

Risiko-Aggregation mit dem Monte-Carlo Simulations-Tool MC-ECO

Benutzer-Handbuch

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

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

Inhalt

1. Einleitung	8
2. Aufbau des Tools MC-ECO	9
3. Modell	10
3.1.1 Konfiguration des Modells.....	10
3.1.2 Durchführung der Simulation	14
3.1.3 Ausgabe der Simulation.....	16
4. Modell-Typen	20
4.1 GuV.....	21
4.2 Projektverzögerung.....	22
4.3 Projektplanung.....	23
4.3.1 Einfügen einer Position	24
4.4 Flexibel	27
5. Risiken	27
5.1 Verteilungen.....	28
5.1.1 Wahrscheinlichkeiten	28
5.1.2 Dichtefunktion	28
5.1.3 Verteilungsfunktion	28
5.2 Konfigurationsmöglichkeiten von Risiken.....	29
5.2.1 Risiko einfügen	29
5.2.2 Risiko löschen.....	31
5.2.3 Risiko konfigurieren	31
5.3 Ereignisorientierte Risiken	38
5.3.1 Gleichverteilung	38
5.3.2 Häufigkeits-Verteilung.....	43
5.3.3 Diskrete Verteilung.....	45
5.3.4 Binomialverteilung.....	46

5.3.5 Negative Binomial-Verteilung.....	49
5.3.6 Poisson-Verteilung.....	52
5.4 Verteilungsorientierte Risiken	54
5.4.1 Beta-Verteilung	54
5.4.2 Dreiecks-Verteilung.....	57
5.4.3 Gamma-Verteilung.....	58
5.4.4 LogNormal-Verteilung	62
5.4.5 Normal-Verteilung	64
5.4.6 t-Verteilung	66
5.4.7 Weibull-Verteilung.....	68
6. Korrelationen.....	71
6.1 Korrelationen konfigurieren.....	71
6.1.1 Korrelationsmatrix	72
6.1.2 Konfigurationsmöglichkeiten von Korrelationen	73
6.2 Korrelationswerte bearbeiten	75
6.2.1 Einschränkungen bei Korrelationswerten.....	76
6.3 Korrelationsdiagramme.....	76
7. Expertenschätzung.....	79
7.1 Expertenschätzung im Modell anlegen	79
7.2 Simulation erstmalig für die Expertenschätzung durchführen.....	80
7.3 Funktionsparameter für die Expertenschätzung bestimmen	80
7.4 Ausgabe der Fitting-Ergebnisse.....	80
7.5 Manueller Eingriff in die Fitting-Routine	81
8. Grund-Konfiguration	83
8.1 Anzahl Schritte für die Simulation und die Grafiken.....	84
8.2 Dimensionen.....	85
8.3 Default-Parameter der Dichtefunktionen.....	86
8.4 Positionierung der Diagramme	87
9. Finanzrating	87
9.1 Finanzkennzahlen Eingabe.....	87
9.2 Finanzkennzahlen Ausgabe.....	88
9.2.1 Einzelkennzahlen.....	88

9.2.2 Stresstest.....	89
10. Feiertage für die Projektplanung.....	89
11. Glossar	90
12. Abkürzungen.....	92

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ein- und Ausgabefelder des Modells	10
Abbildung 2: Dialog zum Konfigurieren des Modells.....	11
Abbildung 3: Dialog zum Steuern einer Simulation nach dem Starten des Dialogs.....	14
Abbildung 4: Simulations-Dialog nach Durchführung einer Simulation.....	15
Abbildung 5: Dichteverteilungs-Grafik.....	17
Abbildung 6: Kumulierte Häufigkeiten.....	18
Abbildung 7: Zusammenfassung der Simulation.....	19
Abbildung 8: Auswahl eines vordefinierten Modell-Typs.....	21
Abbildung 9: neu angelegtes GuV-Modell	22
Abbildung 10: Konfiguration einer Projektverzögerung bei Instanziierung des Modells.....	22
Abbildung 11: Eingabe eines falschen Datums.....	23
Abbildung 12: neu angelegtes Projekt-Verzögerungs-Modell.....	23
Abbildung 13: Projektplanungs-Modell nach der Instanziierung	24
Abbildung 14: Einfügen einer Projektplan-Unterposition.....	24
Abbildung 15: Konfigurieren einer neuen Projektplan-Unterposition oder eines Meilensteins	26
Abbildung 16: Auswahl eines Datums einer Vorgänger-Position.....	26
Abbildung 17: Anfangsmodell für "Flexibel"	27
Abbildung 18: Verwaltung der Risiken	29
Abbildung 19: Dialog zum Einfügen eines „verteilungsorientierten“ Risikos	30
Abbildung 20: Dialog zum Löschen eines Risikos	31
Abbildung 21: Dialog zum Konfigurieren eines Risikos (die Funktionseigenschaften werden erst nach „Berechnen“ angezeigt)	32
Abbildung 22: Grafik mit Dichte- und Verteilungsfunktion.....	34
Abbildung 23: Dialog zum Konfigurieren eines „Ereignisorientierten“ Risikos	35
Abbildung 24: Sonderfall Dreiecksfunktion als Schadensfunktion	36

Abbildung 25: Grafische Ausgabe bei ereignisorientierten Risiken	37
Abbildung 26: Schadensausmaß nicht als Bandbreite, sondern als 1 Wert.....	38
Abbildung 27: Konfiguration einer Gleichverteilung	39
Abbildung 28: Verteilungs- und Dichtefunktion der Gleichverteilung	40
Abbildung 29: Gleichverteilung auch als Schadensausmaß-Modellierung	41
Abbildung 30: Gleichverteilung als Verteilungsfunktion und Schadensausmaß	42
Abbildung 31: Konfiguration einer Häufigkeitsverteilung.....	43
Abbildung 32: Häufigkeitsverteilung als Verteilungsfunktion und Normalverteilung als Schadensausmaß	44
Abbildung 33: Konfiguration einer diskreten Verteilung	45
Abbildung 34: Verteilungs- und Dichtefunktion der diskreten Verteilung	46
Abbildung 35: Konfiguration einer Binomialverteilung.....	47
Abbildung 36: Verteilungs- und Dichtefunktion der Binomialverteilung.....	48
Abbildung 37: Konfiguration der Negativen Binomialverteilung	49
Abbildung 38: Verteilungs- und Dichtefunktion der Negativen Binomialverteilung.....	50
Abbildung 39: Unfallhäufigkeit Konfiguration Negative Binomialverteilung	51
Abbildung 40: Unfallhäufigkeit Verteilungs- und Dichtefunktion der Negativen Binomialverteilung	52
Abbildung 41:Konfiguration Poisson-Verteilung für Impfschäden	53
Abbildung 42: Verteilungs- und Dichtefunktion der Poisson-Verteilung für Impfschäden	54
Abbildung 43: Konfiguration einer Beta-Verteilung	55
Abbildung 44: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Beta-Verteilung	56
Abbildung 45: Dichten der Beta-Verteilung für verschiedene Parameterwerte	56
Abbildung 46: Konfiguration einer Dreiecks-Verteilung.....	57
Abbildung 47: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Dreiecks-Verteilung	58
Abbildung 48: Konfiguration einer Gamma-Verteilung.....	59
Abbildung 49: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Gamma-Verteilung	60
Abbildung 50: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Gamma-Verteilung mit $k=0,5$ und $\lambda = 1$	61
Abbildung 51: Dichten der Gamma-Verteilung für verschiedene Parameterwerte.....	61
Abbildung 52: Konfiguration einer LogNormal-Verteilung.....	62
Abbildung 53: Dichte- und Verteilungsfunktion einer LogNormal-Verteilung	63
Abbildung 54: Dichten der LogNormal-Verteilung für verschiedene Parameterwerte	64
Abbildung 55: Konfiguration einer Normal-Verteilung	65
Abbildung 56: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Normal-Verteilung	66
Abbildung 57: Konfiguration einer t-Verteilung.....	67
Abbildung 58: Dichte- und Verteilungsfunktion einer t-Verteilung.....	67

Abbildung 59: Dichten der t-Verteilung für verschiedene Parameterwerte	68
Abbildung 60: Konfiguration einer Weibull-Verteilung.....	69
Abbildung 61: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Weibull-Verteilung	70
Abbildung 62: Dichten der Weibull-Verteilung für verschiedene Parameterwerte.....	71
Abbildung 63: Dialog zum Konfigurieren von Korrelationen.....	72
Abbildung 64: Risiko mit Status "OFF" wird rot markiert.....	73
Abbildung 65: Auswahlfeld zum Auswählen einer bestehenden Korrelationsmatrix.....	73
Abbildung 66: Abfrage, ob die ausgewählte Korrelation wirklich gelöscht werden soll	74
Abbildung 67: Risiko zu einer Korrelationsmatrix hinzufügen	74
Abbildung 68: Risiko von einer Korrelationsmatrix entfernen	74
Abbildung 69: Beispiel zweier Korrelationsmatrizen im Arbeitsblatt	75
Abbildung 70: Fehlerhinweis bei einer negativen resultierenden Matrix	76
Abbildung 71: Korrelation mit Wert 1 für zwei stetige Verteilungsfunktionen	77
Abbildung 72: Korrelation mit Wert 0,5 für zwei stetige Verteilungsfunktionen	77
Abbildung 73: Korrelation mit Wert 0 für zwei stetige Verteilungsfunktionen	77
Abbildung 74: Korrelation mit Wert -1 für zwei stetige Verteilungsfunktionen.....	78
Abbildung 75: Korrelation diskreter Verteilungs- und Schadensfunktionen	78
Abbildung 76: Korrelation diskreter Verteilungs- und stetigen Schadensfunktion.....	78
Abbildung 77: Anlegen von Modell-Positionen für die Expertenschätzung.....	79
Abbildung 78: Angelegte Modell-Positionen für die Expertenschätzung.....	79
Abbildung 79: Für die Expertenschätzung angelegte Risiken.....	79
Abbildung 80: Simulation vor der Expertenschätzung durchführen	80
Abbildung 81: Verteilungsfunktion für die aggregierte Expertenschätzung.....	80
Abbildung 82: Aggregierte Dreiecksfunktionen, gefittet durch eine Normalverteilung	81
Abbildung 83: numerische Ausgabe der Fitting-Routine.....	81
Abbildung 84: Solver findet kein Minimum (der R-Wert ist negativ).....	82
Abbildung 85: Für die Beta-Verteilung konnten keine validen Parameter gefunden werden	82
Abbildung 86: Manuelle Anpassung des Faktors.....	83
Abbildung 87: Gefittete Kurve nach dem manuellen Eingriff.....	83
Abbildung 88: Konfigurations-Dialog.....	84
Abbildung 89: Konfiguration der Anzahl Schritte.....	84
Abbildung 90: Konfiguration der Dimensionen.....	85
Abbildung 91: Ausgabe der Simulationsergebnisse in Tagen.....	85
Abbildung 92: Ausgabe der Simulationsergebnisse mit Datum	86

Abbildung 93: Konfiguration der Dichtefunktions-Parameter	86
Abbildung 94: Konfiguration der Positionierung der Diagramme	87
Abbildung 95: Positionierung eines Diagramms an einer Zelle.....	87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ratingnoten für Finanzkennzahlen.....	89
Tabelle 2: Glossar.....	92
Tabelle 3: Abkürzungen	92

1. Einleitung

Ein Ziel von Organisationen und von Projekten besteht primär darin, bestandsgefährdende Entwicklungen frühzeitig zu erkennen, um rechtzeitig entsprechende Maßnahmen zur Steuerung und Bewältigung der Risiken einzuleiten. Im Hinblick auf die Sicherung des Fortbestehens einer Organisation ist vor allem zu beachten, dass der Gesamtrisikoumfang der Risiken die Risikotragfähigkeit einer Organisation nicht überschreitet, das heißt eine Organisation insgesamt nicht mehr Risiken eingeht, als es mit dem ihr zur Verfügung stehenden Kapital tragen kann. Dabei stellt sich insbesondere das Problem, eine Gesamtrisikoposition, bestehend aus den jeweils in der Organisation / dem Projekt vorhandenen Einzelrisiken unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen zu ermitteln. Die Ermittlung des Gesamtrisikoumfangs einer Organisation 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 in einem Rechenmodell der Organisation oder des Projektes den entsprechenden Positionen der Organisationsplanung (oder eines Projektes) zugeordnet und mit einer Zielgröße (z.B. EBIT, EBT) verknüpft. Anschließend wird in mehreren tausend Simulationsläufen unter Verwendung von Zufallszahlen ein Geschäftsjahr 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 einer Organisation oder eines Projektes (z.B. GuV oder Projektplan)
- **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:
$$EW_{R_{agg}} = 1 - (1 - EW_{R_1}) * (1 - EW_{R_2})$$
wobei EW_{R_1} die Eintrittswahrscheinlichkeit vom ersten und EW_{R_2} vom zweiten Risiko und $EW_{R_{agg}}$ 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

2. Aufbau des Tools MC-ECO

Mit dem Tool MC-ECO (verfügbar als MS-Excel®) können Einzelrisiken konfiguriert und Positionen einer Planung zugeordnet werden, um anschließend die Gesamtrisikoposition einer Organisation / eines Projekts zu simulieren. Hierzu ist das Tool in drei Bereiche aufgeteilt:

- Arbeitsblatt „Modell“: hier kann die Planung modelliert werden. Eine Planung kann z.B. eine GuV oder ein Projektplan sein.
- Arbeitsblatt „Risiken“: hier werden die Einzelrisiken definiert, konfiguriert und jeweils einer Plan-Position zugewiesen.
- Arbeitsblatt „Korrelationen“: Mit Korrelationen können statistische Abhängigkeiten zwischen Risiken beschrieben werden. Diese Korrelationen können in einer oder mehreren Matrizen beschrieben werden.

Weiterhin gibt es die Möglichkeit,

- das Modell über eine dedizierte Oberfläche zu verwalten,
- bestimmte globale Parameter über eine Oberfläche zu konfigurieren und
- Expertenschätzungen durchzuführen und zu aggregieren.

3. Modell

Ausgangspunkt für die Erstellung einer Risikoaggregation ist die Definition eines Modells, z.B. eine Planrechnung als GuV oder eine Projektplanung.

Im Arbeitsblatt „Modell“ werden die Modell-Informationen verwaltet.

Bevor eine Simulation durchgeführt werden kann, muss zuvor ein Modell mit zugehörigen Planwerten aufgebaut werden und es muss mindestens ein Risiko definiert und einer Modell-Position zugewiesen worden sein.

Der obere Bereich der Abbildung 1 stellt die Ausgabe dar. Im unteren Bereich wird das Modell wiedergegeben. Mit den 3 Schaltflächen rechts kann man:

- Die Simulation durchführen,
- das Modell konfigurieren und
- Konfigurationsparameter setzen.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Position EBT									
2	Planwert:	1.448.500 €		Wahrscheinlichkeit	Differenz (abs)	Differenz (%)	Variations-Koeffizient	0,75	Simulation starten	
3	Wert bei Konfidenz 50%:	1.357.080 €		50,00%	-91.420 €	-6,31%	Std-Abweichung:	928.643 €		
4	Wahrscheinlichster Wert:	1.542.307 €		61,75%	93.807 €	6,48%	Schiefte:	-2,36	Modell konfigurieren	
5	Erwartungswert:	1.236.012 €		42,27%	-212.488 €	-14,67%	Wölbung:	10,09		
6	Value At Risk:	-1.261.269 €		5,00%	-2.709.769 €	-187,07%			Konfiguration	
7										
8										
9				Plan	Erwartungswert	Std-Abweichung				
10		1	1.1	Ertrag	16.000.000 €	15.702.331 €	1.204.153 €			
11			1.2	Umsatzerlöse	16.000.000 €	15.702.331 €	1.204.153 €			
12			1.3	andere aktivierte Eigenleistungen	0 €	0 €	0 €			
13			1.4	sonstige betriebliche Erträge	0 €	0 €	0 €			
14		2	2.1	Materialaufwand	-6.868.000 €	-6.760.936 €	399.625 €			
15			2.2	Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe und für bezogene Waren	-6.868.000 €	-6.760.936 €	399.625 €			
16			2.3	Aufwendungen für bezogene Leistungen	0 €	0 €	0 €			
17		=		Rohergebnis	9.132.000 €	8.941.395 €	856.213 €			

Abbildung 1: Ein- und Ausgabefelder des Modells

3.1.1 Konfiguration des Modells

Ein Modell kann z.B. eine GuV oder ein Projektplan sein. Andere Szenarien sind natürlich auch möglich. Das Modell besteht aus 3 Typen von Positionen:

- Unterpositionen: diese sind die eigentlichen Träger mit Planwerten (z.B. Umsatzerlöse, Personalkosten)
- Hauptpositionen. Hauptpositionen fassen jeweils Unterpositionen zusammen; hier werden die Plan- und simulierten Erwartungswerte der zugehörigen Unterpositionen zusammenaddiert.
- Ergebnisse: dieser optionale Typ wiederum kann Unter- und Hauptpositionen zusammenfassen. In der GuV wäre ein Ergebnis z.B. EBIT, EBT

Eine Hauptposition besitzt alle Unterpositionen, die vor der nächstfolgenden Hauptposition platziert sind, auch dann, wenn eine Ergebnisposition zwischen zwei Unterpositionen liegt. Jede Hauptposition hat eine sog. Hauptpositionsnummer (1, 2, ...n) und eine Positionsnummer (n.1) Unterpositionen haben nur die durch einen Punkt getrennte Positionsnummer, die pro Hauptpositionsnummer sequenziell nach oben gezählt werden. Ergebnispositionen haben statt einer Hauptpositionsnummer nur das Zeichen „=“.

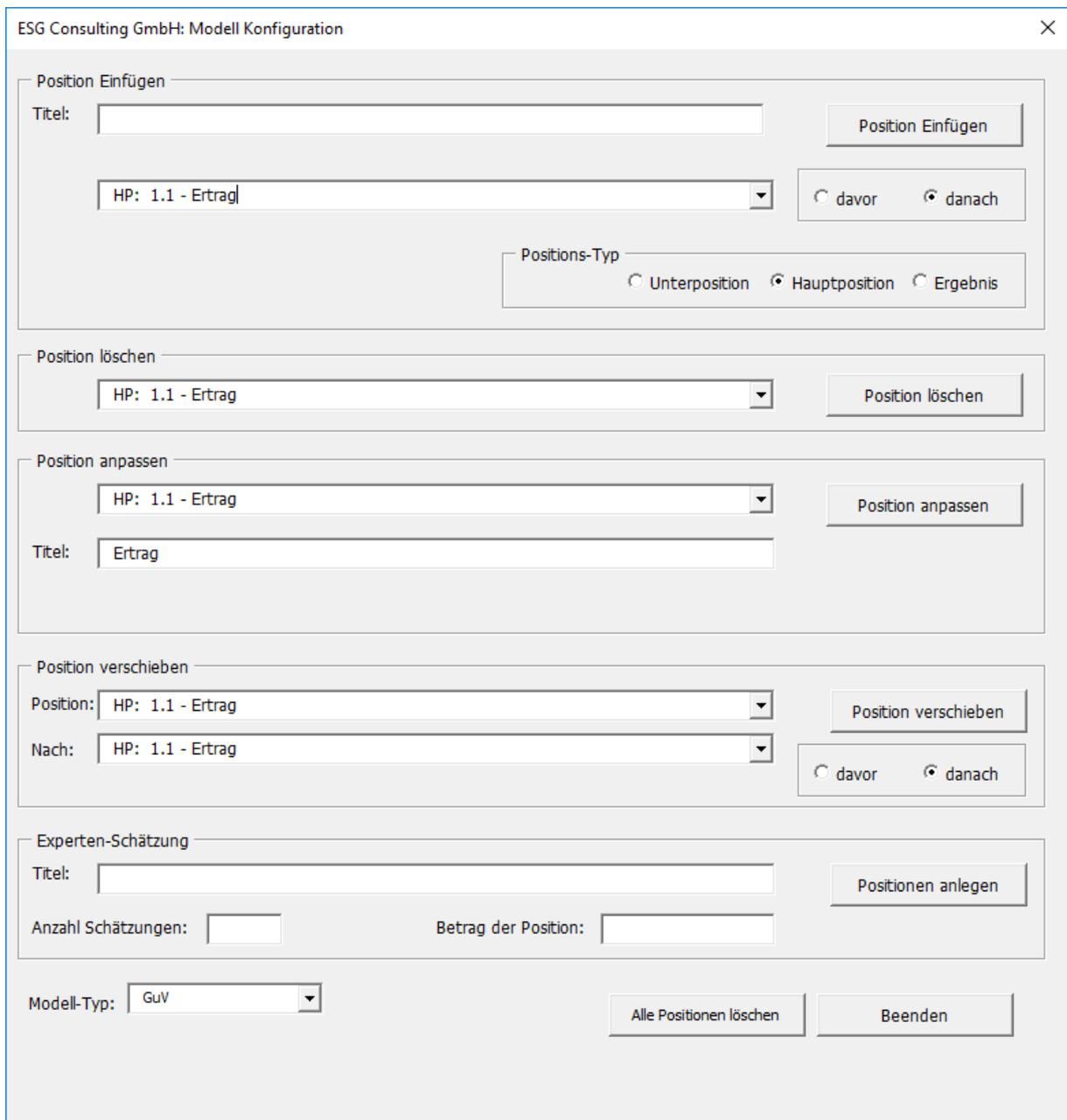


Abbildung 2: Dialog zum Konfigurieren des Modells

Da die manuelle Konfiguration fehleranfällig sein kann (z.B., wenn man eine Unterposition löscht und es hierzu ein assoziiertes Risiko gibt, so würde dieses Risiko entweder verwaist sein oder auf eine nun falsche Unterposition verweisen), kann man das Modell mit Hilfe eines nicht-modalen Dialogs konfigurieren (). Der Dialog wird durch Betätigen der Schaltfläche „Modell konfigurieren“ gestartet.

3.1.1.1 Position einfügen

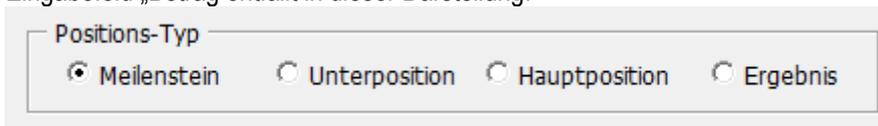
Alle Eingabe-Felder sind verpflichtend auszufüllen.

- Text-Box „Titel“: Name der einzufügenden Position.

- Combo-Box Position (unter dem Titel). Hier kann man aus einer Liste von bereits verfügbaren Positionen die Position auswählen, vor oder nach welcher die neue Position eingefügt werden soll.
- Radio-Buttons „davor“ und „danach“: hier kann man bestimmen, ob die neu zu erstellende Position vor oder nach der in der Combo-Box selektierten Position einfügen möchte.
- Radio-Buttons „Positions-Typ“: einer der verfügbaren Positionstypen muss ausgewählt werden. Wird der Positionstyp „Unterposition“ ausgewählt, dann wird zusätzlich eine Text-Box „Betrag“ angezeigt. Wenn diese Textbox angezeigt wird, muss ein Betrag eingegeben werden.



- Falls es sich bei dem Modelltypen um „Projektplanung“ handelt, wird ein weiterer Dialog angezeigt, in welchem entsprechende Planungspositionen angegeben werden müssen (siehe Kap. 4.3.1). Zuvor wird jedoch im Menüpunkt „Position einfügen“ ein weiterer Positionstyp aufgeführt: „Meilenstein“. Das Eingabefeld „Betrag entfällt in dieser Darstellung.



- Durch Betätigen der Schaltfläche „Position einfügen“ wird nun die Position mit den eingegebenen Werten an der entsprechenden Position im Modell eingefügt. Die Positionsnummern der folgenden Positionen werden automatisch angepasst. Sollten bereits Risiken an folgende Positionen zugewiesen worden sein, so werden in diesem Zuge auch bei den betroffenen Risiken die Referenzen auf deren Positionen angepasst.

Handelt es sich um den Modelltyp „Projektplan“, dann wird der Projektplan-Konfigurationsdialog angezeigt (siehe nächstes Kapitel)

3.1.1.2 Position löschen

Die Position, die in der Combo-Box selektiert wurde, wird durch Betätigen der Schaltfläche „Position löschen“ aus dem Modell gelöscht. Da das Löschen nicht rückgängig gemacht werden kann, wird der Benutzer zuvor per Message-Box aufgefordert, das Löschen zu bestätigen. Dies ist auch wichtig, da mit Löschen eine Unterposition ein mit der Unterposition verknüpftes Risiko ebenfalls gelöscht wird. Wenn eine Position gelöscht wird, werden alle darauffolgenden Positionen 1 Zeile nach oben verschoben, die Positionsnummern werden angepasst und bei den Risiken werden die Referenzen auf die Risiken werden entsprechend angepasst.

3.1.1.3 Position anpassen

Mit der Combo-Box „Position“ kann eine beliebige Position aus dem Modell selektiert werden. In die Text-Box „Titel“ kann ein neuer Name bzw. Bezeichner eingegeben werden. Durch Betätigen der Schaltfläche „Position anpassen“ wird im Modell der Name der Position entsprechend angepasst.

3.1.1.4 Position verschieben

Hiermit kann eine beliebige Position an eine andere Stelle im Modell verschoben werden.

- Combo-Box „Position“: hier kann die zu verschiebende Position ausgewählt werden
- Combo-Box „Nach“: die ausgewählte Position soll vor oder nach der in dieser Combo-Box ausgewählten Position verschoben werden.
- Radio-Buttons „davor“ / „danach“: damit wird bestimmt, ob die zu verschiebende Position vor oder nach der Position in der Combo-Box selektierten Position verschoben werden soll.
- Schaltfläche „Position verschieben“: hiermit wird die Position verschoben. Gleichzeitig werden die Positionsnummern der anderen Positionen im Umfeld automatisch angepasst und in den Risiken werden die Referenzen auf die Positionen entsprechend angepasst.

3.1.1.5 Expertenschätzung

Die Eigenschaften einer Expertenschätzung sind in Kapitel 6 beschrieben. Hier soll nur auf die Parameter eingegangen werden.

- Text-Box „Titel“: Eingabe des Namens für die Position, deren Bandbreite geschätzt werden soll
- Text-Box „Anzahl Schätzungen“: die eingegebene Zahl bestimmt die Anzahl an Unterpositionen und Risiken, die im Modell und bei den Risiken eingefügt werden sollen
- Text-Box „Betrag der Position“: hier muss der vorerst vorgesehene Planbetrag der Position angegeben werden.
- Schaltfläche „Positionen anlegen“: Durch Betätigen dieser Schaltfläche werden n (die Zahl, die in der Text-Box „Anzahl Schätzungen“ angegeben wurde) Positionen und zugehörige Risiken angelegt. Die Positionsnummern werden auch hier automatisch verwaltet, ebenfalls die Referenzen auf die Positionen bei den Risiken. Die Positionen werden nach der letzten Position des Modells eingefügt, die Risiken nach dem letzten Risiko im Tabellenblatt „Risiken“

3.1.1.6 Modell-Typ

MC-ECO bietet zur automatischen Vorkonfiguration 4 Modell-Typen an:

- GuV
- Projektverzögerung

- Projektplanung
- Flexibel

Durch Auswahl eines Modells wird das bestehende gelöscht und ein neues Modell entsprechend des gewählten Typs aufgebaut. Das neu installierte Modell kann selbstverständlich über den Modell-Konfigurations-Dialog verändert werden.

3.1.1.7 Alle Positionen löschen

Hiermit werden alle Positionen des Modells einschließlich der zugehörigen Risiken gelöscht.

3.1.2 Durchführung der Simulation

Der nicht-modale Dialog für die Simulation wird durch Betätigen der Schaltfläche „Simulation starten“ gestartet.

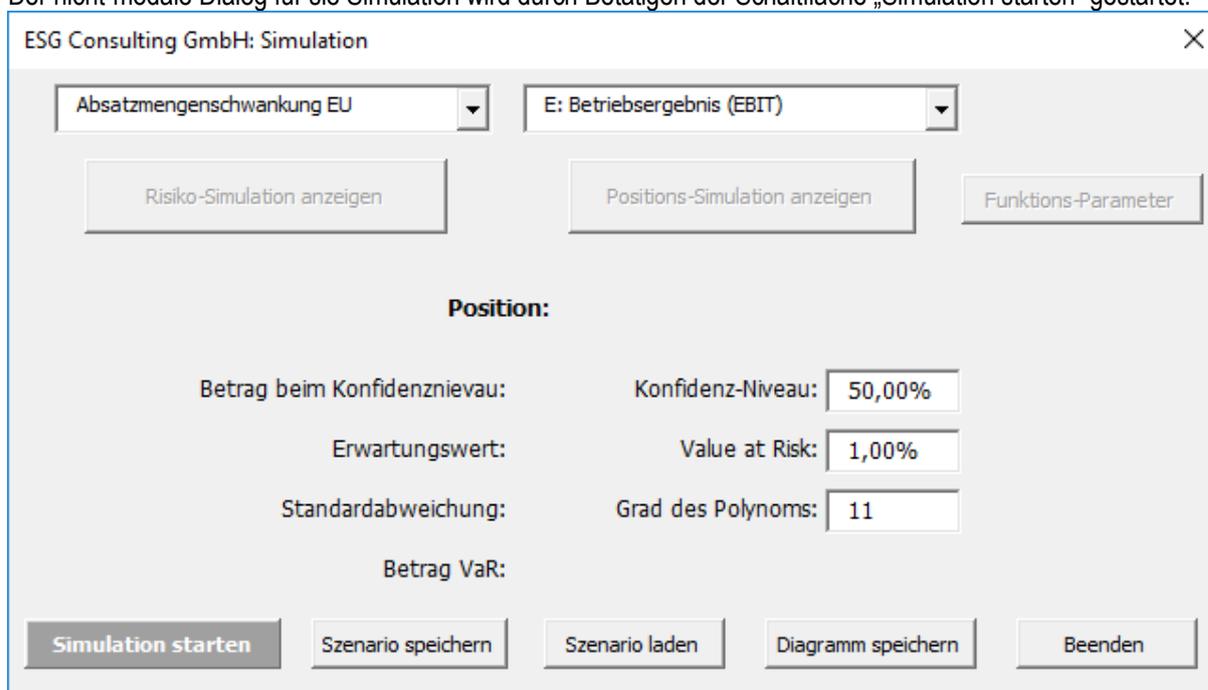


Abbildung 3: Dialog zum Steuern einer Simulation nach dem Starten des Dialogs

Beim Öffnen des Dialogs sind die Schaltflächen „Risiko-Simulation anzeigen“ und „Positions-Simulation anzeigen“ nicht bedienbar, da zuvor die komplette Simulation durchgeführt worden sein muss. Nachdem eine Simulation durchgeführt wurde, können die Ergebnisse jeweils für die Positionen als auch für die Risiken angezeigt werden. Die Simulations-Ergebnisse werden entsprechend des ausgewählten Elements sowohl im oberen Bereich des Arbeitsblatts „Modell“ als Werte als auch als Grafik. Hierbei gibt es eine Grafik für die sog. Dichtefunktion und für die Verteilungsfunktion.

- Schaltfläche „Simulation starten“: hiermit wird eine Simulation durchgeführt. Die Anzahl der Simulationsschritte als auch die Auflösung der Grafiken können in der Grundkonfiguration (siehe Kap. 8) ausgewählt werden.
- Schaltfläche „Szenario speichern“: hiermit besteht die Möglichkeit, das Modell zusammen mit den Risiken als ein Szenario in eine eigene Excel-Datei zu speichern. Ort und Name der Ziel-Datei kann der Benutzer in einem File-Dialog bestimmen.
- Schaltfläche „Szenario laden“: durch Betätigen dieser Taste wird das aktuelle Model mit zugehörigen Risiken gelöscht und das Szenario (Modell mit Risiken und damaliger Konfiguration) wird geladen. Das zu ladende Szenario muss auf jeden Fall zuvor über die Schaltfläche „Szenario speichern“ gespeichert worden sein. Um dies zu verifizieren, wurde ein entsprechender Schutzmechanismus beim Laden eines Szenarios eingebaut.
- Schaltfläche „Diagramm speichern“: Der Simulations-Dialog wird zusammen mit den Grafiken für die Dichte- und Verteilungsfunktion als PNG-File gespeichert. Ort und Name kann der Benutzer in einem File-Dialog bestimmen.

Nachdem eine Simulation durchgeführt wurde, wird der Dialog etwas angereichert:

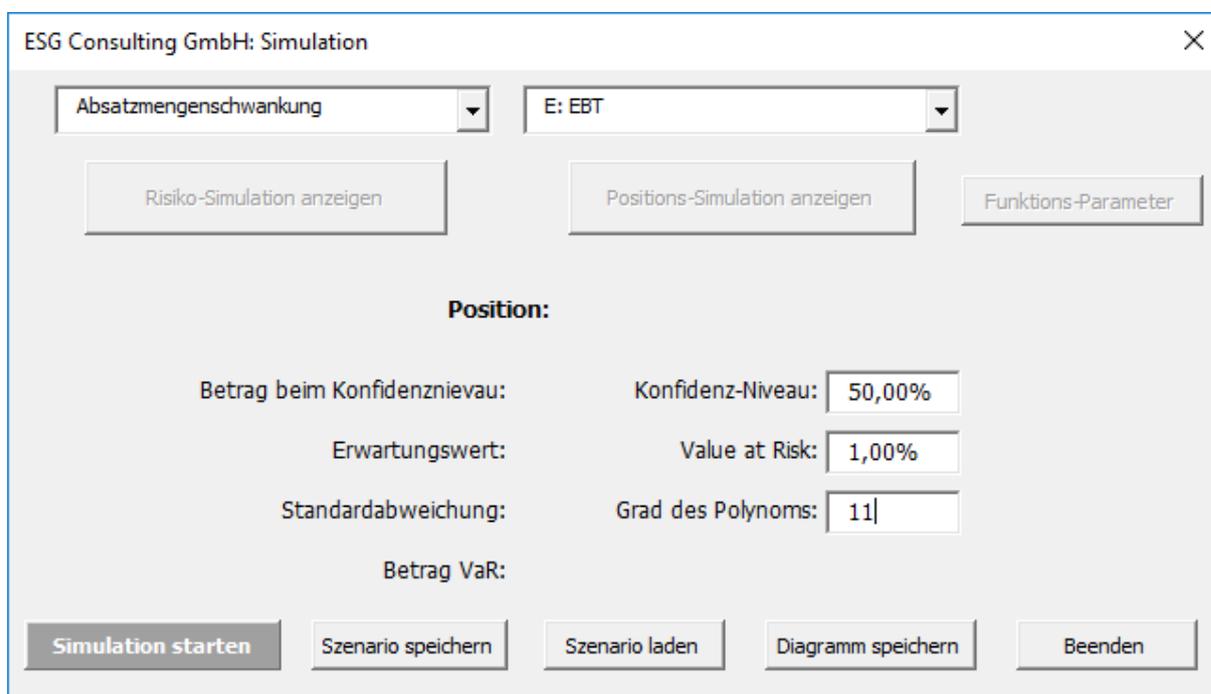


Abbildung 4: Simulations-Dialog nach Durchführung einer Simulation

- Linke Combo-Box: hier kann ein Risiko ausgewählt werden.

