

Monte-Carlo Simulation mit dem Tool **MC-ECO** anhand des Beispiels **Projektverzögerung**

Herausgeber

ESG Consulting GmbH
Livry-Gargan-Straße 6
82256 Fürstenfeldbruck

Autor



Dr. Peter Merz
peter.merz@esg-consulting.com

Kontakte

Matthias Reimann
Tel.: +49 (0)89 92161-2802
E-Mail: matthias.reimann@esg-consulting.com

Ulrich Bethäuser
Tel.: +49 (0)89 92161-2517
E-Mail: ulrich.bethaeuser@esg-consulting.com

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| 1. Einleitung | 5 |
| 2. Übersicht Monte-Carlo-Simulation | 7 |
| 3. Methodik des Projektrisikomanagements | 9 |
| 4. Projektverzögerung | 11 |
| 4.1 Beispiel einer Verzögerungs-Simulation eines Teilprojektes | 12 |
| 4.2 Herausfiltern der für Verzögerungen nicht relevanten Risiken | 13 |
| 4.3 Zusammenführen und Quantifizieren der Risiken mit gemeinsamen Ursachen | 13 |
| 4.3.1 Risiko Vertragsstörung | 13 |
| 4.3.2 Risiko Mangelnde Lieferanten-Qualität | 15 |
| 4.3.3 Risiko Ressourcen-Engpass | 26 |
| 4.3.4 Risiko Planungsfehler | 28 |
| 4.3.5 Risiko Zulieferungen terminlich unsicher | 30 |
| 4.3.6 Risiko Neue Technologien | 31 |
| 4.4 Simulation der Verzögerungs-Szenarien | 33 |
| 4.5 Korrelationen von Risiken | 35 |
| 5. Zusammenfassung der Simulation | 37 |
| 6. Abkürzungen | 38 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Chaos-Report 2015 - Erfolgreiche und fehlgeschlagene Projekte pro Region | 6 |
| Abbildung 2: Zeitliche Problemlagen bei Softwareprojekten | 6 |
| Abbildung 3: Budget-Problemlagen bei Softwareprojekten | 7 |
| Abbildung 4: Stochastische Planung und Risikoaggregation mittels Monte-Carlo-Simulation | 9 |
| Abbildung 5: Risiko Vertragsstörung als Gleichverteilung | 14 |
| Abbildung 6: Grafische Ausgabe der Gleichverteilung mit Dreiecksfunktion als Schadensbanbreite | 15 |
| Abbildung 7: erster Versuch der Modellierung des Risikos "Mangelnde Lieferanten-Qualität" | 16 |
| Abbildung 8: Erster Versuch der Auswirkungen des Risikos "Mangelnde Lieferanten-Qualität" | 17 |
| Abbildung 9: Expertenschätzung für das Risiko "Mangelnde Lieferanten-Qualität" anlegen. | 17 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 10: Für die Expertenschätzung neu angelegte Haupt- und Subpositionen | 18 |
| Abbildung 11: Entsprechend 3 neue Risiken für die 3 Expertenschätzungen..... | 18 |
| Abbildung 12: Expertenschätzung | 19 |
| Abbildung 13: Simulation der Expertenschätzung durchführen | 20 |
| Abbildung 14: Simulationsdialog nach Durchführen einer Simulation..... | 20 |
| Abbildung 15: Abfrage der Verteilungsfunktion für das Fitting der Expertenschätzungen | 21 |
| Abbildung 16: Der Solver konnte kein Minimum finden | 21 |
| Abbildung 17: Die Normalverteilung konnte nicht gefunden werden | 21 |
| Abbildung 18: Erster manueller Versuch, die Normalverteilung anzupassen. | 22 |
| Abbildung 19: Manuelle Anpassung der Normalverteilung | 22 |
| Abbildung 20: Erneuter Versuch des Experten-Fittings | 23 |
| Abbildung 21: Bestmögliche Anpassung einer Normalverteilung an die Messwerte | 23 |
| Abbildung 22: Fitting mit einem R-Wert von 9,44 bei Verwendung der Betafunktion..... | 23 |
| Abbildung 23: Betaverteilung bei der Expertenschätzung | 24 |
| Abbildung 24: Parameter-Werte für die Betaverteilung aus der Expertenschätzung | 24 |
| Abbildung 25: Verzögerung mit der Expertenschätzung..... | 25 |
| Abbildung 26: Ursprüngliche Schätzung der Verzögerung | 25 |
| Abbildung 27: Modellierung des Risikos „Ressourcen-Engpass“ mit der Dreiecksfunktion | 27 |
| Abbildung 28: Verzögerungsverteilung für das Risiko "Ressourcen-Engpass"..... | 27 |
| Abbildung 29: Modellierung des Risikos "Planungsfehler" mit der Weibull-Funktion | 29 |
| Abbildung 30: Verzögerungsverteilung für das Risiko "Planungsfehler" | 29 |
| Abbildung 31: Modellierung des Risikos "Zulieferungen terminlich unsicher" mit der Normalverteilung..... | 30 |
| Abbildung 32: Verzögerungsverteilung für das Risiko " Zulieferungen terminlich unsicher" | 31 |
| Abbildung 33: Modellierung des Risikos "Neue Technologien" mit der Dreiecksverteilung | 32 |
| Abbildung 34: Verzögerungsverteilung für das Risiko " Neue Technologien"..... | 32 |
| Abbildung 35: Simulations-Dialog | 33 |
| Abbildung 36: Tabellarisches Simulationsergebnis für die Projektverzögerung..... | 33 |
| Abbildung 37: Grafische Auswertung des Simulationsergebnisses (Dichte- und Verteilungsfunktion (Integral der Dichtefunktion))..... | 34 |
| Abbildung 38: Simulation des Risikos "Planungsfehler" anzeigen lassen..... | 34 |
| Abbildung 39: Tabellarische Ergebnisse der Simulation des Risikos "Planungsfehler" | 34 |
| Abbildung 40: Grafische Ausgabe der Simulation des Risikos "Planungsfehler"..... | 35 |
| Abbildung 41: Korrelationen von 3 Risiken | 35 |
| Abbildung 42: Tabellarische Ansicht der Simulation mit Korrelation..... | 36 |

Abbildung 43: Grafische Ansicht der Simulation mit Korrelation 36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Risiken des Teilprojektes "Call-Center" 12
Tabelle 2: Zusammengeführte Risiken 13
Tabelle 3: Expertenschätzungen für das Risiko "Mangelnde Lieferanten-Qualität" 19
Tabelle 4: Vergleich Erwartungswerte der Risiken vs. Simulation 37
Tabelle 5: Abkürzungen 38

1. Einleitung

Schätzen und Planen sind wesentliche Bestandteile der Rolle eines Projektmanagers. Projekt-Unsicherheiten werden, wenn überhaupt, als Ein-Punkt-Schätzungen in Form von Risiko-Puffer in die Planung eingefügt. Das in diesem Dokument beschriebene Tool zur Abschätzung von Projekt-Verzögerungen bietet die Möglichkeit, nicht-korrelierte Projekt-Unsicherheiten als Risiken zu definieren und die Unsicherheiten als Bandbreiten – in Form von Verteilungsfunktionen – zu beschreiben. Mit der integrierten Monte-Carlo-Simulation werden diese Unsicherheiten mit deren jeweiligen Verteilungsfunktionen zu mannigfaltigen, auf Zufallszahlen basierten Szenarien kombiniert. Aus diesen berechneten Szenarien kann eine zu erwartende Projektverzögerung mit Wahrscheinlichkeits-Bandbreiten dargestellt werden.

Projektverzögerungen sind eher die Regel als die Ausnahme. Das liegt i.d.R. weder an der Kompetenz des Projektleiters noch an der Qualität des Plans, sondern vor allem an der Tatsache, dass jeder Plan eine Ansammlung von Annahmen und Schätzungen darstellt und es in der Realität meistens anders kommt. Außerdem gibt es immer wieder (z.T. berechnete) Ergänzungs- und Änderungswünsche, mit denen sich das Projektteam auseinandersetzen muss.

Das kostet alles Zeit, die vorher nicht oder zu wenig eingeplant war. Natürlich kann man jede Planung mit fetten Zeitpuffern ausstatten. Das macht aber nur in dosiertem Umfang und mit konkreten Bezügen zu Risiken Sinn. Ansonsten machen diese Puffer ein Projekt bzw. entsprechende Realisierungskonzepte/-angebote zeitlich unattraktiver – entweder Sie bekommen den Auftrag nicht, oder das Projekt wird gar komplett gestrichen.

Kennzahlen zu Projektverläufen liefert u.a. der Chaos-Report der Standish-Group¹:

¹ Standish Group: Increase the success of Governmental IT-projects, [https://www.standishgroup.com/sample_research_files/Increase%20the%20success%20of%20Governmental%20IT-projects%20\(FINAL\).pdf](https://www.standishgroup.com/sample_research_files/Increase%20the%20success%20of%20Governmental%20IT-projects%20(FINAL).pdf)

„Projektverzögerung“

CHAOS RESOLUTION BY AREA OF THE WORLD

| | SUCCESSFUL | CHALLENGED | FAILED |
|---------------|------------|------------|--------|
| North America | 30% | 53% | 17% |
| Europe | 29% | 54% | 17% |
| Asia | 23% | 57% | 20% |
| Rest of World | 26% | 51% | 23% |

The resolution of all software projects from FY2012–2016 by the four major areas of the world.

Abbildung 1: Chaos-Report 2015 - Erfolgreiche und fehlgeschlagene Projekte pro Region

Zur SW-Projektsituation in Deutschland hatte Capgemini² 2006 folgende Kennzahlen bekannt gegeben:

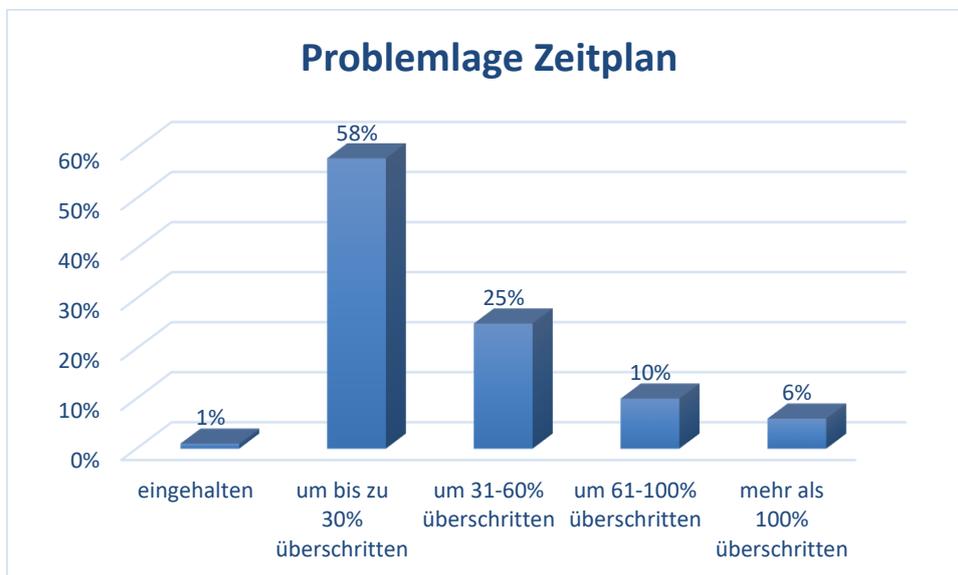


Abbildung 2: Zeitliche Problemlagen bei Softwareprojekten

² Capgemini, Computerwoche 8/2006

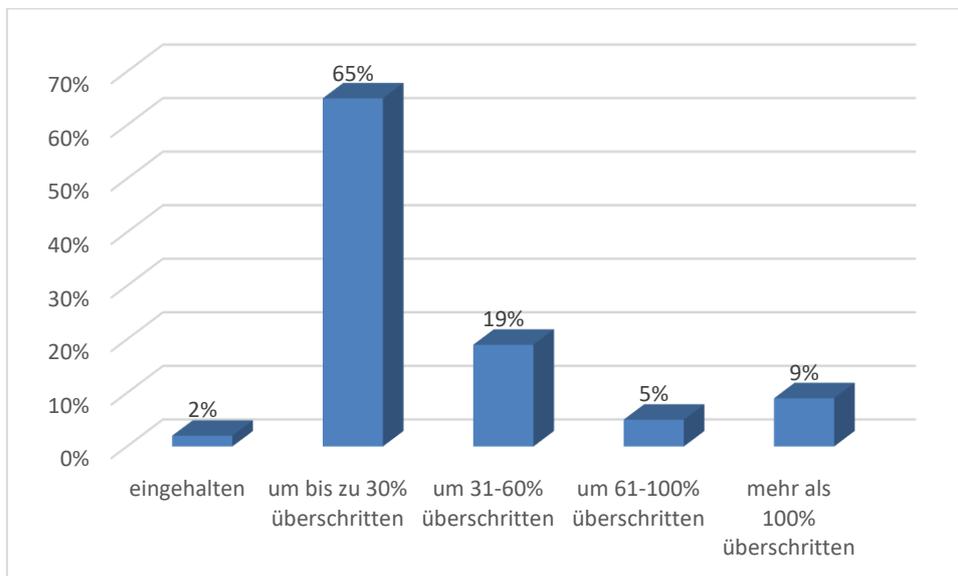


Abbildung 3: Budget-Problemlagen bei Softwareprojekten

Wer die Risiken in seinem Projekt rechtzeitig erkennt, kann sie proaktiv managen. Projektrisiken sind Ereignisse im Projektverlauf mit negativen (oder aber auch positiven) Auswirkungen auf die Projektergebnisse. Jedes Projektrisiko stellt eine potenzielle Bedrohung (aber auch Chance) für das Projekt dar und gefährdet (oder optimiert) Projekttermine, Kosten, Ergebnisse und die Qualität – aber auch die Kundenzufriedenheit kann massiv aus dem Gleichgewicht geraten.

Um das Risiko einer Projekt-Schiefelage zu bestimmen, müssen zuerst die relevanten Risiken identifiziert, analysiert und bewertet werden. Die Bandbreite eines Risikos kann mit Bestimmung entsprechender Verteilungsfunktionen beschrieben und mit einer Monte-Carlo-Simulation (MCS) quantifiziert werden. Zusammengehörige Risiken wiederum können aggregiert und ebenfalls mit Verteilungsfunktionen hinterlegt und per Monte-Carlo-Simulation quantifiziert werden.

