Koordination bei vielen Strukturen	Sehr anspruchsvolle Koordination bei sehr vielen Strukturen	8	5	5		
	3. Pfadabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)	Nur aufeinander folgende Phasenstruktur	Großteil aufeinander folgende Phasenstruktur	Großteil aufeinander folgende Phasenstruktur	Teilweise Überschneidung der Phasenstruktur	Großteil Überschneidung der Phasenstruktur	Nur Überschneidung der Phasenstruktur	5	4	4		
	4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)	Miteinander verbundene Strukturen, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	Großteil der Strukturen miteinander verbunden, viele Feedbackmöglichkeiten	größtenteils kooperierende Strukturen, leichter Koordinierungsbedarf	Vereinzelte Strukturen miteinander verbunden, gute Feedbackmöglichkeiten	Kaum Strukturen miteinander verbunden, wenig Feedbackmöglichkeiten	Strukturen ohne jegliche Verbindung, keinerlei Feedbackmöglichkeiten	4	5	6		
	5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)	Kooperierende Strukturen	größtenteils kooperierende Strukturen, leichter Koordinierungsbedarf	größtenteils kooperierende Strukturen, leichter Koordinierungsbedarf	Teilweise kooperierende Strukturen, Koordinierungsbedarf	Kaum kooperierende Strukturen, hoher Koordinierungsbedarf	Keine Kooperation unter Strukturen, sehr hoher Koordinierungsbedarf	5	6	4		
	6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)	Eindeutig abgegrenzte Ressourcenbeschaffung	Vereinzelte nicht erkennbar abgegrenzte Ressourcenbeschaffung	größtenteils Informationsaufnahme	Teilweise keine genauen Abgrenzung bei Ressourcenbeschaffung erkennbar	größtenteils keine genaue Abgrenzung bei Ressourcenbeschaffung erkennbar	Nicht erkennbar ob Abgrenzung der Ressourcenbeschaffung vorhanden oder nicht vorhanden	6	4	4		
	7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)	Große Informationsaufnahme	Keinerlei Selbstorganisation	Vereinzelte Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	größtenteils Selbstorganisation	6	5	6		
	8. Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Keinerlei Änderung des Portfolios einer Ressource	Vereinzelte Änderungen des Portfolios einer Ressource	Teilweise Änderung des Portfolios	größtenteils Änderungen des Portfolios	Änderungen des Portfolios einer Ressource	5	6	4		
	9. Selbstreferenz	Keine neuen Ressourcenelemente	Vereinzelte neue Ressourcenelemente	Teilweise neue Ressourcenelemente	größtenteils neue Ressourcenelemente	Ausschließlich neue Ressourcenelemente	6	4	5	5		
	10. Emergenz	Keinerlei Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	Großteil Steuerungswiderstand	Absoluter Steuerungswiderstand	4	5	5		
	11. Autopoiese	Extrem viel Erfolgspotential	hohes Erfolgspotential	Erfolgspotential	wenig Erfolgspotential	Kein Erfolgspotential	5	65	5,42			

Punkteskala		Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten											Gesamtsumme innerhalb der Aspekte
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	
Bewertungsaspekte	Bewertungskriterien	einfach		wenig komplex		Komplex		hoch komplex		extrem komplex		I	
		7	Neuartigkeit (Innovation (z.B. Technische Neuerungen, Gestalterisch))	Keinerlei Dynamik bei Innovationen	Kaum Innovationen	Vereinzelte Dynamik bei Innovationen	Vereinzelte Innovationen in unterschiedlichen Bereichen	Dynamik bei den Innovationen, durch Gegenmaßnahmen aber handelbar	Innovationen in unterschiedlichen Bereichen	Viel Dynamik bei den Innovationen, trotz Gegenmaßnahmen schwer handelbar	Viele Innovationen in unterschiedlichen Bereichen		Sehr viele Innovationen in vielen unterschiedlichen Bereichen
	1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)												
	2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)												
	3. Prädabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)												
	4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)												
	5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)												
	6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)												
	7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)												
	8. Selbstorganisation												
	9. Selbstreferenz												
	10. Emergenz												
	11. Autopoiesis												
	12. Überlebenssicherung												
Punktzahl												63	
												-> Σ /12 5,25	

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten												
Bewertungsaspekte	Punkteskala											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	I	
Bewertungskriterien	einfach	wenig komplex	Komplex	hoch komplex	extrem komplex							Gesamtsumme innerhalb der Aspekte
1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)	Keinerlei Dynamik bei Verträgen und Genehmigungen	Vereinzelte Dynamik bei den Verträgen und Genehmigungen	Wenige Verträge und Genehmigungen in leicht unterschiedlichen Arten erforderlich	Mehrere Verträge und Genehmigungen in leicht unterschiedlicher Art erforderlich	Viel Dynamik bei den Verträgen und Genehmigungen, trotz Gegenmaßnahmen schwer handelbar							6
2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)	Wenige Verträge und Genehmigungen erforderlich	Wenige Verträge und Genehmigungen in leicht unterschiedlichen Arten erforderlich	Wenige Verträge und Genehmigungen in leicht unterschiedlichen Arten erforderlich	Mehrere Verträge und Genehmigungen in leicht unterschiedlicher Art erforderlich	Viele Verträge und Genehmigungen in unterschiedlicher Art erforderlich							7
3. Prädabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)	Keine Änderung der Genehmigungsgrundlage	Vereinzelte Änderung der Genehmigungsgrundlage	Vereinzelte Änderung der Genehmigungsgrundlage	Teilweise Veränderung der Genehmigungsgrundlage	größtenteils Veränderung der Genehmigungsgrundlage							6
4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)	Ausschließlich untereinander verbundene Verträge, mit sehr viel Feedbackmöglichkeiten	größtenteils untereinander verbundene Verträge, mit vielen Feedbackmöglichkeiten	größtenteils untereinander verbundene Verträge, mit vielen Feedbackmöglichkeiten	Vereinzelte Verträge miteinander verbunden, Feedbackmöglichkeit vorhanden	Vereinzelte untereinander verbundene Verträge, Feedbackmöglichkeit möglich							6
5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)	Aufeinander aufbauende einfache Verträge	größtenteils aufeinander aufbauende und einfache Verträge	größtenteils aufeinander aufbauende und einfache Verträge	Vereinzelte aufeinander aufbauende und überschaubare Verträge	Kaum aufeinander aufbauende schwierige zu durchschauende Verträge							5
6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)	Eindeutig abgegrenzter Vertragsinhalt	Vereinzelte nicht erkennbar abgegrenzter Vertragsinhalt	Vereinzelte nicht erkennbar abgegrenzter Vertragsinhalt	Teilweise keine genauen Grenze bei Vertragsinhalt erkennbar	größtenteils keine genaue Grenze bei Vertragsinhalt erkennbar							4
7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)	Vertragsinhalte festgelegt aber noch nachverhandelbar	Vertragsinhalte festgelegt aber größtenteils noch nachverhandelbar	Vertragsinhalte festgelegt aber größtenteils noch nachverhandelbar	Teilweise noch nachverhandelbar	Vertragsinhalte festgelegt aber nur noch vereinzelt nachverhandelbar							7
8. Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Vereinzelte Selbstorganisation	Vereinzelte Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	größtenteils Selbstorganisation							4
9. Selbstreferenz	Keinerlei Änderungen der Vertragsgrundlagen	Kaum Änderungen der Vertragsgrundlagen	Kaum Änderungen der Vertragsgrundlagen	Teilweise Änderungen der Vertragsgrundlagen	größtenteils Änderungen der Vertragsgrundlagen							5
10. Emergenz	Keine neuen zu genehmigenden Sachen	Vereinzelte neue zu genehmigenden Sachen	Vereinzelte neue zu genehmigenden Sachen	Teilweise neue zu genehmigenden Sachen	größtenteils neue zu genehmigenden Sachen							5
11. Autopoiesie	Keinerlei Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	größtenteils Steuerungswiderstand							4
12. Überlebenssicherung	Extrem viel Erfolgspotential	hohes Erfolgspotential	hohes Erfolgspotential	Erfolgspotential	wenig Erfolgspotential							4
Punktzahl											63 ->Σ/12 5,25	

Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten												
Punkteskala	Bewertungskriterien											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Z	
Bewertungsaspekte	Bewertungskriterien											
	1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)	2. Einfach Keinerlei Dynamik bei Risiken und Chancen	3. Wenig komplex Vereinzelte Dynamik bei Risiken und Chancen	4. Komplex Dynamik bei den Risiken und Chancen, durch Gegenmaßnahmen aber handelbar	5. Hoch komplex Viel Dynamik bei den Risiken und Chancen, trotz Gegenmaßnahmen schwer handelbar	6. Extrem komplex Unüberschaubar						Gesamtsumme innerhalb der Aspekte
9 Risiko und Chancen	2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)	Kaum Risiken und viele Möglichkeiten bei Chancenpotential	Vereinzeltes Risiko und Möglichkeiten bei Chancenpotential	Teilweise Risiko und Chancenpotential	Viel Risiko und wenig Möglichkeiten bei Chancenpotential	Sehr viel Risiko und kaum Möglichkeiten bei Chancenpotential						8
	3. Prädabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)	Kein Potential an Möglichkeiten zur Risikominimierung	Kaum Potential an Möglichkeiten zur Risikominimierung	Teilweise Potential an Möglichkeiten zur Risikominimierung	Großes Potential an Möglichkeiten zur Risikominimierung	Sehr großes Potential an Möglichkeiten zur Risikominimierung						7
	4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)	Kein Risiko	Geringes Risiko mit geringem Einfluss auf Projektablauf	Risiko mit Einfluss auf Projektablauf	Hohes Risiko mit großem Einfluss auf Projektablauf	Sehr hohes Risiko mit sehr großem Einfluss auf Projektablauf						6
	5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)	Hohe Vorhersehbarkeit von Risiko und Chancen	größtenteils Vorhersehbarkeit von Risiko und Chancen	Vorhersehbarkeit von Risiko und Chancen	Kaum Vorhersehbarkeit von Risiko und Chancen	Keine Vorhersehbarkeit von Risiko und Chancen						6
	6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)	Endeutig abgegrenztes Risiko	Vereinzelte nicht erkennbar abgegrenztes Risiko	Teilweise keine genaue Abgrenzung bei Risiko erkennbar	größtenteils keine genaue Abgrenzung bei Risiko erkennbar	Nicht erkennbar ob Abgrenzung der Risiko vorhanden oder nicht vorhanden						5
	7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)	Ungehinderte Möglichkeiten für Potential der Risiken und Chancen	größtenteils ungehinderte Möglichkeiten für Potential der Risiken und Chancen	Teilweise behinderte Möglichkeiten für Potential der Risiken und Chancen	größtenteils behinderte Möglichkeiten für Potential der Risiken und Chancen durch Erreichen der Kapazitätsgrenzen	Keinerlei Informationskapazitäten mehr vorhanden						6
	8. Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation	Vereinzelte Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	größtenteils Selbstorganisation	Absolute Selbstorganisation						5
	9. Selbstreferenz	Keinerlei Potential der Möglichkeiten zur Risikominimierung	Kaum Potential der Möglichkeiten zur Risikominimierung	Teilweise Potential der Möglichkeiten zur Risikominimierung	Viel Potential der Möglichkeiten zur Risikominimierung	Sehr viel Potential der Möglichkeiten zur Risikominimierung						5
	10. Emergenz	Keine Möglichkeit für Potential der Chancen	Vereinzelte Möglichkeit für Potential der Chancen	Teilweise Möglichkeit für Potential der Chancen	größtenteils Möglichkeit für Potential der Chancen	Sehr viel Möglichkeit für Potential der Chancen						5
	11. Autopoiesie	Keinerlei Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	Großteil Steuerungswiderstand	Absoluter Steuerungswiderstand						4
	12. Überlebenssicherung	Kein Erfolgspotential	Wenig Erfolgspotential	Erfolgspotential	Viel Erfolgspotential	Sehr viel Erfolgspotential						5
	Punktzahl											69
											-> 5,75	

Punkteskala		Matrix zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten										Σ	Gesamtsumme innerhalb der Aspekte
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Bewertungsaspekte	Bewertungskriterien	einfach		wenig komplex		Komplex		hoch komplex		extrem komplex			
		10 PM Methoden und Techniken	1. Dynamik (Veränderung zwischen zwei Zuständen eines betrachteten Elements)	Keinerlei Dynamik bei PM Methoden und Techniken	Keine PM Methoden und Techniken	Vereinzelte Dynamik bei PM Methoden und Techniken	Vereinzelte, einfache PM Methoden und Techniken	Dynamik bei den PM Methoden und Techniken, durch Gegenmaßnahmen aber handhabbar	Viel Dynamik bei den PM Methoden und Techniken, trotz Gegenmaßnahmen schwer handhabbar	Unüberschaubar			
2. Vielzahl und Varietät (Anzahl der Elemente und der unterscheidbaren Elemente eines Systems)	Keine PM Methoden und Techniken		Keine PM Methoden und Techniken	Vereinzelte, einfache PM Methoden und Techniken	Vereinzelte, üppige PM Methoden und Techniken	Teilweise, üppige PM Methoden und Techniken	Viele, vielfältige PM Methoden und Techniken	Sehr viele und stark vielfältige PM Methoden und Techniken				4	
3. Pfadabhängigkeit (Vergangenheitsbezug)	Anwendung von gewöhnten Standards bei PM Methoden und Techniken		Anwendung von gewöhnten Standards bei PM Methoden und Techniken	größtenteils Anwendung von gewöhnten Standards bei PM Methoden und Techniken	größtenteils Anwendung von gewöhnten Standards bei PM Methoden und Techniken	Teilweise Anwendung von gewöhnten Standards bei PM Methoden und Techniken	Vereinzelte Anwendung von Standards bei PM Methoden und Techniken	Wenige Anwendung von Standards bei PM Methoden und Techniken				4	
4. Rückkopplungen (Verbindung der Elemente mit Feedback-Mechanismus)	Anwendung der PM Methoden und Techniken mit sofortigem Feedback		Anwendung der PM Methoden und Techniken mit sofortigem Feedback	Anwendung der PM Methoden und Techniken, größtenteils Feedback	Anwendung der PM Methoden und Techniken, größtenteils Feedback	Anwendung der PM Methoden und Techniken, teilweise Feedback	Anwendung der PM Methoden und Techniken, größtenteils Feedback	Anwendung der PM Methoden und Techniken ohne Feedback				4	
5. Nichtlinearität (Keine aufeinander aufbauende Elementbeziehungen)	Anwendung von PM Methoden und Techniken, Erfolg garantiert		Anwendung von PM Methoden und Techniken, Erfolg garantiert	Anwendung von PM Methoden und Techniken, Erfolg sehr wahrscheinlich	Anwendung von PM Methoden und Techniken mit absehbarem Erfolg	Anwendung von PM Methoden und Techniken mit absehbarem Erfolg	Anwendung von PM Methoden und Techniken, trotzdem Erfolg in Aussicht	Anwendung von PM Methoden und Techniken, Erfolg nicht vorhersehbar				3	
6. Offenheit (Abgrenzung der Systeme)	Eindeutige abgegrenzte von PM Methoden und Techniken		Eindeutige abgegrenzte von PM Methoden und Techniken	Vereinzelte nicht erkennbar abgegrenzte PM Methoden und Techniken	Teilweise keine genaue Abgrenzung bei PM Methoden und Techniken erkennbar	Teilweise keine genaue Abgrenzung bei PM Methoden und Techniken erkennbar	größtenteils keine genaue Abgrenzung bei PM Methoden und Techniken erkennbar	Nicht erkennbar ob Abgrenzung der PM Methoden und Techniken vorhanden oder nicht vorhanden				3	
7. Begrenzte Rationalität (Begrenzte Informationsaufnahme)	Unbeschränkte Anwendung der PM Methoden und Techniken		Unbeschränkte Anwendung der PM Methoden und Techniken	größtenteils unbeschränkte Anwendung der PM Methoden und Techniken	Teilweise beschränkte Anwendung der PM Methoden und Techniken	Teilweise beschränkte Anwendung der PM Methoden und Techniken durch stoßen an Projektrahmenbedingungen	größtenteils beschränkte Anwendung der PM Methoden und Techniken durch Erreichen der Projektrahmenbedingungen	Projektrahmenbedingungen erreicht und keine Anwendung mehr möglich				3	
8. Selbstorganisation	Keinerlei Selbstorganisation		Keinerlei Selbstorganisation	Vereinzelte Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	Teilweise Selbstorganisation	größtenteils Selbstorganisation	Absolute Selbstorganisation				3	
9. Selbstreferenz	Keinerlei Änderungen von Grundlagen der PM Methoden und Techniken		Keinerlei Änderungen von Grundlagen der PM Methoden und Techniken	Kaum Änderungen von Grundlagen der PM Methoden und Techniken	Teilweise Änderungen von Grundlagen der PM Methoden und Techniken	Teilweise Änderungen von Grundlagen der PM Methoden und Techniken	Größtenteils Änderungen von Grundlagen der PM Methoden und Techniken	Änderungen von Grundlagen der PM Methoden und Techniken				3	
10. Emergenz	Keine Weiterentwicklung innerhalb der PM Methoden und Techniken während deren Anwendung		Keine Weiterentwicklung innerhalb der PM Methoden und Techniken während deren Anwendung	Vereinzelte Weiterentwicklung innerhalb der PM Methoden und Techniken während deren Anwendung	Teilweise Weiterentwicklung innerhalb der PM Methoden und Techniken während deren Anwendung	Teilweise Weiterentwicklung innerhalb der PM Methoden und Techniken während deren Anwendung	größtenteils Weiterentwicklung innerhalb der PM Methoden und Techniken während deren Anwendung	Absolute Weiterentwicklung innerhalb der PM Methoden und Techniken während deren Anwendung				2	
11. Autopoiese	Keinerlei Steuerungswiderstand		Keinerlei Steuerungswiderstand	Leichter Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	Teilweise Steuerungswiderstand	Größtteil Steuerungswiderstand	Absoluter Steuerungswiderstand				4	
12. Überlebenssicherung	Kein Erfolgspotential		Kein Erfolgspotential	Wenig Erfolgspotential	Erfolgspotential	Erfolgspotential	Viel Erfolgspotential	Sehr viel Erfolgspotential				3	
Punktzahl											39	-> Σ/12 3,25	

