

# 1 Einführung

*Simulation* ist eine effiziente und effektive Problemlösungsmethode, die die Nachbildung eines realen oder geplanten Systems in einem ablauffähigen (Rechner-)Modell zum Ziel hat, um mittels systematischer Parametervariation zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragen werden können (VDI 3633 2008). Ihre Vorteile im Vergleich zu analytischen Methoden liegen insbesondere in der Modellierung der systemspezifischen *dynamischen* Abhängigkeiten und Wechselwirkungen über die *Zeit* und in der Berücksichtigung *stochastischer* (zufälliger) Aspekte bei der Abbildung des Systemverhaltens.

Im Rahmen dieses Buches wird der Fokus auf die *ereignisdiskrete Simulation*, auch Next Event Simulation oder Discrete Event Simulation (DES), gelegt, die sich heute in fast allen *Produktions- und Logistikbereichen* zur Planung, Bewertung, Verbesserung und Steuerung von Systemen und Prozessen etabliert und bewährt hat. Ihr Nutzen und ihre Vorteile müssen daher an dieser Stelle nicht diskutiert werden; sie können in der einschlägigen Literatur (z. B. Bayer et al. 2003; Law u. Kelton 2000; Rabe u. Hellingsgrath 2001; VDI 3633 2008) nachgelesen werden.

Unter *Produktion und Logistik* werden Fertigungs-, Montage- und Produktionseinrichtungen einschließlich ihrer Prozesse sowie alle Aufgaben der Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik verstanden. Die Logistik bezieht sich dabei sowohl auf produzierende Unternehmen als auch auf nicht produzierende Betriebe wie Handelsunternehmen, Flughäfen und Krankenhäuser. Die Abbildungstiefe reicht von der Modellierung übergeordneter Abläufe in Logistiknetzen – beispielsweise auf der Ebene des Supply Chain Managements (SCM) – bis hin zur detaillierten Betrachtung einzelner produktions- oder fördertechnischer Abläufe sowie der Anlagensteuerung.

Nicht betrachtet wird hingegen das detaillierte physikalische, kinematische und kinetische Verhalten technischer Systeme. Hierzu zählen beispielsweise urform- oder umformtechnische Prozesse, Schmelzen oder Verformen, Reibungs- oder Kippverhalten sowie Roboterbewegungen. Ergonomieuntersuchungen unter Verwendung von Menschmodellen sind ebenfalls nicht Gegenstand der Betrachtung.

Die heute häufigste Form des Einsatzes der Simulation ist die *Simulationsstudie*, in der die Simulation zur Bearbeitung anstehender Aufgaben der Produktions- oder Logistiksystemplanung und zur Beantwortung von vorab festgelegten Fragestellungen eingesetzt wird. Hierbei kann die Studie wiederum in ein größeres Projekt eingebunden sein oder alleinstehend als Projekt durchgeführt werden. Als eigenständiges *Projekt* muss die Simulationsstudie dabei Facetten des Projektmanagements, der Softwareentwicklung und der Modellbildung und Simulation abdecken.

Darüber hinaus spielt die Simulation als betriebsbegleitendes Entscheidungsinstrumentarium (beispielsweise als Assistenzsystem eines Disponenten) eine Rolle. Vor der Bereitstellung eines derartigen Werkzeuges steht allerdings in der Regel auch die klassische Simulationsstudie, die in diesem Fall vor allem Aufgaben eines Softwareentwicklungsprojektes beinhalten muss (s. auch Abschn. 3.2.3).

Mit der Professionalisierung von Simulationsstudien in Form von Projekten und der Nutzung der Simulationsergebnisse, beispielsweise als Entscheidungsbasis für Investitionen, Variantenauswahl oder Umplanungen, werden für alle an Simulationsprojekten beteiligten Akteure qualitätsbestimmende Faktoren bei der Projektdurchführung immer wichtiger. Das vorliegende Buch stellt eine umfassende Anzahl an Maßnahmen vor, mit denen Auftraggeber und -nehmer gemeinsam noch schneller und besser ihre Ziele erreichen und die Erkenntnisse der Simulation nutzen können.