In diesem Dokument werden verschiedene Risiken eines Beispielprojektes betrachtet, aggregiert und mit dem Monte-Carlo-Simulationstool MC-ECO quantifiziert, um somit die Bandbreite einer möglichen Projektverzögerung zu bestimmen.

2. Übersicht Monte-Carlo-Simulation

Obwohl vereinzelt Werkzeuge zur Simulation von Unsicherheiten in der Projektplanung (z. B. Liefertermine) existieren, werden Unsicherheiten heute in Projekten immer noch fast ausschließlich über die manuelle Integration von zusätzlichen Pufferzeiten in die Projektpläne berücksichtigt. Mit der Monte-Carlo-Simulation steht ein leistungsfähiges Instrument zur Verfügung, das für die Abbildung von Unsicherheiten in der Projektplanung sehr gut geeignet ist. Die Monte-Carlo-Simulation, auch MCS, ist ein Verfahren aus der Stochastik, bei dem eine sehr

große Zahl gleichartiger Zufallsexperimente die Basis darstellt (Der Name der MCS wurde vom Code-Namen „Monte Carlo“ eines amerikanischen Forschungsprojektes im zweiten Weltkrieg zur Entwicklung der Atombombe übernommen). Es wird dabei versucht, mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitstheorie analytisch nicht oder nur aufwendig lösbare Probleme numerisch zu lösen. Als Grundlage ist vor allem das Gesetz der großen Zahlen zu sehen. Die Zufallsexperimente können entweder – etwa durch Würfeln – real durchgeführt werden oder in Computerberechnungen über Erzeugung geeigneter Zufallszahlen.

Das Gesamtrisiko eines Projektes setzt sich aus verschiedenen Einzelrisiken zusammen. Eine einfache aus den Schäden der Einzelrisiken (Summen der Erwartungswerte) liefert jedoch als Ergebnis nicht den wahrscheinlichsten Risikoschaden, sondern lediglich den Wert eines Szenarios. Für das gesamte Projektrisiko ist die zufallsabhängige Kombination der Schäden der Einzelrisiken maßgebend. Um eine zuverlässige Antwort auf diese Frage geben zu können, wäre daher die Auswertung einer großen Datenmenge erforderlich. Hier ermöglicht es die Wahrscheinlichkeitsverteilung den monetären bzw. terminlichen Risikoschaden des gesamten Projektes darzustellen. In einer vorher festgelegten Anzahl von Simulationsläufen, wobei jeder Simulationslauf einem möglichen Risikoszenario entspricht, kombiniert die Software zufallsabhängig Einzelrisiken zum Gesamtprojektrisiko (Risiko-Aggregation). Aus der resultierenden Wahrscheinlichkeitsverteilung können unter Vorgabe von bestimmten statistischen Sicherheiten die voraussichtlichen maximalen Risikokosten bzw. die Projektverzögerung abgelesen werden.

Zielsetzung der Risikoaggregation ist nun, die Gesamtrisikoposition eines Projekts zu bestimmen. Dazu werden die Wahrscheinlichkeitsverteilungen einzelner Risiken zu einer Wahrscheinlichkeitsverteilung der Zielgröße des Projektes (z.B. Projekt-Ende, Meilenstein) zusammengeführt.

Nur die Quantifizierung von Risiken schafft einen erheblichen Teil des ökonomischen Nutzens einer risikoorientierten Projektführung, speziell bei der Unterstützung von Entscheidungen unter Unsicherheit. Die scheinbare Alternative einer Nichtquantifizierung von Risiken existiert faktisch nicht, da nicht quantifizierte Risiken kaum etwas anderes sind als mit Null quantifizierte Risiken.

Die Quantifizierung von Risiken beginnt mit der quantitativen Beschreibung der Risiken durch eine geeignete Wahrscheinlichkeitsverteilung. Da Projekte i.d.R. eine Vielzahl von Risiken aufweisen, müssen diese aggregiert werden, um den Gesamtrisikoumfang bestimmen zu können. Dies erfordert den Einsatz der MCS, bei der eine große repräsentative Stichprobe risikobedingt möglicher Zukunftsszenarien berechnet wird. Um mit dem Gesamtrisikoumfang wieder einfach rechnen zu können, werden die Häufigkeits- oder Wahrscheinlichkeitsverteilungen abgebildet auf sog. „Risikomaße“, wie die Standardabweichung.

Die Vorgehensweise zur Simulation der Gesamtrisikobewertung mit Hilfe der MCS ist wie folgt (siehe Abbildung 4:)

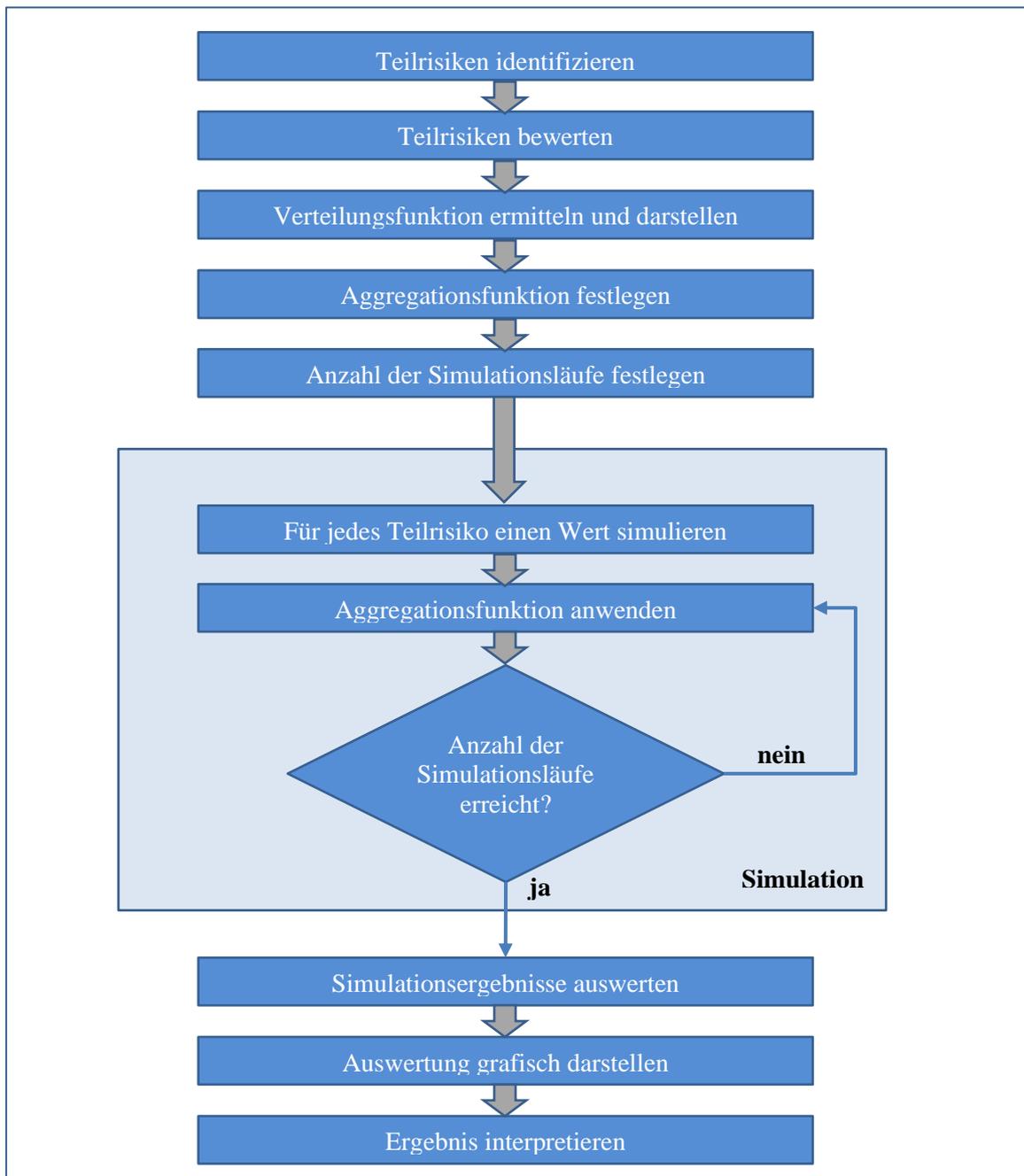


Abbildung 4: Stochastische Planung und Risikoaggregation mittels Monte-Carlo-Simulation

3. Methodik des Projektrisikomanagements

Das Ziel des Risikomanagements in Projekten besteht primär darin, gefährdende Entwicklungen frühzeitig zu erkennen, um rechtzeitig entsprechende Maßnahmen zur Steuerung und Bewältigung der Risiken einzuleiten. Im

Hinblick auf die Sicherung des Projektes ist vor allem zu beachten, dass der Gesamtrisikoumfang der Risiken die Risikotragfähigkeit eines Projektes nicht überschreitet, das heißt ein Projekt insgesamt nicht mehr Risiken eingeht, als es mit dem ihm zur Verfügung stehenden Budget und Zeit tragen kann. Dabei stellt sich insbesondere das Problem, eine Gesamtrisikoposition, bestehend aus den jeweils im Projekt vorhandenen Einzelrisiken unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen zu ermitteln.

Die Ermittlung des Gesamtrisikoumfangs eines Projektes erfolgt im Rahmen des Risikomanagementprozesses mittels Risikoaggregation.

Ein weit verbreitetes Verfahren zur Risikoaggregation ist die Monte-Carlo-Simulation (MCS). Mittels dieser lassen sich Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Zufallsgrößen experimentell bestimmen. Auf Basis von Risikofaktoren und deren Wahrscheinlichkeiten können Ergebniswerte simuliert werden, deren Struktur und Verhalten noch unbekannt sind. Der Kern einer MCS ist die Erzeugung von Zufallszahlen. Bei Anwendung der MCS im Rahmen des Risikomanagements werden zunächst die Risiken bzw. die durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschriebenen Wirkungen der Einzelrisiken eines Projektes den entsprechenden Positionen der Projektplanung zugeordnet und mit einer Zielgröße (z.B. Dauer, Budget) verknüpft. Anschließend wird in mehreren tausend Simulationsläufen unter Verwendung von Zufallszahlen eine Bandbreite von Abweichungen simuliert. Dabei werden die unbekannt Parameter durch Zufallszahlen ermittelt, um so die Wirkungen der Einzelrisiken auf die entsprechenden Positionen einer Planung bestimmen zu können.

Eine Risiko-Analyse und Risiko-Aggregation bestehen typischerweise aus 4 Schritten:

- **Entwicklung eines Modells zur Risikoanalyse:** Dies beinhaltet die Definition des Problems oder der Situation eines Projektes (z.B. Projektplan mit all seinen Begleitdokumenten wie. Z.B. Stakeholder-Analyse, Schnittstellen ...)
- **Identifikation der Risiken und somit der Unbestimmtheiten in den Positionen des Modells:** Hierfür werden die Risiken durch Verteilungsfunktionen und eine entsprechende Parametrisierung konkretisiert.
- **Analyse des Modells durch Simulation:** der Bereich möglicher Wahrscheinlichkeiten für alle möglichen Resultate der Ergebnisse werden simuliert und bestimmt.
- **Ergebnisauswertung:** Durch die Simulation können auf Basis der ermittelten Risikodaten bestandsgefährdende Risiken erkannt werden, um somit gezielt und fokussiert Maßnahmen zu ergreifen.

Bevor man eine Simulation durchführt, ist es notwendig, die verschiedenen Teilaspekte des Risikoinventars adäquat zu strukturieren, d.h. insbesondere sich der oft impliziten Abhängigkeiten zwischen den Einzelrisiken bewusst zu werden. Gleichzeitig muss man zur Quantifizierung der Risiken überlegen, ob die genutzten Wahrscheinlichkeitsverteilungen eine adäquate Beschreibung der Charakteristika der Risiken darstellen. Vor einer Simulation sollte man daher reiflich überlegen, ob nicht einzelne Facetten des Risikoinventars zusammengefasst werden können. Hierzu gibt es einfache heuristische Regeln:

- **Ursachenaggregation:** Wenn zwei oder mehr Risiken die gleiche Ursache haben, fasse sie zu einem Risiko zusammen und aggregiere die Wirkung, beispielsweise durch die Addition der Schäden (Chancen) der Einzelrisiken.
- **Wirkungsaggregation:** Haben zwei oder mehr Risiken die gleiche Auswirkung, aggregiere die Wahrscheinlichkeiten der Ursachen, beispielsweise im einfachsten Fall durch eine Addition der Eintrittswahrscheinlichkeiten (bei unabhängigen Risiken mit kleiner Eintrittswahrscheinlichkeit). Hinweis: Nimmt man an, dass auf der Ursachenebene keine stochastischen Abhängigkeiten von z.B. 2 Risiken mit gleicher Auswirkung bestehen, kann die aggregierte Wahrscheinlichkeit wie folgt berechnet werden:

$$EW_{\text{Ragg}} = 1 - (1 - EW_{\text{R1}}) * (1 - EW_{\text{R2}})$$
wobei EW_{R1} die Eintrittswahrscheinlichkeit vom ersten und EW_{R2} vom zweiten Risiko und EW_{Ragg} die Eintrittswahrscheinlichkeit des aggregierten Risikos ist.
- **Ausschlussregel:** Wenn beim Eintritt eines bestimmten Risikos ein weiteres Risiko nicht zusätzlich eintreten kann, dann lasse nicht beide Risiken bei der Quantifizierung gleichzeitig zu.

Diese heuristischen Daumenregeln helfen schon für eine erste Strukturierung. Notwendig ist immer ein tieferes Verständnis der Ursachen und Wirkungen aller Chancen und Gefahren (Risiken), die Planabweichungen auslösen können

4. Projektverzögerung

Eine Projektverzögerung, bedingt durch Risiken, die – teilweise – eintreten können, wird am einfachsten Top-Down analysiert, wobei hier die Folgen bzw. Auswirkungen der Risiken auf eine Verzögerung im Vordergrund stehen. Die wichtigsten Risiken, die auf das Projekt einwirken können, werden identifiziert und entsprechend der heuristischen Regeln (aus obigem Kapitel) zusammengefasst und analysiert. Wenn Risiken korrelieren, dann müssen diese Korrelationen in MC-ECO auch erfasst werden (siehe MC-ECO Handbuch Kap 6). Alle Risiken wirken zusammen auf eine Position des Projektes, da ja die Verzögerung des Gesamtprojektes berechnet werden soll. Existieren in dem Projekt Teilprojekte, die weitgehend voneinander unabhängig sind, so können je Teilprojekt eine Unterposition mit entsprechenden Risiken definiert werden. Haben die Teilprojekte jedoch untereinander Abhängigkeiten, so ist hier die Projektplanungs-Methode mit MC-ECO die bessere Variante.