- Schaltfläche „Risiko-Simulation anzeigen“: die Simulations-Ergebnisse des ausgewählten Risikos werden angezeigt (siehe Kap 3.1.3).
- . Diese Schaltfläche wird benutzbar, sobald eine Simulation durchgeführt wurde.
- Rechte Combo-Box: hier kann eine Position ausgewählt werden. Bei Start des Simulations-Dialogs wird immer die zuletzt ausgewählte Position vorselektiert.
- Schaltfläche „Positions-Simulation anzeigen“: die Simulations-Ergebnisse der ausgewählten Position werden angezeigt (siehe Kap 3.1.3). Diese Schaltfläche wird benutzbar, sobald eine Simulation durchgeführt wurde.
- Schaltfläche „Funktions-Parameter“: Diese bezieht sich auf die Experten-Schätzung (siehe Kap. 6).
- Text-Box „Konfidenz-Niveau“: Angabe in Prozent; hiermit sollen die Werte angezeigt werden, die mit bis zu x% Wahrscheinlichkeit (in diesem Beispiel 50%) erreicht werden können.
- Text-Box „Value at Risk“: gibt die Wahrscheinlichkeit des noch vertretbaren Höchstschadens an
- Grad des Polynoms: die Dichtefunktion in der Grafik wird durch ein Polynom angenähert. Mit dem Grad des Polynoms kann die Genauigkeit der Anpassung der Linie an die Simulationsergebnisse bestimmt werden.
- Linke Ausgaben: Die Simulationsergebnisse für die ausgewählte Position / das ausgewählte Risiko werden hier angezeigt.

3.1.3 Ausgabe der Simulation

Nachdem eine Simulation durchgeführt wurde, werden 3 Arten von Ausgaben entsprechend angepasst:

3.1.3.1 Dichteverteilung und kumulierte Verteilung

Die Simulationsergebnisse werden durch zwei entweder untereinander oder als zwei nebeneinander liegende Grafiken ausgegeben. Lage und Anordnung können über die Schaltfläche „Konfigurieren“ angepasst werden (siehe Kap. 8).

Die **Dichteverteilung** (auch Häufigkeitsverteilung genannt) gibt die Häufigkeit von erzielten Simulationsergebnissen an.

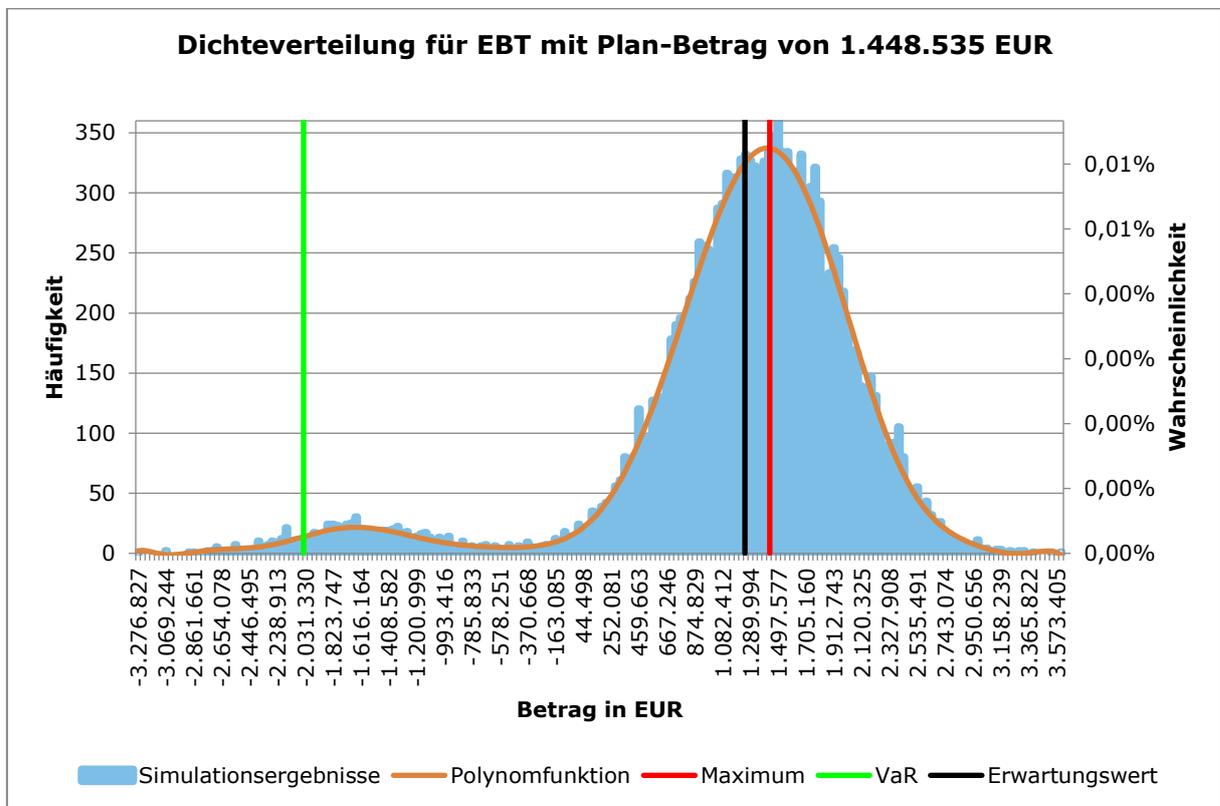


Abbildung 5: Dichteverteilungs-Grafik

In dieser Grafik werden auf der linken vertikalen Achse die absoluten und auf der rechten die relativen Häufigkeiten angezeigt. Die Häufigkeitsverteilung wird durch ein Polynom (hellbraune Linie), dessen Grad im Simulations-Dialog angepasst werden kann, approximiert. Aus dem Polynom wird das Maximum der absoluten Häufigkeiten bestimmt. Das Maximum wird in der Grafik als vertikale rote Linie dargestellt. Folgende wichtigen Werte werden als vertikale Balken angezeigt:

- VaR (Value at Risk, siehe Glossar in Kap. 11)
- Maximum: der Wert mit der höchsten Häufigkeit
- Erwartungswert: arithmetisches Mittel der Verteilung

Die **kumulierte Verteilung** hingegen wird berechnet als Summe der Häufigkeiten der Merkmalsausprägungen von der kleinsten Ausprägung bis hin zu der jeweils betrachteten Schranke. Die Summe aller addierten Häufigkeiten ergibt 100% (auf der rechten Seite der Grafik).

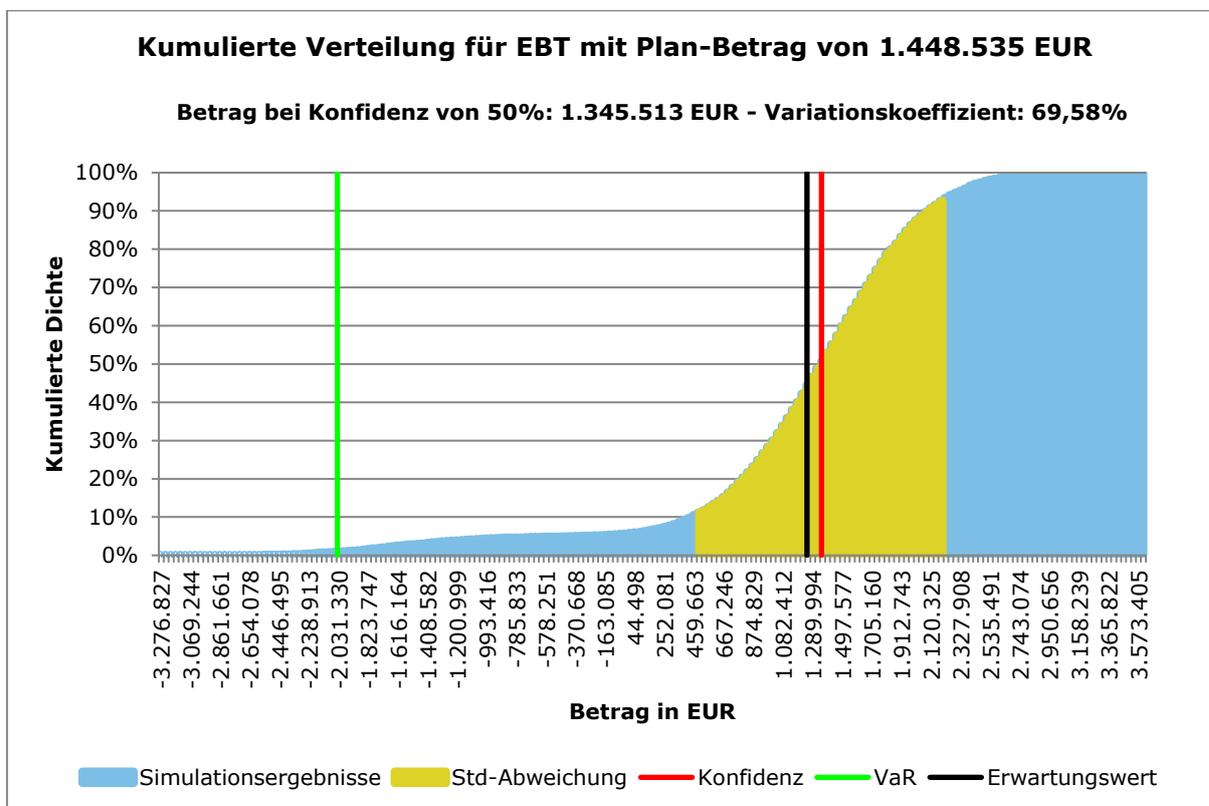


Abbildung 6: Kumulierte Häufigkeiten

Die grüne vertikale Linie gibt den sog. VaR, die rote vertikale Linie das Ergebnis für das Konfidenzniveau an, die schwarze das Ergebnis des Erwartungswertes (arithmetisches Mittel). Der VaR-Schwellenwert und das Konfidenzniveau können im Simulations-Dialog angegeben werden.

In beiden Grafiken werden die Planwerte der zugeordneten Plan-Positionen (Unterpositionen) angezeigt,

3.1.3.2 Erwartungswert und Standardabweichung im Modell

Im Modell selbst werden rechts neben den Planwerten die berechneten Erwartungswerte und die zugehörigen Standardabweichungen ausgegeben. Der Erwartungswert einer Zufallsvariable beschreibt die Zahl, die die Zufallsvariable im Mittel annimmt. Hat eine Unterposition kein zugewiesenes Risiko, so entspricht der Erwartungswert dem Planwert und die Standardabweichung ist 0. Die Erwartungswerte und Standardabweichungen der Unterpositionen werden vom Tool für die zugehörigen Haupt- und Ergebnispositionen hochgerechnet.

3.1.3.3 Zusammenfassende Ausgabe

Die zusammenfassende Ausgabe zu einer simulierten Position wird links oben im Modell ausgegeben. Die zusammenfassende Ausgabe unterscheidet sich für die Modelltypen GuV, Projektverzögerung und Projektplanung. In folgender Abbildung wird die Ausgabe für den Modelltyp GuV gezeigt.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Position EBT							
2	Planwert:	1.448.535 €		Wahrscheinlichkeit	Differenz (abs)	Differenz (%)	Variations-Koeffizient:	0,70
3	Wert bei Konfidenz 50%:	1.345.513 €	50,00%	-103.022 €	-7,11%		Std-Abweichung:	865.723,95
4	Wahrscheinlichster Wert:	1.428.383 €	54,07%	-20.152 €	-1,39%		Schiefe:	-1,73
5	Erwartungswert:	1.244.237 €	43,37%	-204.298 €	-14,10%		Wölbung:	7,51
6	Value At Risk:	-2.031.330 €	1,00%	-3.479.865 €	-240,23%			

Abbildung 7: Zusammenfassung der Simulation

- 1. Zeile:
 - » Name der Position, die im Simulations-Dialog ausgewählt wurde
- 2. Zeile: Planwert der Position, die im Simulations-Dialog ausgewählt wurde
- 3. Zeile: simulierte Werte beim Konfidenz-Niveau, wie es im Simulations-Dialog definiert wurde (hier in der Abbildung). Wie auch in den folgenden Zeilen gibt es noch folgende Spalten:
 - » **Wahrscheinlichkeit:** gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit die berechneten Werte oder darunter erreicht werden können
 - » **Differenz:** berechneter minus Plan-Wert
 - » **Differenz (%):** Angabe der Differenz in Prozent
- 4. Zeile: Wahrscheinlichster Wert: Ergebnis mit der größten Häufigkeit
- 5. Zeile: Erwartungswert: Ergebnis bei der Häufigkeit mit dem arithmetischen Mittel
- 6. Zeile: Value at Risk:
- Statistische Parameter:
 - » **Variations-Koeffizient:** dieser errechnet sich aus der Standardabweichung der Dichteverteilung dividiert durch den Erwartungswert der Verteilung. Je kleiner der Wert ist, desto symmetrischer ist die Verteilung
 - » **Standardabweichung:** dieser Wert bezieht sich auf den berechneten Erwartungswert
 - » **Schiefe:** dies ist ein Kriterium, um zu prüfen, ob eine symmetrische Verteilung vorliegt, das heißt die Wahrscheinlichkeit für positive und negative Abweichungen gleich hoch sind. Da die Normalverteilung eine symmetrische Verteilung ist, hat sie eine Schiefe von null. Eine linksschiefe Verteilung hat einen negativen Wert, eine rechtsschiefe Verteilung einen positiven Wert.
 - » **Wölbung (Kurtosis):** Sie beschreibt die Wölbung der Verteilung und hat für die Normalverteilung den Wert 3. Die Wölbung bringt zum Ausdruck, wie spitz eine Verteilung zuläuft. Eine Wölbung > 3 bedeutet, dass Extremwerte in den äußerst linken und rechten Enden der Verteilung häufiger vorkommen, als es die Normalverteilung annimmt, was als „fat tails“ bezeichnet wird.

4. Modell-Typen

Über die Schaltfläche „Modell konfigurieren“ (siehe Abbildung 8) im Arbeitsblatt „Modell“ können 4 Modelltypen initialisiert werden. Ein Modelltyp dient als Ausgangssituation einer Planung oder einer Risikobehafteten Situation. Sobald ein Modelltyp über die Auswahlliste selektiert wurde, wird das momentane Modell einschließlich der damit verknüpften Risiken gelöscht. Anschließend wird der neu gewählte Modelltyp im Arbeitsblatt „Modell“ instanziiert. Es werden keine Risiken angelegt. Die Positionen des Modells können jederzeit angepasst, gelöscht oder neue hinzugefügt werden. Hierzu sollte vornehmlich der Modell-Konfigurations-Dialog über die Schaltfläche „Modell konfigurieren“ benutzt werden. Man kann die Anpassungen zwar auch manuell durchführen, jedoch sollte man dabei auf folgende Situationen aufpassen:

- Löschen einer Positionen: wenn mit der Position Risiken verknüpft sind, dann müssen auch diese Risiken gelöscht werden.
- Verschieben einer Position: die Positionsnummern müssen manuell angepasst werden.
- Einfügen einer Position: auch hier müssen die Positionsnummern manuell angepasst werden.

All diese manuell nötigen Anpassungen werden bei Benutzen des Modell-Konfigurations-Dialogs automatisch durchgeführt.

Hinweis: wenn man das bisherige Modell samt Risiken später wieder benutzen möchte, so sollte man dieses Szenario zuvor speichern (siehe hierzu Kap. 3.1.2, Absatz „Schaltfläche „Szenario speichern““)

Abbildung 8: Auswahl eines vordefinierten Modell-Typs

4.1 GuV

Das instanziierte Template stellt eine GuV nach dem Gesamtkostenverfahren dar. Alle Unter-, Haupt- und Ergebnis-Positionen wurden mit Beispiel-Planwerten (in Spalte D) versehen. Die Planwerte können jederzeit manuell direkt im Arbeitsblatt verändert werden; hierzu muss nicht der Modell-Konfigurations-Dialog benutzt werden.

Wichtiger Hinweis: Bei Einfügen einer Position müssen die Summenformeln einer betroffenen Ergebnis-Position (in Spalte D) angepasst werden.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Position EBT							
2	Planwert:	1.448.535 €	Wahrscheinlichkeit	Differenz (abs)	Differenz (%)	Variations-Koeffizient:	0,70	
3	Wert bei Konfidenz 50%:	1.345.513 €	50,00%	-103.022 €	-7,11%	Std-Abweichung:	865.723,95	
4	Wahrscheinlichster Wert:	1.428.383 €	54,07%	-20.152 €	-1,39%	Schiefe:	-1,73	
5	Erwartungswert:	1.244.237 €	43,37%	-204.298 €	-14,10%	Wölbung:	7,51	
6	Value At Risk:	-2.031.330 €	1,00%	-3.479.865 €	-240,23%			
7								
8								
9				Plan	Erwartungswert	Std-Abweichung		
10	1	1.1	Ertrag	16.000.000 €	15.716.069 €	1.163.410 €		
11		1.2	Umsatzerlöse	16.000.000 €	15.716.069 €	1.163.410 €		
12		1.3	andere aktivierte Eigenleistungen	0 €	0 €	0 €		
13		1.4	sonstige betriebliche Erträge	0 €	0 €	0 €		
14	2	2.1	Materialaufwand	-6.868.000 €	-6.766.110 €	392.601 €		
15		2.2	Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe und für bezogene Waren	-6.868.000 €	-6.766.110 €	392.601 €		
16		2.3	Aufwendungen für bezogene Leistungen	0 €	0 €	0 €		
17	=		Rohergebnis	9.132.000 €	8.949.959 €	815.027 €		

Abbildung 9: neu angelegtes GuV-Modell

4.2 Projektverzögerung

Dieses Modell besteht lediglich aus einer Unter- und Haupt-Position. Zweck des Modells ist es, für ein Projekt die Gesamt-Risikosituation in Form von Verzögerungen zu simulieren. Im Zuge der Instanziierung des Modells „Projektverzögerung“ wird der Benutzer mit folgendem Dialog zu einer Grundkonfiguration aufgefordert.

ESG Consulting GmbH: Projektverzögerung ✕

Projekt-Name:

Projekt-Start:

Geplantes Projekt-Ende:

Dauer des Projekts (Tage):

Abbildung 10: Konfiguration einer Projektverzögerung bei Instanziierung des Modells

Der Projekt-Start muss immer vor dem Projekt-Ende liegen. Ein Datum muss immer in dem Format DD.MM.YYYY angegeben werden. Gibt der Benutzer ein geplantes Projekt-Ende Datum an, wird die Dauer des Projektes berechnet und in dem letzten Text-Feld ausgegeben. Gibt der Benutzer jedoch die Dauer des Projektes (in Tagen) an, dann wird das geplante Projekt-Ende-Datum berechnet und in dem entsprechenden Text-Feld ausgegeben.

Gibt man in einem Datums-Feld ein falsches Datum (z.B. 31.04.2020) ein, so wird der Benutzer darauf hingewiesen:

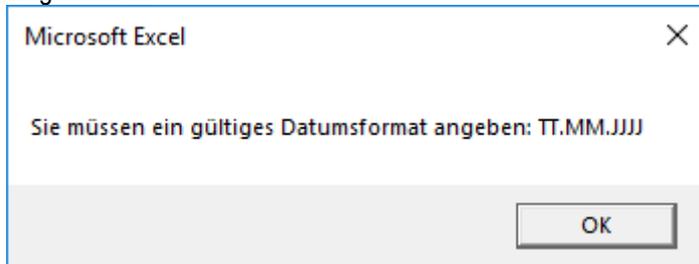


Abbildung 11: Eingabe eines falschen Datums

Mit „Abbrechen“ wird der gesamte Instanzierungs-Prozess abgebrochen; die bisherige Planung (Modell mit Risiken) wird nicht gelöscht und steht somit weiterhin zur Verfügung.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Position Call-Center-Pilot		Variations-Koeffizient:	10,61%	Std-Abweichung:	52,48	Schiefe:	0,59	Wölbung:	3,59
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:	27.03.2019	80,00%		535	383	209	64,25%		
5	Wahrscheinlichstes Projekt-Ende:	31.01.2019	42,45%		480	344	154	47,31%		
6	Erwartetes Projekt-Ende:	14.02.2019	55,19%		495	354	169	51,74%		
7										
8										
9				Plan	Erwartungswert	Std-Abweichung				
10	1	1.1	Call-Center-Pilot		326	495	52			
11		1.2	Call-Center-Pilot		326	495	52			

Abbildung 12: neu angelegtes Projekt-Verzögerungs-Modell

Die Felder „Projekt-Start“ und „Projekt-Ende“ (Zellen C2 und D2) können jederzeit manuell angepasst werden. Alle weiteren Felder im Ausgabebereich sind berechnete Felder.

4.3 Projektplanung

Dieses Modell ist das „komplexeste“ Modell der 4 Varianten. Die Merkmale des Projektplanungsmodells sind:

- Es kann eine Forward-Planung durchgeführt werden.
 - » Ein Start-Datum kann in Abhängigkeit zu einem Ende-Datum einer anderen Position gesetzt werden.
 - » Hierzu dienen die Werte in Spalte I (z.B. =ZELLE("adresse";D11)).
 - » Ein Offset (Anzahl Tage) zu diesem Ende-Datum kann in Spalte H gesetzt werden. Das Offset kann positive und negative ganze Zahlen besitzen.
- Einheiten: Einheiten werden zur Berechnung von Kosten verwendet.
 - » Anzahl Einheiten (z.B. Anzahl Personen, die an der Position arbeiten sollen) können angegeben werden.
 - » Kosten pro Einheit (z.B. Tagessatz) können gesetzt werden.
- Berechnete Plan Felder (grün und blau markierte Spalten):

- » Start-Datum: wenn eine Abhängigkeit zu einem Ende-Datum gesetzt wurde, dann wird die Formel „=INDIREKT(I13)+H13“ in Spalte D für die jeweilige Position hinterlegt.
- » Plan-Dauer: Die geplante Dauer in Abhängigkeit von Start- und Ende-Datum wird in Spalte J berechnet.
- » Aufwand Arbeitstage: in Abhängigkeit von Start- und Ende-Datum werden die Anzahl Arbeitstage durch die Formel „=NETTOARBEITSTAGE(D11;E11)+1“ berechnet.
- » Kosten: mit Hilfe der Arbeitstage, der Anzahl und Kosten je Einheit werden die Kosten für die Position berechnet.
- Berechnete Simulations-Ergebnisse (orange markierte Spalten):
 - » Im Modell werden die simulierten Erwartungswerte (arithmetisches Mittel) ausgegeben:
 - » Start- und Ende-Datum
 - » Dauer in Tagen
 - » Aufwand in Arbeitstagen und Standardabweichung
 - » Kosten

Plan	Start-Datum	Plan	Ende-Datum	Erwartungswert (Start-Datum)	Erwartungswert (Ende-Datum)	Fortschritt	Status	Offset Tage	Offset zu Zeile	Plan (Dauer) (Tage)	Erwartungswert (Dauer) (Tage)	Kosten je Einheit	Anzahl Einheiten	Aufwand Arbeitstage	Erwartungswert Aufwand	Std. Abweichung Aufwand	Kosten	Erwartungswert Kosten
1	1.1	Teilprojekt-1	01.01.2019	31.12.2019	01.01.2019	22.01.2020				364	396			463	95	10	854.000 €	875.703 €
1.2	TP-1-WP-1	01.01.2019	31.07.2019	01.01.2019	28.08.2019	100%	Fertig			211	239	1.000,00	1,00	145	187	10	145.000 €	166.703 €
1.3	TP-1-WP-2	09.09.2019	20.12.2019	07.10.2019	22.01.2020	40%	In Arbeit	40	SE\$11	102	107	1.000,00	3,00	73	73	0	219.000 €	219.000 €
1.4	TP-1-WP-3	11.01.2019	31.12.2019	11.01.2019	02.01.2020	40%	In Arbeit	10	SD\$11	854	356	1.000,00	2,00	245	245	0	490.000 €	490.000 €
2	2.1	Teilprojekt-2	07.08.2019	31.07.2020	04.09.2019	02.03.2020				177	180			114	53	0	197.000 €	197.000 €
2.2	TP-2-WP-1	07.08.2019	31.10.2019	04.09.2019	29.11.2019	60%	In Arbeit	7	SE\$11	85	84	1.000,00	1,00	61	61	0	61.000 €	61.000 €
2.3	MS_TP2	31.10.2019	31.10.2019	29.11.2019	29.11.2019	0%	Offen	0	SE\$15	0	0	0,00	0,00	0	0	0	0 €	0 €
2.4	TP-2-WP-2	14.11.2019	31.01.2020	13.12.2019	02.03.2020	0%	Offen	14	SE\$15	78	80	1.000,00	2,00	53	53	0	106.000 €	106.000 €
-	1	Projekt-Geplantes	01.01.2019	31.07.2020	02.01.2019	02.03.2020				399	426			377	95	10	1.023.000 €	1.042.703 €

Abbildung 13: Projektplanungs-Modell nach der Instanziierung

Das Einfügen, Verschieben und Löschen von Positionen sollte unbedingt über den Modell-Konfigurations-Dialog durchgeführt werden, da einige der Zellen mit Formeln hinterlegt und somit teilweise angepasst werden müssen.

4.3.1 Einfügen einer Position

Über die Schaltfläche „Modell konfigurieren“ kommt man zum Modell-Konfigurations-Dialog. Zuerst bestimmt man, wo die Position eingefügt werden soll (siehe Abbildung 14).

Position Einfügen

Titel:

HP:

Positions-Typ: Meilenstein Unterposition Hauptposition Ergebnis

davor danach

Abbildung 14: Einfügen einer Projektplan-Unterposition

Handelt es sich bei der einzufügenden Position um eine Unterposition oder einen Meilenstein, dann wird nach Betätigen der Schaltfläche „Position einfügen“ ein weiterer Dialog zum Konfigurieren der neuen Position (siehe Abbildung 15). Wird der Positionstyp „Meilenstein“ verwendet, dann wird dies in dem folgenden Dialog rot-markiert angezeigt. Die Dauer des Arbeitspaketes muss auf 1 bleiben, ansonsten wäre es kein Meilenstein.

Die Eingabeparameter des Projektplan-Eingabedialogs für den Positionstypen Unterposition bzw. Meilenstein sind:

- **Start-Datum:** Datum, wann die Position starten soll. Handelt es sich um einen Meilenstein, dann wird bei Ändern dieses Feldes das Feld „Ende-Datum“ entsprechend angepasst.
- **Ende-Datum:** bis wann die Position laufen soll. Wird dieser Wert geändert, passt sich automatisch die nächste Eingabe-Position (Dauer des Arbeitspakets) an.
- **Dauer des Arbeitspakets:** wenn dieses Feld manuell geändert wird, passt sich das Ende-Datum entsprechend an.
- **Abstand zu Start-Datum:** Mit diesem Eingabefeld und dem Eingabefeld „Abstand zu Datum von Zelle“ können Abhängigkeiten zu Start- bzw. Ende-Datum von einer anderen Position modelliert werden. Mit „Abstand zu Start-Datum“ wird der Offset an Tagen zu dem Start-/Ende-Datum der gewählten Zelle angegeben. (Bsp.: Position y fängt 10 Arbeitstage nach Fertigstellung des Arbeitspakets x an).
- **Abstand zu Datum von Zelle:** Hier muss der Schaltknopf „Datum-Zelle wählen“ betätigt werden. Es öffnet sich ein kleiner Dialog, in welchem man entweder die Zelle (z.B. D13) angeben kann, oder man klickt mit der Maus auf die Zelle, von welcher das Start-Datum der aktuellen Position abhängig ist. Es kann immer nur entweder eine Plan-Start-Datumszelle (Spalte D) oder eine Plan-Ende-Datumszelle (Spalte E) angeklickt werden.
- **Anzahl Einheiten:** hiermit gibt man an, wie viele z.B. Personen bzw. FTEs an einem Arbeitspaket arbeiten (es werden auch nichtganzzahlige Zahlen angenommen).
- **Kosten pro Einheit:** Tagessatz einer Person (im Durchschnitt)
- **Fortschritt:** hiermit kann der Fortschritt eingegeben werden (dies kann auch direkt im Excel-Tabellenblatt „Modell“ an der entsprechenden Position in Spalte H eingegeben werden).
- **Status:** Es gibt die drei Wahlmöglichkeiten „Offen“, „In Arbeit“ und „Fertig“.

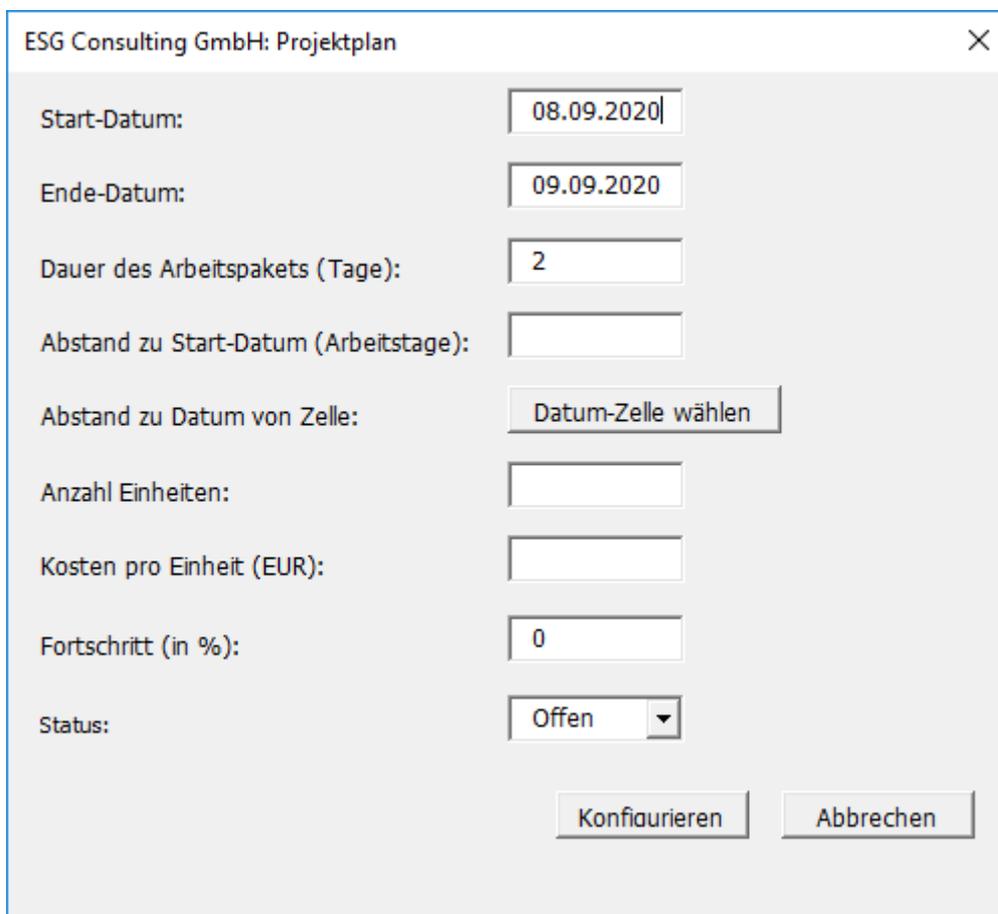


Abbildung 15: Konfigurieren einer neuen Projektplan-Unterposition oder eines Meilensteins

Mit Betätigen der Schaltfläche „Abbrechen“ wird der Prozess zum Einfügen einer Position abgebrochen. Dies ist öfters sinnvoll, da der Modell-Konfigurations-Dialog“ über einer noch auszuwählenden Zielzelle im Modell liegt. Nachdem man den Prozess abgebrochen hat, kann man den nicht-modalen Modell-Konfiguration-Dialog (z.B. nach rechts) verschieben, um somit bei der Konfiguration der neuen Position eine Ziel-Zelle auswählen zu können. Mit der Schaltfläche „Datum-Zelle wählen“ kann die Zelle „Start-Datum“ oder „Ende-Datum“ einer Vorgänger Planposition ausgewählt werden.

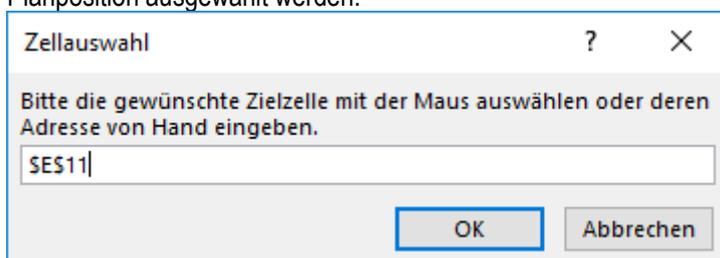


Abbildung 16: Auswahl eines Datums einer Vorgänger-Position

Nach Betätigen der OK-Taste wird die neue Position eingefügt und die Formeln wurden entsprechend angepasst.

4.4 Flexibel

Mit diesem Modell lassen sich Positionen mit unterschiedlichen Maß-Einheiten so simulieren. Gleichzeitig können zu diesen Positionen Berechnungen via Excel-Formeln in der jeweiligen Zeile angegeben werden, um auf andere Maßeinheiten umzurechnen. Daher besteht das Modell aus zwei Spaltenbereichen:

- a) Der Planwert, auf welchen die Risiken wirken
- b) Der berechnete Wert: aus den simulierten Planwerten werden je Simulationsschritt die dort hinterlegten Formeln angewandt, um somit die simulierten Werte der jeweils gewünschten Maßeinheiten zu erhalten.

Mit Wechsle auf das Modell „Flexibel“ wird ein Anfangs-Szenario im Arbeitsblatt „Modell“ erstellt.

		Titel Position	Plan	Erwartungswert	Std-Abweichung	Einheit	Titel Kalkulierte Position	Plan	Erwartungswert	Std-Abweichung	Einheit
1	1.1	Ertrag	0,00								

Abbildung 17: Anfangsmodell für "Flexibel"

Zu den gewünschten Umrechnungen können nach den vordefinierten Spalten beliebig viele weitere Spalten hinzugefügt werden, die eben für die Berechnung auf die gewünschte Maßeinheit benötigt werden. Die in den Spalten G und L hinterlegten Einheiten werden benutzt, um diese in den Diagrammen und in der Zusammenfassung zu verwenden.