## 1.1 Kriterien für Qualität in Simulationsprojekten

Eine qualitätskonforme, professionelle Projektdurchführung ist nur dann erfolgreich zu realisieren, wenn alle Beteiligten ein einheitliches Verständnis von *Qualität* besitzen und somit die die Qualität eines Simulationsprojektes bestimmenden Faktoren als solche erkennen, zielgerichtet bearbeiten und erfüllen können. Dies setzt eine Definition von Qualität voraus, wie sie beispielsweise durch die Norm DIN EN ISO 8402 (1995) gegeben ist:

Qualität ist die Gesamtheit von Merkmalen und Merkmalswerten einer Einheit bzgl. ihrer Eignung, alle festgelegten und vorausgesetzten Erfordernisse zu erfüllen.

Der Begriff Einheit kann dabei sowohl einen Gegenstand (z. B. ein Produkt) als auch einen Prozess (z. B. die Durchführung eines Simulationsprojektes als Dienstleistung) bezeichnen. Obige Definition lässt jedoch unmittelbar erkennen, dass keine allgemeingültigen Regeln existieren kön-

nen, deren Erfüllungsgrad die Qualität *jedes* Simulationsprojektes festlegt. Vielmehr wird die Qualität eines Simulationsprojektes von der Erfüllung z. B. branchen-, unternehmens- und projektspezifischer Anforderungen bestimmt. Die oben angegebene Definition verdeutlicht auch, dass unter Qualität im Rahmen eines Simulationsprojektes *nicht nur* die Ergebnisqualität im Sinne von Korrektheit, Gültigkeit, Nachvollziehbarkeit, Zweckorientierung und Nachnutzbarkeit zu verstehen ist, sondern dass die Qualität eines Simulationsprojektes nur erreicht werden kann, wenn jede einzelne Projektphase (Abschn. 1.2) einer durch die Gesamtheit aller vorgegebenen Erfordernisse definierten (Prozess-)Qualität genügt. Dies impliziert auch, dass die Ergebnisse jedes Arbeitsschrittes einer Phase diesen Qualitätsanforderungen entsprechen müssen. Damit stellt sich die Frage nach wirksamen und nachvollziehbaren Qualitätskriterien für die jeweiligen Arbeitsschritte auch unter Berücksichtigung der jeweils involvierten Akteure auf Auftraggeber- und Auftragnehmerseite.

Für eine erfolgreiche Durchführung von Simulationsprojekten werden in der Literatur (Balci 1990; Sadowski u. Sturrock 2006) Hinweise und Anleitungen gegeben sowie mögliche Fehlerquellen benannt. Liebl (1995, S. 222 ff.) spricht in seinen Grundsatzbetrachtungen zu Simulationsstudien sogar von den sieben Todsünden der Simulation:

1. Falsche Definition des Studienziels
2. Ungenügende Partizipation des Auftraggebers
3. Unausgewogene Mischung von Kernkompetenzen
4. Ungeeigneter Detaillierungsgrad
5. Wahl des falschen Simulationswerkzeuges
6. Unzureichende Validierung
7. Klägliche Präsentation der Ergebnisse

Im Gegensatz hierzu zeigen Robinson und Pidd (1998) 19 Dimensionen für Simulationsprojektqualität auf. Die in Robinson (2004, S. 206) aktualisierte Übersicht benennt neben modell-, daten- und softwarebezogenen Merkmalen vor allem Eigenschaften des Modellierers wie Glaubwürdigkeit, Professionalität sowie fachliche und soziale Kompetenz. Darüber hinaus werden aber auch der Kunde und seine Organisation („the commitment of the client’s organization to the simulation project“, Robinson (2004, S. 206)) und die Beziehung zwischen den Projektpartnern in die Qualitätsbetrachtung einbezogen. Insgesamt müssen aber nicht alle Kriterien in gleichem Maße erfüllt werden, sondern es geht primär darum, die projektbezogenen Erwartungen des Kunden in Bezug auf die Projektorganisation (z. B. Anzahl der regelmäßigen Treffen), die technisch-inhaltliche Umsetzung und die Nutzbarkeit der Ergebnisse zu treffen. Robinson (2002) entwickelt in diesem Zusammenhang eine sogenannte Simulationsqualitätstri-

logie (“simulation quality trilogy”), bestehend aus der inhaltlichen Qualität, der Prozessqualität und der Ergebnisqualität in Bezug auf den Kontext, in dem sie verwendet werden sollen.