Die Quantifizierung der Risiken, also die Bestimmung der Bandbreiten der jeweiligen Risiken, wird durch Zuweisung einer Verteilungsfunktion (siehe MC-ECO Handbuch Kap. 3) zu dem Risiko durchgeführt. Jedes Risiko hat somit eine Bandbreite von Auswirkungen und Eintrittswahrscheinlichkeit einer Auswirkung.

Mit der MCS (Monte-Carlo-Simulation) werden je Durchlauf per Zufallszahl eine Kombination von Ausprägungen der Risiken erzeugt. Damit erhält man in jedem Schritt einen simulierten Wert für die betrachtete Zielgröße, nämlich die Projektverzögerung. Die Gesamtheit aller Simulationsläufe liefert eine repräsentative Stichprobe aller

möglichen Risiko-Szenarien. Aus den ermittelten Realisationen der Zielgröße „Projektverzögerung“ ergeben sich aggregierte Wahrscheinlichkeitsverteilungen (Dichtefunktionen), die dann für weitere Analysen genutzt werden. Das heißt, dadurch dass die Risiken kombiniert werden, wird die Gesamtbelastung bezüglich der Projektverzögerung durch alle Risiken natürlich höher sein als jedes einzelne Risiko für sich.

Bei den folgenden Beispielen handelt es sich um hypothetische Fälle.

4.1 Beispiel einer Verzögerungs-Simulation eines Teilprojektes

Ein Teilprojekt „Call-Center-Pilot“ wurde geplant mit Start-Datum 08.10.2017 und Ende-Datum 30.08.2018; hieraus ergibt sich eine Dauer von 326 Tagen. Es wird angenommen, dass das Projekt ohne Risiko-Puffer geplant wurde und die Zeit- sowie Budget-Vorgaben realistisch kalkuliert und die Projektziele klar definiert wurden. Für die Call-Center-SW wurde ein Auftragnehmer (AN) per Werkvertrag eingebunden. Dieser wiederum verwendet eine Standard-Software, die er um bestimmte, selbstentwickelte Produkte erweitert und für das Customizing der Standard-SW zuständig ist.

Folgende Risiken wurden in dem Teilprojekt geführt:

| Risiko | EW | Auswirkung | Schadenhöhe |
|---|-----|-------------|-------------|
| Vertragsstörung zwischen AG und AN bzgl. des Werkvertrags und Leistungserbringung Call-Center | 10% | 1.500.000 € | 150.000 € |
| Mängel in zugelieferten Produkten der Call-Center-SW | 85% | 750.000 € | 637.500 € |
| Betrieb der Plattform gefährdet | 40% | 750.000 € | 300.000 € |
| Technisches Personal könnte Engpass werden | 85% | 300.000 € | 255.000 € |
| Statistik und Reporting Planabweichungen | 40% | 150.000 € | 60.000 € |
| Übergang in den Betrieb | 40% | 300.000 € | 120.000 € |
| Ungenügende Qualität der Call-Center-Standardsoftware | 40% | 750.000 € | 300.000 € |
| Unzureichendes Internes Projektcontrolling | 60% | 300.000 € | 180.000 € |
| Telefonie Support Level | 40% | 150.000 € | 60.000 € |
| Verzögerung der Abnahmen | 40% | 300.000 € | 120.000 € |
| Nicht-ausreichende Benutzerakzeptanz | 15% | 150.000 € | 22.500 € |
| Bandbreiten-Bereitstellung | 15% | 300.000 € | 45.000 € |
| Zulieferungen verzögern sich | 40% | 150.000 € | 60.000 € |
| Proof of Concept Kommunikationsplattform | 15% | 150.000 € | 22.500 € |

Tabelle 1: Risiken des Teilprojektes "Call-Center"

Die Risikobewertungen wurden lediglich grob-granular durchgeführt, entsprechend einer Einteilung der vordefinierten Riskmap für die Projekt-Kategorie. Folgende Aufgaben stehen für eine Simulation der Projektverzögerung an:

1. Herausfiltern der Risiken, die keine Auswirkung auf eine Verzögerung haben (diese sind in obiger Tabelle weiß hinterlegt)
2. Zusammenführen der Risiken mit gemeinsamen Ursachen

3. Festlegen von Verteilungsfunktionen zur Simulation
4. Ableiten der Parameter der Verteilungsfunktionen aus den zusammengelegten Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadensausmaßen, die in EUR angegeben wurden, auch wenn es sich um qualitative Bewertungen handelt.

4.2 Herausfiltern der für Verzögerungen nicht relevanten Risiken

- **Risiko „Betrieb der Plattform gefährdet“:** Die Plattform soll bereits als Pilot im Echtbetrieb laufen; für den Betrieb ist ein Teil des Projekt-Teams zuständig. Wenn nicht genügend Mitarbeiter mit den entsprechenden Skills verfügbar sind, könnte es zu Verzögerungen bei Problembhebungen kommen. Dieses Risiko führt jedoch nicht zu eine Projektverzögerung an sich, da die Plattform für den Pilotbetrieb Ziel dieses Teilprojektes ist.
- **Risiko „Telefonie Support Level“:** Für den Betrieb der Plattform wünscht sich die Fachseite ein Premiumverfahren mit einem entsprechendem SLA. Im Pilot-Betrieb kann noch mit einem Standard-Verfahren gearbeitet werden. Dies wäre ein Risiko, das ggf. an den Betrieb übergeben wird.
- **Risiko „Nicht-ausreichende Benutzerakzeptanz“:** Die zukünftigen Endanwender müssen für die Handhabung mittels eines Change-Prozesses geschult und eingestimmt werden. Die Anforderungen an die Plattform inklusive GUI wurden zusammen mit der Fachseite und dem Auftragnehmer (Werkvertrag) definiert. Die technischen – funktionalen und nicht-funktionalen – Kriterien wurden ebenfalls bestimmt. Abweichungen davon wären in dem Risiko „Ungenügende Qualität der Service-Center-Software“ zu sehen. Hier geht es hauptsächlich darum, die Endanwender bei der Einarbeitung und Handhabung zu unterstützen.

4.3 Zusammenführen und Quantifizieren der Risiken mit gemeinsamen Ursachen

Nicht alle Risiken können mit einem anderen Risiko zusammengeführt werden. Auf der anderen Seite können Risiken mehrere Ursachen haben. Diese Tatsache muss beim Zusammenführen und später bei der Quantifizierung berücksichtigt werden. Im Folgenden werden die für die Simulation relevanten „aggregierten“ Risiken beschrieben.

| |
|-----------------------------------|
| Vertragsstörung Call-Center |
| Mangelnde Lieferanten-Qualität |
| Ressourcen-Engpass |
| Planungsfehler |
| Zulieferungen terminlich unsicher |
| Neue Technologien |

Tabelle 2: Zusammengeführte Risiken

4.3.1 Risiko Vertragsstörung

Dieses Risiko ist kein aggregiertes Risiko. Die Gründe, die zu einer Vertragsstörung führen, können mannigfaltig sein, wie z.B. unterschiedliche Auffassungen über Punkte der Leistungsbeschreibung (Anforderungen. Lizenzen),

„Projektverzögerung“

Verletzungen von Mitwirkungspflichten, erkennbare Mängel in der Qualität eines Gewerks, unzureichende Architektur, Komplexität des Vorhabens wurde unterschätzt, mangelnde Abstimmungen.

Die Zusammenarbeit mit dem Dienstleister scheint gut zu sein, aber es gibt Indizien, die darauf hinweisen, dass es zu Meinungsverschiedenheiten bzgl. der Interpretation der Anforderungen aus dem Lastenheft kommen könnte. Man geht von einer Wahrscheinlichkeit von 0 bis 20% aus, dass es zu einer Vertragsstörung kommen könnte. Die Auswirkungen hinsichtlich einer möglichen Verzögerung der Fertigstellung der Pilot-SW wird als Bandbreite in Form von einer Dreiecksverteilung gesehen, nämlich mindestens 20 Tage, maximal 60 Tage aber am wahrscheinlichsten 30 Tage Verzögerung im Falle des Eintretens.

Abbildung 5: Risiko Vertragsstörung als Gleichverteilung

Der Status des Risikos wurde noch auf „Inaktiv“ belassen, um zuerst einmal ausschließlich das Zusammenwirken der laufenden Risiken zu simulieren.

„Projektverzögerung“

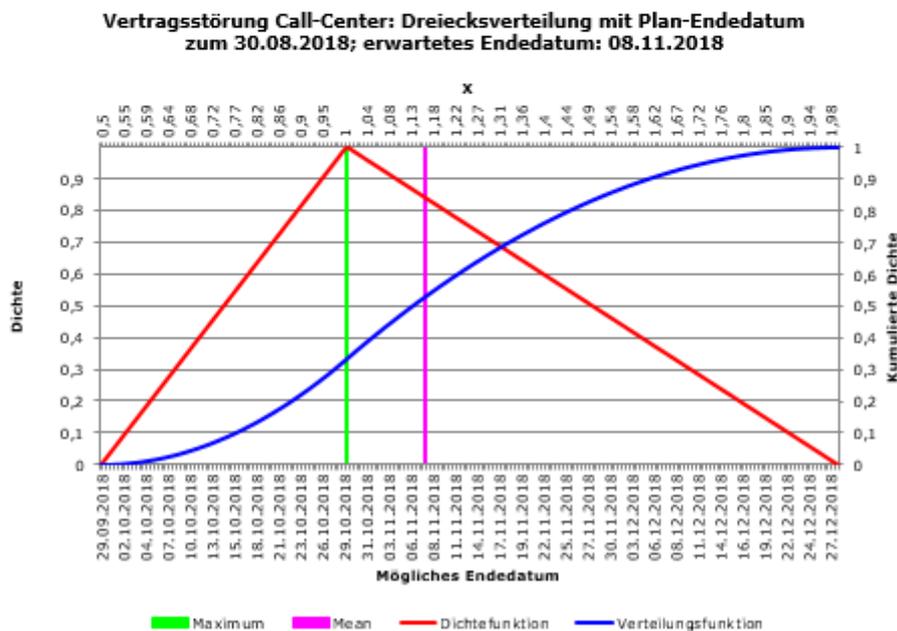
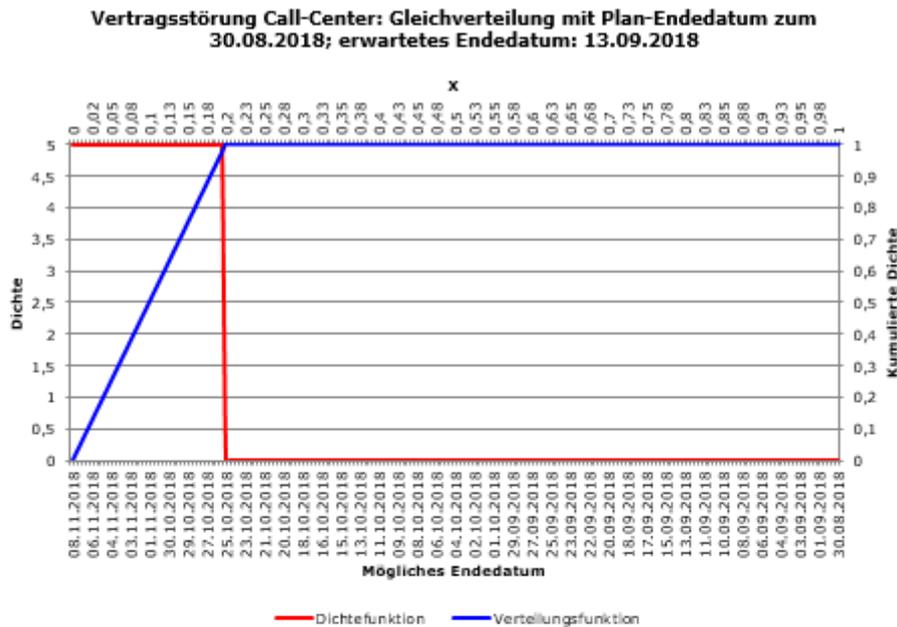


Abbildung 6: Grafische Ausgabe der Gleichverteilung mit Dreiecksfunktion als Schadensbanbreite

4.3.2 Risiko Mangelnde Lieferanten-Qualität

Dieses Risiko setzt sich aus den folgenden Risiken zusammen:

1. **Mängel in zugelieferten Produkten der Call-Center-SW:** Verspätete Lieferungen von Releases, eine erhöhte Fehlerrate, unsachgemäße Handhabung der Entwicklungs-, Integrations- und Live-Umgebung, unzureichende Skills bei den Entwicklern des Lieferanten, eine intransparente Kommunikation oder

„Projektverzögerung“

mangelndes Projektmanagement beim Lieferanten können zu Qualitätseinbußen (funktional wie nicht-funktional) und somit zu einer Projektverzögerung führen, da u.a. ein erhöhter Abstimmungs-, Test- und Kommunikationsbedarf beim Auftraggeber (AG) entstehen. Es besteht auch die Gefahr, dass Teile der Produkte in der Integrations-Umgebung erwartungsgemäß funktionieren, unter Last in der Live-Umgebung jedoch Probleme aufweisen. Ein erhöhter Analyse- und Test-Aufwand wäre somit gegeben.

2. **Ungenügende Qualität der Call-Center-Standard-SW:** Der Lieferant setzt eine Standard-SW ein. Während der Projektlaufzeit kann sich herausstellen, dass bestimmte, vom AG geforderte Konstellationen (Mandantentrennung, Anzahl Benutzer, Stabilität, ...) nicht wie gewünscht umsetzbar sind, oder nur durch eigene, vom AG durchzuführende Workarounds zu lösen sind. Dies kann zu Mehraufwand und Verzögerungen der Projektdurchführungsphase führen.
3. **Verzögerung der Abnahmen:** Durch eine mangelnde Qualität des Gewerks oder aber auch durch Uneinigkeit über zu liefernde Produkt-Merkmale kann es zu Verzögerungen bei Teilabnahmen oder Abnahmen kommen. Dies wiederum kann die Folge-Aufgaben verzögern, es kann aber auch zu einer Vertragsstörung führen.

Bei diesem zusammengesetzten Risiko geht man von einer Betaverteilung aus, da die Betaverteilung für asymmetrische (linksschief, rechtsschief) Risikoausmaße gut verwendet werden kann.