5. Risiken

Bei Anwendung der Monte-Carlo-Simulation im Rahmen des Risikomanagements werden zunächst die Risiken bzw. die durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschriebenen Wirkungen der Einzelrisiken den entsprechenden Positionen des Modells zugeordnet und somit mit einer Zielgröße verknüpft. Einer Position können mehrere Risiken zugewiesen werden.

Unter Simulationsgesichtspunkten lassen sich Risiken generell in verteilungs- und in ereignisorientierte Risiken unterscheiden.

Verteilungsorientierte Risiken treten mit einer Wahrscheinlichkeit von 100% auf und können als Schwankungsbreite um einen Planwert bzw. eine Zielgröße modelliert werden (z.B. das Umsatzrisiko). Die Verteilungsfunktion beschreibt dann meist die monetären Auswirkungen des Risikos z.B. in einem Jahr und integriert damit die Häufigkeit des Eintretens und die Höhe der Auswirkungen des Risikos. Für die Schadenhöhenverteilung kommen in erster Linie stetige Modelle infrage, bei denen die Verteilung also durch eine sog. Dichtefunktion $f(x)$ beschrieben wird.

Dagegen treten ereignisorientierte Risiken (z.B. Zusatzkosten durch einen Maschinenausfall oder Ausfall eines Schlüsselkunden) nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit, d.h. von 0 bis 100% auf und beeinflussen die jeweilige Zielgröße nur im Falle ihres Eintritts mit einer Bandbreite des Schadensausmaßes.

5.1 Verteilungen

5.1.1 Wahrscheinlichkeiten

Wahrscheinlichkeiten werden mit Zahlen zwischen 0 und 1 angegeben. Oftmals wird in der Umgangssprache auch von z.B. einer 50% Wahrscheinlichkeit für ein bestimmtes Ereignis A gesprochen, besser ist von $P(A)=0,5$ zu sprechen.

Das Sichere Ereignis S, welches alle möglichen Ergebnisse eines Zufallsexperiments umfasst, hat die Wahrscheinlichkeit $P(S)=1$.

Die Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen, die nicht gleichzeitig auftreten, können addiert werden.

Beispiel Münzwurf:

Wahrscheinlichkeit Kopf: $P(\text{Kopf})=0,5$

Wahrscheinlichkeit Zahl: $P(\text{Zahl})=0,5$

Bei einem Münzwurf kann nur entweder Kopf oder Zahl geworfen werden, die beiden Ereignisse treten nie gleichzeitig auf. Die Wahrscheinlichkeit Kopf oder Zahl zu werfen ist $P(\text{Kopf oder Zahl})=0,5+0,5=1$

Häufig ist es nicht gewünscht oder möglich, für jedes mögliche Ereignis eine Wahrscheinlichkeit anzugeben. Stattdessen werden die Zufallsprozesse durch funktionale Zusammenhänge beschrieben. Hierbei sind verschiedene Darstellungsarten möglich (Verteilungsfunktion, Wahrscheinlichkeits- oder Dichtefunktion).

5.1.2 Dichtefunktion

Bei stetigen Verteilungen kann eine Dichtefunktion (Notation: $f(x)$) angegeben werden. Sie ist das Analogon zur Wahrscheinlichkeitsfunktion bei diskreten Wahrscheinlichkeiten. Allerdings können ihre Werte nicht als Wahrscheinlichkeit interpretiert werden. Schließlich ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Maschine nach genau 5,4646645464... ausfällt immer null.

Bei Dichtefunktionen müssen alle Werte positiv sein, es können aber durchaus Werte größer als 1 auftreten. Notwendig ist, dass das Integral über den gesamten Definitionsbereich der Funktion 1 ergibt. Das Integral der Dichtefunktion ist die Verteilungsfunktion.

5.1.3 Verteilungsfunktion

Verteilungsfunktionen der Zufallsvariable x werden $F(x)$ gekennzeichnet. Sie geben an, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass die Zufallsvariable einen Wert gleich oder kleiner als x annimmt. Verteilungsfunktionen müssen Werte zwischen 0 und 1 annehmen und monoton steigend sein, d.h. sie gehen immer nach oben oder bleiben auf der gleichen Höhe.

5.2 Konfigurationsmöglichkeiten von Risiken

Die Risiken werden im Tabellenblatt „Risiken“ verwaltet. Dort können Risiken eingefügt, gelöscht und konfiguriert werden.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Risiko einfügen		Risiko löschen	Risiko konfigurieren			
2	Nr	Status	Risiko	Bezieht sich	Diskrete Verteilung	Auswirkungsfunktio	1. Auswirkung
3	1	ON	Absatzmengenschwankung	1.2	Normalverteilung		16.000.000,00
4	2	ON	Großkundenverlust	1.2	Diskrete Verteilung		-5.600.000,00
5	3	ON	Wechselkursrisiko	1.2	Normalverteilung		4.800.000,00
6	4	ON	Personalkostenschwankung	3.2	Gleichverteilung	Gleichverteilung	0,00

Abbildung 18: Verwaltung der Risiken

In der ersten Zeile befinden sich die 3 Optionen, wie mit Risiken umgegangen werden kann.

Die zweite Zeile dient als Überschrift für die Spalten der Risiken. In den folgenden Zeilen werden die Risiken verwaltet. Lediglich der Name eines Risikos (Spalte 3) kann bzw. sollte manuell geändert werden. Die Werte aller anderen Spalten sollten über eine der drei Optionen „Risiko einfügen“, „Risiko löschen“ oder „Risiko konfigurieren“ verwaltet werden.

5.2.1 Risiko einfügen

Durch Drücken des Buttons „Risiko einfügen“ wird der folgende Dialog geöffnet.

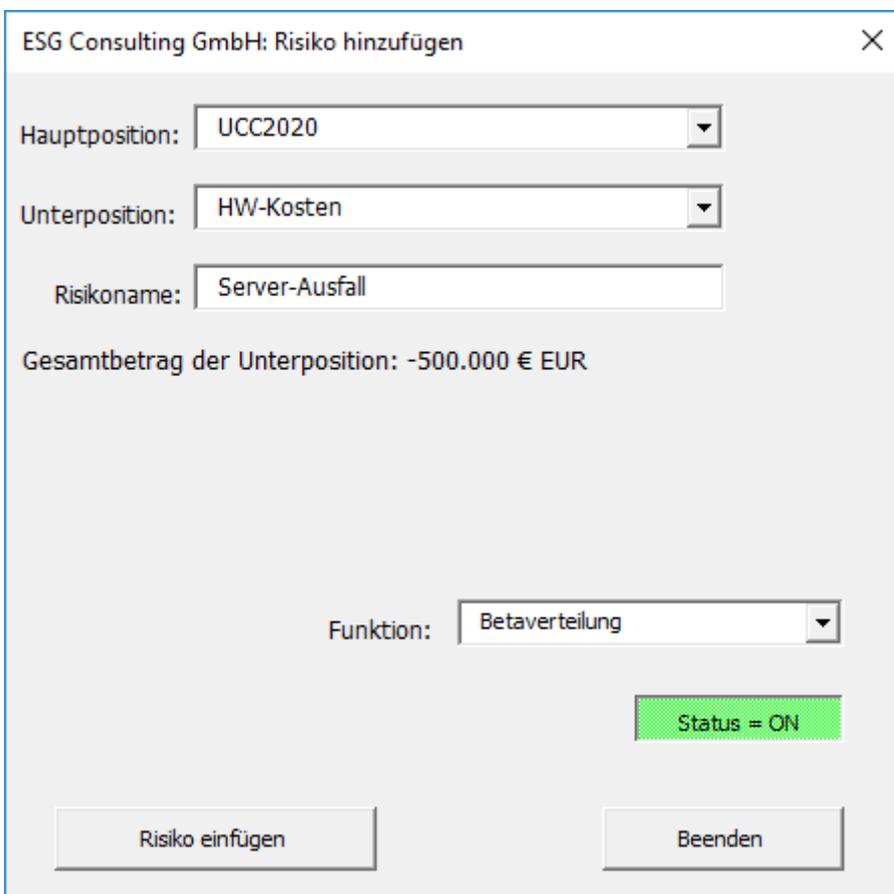


Abbildung 19: Dialog zum Einfügen eines „verteilungsorientierten“ Risikos

- Drop-Down-Element „Hauptposition“: besitzt das Modell mehrere Hauptpositionen, so kann man 1 Hauptposition aus der Liste auswählen. Standardmäßig wird die erste Hauptposition aus Modell angezeigt.
- Drop-Down-Element „Unterposition“: durch Auswahl einer Hauptposition wird die erste zu der Hauptposition gehörige Unterposition angezeigt. Besitzt eine Hauptposition mehrere Unterpositionen, so werden diese in der Liste angezeigt. Es kann eine beliebige Unterposition aus der Liste selektiert werden.
- Text-Box „Risiko name“: Hier gibt man den Namen des Risikos ein.
- Label „Gesamtbetrag der Unterposition“: hier wird der Plan-Betrag der ausgewählten Unterposition angezeigt.
- Drop-Down-Element „Funktion“: In dieser Dropbox werden alle im MC-ECO verfügbaren Verteilungsfunktionen angezeigt. Standardmäßig wird die alphabetisch erste Funktion angezeigt.
- Status: Status = On bedeutet, dass das Risiko in der Simulation berücksichtigt werden soll. Setzt man das Feld auf „Off“, wird das Risiko in der Simulation nicht berücksichtigt.

Nach Betätigen der Schaltfläche „Risiko einfügen“ wird das Risiko am Ende der Risikoliste eingefügt. Danach muss das Risiko noch konfiguriert werden (siehe Kap. 5.2.3)

5.2.2 Risiko löschen

Betätigt man den Button „Risiko löschen“, dann wird der folgende modale Dialog angezeigt. Hier muss nur die Nummer des Risikos (aus Spalte 1) eingegeben werden. Nach Eingabe der Risiko-Nummer und Betätigen des OK-Buttons wird die gesamte Zeile des Risikos mit der gegebenen Nummer gelöscht. Alle folgenden Zeilen werden um 1 Zeile nach oben geschoben. Diese Aktion kann nicht rückgängig gemacht werden.

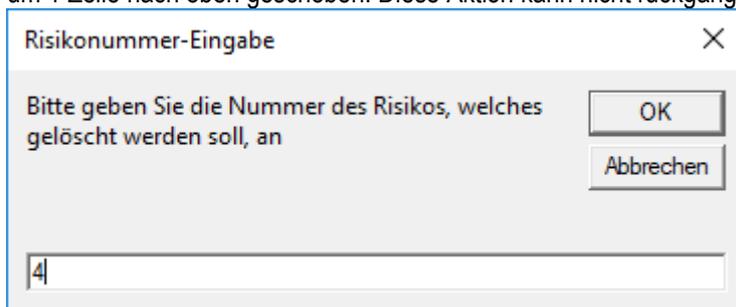
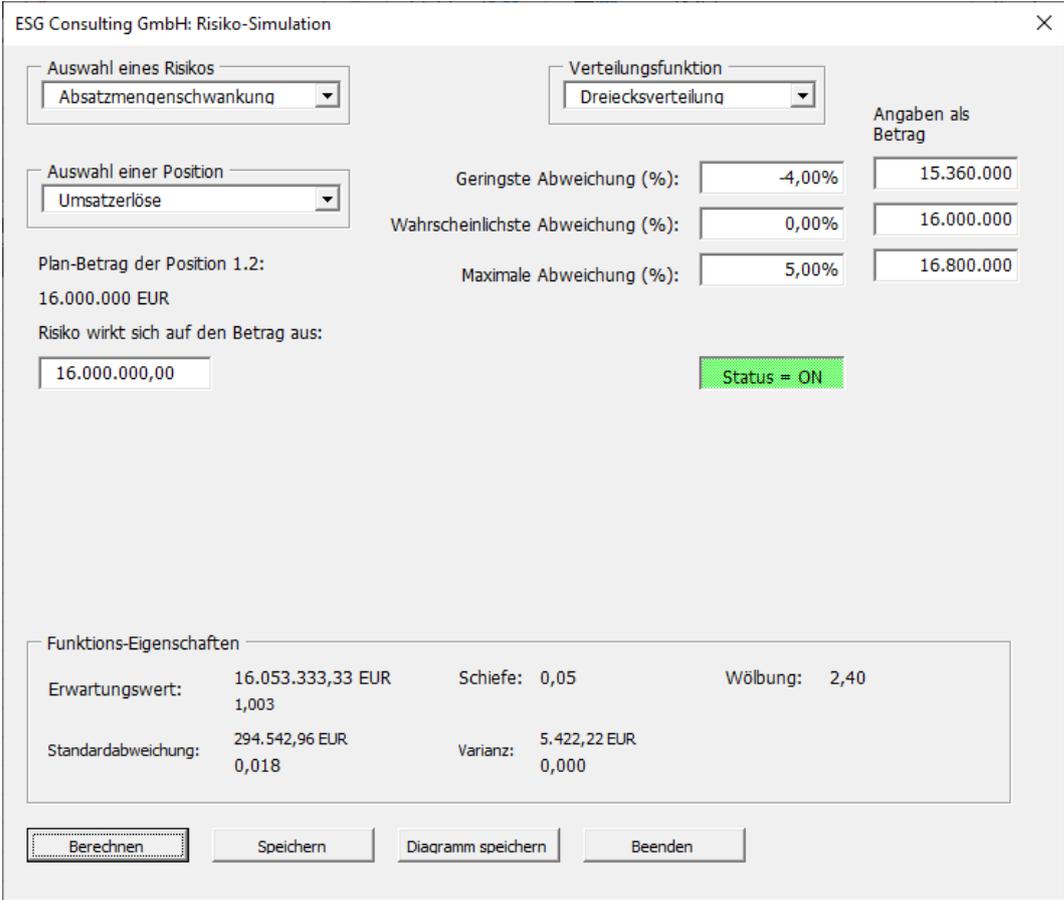


Abbildung 20: Dialog zum Löschen eines Risikos

Sollte das zu löschende Risiko in einer Korrelationsmatrix (siehe Kap. 6.1.1) enthalten sein, so wird dieses Risiko auch aus der Korrelationsmatrix gelöscht. Wenn die Korrelationsmatrix danach nur noch aus 1 Risiko besteht, wird die gesamte entsprechende Korrelationsmatrix gelöscht.

5.2.3 Risiko konfigurieren

Jedes Risiko kann mit einer entsprechenden Verteilungsfunktion und zugehörigen Parametern konfiguriert werden. Die Verteilungsfunktionen werden näher in den Kapiteln 5.3 und 5.4 beschrieben. Ereignisorientierte Risiken geben zusätzlich zu den verteilungsorientierten Risiken noch die Möglichkeit, Bandbreiten der Schadens- bzw. Chancen-Werte anzugeben.



ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos: Absatzmenschwankung

Verteilungsfunktion: Dreiecksverteilung

Auswahl einer Position: Umsatzerlöse

Plan-Betrag der Position 1.2: 16.000.000 EUR

Risiko wirkt sich auf den Betrag aus: 16.000.000,00

Status = ON

		Angaben als Betrag	
Geringste Abweichung (%)	-4,00%	15.360.000	
Wahrscheinlichste Abweichung (%)	0,00%	16.000.000	
Maximale Abweichung (%)	5,00%	16.800.000	

Funktions-Eigenschaften

Erwartungswert:	16.053.333,33 EUR 1,003	Schiefe:	0,05	Wölbung:	2,40
Standardabweichung:	294.542,96 EUR 0,018	Varianz:	5.422,22 EUR 0,000		

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 21: Dialog zum Konfigurieren eines Risikos (die Funktionseigenschaften werden erst nach „Berechnen“ angezeigt)

Dieser nicht-modale Dialog wird nach Drücken des Buttons „Risiko konfigurieren“ geöffnet. Es wird das zuletzt bearbeitete Risiko mit seiner Konfiguration angezeigt. Die Drop-Down-Elemente sind leer, wenn a) der Name des zuletzt benutzten Risikos manuell geändert wurde, oder b) wenn noch kein Risiko angelegt wurde.

- Drop-Down-Element „Auswahl eines Risikos“: Aus der Liste der verfügbaren Risiken kann hier ein Risiko ausgewählt werden. Standardmäßig wird das zuletzt konfigurierte Risiko angezeigt.
- In diesem Element stehen, unabhängig von einer Hauptposition, alle Unterpositionen zur Verfügung.
- Label „Plan-Betrag der Unterposition“ mit der gegebenen Nummer: hier wird der Plan-Betrag der gewählten Unterposition angezeigt.
- Drop-Down-Element „Verteilungsfunktion“: in dieser Liste stehen alle in MC-ECO verfügbaren Verteilungsfunktionen zur Verfügung. Bei Öffnen des Dialogs wird hier immer die Verteilungsfunktion angezeigt, die zuletzt dem angezeigten Risiko zugewiesen wurde.
- Text-Box „Risiko wirkt sich auf Betrag aus“: wenn ein Risiko nicht auf den gesamten Plan-Betrag wirkt, dann kann man hier den Betrag eingeben, auf welchen das Risiko wirkt. Die Funktionsparameter-Text-Boxen (nächster Aufzählungspunkt) werden entsprechend angepasst. Ein Beispiel wäre: Der Umsatz von 16.000.000 EUR setzt sich aus 12.000.000 EUR Umsatz in der EU und aus 4.000.000 EUR Umsatz in

den USA aus. Bei einem Wechselkursrisiko würde sich das Risiko nur auf den Umsatz in den USA, also auf 4.000.000 EUR auswirken.

- Text-Boxen mit Funktionsparameter: Abhängig von der ausgewählten Verteilungsfunktion werden hier entweder a) die zuletzt für das Risiko konfigurierten Parameter oder b) die in MC-ECO hinterlegten Standard-Parameter einer Verteilungsfunktion angezeigt. Die Eingabe der Felder wird bei Änderung geprüft. Sollte ein Wert nicht korrekt sein (nicht-numerisch oder außerhalb von Grenzwerten), dann wird ein entsprechender Fehlerhinweis angezeigt und der zuletzt gültige Wert wieder eingefügt. Die Default-Parameter können in der Konfiguration (siehe Kap. 8.3) verändert werden. Die Parameter, die als Prozent-Werte angegeben werden, besitzen rechts neben der Text-Box eine weitere Text-Box, in welcher die in EUR umgerechneten Werte darstellen. Wenn man in diesen Text-Boxen den Wert ändert, wird der Prozent-Wert in der Funktionsparameter-Text-Box entsprechend angepasst.
- Toggle-Feld Status: On bedeutet, das Risiko wird in der Simulation berücksichtigt, bei Off wird es bei der Simulation nicht berücksichtigt.
- Hilfe-Button: Bei manchen Verteilungsfunktionen steht ein Hilfe-Button zur Verfügung. Es werden Szenarien zur Konfiguration der Parameter angezeigt, um somit eine grobe Einschätzung der Wirkung der Parameter zu bekommen.
- Button „Berechnen“: Durch Drücken des Berechnen-Buttons wird die Grafik mit der Dichte- und Verteilungsfunktion angezeigt. Der Ort der Grafik kann ebenfalls konfiguriert werden.
- Button „Speichern“: Die eingegebenen Parameter und die gewählte Verteilungsfunktion werden in der Zeile des gewählten Risikos in den entsprechenden Spalten abgelegt.
- Button „Diagramm speichern“: hiermit werden der Dialog und die zugehörige Grafik als png-File gespeichert. Ort und Name des Files werden in einem File-Dialog angegeben.
- Button „Beenden“: Hiermit kann man den Dialog schließen.

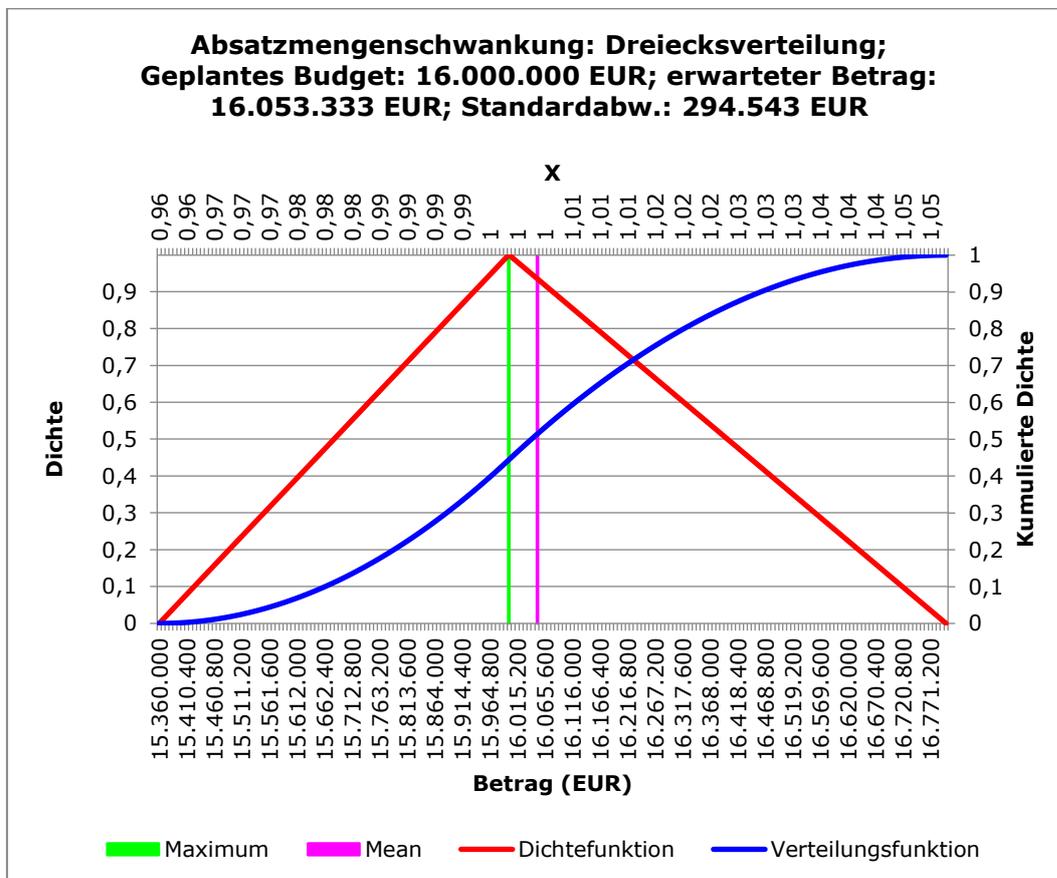


Abbildung 22: Grafik mit Dichte- und Verteilungsfunktion

In der Grafik werden immer folgende Angaben ausgegeben:

- Im Titel:
 - » Name des Risikos
 - » Verteilungsfunktion
 - » Planwert der zugehörigen Unterposition
 - » Der wahrscheinlichste Betrag (beim Maximum) für die Dichtefunktion
 - » Der theoretische Erwartungswert als Betrag
 - » Standardabweichung als Betrag
- In der Grafik:
 - » Dichtefunktion (rote Linie)
 - » Verteilungsfunktion (kumulierte Dichte, blaue Linie)
 - » Vertikale Linien:
 - Betrag beim Maximum der Dichtefunktion
 - Mittelwert der Dichtefunktion, entspricht 50% bei der kumulierten Dichte

Ereignisorientierte Risiken haben noch die Eingabemöglichkeit einer Bandbreite der Schadens- oder Chancen-Höhe. Die Dichtefunktion der Bandbreite kann aus einer Liste ausgewählt werden. Die Parameter der Bandbreite werden im Bereich „Schadensausmaß“ angezeigt und können dort konfiguriert werden.

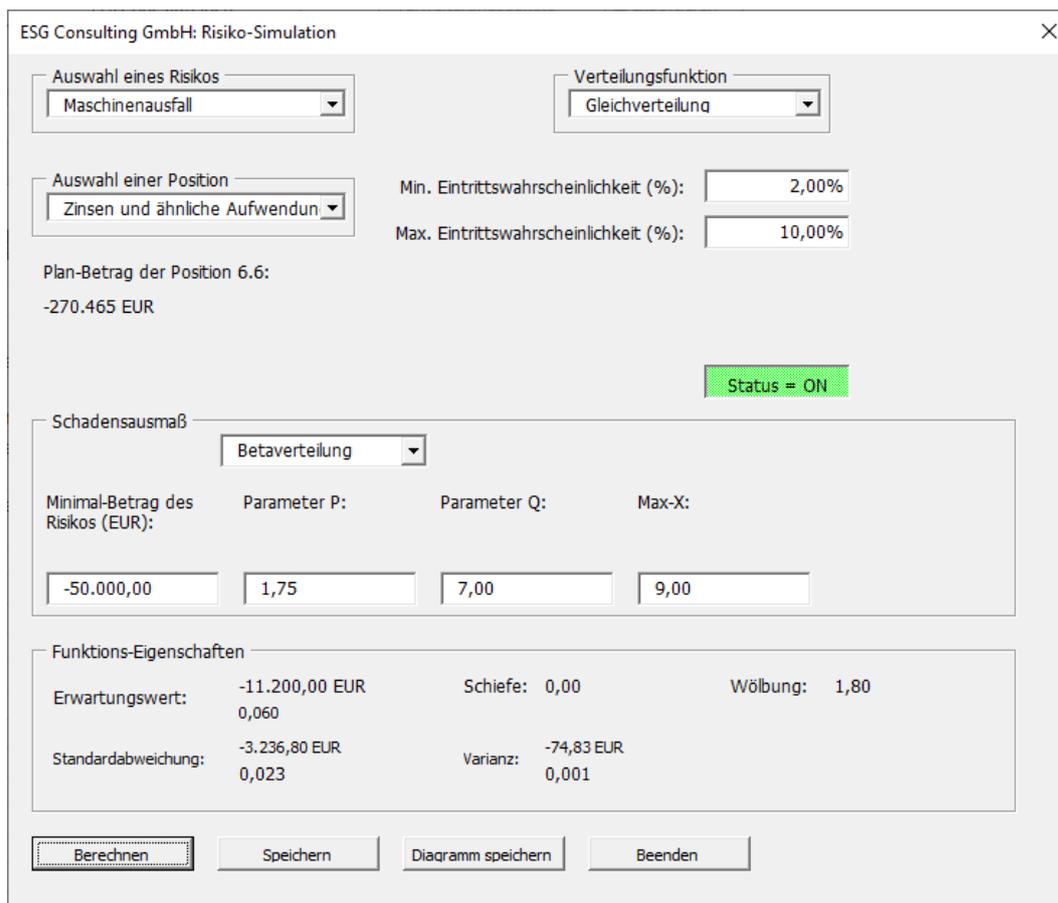


Abbildung 23: Dialog zum Konfigurieren eines „Ereignisorientierten“ Risikos

Die Verteilungsfunktion (in Abbildung 23) bestimmt die Funktion der Eintrittswahrscheinlichkeit, wohingegen die Funktion im Bereich „Schadensausmaß“ die Auswirkungs-Dimension beschreibt.

Ein Sonderfall besteht in dem Fall, dass als Schadenfunktion eine Dreiecksfunktion gewählt wird.

ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos: Maschinenausfall

Verteilungsfunktion: Gleichverteilung

Auswahl einer Position: Zinsen und ähnliche Aufwendun

Min. Eintrittswahrscheinlichkeit (%): 2,00%

Max. Eintrittswahrscheinlichkeit (%): 10,00%

Plan-Betrag der Position 6.6: -270.465 EUR

Status = ON

Schadensausmaß: Dreiecksverteilung

Wahrscheinlichster Betrag des Risikos (EUR):	Minimal-Betrag des Risikos (EUR):	Maximal-Betrag des Risikos (EUR):
-50.000,00	0,00	0,00

Funktions-Eigenschaften

Erwartungswert:	-4.000,00 EUR 0,060	Schiefe: 0,00	Wölbung: 1,80
Standardabweichung:	-1.156,00 EUR 0,023	Varianz: -26,73 EUR 0,001	

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 24: Sonderfall Dreiecksfunktion als Schadensfunktion

Wird der Minimal- und der Maximal-Betrag auf 0 gesetzt, so wird ein gleichverteilter Schadenswert (und keine Bandbreite) verwendet.

Im Falle einer Ereignisorientierten Dichtefunktion wird eine 2. Grafik mit der Dichte- und Verteilungsfunktion der Schadensfunktion angezeigt:

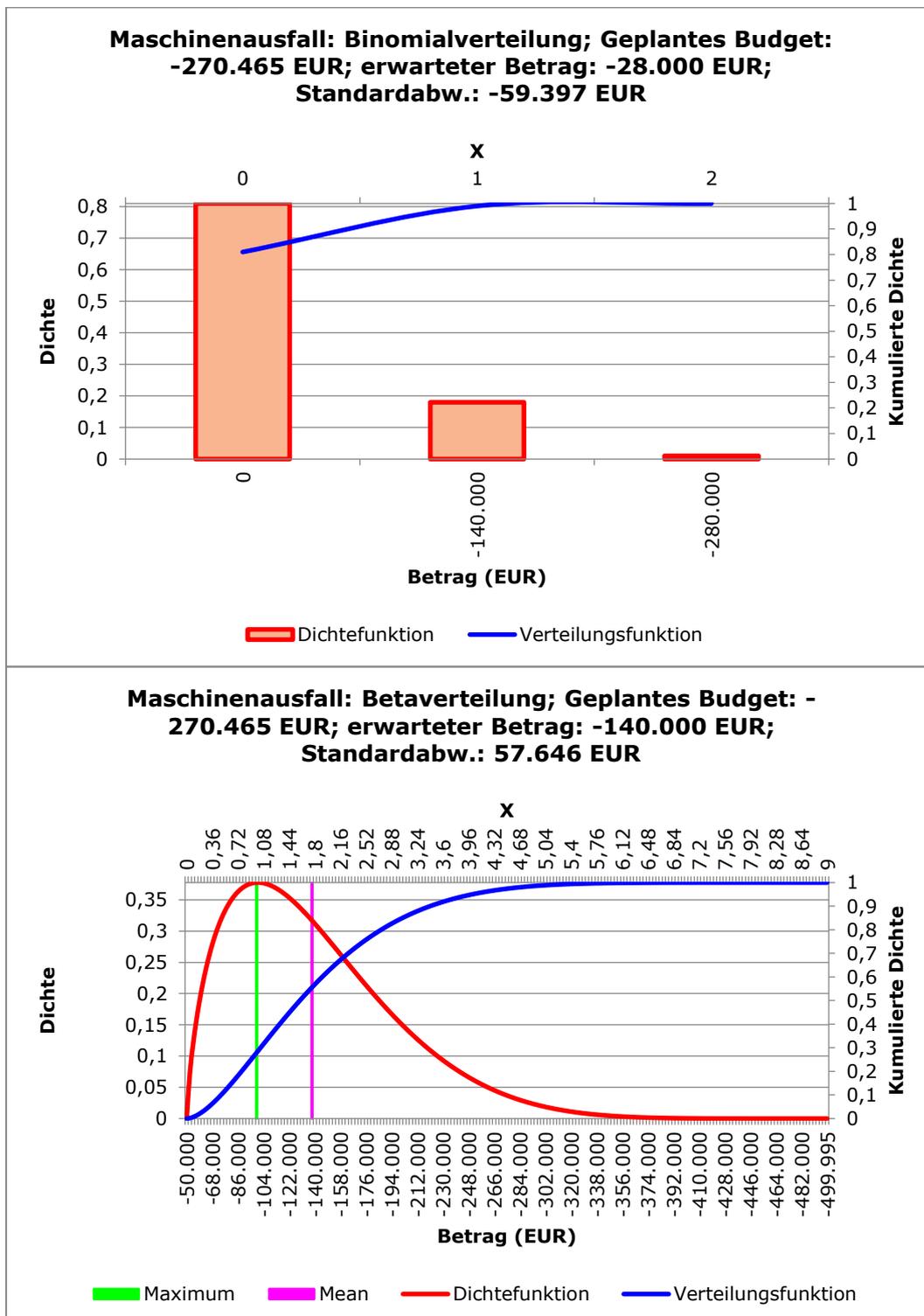


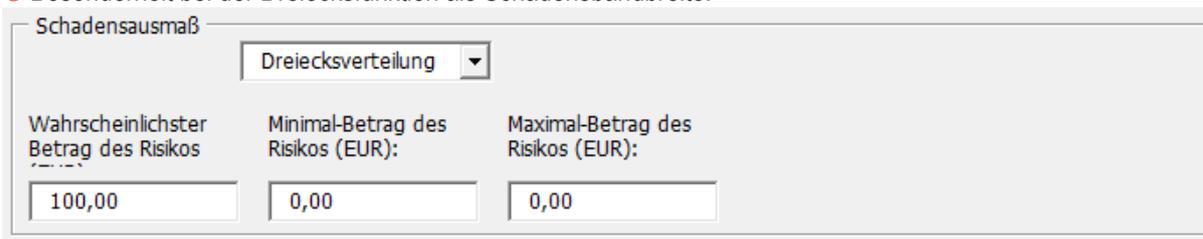
Abbildung 25: Grafische Ausgabe bei ereignisorientierten Risiken

5.3 Ereignisorientierte Risiken

Bei ereignisorientierten Risiken kann man näherungsweise davon ausgehen, dass das entsprechende Risiko genau einmal in einer Zeitperiode (z.B. Jahr) mit der Wahrscheinlichkeit p eintritt und dann einen Schaden zur Konsequenz hat. Typische Anwendungsfälle sind der Verlust eines Schlüsselkunden, der Brand in einer Fabrik oder der Ausfall einer kritischen Maschine. Ereignisorientierte Risiken sind damit **entweder** „Chance“ **oder** „Gefahr“ – aber nicht beides zugleich. Kann ein Ereignis mehr als einmal innerhalb einer Zeitperiode eintreten, benötigt man dagegen die Poisson-Verteilung oder eine allgemeine Binomialverteilung ($n > 1$).

Ereignisorientierte Risiken können neben der Wahrscheinlichkeit mit einer Schadensbandbreite in Form von stetigen Verteilungsfunktionen und mit einer Gleichverteilung modelliert werden. Bei Eingabe negativer Beträge wird das Schadensausmaß von der Zielposition abgezogen, bei positiven Beträgen wird das Chancenausmaß zur Zielposition dazu addiert.