A.2 Bewertungsmatrizen nach HOFFMANN

ZIELE	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K1)					3,2
	1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄT						SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
STRUKTUREN	sehr wenige Ziele, eindeutig messbar (≤ 3 Oberziele, ≤ 1 Unterziele je Oberziel)	wenige Ziele, definiert, ohne Priorität (≤ 3 Oberziele, ≤ 3 Unterziele je Oberziel)	mehrere Ziele, verschiedenartig, mit Priorisierung (≤ 5 Oberziele, 3 Unterziele je Oberziel)	viele Ziele, sehr unterschiedlich, hohe Priorisierung (≤ 5 Oberziele, ≤ 5 Unterziele je Oberziel)	unzählige Ziele, unklar definiert, unklare Priorisierung, schwer erfassbar (≥ 5 Oberziele, ≥ 5 Unterziele je Oberziel)	3
VERÄNDERUNGEN	keine Veränderungen sind zu erwarten, Ober- und Teilziele verändern sich nicht	wenige Veränderungen sind wahrscheinlich, Oberziele bleiben konstant und Teilziele können sich in geringem Umfang verändern	Veränderungen sind wahrscheinlich und verschiedenartig, Oberziele und Teilziele können sich verändern	viele Veränderungen und sehr unterschiedlich, Oberziele oder Teilziele verändern sich in hohem Umfang	unzählige Veränderungen und sehr schwer erfassbar, Oberziele und Teilziele verändern sich chaotisch	4
WAHRNEHMUNG	bekannte Ziele, aufeinander aufbauend und geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Ziele, teilweise aufbauend und wenig Informationsbedarf	wenig bekannte Ziele, vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Ziele, verknüpft mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Ziele mit starker Verknüpfung und sehr hohem Informationsbedarf	3
VERHALTEN	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Zielerreichung, sehr hohes Konfliktpotenzial	3
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, geringe Wechselwirkungen	Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Ziele, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ziele, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ziele, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	3

OBJEKT	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K _i)					2,8
	1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄT						
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	SUMME
STRUKTUREN	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstücksituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/ Funktion)	wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, komplizierte Grundstücksituation, Neubau oder im Bestand, einfache Strukturen, geringe Wechselwirkungen (≤ 2 Objekte, ≤ 2 Nutzungsbereiche je Objekt, Standardstrukturen)	mehrere Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, komplexe Grundstücksituation, Neubau / im Bestand / innerstädtisch, mittelschwere Strukturen, mehrere Wechselwirkungen (≤ 4 Objekte, ≤ 4 Nutzungsbereiche je Objekt, teilweise Standardstrukturen)	viele Objekte, viele unterschiedliche Nutzungs- und Funktionsbereiche, hoch komplexe Grundstücksituation, hoch komplexer Neubau / im Bestand / innerstädtisch / im Betrieb, schwierige Strukturen, hohe Wechselwirkungen (≤ 8 Objekte, ≤ 8 Nutzungsbereiche je Objekt, wenige Standardstrukturen)	sehr viele Objekte, sehr unterschiedliche Nutzungs- und Funktionsbereiche, sehr hoch komplexe Grundstücksituation, sehr hoch komplexer Neubau / im Bestand / innerstädtisch / im Betrieb, sehr schwierige Strukturen, sehr hohe Wechselwirkungen (≥ 9 Objekte, keine Standardstrukturen)	3
VERÄNDERUNGEN	keine Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich	Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Objekt-Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	3
WAHRNEHMUNG	bekannte Objekthinhalte, einfache Nutzung und Funktionalität, sehr einfacher Aufbau, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Objekthinhalte, komplizierte Nutzung und Funktionalität, komplizierter Aufbau, geringer Informationsbedarf	wenig bekannte Objekthinhalte, komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, komplexer Aufbau, geregelter Informationsfluss	überwiegend neue Objekthinhalte, hoher komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, hoher komplexer Aufbau mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Objekthinhalte, sehr komplexer Nutzungsmix und Funktionalität, sehr komplexer Aufbau mit sehr starken Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf	2
VERHALTEN	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, sehr hohes Konfliktpotenzial	3
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Projektumwelt auf die Ziele, geringe Wechselwirkungen	Projektumwelt nimmt Einfluss auf die Ziele, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ziele, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Projektumwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ziele, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	3