Die Qualität von Simulationsprojekten wird damit bestimmt durch die Sorgfalt und Systematik der Projektvorbereitung und -durchführung bei gleichzeitiger Einbeziehung des Projektpartners und Berücksichtigung seiner speziellen Anforderungen im Hinblick auf Projektdurchführung und Ergebniserwartung. Für die Durchführung von Simulationsprojekten in Produktion und Logistik gelten daher aus Sicht der Autoren dieses Buches die folgenden fünf grundlegenden Qualitätskriterien, die ggf. unternehmensindividuell ergänzt oder auch detailliert werden können:

1. Sorgfältige Projektvorbereitung
2. Konsequente Dokumentation
3. Durchgängige Verifikation und Validierung
4. Kontinuierliche Integration des Auftraggebers
5. Systematische Projektdurchführung

Das vorliegende Buch stellt sich dem obigen Qualitätsanspruch für die Durchführung von Simulationsprojekten und begleitet die beteiligten Akteure mit Methoden und Checklisten von der Projektdefinition bis zur Nachnutzung der Ergebnisse nach Ende eines Simulationsprojektes. Fragen zur *Simulationswürdigkeit*, zum geeigneten *Detaillierungsgrad* eines Modells und zur *statistischen Sicherheit* werden in diesem Buch ebenso behandelt wie der *geeignete Werkzeugeinsatz* im Rahmen der Simulationsstudie selbst. Der zuletzt genannte Punkt bedarf einer eigenen Bewertung, da das ausgewählte Werkzeug auch für die Qualität des Simulationsprojektes entscheidend sein kann.

Die Werkzeugweiterentwicklung (z. B. bei der Entwicklung von Bausteinen oder Steuerungsstrategien) und die Bereitstellung von Softwaremodulen im Unternehmen unterliegen hingegen erweiterten werkzeugspezifischen und softwaretechnischen Kriterien, die nicht im Kontext dieses Buches behandelt werden. Ebenfalls im Rahmen dieses Buches nicht weiter berücksichtigt werden sogenannte weiche Faktoren wie die Kompetenz des Auftraggebers und die zwischenmenschliche Kommunikationsfähigkeit der Projektpartner. Sie spielen selbstverständlich eine Rolle innerhalb eines Projektes, besitzen aber keine typischen Ausprägungen für ein Simulationsprojekt. Je nach Projekthinhalte und unternehmensspezifischen Qualitätsanforderungen müssen diese Aspekte ggf. als weitere Qualitätskriterien ergänzt werden.

Hinsichtlich des Einsatzfeldes legt das Buch seinen Schwerpunkt auf Qualitätskriterien bei der Vorbereitung und Durchführung von Simulationsstudien sowie der Nachnutzung von Modellen im Umfeld der Planung

und geht zusätzlich in einigen Abschnitten auf die betriebsbegleitende Simulation ein. Nicht Bestandteil der Betrachtung sind die heute bestehenden Anwendungen auf der Basis gekoppelter Modelle (Bernhard u. Wenzel 2003; Mertins et al. 1998; Rabe 2003; Straßburger et al. 1998) und die Integration der Simulation in die Digitale Fabrik (VDI 4499 2006). Hier sind Aufbau und Nutzung vernetzter Modelle über ein integriertes Datenmanagement ebenso Ziele wie die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams und die Umsetzung der daraus resultierenden kollaborativen Planungsprozesse. Im Gegensatz zu einer Simulationsstudie ist also nicht nur *ein* Modell mit unterschiedlichen Varianten und Versionen aufzubauen, sondern primär sind auch Fragen der Qualität im Kontext der Vernetzung *mehrerer* Modelle, der Wieder- und Weiterverwendung der Modelle sowie der Parallelisierung von Planungsprozessen zu beantworten. An dieser Stelle haben die Autoren des Buches entschieden, nicht den zweiten Schritt vor dem ersten zu machen. Die Qualitätskriterien für die Durchführung von Simulationsprojekten sind grundlegend; ihre weiterführende Anwendung für vernetzte Modelle bzw. für Modelle in der Digitalen Fabrik (Wenzel et al. 2005) beinhaltet nach dem jetzigen Kenntnisstand die Notwendigkeit der Erweiterung der Qualitätskriterien beim Aufbau und bei der Nutzung vernetzter Modelle – allerdings unabhängig von dem jeweiligen Modelltyp.