 Besonderheit bei der Dreiecksfunktion als Schadensbandbreite:



Schadensausmaß		
Dreiecksverteilung		
Wahrscheinlichster Betrag des Risikos	Minimal-Betrag des Risikos (EUR):	Maximal-Betrag des Risikos (EUR):
100,00	0,00	0,00

Abbildung 26: Schadensausmaß nicht als Bandbreite, sondern als 1 Wert

Wenn nur das Feld mit dem wahrscheinlichsten Betrag einen Wert $\neq 0$ hat, dann wird anstelle einer Schadensbandbreite nur dieser einzige Betrag als Schadensausmaß benutzt.

 Zu beachten beim Modellierungstyp „Projektverzögerung“:

Da Simulations-Ergebnisse ereignisorientierter Risiken zu den jeweiligen Unterpositionen hinzuaddiert werden, muss bei dem Schadensausmaß der ereignisorientierten Risiken der Betrag der Verzögerung angegeben werden und nicht der Betrag der Projekt-Dauer. Wenn z.B. die Projektdauer 100 Tage beträgt, mit einem Ereignisorientierten Risiko eine Verzögerung von ca. 30 Tagen gerechnet wird, dann muss solch ein Betrag im Schadensausmaß angegeben werden.

5.3.1 Gleichverteilung

Ein sehr einfaches Verteilungsmodell ist die Gleichverteilung (uniforme Verteilung) auf dem Intervall $[a; b]$. Zum Zwecke der Schadenmodellierung ist dabei $a \geq 0$ (oft $a = 0$). Die Gleichverteilung ist ein einfaches Modell für Kleinschäden mit vorgegebener Obergrenze b , wie sie z.B. in der KFZ-Kasko-Versicherung vorkommen, oder für die Modellierung von Schadenquoten.

Beispiel: Bei der Planung der GuV geht man bei der Umsatzposition von einem Verlust eines oder mehrerer Schlüsselkunden mit einer Wahrscheinlichkeit von 0 bis 5% aus. Der Mindestverlust betrage -1.000.000 EUR, der wahrscheinlichste Verlust -2.500.000 EUR und der maximale Verlust -3.500.000 EUR.

ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos: Großkundenverlust

Verteilungsfunktion: Gleichverteilung

Auswahl einer Position: Umsatzerlöse

Min. Eintrittswahrscheinlichkeit (%): 0,00%

Max. Eintrittswahrscheinlichkeit (%): 5,00%

Plan-Betrag der Position 1.2:
16.000.000 EUR

Status = ON

Schadensausmaß: Dreiecksverteilung

Wahrscheinlichster Betrag des Risikos (EUR):	Minimal-Betrag des Risikos (EUR):	Maximal-Betrag des Risikos (EUR):
-2.500.000,00	-1.000.000,00	-3.500.000,00

Funktions-Eigenschaften

Erwartungswert:	-116.666,67 EUR	Schiefe:	0,00	Wölbung:	1,80
	0,025				
Standardabweichung:	-33.716,67 EUR	Varianz:	-487,21 EUR		
	0,014		0,000		

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 27: Konfiguration einer Gleichverteilung

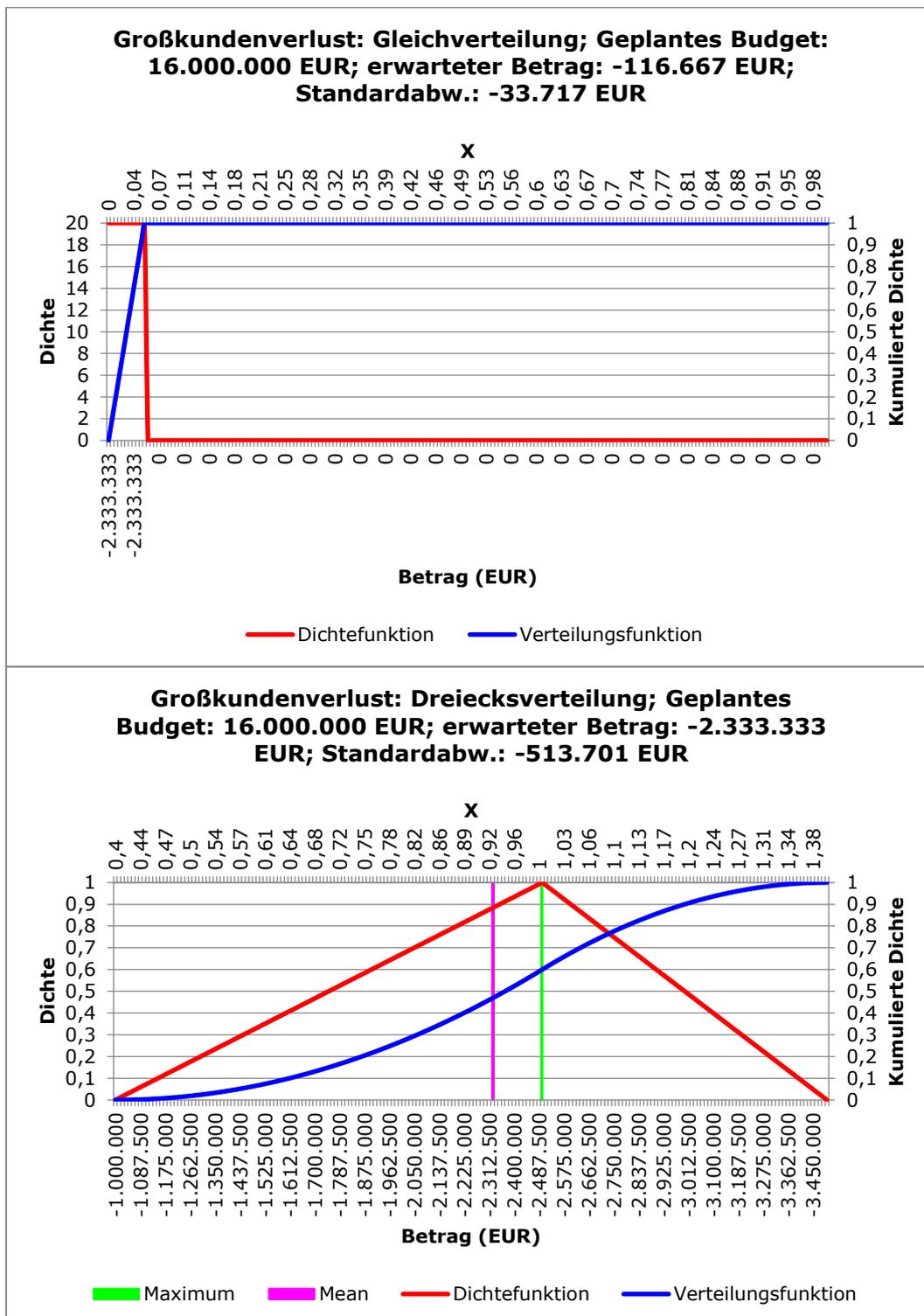
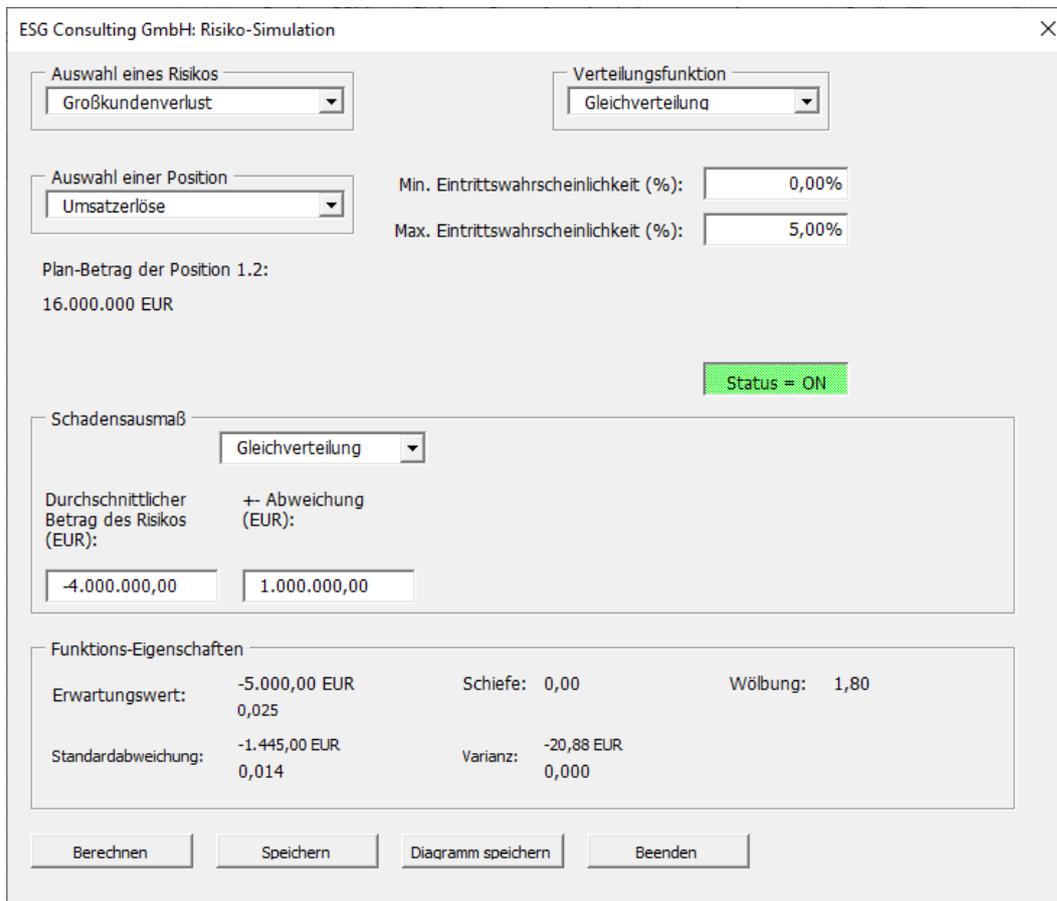


Abbildung 28: Verteilungs- und Dichtefunktion der Gleichverteilung

Wenn die Gleichverteilung als Schadensbandbreite und als Verteilungsfunktion benutzt wird, dann entspricht dies der Modellierung eines Risikos mit Eintrittswahrscheinlichkeit und einer gleichverteilten Schadensbandbreite.



ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos: Großkundenverlust

Verteilungsfunktion: Gleichverteilung

Auswahl einer Position: Umsatzerlöse

Min. Eintrittswahrscheinlichkeit (%): 0,00%

Max. Eintrittswahrscheinlichkeit (%): 5,00%

Plan-Betrag der Position 1.2:
16.000.000 EUR

Status = ON

Schadensausmaß: Gleichverteilung

Durchschnittlicher Betrag des Risikos (EUR):
-4.000.000,00 +- Abweichung (EUR): 1.000.000,00

Funktions-Eigenschaften

Erwartungswert:	-5.000,00 EUR 0,025	Schiefe:	0,00	Wölbung:	1,80
Standardabweichung:	-1.445,00 EUR 0,014	Varianz:	-20,88 EUR 0,000		

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 29: Gleichverteilung auch als Schadensausmaß-Modellierung

Bei der Verwendung als Schadensausmaß wird der durchschnittliche Betrag des Ausmaßes mit einer Schwankungsbreite plus/minus eines Betrags angegeben.

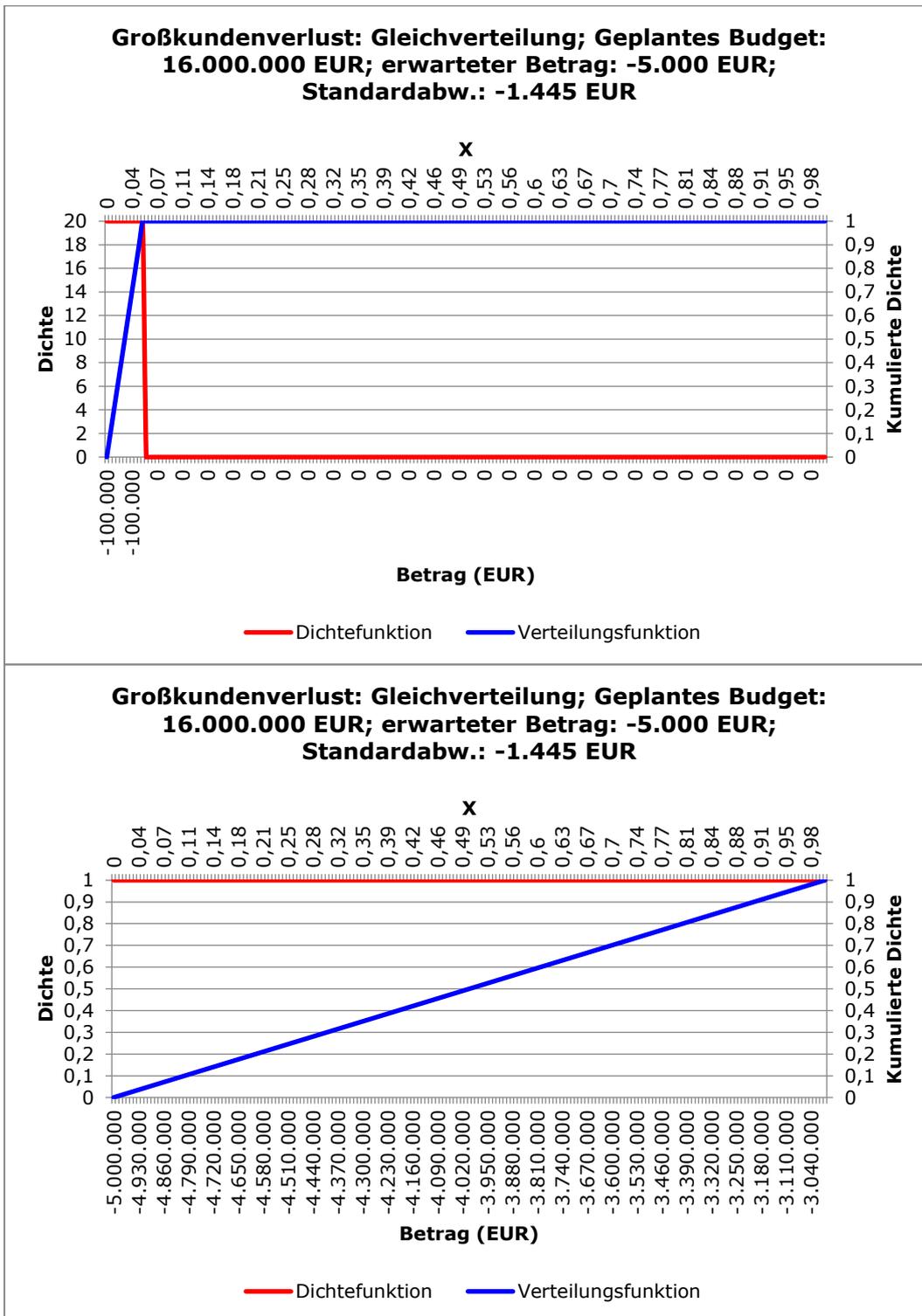


Abbildung 30: Gleichverteilung als Verteilungsfunktion und Schadensausmaß

5.3.2 Häufigkeits-Verteilung

Unter der Häufigkeitsverteilung versteht man, wie häufig die Ausprägungen eines oder mehrerer Merkmale (z.B. Serverausfall pro Jahr) beobachtet werden. Dabei kann man absolute Häufigkeitsverteilungen, die die Anzahlen von Beobachtungen enthalten, von relativen Häufigkeitsverteilungen unterscheiden, die sich durch die Division der absoluten Häufigkeiten durch die Gesamtzahl der Beobachtungen ergeben und damit die Anteile darstellen. Neben der erwarteten Häufigkeit eines Ereignisses inklusive der relativen Abweichung bzw. Bandbreite der Häufigkeit kann auch das Schadensausmaß mit einer Verteilungsfunktion definiert werden.

The screenshot shows the 'ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation' window. It is configured for a frequency distribution. The 'Auswahl eines Risikos' dropdown is set to 'CC_TrustedApp_Connector_Szenario2' and the 'Verteilungsfunktion' dropdown is set to 'Häufigkeitsverteilung'. The 'Auswahl einer Position' dropdown is set to 'Contact-Center Ausfall Szenario_2'. The 'Häufigkeit' is 7,3000 and the 'Abweichung (%)' is 10,00%. The 'Plan-Betrag der Position 2.3:' is 0 EUR. A green 'Status = ON' button is visible. The 'Schadensausmaß' section is set to 'Normalverteilung' with a 'Betrag des Risikos (EUR):' of 120.000,00, a 'Standardabweichung des Risikos (0.00%):' of 4,00, and a 'Breite:' of 0,20. The 'Funktions-Eigenschaften' section shows: Erwartungswert: 120.000,00 EUR 0,000; Standardabweichung: 4.800,00 EUR 0,040; Schiefe: 0,00; Wölbung: 0,00; Varianz: 23.040.000,00 EUR 0,002. At the bottom are buttons for 'Berechnen', 'Speichern', 'Diagramm speichern', and 'Beenden'.

Abbildung 31: Konfiguration einer Häufigkeitsverteilung

In diesem Beispiel wurde angenommen, dass ein Server im Durchschnitt 7,3 mal pro Jahr mit einer relativen Abweichung von 10% auftreten könnte. Neben der Häufigkeit kann nun auch das Schadensausmaß mit einer Verteilungsfunktion definiert werden; in diesem Beispiel wird eine Normalverteilung angenommen mit einem Schadensausmaß von 120.000 € und einer Standardabweichung von 4%.

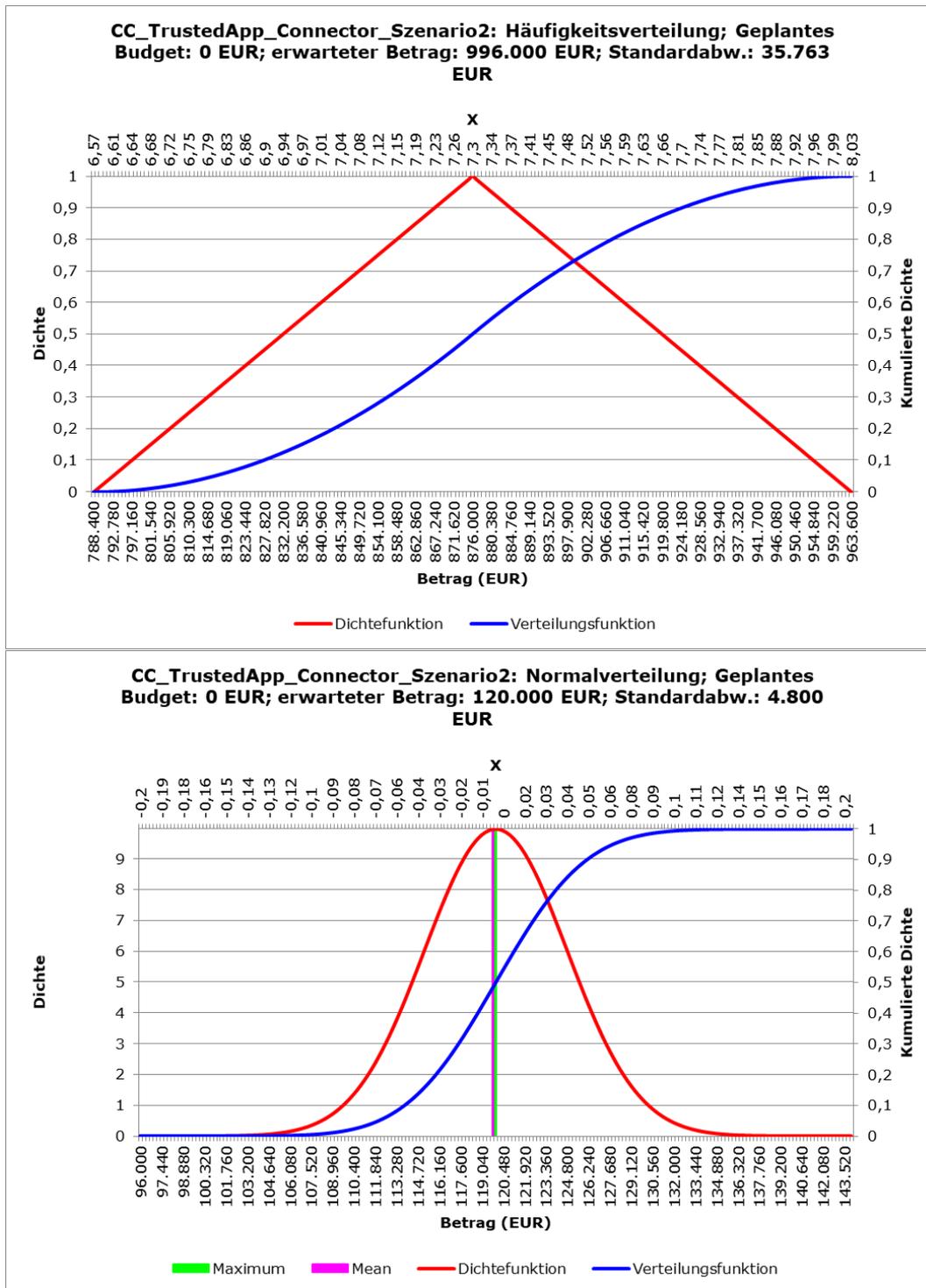


Abbildung 32: Häufigkeitsverteilung als Verteilungsfunktion und Normalverteilung als Schadensausmaß

5.3.3 Diskrete Verteilung

Bei dieser diskontinuierlichen Verteilung gibt der Benutzer bestimmte für möglicherweise auftretende Ereignisse Werte von Eintretenswahrscheinlichkeiten und zugehörigen Ausmaßen (in Währungseinheit oder Tagen) an. Eine Möglichkeit, diese Verteilung zu verwenden, wäre, die möglichen Ergebnisse eines Gerichtsverfahrens zu beschreiben. Beispielsweise kann mit einer 30%igen Chance für ein positives Urteil, einer 40%igen Chance für ein negatives Urteil, einer 20%igen Chance für einen Vergleich und einer 10%igen Chance für eine Urteilsaufhebung (wegen fehlerhaft geführtem Prozess) gearbeitet werden. Eine andere Möglichkeit, diese Verteilungsfunktion zu verwenden wäre die Expertenschätzung von mehreren Personen, die zu einem Sachstand (Aufwandsschätzung von Arbeitspaketen, Verlust von Großkunden) erhoben werden.

The screenshot shows the 'ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation' window. It is configured for a discrete distribution for the risk 'Großkundenverlust' (Large Customer Loss) at the position 'Umsatzerlöse' (Sales Revenue). The distribution function is set to 'Diskrete Verteilung'. The configuration includes 4 estimates, with the first one (number 1) having a damage of -3,000,000.00 EUR and an occurrence probability of 20.00%. The status is 'ON'. A summary table shows the expected value, standard deviation, skewness, and kurtosis.

Funktions-Eigenschaften					
Erwartungswert:	-4.285.714,29 EUR 2,190	Schiefe:	0,00	Wölbung:	-34,20
Standardabweichung:	-2.461.461,77 EUR 1,258	Varianz:	-3.096.716,95 EUR 1,583		

Abbildung 33: Konfiguration einer diskreten Verteilung

Für das Risiko „Großkundenverlust“ wurden in obiger Konfiguration 4 Schätzungen angegeben. Je Schätzung können nun die Schadenshöhe sowie korrespondierende Eintrittswahrscheinlichkeit angegeben werden. Bei der Eingabe der Nummer werden nur Zahlen zwischen 1 und „Anzahl Schätzungen“ akzeptiert.

Reduziert man die „Anzahl Schätzungen“, so werden die Schätzwerte der der Nummern, die über „Anzahl Schätzwerte“ liegen, verworfen. Erhöht man die Anzahl Schätzwerte, so können für die neu hinzugekommenen Schätzungen entsprechend Wahrscheinlichkeitswerte und Schadenshöhen angegeben werden.

Wenn die Summe der Eintrittswahrscheinlichkeiten ungleich 100% ist, so werden die Werte der Eintrittswahrscheinlichkeiten intern entsprechend skaliert, um auf die Summe von 100% zu kommen. Intern wird bei der Berechnung nach der Schadenshöhe sortiert; somit kommt es vor, dass die Reihenfolge der in der Ausgabe der Berechnung aufgeführten Dichtewerte (Paare von Wahrscheinlichkeit und Schadenshöhe) nicht mit der Eingabe in der Konfiguration übereinstimmt.

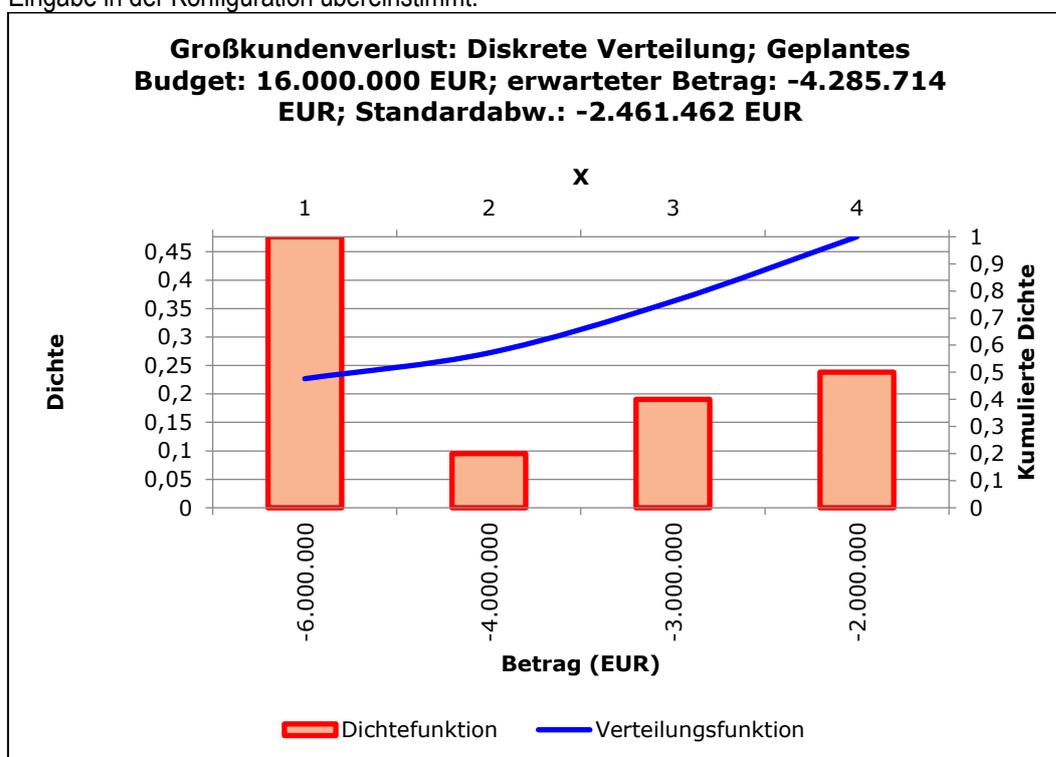


Abbildung 34: Verteilungs- und Dichtefunktion der diskreten Verteilung

5.3.4 Binomialverteilung

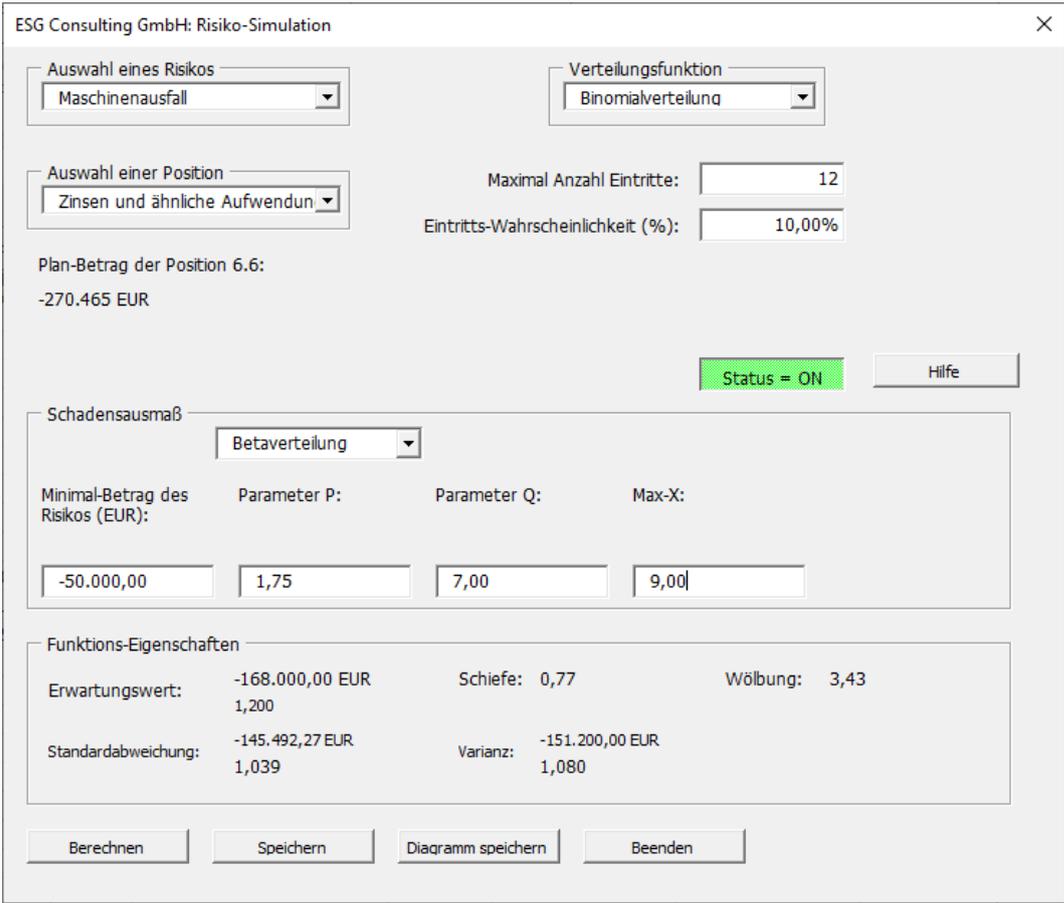
Die Binomialverteilung (manchmal nicht ganz korrekt auch Bernoulli-Verteilung genannt) ist eine der wichtigsten diskreten Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Sie beschreibt den wahrscheinlichen Ausgang einer Folge von gleichartigen Versuchen, die jeweils nur zwei mögliche Ergebnisse haben, also die Ergebnisse von Bernoulli-Prozessen. Wenn das gewünschte Ergebnis eines Versuches die Wahrscheinlichkeit p besitzt, und die Zahl der Versuche n ist, dann gibt die Binomialverteilung an, mit welcher Wahrscheinlichkeit sich insgesamt k Erfolge einstellen.

Bei einer Binomialverteilung geht man davon aus, dass ein interessierendes Ereignis (z.B. ein Schadenfall) in einem Zeitraum der Länge 1 (z.B. ein Tag, eine Woche, ein Monat, ein Jahr) höchstens einmal auftreten kann, und

zwar mit konstanten Eintrittswahrscheinlichkeit p ; d.h. Z.B. könnte ein Maschinenschaden mit 10% Wahrscheinlichkeit pro Monat ausfallen. Bei einer Betrachtung von 1 Jahr hätte man 12 Zeitperioden.

Man kann jedoch die Binomialverteilung auch so betrachten: man hat 12 Maschinen mit jeweils einer Ausfallwahrscheinlichkeit von 10% im Jahr.

Beide Betrachtungsweisen können wie in Abbildung 35 konfiguriert werden.



The screenshot shows a software window titled "ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation". It contains several configuration sections:

- Auswahl eines Risikos:** A dropdown menu set to "Maschinenausfall".
- Verteilungsfunktion:** A dropdown menu set to "Binomialverteilung".
- Auswahl einer Position:** A dropdown menu set to "Zinsen und ähnliche Aufwendun".
- Maximal Anzahl Eintritte:** A text input field containing "12".
- Eintritts-Wahrscheinlichkeit (%):** A text input field containing "10,00%".
- Plan-Betrag der Position 6.6:** A text input field containing "-270.465 EUR".
- Status:** A green button labeled "Status = ON" and a "Hilfe" button.
- Schadensausmaß:** A section with a dropdown menu set to "Betaverteilung" and four text input fields: "Minimal-Betrag des Risikos (EUR):" (-50.000,00), "Parameter P:" (1,75), "Parameter Q:" (7,00), and "Max-X:" (9,00).
- Funktions-Eigenschaften:** A section with four text input fields: "Erwartungswert:" (-168.000,00 EUR, 1,200), "Standardabweichung:" (-145.492,27 EUR, 1,039), "Schiefe:" (0,77), and "Wölbung:" (3,43). Below these are "Varianz:" (-151.200,00 EUR, 1,080).
- Buttons:** "Berechnen", "Speichern", "Diagramm speichern", and "Beenden".