Auf Grund der Erfahrungen, die man aus den bisherigen Lieferungen des Dienstleisters hatte, kam man zu folgender Parametrisierung der Betaverteilung:

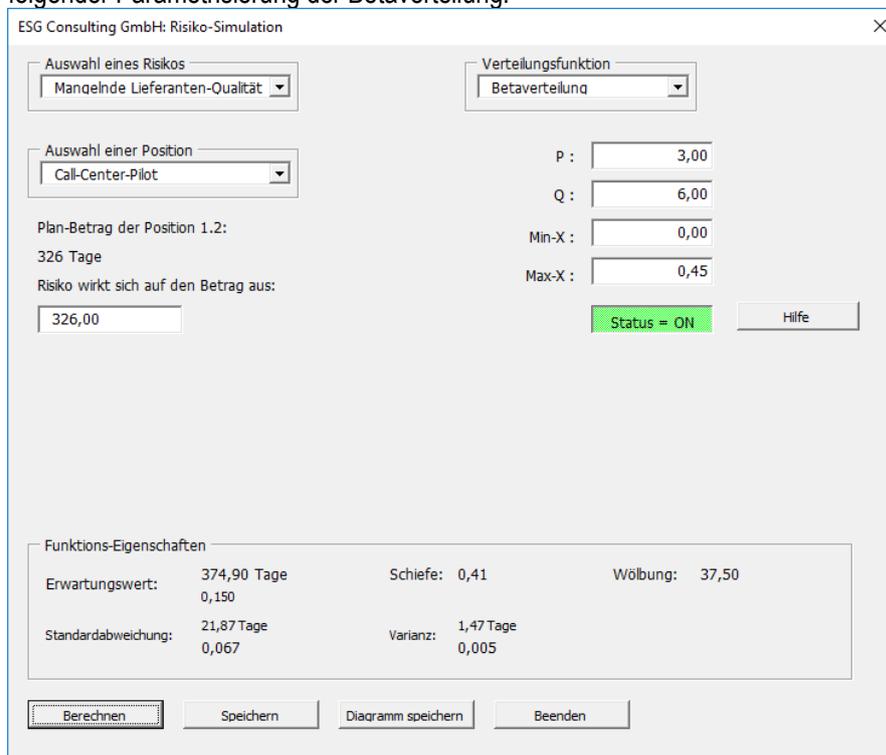


Abbildung 7: erster Versuch der Modellierung des Risikos "Mangelnde Lieferanten-Qualität"

„Projektverzögerung“

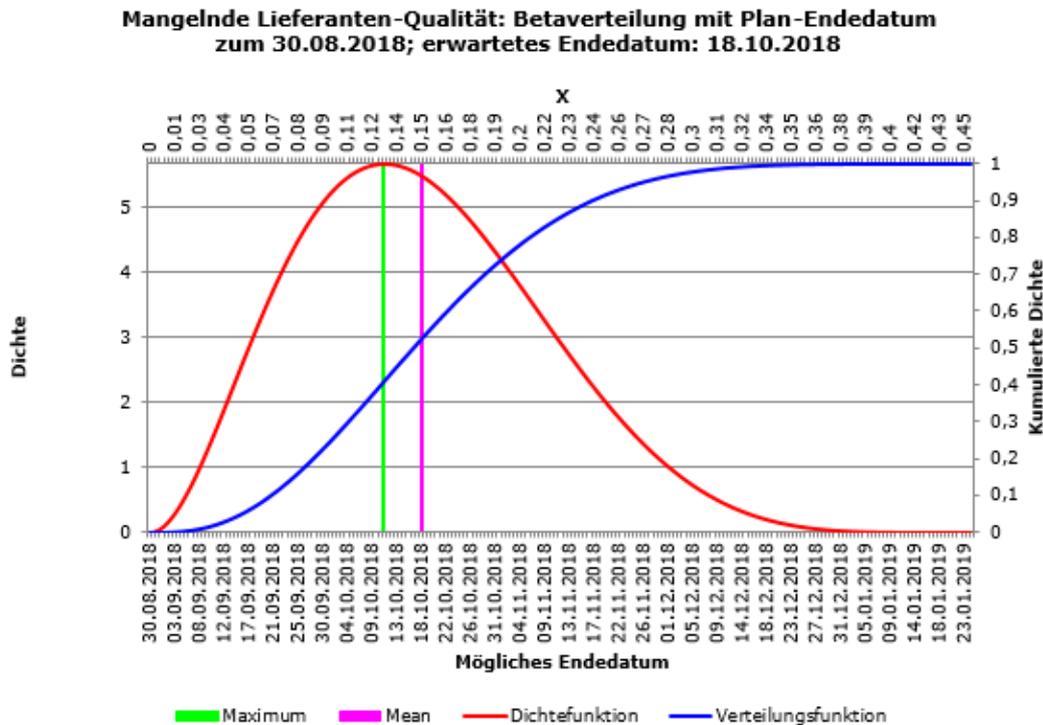


Abbildung 8: Erster Versuch der Auswirkungen des Risikos "Mangelnde Lieferanten-Qualität"

Auf Grund der bisherigen Verzögerungen der Teilabnahmen, der Mängel und Verzögerungen von Releases geht man davon aus, dass dieses Risiko eine wahrscheinlichste Verzögerung von ca. 1,5 Monaten haben kann, wobei auch weitergehende Verzögerungen anzunehmen wären.

Nachdem die Verzögerungs-Verteilung von Abbildung 8 akzeptiert wurde, wollte man eine Expertenschätzung zu diesem Risiko durchführen. Hierzu kann man in MC-ECO im Dialog „Modell konfigurieren“ entsprechende Konfigurationen durchführen.

The screenshot shows a dialog box titled 'Experten-Schätzung'. It contains the following fields and controls:

- Titel:** Mangelnde Lieferanten Qualität
- Anzahl Schätzungen:** 3
- Betrag der Position:** 326
- Positionen anlegen** button

Abbildung 9: Expertenschätzung für das Risiko "Mangelnde Lieferanten-Qualität" anlegen.

Drei Experten sollen die Verzögerungen in Form von Dreiecksverteilungen schätzen. Die optimale Laufzeit des Projektes sind 326 Tage. Mit Betätigen des Schalters „Positionen anlegen“ werden im Tabellenblatt „Modell“ 1 Hauptposition und 3 Sub-Positionen eingefügt und vorkonfiguriert (siehe Abbildung 10), im Tabellenblatt „Risiken“ wird je Subposition 1 Risiko angelegt (siehe Abbildung 11). Anschließend müssen die 3 neu angelegten Risiken (je Experte 1 Schätzung / 1 Risiko) geschätzt werden.

„Projektverzögerung“

| | Plan | Erwartungswert | Std-Abweichung |
|----|------------------------------------|----------------|----------------|
| 9 | | | |
| 10 | 1.1 Call-Center-Pilot | 326 | 489 |
| 11 | 1.2 Call-Center-Pilot | 326 | 489 |
| 12 | 2.1 Mangelnde Lieferanten Qualität | 978 | 1.069 |
| | UP 1: | | |
| 13 | 2.2 Mangelnde Lieferante nQualität | 326 | 341 |
| | UP 2: | | |
| 14 | 2.3 Mangelnde Lieferante nQualität | 326 | 350 |
| | UP 3: | | |
| 15 | 2.4 Mangelnde Lieferante nQualität | 326 | 378 |

Abbildung 10: Für die Expertenschätzung neu angelegte Haupt- und Subpositionen

| | A | B | C | D | E |
|----|-----------------|----------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|
| 1 | Risiko einfügen | Risiko löschen | Risiken konfigurieren | | |
| 2 | Nr | Status | Risiko | Bezieht sich auf Position | Dichte-Funktion |
| 3 | 1 | OFF | Vertragsstörung Call-Center | 1.2 | Gleichverteilung |
| 4 | 2 | ON | Mangelnde Lieferanten-Qua | 1.2 | Betaverteilung |
| 5 | 3 | ON | Ressourcen-Engpass | 1.2 | Dreiecksverteilung |
| 6 | 4 | ON | Planungsfehler | 1.2 | Weibullverteilung |
| 7 | 5 | ON | Zulieferungen terminlich un | 1.2 | Normalverteilung |
| 8 | 6 | ON | Neue Technologien | 1.2 | Dreiecksverteilung |
| 9 | 7 | ON | Risiko: UP 1: MangelndeLief | 2.2 | Dreiecksverteilung |
| 10 | 8 | ON | Risiko: UP 2: MangelndeLief | 2.3 | Dreiecksverteilung |
| 11 | 9 | ON | Risiko: UP 3: MangelndeLief | 2.4 | Dreiecksverteilung |

Abbildung 11: Entsprechend 3 neue Risiken für die 3 Expertenschätzungen

Die 3 angelegten Risiken werden mit der Dreiecksverteilungsfunktion vorkonfiguriert. Der jeweilige Expert muss nun die minimale, die wahrscheinlichste und die maximale Abweichung in % der geplanten Dauer angeben.

„Projektverzögerung“

Abbildung 12: Expertenschätzung

Die Schätzungen der 3 Experten ergab folgende Werte:

| Risiko | Minimale Abweichung | Wahrscheinlichste Abweichung | Maximale Abweichung |
|---|---------------------|------------------------------|---------------------|
| Risiko: UP 1: MangelndeLieferantenQualität | 0% | 4% | 10% |
| Risiko: UP 2: MangelndeLieferantenQualität | 0% | 6% | 16% |
| Risiko: UP 3: MangelndeLieferantenQualität | 0% | 8% | 40% |

Tabelle 3: Expertenschätzungen für das Risiko "Mangelnde Lieferanten-Qualität"

Nachdem die Experten ihre Schätzwerte in den jeweiligen Risiken eingetragen und gespeichert haben, können die Schätzwerte „gefaltet“ werden. Mit dem Falten werden die 3 Risiken per Monte-Carlo-Simulation miteinander kombiniert. Hierzu benutzt man in MC-ECO im Tabellenblatt „Modell“ den Schalter „Simulation“. Dort muss zunächst eine Simulation durchgeführt werden.

„Projektverzögerung“

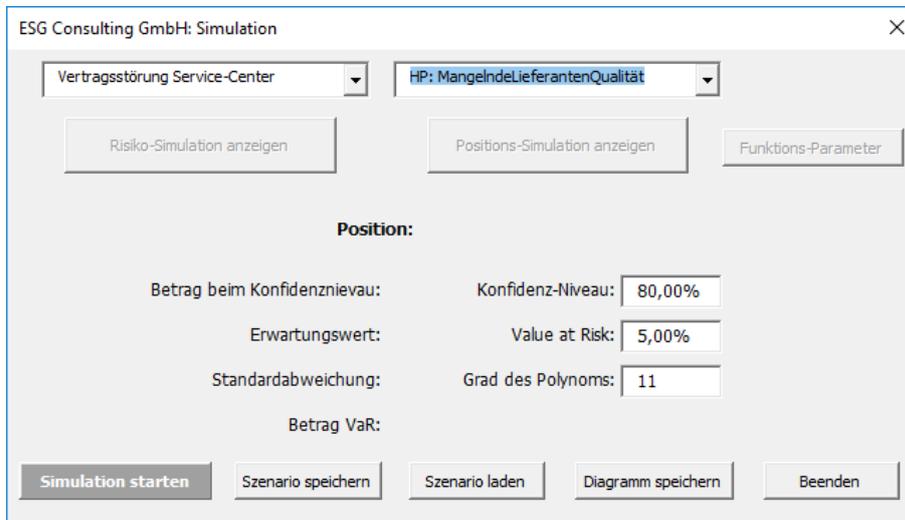


Abbildung 13: Simulation der Expertenschätzung durchführen

Im rechten oberen Auswahlfeld kann man bereits die entsprechende Hauptposition, in diesem Fall „MangelndeLieferantenQualität“ auswählen. Durch Betätigen des Schalters „Simulation starten“ wird ein Simulationsgang durchgeführt. Anschließend ist der Schalter „Funktions-Parameter“ verfügbar.

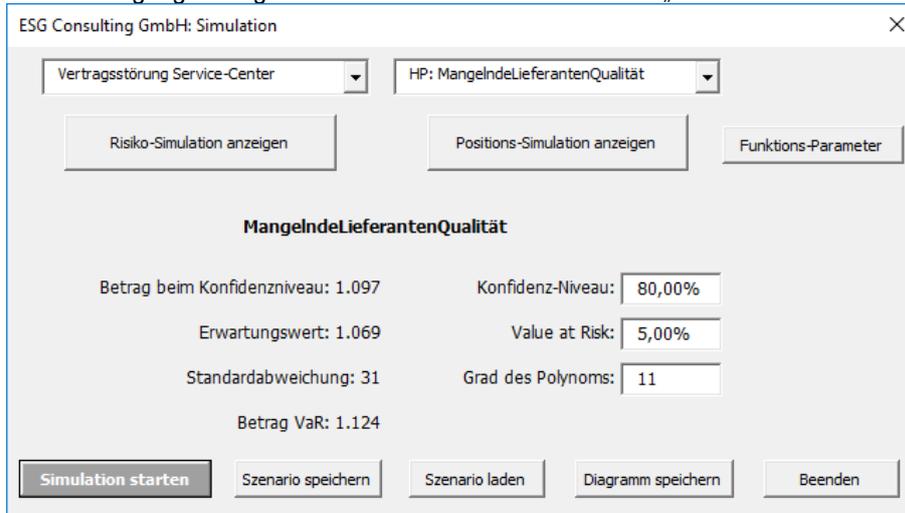


Abbildung 14: Simulationsdialog nach Durchführen einer Simulation

Anschließend wird der Schalter „Funktionsparameter“ betätigt; man kann jetzt 1 von 4 möglichen Verteilungsfunktionen auswählen:

„Projektverzögerung“

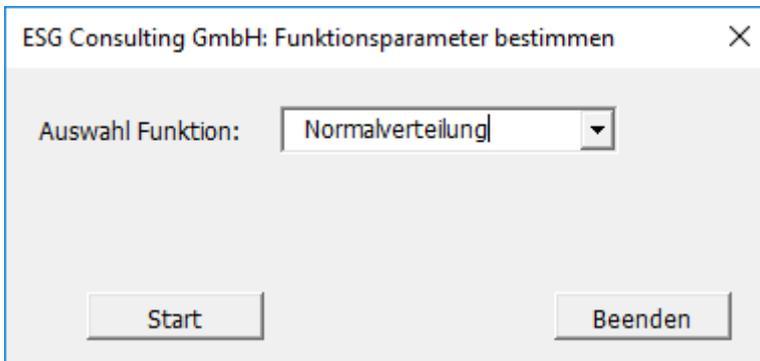


Abbildung 15: Abfrage der Verteilungsfunktion für das Fitting der Expertenschätzungen

Nach der Auswahl der gewünschten Funktion und Betätigen des Schalters „Start“ wechselt MC-ECO auf das Tabellenblatt „Solver“. Der Auswahldialog bleibt noch im Vordergrund, da man diesen noch öfters gebrauchen kann.