## 1.2 Vorgehen bei Simulationsprojekten

Vorgehensweisen für die Durchführung von Simulationsstudien werden an unterschiedlichen Stellen in der Literatur behandelt (Law u. Kelton 2000; VDI 3633 2008). Rabe et al. (2008) haben in ihrem Buch die verschiedenen Vorgehensweisen diskutiert und ihren Arbeiten ein einfaches und überschaubares Vorgehensmodell für die Simulation (Abb. 1) zugrunde gelegt, das die wichtigsten zu bearbeitenden Phasen mit ihren Ergebnissen darlegt. Nicht explizit als Phase ausgewiesen ist die *Dokumentation der Ergebnisse*, die in *jeder* Phase enthalten ist.

Das Vorgehensmodell stellt eine prinzipielle Abfolge zur Bearbeitung der einzelnen Phasen dar; Rücksprünge und Iterationen sind aufgrund von fehlerhaften Zwischenergebnissen oder erweiterten Annahmen grundsätzlich möglich. Das vorliegende Buch orientiert sich an diesem Vorgehensmodell, erweitert es jedoch um die Aspekte der Projektdefinition vor der eigentlichen Beauftragung und der Nutzung der Ergebnisse nach Abschluss der Simulationsstudie.

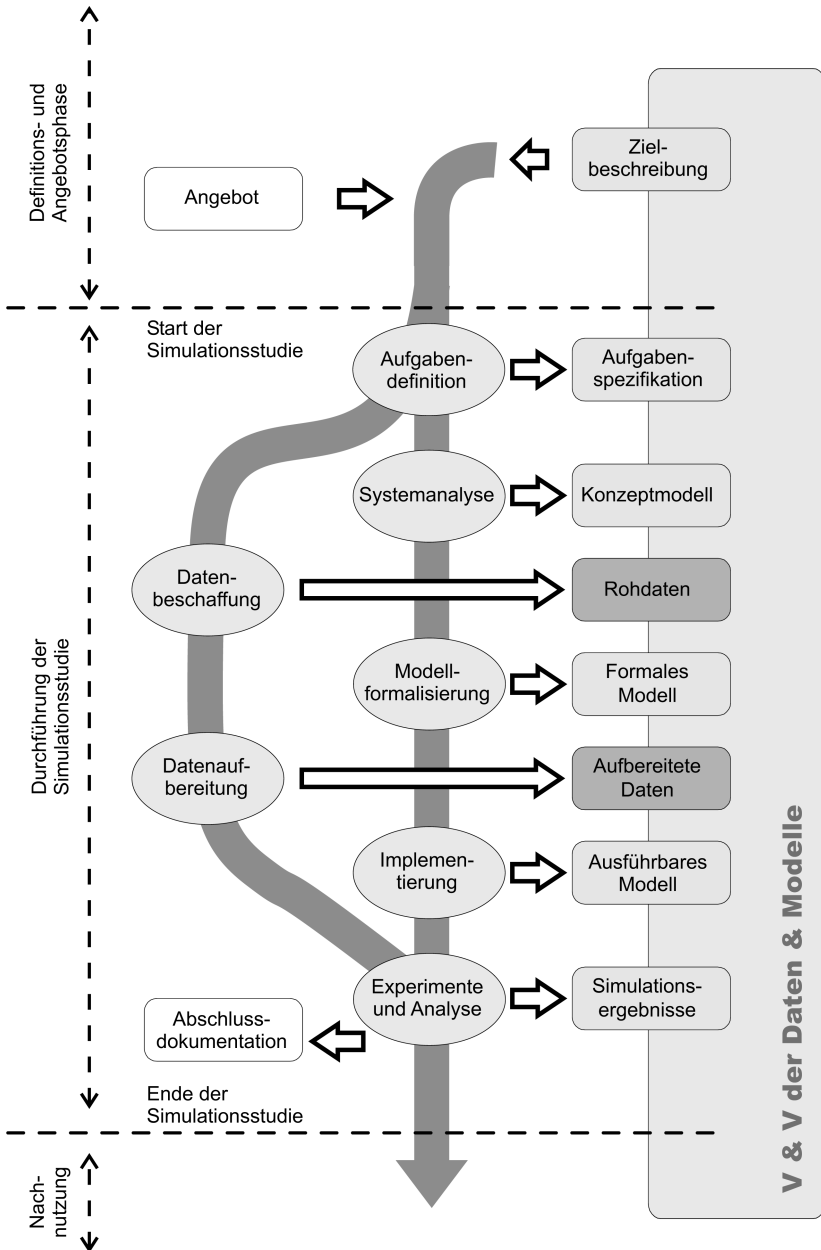


Abb. 1. Erweitertes Vorgehensmodell (angelehnt an Rabe et al. (2008))