NEUARTIGKEIT	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K)					3,0
	1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄT						SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
STRUKTUREN	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstücksituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/ Funktion)	geringe Innovationen (Inkrementell), hohe Standardisierung, bekannte Technologien, hoher Vorfertigungsgrad, marktübliche Produkte und Verfahren, geringe Wechselwirkungen	mittlere Innovationen (Inkrementell), teilweise Standardisierung, überwiegend bekannte Technologien, geringer Vorfertigungsgrad, teilweise marktübliche Produkte und Verfahren, mehrere Wechselwirkungen	hoher Innovationsbedarf (teilweise inkrementell und radikal), geringe Standardisierung, viele neue Technologien, sehr geringer Vorfertigungsgrad, wenig marktübliche Produkte und Verfahren, hohe Wechselwirkungen	sehr hoher bis unüberschaubarer Innovationsbedarf (radikal), sehr geringe bis keine Standardisierung, überwiegend neue Technologien, kein Vorfertigungsgrad, sehr wenige marktübliche Produkte und Verfahren, sehr hohe Wechselwirkungen	3
VERÄNDERUNGEN	keine Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit	wenige Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich	Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen aus den Teilaspekten der Neuartigkeit sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	2
WAHRNEHMUNG	bekannte Objektinhalte, geringe Innovationsanforderungen, sehr linearer Prozessablauf, sehr bekannte Produktionsabläufe, sehr geringe Vernetzung der Innovationen, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise bekannte Objektinhalte, Innovationsanforderungen vorhanden, linearer Prozessablauf, bekannte Produktionsabläufe, geringe Vernetzung der Innovationen, geringer Informationsbedarf	wenig bekannte Objektinhalte, komplexe Innovationsanforderungen, teilweise parallele Prozessabläufe, teilweise bekannte Produktionsabläufe, Vernetzung der Innovationen vorhanden, geregelter Informationsbedarf erforderlich	überwiegend neue Objektinhalte, hohe komplexe Innovationsanforderungen, parallele Prozessabläufe, viele unbekannte Produktionsabläufe, hohe Vernetzung der Innovationen vorhanden, hoher Informationsbedarf	vollständig neue Objektinhalte, sehr komplexe Innovationsanforderungen, sprunghaft wechselnde Prozessabläufe, sehr viele unbekannte Produktionsabläufe, sehr hohe Vernetzung der Innovationen vorhanden, sehr hoher Informationsbedarf	2
VERHALTEN	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr hohes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektvorgaben, sehr hohes Budget für Innovation, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Objektvorgaben, hohes Budget für Innovation, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Innovationsbudget vorhanden, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, geringes Budget für Innovation, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Objektvorgaben, kein Budget für Innovation, sehr hohes Konfliktpotenzial	4
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Innovationsfähigkeit (Kreativität, Spielräume, Kapitalbedarf), sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	4

PROJEKT	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K)					3,4
KOMPLEXITÄT	4				5	SUMME
MERKMALE	1	2	3	hoch	sehr hoch	
STRUKTUREN	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstücksituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/Funktion)	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan und einem ergänzenden bauneurechtlichen Verfahren, geringe Anzahl an Pauschalvergaben (2) oder Abstimmungen, mittlere Anzahl an konventionellen Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≤ 10), geringe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≤ 5), geringe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≤ 5), geringe Anzahl an Vernetzungen mit geringem Konfliktpotenzial	Einzelnes Genehmigungsverfahren mit vorhandenem B-Plan und mehreren bauneurechtlichen Verfahren (≤ 3) oder einzelne komplexe baurechtliche Abstimmungen, mittlere Anzahl an Pauschalvergaben (≤ 5) oder konventionelle Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≤ 20), mittlere Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≤ 10), mittlere Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≤ 10), mittlere Anzahl an Vernetzungen mit Konfliktpotenzial	Einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren mit mehreren bauneurechtlichen Verfahren (≤ 2) oder mehrere komplexe baurechtliche Abstimmungen (≥ 2), sehr hohe Anzahl an Pauschalvergaben (≥ 8) oder sehr hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≥ 30) oder einzelnes innovatives Vergabemodell (Kooperationsmodelle) mit nicht standardisierter Vertragsstruktur, hohe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≥ 15), sehr hohe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≥ 15), sehr hohe Anzahl an Vernetzungen mit hohem Konfliktpotenzial	Einzelnes bauplanungsrechtliches Verfahren mit vielen bauneurechtlichen Verfahren (≥ 2) oder mehrere komplexe baurechtliche Abstimmungen (≥ 2), sehr hohe Anzahl an Pauschalvergaben (≥ 8) oder sehr hohe Anzahl an konventionellen Einzelvergaben mit standardisierten Leistungen (≥ 30) oder einzelnes innovatives Vergabemodell (Kooperationsmodelle) mit nicht standardisierter Vertragsstruktur, hohe Anzahl an Planungs- und Ausführungsphasen (≥ 15), sehr hohe Anzahl an Prüfprozessen und Freigaben (≥ 15), sehr hohe Anzahl an Vernetzungen mit hohem Konfliktpotenzial	4
VERÄNDERUNGEN	keine Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind zu erwarten	wenige Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich	Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen aus den Teilaspekten der Projektaufgaben sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	3
WAHRNEHMUNG	Einfaches Genehmigungsverfahren mit bekannten Inhalten, einfache und standardisierte Vertragsmodalitäten, einfache Planungs- und Ausführungsphasen mit bekannten Inhalten, einfache und bekannte Prüfprozesse und Freigaben, sehr transparente Vernetzungen mit sehr geringem Informationsbedarf	Einfache Genehmigungsverfahren mit komplizierten Inhalten, komplizierte standardisierte Vertragsmodalitäten, komplizierte Planungs- und Ausführungsphasen mit bekannten Inhalten, komplizierte bekannte Prüfprozesse und Freigaben, komplizierte Vernetzungen mit geringem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit mehreren komplexen Inhalten, komplexe standardisierte Vertragsmodalitäten, komplexe Planungs- und Ausführungsphasen, komplexe Prüfprozesse und Freigaben, komplexe Vernetzungen mit mittlerem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit hochkomplexen Inhalten, hochkomplexe Vertragsmodalitäten, hochkomplexe Planungs- und Ausführungsphasen, hochkomplexe Prüfprozesse und Freigaben, hochkomplexe Vernetzungen mit hohem Informationsbedarf	Genehmigungsverfahren mit sehr komplexen Inhalten, sehr komplexe Vertragsmodalitäten, sehr komplexe Planungs- und Ausführungsphasen, sehr komplexe Prüfprozesse und Freigaben, sehr komplexe Vernetzungen mit sehr hohem Informationsbedarf	3
VERHALTEN	sehr geringe und klare Aufgabenteilung, sehr geringer Koordinationsbedarf, sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Ausgaben, sehr geringe Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen mit hohem Freiheitsgraden und sehr hohem Vertrauen sowie einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, Projektdauer ≤ 2 Jahre	komplizierte und bedingt klare Aufgabenteilung, geringer Koordinationsbedarf, geringe Wechselwirkungen zwischen den Ausgaben, geringes Konfliktpotenzial, geringe hohe ausgewogene Rückkopplungen mit vielen Freiheitsgraden und hohem Vertrauen sowie einer hohen Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, Projektdauer ≤ 3 Jahre	komplexe und vernetzte Aufgabenteilung, mittlerer Koordinationsbedarf, mittlere Anzahl von Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, ausgewogene Risiken, ausgewogene Rückkopplungen, hohe Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung, Konflikte sind wahrscheinlich, Projektdauer ≤ 5 Jahre	sehr komplexe und sehr vernetzte Aufgabenteilung, hoher Koordinationsbedarf, hohe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, hohes Konfliktpotenzial, viele ausgewogene Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade und geringem Vertrauen sowie der geringen Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, Projektdauer ≤ 8 Jahre	hoch komplexe und hoch vernetzte Aufgabenteilung, sehr hoher Koordinationsbedarf, sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Aufgaben, sehr hohes Konfliktpotenzial, sehr viele Risiken, sehr wenig Rückkopplungen mit sehr geringen Freiheitsgraden und sehr geringem Vertrauen sowie einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, Projektdauer ≥ 9 Jahre	4
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenteilung, sehr geringe Wechselwirkungen	geringer Einfluss der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, geringer Einfluss der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, geringer Einfluss der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, geringer Einfluss der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenteilung, geringe Wechselwirkungen	Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenteilung, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	hohe Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenteilung, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vertragsgestaltung, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Ablaufstrukturen, sehr hohe Einflussnahme der Umwelt auf die Vernetzung der Aufgabenteilung, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	3