Wie im MC-ECO-Handbuch beschrieben, kommt es öfters vor, dass die Least-Square-Routine des Solvers kein Minimum findet (wie in diesem Beispiel):

| | A | B | C | D | E |
|----|--------------------|------------|------------|--------------------------|------------|
| 1 | Erwartungswert: | 356,16 | 8,47% | Normalverteilung-Fitting | RiskStatus |
| 2 | Std-Abweichung: | 0,00 | | R-Wert: | #ZAHL! |
| 3 | Faktor: | 121,23 | | | |
| 4 | Geplanter Betrag: | 326,00 | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | Summe Abweichungen | #ZAHL! | | | |
| 8 | Max X | Max Dichte | Max Y-Calc | Summe Abweichungen | |
| 9 | 387,66 | 69,00 | #ZAHL! | #ZAHL! | |
| 10 | X | Dichte | Y-Calc | | |
| 11 | 332,3974927 | 1 | #ZAHL! | #ZAHL! | |

Abbildung 16: Der Solver konnte kein Minimum finden

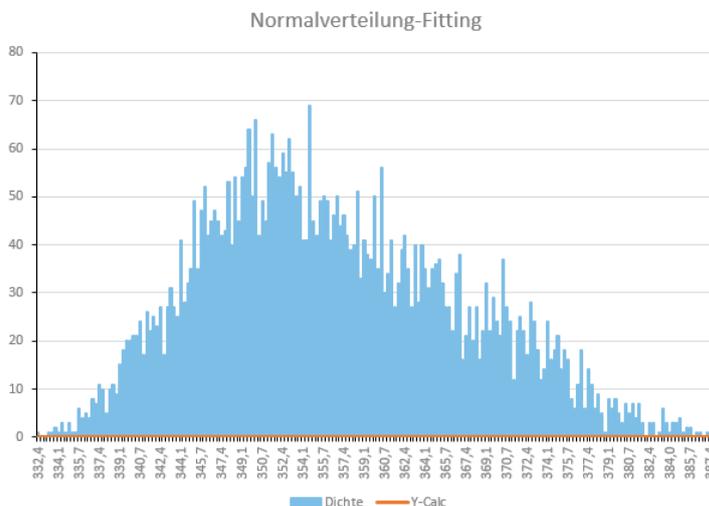


Abbildung 17: Die Normalverteilung konnte nicht gefunden werden

„Projektverzögerung“

Anhand der Grafik kann man jetzt versuchen, Ausgangswerte zu bestimmen. Am besten versucht man dies mit einem Wert, der ungefähr dem „Max X“ entspricht, in diesem Falle 380 und vor allem muss die Standardabweichung größer als 0 sein. Hier kann man rein visuell probieren, indem man in Zelle B2 z.B. 10 eingibt und in Zelle B3 380:

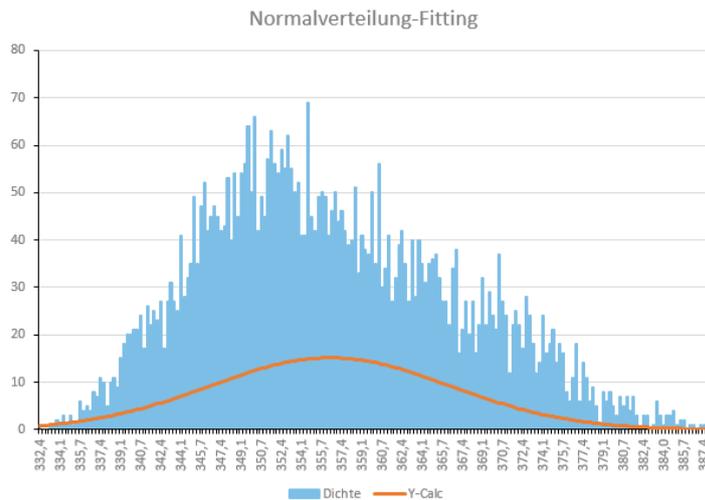


Abbildung 18: Erster manueller Versuch, die Normalverteilung anzupassen.

In die Zelle „C3“ (das grün hinterlegte Feld) kann der Benutzer jetzt einen Faktor eingeben und die Routine erneut mit Betätigen des „Start“-Schalters durchführen. In diesem Fall wird ebenfalls kein Minimum gefunden. Jetzt probiert man, wie zuvor beschrieben, den Faktor so zu erhöhen, bis die angezeigte Normalverteilung ungefähr auf der Höhe des Maximums der Messwerte liegt, in diesem Fall z.B. Std.-Abweichung 10 und Faktor 1.300.

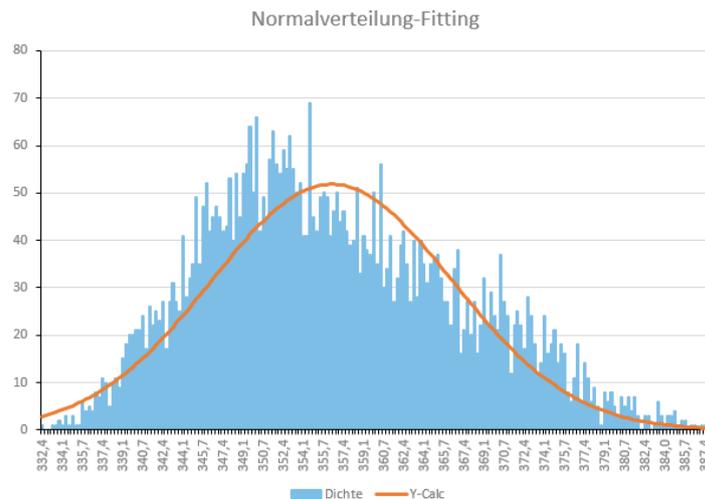


Abbildung 19: Manuelle Anpassung der Normalverteilung

Da dies jetzt gut aussieht, sollte der Wert 1.300 in die grün gefärbte Zelle (B3) eingetragen und anschließend der „Start“-Schalter des Dialogs „Funktionsparameter bestimmen“ benutzt werden. Jetzt sehen wir einen sog. R-Wert

„Projektverzögerung“

(Residual-Wert) von 9,28. Die Kurve entspricht nicht besonders gut den Messwerten, daher sollte mit einer anderen Verteilungsfunktion gearbeitet werden.

| | A | B | C | D | E |
|---|-------------------|----------|-------|--------------------------|-------------|
| 1 | Erwartungswert: | 354,88 | 8,14% | Normalverteilung-Fitting | |
| 2 | Std-Abweichung: | 11,11 | | R-Wert: | 0,928035923 |
| 3 | Faktor: | 1.417,11 | | | |
| 4 | Geplanter Betrag: | 326,00 | | | |

Abbildung 20: Erneuter Versuch des Experten-Fittings

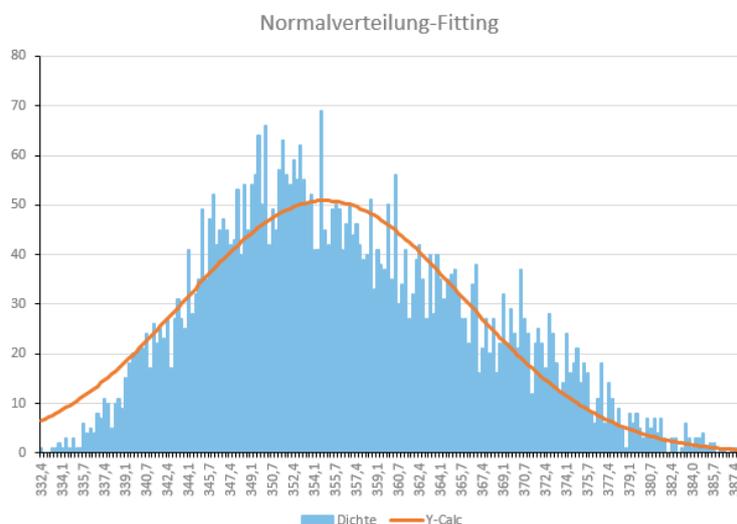


Abbildung 21: Bestmögliche Anpassung einer Normalverteilung an die Messwerte

Wählt man z.B. im Dialog „Funktionsparameter bestimmen“ die Funktion „Betaverteilung“, so kommt man zu folgendem Ergebnis:

| | A | B | C | D | E |
|---|---------|----------|---|------------------------|-------------|
| 1 | Alpha: | 2,75 | | Betaverteilung-Fitting | |
| 2 | Beta: | 3,77 | | R-Wert: | 0,944271475 |
| 3 | Faktor: | 1.370,16 | | | |

Abbildung 22: Fitting mit einem R-Wert von 9,44 bei Verwendung der Betafunktion

„Projektverzögerung“

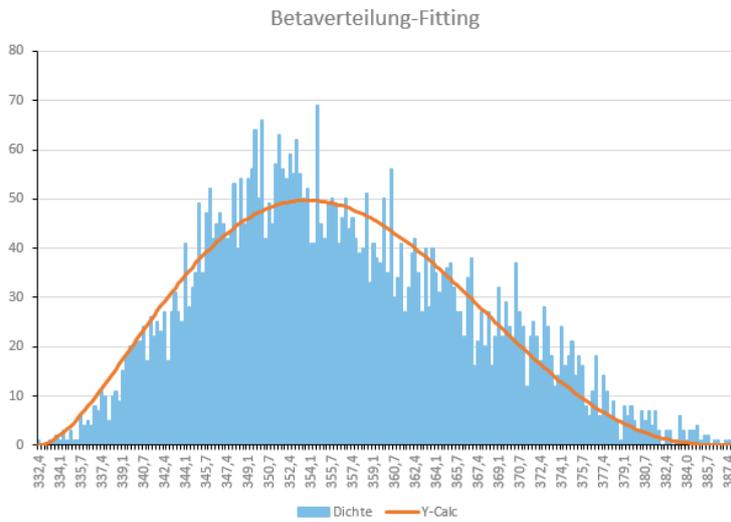


Abbildung 23: Betaverteilung bei der Expertenschätzung

Die Werte „Alpha“ (2,75) und „Beta“ (3,77) können jetzt auf die Parameter des Risikos „Mangelnde Lieferanten-Qualität“ übertragen werden.

ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos
Mangelnde Lieferanten-Qualität

Auswahl einer Position
Call-Center-Pilot

Plan-Betrag der Position 1.2:
326 Tage

Risiko wirkt sich auf den Betrag aus:
326,00

Verteilungsfunktion
Betaverteilung

P : 2,75

Q : 3,77

Min-X : 0,00

Max-X : 0,45

Status = ON Hilfe

Funktions-Eigenschaften

| | | |
|---------------------|----------------------|-----------------------------|
| Erwartungswert: | 387,88 Tage 0,190 | Schiefe: 0,20 |
| Standardabweichung: | 26,42 Tage 0,081 | Wölbung: 23,79 |
| | | Varianz: 2,14 Tage 0,007 |

Berechnen
Speichern
Diagramm speichern
Beenden

Abbildung 24: Parameter-Werte für die Betaverteilung aus der Expertenschätzung

„Projektverzögerung“

Mangelnde Lieferanten-Qualität: Betaverteilung mit Plan-Endedatum zum 30.08.2018; wahrscheinlichstes Endedatum: 30.10.2018

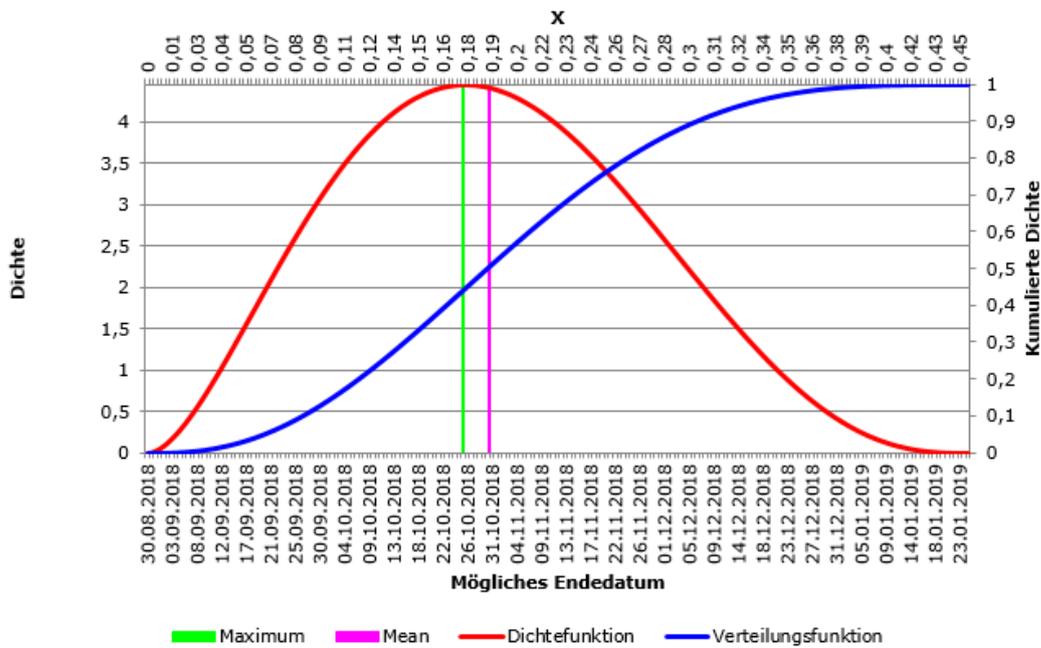


Abbildung 25: Verzögerung mit der Expertenschätzung

Mangelnde Lieferanten-Qualität: Betaverteilung mit Plan-Endedatum zum 30.08.2018; wahrscheinlichstes Endedatum: 17.10.2018

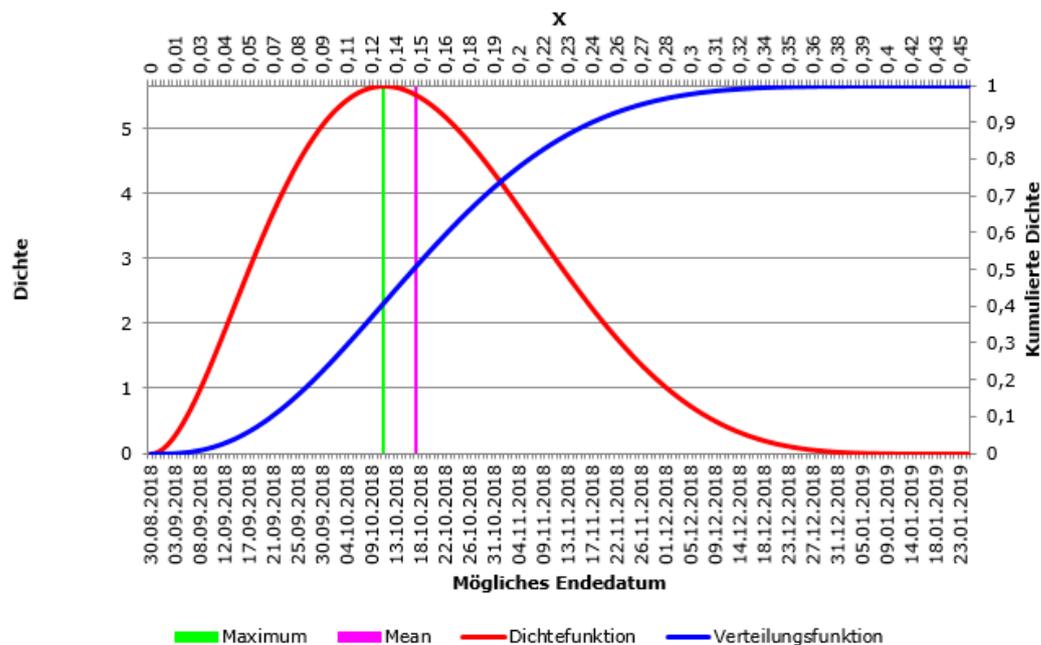


Abbildung 26: Ursprüngliche Schätzung der Verzögerung

Das Expertenteam konnte somit ungefähr die ursprüngliche Schätzung validieren, glaubt jedoch, dass auch die ursprüngliche Schätzung die bessere ist, da hier die Verteilung mehr rechts-schief, der Schwerpunkt mehr links liegt und damit schwerpunktmäßig zu weniger Verspätung tendiert.