In Abb. 1 sind die einzelnen *Projektphasen* als Ellipsen, *Phasenergebnisse* als Kästchen mit abgerundeten Ecken dargestellt. Für ein Simulationsprojekt lässt sich damit das Vorgehensmodell in die vorbereitende Definitions- und Angebotsphase (Kap. 3), die eigentliche Durchführung der Simulationsstudie (Kap. 4) und die Nachnutzung (Kap. 5) gliedern.

Die *Definitions- und Angebotsphase* orientiert sich an einer – ggf. zunächst nur groben – Zielbeschreibung, die sukzessive vervollständigt wird und in der Regel gemeinsam mit einem Angebot als Einstieg in das eigentliche Projekt gilt.

Während der *Durchführung der Simulationsstudie* sind nach der Konkretisierung der Aufgabe in Form einer *Aufgabenspezifikation* die Phasen der Modellbildung (*Systemanalyse, Modellformalisierung, Implementierung*) abzuarbeiten. Hierbei sei darauf hingewiesen, dass das (auf dem Rechner) *ausführbare Modell* das primäre Ziel der Modellerstellung ist. Demgegenüber sind sowohl Konzeptmodell als auch formales Modell eher als Zwischenergebnisse der Modellbildung anzusehen. Das *Konzeptmodell* (auch konzeptuelles oder konzeptionelles Modell) ist ein rein deskriptives Modell; es dient einer ersten – noch nicht formalen – Beschreibung der abzubildenden Realität, in der sowohl die Systemgrenzen als auch alle grundsätzlichen Systemfunktionen mit ihren Wechselwirkungen enthalten sind. Das *formale Modell* konkretisiert und formalisiert die im Konzeptmodell beschriebenen Sachzusammenhänge, die dann in dem *ausführbaren Modell* implementiert werden. Wie in Kapitel 4 dargestellt wird, können einzelne Modellierungsphasen entfallen bzw. in Abhängigkeit von dem jeweils eingesetzten Simulationswerkzeug inhaltlich oder zeitlich miteinander verschmelzen. Dies impliziert jedoch, dass die Beschreibung der Ergebnisse der verbleibenden Modellierungsphasen auch eine Dokumentation der Ergebnisse der nicht explizit durchgeführten Phasen beinhalten muss.

Zeitlich parallel zur und streng vernetzt mit der Modellbildung erfolgen – ebenfalls basierend auf der Aufgabenspezifikation – die Datenbeschaffung und -aufbereitung. Dem Stellenwert der Daten in einer *hinreichenden Granularität und Qualität* für die Modellbildung und Simulation Rechnung tragend werden diese Schritte nicht – wie in der Literatur häufig zu finden – in die Modellbildung subsummiert, sondern separat betrachtet. Dem Detaillierungsgrad des Vorgehensmodells entsprechend werden allerdings nur die beiden Schritte Datenbeschaffung und -aufbereitung unterschieden. Eine vollständige Ausarbeitung des Informationsgewinnungsprozesses zur Bereitstellung von Eingangsdaten für Simulationsmodelle ist z. B. in Bernhard und Wenzel (2005) und Bernhard et al. (2007) zu finden.

Im Anschluss an die Phasen der Modellbildung erfolgt die Planung und Durchführung der *Experimente* und die abschließende *Analyse* der Ergeb-

nisse in Bezug auf die eingangs formulierte Zielbeschreibung. Experimente (VDI 3633 2008) beinhalten eine Anzahl von Simulationsläufen mit systematischer Parametervariation. Jeder Simulationslauf basiert damit auf einer konkreten Modellstruktur mit einem definierten Parametersatz über eine repräsentative Zeitdauer. Bedingt durch die Tatsache, dass zufällige Aspekte in der Simulation Berücksichtigung finden, ist zur Absicherung der statistischen Signifikanz der Ergebnisse eine hinreichende Anzahl an Wiederholungen eines Simulationslaufs mit unterschiedlichen Startwerten der Zufallsverteilungen notwendig (s. hierzu Kap. 4).