METHODIK	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K)					2,4
	1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄT						SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
STRUKTUREN	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstücksituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/ Funktion)	wenige homogene Führungsstile, wenige Entscheidungsprozesse, viele Methoden und Werkzeuge, viele Standards, hohe PM-Unterstützung	inhomogene Führungsstile, viele Entscheidungsprozesse, Methoden und Werkzeuge verfügbar, Standards verfügbar, PM-Unterstützung verfügbar	sehr inhomogene Führungsstile, sehr viele Entscheidungsprozesse, viele Methoden und Werkzeuge, geringe Anzahl von Standards, geringe PM-Unterstützung	sehr stark inhomogene Führungsstile, unüberschaubar viele Entscheidungsprozesse, sehr viele Methoden und Werkzeuge, kaum verfügbare Standards, sehr geringe PM-Unterstützung	3
VERÄNDERUNGEN	keine Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind zu erwarten	wenig Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich	Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich und verschiedenartig	viele Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	sehr viele Veränderungen der Führungsmethodik und der Werkzeuge sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	2
WAHRNEHMUNG	bekannte Methodik, einfache und klare Aufgabenteilung mit sehr geringer Vernetzung, aufeinander aufbauend und mit geringem Informationsbedarf	teilweise bekannte Methodik, klare Aufgabenteilung mit geringer Vernetzung, teilweise aufbauend und mit wenig Informationsbedarf	wenig bekannte Methodik, vernetzte Aufgabenteilung vereinzelt aufbauend und geregelter Informationsbedarf	überwiegend neue Methodik, hoch vernetzte Aufgabenteilung verknüpft mit hohem Informationsbedarf	vollständig neue Methodik mit sehr hoch vernetzter Aufgabenteilung und sehr hohem Informationsbedarf	2
VERHALTEN	sehr geringe oder ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, statische Teams, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, periodisch dynamische Teams, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geringe Eigensteuerung von Teilen der Methodik wahrscheinlich, dynamische Teams, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, wenig ausgewogene oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, hoch dynamische Teams, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken durch die gewählte Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit und Erfahrung, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Methodik, chaotisch agierende Teams, sehr hohes Konfliktpotenzial	3
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, geringe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Methodik der Führung und der Werkzeuge sowie der Verfügbarkeit, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	2

ORGANISATION	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K _i)					2,8
	1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄT						SUMME
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
STRUKTUREN	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstücksituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich / Funktion)	wenige Schnittstellen, wenige Hierarchieebenen, (≤ 8 Planerfelder, ≤ 20 Firmen oder Gewerke, 1 Entscheider, 1 Gremium, Projektdauer ≤ 4 Jahre, Projektkosten ≤ 15 Mio. €)	mittlere Anzahl von Schnittstellen, mehrere Hierarchieebenen, (≤ 12 Planerfelder, ≤ 40 Firmen oder Gewerke, 3 Entscheider, 2 Gremien, Projektdauer ≤ 6 Jahre, Projektkosten ≤ 50 Mio. €)	hohe Anzahl von Schnittstellen, viele Hierarchieebenen, (≤ 18 Planerfelder, ≤ 70 Firmen oder Gewerke, 4 Entscheider, 3 Gremien, Projektdauer ≤ 8 Jahre, Projektkosten ≤ 100 Mio. €)	sehr hohe Anzahl von Schnittstellen, sehr viele Hierarchieebenen, (≥ 18 Planerfelder, ≥ 70 Firmen oder Gewerke, ≥ 5 Entscheider, ≥ 4 Gremien, Projektdauer ≥ 9 Jahre, Projektkosten ≥ 100 Mio. €)	3
VERÄNDERUNGEN	keine Veränderungen der Beteiligten sind zu erwarten	wenige Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich	Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	unzählige Veränderungen der Beteiligten sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	3
WAHRNEHMUNG	untereinander bekannte Beteiligte, keine Freelancer, klare Aufgabenteilung, sehr einfache Aufbaustruktur, sehr geringer Informationsbedarf	teilweise untereinander bekannte Beteiligte, keine Freelancer, Aufgabenverteilung definiert aber kompliziert, einfache Aufbaustruktur, geringer Informationsbedarf	mittlere Anzahl untereinander bekannte Beteiligte, teilweise Freelancer, Aufgabenverteilung nicht eindeutig definiert oder komplex, komplexe Aufbaustruktur, geregelter Informationsfluss	viele unbekannte Beteiligte, mehrere Freelancer, Aufgabenverteilung nicht eindeutig definiert oder hoch komplex oder nicht verstanden, hohe Komplexität der Aufbaustruktur mit hohem Informationsbedarf	sehr viele unbekannte Beteiligte, viele Freelancer, Aufgabenverteilung sehr unbestimmt und häufig wechselnd, sehr hoch komplexe Aufbaustruktur mit sehr starken Verknüpfungen und sehr hohem Informationsbedarf	3
VERHALTEN	sehr geringe oder ausgewogene Risiken, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, kaum Konflikte zu erwarten	geringe oder ausgewogene Risiken, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, geringes Konfliktpotenzial	ausgewogene Risiken und ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche wahrscheinlich, Konflikte sind wahrscheinlich	viele einseitige Risiken, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, hohes Konfliktpotenzial	sehr viele einseitige Risiken, sehr wenig ausgewogene oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung von Teilen der Organisationsbereiche, sehr hohes Konfliktpotenzial	3
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Organisationsstruktur, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die Objektvorgaben, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Organisationsstruktur, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Organisationsstruktur, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Organisationsstruktur, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	2