4.3.3 Risiko Ressourcen-Engpass

Das Engpassrisiko setzt sich streng genommen aus den wichtigen Personalrisiken

- Engpassrisiko (Fehlen von Leistungsträgern),
- Anpassungsrisiko (falsch qualifizierte oder wenig flexible Mitarbeiter),
- Austrittsrisiko (Verlust von Leistungsträgern mit Schlüsselqualifikationen) und
- Motivationsrisiko (Rückgang der Intensität der Arbeitsleistung, z.B. Burnout, innere Kündigung, Montagsauto, Rückzug aus Pflichtleistungen, bewusste Schädigung des Arbeitgebers (Loyalitätsrisiko)).

Zusammen.

Dieses Risiko setzt sich zusammen aus den Risiken

1. **Technisches Personal könnte Engpass werden:** Entweder durch Mitarbeiter-Fluktuation, nicht ausreichend verfügbaren Mitarbeitern (intern, aber auch extern), Ausfällen von Schlüssel-Knowhow-Trägern kann es zu einem Engpass in der Besetzung des Projektes kommen. Die Folge wären Verschiebungen von Meilensteinen, Mehrbelastung durch Projektmitarbeiter und die Qualität der zu erstellenden SW könnte darunter leiden. Bei Mitarbeiter-Fluktuation entsteht eine Wartezeit bis zur Nachbesetzung (wenn dies überhaupt möglich ist) und ein erhöhter Aufwand für die Einarbeitung.
2. **Übergang in den Betrieb:** Für den Betriebsübergang wird ein Katalog an Dokumenten (Sicherheitskonzept, Betriebshandbuch, Verwaltung von Assets (Domain, Zertifikate, Rollen- & Rechte-Konzept ...) und der Nachweis von relevanten Tests (Pentest, Hochverfügbarkeit, ...) benötigt. Für diese Aufgaben werden entsprechend erfahrene Mitarbeiter benötigt. Wenn die Vorgaben nicht erfüllt sind, könnte es zu einer Verschiebung des Übergangs in den Betrieb kommen.

Hier ist sich das Expertenteam nicht ganz sicher, welche Ausfälle oder Umbesetzungen es geben oder welche Zeiträume für die mögliche Verstärkung des Teams in Anspruch zu nehmen wären. Aktuell ist das Projekt ausreichend besetzt, jedoch ist ersichtlich, dass aufgrund anspruchsvoller Dokumentation und ausgiebigem Testen mehr internes Personal benötigt wird. Das Team hat sich hier für eine Dreiecksverteilung entschieden:

„Projektverzögerung“

ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos: Ressourcen-Engpass

Verteilungsfunktion: Dreiecksverteilung

Auswahl einer Position: Call-Center-Pilot

Plan-Betrag der Position 1.2: 326 Tage

Risiko wirkt sich auf den Betrag aus: 326,00

Angaben als Betrag

| | | |
|----------------------------------|--------|-----|
| Geringste Abweichung (%) | 0,00% | 326 |
| Wahrscheinlichste Abweichung (%) | 10,00% | 359 |
| Maximale Abweichung (%) | 25,00% | 408 |

Status = ON

Funktions-Eigenschaften

| | | | | | |
|---------------------|-------------|----------|-----------|----------|------|
| Erwartungswert: | 364,03 Tage | Schiefe: | 0,09 | Wölbung: | 2,40 |
| | 1,117 | | | | |
| Standardabweichung: | 16,75 Tage | Varianz: | 0,86 Tage | | |
| | 0,051 | | 0,003 | | |

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 27: Modellierung des Risikos „Ressourcen-Engpass“ mit der Dreiecksfunktion

Ressourcen-Engpass: Dreiecksverteilung mit Plan-Endedatum zum 30.08.2018; wahrscheinlichstes Endedatum: 07.10.2018

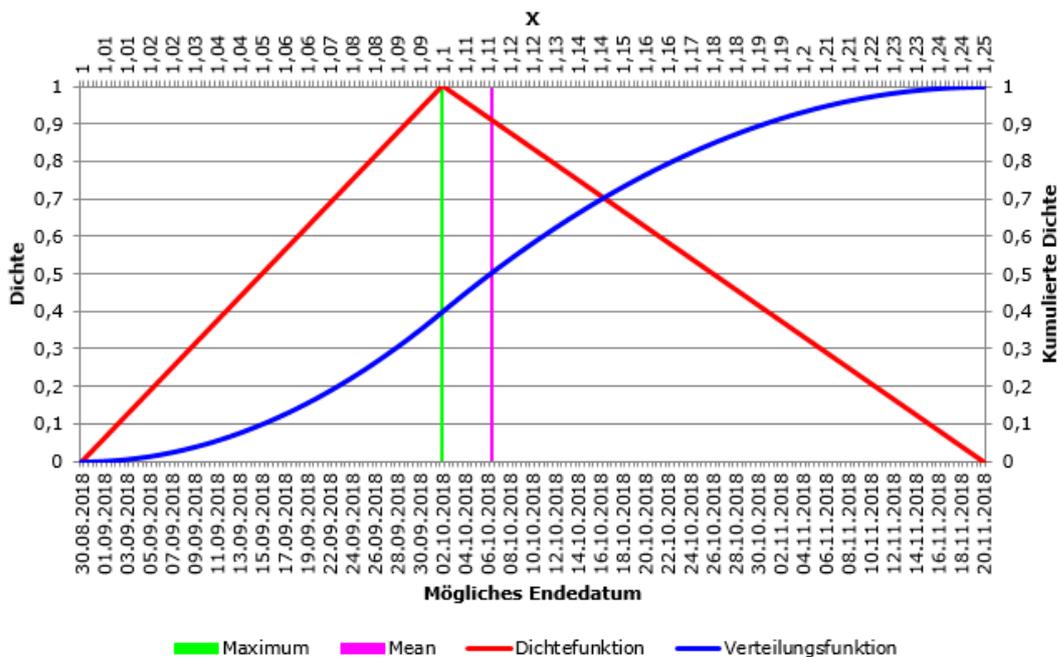


Abbildung 28: Verzögerungsverteilung für das Risiko "Ressourcen-Engpass"

4.3.4 Risiko Planungsfehler

Projektplanung ist ein wesentlicher Schlüssel für das Erreichen der definierten Projektziele. Hierbei ist die Planung kein einmaliger Prozess, sondern als projektbegleitende Maßnahme zu verstehen. Die Planung umfasst die klare und unmissverständliche Definition des Projektauftrags mit den Zielen, die Wahl der Projektorganisation, eine passende Phaseneinteilung, die Erstellung des Projektstrukturplans sowie die Ermittlung des Aufwands, der Termine, der Ressourcen und der Kosten. Im Rahmen des Projektmanagements ist neben einer sorgfältigen Planung auch eine regelmäßige Projektkontrolle ein maßgeblicher Erfolgsfaktor.

Unter Planungsfehler können subsummiert werden:

- Mangelnde (Teil-) Projektmanagement-Fähigkeiten
- Mangelnde Abstimmungen mit Stakeholdern und dediziert mit Fachbereichen
- Unzureichende Zeit- und Aufwands-Abschätzungen
- Mangelndes Controlling
- Scope-Creeping
- Mangelnde Einhaltung eines Change-Management-Prozesses

In die Kategorie Planungsfehler werden daher diese Risiken aufgenommen:

1. **Statistik und Reporting Planabweichungen:** Für die Call-Center-Aktivitäten soll eine dedizierte Statistik- und Reporting-Plattform zur Verfügung gestellt werden. Das Team ist in des Teilprojekt-Team, welches die Call-Center-Plattform umsetzt, zugeordnet. Abstimmungen mit den Fachbereichen dürfen nur über den Teilprojektleiter (TPL) abgestimmt und freigegeben werden. Eine mangelnde Mitwirkung des TPL und eine mangelnde Kommunikation sowie Koordination durch den TPL kann zu Verzögerungen bei der Bereitstellung der Reporting-Plattform führen.
2. **Bandbreiten-Bereitstellung:** Die Standorte des Unternehmens, die mit der Call-Center-SW ausgestattet werden sollen, benötigen eine erhöhte Bandbreite. Verzögerungen beim Bestellprozess oder bei der Auftrags Erfüllung des Providers kann zu Verzögerungen der Nutzbarkeit der neuen Call-Center-SW führen. Eine detaillierte Planung und Nachverfolgung ist hier ausschlaggebend nötig.

Gerade bei der Planung ist man auch auf Beistellungen und Mitwirkungen anderer Bereiche (Fachbereiche, technische Bereiche) angewiesen. Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass dies eine sehr rechtsschiefe Verteilung sein kann, wenn Teilprojektleiter der Aufgabe, bei Verzug rechtzeitig zu eskalieren, nicht nachkommen, oder wenn Abstimmungen mit anderen Bereichen nicht frühzeitig eingeleitet werden. Auch das Projektcontrolling kam nicht effektiv genug zum Einsatz.

Für diese Art von Abweichung kann sehr gut mit der Weibull-Verteilung modelliert werden (siehe ECO-Benutzerhandbuch).

„Projektverzögerung“

ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation X

Auswahl eines Risikos
Planungsfehler

Auswahl einer Position
Call-Center-Pilot

Plan-Betrag der Position 1.2:
326 Tage

Risiko wirkt sich auf den Betrag aus:
326,00

Verteilungsfunktion
Weibullverteilung

Formparameter k: 1,30

Skalenparameter λ: 0,10

Min-X: 0,00

Max-X: 0,50

Status = ON Hilfe

Funktions-Eigenschaften

| | | | | | |
|---------------------|-------------|----------|-----------|----------|-------|
| Erwartungswert: | 356,11 Tage | Schiefe: | 2,42 | Wölbung: | -3,13 |
| | 0,092 | | | | |
| Standardabweichung: | 23,36 Tage | Varianz: | 1,67 Tage | | |
| | 0,072 | | 0,005 | | |

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 29: Modellierung des Risikos "Planungsfehler" mit der Weibull-Funktion

**Planungsfehler: Weibullverteilung mit Plan-Enddatum zum 30.08.2018;
wahrscheinlichstes Enddatum: 29.09.2018**

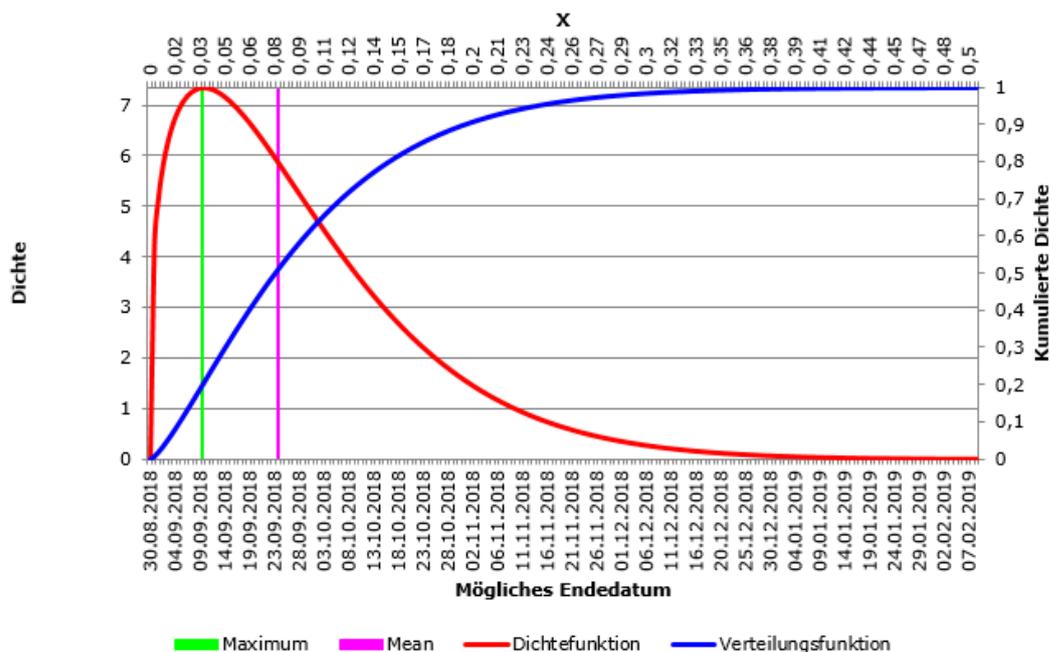


Abbildung 30: Verzögerungsverteilung für das Risiko "Planungsfehler"

4.3.5 Risiko Zulieferungen terminlich unsicher

Bei diesem Risiko gibt es teilweise Überschneidungen mit dem Risiko „Planungsfehler“, da Beauftragungen von Hardware, Koordination und Umsetzung von Schnittstellen im Unternehmen genauestens koordiniert und geplant werden müssen. Jedoch können sich trotz genauester Planung Verzögerungen einschleichen, da z.B. das Team, welches für eine Schnittstelle zuständig ist, Ressourcen-Probleme hat, ein HW-Lieferant selbst Probleme bei der Beschaffung hat oder eine Unternehmens-Release-Planung plötzlich verschoben werden muss.