Abbildung 35: Konfiguration einer Binomialverteilung

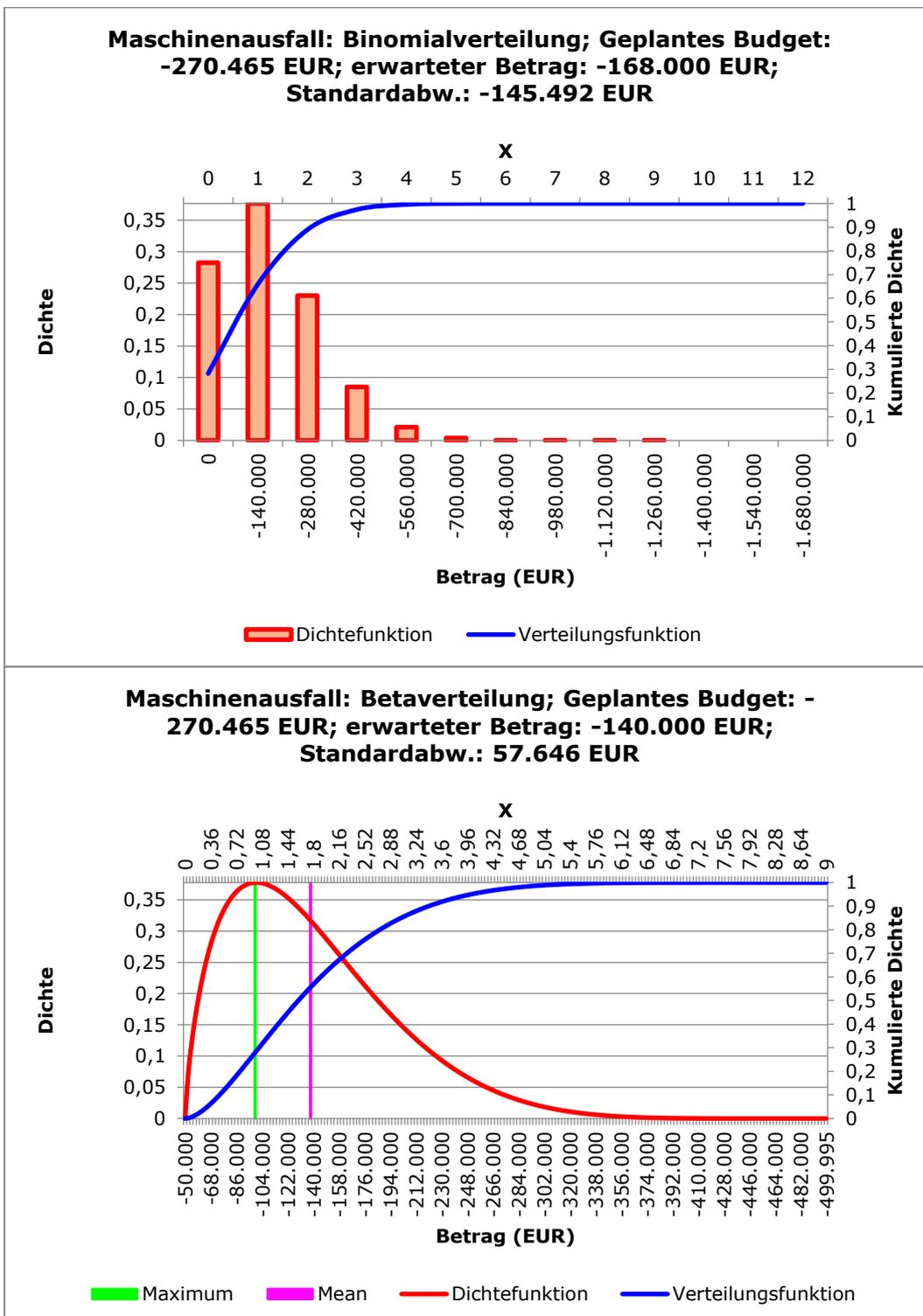


Abbildung 36: Verteilungs- und Dichtefunktion der Binomialverteilung

Die entsprechende Verteilungs- und Dichtefunktion ist Abbildung 36 zu entnehmen.

Pro Jahr tritt mit 28% Wahrscheinlichkeit kein Maschinenausfall ein, mit 38% gibt es 1 Maschinenausfall, mit 23% gibt es 2 Maschinenausfälle, mit 8% 3 Ausfälle.

5.3.5 Negative Binomial-Verteilung

Im Vergleich zur Binomial-Verteilung beschreibt die negative Binomialverteilung hingegen die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Anzahl der Versuche, die erforderlich sind, um in einem Bernoulli-Prozess eine vorgegebene Anzahl von Erfolgen zu erzielen. Im Gegensatz zur Binomialverteilung steht also die Anzahl Erfolge fest und die Anzahl Versuche ist die zu bestimmende Variable. Die negative Binomialverteilung beantwortet die Frage: mit welcher Wahrscheinlichkeit haben wir bei x Versuchen r Erfolge. Man nimmt die negative Binomialverteilung also vor allem dann, wenn es darum geht, wie oft man einen bestimmten Vorgang wiederholen muss, bis mehrere Erfolge zu beobachten sind.

Beispiel 1: In einer Universitätsklinik hat man sich auf die Behandlung von Tumoren mit Kohlenstoff-Ionen spezialisiert. Alle Versuche, den Tumor mit einem Teilchenbeschleuniger zu treffen, seien unabhängig voneinander verteilt. Die Wahrscheinlichkeit p für einen erfolgreichen Beschuss ("Treffer") liegt bei 9%. Wurde der Tumor 4x erfolgreich getroffen, kann die Behandlung als abgeschlossen bezeichnet werden. Eine Tumorbehandlung besteht aus 10 Beschüssen und wird vollständig von der Krankenkasse bezahlt. Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Krankenkasse 2 Behandlungen übernimmt und die Behandlung insgesamt als erfolgreich eingestuft werden kann.

The screenshot shows a software window titled "ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation". It contains several input fields and buttons for configuring a simulation. The "Auswahl eines Risikos" dropdown is set to "Tumorbehandlung". The "Verteilungsfunktion" dropdown is set to "Negativ-Binomialverteilung". The "Auswahl einer Position" dropdown is set to "UCC2020 Projektdurchführung". The "Plan-Betrag der Position 1.2:" is "-5.000.000 EUR". The "Maximal Anzahl Misserfolge:" is "50". The "Anzahl Erfolge bis zum Abbruch:" is "4,00". The "Erfolgs-Wahrscheinlichkeit (%):" is "9,00%". A green "Status = ON" button is visible. The "Schadensausmaß" section has three input fields: "Minimal-Betrag des Risikos (EUR):" is "0,00", "Wahrscheinlichster Betrag des Risikos (EUR):" is "1,00", and "Maximal-Betrag des Risikos (EUR):" is "0,00". At the bottom, there are four buttons: "Berechnen", "Speichern", "Diagramm speichern", and "Beenden".

Abbildung 37: Konfiguration der Negativen Binomialverteilung

Bei zwei Behandlungen (a 10 Beschüssen) liegt die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Behandlung bei 16,5%. Dies ist anhand der kumulierten Dichte (der Verteilungsfunktion = blaue Linie bei Punkt 20) in folgender Abbildung ersichtlich.

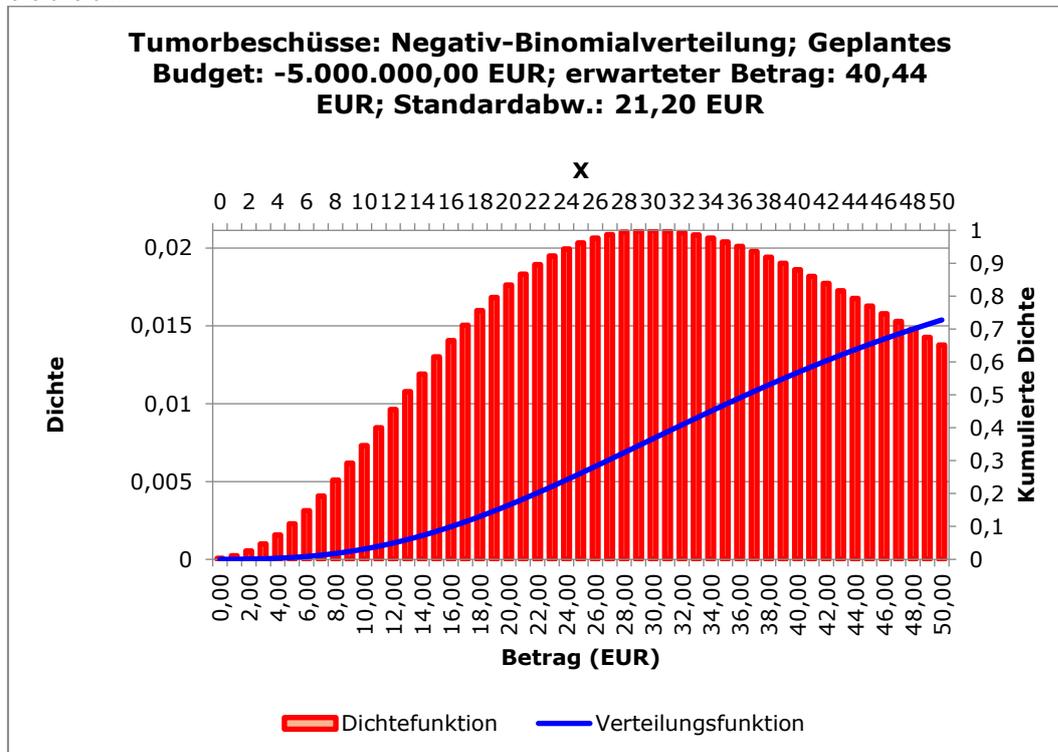


Abbildung 38: Verteilungs- und Dichtefunktion der Negativen Binomialverteilung

Beispiel 2¹: Ein Mietwagenunternehmen mit 100 identischen Fahrzeugen möchte ein theoretisches Verteilungsmodell für die Anzahl von Unfällen pro Jahr in seinem Fuhrpark erstellen. Es liegen entsprechende Statistiken vor mit einem Mittelwert (als Schätzer für den Erwartungswert) von 20 Unfällen pro Jahr und einer Standardabweichung von 6,5, also Varianz 42,25. Da die Varianz deutlich höher ist als der Erwartungswert, kommt als Verteilungsmodell keine Binomialverteilung in Frage; denn dabei ist die Varianz kleiner als der Erwartungswert. Außerdem ist unter der realitätsnahen Annahme, dass ein Wagen auch mehrere Unfälle pro Jahr haben kann, die mögliche Schadenanzahl unbegrenzt. Zu den angegebenen Daten würde etwa eine negative Binomialverteilung mit $r \approx 18$ und $p \approx 47\%$ passen. Dies ergäbe einen Erwartungswert von ca. 20.

¹ Beispiel aus "Risikoanalyse" von Claudia Cottin, Sebastian Döhler

ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos: Unfallhäufigkeit

Verteilungsfunktion: Negativ-Binomialverteilung

Auswahl einer Position: Projektdurchführung

Maximal Anzahl Misserfolge: 50

Anzahl Erfolge bis zum Abbruch: 18,00

Plan-Betrag der Position 8.3: -5.000.000 EUR

Erfolgs-Wahrscheinlichkeit (%): 47,00%

Status = ON

Schadensausmaß: Dreiecksverteilung

Wahrscheinlichster Betrag des Risikos (EUR):	Minimal-Betrag des Risikos (EUR):	Maximal-Betrag des Risikos (EUR):
1,00	0,00	0,00

Funktions-Eigenschaften

Erwartungswert:	20,30 EUR 20,298	Schiefe: 0,50	Wölbung: 3,36
Standardabweichung:	6,57 EUR 6,572	Varianz: 43,19 EUR 43,187	

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 39: Unfallhäufigkeit Konfiguration Negative Binomialverteilung

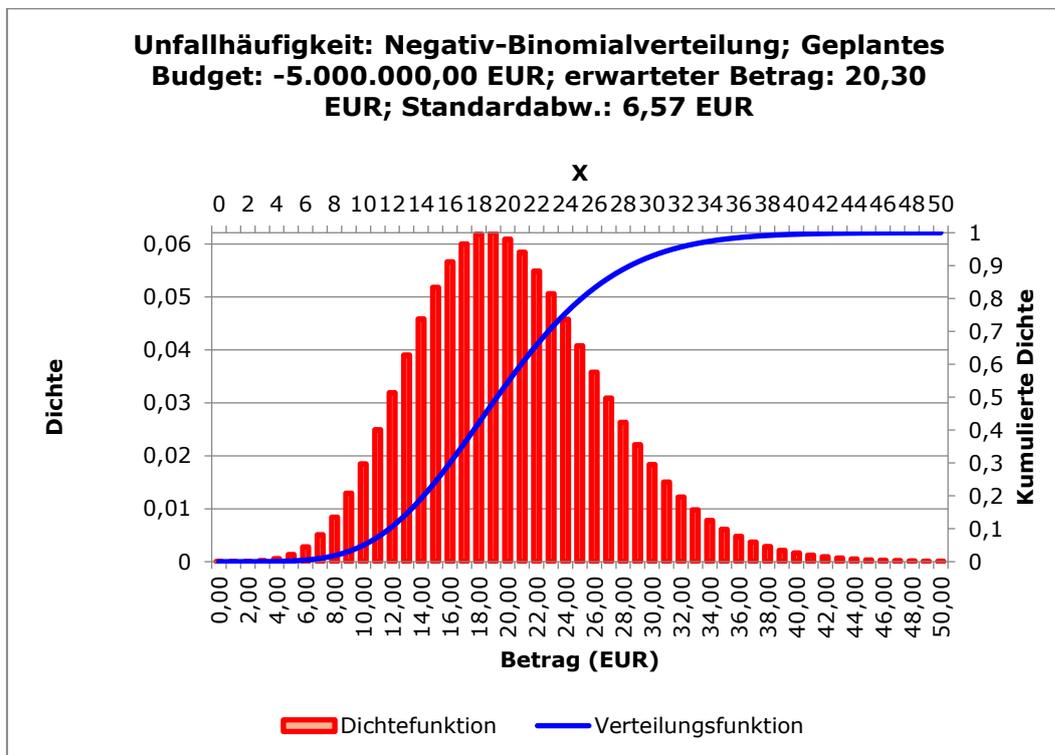


Abbildung 40: Unfallhäufigkeit Verteilungs- und Dichtefunktion der Negativen Binomialverteilung

5.3.6 Poisson-Verteilung

Die Poisson-Verteilung ist eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, mit der die Anzahl von Ereignissen modelliert werden kann, die bei konstanter mittlerer Rate unabhängig voneinander in einem festen Zeitintervall oder räumlichen Gebiet eintreten. Sie ist eine univariate diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung, die einen häufig vorkommenden Grenzwert der Binomialverteilung für unendlich viele Versuche darstellt. Sie wird auch als „Verteilung der seltenen Ereignisse“ bezeichnet. Die Poisson-Verteilung ergibt sich, wenn von einer Binomialverteilung der Grenzwert für n (Anzahl Versuche) gegen unendlich und p gegen 0 gebildet wird. Anders als bei der Binomial-Verteilung können hier auch mehrere (prinzipiell unbegrenzt viele) Ereignisse pro Zeitperiode eintreten.

Eine für die Schadenmodellierung sehr wichtige Eigenschaft der Poisson-Verteilung besteht darin, dass die Summe zweier unabhängiger Poisson-verteilter Zufallsvariablen wieder Poisson-verteilbar ist:

$$N_i \sim \text{Pois}(\alpha_i) \quad (i = 1,2) \Rightarrow N_1 + N_2 \sim \text{Pois}(\alpha_1 + \alpha_2)$$

mit α = periodenbezogener Intensitätsfaktor = $t \cdot \lambda$ mit

λ = Anzahl-Ereignisse

t = Anzahl Zeitperioden

Beispiel: In einer Stadt von 20.000 Einwohnern, die alle geimpft wurden, ist die Wahrscheinlichkeit gleich 0,0001, dass ein Individuum durch das verwendete Serum Impfschäden erleidet. Eigentlich ist dies ein Bernoulli-Experiment mit:

- Anzahl Ereignisse eines Impfschadens (A) und
- P(A) ist konstant
- Unabhängigkeit der Versuche, d.h. der Impfungen.

Für die Berechnung von Wahrscheinlichkeiten für eine bestimmte Anzahl des Eintretens von Impfschäden müsste somit die Binomialverteilung verwendet werden. Aufgrund der kleinen Wahrscheinlichkeit und der großen Anzahl der Versuche erfolgt eine Approximation durch die Poisson-Verteilung:

$$\lambda < 0,05 \text{ und } t > 30$$

$$\alpha = t * \lambda = 20.000 * 0,0001 = 2$$

α ist die im Mittel zu erwartende Anzahl von Impfschäden.

Abbildung 41: Konfiguration Poisson-Verteilung für Impfschäden

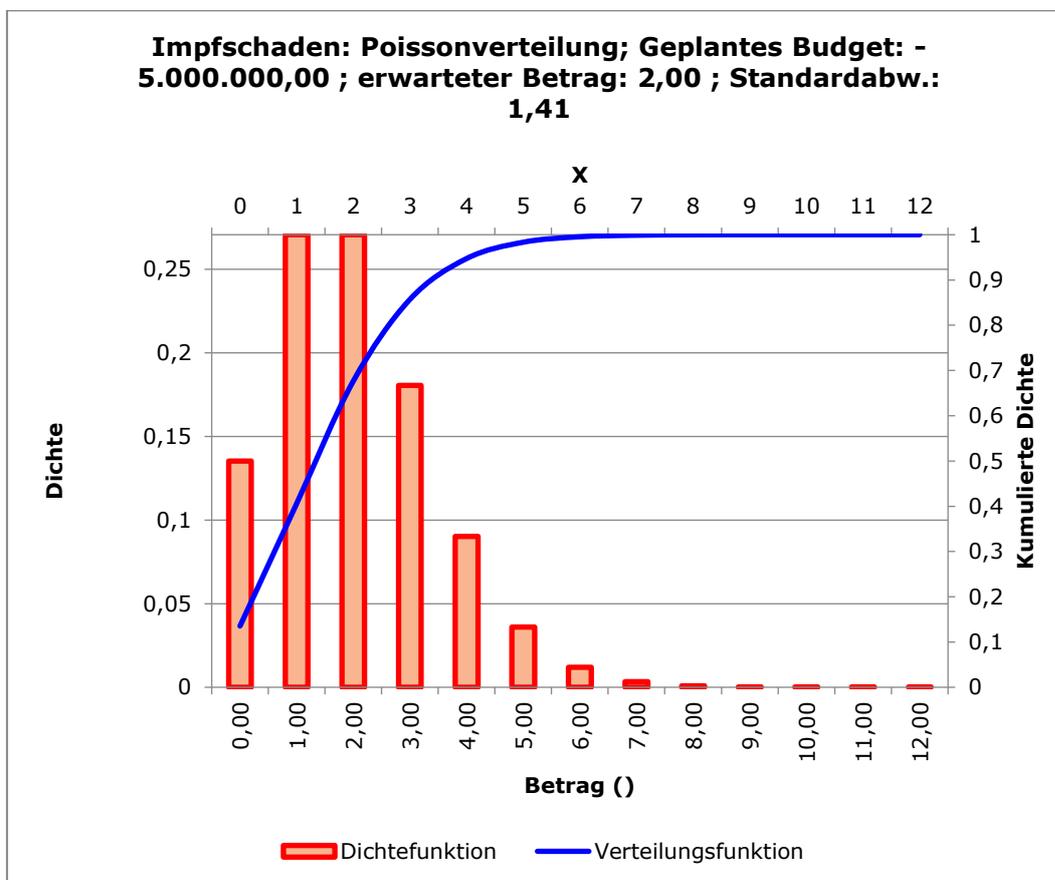


Abbildung 42: Verteilungs- und Dichtefunktion der Poisson-Verteilung für Impfschäden

5.4 Verteilungsorientierte Risiken

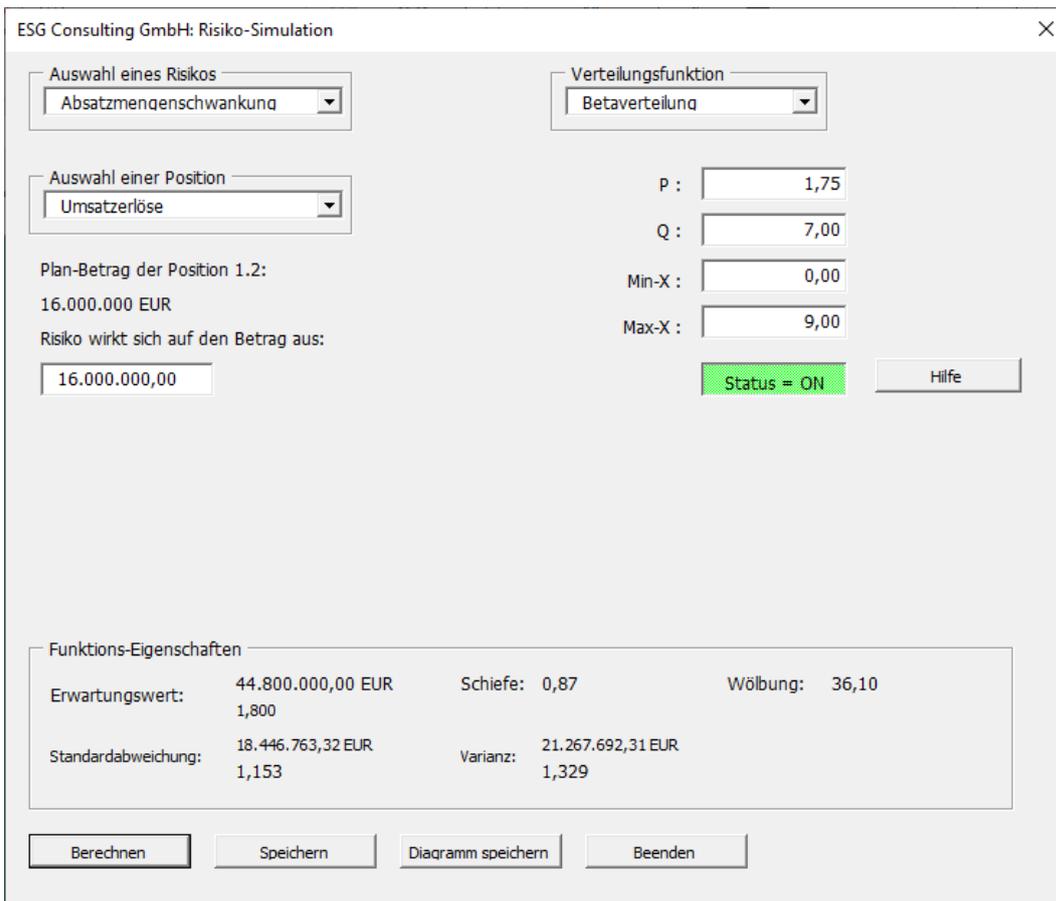
Risiken, die mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit verschiedene Ausmaße erreichen können, wie z.B. Abweichungen vom geplanten Umsatz, können anhand von weiteren Verteilungsfunktionen beschrieben werden.

5.4.1 Beta-Verteilung

Die Beta-Verteilung ist eine Familie stetiger Wahrscheinlichkeitsverteilungen über dem Intervall (0, 1), parametrisiert durch zwei Parameter, die häufig als **P** und **Q** bezeichnet werden. Die Beta-Verteilung ist für $P < Q$ rechtsschief, für $P = Q$ symmetrisch und für $P > Q$ linksschief. Für $P, Q < 1$ ist die Beta-Verteilung U-förmig; für $P = 2$ und $Q = 1$ bzw. $P = 1$ und $Q = 2$ liegt eine Dreiecksfunktion vor, für P und $Q = 1$ eine Gleichverteilung. Die Beta-Verteilung lässt sich durch die Festlegung weniger Parameter flexibel für die Modellierung verschiedener Risikoarten einsetzen. Mittels der übersichtlichen Parametrisierung können verschiedene symmetrische und asymmetrische Verteilungsformen spezifiziert werden.

Parameter:

- Die reell-wertigen Formparameter P und Q definieren die Form der Dichtefunktion. Beide Werte müssen > 0 sein.
- Min-X: mit diesem Wert kann der Beginn der Dichtefunktion verschoben werden, womit eine gleichzeitige Schadens- und Chancen-Modellierung möglich ist.
- Max-X: das Intervall der Dichtefunktion kann somit gestreckt werden, so dass die Auswirkungen vergrößert bzw. verkleinert werden können



The screenshot shows the 'ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation' window. It is configured for a Beta distribution. The 'Auswahl eines Risikos' is set to 'Absatzmenschwankung' and 'Auswahl einer Position' is 'Umsatzerlöse'. The 'Plan-Betrag der Position 1.2' is 16.000.000 EUR. The 'Risiko wirkt sich auf den Betrag aus' is also 16.000.000,00. The 'Verteilungsfunktion' is 'Betaverteilung'. The parameters are: P: 1,75, Q: 7,00, Min-X: 0,00, and Max-X: 9,00. The 'Status' is 'ON'. A 'Hilfe' button is present. The 'Funktions-Eigenschaften' section shows: Erwartungswert: 44.800.000,00 EUR (1,800), Standardabweichung: 18.446.763,32 EUR (1,153), Schiefe: 0,87, and Varianz: 21.267.692,31 EUR (1,329). At the bottom, there are buttons for 'Berechnen', 'Speichern', 'Diagramm speichern', and 'Beenden'.

Abbildung 43: Konfiguration einer Beta-Verteilung

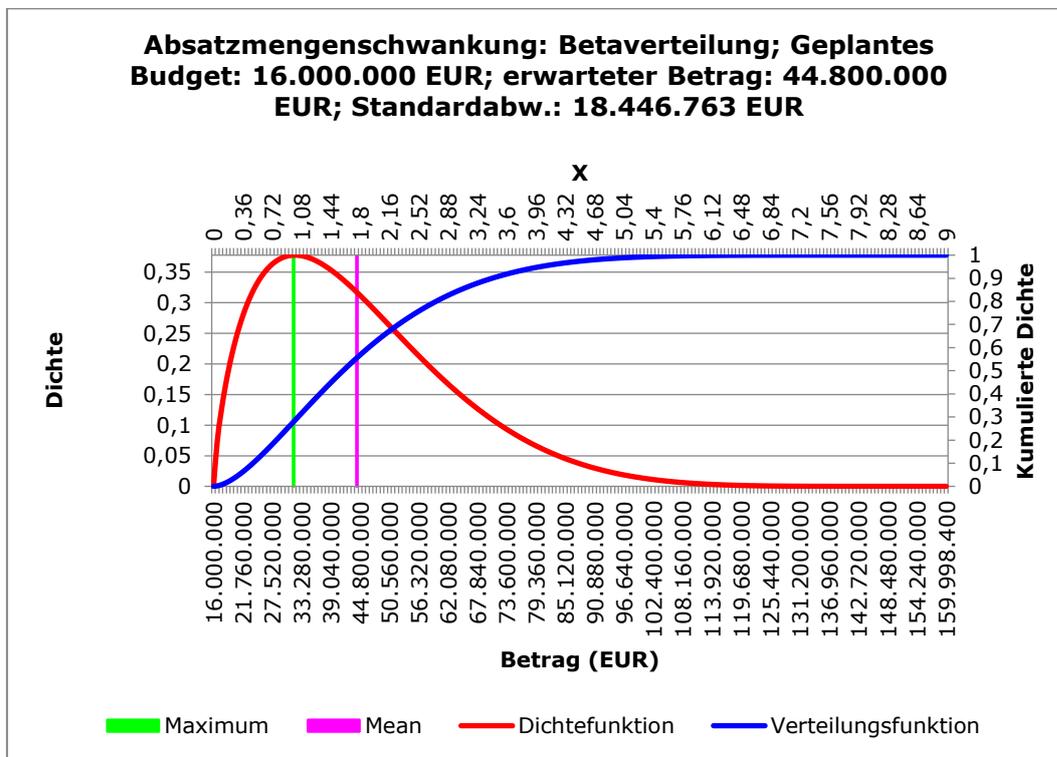


Abbildung 44: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Beta-Verteilung

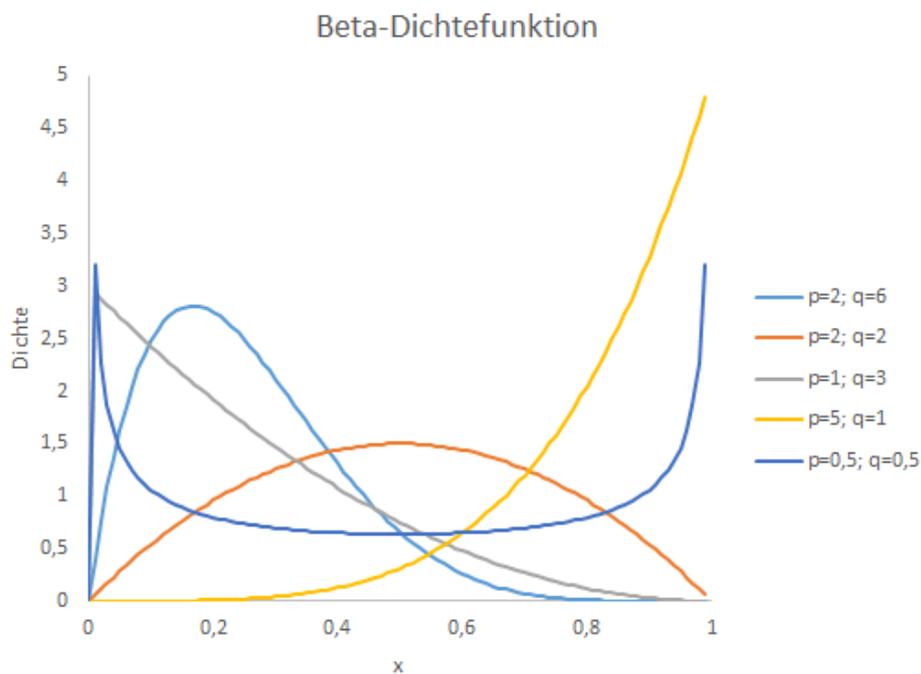


Abbildung 45: Dichten der Beta-Verteilung für verschiedene Parameterwerte

5.4.2 Dreiecks-Verteilung

Die Dreiecksverteilung wird dann oftmals eingesetzt, wenn keine historischen Daten zur Verfügung stehen und die Schätzungen durch Experten ohne Statistik-Hintergrund vorgenommen werden sollen. Diese Verteilungsfunktion eignet sich also auch für Anwender ohne weitergehende mathematische Kenntnisse zur quantitativen Einschätzung des Risikos einer Variablen. Das Ergebnis der Verteilung bestimmt sich lediglich aus drei Werte

- Der Minimalwert, die geringste Abweichung
- Der wahrscheinlichste Wert, die wahrscheinlichste Abweichung und
- Der Maximalwert, die maximale Abweichung vom Plan-Wert der zugeordneten Unterposition.

Dreiecksverteilungen werden oft bei asymmetrischen Risiken, bei denen als Endwert Verlust oder Gewinn entsteht, verwendet und häufig dazu genutzt, das Risiko von Kostenabweichungen im Rahmen der Budgetierung zu zeigen. Werden die Abweichungen als prozentuale Abweichungen (linke Spalte der Text-Boxen) eingegeben, so werden die Betrags-Werte (in der rechten Spalte der Text-Boxen) entsprechend umgerechnet, um somit auch eine bessere Auswirkung zu erkennen.

Umgekehrt: werden die absoluten Werte eingegeben, so werden die prozentualen Werte entsprechend angepasst.

The screenshot shows the 'ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation' window. It is configured for a triangular distribution for the risk 'Absatzmengen schwankung' (Sales volume fluctuation) at the position 'Umsatzerlöse' (Sales revenue). The plan amount is 16,000,000 EUR. The distribution parameters are: Minimum deviation: -20.00% (12,800,000 EUR), Most likely deviation: 0.00% (16,000,000 EUR), and Maximum deviation: 15.00% (18,400,000 EUR). The status is 'ON'. The function properties are: Expectation: 15,733,333.33 EUR (0.983), Standard deviation: 1,146,976.70 EUR (0.072), Skewness: -0.06, and Kurtosis: 2.40. Buttons for 'Berechnen', 'Speichern', 'Diagramm speichern', and 'Beenden' are visible at the bottom.

Abbildung 46: Konfiguration einer Dreiecks-Verteilung

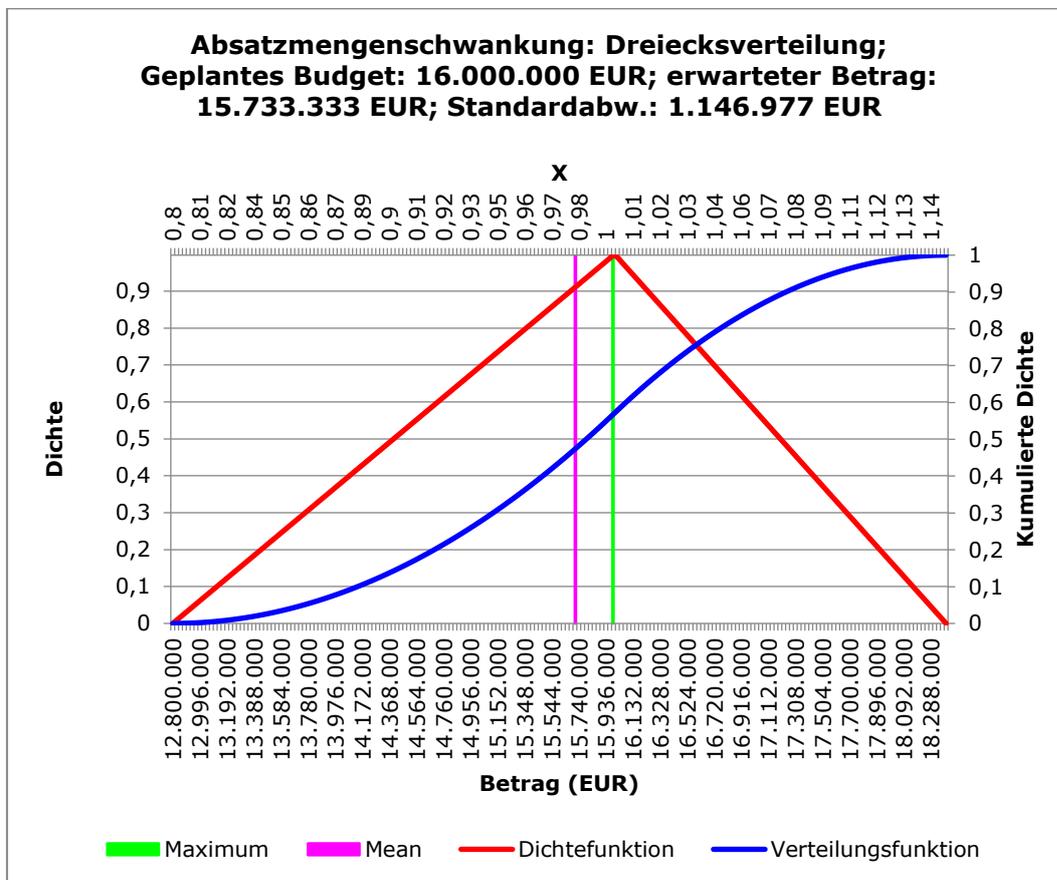


Abbildung 47: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Dreiecks-Verteilung

5.4.3 Gamma-Verteilung

Die Gamma-Funktion wird recht häufig zur Modellierung kleiner bis mittlerer Schäden verwendet, z.B. in der Gewerbe-, KFZ-Kasko und KFZ-Haftpflichtversicherung. Sie ist wegen ihrer zwei Parameter recht flexibel.

Die Parameter sind:

- Formparameter k : dieser muss > 0 sein. Dieser Parameter bestimmt maßgeblich die Form der Funktion
- Skalenparameter λ : auch dieser muss > 0 sein. Je kleiner λ ist ($< 0,3$), umso mehr wird die Gamma-Verteilung gestaucht.
- Min-X: muss > 0 sein. Wenn dieser Parameter > 0 gesetzt wird, dann wird lediglich der Graph nach rechts verschoben
- Max-X: mit diesem Parameter kann die Anzeige des Graphen nach rechts erweitert werden.

ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos
Absatzmengenschwankung

Auswahl einer Position
Umsatzerlöse

Plan-Betrag der Position 1.2:
16.000.000 EUR

Risiko wirkt sich auf den Betrag aus:
16.000.000,00

Verteilungsfunktion
Gammaverteilung

Formparameter k: 2,00
Skalenparameter λ : 0,010
Min-X: 0,00
Max-X: 0,1

Status = ON Hilfe

Funktions-Eigenschaften

Erwartungswert:	16.320.000,00 EUR 0,020	Schiefe: 1,41	Wölbung: 15,00
Standardabweichung:	226.274,17 EUR 0,014	Varianz: 3.200,00 EUR 0,000	

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 48: Konfiguration einer Gamma-Verteilung

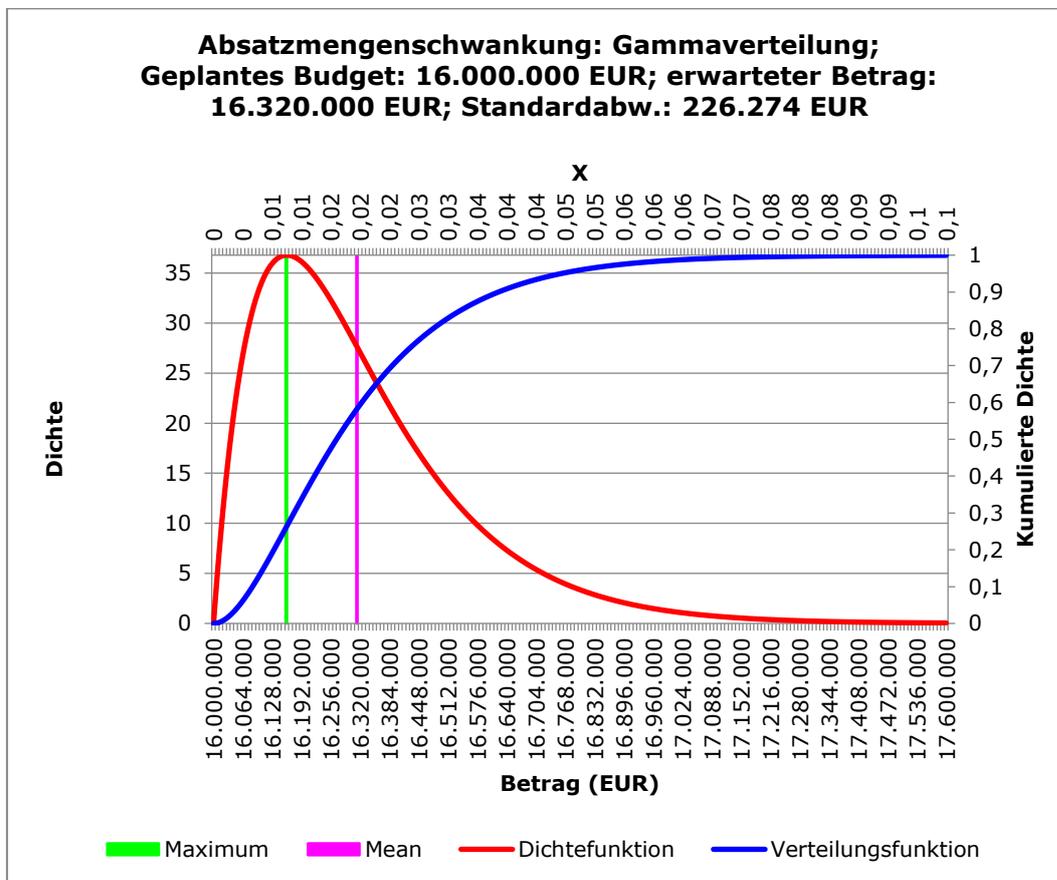


Abbildung 49: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Gamma-Verteilung

Bei einem Skalenparameter von 1 und einem Formfaktor von 0,5 ergibt sich folgende Funktion:

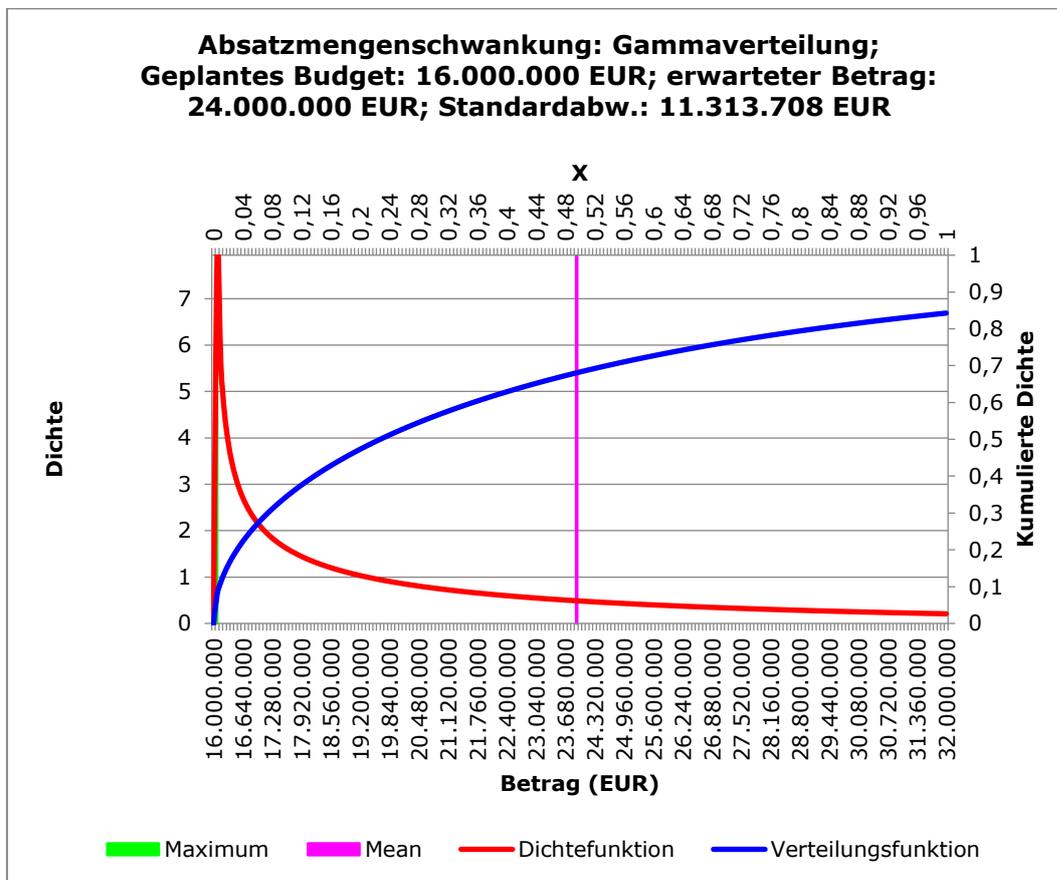


Abbildung 50: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Gamma-Verteilung mit $k=0,5$ und $\lambda = 1$

Gamma-Dichtefunktion

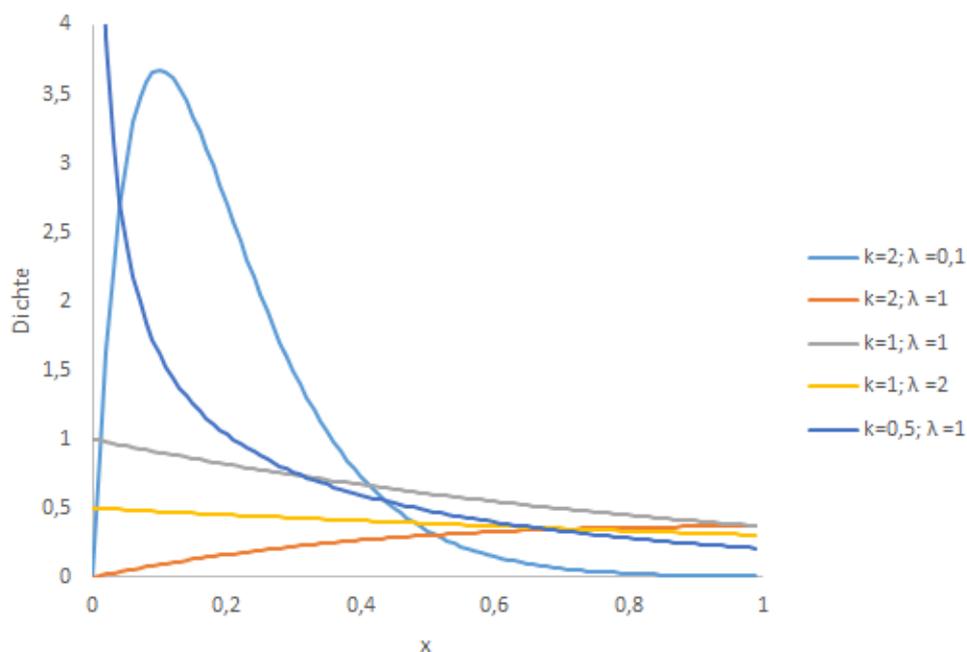


Abbildung 51: Dichten der Gamma-Verteilung für verschiedene Parameterwerte

5.4.4 LogNormal-Verteilung

Im Gegensatz zur Normalverteilung eignet sich die logarithmische Normalverteilung (kurz LogNormal-Verteilung) unmittelbar als Schadenhöhenverteilung, da ihre Dichte nur für $x > 0$ positiv ist. Die LogNormal-Verteilung wird zur Modellierung von Großschäden verwendet. Auch in der Finanzmarktmodellierung ist sie wichtig.

Die Parameter sind:

- Erwartungswert μ :
- Standardabweichung σ : muss > 0 sein
- Min-X: muss > 0 sein. Wenn dieser Parameter > 0 gesetzt wird, dann wird lediglich der Graph nach rechts verschoben
- Max-X: mit diesem Parameter kann die Anzeige des Graphen nach rechts erweitert werden.

The screenshot shows the 'ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation' window. It features several input fields and dropdown menus for configuring a LogNormal distribution. The 'Auswahl eines Risikos' dropdown is set to 'Absatzmenschwankung', and the 'Verteilungsfunktion' dropdown is set to 'LogNormalverteilung'. The 'Auswahl einer Position' dropdown is set to 'Umsatzerlöse'. The 'Plan-Betrag der Position 1.2:' is 16.000.000 EUR, and the 'Risiko wirkt sich auf den Betrag aus:' is 16.000.000,00. The 'Erwartungswert μ :' is 0,50, 'Standard-Abweichung σ :' is 0,71, 'Min-X:' is 0,00, and 'Max-X:' is 6,00. A 'Status = ON' button is highlighted in green, and a 'Hilfe' button is also visible. At the bottom, there is a 'Funktions-Eigenschaften' section with a table of statistical values and a row of buttons: 'Berechnen', 'Speichern', 'Diagramm speichern', and 'Beenden'.

Funktions-Eigenschaften		
Erwartungswert:	49.941.509,09 EUR 2,121	Schiefe: 2,96
Standardabweichung:	6.869,99 EUR 1,717	Wölbung: 21,81
		Varianz: 47.196.699,90 EUR 2,950

Abbildung 52: Konfiguration einer LogNormal-Verteilung

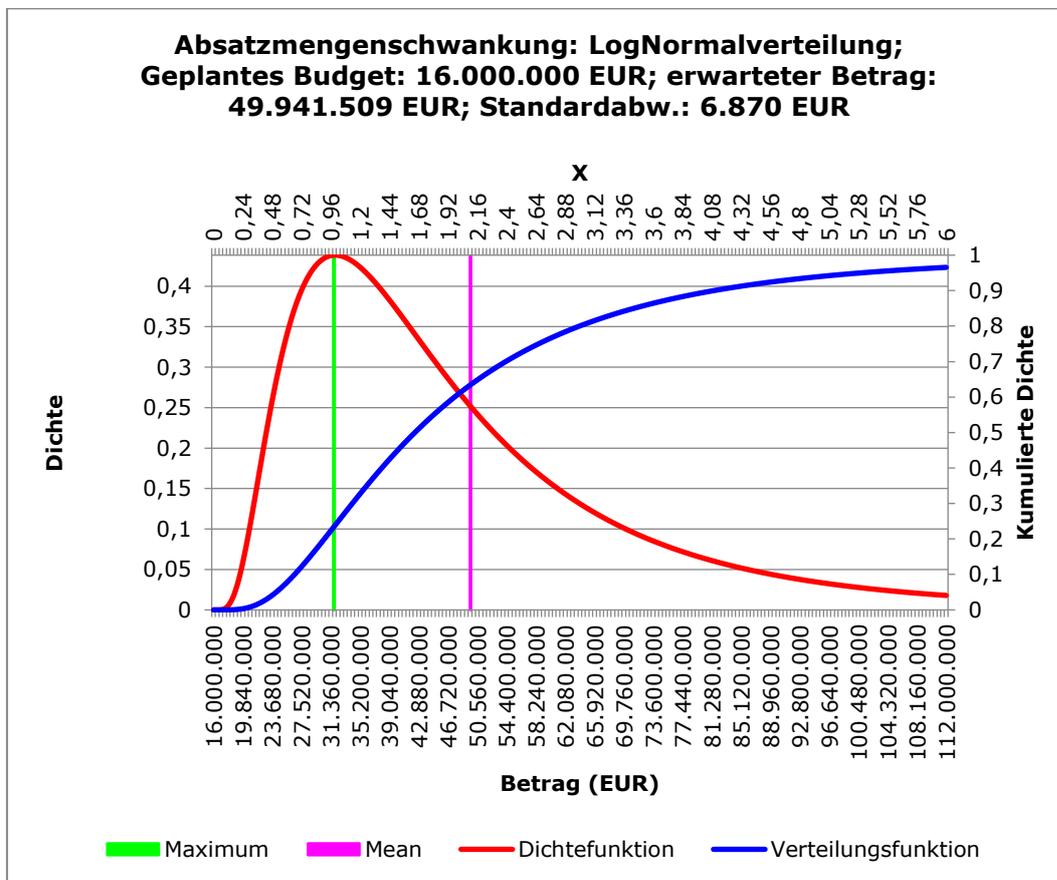


Abbildung 53: Dichte- und Verteilungsfunktion einer LogNormal-Verteilung

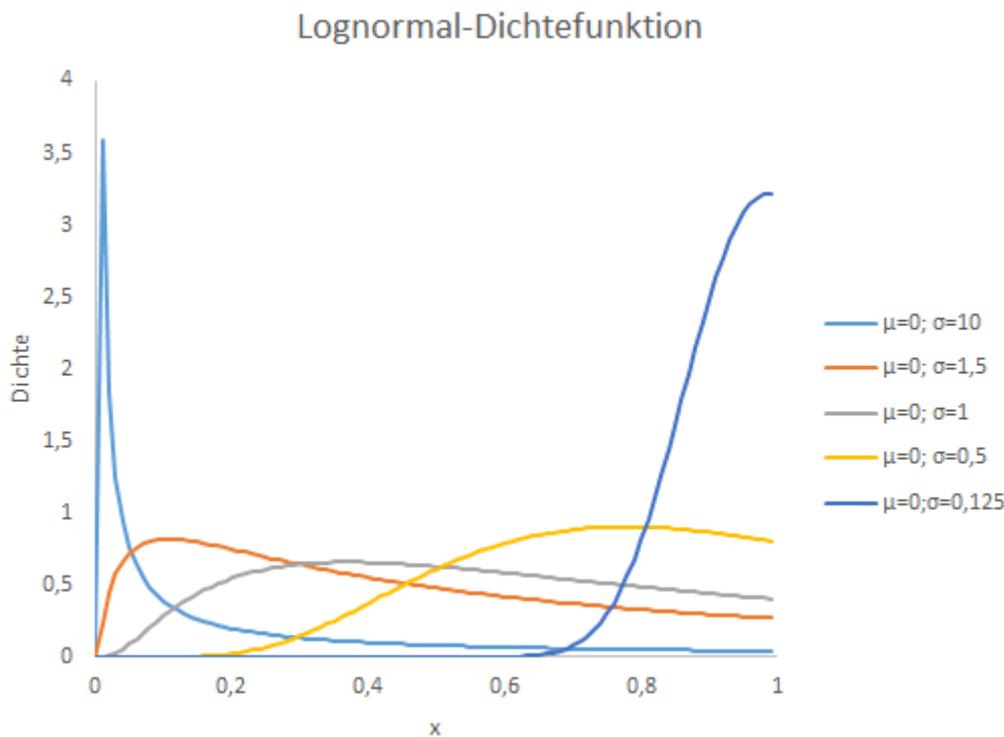


Abbildung 54: Dichten der LogNormal-Verteilung für verschiedene Parameterwerte

5.4.5 Normal-Verteilung

Die Normalverteilung zählt zu den wichtigsten Wahrscheinlichkeitsverteilungen. Auf Basis des zentralen Grenzwertsatzes findet die Normalverteilung in der Praxis häufig Anwendung. Nach dem zentralen Grenzwertsatz ist die Summe von vielen unabhängigen, beliebig verteilten Zufallsvariablen der gleichen Größenordnung annähernd normalverteilt. Dabei gilt, je größer die Anzahl an Zufallsvariablen ist, desto stärker ist die Annäherung der Summe an eine Normalverteilung. Besonders charakteristisch für die Normalverteilung ist der symmetrische und glockenförmige Kurvenverlauf der Dichtefunktion. Anhand der Dichtefunktion wird zum Ausdruck gebracht, mit welchen Wahrscheinlichkeiten bestimmte Realisationen eintreten. Die Normalverteilung wird dabei vollständig mittels der zwei Lageparameter Erwartungswert (μ) sowie der Standardabweichung / Volatilität (σ) beschrieben.

Näherungsweise gelten folgende Aussagen:

- 68,27% aller Messpunkte befinden sich im Bereich $\mu \pm 1\sigma$
- 95,45% aller Messpunkte befinden sich im Bereich $\mu \pm 2\sigma$
- 99,73% aller Messpunkte befinden sich im Bereich $\mu \pm 3\sigma$

Wenn der Erwartungswert μ gleich 0 ist und die Standardabweichung σ gleich 1 beträgt, so wird von der Standardabweichung gesprochen.

Bei einem Risiko, das sich aus vielen kleinen Einzelrisiken zusammensetzt und weitgehend als symmetrisch eingeschätzt wird, findet die Normalverteilung häufig Anwendung. Bei vielen marktbezogenen Risiken (z.B.

Schwankungen von Währungskursen, Zinsen, Rohstoffpreisen, Umsätzen) wird von der Normalverteilung ausgegangen.

Die Parameter sind:

- Erwartungswert μ : gibt die Lage des Maximums der Normalverteilung an. Bei Eingabe eines Prozentwertes wird der absolute Wert in der rechten Text-Box entsprechend angezeigt. Bei Eingabe eines absoluten Betrages wird der angepasste prozentuale Wert in der linken Text-Box angezeigt.
- Standardabweichung σ : bestimmt die Breite der Normalverteilung. Der Wert muss > 0 sein. Je größer der Wert ist, desto breiter wird die Kurve
- Breite: hiermit kann die Ausgabe gestaucht bzw. gestreckt werden.

The screenshot shows a software window titled "ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation". It contains several input fields and buttons for configuring a normal distribution simulation.

- Auswahl eines Risikos:** A dropdown menu set to "Absatzmenschwankung".
- Verteilungsfunktion:** A dropdown menu set to "Normalverteilung".
- Angaben als Betrag:** A checkbox that is checked.
- Auswahl einer Position:** A dropdown menu set to "Umsatzerlöse".
- Erwartungswert μ (%):** Input field with "0,00%".
- Standard-Abweichung σ (%):** Input field with "4,00%".
- Angabe des Erwartungswertes:** Input field with "16.000.000".
- Angabe der Standardabweichung:** Input field with "640.000".
- Breite:** Input field with "0,15".
- Status:** A green button labeled "Status = ON".
- Plan-Betrag der Position 1.2:** Text "16.000.000 EUR".
- Risiko wirkt sich auf den Betrag aus:** Input field with "16.000.000,00".
- Funktions-Eigenschaften:** A table showing statistical properties of the distribution.

Funktions-Eigenschaften		
Erwartungswert:	16.000.000,00 EUR	Schiefe: 0,00
	0,000	Wölbung: 0,00
Standardabweichung:	640.000,00 EUR	Varianz: 409.600.000,00 EUR
	0,040	0,002

Buttons at the bottom: Berechnen, Speichern, Diagramm speichern, Beenden.

Abbildung 55: Konfiguration einer Normal-Verteilung

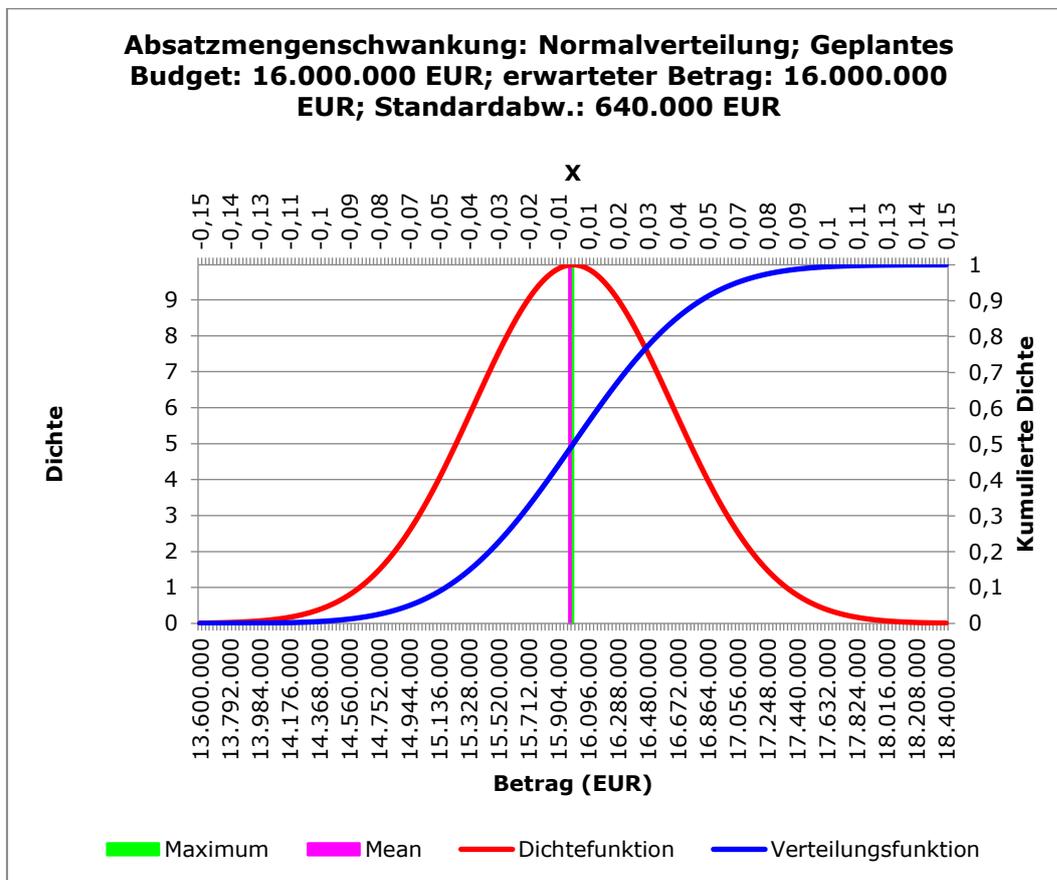


Abbildung 56: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Normal-Verteilung

5.4.6 t-Verteilung

Die t-Verteilung besitzt größere Tail-Wahrscheinlichkeiten als die Normalverteilung, somit lassen sich dadurch Risiken modellieren, bei denen sehr große Gewinne / Verluste häufiger auftreten als unter Normalverteilungsannahmen. Dieser Effekt ist umso stärker, je kleiner die Anzahl der Freiheitsgrade ν ist. Mit wachsendem ν nähert sich die t-Verteilung immer mehr der Standardnormalverteilung an.

Parameter:

- Anzahl Freiheitsgrade: ganze Zahl, muss ≥ 1 sein. Dieser Parameter bestimmt den Anteil der Tail-Verteilung
- Standardabweichung σ : bestimmt die Breite der t-Verteilung. Der Wert muss > 0 sein. Je größer der Wert ist, desto breiter wird die Kurve
- Breite: hiermit kann die Ausgabe gestaucht bzw. gestreckt werden.

ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos: Absatzmenschwankung

Verteilungsfunktion: t-Verteilung

Auswahl einer Position: Umsatzerlöse

Angaben als Betrag

Freiheitsgrad: 10,00

Erwartungswert-Abw. (%): 0,00%

16.000.000

Plan-Betrag der Position 1.2: 16.000.000 EUR

Breite: 4,00

Risiko wirkt sich auf den Betrag aus: 16.000.000,00

Status = ON

Hilfe

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 57: Konfiguration einer t-Verteilung

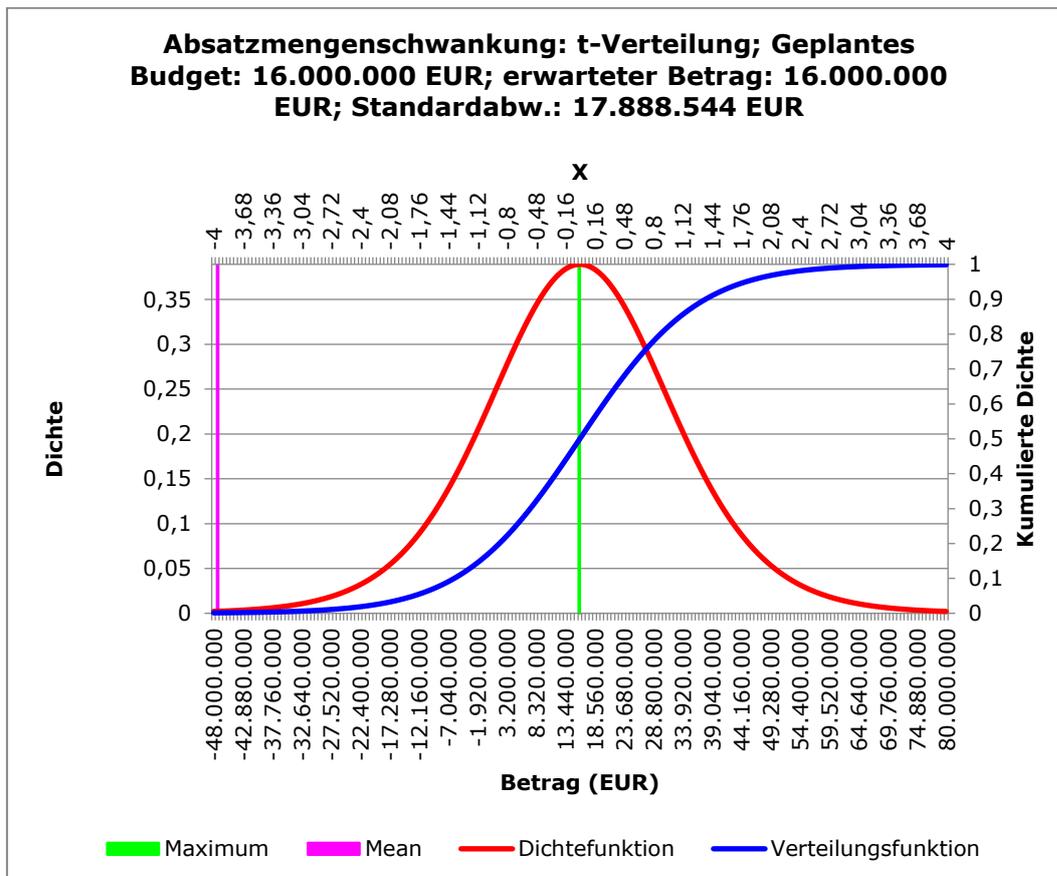


Abbildung 58: Dichte- und Verteilungsfunktion einer t-Verteilung

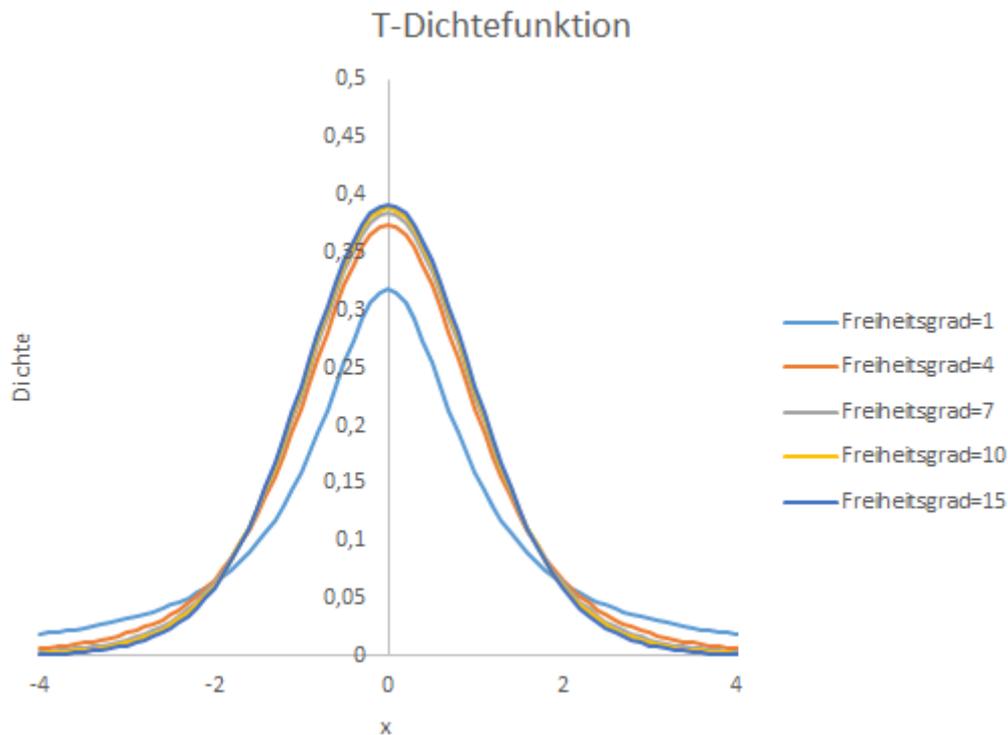


Abbildung 59: Dichten der t-Verteilung für verschiedene Parameterwerte

5.4.7 Weibull-Verteilung

In der Schadenmodellierung wird die Weibull-Verteilung in der Regel nur für $k < 1$ verwendet, und zwar zur Abbildung von Großschäden; für $k > 1$ eignet sich die Modellierung von Kleinschäden.

Parameter:

- Formparameter k : dieser muss > 0 sein. Dieser Parameter bestimmt maßgeblich die Form der Funktion. Beim Spezialfall $k = 1$ ergibt sich eine Exponentialfunktion.
- Skalenparameter λ : auch dieser muss > 0 sein. Je kleiner λ ist, umso mehr wird die Weibull-Verteilung gestaucht.
- Min-X: muss > 0 sein. Wenn dieser Parameter > 0 gesetzt wird, dann wird lediglich der Graph nach rechts verschoben
- Max-X: mit diesem Parameter kann die Anzeige des Graphen nach rechts erweitert werden.

ESG Consulting GmbH: Risiko-Simulation

Auswahl eines Risikos
Absatzmengenschwankung

Auswahl einer Position
Umsatzerlöse

Plan-Betrag der Position 1.2:
16.000.000 EUR

Risiko wirkt sich auf den Betrag aus:
16.000.000,00

Verteilungsfunktion
Weibullverteilung

Formparameter k: 1,50
Skalenparameter λ : 0,30
Min-X: 0,00
Max-X: 1,30

Status = ON Hilfe

Funktions-Eigenschaften

Erwartungswert:	20.333.177,41 EUR 0,271	Schiefe: 1,67	Wölbung: -2,14
Standardabweichung:	2.942.091,80 EUR 0,184	Varianz: 540.994,01 EUR 0,034	

Berechnen Speichern Diagramm speichern Beenden

Abbildung 60: Konfiguration einer Weibull-Verteilung

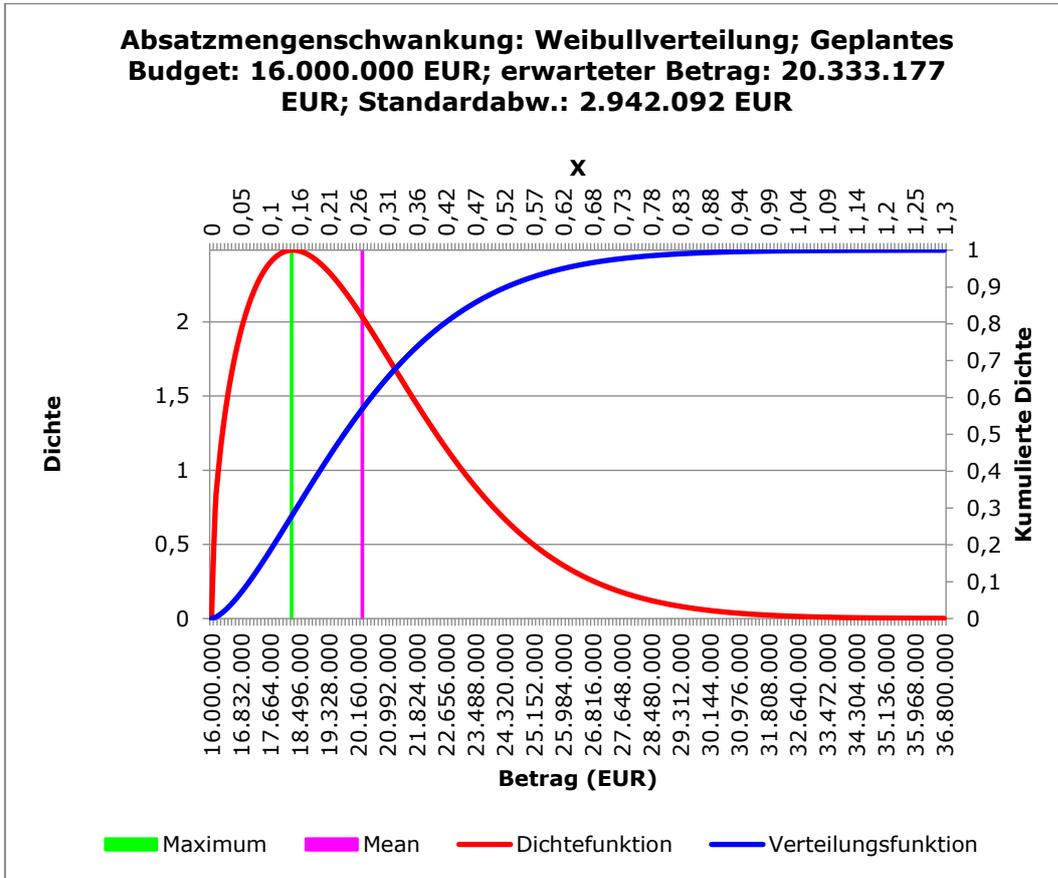


Abbildung 61: Dichte- und Verteilungsfunktion einer Weibull-Verteilung

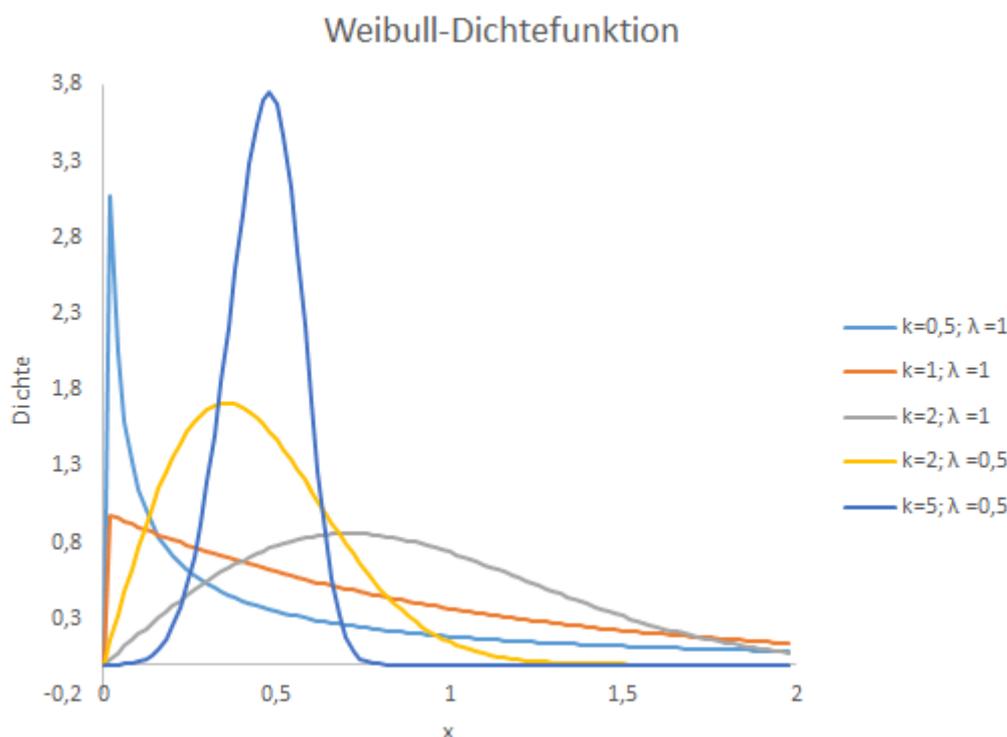


Abbildung 62: Dichten der Weibull-Verteilung für verschiedene Parameterwerte

6. Korrelationen

Die Korrelation beschreibt die lineare Beziehung zwischen zwei oder mehr statistischen Variablen, in diesem Fall von zwei Risiken. Wenn sie besteht, ist noch nicht gesagt, ob eine Größe die andere kausal beeinflusst, ob beide von einer dritten Größe kausal abhängen oder ob sich überhaupt ein Kausalzusammenhang folgern lässt. Die Korrelation ist als normierte Größe auf den Wertebereich zwischen -1 (perfekt negative Korrelation) und +1 (perfekt positive Korrelation) begrenzt.