RESSOURCEN KOMPLEXITÄT MERKMALE	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K)					2,8 SUMME
	1	2	3	4	5	
sehr gering sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstichsituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/ Funktion)	gering wenige unterschiedliche Teams, einfache Teamorganisation, einfaches und strukturiertes Besprechungsmanagement, wenige Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 2) und einfache Finanzmittelbereitstellung, hohe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, hohe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, viele und gute Kommunikationsbeziehungen, hohe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	mittel unterschiedliche Teams, komplizierte und diverse Teamorganisationen, kompliziertes aber strukturiertes Besprechungsmanagement, mehrere Finanzierungsquellen (z.B. Investoren = 3) und komplizierte Finanzmittelbereitstellung, mittlere Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, mittlere Qualität und Kompetenz der Beteiligten, komplizierte aber strukturierte Kommunikationsbeziehungen, mittlere Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	hoch sehr viele unterschiedliche Teams, sehr komplexe und sehr diverse Teamorganisationen, sehr komplexes Besprechungsmanagement, sehr viele Finanzierungsquellen (z.B. Investoren > 5) und sehr komplexe Finanzmittelbereitstellung, sehr geringe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, sehr geringe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, sehr komplexe oder unstrukturierte Kommunikationsbeziehungen, sehr geringe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	sehr hoch sehr viele unterschiedliche Teams, sehr komplexe und sehr diverse Teamorganisationen, sehr komplexes Besprechungsmanagement, sehr viele Finanzierungsquellen (z.B. Investoren > 5) und sehr komplexe Finanzmittelbereitstellung, sehr geringe Verfügbarkeit der personellen Ressourcen, sehr geringe Qualität und Kompetenz der Beteiligten, sehr komplexe oder unstrukturierte Kommunikationsbeziehungen, sehr geringe Identifikation der Beteiligten mit dem Projekt	3	
keine Veränderungen von Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind zu erwarten	gering wenige Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich	mittel Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, verschiedentypig	hoch viele Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, sehr unterschiedlich	sehr hoch unzählige Veränderungen der Ressourcen, Begrenzungen oder Teamabhängigkeiten sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	3	
Teams untereinander bekannt und sehr transparenter Umgang oder Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in den Teams kommuniziert, Besprechungsmanagement eindeutig definiert und vollständig umgesetzt oder nicht erforderlich, Konfliktmanagement eindeutig definiert und vollständig umgesetzt oder nicht erforderlich, sehr guter Informationsfluss, Zufriedenheit oder sehr geringer Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	gering Teams teilweise untereinander bekannt und transparenter Umgang oder Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse in den Teams kommuniziert, Besprechungsmanagement definiert und umgesetzt, guter Informationsfluss, hohe Transparenz, hohe Zufriedenheit oder geringer Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	mittel Teams geringfügig untereinander bekannt und teilweise transparenter Umgang oder teilweise Sensitivitätsanalyse durchgeführt ohne Kommunikation der Ergebnisse, Besprechungsmanagement teilweise definiert und teilweise umgesetzt, Konfliktmanagement teilweise definiert und teilweise umgesetzt, teilweiser Informationsfluss, mittlere Transparenz, mittlere Zufriedenheit oder Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, mittlere vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	hoch Teams untereinander unbekannt und geringer transparenter Umgang oder keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, Besprechungsmanagement nicht eindeutig definiert und dynamisch wechselnd, Konfliktmanagement nicht eindeutig definiert und dynamisch wechselnd, geringer Informationsfluss, geringe Transparenz, geringe Zufriedenheit oder hoher Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten	sehr hoch Teams untereinander unbekannt und sehr geringer transparenter Umgang oder keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt oder beabsichtigt, Besprechungsmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Abläufen, Konfliktmanagement nicht eindeutig definiert mit chaotischen Ergebnissen oder nicht vorhanden, geringer Informationsfluss, sehr geringe Zufriedenheit oder sehr hoher Stress innerhalb der Teams erkennbar oder zu erwarten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	3	
sehr geringe oder ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, kaum Konflikte zu erwarten	gering geringe oder ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, geringes Konfliktpotenzial	mittel ausgewogene Risiken der Ressourcenrelationen, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung der Ressourcen wahrscheinlich, Konflikte sind möglich	hoch viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, hohes Konfliktpotenzial	sehr hoch sehr viele einseitige Risiken der Ressourcenrelationen, sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung der Ressourcen, sehr hohes Konfliktpotenzial	3	
sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die Ressourcen, ohne Wechselwirkungen	gering wenig Einfluss der Umwelt auf die Ressourcen, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	mittel Die Umwelt nimmt Einfluss auf die Ressourcen, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	hoch Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die Ressourcen, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	sehr hoch Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die Ressourcen, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	2	

KULTUR	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K _i)					2,5
	1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄT						SUMME
MERKMALE	sehr geringe	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
STRUKTUREN	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstücksituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/ Funktion)	wenige beteiligte Länder (≤ 2) und gleichförmige beteiligte Kulturen (≤ 2), einfaches Beziehungsgefüge mit geringen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, geringe geografische Distanzen (≤ 2500 km) zwischen den Beteiligten	mittlere Anzahl beteiligter Länder (≤ 3) und teilweise gleichförmige beteiligte Kulturen (≤ 3), mittelschweres Beziehungsgefüge mit mittleren Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, mittlere geografische Distanzen (≤ 5000 km) zwischen den Beteiligten	viele beteiligte Länder (≤ 5) oder ungleichförmige beteiligte Kulturen (≥ 2), schwieriges Beziehungsgefüge mit hohen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, hohe geografische Distanzen (≤ 10000 km) zwischen den Beteiligten	sehr viele beteiligte Länder (> 5) oder viele ungleichförmige beteiligte Kulturen (> 2), sehr schwieriges Beziehungsgefüge mit sehr hohen Wechselwirkungen zwischen den beteiligten Kulturen, sehr hohe geografische Distanzen (> 10000 km) zwischen den Beteiligten	3
VERÄNDERUNGEN	keine Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind zu erwarten	wenige Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich	Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, verschiedenartig	viele Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	unzählige Veränderungen der kulturellen Teilaspekte sind wahrscheinlich, schwer erfassbar	2
WAHRNEHMUNG	Teams untereinander bekannt, sehr transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse teilweise in die Teams umgesetzt, sehr umfangreiche mediale Kommunikationstechnik vorhanden oder nicht erforderlich, sehr hohe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, sehr vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander teilweise bekannt, transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt und die Erkenntnisse teilweise in die Führung der Teams umgesetzt, umfangreiche mediale Kommunikationstechnik vorhanden, hohe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander geringfügig bekannt, teilweise transparenter Umgang, Sensitivitätsanalyse durchgeführt ohne Umsetzung in die Führung der Teams, mediale Kommunikationstechnik vorhanden, Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten teilweise vorhanden, vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt, geringer transparenter Umgang, keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt aber teilweise vorgesehen, geringe mediale Kommunikationstechnik vorhanden, geringe Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	Teams untereinander unbekannt, sehr geringer transparenter Umgang, keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt oder beabsichtigt, sehr geringe oder keine mediale Kommunikationstechnik vorhanden, sehr geringe oder keine Erfahrung der Teams mit multikulturellen Projekten, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit teilweise erkennbar oder zu erwarten	3
VERHALTEN	sehr geringe oder ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, die Verhaltenssteuerung wird in hohem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt	geringe oder ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird in geringem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt	ausgewogene Risiken der kulturellen Relationen, ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, geregelte Eigensteuerung wahrscheinlich, Konflikte sind möglich, die Verhaltenssteuerung wird in sehr geringem Maße durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (Beteiligte haben nur teilweise Erfahrungen)	viele einseitige Risiken der kulturellen Relationen, wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird nicht durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (nur einzelne Beteiligte haben einschlägige Erfahrungen)	sehr viele einseitige Risiken der kulturellen Relationen, sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur geregelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, die Verhaltenssteuerung wird nicht durch ein systemisches Managementsystem unterstützt (keiner der Beteiligten hat einschlägige Erfahrungen)	3
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf die kulturellen Aspekte, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf die kulturellen Aspekte, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf die kulturellen Aspekte, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf die kulturellen Aspekte, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf die kulturellen Aspekte, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	2