Ergebnis und Teilergebnis einer Projektphase werden mittels Methoden der *Verifikation und Validierung* (V&V) auf ihre Eignung, Plausibilität und Vollständigkeit, aber auch im Hinblick auf die Richtigkeit und Vollständigkeit der Umsetzung aus den Ergebnissen der jeweils vorherigen Schritte überprüft. Die Überprüfung der Ergebnisse kann dazu führen, dass Rücksprünge zu vorherigen Projektphasen notwendig werden. Die Aspekte von V&V werden in diesem Buch in Kapitel 2 behandelt. Für eine umfassende Erläuterung zu Vorgehensweisen und Techniken von V&V sei auf Rabe et al. (2008) verwiesen.

Eine Besonderheit bei Simulationsprojekten ist die in der Regel zweistufige Abnahme bestehend aus Modell- und Projektabnahme. Die *Modellabnahme* erfolgt nach der Verifikation und Validierung des ausführbaren Modells. In diesem Schritt überzeugt sich der Auftraggeber davon, dass das Modell für den geplanten Untersuchungszweck geeignet ist, d. h. dass Modell und Realität hinreichend übereinstimmen, um die in der Aufgabenspezifikation benannten Fragen zu beantworten. Der Auftragnehmer muss den Auftraggeber dabei unterstützen, indem er ihm eine aussagekräftige Dokumentation des Modells zur Verfügung stellt.

Die Modellabnahme erfolgt bereits zur Projektlaufzeit und ist im Sinne des Qualitätskriteriums „Systematische Projektdurchführung“ (Abschn. 1.1) die Voraussetzung für Experimente und Analyse (Abb. 1). Die Ergebnisse der Simulation einschließlich der abgeleiteten Interpretation sind zum Projektende Betrachtungsgegenstand der *Projektabnahme*. Aspekte der Modell- und Projektabnahme werden in den Abschnitten 3.2.3 und 4.4.4 und 4.7 näher erläutert.

Die *Nachnutzung* umfasst Aspekte zur Nutzung der Simulationsmodelle im Sinne einer Wieder- und Weiterverwendung (Kap. 5).



### 1.3 Partner in einem Simulationsprojekt

Der Anspruch des vorliegenden Buches ist, alle in einem Simulationsprojekt involvierten Akteure zu unterstützen. Hierzu bedarf es einer nachvollziehbaren Trennung von Aufgaben und Verantwortlichkeiten für jede Projektphase. Dies setzt eine Bestimmung der Aufgaben der beteiligten Akteure voraus.

In erster Linie sieht die Rollenverteilung das Wechselspiel zwischen *Auftraggeber* und *Auftragnehmer* in ihrer Rolle als *Projektpartner* vor. Der Auftragnehmer erweist sich hinsichtlich der Studie als *Dienstleister*, und zwar unabhängig davon, ob es sich um ein *externes* Unternehmen oder eine *interne* Organisationseinheit handelt. Der Auftraggeber ist grundsätzlich der *Nutzer* der Simulationsergebnisse. Insbesondere aus Sicht des externen Auftragnehmers stellt sich der Auftraggeber auch als *Kunde* der Simulationsdienstleistung dar.

Das Projektteam selbst wird sowohl auf Seiten des Auftragnehmers als auch auf Seiten des Auftraggebers hinsichtlich seiner Aufgaben differenziert. So sind auf beiden Seiten jeweils ein verantwortlicher Projektleiter (*Verantwortung/Managementebene*), ein oder auch mehrere Mitarbeiter zur operativen Abwicklung der jeweiligen Aufgaben in den einzelnen Projektphasen (*Mitarbeiterebene*) sowie ggf. fachspezifische Ansprechpartner in unterschiedlichen Abteilungen mit ausgewiesenem Fachwissen (*Informationsebene*) zu benennen. In Abhängigkeit von der Unternehmensgröße einerseits und von dem Umfang des geplanten Projektes andererseits kann der Grad der Differenzierung der Aufgabenbereiche allerdings schwanken. So ist es für beide Seiten keine Seltenheit, dass auch Aufgaben in Personalunion abgewickelt werden. Tabelle 1 verdeutlicht die Zuordnung der beteiligten Projektpartner zu den einzelnen Aufgaben innerhalb eines Simulationsprojektes. Steht die Bezeichnung des Akteurs in Klammern, weist dies auf eine nur u. U. bestehende Aktivität hin.