In MC-ECO basiert die Korrelation von Risiken (Verteilungsfunktionen) auf dem von C. Spearman entwickelten Rangkorrelations-Koeffizienten. Dieser Koeffizient wird, anders als bei einem linearen Korrelationskoeffizienten, unter Verwendung der Werte-Rangordnung und nicht von Werten selbst berechnet. Im Gegensatz zu der von K. Pearson entwickelten Methode, bei der der dazugehörige Test für den Korrelationskoeffizienten an die Normalverteilung beider Variablen (Risiken) gebunden ist, ist die hier verwendete Methode nach C. Spearman verteilungsunabhängig, d.h. es können ganz beliebige Verteilungstypen in Korrelationen gebracht werden. In MC-ECO wurde der Algorithmus nach Iman-Conover umgesetzt.

6.1 Korrelationen konfigurieren

Korrelationen zwischen Risiken definiert man im Arbeitsblatt „Korrelationen“ durch Benutzen der Schaltfläche „Korrelationen konfigurieren“. Es öffnet sich der Konfigurations-Dialog:

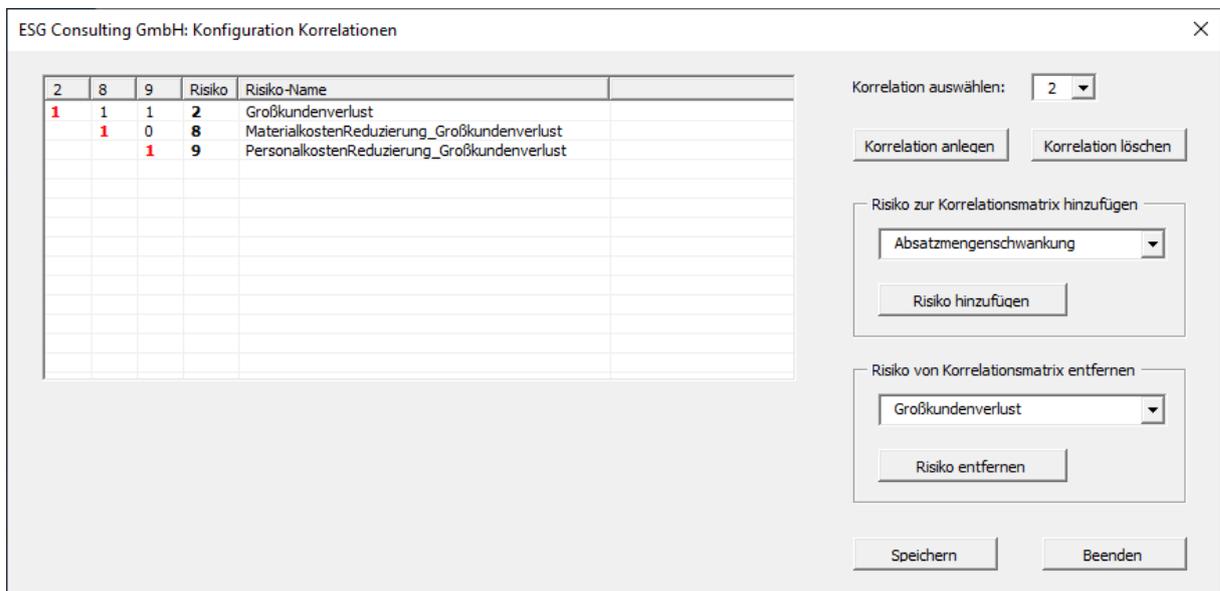


Abbildung 63: Dialog zum Konfigurieren von Korrelationen

In der linken Hälfte werden die korrelierten Risiken aufgezeigt. Mit den Schaltflächen und Auswahlfeldern auf der rechten Seite des Dialogs können die Korrelationen konfiguriert werden.

6.1.1 Korrelationsmatrix

Korrelationen zwischen Risiken werden als Matrix abgebildet. Ein Risiko darf nur 1-mal in einer Korrelationsmatrix aufgeführt sein. Innerhalb einer Korrelationsmatrix kann ein Risiko Korrelationen mit mehreren in der Matrix aufgeführten Risiken haben. Da die Berechnung von Korrelationen rechenaufwändig ist, sollte eine eigene Korrelationsmatrix je korrelierter Risiken aufgebaut werden. Wenn jedoch ein Risiko Korrelationen mit mehreren Risiken hat, dann müssen diese Beziehungen alle in einer Matrix definiert werden.

Wenn der Status eines Risikos auf „OFF“ steht (wenn dies also nicht in die Monte-Carlo-Simulation mit der hierfür definierten Verteilungsfunktion eingehen soll), dann wird der Name des Risikos rot dargestellt. Dieses Risiko wird bei der Korrelationsberechnung dann auch nicht berücksichtigt.

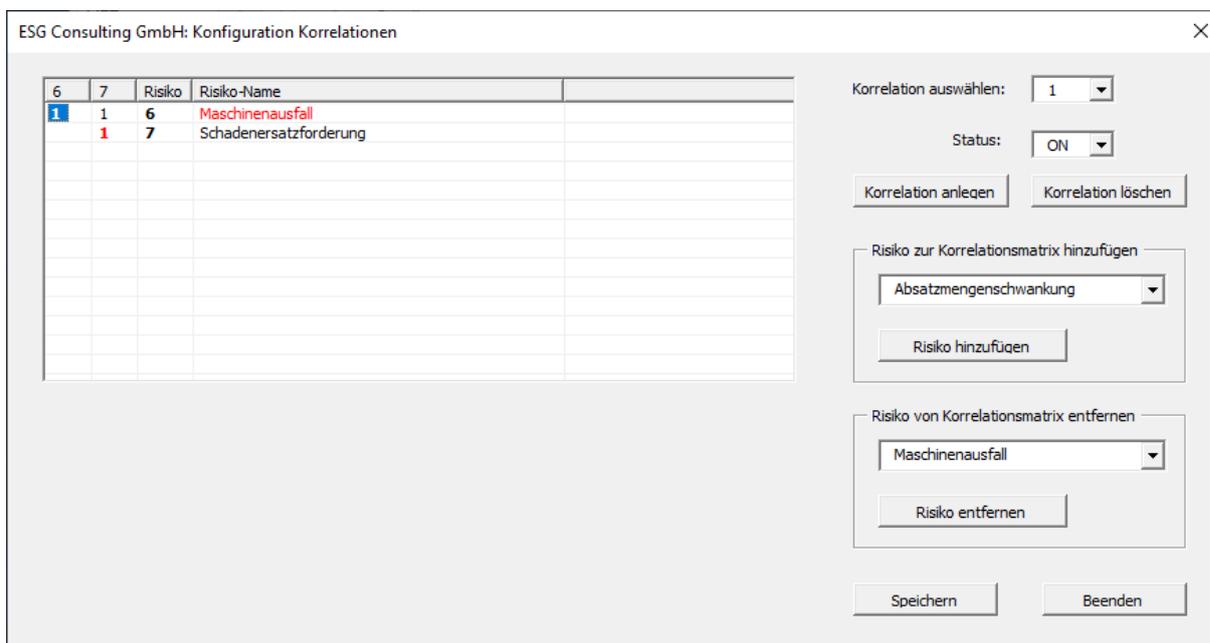


Abbildung 64: Risiko mit Status "OFF" wird rot markiert

Eine Korrelationsmatrix muss mindestens 2 Risiken besitzen, ansonsten gibt es auch keine Korrelation. Auch wenn eine Korrelationsmatrix aus n Risiken besteht, jedoch n-1 Risiken den Status „OFF“ besitzen, dann wird die Korrelationsmatrix nicht in der Berechnung der Korrelationen berücksichtigt.

Die Spaltenbezeichnungen sind wie folgt aufgebaut:

In der letzten Spalte sind die Namen der Risiken aufgeführt.

In der vorletzten Spalte sind die Risiko-Nummern in der Reihenfolge aufgeführt, wie sie in den ersten Spalten definiert wurden (in Abbildung 64 die Risiken 6, 7 und 9).

6.1.2 Konfigurationsmöglichkeiten von Korrelationen

Mit dem Dialog können mehrere sog. Korrelationsmatrizen konfiguriert werden.

6.1.2.1 Korrelation auswählen

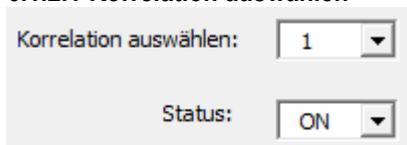


Abbildung 65: Auswahlfeld zum Auswählen einer bestehenden Korrelationsmatrix

Hiermit kann eine aus ggf. mehreren Korrelationen ausgewählt werden. Wurde noch keine Korrelationsmatrix definiert, dann ist dieses Auswahlfeld leer.

Eine Korrelation kann entweder den Status „ON“ oder „OFF“ haben. Bei Auswahl einer Korrelation wird immer der entsprechende Status angezeigt. Über das Auswahlfeld „Status“ kann der Status entweder auf „ON“ oder auf „OFF“ gesetzt werden. Wenn der Status auf „OFF“ ist, wird die Korrelationsmatrix nicht bei der Monte-Carlo-Simulation als Korrelation berücksichtigt; die dort hinterlegten Risiken werden dann als unkorrelierte Risiken simuliert.

6.1.2.2 Korrelation anlegen

Eine neue Korrelation kann mit der Schaltfläche „Korrelation anlegen“ angelegt werden. Danach erscheint die Nummer 1 im Auswahlfeld „Korrelation auswählen“. Das Feld mit der Korrelationsmatrix (linke Seite) ist noch leer.

6.1.2.3 Korrelation löschen

Mit der Schaltfläche kann man die Korrelation, die gerade ausgewählt ist, löschen. Damit man eine Korrelation nicht aus Versehen löscht, wird der Benutzer nochmals gefragt, ob er tatsächlich diese Korrelation löschen möchte.

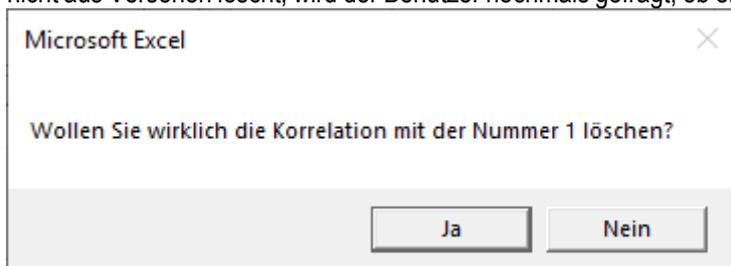


Abbildung 66: Abfrage, ob die ausgewählte Korrelation wirklich gelöscht werden soll

Wenn man „Ja“ betätigt, wird die Korrelation gelöscht.

6.1.2.4 Risiko zu einer Korrelationsmatrix hinzufügen

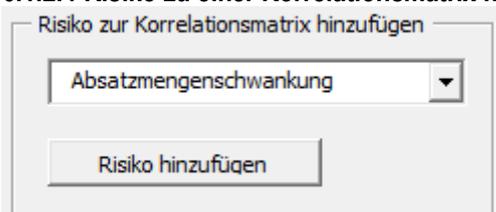


Abbildung 67: Risiko zu einer Korrelationsmatrix hinzufügen

In dem Auswahlfeld werden die Risiken aufgeführt, die noch nicht einer der ggf. mehreren Korrelationsmatrizen zugeordnet wurden. Wenn bereits alle Risiken einer der ggf. mehreren Korrelationsmatrizen zugeordnet wurden, dann ist das Auswahlfeld leer. Mit Betätigen der Schaltfläche „Risiko hinzufügen“ wird das im Auswahlfeld sichtbare Risiko der aktuell ausgewählten Korrelationsmatrix hinzugefügt.

6.1.2.5 Risiko von Korrelationsmatrix entfernen

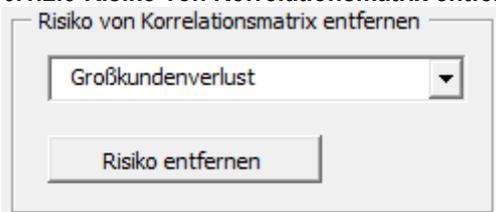


Abbildung 68: Risiko von einer Korrelationsmatrix entfernen

In dem Auswahlfeld werden die Risiken aufgelistet, die der aktuellen Korrelationsmatrix zugeordnet wurden. Durch Betätigen der Schaltfläche „Risiko entfernen“ wird das im Auswahlfeld sichtbare Risiko aus der Korrelationsmatrix entfernt. Wurde der Korrelationsmatrix noch kein Risiko zugeordnet, ist das Auswahlfeld leer.

6.1.2.6 Korrelationsmatrix speichern

Erst durch Betätigen der Schaltfläche „Speichern“ werden die Änderungen an der aktuellen Korrelationsmatrix in das Arbeitsblatt „Korrelationen“ geschrieben. Dies betrifft das Hinzufügen und Entfernen von Korrelationen wie auch das Hinzufügen und Entfernen von Risiken zu/aus einer Korrelationsmatrix.

6.2 Korrelationswerte bearbeiten

Die Werte einer Korrelationsmatrix können nicht in dem Dialog „Korrelation konfigurieren“ bearbeitet werden. Daher müssen diese direkt in dem Arbeitsblatt definiert werden.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	6	7						
2	1	1	6	Maschinenausfall				
3		1	7	Schadenersatzforderung				
4								
5	2	8	9					
6	1	0,7	0,7	2	Großkundenverlust			
7		1	0	8	MaterialkostenReduzierung_Großkundenverlust			
8			1	9	PersonalkostenReduzierung_Großkundenverlust			

Abbildung 69: Beispiel zweier Korrelationsmatrizen im Arbeitsblatt

An der Struktur der Korrelationen darf nichts manuell verändert werden. Korrelationen und deren Aufbau müssen immer über den Dialog bearbeitet werden.

Jede Korrelationsmatrix muss durch genau eine Zeile getrennt sein! Wenn dies verändert wird, kann es zum Absturz des Programmes führen.

In der ersten Zeile einer jeden Korrelation stehen die Nummern der Risiken, die einer Korrelationsmatrix zugeordnet sind.

Wenn 3 Risiken zugeordnet wurden, dann beinhalten die folgenden 3 Zeilen die Risiken und deren Korrelationswerte.

In der letzten Spalte einer jeden Korrelationsmatrix befinden sich die Namen der Risiken, in der Spalte zuvor die jeweiligen Risiko-Nummern. Die Risiko-Nummern sind in schwarzer Farbe und fett markiert.

Die Werte der Hauptdiagonalen der Matrix (Risiko x aus der Vertikalen entspricht dem Risiko x aus der Horizontalen) sind rot markiert und besitzen den Wert 1. Dieser Wert darf auf keinen Fall verändert werden.

Nur die Felder mit dem grünen Hintergrund dürfen verändert werden. Der Wertebereich ist von -1 bis +1.

Positive Werte werden als positive, negative Werte als negative Korrelation bezeichnet.

Erläuterung zu Abbildung 69:

Erste Korrelationsmatrix: diese definiert eine Korrelation zwischen den Risiken 6 und 7. Es ist eine 50%ige positive Korrelation zwischen den beiden Risiken definiert (bei einem Maschinenausfall kann mit einer 50%igen Wahrscheinlichkeit mit einer Schadensersatzforderung wegen Lieferverzug gerechnet werden).

Zweite Korrelationsmatrix: hier sind 3 Risiken zugeordnet, nämlich die Risiken 2, 8, und 9. Zwischen den Risiken 2 und 8 und den Risiken 2 und 9 besteht jeweils eine 100%ige Korrelation (bei einem Großkundenausfall reduzieren sich auf jeden Fall die variablen und die Fix-Kosten). Hingegen haben die Risiken 8 und 9 keinerlei Abhängigkeiten. Hier hätten wir z.B. dann eine Abhängigkeit, wenn im Rahmen von Umstrukturierungen Eigenproduktionen an externe Lieferanten ausgelagert würden.

6.2.1 Einschränkungen bei Korrelationswerten

Der Algorithmus zur Berechnung der Korrelationen nach Iman-Conovor basiert unter anderem auf der sog. Cholesky-Faktorisierung. Diese Cholesky-Zerlegung bezeichnet in der numerischen Mathematik eine Zerlegung einer symmetrischen positiv definiten Matrix in ein Produkt aus einer unteren Dreiecksmatrix und deren Transponierten. Bei einer Korrelationsmatrix mit mehr als 2 involvierten Risiken kann es bei Werten zu nahe an 1 zu einer negativen Matrix kommen, wodurch eine weitere Bearbeitung der Korrelationsmatrix nicht möglich ist. In solch einem Fall wird ein Hinweis wie in Abbildung 70 angezeigt und der Simulationslauf wird abgebrochen.

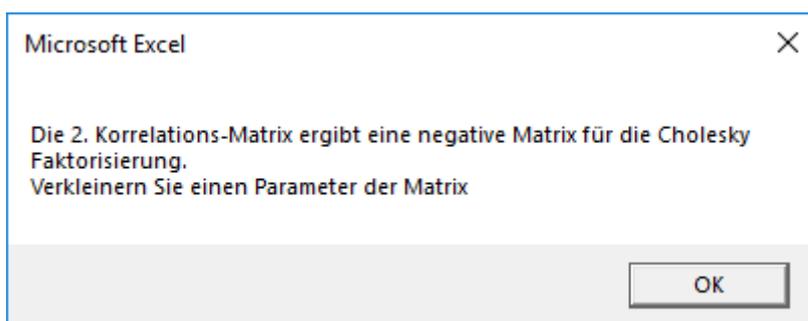


Abbildung 70: Fehlerhinweis bei einer negativen resultierenden Matrix

Wenn zum Beispiel in der 2. Korrelationsmatrix aus Abbildung 69 die Risiken 8 und 9 einen Korrelationswert von 0,9 mit dem Risiko 2 haben, wird diese Meldung ausgegeben. Reduziert man die Werte auf 0,7, kann die Cholesky-Zerlegung durchgeführt und damit auch die gesamte Korrelation berechnet werden.

6.3 Korrelationsdiagramme

Im Konfigurations-Dialog (siehe Abbildung 88) kann man definieren, ob je Korrelationsmatrix ein entsprechendes Korrelations- bzw. Streudiagramm ausgegeben werden soll. Bei Korrelationen von Risiken mit stetigen Verteilungsfunktionen existieren stetig verteilte Korrelationen mit einer gleichmäßigen Verteilung. Bei diskreten Verteilungsfunktionen (z.B. Gleichverteilung) mit stetigen Schadens-Verteilungen gibt es disrupte Bereiche der Streuungen. Bei diskreten Verteilungsfunktionen mit diskreten Schadensverteilungen kann es nur punktuelle Bereiche (in den jeweiligen Ecken des Streudiagramms) geben.

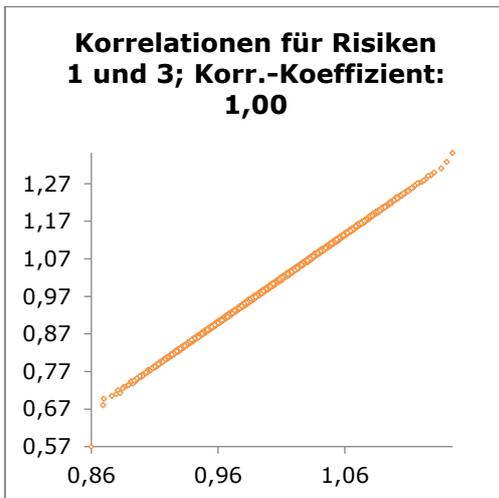


Abbildung 71: Korrelation mit Wert 1 für zwei stetige Verteilungsfunktionen

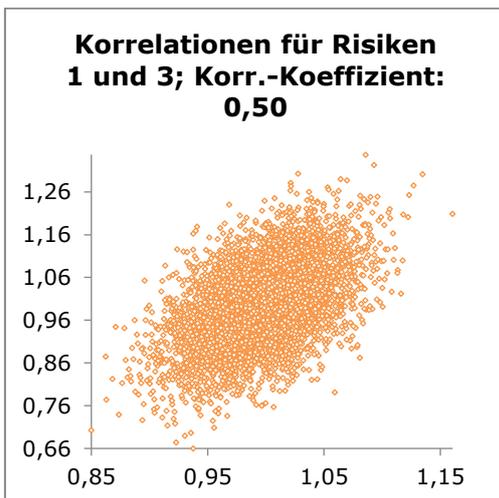


Abbildung 72: Korrelation mit Wert 0,5 für zwei stetige Verteilungsfunktionen

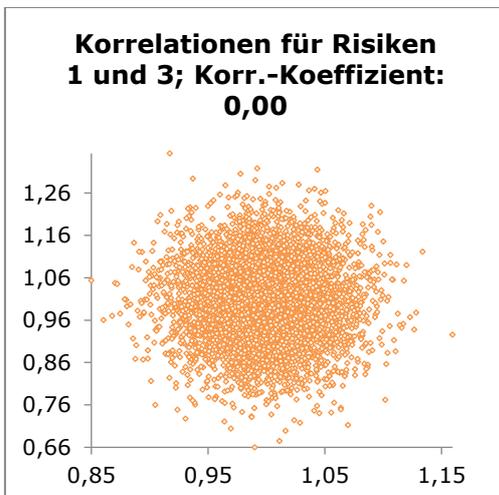


Abbildung 73: Korrelation mit Wert 0 für zwei stetige Verteilungsfunktionen

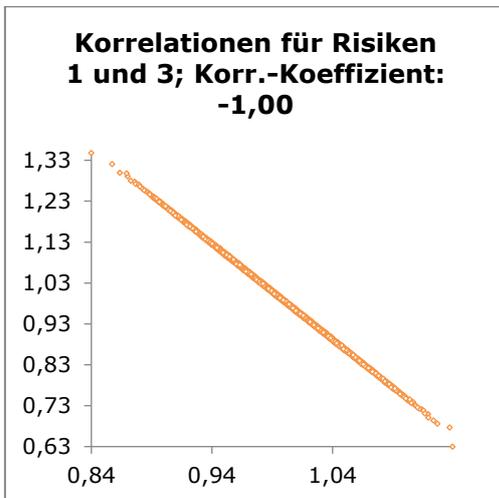


Abbildung 74: Korrelation mit Wert -1 für zwei stetige Verteilungsfunktionen

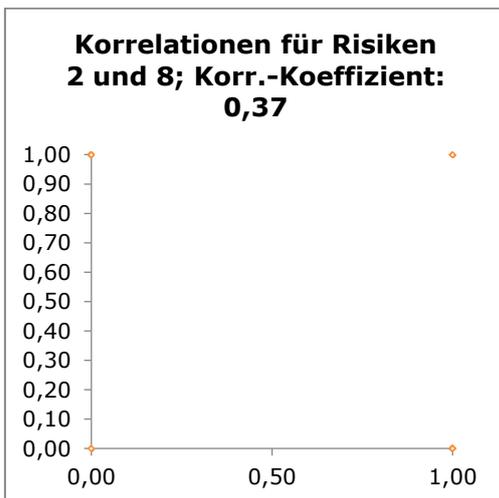


Abbildung 75: Korrelation diskreter Verteilungs- und Schadensfunktionen

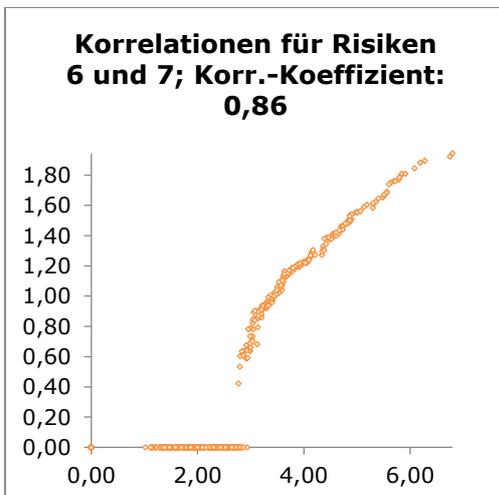


Abbildung 76: Korrelation diskreter Verteilungs- und stetigen Schadensfunktion

7. Expertenschätzung

Während einer Projektplanung werden Arbeitspakete geschätzt, oder während einer Unternehmensplanung werden Umsätze und andere Positionen geschätzt. Wenn man zur Schätzung eines Risikos noch über keine historischen Daten verfügt, kann man die Unsicherheit durch Experten schätzen lassen, um daraus Risiko-Parameter abzuleiten.

7.1 Expertenschätzung im Modell anlegen

Mit dem Thema „Experten-Schätzung“ wird die Möglichkeit geboten, n Unterpositionen anzulegen. Jede Unterposition wird mit dem gleichen Ausgangsplanwert belegt. Zusätzlich werden im Arbeitsblatt n Risiken angelegt. Jedes dieser neu angelegten Risiken bekommt seine eigene Referenz auf die entsprechende Unterposition.

Im Modell-Konfigurations-Dialog (erreichbar über die Schaltfläche „Modell konfigurieren“) können gesammelt Unterpositionen angelegt werden.

Abbildung 77: Anlegen von Modell-Positionen für die Expertenschätzung

Hierbei sind der Titel der Expertenschätzung, die Anzahl der Experten-Schätzungen und der Plan-Betrag der Position anzugeben. Durch Betätigen der Schaltfläche „Positionen anlegen“ werden die neuen Positionen und jeweils zugehörige Risiken angelegt.

Nr	Position	Titel	Betrag	Restwert
3	3.1	Umsatzschwankung	30.000.000 €	0 €
	3.2	UP 1: Umsatzschwankung	10.000.000 €	
	3.3	UP 2: Umsatzschwankung	10.000.000 €	
	3.4	UP 3: Umsatzschwankung	10.000.000 €	

Abbildung 78: Angelegte Modell-Positionen für die Expertenschätzung

Gleichzeitig werden jeweils pro Expertenschätzung-Position die Risiken angelegt, vorbelegt mit einer Dreiecksverteilung.

Nr	Status	Risiko	Bezieht sich auf Position	Dichte-Funktion
1	ON	Risiko: UP 1: Umsatzschwankung	3.2	Dreiecksverteilung
2	ON	Risiko: UP 2: Umsatzschwankung	3.3	Dreiecksverteilung
3	ON	Risiko: UP 3: Umsatzschwankung	3.4	Dreiecksverteilung

Abbildung 79: Für die Expertenschätzung angelegte Risiken

Jetzt können die Experten jeweils für ihre Schätzung in dem jeweiligen Risiko eine Bandbreite mit „Minimaler Wert“, „Wahrscheinlichster Wert“ und „Maximaler Wert“ eingeben. Die geschätzten Parameter müssen im Dialog „Risiko

konfigurieren“ gespeichert werden. Diese Information wird später im Bereich „Simulation starten“ genutzt, um aus den einzelnen Experten-Schätzungen eine aggregierte Wahrscheinlichkeitsverteilung zu bestimmen.

7.2 Simulation erstmalig für die Expertenschätzung durchführen

Im Simulations-Dialog muss zuerst eine Simulation durchgeführt werden.

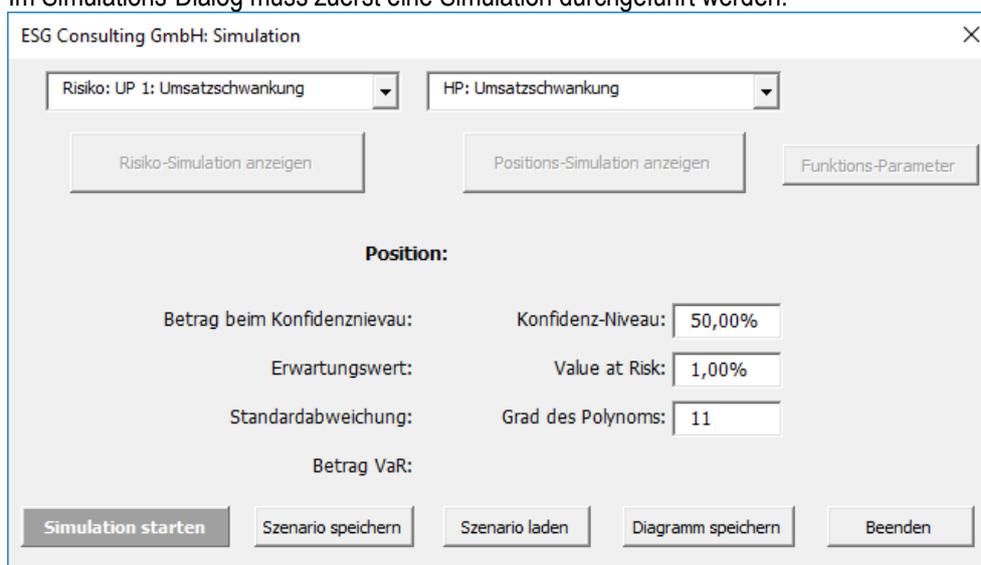


Abbildung 80: Simulation vor der Expertenschätzung durchführen

Danach wird die Schaltfläche „Funktions-Parameter“ verfügbar sein. Die Hauptposition der Expertenschätzungen muss in dem Drop-Down-Feld rechts oben ausgewählt sein.

7.3 Funktionsparameter für die Expertenschätzung bestimmen

Nach Betätigen der Schaltfläche „Funktionsparameter bestimmen“ wechselt das Tool in das Arbeitsblatt „Solver“. Zuvor kann jedoch eine Verteilungsfunktion ausgewählt werden.

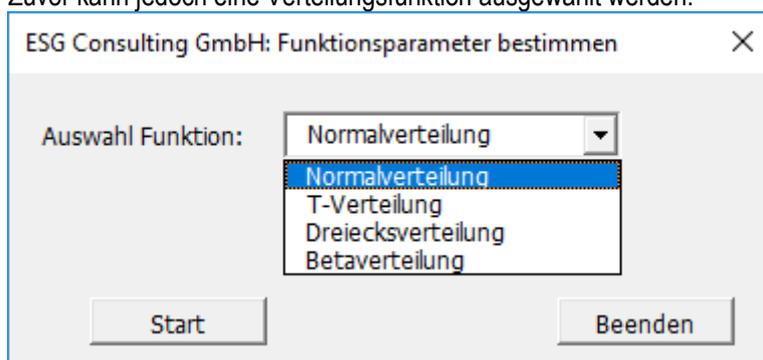


Abbildung 81: Verteilungsfunktion für die aggregierte Expertenschätzung

Durch Betätigen der Schaltfläche „Start“ wird die „Fitting“-Routine im Arbeitsblatt „Solver“ gestartet. Der nicht-modale Simulations-Dialog kann geschlossen werden, muss aber nicht.

7.4 Ausgabe der Fitting-Ergebnisse

Die Berechnung wird grafisch und numerisch ausgegeben.