CHANCEN/RISIKEN	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K)					3,2 SUMME
	1 sehr gering	2 gering	3 mittel	4 hoch	5 sehr hoch	
KOMPLEXITÄT						
MERKMALE	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstücksituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/ Funktion)	wenige überschaubare und wenig vergleichbare Risiken in wenigen Risikoklassen (≤ 10), wenige überschaubare Verträge und Vereinbarungen (≤ 10), wenige põnale Elemente, viele erreichbare Chancen (≤ 5)	überschaubare und teilweise vergleichbare Risiken in mittlerer Anzahl von Risikoklassen (≤ 15), mittlere Anzahl an teilweise überschaubaren Verträgen und Vereinbarungen (≤ 15), põnale Elemente werden generell eingesetzt, einige erreichbare Chancen (≤ 4)	viele und gering überschaubare Risiken in vielen Risikoklassen (≤ 20), viele und gering überschaubare Verträge und Vereinbarungen (≤ 20), viele põnale Elemente, wenige erreichbare Chancen (< 3)	sehr viele kaum überschaubare und unterschiedliche Risiken in sehr vielen Risikoklassen (> 20), sehr viele kaum überschaubare und unterschiedliche Verträge und Vereinbarungen (> 20), sehr viele põnale Elemente, sehr wenige erreichbare Chancen (< 2)	
STRUKTUREN						3
VERÄNDERUNGEN	sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, sehr geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, sehr geringe Unsicherheiten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	geringe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, mit geringen Unsicherheiten mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten sowie Unsicherheiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten sind erkennbar und zu erwarten	hohe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, hohe Unsicherheiten mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Chancen und Risiken wahrscheinlich, sehr hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Chancen und Risiken aus projektinternen, -externen oder sachlich-inhaltlichen Teilaspekten, sehr hohe Unsicherheiten mit hohen Eintrittswahrscheinlichkeiten sind zu erwarten	3
WAHRNEHMUNG	sehr hoher transparenter Umgang mit Chancen und Risiken durch Einsatz eines qualifizierten Risikomanagementsystems, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikolokation, sehr guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, sehr hohe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	hoher transparenter Umgang mit Chancen und Risiken durch Einsatz eines qualifizierten Risikomanagementsystems, hohe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikolokation, guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, hohe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	mittlerer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagementsystem vorhanden, mittlere Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikolokation, mittlerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	geringer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagement findet nur teilweise statt, geringe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikolokation, geringerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	sehr geringer transparenter Umgang mit Chancen und Risiken, Risikomanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur Durchführung kooperativer Lösungsansätze zur Risikovermeidung und Risikolokation, sehr geringer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit, sehr geringe vertrauensvolle Zusammenarbeit erkennbar oder zu erwarten	3
VERHALTEN	sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen, sehr viele Freiheitsgrade, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung, kaum Konflikte zu erwarten, übliche Verträge (auf Basis von Standards), keine Risikoverschiebung, unkomplizierte Freigaben, sehr hohe qualifizierte Mitwirkung der Auftraggeber	hohe und ausgewogene Rückkopplungen, viele Freiheitsgrade, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung, geringes Konfliktpotenzial, überwiegend übliche Verträge (auf Basis von Standards), geringe Risikoverschiebung, gegelte Freigaben, hoch qualifizierte Mitwirkung der Auftraggeber	ausgewogene Rückkopplungen, teilweise Freiheitsgrade, mittleres Vertrauen, gegelte Eigensteuerung wahrscheinlich, Konflikte sind möglich, teilweise übliche Vertragsgestaltung (nur teilweise Standards), teilweise Risikoverschiebung, komplexe Entscheidungsfindung, mittlere Qualifikation der Auftraggeber	wenig ausgewogene Rückkopplungen oder hohe einseitige Rückkopplungen, geringe Freiheitsgrade, geringes Vertrauen, geringe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung, hohes Konfliktpotenzial, unübliche Vertragsgestaltung (geringe Anzahl von Standards), hohe Risikoverschiebung, schwierige Entscheidungsfindung, geringe Qualifikation der Auftraggeber	sehr wenig ausgewogene Rückkopplungen oder sehr hohe einseitige Rückkopplungen, sehr geringe Freiheitsgrade, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur gegelten Eigensteuerung, sehr hohes Konfliktpotenzial, eigene Vertragswelt (keine Standards), sehr hohe Risikoverschiebung, sehr schwierige Entscheidungsfindung, sehr geringe Qualifikation der Auftraggeber	3
UMWELT	sehr geringer Einfluss der Umwelt auf Chancen und Risiken, ohne Wechselwirkungen	wenig Einfluss der Umwelt auf Chancen und Risiken, geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt Einfluss auf Chancen und Risiken, Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen hohen Einfluss auf Chancen und Risiken, hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	Die Umwelt nimmt einen sehr hohen Einfluss auf Chancen und Risiken, sehr hohe Wechselwirkungen sind wahrscheinlich	4

UMFELD	Spezifischer Komplexitätsgrad (Indikator) (K)					3,6 SUMME
	1	2	3	4	5	
KOMPLEXITÄT						
MERKMALE	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch	
STRUKTUREN	sehr wenige Objekte, Nutzungs- und Funktionsbereiche, einfache Grundstücksituation, Neubau, sehr einfache Strukturen, sehr geringe Wechselwirkungen (1 Objekt, 1 Nutzungsbereich/ Funktion)	wenige überschaubare und vergleichbare Stakeholdergruppen (s 2), geringe Einflussnahme mit geringen Risiken, einfaches und transparentes Umfeld, wenige und überschaubare normative Rahmenbedingungen, viele Routineaufgaben	teilweise überschaubare aber unterschiedliche Stakeholdergruppen (s 2), mittlere Einflussnahme mit mittleren Risiken, mittleres transparentes Umfeld, mittlere Anzahl überschaubarer normativer Rahmenbedingungen, teilweise Routineaufgaben	hohe Anzahl unterschiedlicher Stakeholdergruppen (s 5), hohe Einflussnahme mit hohen Risiken, wenig transparentes Umfeld, viele normative Rahmenbedingungen, wenig Routineaufgaben	sehr hohe Anzahl unterschiedlicher Stakeholdergruppen (> 5), sehr hohe Einflussnahme mit sehr hohen Risiken, sehr wenig transparentes bis chaotisches Umfeld, sehr viele unüberschaubare normative Rahmenbedingungen, sehr wenige Routineaufgaben	4
VERÄNDERUNGEN	sehr geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, sehr geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der mittelbaren Einflussgrößen, sehr geringe Unsicherheiten, sehr geringe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement eingeführt und umgesetzt oder nicht erforderlich	geringe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, geringe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der mittelbaren Einflussgrößen, geringe Unsicherheiten, geringe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement eingeführt und umgesetzt	Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, hohe Unsicherheiten, mittlere Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement teilweise eingeführt und teilweise umgesetzt	hohe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, hohe Unsicherheiten, hohe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, Änderungsmanagement teilweise eingeführt aber nicht umgesetzt	sehr hohe Wechselwirkungen zwischen den Einflussgrößen wahrscheinlich, sehr hohe Veränderungen von Eintrittswahrscheinlichkeiten der Einflussgrößen, sehr hohe Unsicherheiten, sehr hohe Bedeutung des Projektes für das Umfeld, kein Änderungsmanagement vorhanden	3
WAHRNEHMUNG	sehr hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen durch Einsatz eines qualifizierten Stakeholdermanagementsystems oder nicht erforderlich, sehr guter Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch den Einsatz eines Projektmarketings oder nicht erforderlich	hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen durch Einsatz eines qualifizierten Stakeholdermanagementsystems oder nur teilweise erforderlich	mittlerer hoher transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagementsystem vorhanden, Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit erkennbar oder zu erwarten, Projektmarketing vorhanden	geringer transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagement findet nur teilweise statt aber erforderlich, geringerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch ein geringes aber erforderliches Projektmarketing	sehr geringer transparenter Umgang mit Stakeholdern und Einflussgrößen, Stakeholdermanagement nur im Ansatz erkennbar oder nicht vorhanden, sehr geringerer Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeit durch nicht vorhandenes Projektmarketing	4
VERHALTEN	sehr hohe und ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr großes Vertrauen, sehr hohe Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung, sehr hohes kooperatives Verhalten, sehr wenige Konflikte zu erwarten, sehr hohe Qualität der Stakeholder	hohe und ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, großes Vertrauen, hohe Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung, hohes kooperatives Verhalten, wenige Konflikte zu erwarten, hohe Qualität der Stakeholder	teilweise Rückkopplungen der Stakeholder, teilweise Vertrauen und teilweise Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung, teilweise kooperatives Verhalten, Konflikte zu erwarten, mittlere Qualität der Stakeholder	geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, geringes Vertrauen und geringe Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung, geringes kooperatives Verhalten, viele Konflikte zu erwarten, geringe Qualität der Stakeholder	sehr geringe und nicht ausgewogene Rückkopplungen der Stakeholder, sehr geringes Vertrauen, sehr geringe Wahrscheinlichkeit zur gegenseitigen Eigensteuerung, sehr geringes kooperatives Verhalten, sehr viele Konflikte zu erwarten, sehr geringe Qualität der Stakeholder	3
UMWELT	sehr geringes öffentliches Interesse und sehr geringe Einflussnahme der Politik, sehr geringe Wechselwirkungen wahrscheinlich	geringes öffentliches Interesse und geringe Einflussnahme der Politik, wahrscheinlich	Öffentlichkeit nimmt Anteil am Projekt, politische Einflussnahme wahrscheinlich, Wechselwirkungen wahrscheinlich	hohes öffentliches Interesse und hohe Einflussnahme der Politik, hohe Wechselwirkungen wahrscheinlich	sehr hohes öffentliches Interesse und sehr hohe Einflussnahme der Politik, sehr hohe Wechselwirkungen wahrscheinlich	4

Literaturverzeichnis

Bibliographie

AGGTELEKY, B.; BAJNA, N.: Projektplanung. Ein Handbuch für Führungskräfte ; Grundlagen - Anwendung - Beispiele. München. Hanser, 1992.