In diese Kategorie fällt nur das Risiko „Zulieferungen verzögern sich“.

Erfahrungsgemäß geht man von einer Verzögerung von durchschnittlich ca. 15 bis 25 Tagen aus. Hier eignet sich also eine Normalverteilung.

Abbildung 31: Modellierung des Risikos "Zulieferungen terminlich unsicher" mit der Normalverteilung

**Zulieferungen terminlich unsicher: Normalverteilung mit Plan-
Endedatum zum 30.08.2018; wahrscheinlichstes Endedatum:
18.09.2018**

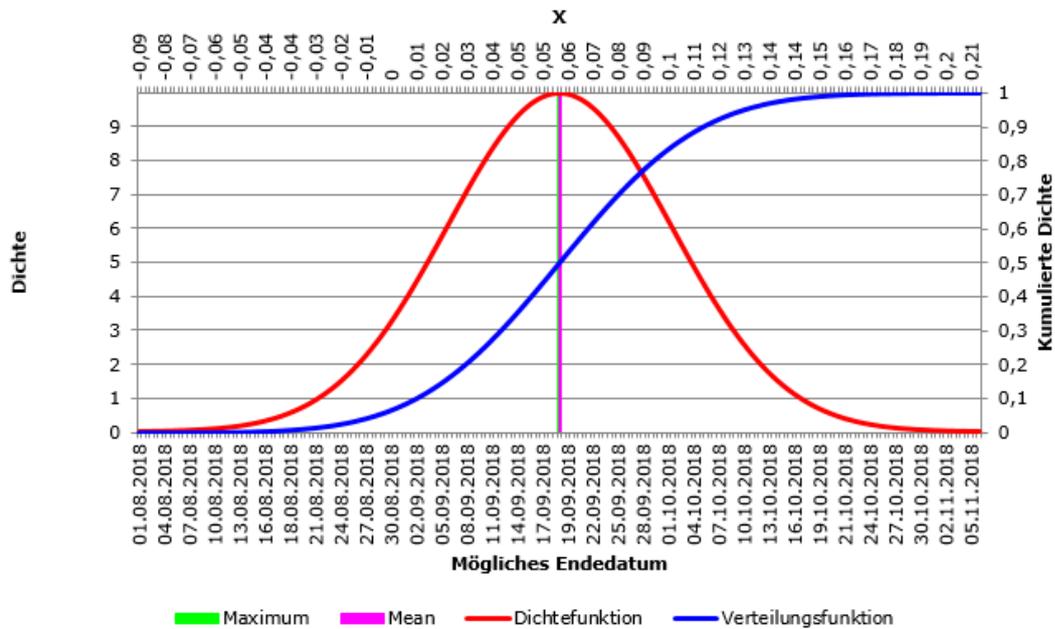


Abbildung 32: Verzögerungsverteilung für das Risiko "Zulieferungen terminlich unsicher"

4.3.6 Risiko Neue Technologien

Neue Technologien können zum einen noch nicht ganz reif für den realen Einsatz - zumal unter Last - sein, oder die Projektmitarbeiter müssen sich noch tiefergehend in neue Technologien einarbeiten und Erfahrungen sammeln. Die Call-Center-SW nutzt eine Kommunikationsplattform, die der AG zur Verfügung stellt, die aber in dieser Dimension und den Hochverfügbarkeitsansprüchen noch nicht eingesetzt wurde. Daher muss ein Proof of Concept (POC) der Kommunikationsplattform und des Zusammenspiels zwischen Call-Center-SW und Kommunikationsplattform mittels diverser Lasttests durchgeführt werden. Sollten Auffälligkeiten im Lastverhalten und in der Skalierbarkeit zu sehen sein, müsste die Architektur der Kommunikationsplattform angepasst werden, was auch zu einer Verzögerung führen würde.

Natürlich spielt hier auch das Risiko „Ressourcen-Engpass“ eine Rolle. Da aber dieses Risiko für sich alleine modelliert wird, wird es im Anschluss bei der Simulation mit den Verzögerungsergebnissen des Ressourcen-Engpass-Risikos kombiniert.

Die Experten sehen dieses Risiko für sich gut gewappnet, da auch entsprechende Spezialisten für die Kommunikationsplattform im Projekt sind. Daher entscheidet man sich für die Dreiecksfunktion mit einem Schwerpunkt zu geringeren Abweichungen.

„Projektverzögerung“

ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos: **Neue Technologien**

Verteilungsfunktion: **Dreiecksverteilung**

Auswahl einer Position: **Call-Center-Pilot**

Plan-Betrag der Position 1.2: **326 Tage**

Risiko wirkt sich auf den Betrag aus: **326,00**

Geringste Abweichung (%): **0,00%** **326**

Wahrscheinlichste Abweichung (%): **1,00%** **329**

Maximale Abweichung (%): **5,00%** **342**

Status = **ON**

Funktions-Eigenschaften

Erwartungswert: **332,52 Tage** Schiefe: **0,21** Wölbung: **2,40**
 1,020

Standardabweichung: **3,52 Tage** Varianz: **0,04 Tage**
 0,011 0,000

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 33: Modellierung des Risikos "Neue Technologien" mit der Dreiecksverteilung

Neue Technologien: Dreiecksverteilung mit Plan-Endedatum zum 30.08.2018; wahrscheinlichstes Endedatum: 05.09.2018

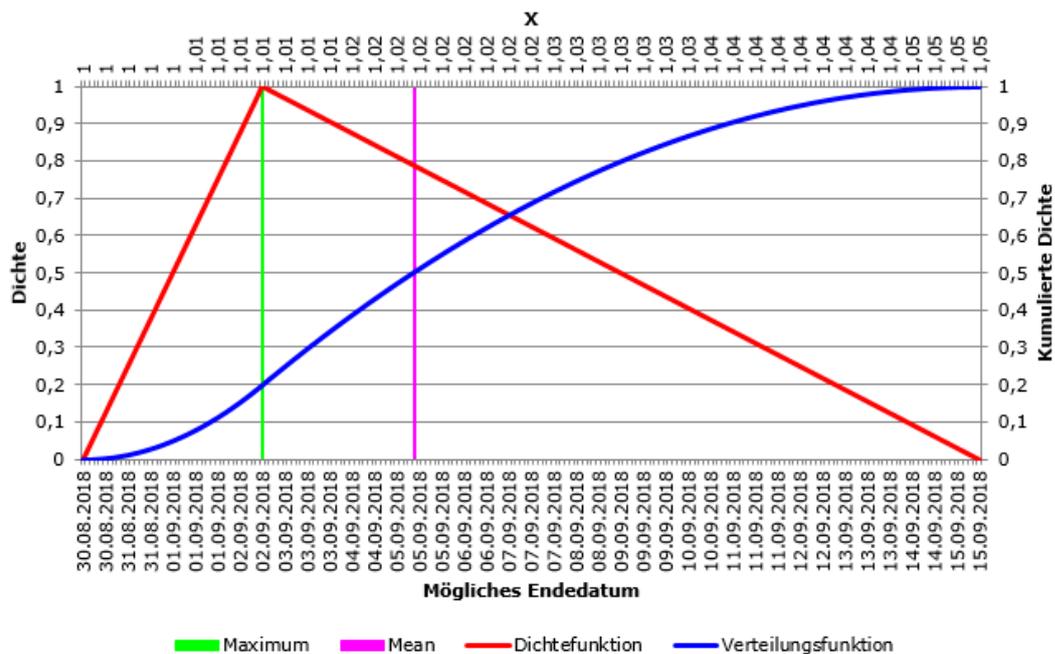


Abbildung 34: Verzögerungsverteilung für das Risiko "Neue Technologien"

„Projektverzögerung“

4.4 Simulation der Verzögerungs-Szenarien

Nachdem alle Risiken modelliert und gespeichert wurden, können alle Risiken im Zusammenspiel hinsichtlich einer Verzögerung simuliert werden. Hierzu aktiviert man den Simulations-Dialog im Tabellenblatt „Modell“ und drückt den Schalter „Simulation starten“.

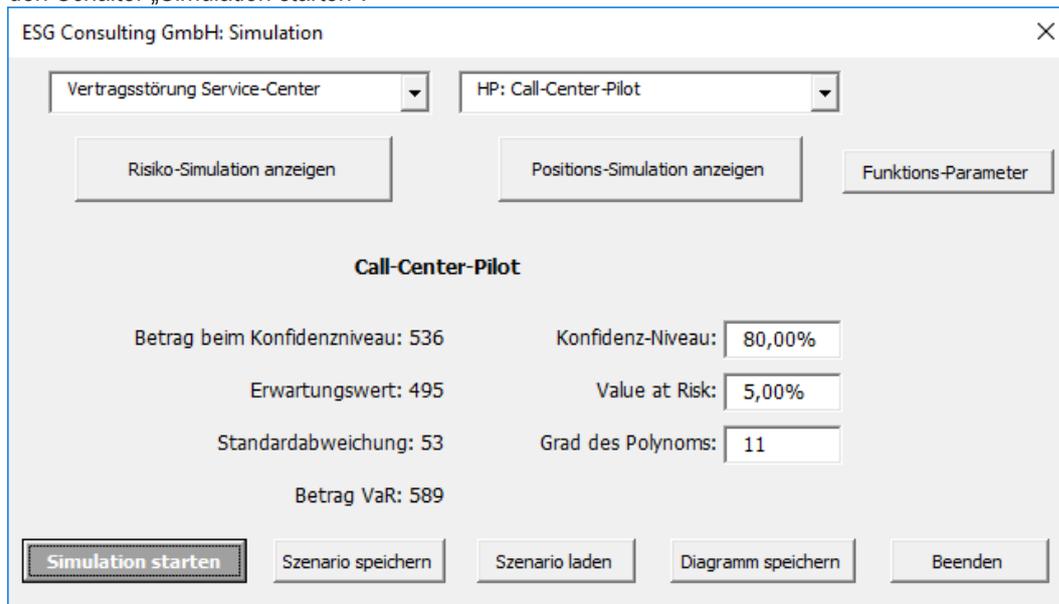


Abbildung 35: Simulations-Dialog

Anschließend werden die Ergebnisse tabellarisch und grafisch aufbereitet. Innerhalb des Simulations-Dialogs können auch die Ergebnisse einzelner Risiken (linkes oberes Auswahlfeld) oder andere Hauptpositionen (rechtes oberes Auswahlfeld) angezeigt werden.

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|----------------------------------|------------|-------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|------------------|---------------|
| 1 | Position Call-Center-Pilot | | Variations-Koeffizient: | 10,77% | Std-Abweichung: | 53,31 | | |
| 2 | Projekt-Start: | 08.10.2017 | | Wahrscheinlichkeit | Dauer (Tage) | Dauer (Arbeitstage) | Differenz (Tage) | Differenz (%) |
| 3 | Projekt-Ende (Nano-Percent): | 30.08.2018 | | | 326 | 234 | | |
| 4 | Projekt-Ende bis zum: | 28.03.2019 | | 80,00% | 536 | 384 | 210 | 64,45% |
| 5 | Wahrscheinlichstes Projekt-Ende: | 31.01.2019 | | 42,65% | 480 | 344 | 154 | 47,33% |
| 6 | Erwartetes Projekt-Ende: | 14.02.2019 | | 55,42% | 495 | 354 | 169 | 51,83% |

Abbildung 36: Tabellarisches Simulationsergebnis für die Projektverzögerung

„Projektverzögerung“

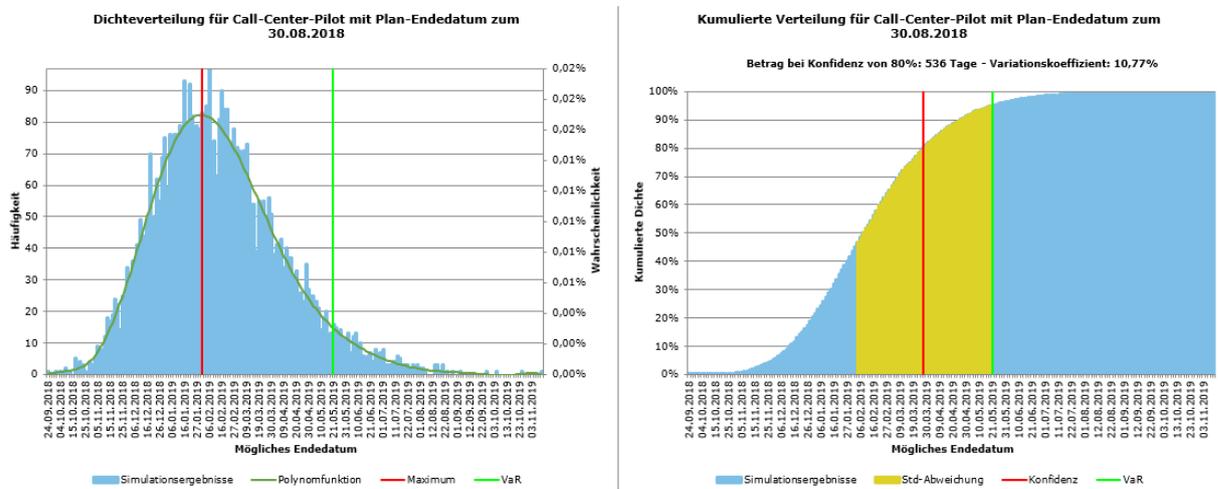


Abbildung 37: Grafische Auswertung des Simulationsergebnisses (Dichte- und Verteilungsfunktion (Integral der Dichtefunktion))

Die Simulation des Risikos „Planungsfehler“ z.B. deckt sich mit der Risikomodellierung aus Kap. 4.3.4. Hierzu muss einfach im linken Auswahlfenster das entsprechende Risiko ausgewählt und anschließend die Schaltfläche „Risiko-Simulation anzeigen“ gedrückt werden.