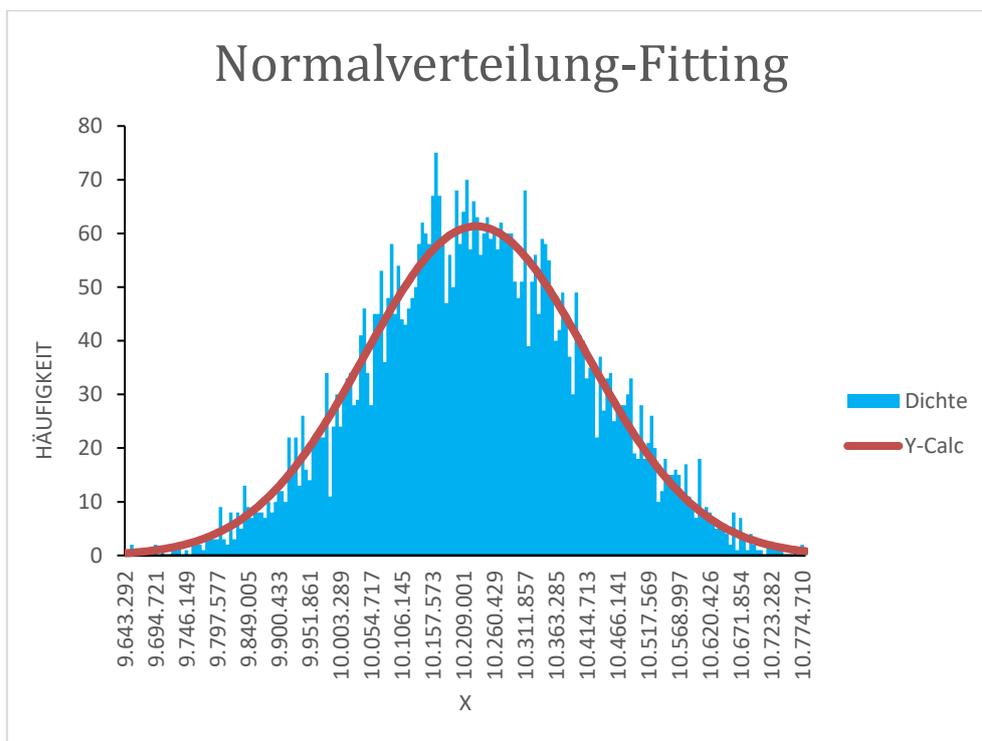


Abbildung 82: Aggregierte Dreiecksfunktionen, gefittet durch eine Normalverteilung

Die numerische Ausgabe befindet sich im linken oberen Teil des Arbeitsblatts.

Erwartungswert:	10.219.783,91	2,15%	Normalverteilung-Fitting	
Std-Abweichung:	202.559,90		R-Wert:	0,980477024

Abbildung 83: numerische Ausgabe der Fitting-Routine

Für die gewählte Normalverteilung können die Parameter für ein Risiko „Umsatzschwankung“, welches dann anzulegen wäre (oder schon angelegt wurde) übernommen werden:

- Erwartungswert (2,15% bzw. 10.2019.784 EUR)
- Standardabweichung (202.560 EUR)

Der R-Wert gibt an, wie gut die Normalverteilungsfunktion an die Expertenschätzung angenähert werden könnte. Je näher bei 1, desto besser ist die Anpassung.

7.5 Manueller Eingriff in die Fitting-Routine

Die Fitting-Routine basiert auf dem „Solver“ von MS-Excel. Es kann vorkommen, dass die von den Verteilungsfunktionen bereitgestellten Ausgangsparameter zu keinem Minimum der Least-Square-Routine des Solver führen. Als Fitting-Routine wurde in folgendem Beispiel eine Betaverteilung gewählt. Der Solver findet kein Minimum, wie in den folgenden beiden Abbildungen zu sehen ist.

	A	B	C	D	E
1	Alpha:	1,70		Betaverteilung-Fitting	
2	Beta:	6,00		R-Wert:	5,98%
3	Faktor:	17,42			
4	X-Min:	9.704.197,97			
5	X-Max:	10.865.082,44			
6	Geplanter Betrag:	10.000.000,00			

Abbildung 84: Solver findet kein Minimum (der R-Wert ist negativ)

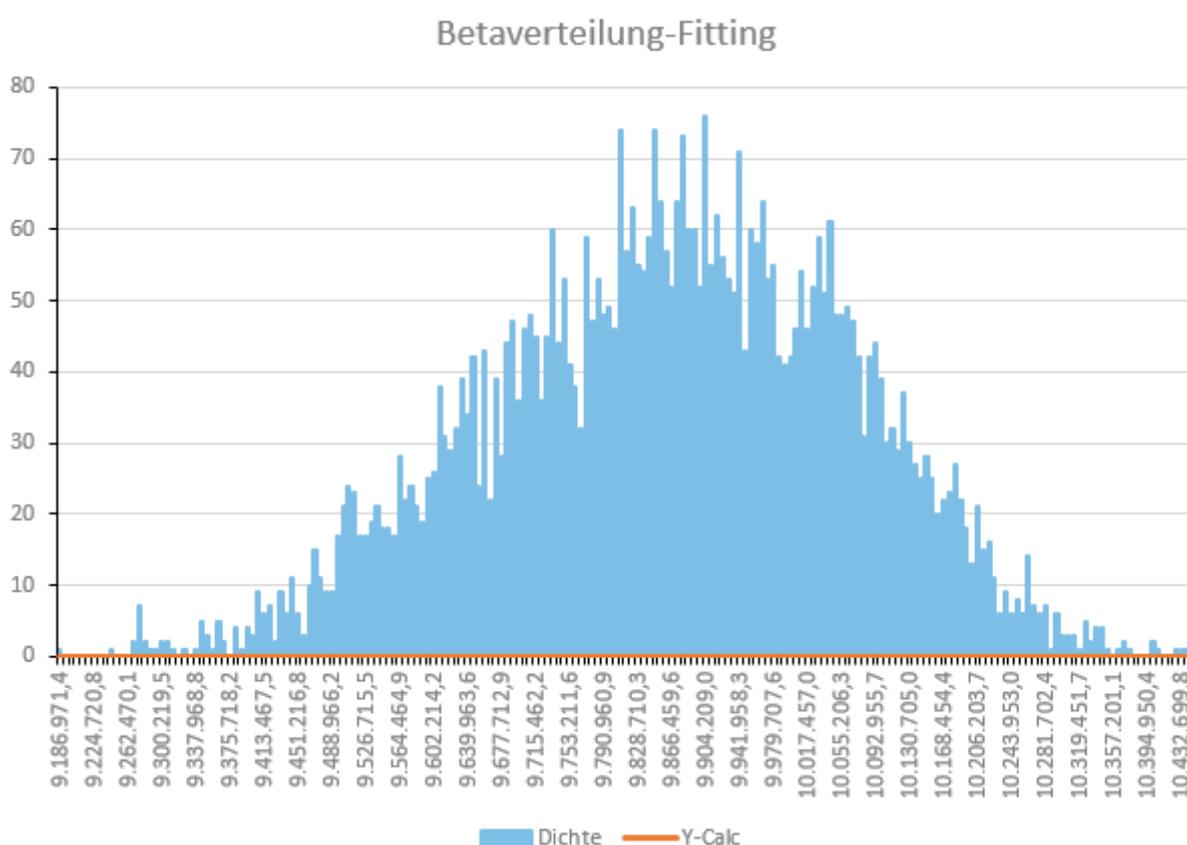


Abbildung 85: Für die Beta-Verteilung konnten keine validen Parameter gefunden werden

Es besteht jetzt die Möglichkeit, den „Faktor“ aus Zelle B3 zu modifizieren, in der Hoffnung, dass der Solver auf ein Minimum fitten kann. In Zelle B5 sieht man den maximalen Betrag der simulierten Werte (im Beispiel hier 10.865.082). Diesen Wert kann man nun in die Zelle rechts neben den Faktor (in diesem Beispiel in Zelle C3) kopieren und anschließend den Start-Knopf in dem Dialog „Funktionsparameter bestimmen“ drücken. Jetzt findet der Solver eine bereits bessere Anpassung. Wenn diese noch nicht gut genug ist, kann man noch Anpassungen in der Zelle C3 machen. Unmittelbar darauf wird die geglättete Funktion nebst R-Wert angepasst. Anschließend muss

wieder der Start-Knopf des Dialogs gedrückt werden, damit auch die Funktionsparameter (blau hinterlegte Werte) angepasst werden.

	A	B	C	D	E
1	Alpha:	1,70		Betaverteilung-Fitting	
2	Beta:	6,00		R-Wert:	#ZAHL!
3	Faktor:	17,42	10865082		
4	X-Min:	9.704.197,97			
5	X-Max:	10.865.082,44			
6	Geplanter Betrag:	10.000.000,00			

Abbildung 86: Manuelle Anpassung des Faktors

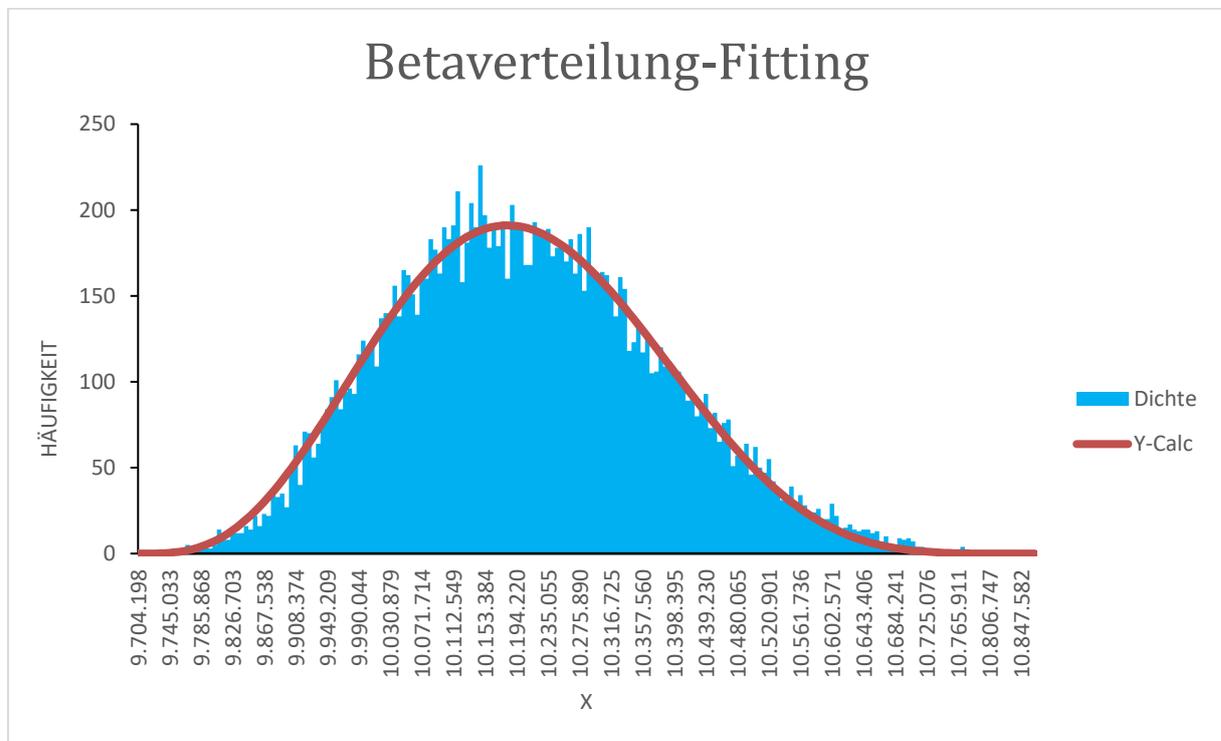


Abbildung 87: Gefittete Kurve nach dem manuellen Eingriff

8. Grund-Konfiguration

Im Arbeitsblatt „Modell“ kann über die Schaltfläche „Konfiguration“ der Konfigurations-Dialog (siehe Abbildung 88) aufgerufen werden. Mit diesem lassen sich verschiedene globale Konfigurationen durchführen.

	Links	Oben	Breite	Höhe	Ausrichtung Risiko-Charts:	
Einzel-Risiko-Chart:	526	0	550	400	vertikal	Zelle auswählen
Simu-Verteilung-Chart:	642	135	600	400	vertikal	Zelle Auswählen
Gantt-Chart:	1202	120	600	400	vertikal	Zelle Auswählen

Abbildung 88: Konfigurations-Dialog

Durch Ändern eines Wertes wird dieser sofort in die interne Konfigurations-Datenbank des Tools geschrieben und ist somit in allen Bereichen sofort verfügbar.

8.1 Anzahl Schritte für die Simulation und die Grafiken

Anzahl Simulations-Schritte: 5000 Anzahl Diagramm-Schritte: 200

Abbildung 89: Konfiguration der Anzahl Schritte

Die Anzahl Schritte für die Simulation definiert, wie viele Szenarien, also Anzahl Simulationen, durchgeführt werden sollen. Eine ausreichende Anzahl von Simulationen ist notwendig, um hieraus stabile Verteilungen und Statistiken abzuleiten.

Die Anzahl Schritte im Diagramm legt fest, wie hoch aufgelöst eine Grafik (Histogramm) für die Simulationsergebnisse dargestellt werden soll.

8.2 Dimensionen

Dimensionen

Format im Modell: Format im Chart:

Dimension:

Abbildung 90: Konfiguration der Dimensionen

Mit der Konfiguration eines Modell-Typen (siehe Kap. 4) wird eine dafür vorgesehene Format-Konfiguration durchgeführt. Die Formate können über diesen Dialog angepasst werden.

Format im Modell: die Format-Anpassung wirkt auf die textuelle Ausgabe im Arbeitsblatt „Simulation“.

Format im Chart: hiermit können die Formate in den Diagrammen geändert werden.

In einem Projektverzögerungs-Szenario ist standardmäßig die Ausgabe in Wochentagen:

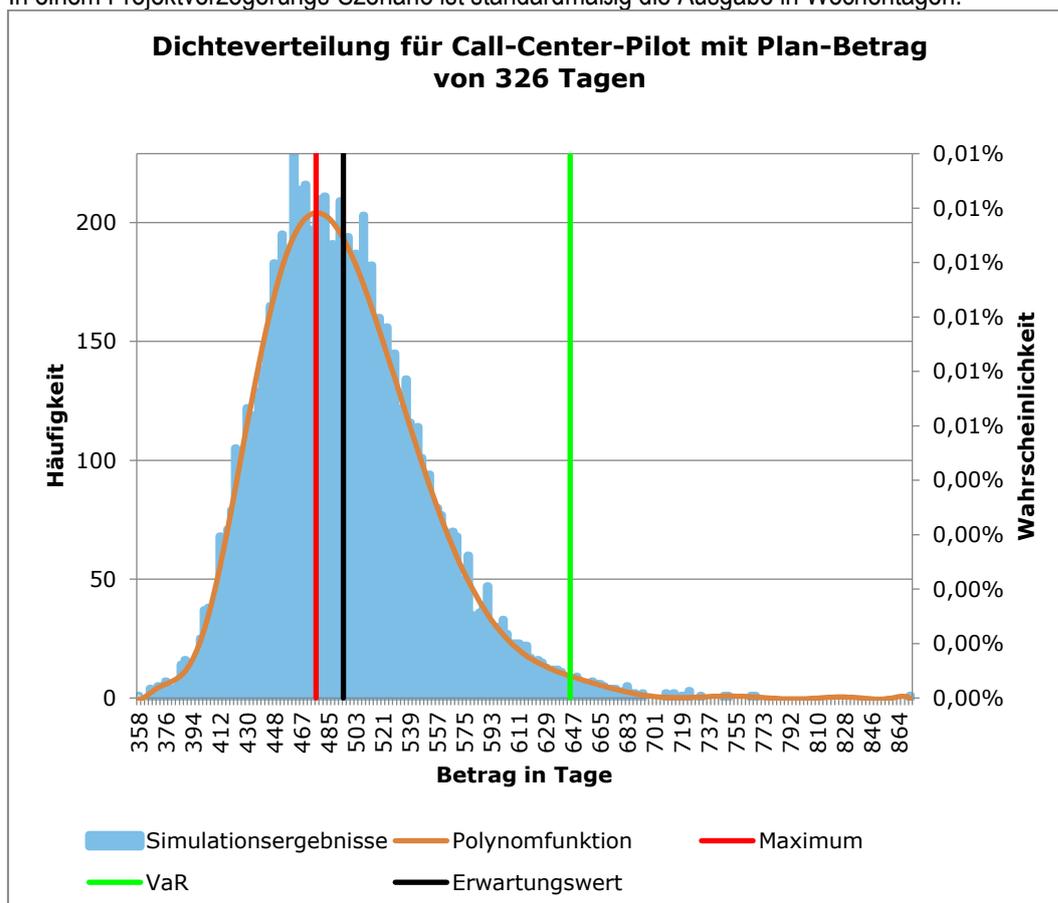


Abbildung 91: Ausgabe der Simulationsergebnisse in Tagen

Wählt man in der Konfiguration nun die Dimension „dd.mm.yyyy“, so wird das Ergebnis als Datum ausgegeben.

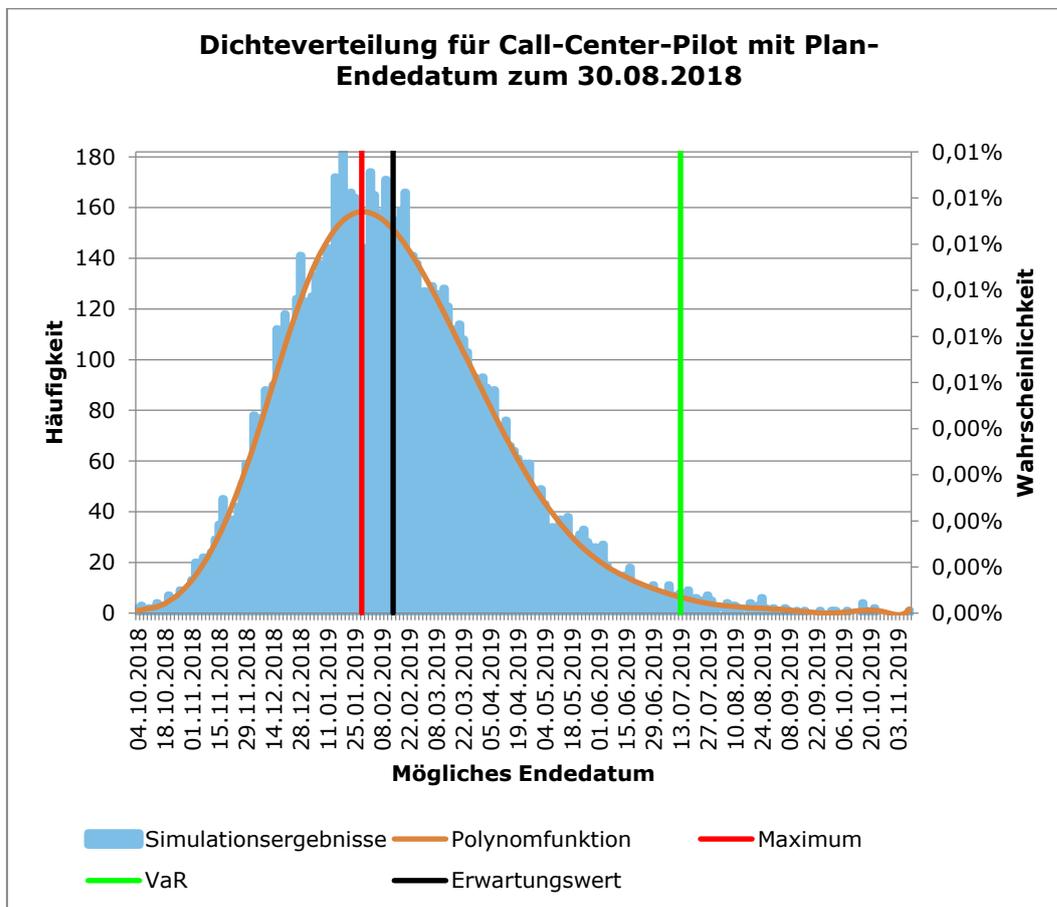


Abbildung 92: Ausgabe der Simulationsergebnisse mit Datum

Dimension: Dies bestimmt, um welche Art einer Dimension es sich handelt. Die Dimension wird in den Grafiken als Text-Ausgabe verwendet. Es stehen die Dimension EUR, Tage, \$ und „ „ (Leerzeichen) zur Verfügung.

8.3 Default-Parameter der Dichtefunktionen

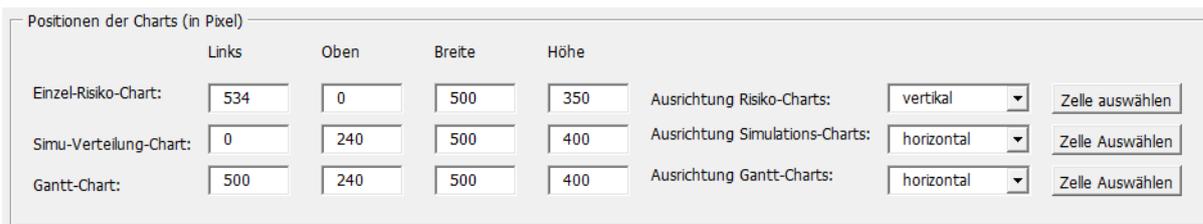
Default-Werte für Dichtefunktionen

P :
 Q :
 Min-X :
 Max-X :

Abbildung 93: Konfiguration der Dichtefunktions-Parameter

Die Default-Parameter, welche in einer Tool-internen Datenbank gespeichert sind, können hierüber pro Verteilungsfunktion festgelegt bzw. geändert werden. Die Default-Werte werden beim Anlegen eines Risikos verwendet.

8.4 Positionierung der Diagramme



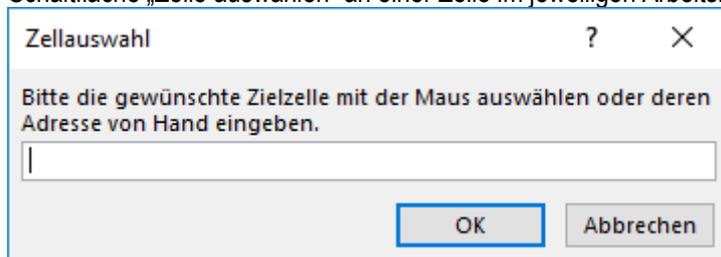
	Links	Oben	Breite	Höhe	Ausrichtung	Buttons
Einzel-Risiko-Chart:	534	0	500	350	vertikal	Zelle auswählen
Simu-Verteilung-Chart:	0	240	500	400	horizontal	Zelle Auswählen
Gantt-Chart:	500	240	500	400	horizontal	Zelle Auswählen

Abbildung 94: Konfiguration der Positionierung der Diagramme

Die Risiko-, Simulationsdiagramme und im Fall vom Modelltyp Projektplan Gantt-Charts können hierüber positioniert werden.

Ausrichtung: vertikal bedeutet, dass die beiden Simulations-Diagramme untereinander ausgerichtet werden. Bei horizontal werden diese nebeneinander ausgerichtet.

Die Diagramm-Positionen können entweder über Pixel-Werte bestimmt werden, oder die Position kann über die Schaltfläche „Zelle auswählen“ an einer Zelle im jeweiligen Arbeitsblatt ausgerichtet werden.



Zellauswahl ? X

Bitte die gewünschte Zielzelle mit der Maus auswählen oder deren Adresse von Hand eingeben.

Abbildung 95: Positionierung eines Diagramms an einer Zelle

9. Finanzrating

Wenn als Modell-Typ „GuV“ gewählt ist, wird das Arbeitsblatt „Finanzrating“ angezeigt. Hiermit kann eine Ersteinschätzung der zu erwartenden Rating-Einstufung des Unternehmens, basierend auf den Finanzkennzahlen durchgeführt werden. Damit in diesem Arbeitsblatt valide Daten angezeigt werden, muss mindestens 1-mal eine Simulation durchgeführt worden sein.

9.1 Finanzkennzahlen Eingabe

In Spalte A und B können die Finanzkennzahlen eingegeben werden. Die dunkelgrün eingefärbten Zellen in Spalte B verweisen auf die entsprechenden Erwartungswerte aus dem Arbeitsblatt „Modell“ (Spalte E). Sofern das Modell (die GuV) gekürzt oder erweitert wird, muss geprüft werden, ob die Verweise noch stimmen. Die hellgrün eingefärbten Zellen müssen manuell ausgefüllt werden.

- **Umsatz:** Diese Zelle verweist auf den Erwartungswert des Ertrags in der GuV (im Arbeitsblatt „Modell“).
- **Umsatzschwankung:** Dies ist die durch die Simulation berechnete Standardabweichung des Erwartungswertes des Ertrags (Spalte F des Ertrags im Modell).
- **Gesamtkosten:** Die Gesamtkosten setzen sich aus allen Kosten-Hauptpositionen in der GuV zusammen. Natürlich können die Verweise auf die jeweiligen Zellen im Modell verändert werden.
- **Davon variable Kosten:** hier gilt dasselbe wie bei den Gesamtkosten. Die Hauptpositionen in der GuV, die als variable Kosten (also keine Personalkosten) gesehen werden, können hier aufgenommen werden.
- **EBITDA (= Gewinn):** verweist auf den Erwartungswert des EBITDA im Modell

9.2 Finanzkennzahlen Ausgabe

In den Spalten D bis G werden die Kennzahlen berechnet. Zur besseren Darstellung folgen einige Abkürzungen:

BS =	Bilanzsumme
EK =	Eigenkapital
EKR =	Eigenkapitalrendite
EKQ =	Eigenkapitalquote
G =	Gewinn
ΔG =	Gewinnschwankung
K =	Gesamtkosten
K_{var} =	variable Kosten
KU =	Kapitalumschlag
PEKR =	Planabweichung der Eigenkapitalrendite
U =	Umsatz
ΔU =	Umsatzschwankung

9.2.1 Einzelkennzahlen

$$\text{Umsatzrendite} = \frac{G}{U}$$

$$\text{Eigenkapitalrendite (ROE)} = \frac{G}{EK}$$

$$\text{Eigenkapitalquote} = \frac{EK}{BS}$$

$$\text{Kapitalumschlag} = \frac{\Delta U}{BS}$$

$$\text{Planabweichung der Eigenkapitalrendite} = EKR * \Delta U * 2$$

$$\text{Zusätzlicher Eigenkapitalbedarf} = \text{Wenn PEKR} > 100\% : (PEKR - 1) * EK$$

$$\text{Soll Eigenkapitalquote} = \Delta U * KU * \left(1 - \frac{K_{\text{var}}}{U}\right)$$

$$\text{EBIT - Marge} = \frac{EBIT}{U}$$

$$\text{Kapitalrückflussquote} = \frac{\text{EBITDA}}{\text{BS}}$$

$$\text{ROCE (Return on Capital Employed)} = \frac{\text{EBIT}}{\text{BS}}$$

$$\text{Zinsdeckungsquote} = \frac{\text{EBIT}}{\text{Zinsaufwand}}$$

$$\text{Dynamischer Verschuldungsgrad} = \frac{\text{Verbindlichkeiten} - \text{Liquide Mittel}}{\text{Cashflow}}$$

$$\text{Verbindlichkeitsrückflussquote} = \frac{\text{Freier Cashflow}}{\text{Verbindlichkeiten}}$$

In Spalte E werden die Ratingnoten für bestimmte Kennzahlen berechnet:

Note	1	2	3	4	5
Eigenkapitalquote	>60%	>35%	>20%	>10%	<= 10%
EBIT-Marge	>15%	>10%	>5%	>0%	<=0%
Kapitalrückflussquote	>25%	>10%	>5%	>0%	<=0%
ROCE	>20%	>10%	>5%	>=0%	<0%
Zinsdeckungsquote	>9	>4	>2,5	>1	<=1
Dynamischer Verschuldungsgrad	0	<1	<4	<8	>=8
Verbindlichkeitsrückflussquote	>20%	>10%	>0%	>-10%	<=-10%

Tabelle 1: Ratingnoten für Finanzkennzahlen

Aus den einzelnen Ratingnoten wird das Gesamt-Rating berechnet. Hierzu wird die Rating-Aufstellung aus den Spalten L bis N verwendet.

9.2.2 Stresstest

Mit den beiden Finanzkennzahlen Gesamtkapitalrendite (ROCE) und Eigenkapitalquote (EKQ) ist eine einfache Abschätzung der Insolvenzwahrscheinlichkeit (InsW) möglich:

$$\text{Insolvenzwahrscheinlichkeit} = \frac{0,265}{1 + e^{-0,41+7,42*EKQ+11,2*ROCE}}$$

Eine weitere einfache Abschätzung der Insolvenzwahrscheinlichkeit ist auch mit den Finanzkennzahlen Eigenkapitalquote (EKQ) und EBIT-Marge (EBITM) möglich.

$$\text{Insolvenzwahrscheinlichkeit} = \frac{0,39}{1 + e^{0,09+10,8*EKQ+7,6*EBITM}}$$

10. Feiertage für die Projektplanung

Sobald „Projektplanung“ als Modell-Typ verwendet wird, wird gleichzeitig auch das Arbeitsblatt „Feiertage“ angezeigt. In diesem Arbeitsblatt können die Feiertage konfiguriert werden; die Anzahl der Einträge ist beliebig

erweiterbar. Die Feiertage werden zur Berechnung der Netto-Arbeitstage und somit auch zur Berechnung der Erwartungswerte des Ende-Datums einer jeden Planungs-Unterposition benötigt.

11. Glossar

Bezeichnung	Erklärung
Dynamischer Verschuldungsgrad	Der dynamische Verschuldungsgrad entspricht den Nettoverbindlichkeiten geteilt durch Cashflows. Er drückt aus, wie viele Jahre die gesamten Cashflows des Unternehmens nötig sind, um die Verbindlichkeiten zurückzuzahlen. Zinssätze, mit denen die Verbindlichkeiten verzinst werden müssen, sind damit nicht abgedeckt.
EBIT-Marge	Sie drückt das Verhältnis zwischen Betriebsergebnis (EBIT) und Umsatz aus. Diese Rentabilitätszahl zeigt, welcher Anteil des Umsatzes dem Unternehmen nach Abzug der operativ nötigen Kosten verbleibt.
Erwartungswert	Der Erwartungswert ist ein derjenige Wert, der sich bei einer häufigen Wiederholung eines Zufallsexperiments als Durchschnitt (arithmetischer Mittelwert) der Ergebnisse ergibt. Er stellt einen grundlegenden Begriff in der Stochastik dar.
Freier Cashflow	Der freie Cashflow drückt die liquiden Mittel aus, die insgesamt für die Bedienung von Eigentümern und Gläubigern zur Verfügung stehen. Im Gegensatz zum Cashflow wird bei der Berechnung des freien Cashflows der Geldabfluss durch Investitionen in Sachanlagen und die Erhöhung des Umlaufvermögens (Forderung aus Lieferung und Leistung und Vorräte) abgezogen.
Gesamtkapitalrendite	Auch ROCE genannt. Sie ist definiert als des Betriebsergebnisses (EBIT) zum betriebsnotwendigen Kapital oder Bilanzsumme. Sie drückt damit die Rendite auf das eingesetzte Kapital aus.
Kapitalrückflussquote	Sie drückt aus, wie viel Prozent des im Unternehmen gebundenen Kapitals (Bilanzsumme, Summe aller Aktiva) innerhalb eines Jahres an Liquidität (EBITDA) zurückfließt, wobei jedoch notwendige Investitionszahlungen nicht betrachtet werden (anders als beim freien Cashflow). Diese Kennzahl kann als finanzielle Flexibilität interpretiert werden.
Konfidenz-Niveau	Das Konfidenzniveau (auch Konfidenzintervall oder Vertrauensbereich genannt) ist ein Begriff aus der mathematischen Statistik. Er sagt etwas über die Präzision der Lageschätzung eines Parameters (zum Beispiel eines Mittelwertes) aus. Das Vertrauensintervall schließt einen Bereich um den geschätzten Wert des Parameters ein, der – vereinfacht gesprochen – mit einer zuvor festgelegten Wahrscheinlichkeit die wahre Lage des Parameters trifft. Ein Vorteil des Konfidenzintervalls gegenüber

	der Punktschätzung eines Parameters ist, dass man an ihm direkt die Signifikanz ablesen kann.
Kurtosis	Siehe Wölbung
Schiefe	Die Schiefe ist ein Kriterium, um zu prüfen, ob eine symmetrische Verteilung vorliegt, das heißt die Wahrscheinlichkeit für positive und negative Abweichungen gleich hoch sind. Da die Normalverteilung eine symmetrische Verteilung ist, hat sie eine Schiefe von null. Eine linksschiefe Verteilung hat einen negativen Wert, eine rechtsschiefe Verteilung einen positiven Wert.
Value at Risk (VaR)	Der VaR als Risikomaß gibt den in Geldeinheiten berechneten Verlust eines Wertes an, der innerhalb eines bestimmten Zeitraums mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit p (Konfidenz-Niveau) nicht überschritten wird. Der VaR gehört zur Gruppe der Downside-Risikomaße und betrachtet als einseitig orientiertes Risikomaß ausschließlich das negative Ende einer Wahrscheinlichkeitsverteilung. Er unterscheidet sich diesbezüglich von Streuungsmaßen wie der Standardabweichung oder der Varianz, die den Grad der Abweichung von einem Erwartungswert messen. Der VaR gibt nicht den maximalen Verlust eines Portfolios an, sondern den Verlust, der mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit (Konfidenzintervall) nicht überschritten wird, durchaus aber überschritten werden kann!
Variationskoeffizient	Der Variationskoeffizient ist eine statistische Kenngröße in der deskriptiven Statistik und der mathematischen Statistik und errechnet sich aus der Standardabweichung der Schadenverteilung dividiert durch den Erwartungswert der Verteilung. Der Koeffizient zeigt die relative Schwankungsbreite und damit den Umfang möglicher Planabweichungen durch Risiken.
Verbindlichkeits-rückflussquote	Sie ist die Relation des freien Cashflows zu den Gesamtverbindlichkeiten.
Wölbung	Die Wölbung, auch Kurtosis genannt, beschreibt die Wölbung der Verteilung und hat für die Normalverteilung den Wert 3. Die Wölbung bringt zum Ausdruck, wie spitz eine Verteilung zuläuft. Eine Wölbung > 3 bedeutet, dass Extremwerte in den äußerst linken und rechten Enden der Verteilung häufiger vorkommen, als es die Normalverteilung annimmt, was als „fat tails“ bezeichnet wird.
Zinsdeckungsquote	Diese Kennzahl stellt das Verhältnis zwischen dem Betriebsergebnis (EBIT) und dem Zinsaufwand, der sich aus der Höhe der Verbindlichkeiten und deren mittleren Zinssatz ergibt, dar. Zur Abdeckung des Zinsaufwands ist es notwendig, dass

mindestens ein Betriebsergebnis (EBIT) in gleicher Höhe vorliegt. Um dies u gewährleisten, ist eine Zinsdeckungsquote von mindestens 1 erforderlich.

Tabelle 2: Glossar

12. Abkürzungen

Abkürzung	Beschreibung
GuV	Gewinn und Verlust Rechnung
MCS	Monte-Carlo-Simulation
ROCE	Return on Capital Employed
VaR	Value at Risk

Tabelle 3: Abkürzungen