Für die Projektdurchführung kann auch die Rolle des Auftraggebers in einem übergeordneten Projekt beispielsweise als *Anlagenlieferant* oder als *Anlagenbetreiber* von Interesse sein. Ist der Kunde Anlagenlieferant, werden die Simulationsergebnisse häufig vom Kunden des Lieferanten (also vom späteren Anlagenbetreiber als dem möglichen weiteren Partner im Projekt) benötigt. Ist der Anlagenbetreiber selbst Auftraggeber der Studie, so sind die Simulationsergebnisse im Allgemeinen direkt für ihn und seine Anlage relevant.

**Tabelle 1.** Zuordnung der Akteure zu den Aufgaben innerhalb eines Simulationsprojektes (Verantwortung = V, Mitarbeit = M, Informationsweitergabe =I)

Aufgaben im Simulationsprojekt	Zuordnung der Akteure	
	Auftraggeber	Auftragnehmer
Zielbeschreibung	V, M	I, (M)
Angebotserstellung	I	V, M
Aufgabendefinition	I, M	V, M
Datenbeschaffung	I, M	V, M
Datenaufbereitung	I, (M)	V, M
Systemanalyse	I, (M)	V, M
Modellformalisierung	(I)	V, M
Implementierung	(I)	V, M
Modellabnahme	V, M	I, (M)
Experimente und Analyse	I, (M)	V, M
Verifikation und Validierung	M	V, M
Abschlussdokumentation	(I)	V, M
Projektabschluss	V, M	I, (M)
Nachnutzung	V, M	(M)

## 1.4 Aufbau des Buches

Die Qualität eines Simulationsprojektes ist nicht durch ein einzelnes praktisch nutzbares Qualitätsmaß *bestimmbar*, sondern kann nur über ein nachvollziehbares methodisches Vorgehen *gesichert* werden. Die erarbeiteten und in den folgenden Kapiteln diskutierten Qualitätskriterien sind als ein erprobtes Grundgerüst für dieses methodische Vorgehen zu betrachten. Die Autoren erheben jedoch weder einen Anspruch auf Vollständigkeit der Kriterien, noch fordern sie die vollständige Einhaltung der hier vorgestellten Kriterien. Ziel des Buches ist, allen an einem Simulationsprojekt beteiligten Akteuren Handlungsempfehlungen zu bieten, um ein nachprüfbares und reproduzierbares Qualitätsniveau für Simulationsprojekte auf dem Gebiet von Produktion und Logistik zu erreichen. Die jeweiligen Aussagen gelten im Aufgabenfeld von Produktion und Logistik branchenübergreifend.

Das Buch orientiert sich in seinem Aufbau an dem vorgestellten Vorgehensmodell (Abb. 1). Kapitel 2 geht als einführendes Kapitel auf die grundsätzlichen Qualitätskriterien im Rahmen eines Simulationsprojektes ein und diskutiert insbesondere auch die im Vorfeld einer Beauftragung beim Auftraggeber zu klärenden Punkte. Kapitel 3 erläutert Maßnahmen

zur Erfüllung der Qualitätskriterien innerhalb der Definitions- und Angebotsphase und systematisiert Zielformulierung, erstes Gespräch sowie Angebotserstellung und -auswahl. Die eigentliche Durchführung der – dann beauftragten – Simulationsstudie vom Kick-off-Meeting bis hin zur Abschlusspräsentation und Projektabschluss wird in Kapitel 4 behandelt. In diesem Zusammenhang wird ein besonderes Augenmerk auf die maßgeblichen Qualitätsaspekte bei der Modellbildung und bei der Erreichung statistischer Sicherheit während der Experimentdurchführung gelegt. Auf Voraussetzungen zur qualitätskonformen Nutzung der Modelle und Ergebnisse auch nach Ende einer Simulationsstudie geht abschließend Kapitel 5 ein.

Für die einzelnen Projektphasen sind im Rahmen dieses Buches insgesamt 18 Checklisten sowie Bewertungsverfahren und Vorlagen für Abnahmeprotokolle erarbeitet worden, die dem Anhang zu entnehmen sind. Zusätzlich enthält der Anhang die Dokumentstruktur für alle Ergebnisse des Simulationsprojektes.