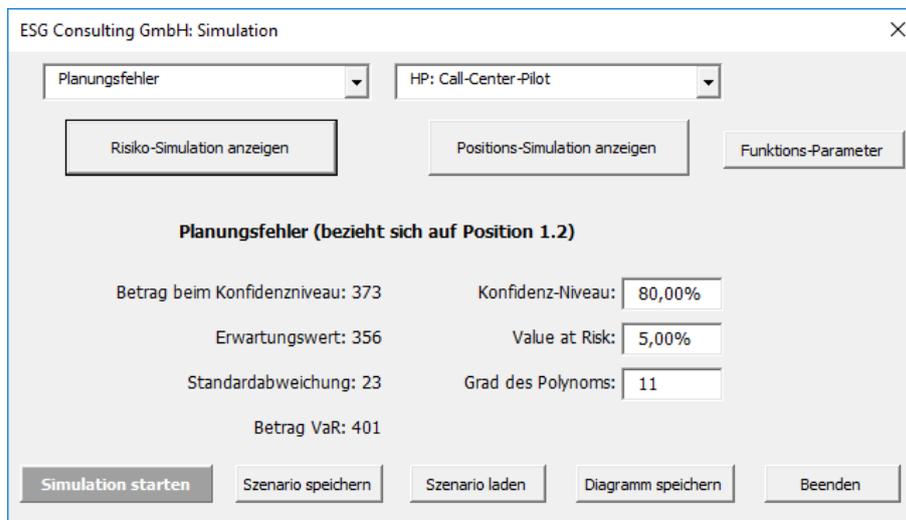


Abbildung 38: Simulation des Risikos "Planungsfehler" anzeigen lassen

| | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|----------------------------------|------------|-------------------------|-------|-----------------|---------------------|------------------|---------------|
| 1 | Risiko Planungsfehler | | Variations-Koeffizient: | 0,00% | Std-Abweichung: | 23,37 | | |
| 2 | Projekt-Start: | 08.10.2017 | Wahrscheinlichkeit | | Dauer (Tage) | Dauer (Arbeitstage) | Differenz (Tage) | Differenz (%) |
| 3 | Projekt-Ende (Nano-Percent): | 30.08.2018 | | | 326 | 234 | | |
| 4 | Projekt-Ende bis zum: | 15.10.2018 | 80,00% | | 373 | 266 | 47 | 14,27% |
| 5 | Wahrscheinlichstes Projekt-Ende: | 08.09.2018 | 17,80% | | 335 | 240 | 9 | 2,86% |
| 6 | Erwartetes Projekt-Ende: | 29.09.2018 | 60,49% | | 356 | 255 | 30 | 9,24% |

Abbildung 39: Tabellarische Ergebnisse der Simulation des Risikos "Planungsfehler"

„Projektverzögerung“

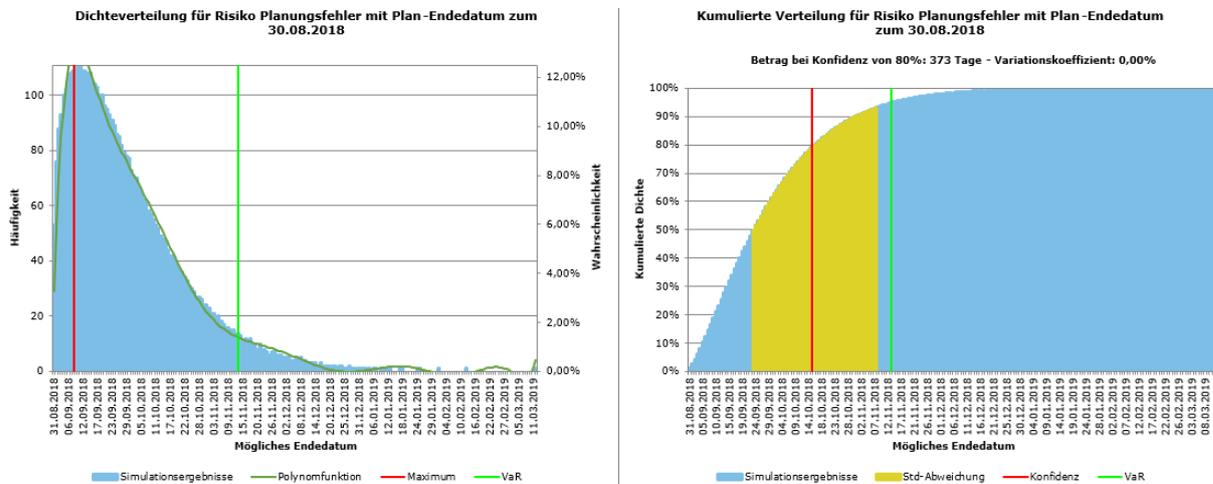


Abbildung 40: Grafische Ausgabe der Simulation des Risikos "Planungsfehler"

Wie zu erkennen ist, entspricht der Erwartungswert der Simulation dem Wert aus der Risikomodellierung.

4.5 Korrelationen von Risiken

Planungsfehler sind auch auf nicht ausreichendes Projektmanagement und –Controlling zurückzuführen. Umsichtiges Projektmanagement erkennt frühzeitig, wann welche Zulieferungen anzustoßen sind, um diese auch möglichst im Planungsrahmen zu erhalten. Bei anstehendem Ressourcenengpass muss auch das Projektmanagement frühzeitig an den richtigen Stellen mit Nachdruck eskalieren, um dieses Risiko zu mindern. Das Risiko „Planungsfehler“ ist mit dem Risiko „Zulieferungen terminlich unsicher“ hoch korreliert; eine 1 würde bedeuten, dass eine absolute Korrelation bestünde; dies ist aber nicht der Fall, da es auch bei dem jeweiligen Zulieferer Umstände oder Befindlichkeiten gibt, die ein Projektmanager nicht beeinflussen kann. Daher wurde der Wert der Korrelation auf 0,8 gesetzt.

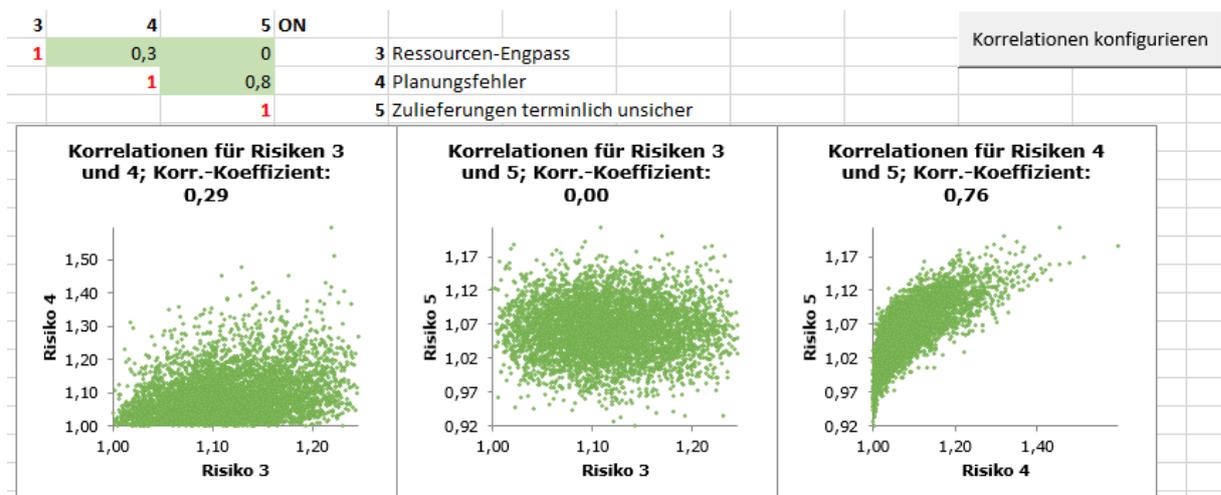


Abbildung 41: Korrelationen von 3 Risiken

„Projektverzögerung“

Weiterhin ist das Risiko „Planungsfehler“ mit dem Risiko „Ressourcen-Engpass“ korreliert. In diesem Fall wurde eine leichte Korrelation benutzt, da Ressourcen-Engpässe auch durch das Umfeld bedingt sind / sein können. Wenn man nun die Simulation erneut mit diesen definierten Korrelationen durchführt, kommt man zu einem leicht geänderten Ergebnis:

| | C | D | E | F | G | H |
|---|-------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|------------------|---------------|
| 1 | Variations-Koeffizient: | 16,43% | Std-Abweichung: | 81,79 | | |
| 2 | 08.10.2017 | Wahrscheinlichkeit | Dauer (Tage) | Dauer (Arbeitstage) | Differenz (Tage) | Differenz (%) |
| 3 | 30.08.2018 | | 326 | 234 | | |
| 4 | 20.04.2019 | 80,00% | 559 | 400 | 233 | 71,47% |
| 5 | 13.01.2019 | 37,99% | 463 | 330 | 137 | 42,01% |
| 6 | 17.02.2019 | 56,98% | 498 | 355 | 172 | 52,71% |

Abbildung 42: Tabellarische Ansicht der Simulation mit Korrelation

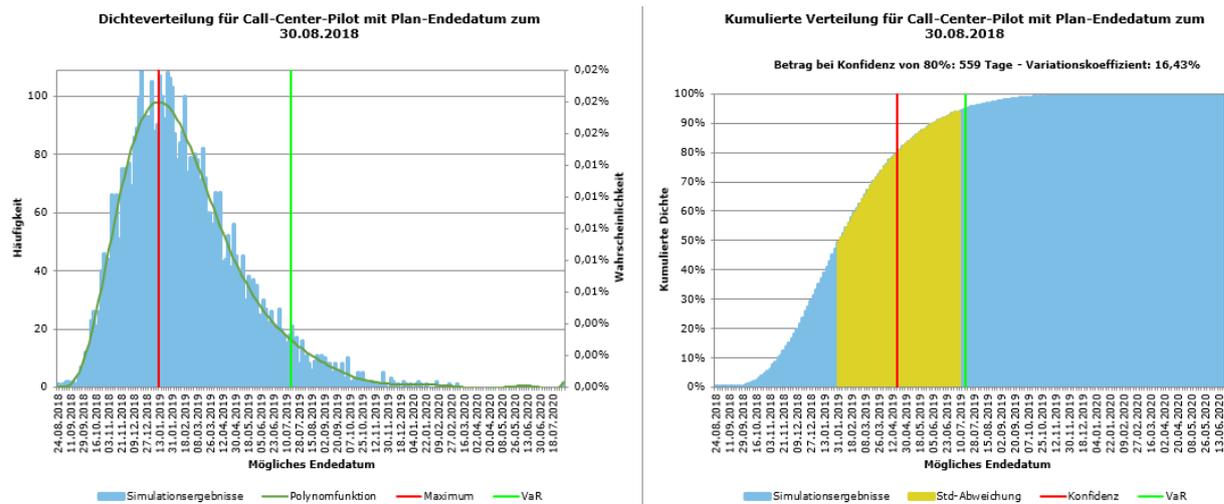


Abbildung 43: Grafische Ansicht der Simulation mit Korrelation

Der Erwartungswert stimmt annähernd mit dem Ergebnis ohne Korrelation überein. Das wahrscheinlichste Projektende liegt bei der Simulation mit Korrelation bei einem früheren Zeitpunkt, das Projektende, welches mit 80% nicht überschritten wird, wiederum bei einem späteren Zeitpunkt. Dies liegt daran, dass das Risiko „Planungsfehler“ mit einer rechts-schiefen Weibull-Funktion modelliert wird (siehe Abbildung 30). Diese Funktion mit den gewählten Parametern hat das Maximum nahe beim geplanten Projektende. Die Kurve zeigt aber einen sog. „long tail“ hin zu hohen Verzögerungen auf. Diese Form beeinflusst durch die definierten Korrelationen die entsprechenden Ausprägungen der Aggregation der 3 Risiken „Planungsfehler“, „Zulieferungen terminlich unsicher“ und „Ressourcen-Engpass“.

5. Zusammenfassung der Simulation

Die Modellierung der zusammengefassten Einzelrisiken hatten jeweils einen Erwartungswert, der weit geringer als der Erwartungswert der Simulation ist. Das ursprünglich geplante Teilprojektende (Start des Call-Center Piloten) war für den 30.08.2018 geplant.

| Risiko / Simulation | Wahrscheinlichster Wert | Erwartungswert |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------|
| Vertragsstörung | 29.10.2018 | 08.11.2018 |
| Mangelnde Lieferanten-Qualität | 10.10.2018 | 18.10.2018 |
| Ressourcen-Engpass | 02.10.2018 | 07.10.2018 |
| Planungsfehler | 09.09.2018 | 29.09.2018 |
| Zulieferungen terminlich unsicher | 18.09.2018 | 18.09.2018 |
| Neue Technologien | 02.09.2018 | 05.09.2018 |
| | | |
| Simulation | 31.01.2019 | 14.02.2019 |
| Simulation mit Korrelation | 13.01.2019 | 17.02.2019 |

Tabelle 4: Vergleich Erwartungswerte der Risiken vs. Simulation

Mit der Monte-Carlo-Simulation wurden 5.000 Szenarien durchgeführt; mit jedem Szenario wird per Zufallszahl die Ausprägung eines Risikos berechnet, wobei per Szenario jedes Risiko „seine“ eigene Zufallszahl zugeordnet bekommt. Pro Szenario werden die relativen Ausprägungen aller Risiken miteinander multipliziert. Jedes Szenario stellt also eine eigene Kombination von Ausprägungen der beteiligten Risiken dar. Jedes Szenario entspricht also einem Modell, wie die Risiken insgesamt auf das Projekt wirken können.

Die Gesamtheit aller Simulationsläufe liefert eine repräsentative Stichprobe aller möglichen Risiko-Szenarien im betrachteten Teilprojekt / Projekt.

Dadurch, dass sie insgesamt wirken, erhöht sich natürlich auch der simulierte Erwartungswert bzw. der wahrscheinlichste Wert, wie in diesem Beispiel sehr gut zu erkennen ist. Tatsächlich endete das Teilprojekt aus diesem Beispiel 14 Tage nach dem hier errechneten Erwartungswert.

Wenn man im Vergleich zu einer Risiko-Aggregation die Risiken lediglich per Riskmap verwaltet, kann man keine Projektverzögerung quantifizieren, da in einer Riskmap die Risiken lediglich einzeln betrachtet werden und nicht, wie in der MCS, gleichzeitig zusammenwirken können.

6. Abkürzungen

| Abkürzung | Beschreibung |
|---------------|--|
| AG | Auftraggeber |
| AN | Auftragnehmer, Lieferant |
| MC-ECO | Monte-Carlo-Simulations-Tool der ESG Consulting GmbH |
| MCS | Monte-Carlo-Simulation |
| SW | Software |
| TPL | Teilprojektleiter |

Tabelle 5: Abkürzungen