BANDTE, H.: Komplexität in Organisationen. Organisationstheoretische Betrachtungen und agentenbasierte Simulation. 1. Aufl. Wiesbaden. Deutscher Universitäts-Verlag, 2007.

BORGERT, S.: Resilienz im Projektmanagement: Bitte anschnallen. Wiesbaden. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013.

BOSSSEL, H.: Systeme, Dynamik, Simulation. Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme. Norderstedt. Books on Demand, 2004.

BRUNNER, C.: Koordinierte "Planung der Planung" und Schnittstellenklärung bei komplexen Bauprojekten. Heidelberg. SRH Hochschule Heidelberg, 2016.

derstandard.at. „Krankenhaus Nord“, <https://www.derstandard.at/story/2000079999847/rechnungshof-bestaetigt-gravierende-fehler-bei-krankenhaus-wien-nord-04.07.2019>].

DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 69901-5. Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 5: Begriffe. Berlin. Beuth Verlag GmbH, 2009.

DITTES, F.-M.: Komplexität. Warum die Bahn nie pünktlich ist. Berlin, Heidelberg, Dordrecht, London, New York. Springer Vieweg, 2012.

DÖRNER, D.: Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. 15. Aufl. Reinbek bei Hamburg. Rowohlt, 2002.

duden.de: "Stichwort: emergent", <https://www.duden.de/rechtschreibung/emergent>, [zuletzt geprüft am: 28.06.2019].

duden.de: "Stichwort: komplex", <https://www.duden.de/rechtschreibung/komplex>, [zuletzt geprüft am: 27.03.2019].

duden.de: "Stichwort: Rationalität", <https://www.duden.de/suchen/dudenonline/rationalitaet>, [zuletzt geprüft am: 17.06.2019].

duden.de: "Stichwort: System", <https://www.duden.de/rechtschreibung/System>, [zuletzt geprüft am: 14.03.2019].

faz.net. „Elbphilharmonie“, <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wohnen/die-elbphilharmonie-ist-fertig-eine-kurze-chronik-der-hamburger-bau-blamage-14503823.html> 04.07.2019].

FLECHTNER, H.-J.: Grundbegriffe der Kybernetik. Eine Einführung. 5. Aufl. Stuttgart. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, 1970.

FRAHM, M.: Baukybernetik. Kybernetisches Bauprojektmanagement zur Gestaltung lebensfähiger Bauprojektstrukturen. 1., verbesserte Aufl. Norderstedt. Books on Demand, 2013.

GREINER, P., et al.: Baubetriebslehre - Projektmanagement. Wie Bauprojekte erfolgreich gesteuert werden. 3., aktualisierte Auflage. Wiesbaden, s.l. Vieweg+Teubner Verlag, 2005.

- HOFFMANN, W. J.: Zum Umgang mit der Komplexität von Bauvorhaben. (Indikatorbezogenes Modell zur Bewertung von Komplexität in Bauprojekten). Kaiserslautern. Technische Universität Kaiserslautern, 2018.
- HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb. Berlin, Heidelberg. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- HOFSTADLER, C.; KUMMER, M.: Chancen- und Risikomanagement in der Bauwirtschaft. Für Auftraggeber und Auftragnehmer in Projektmanagement, Baubetrieb und Bauwirtschaft. Berlin. Springer Vieweg, 2017.
- KIRCHHOF, R.: Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. Grundlagen und Methodik des Umgangs mit Komplexität im Unternehmen. Gabler Edition Wissenschaft. Wiesbaden,s.l. Deutscher Universitätsverlag, 2003.
- KIRST, D.: Analyse von Auswirkungen der Komplexität auf das Projektmanagement von Bauvorhaben. Kaiserslautern. Technische Universität Kaiserslautern, 2016.
- KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik. Berlin. Dietz Verlag, 1968.
- KOCHENDÖRFER, B., et al.: Bau-Projekt-Management. Grundlagen und Vorgehensweisen. 5., überarbeitete Auflage. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2018.
- LANGE, S.: Komplexität im Projektmanagement. Methoden und Fallbeispiele für erfolgreiche Projekte. Wiesbaden. Springer Vieweg, 2015.
- LECHNER, H., 2016. „Projektklasse: Analyse zur Aufbauorganisation von Projekten“. In: planungswirtschaft, 9–18.
- LIENING, A.: Komplexität und Entrepreneurship. Komplexitätsforschung sowie Implikationen auf Entrepreneurship-Prozesse. Wiesbaden. Springer Gabler, 2017.
- LUCHT, D.: Theorie und Management komplexer Projekte. Wiesbaden. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2019.
- MADAUSS, B.-J.: Projektmanagement. Theorie und Praxis Aus Einer Hand. 7th ed. Berlin, Heidelberg. Vieweg, 2017.
- MALIK, F.: Strategie. Navigieren in der Komplexität der Neuen Welt. 2., 2. überarbeitete und erweiterte Aufl. Frankfurt am Main. Campus Verlag, 2013.
- PATZAK, G., 2009. „Messung der Komplexität von Projekten“. In: projekt MANAGEMENT aktuell, 42–45.
- PATZAK, G.; RATTAY, G.: Projektmanagement. Projekte, Projektportfolios, Programme und projektorientierte Unternehmen. 6., wesentlich erweiterte und aktualisierte Auflage. Wien. Linde Verlag Ges.m.b.H, 2014.
- PFARR, K.: Trends, Fehlentwicklungen und Delikte in der Bauwirtschaft. Berlin, Heidelberg. Springer, 1988.
- PMA - Projekt Management Austria: "Stichwort: Komplexitätsbewertung Projekte", <https://www.pma.at/de/service/downloads>, [zuletzt geprüft am: 26.08.2019].
- REFA Consulting: "Stichwort: Kosten", <https://refa-consulting.at/kosten>, [zuletzt geprüft am: 28.08.2019].
- RICHTER, K.; ROST, J.-M.: Komplexe Systeme. Orig.-Ausg., 2. Aufl. Frankfurt am Main. Fischer-Taschenbuch-Verl., 2004.

ROPOHL, G.: Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. 3., überarb. Aufl. Karlsruhe. Universitätsverlag Karlsruhe, 2009.

SCHLEICHER, M.: Komplexitätsmanagement bei der Baupreisermittlung im Schlüsselfertigbau. Kassel. kassel university press GmbH, 2012.

spiegel.de. „Flughafen Berlin“, <https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/flughafen-berlin-brandenburg-ber-kosten-steigen-auf-7-3-milliarden-euro-a-1195101.html> [04.07.2019].

ULRICH, H.; PROBST, G.: Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. Ein Brevier für Führungskräfte. 3. Auflage. Bern. Paul Haupt, 2001.

VESTER, F.: Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität ; ein Bericht an den Club of Rome ; [der neue Bericht an den Club of Rome. 8. Aufl. München. Dt. Taschenbuch-Verl., 2011.

WINZER, P.: Generic Systems Engineering. Ein methodischer Ansatz zur Komplexitätsbewältigung. Berlin. Springer Vieweg, 2013.

wirtschaftslexikon.gabler.de: "Stichwort: Komplexität", <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/dynamische-komplexitaet-54122>, [zuletzt geprüft am: 10.05.2019].

wirtschaftslexikon.gabler.de: "Stichwort: Stakeholder", <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/anspruchgruppen-27010?redirectedfrom=44129>, [zuletzt geprüft am: 08.07.2019].