

## Microsoft Excel 2016

# Kalkulationen





## Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	<b>3</b>
<b>Die Mehrfachoperation</b> .....	<b>3</b>
Einleitung .....	3
Beispiel.....	3
Mehrfachoperation mit zwei Variablen.....	4
Mehrfachoperation mit nur einer Variablen.....	6
Zum Abschluss noch ein kleiner Tipp.....	7
<b>Die Zielwertsuche</b> .....	<b>8</b>
Einleitung .....	8
Einsatz der Zielwertsuche .....	8
<b>Der Szenario-Manager</b> .....	<b>10</b>
Einleitung .....	10
Szenarien erstellen.....	11
Szenarien bearbeiten.....	13
Szenarien löschen .....	14
Szenarien zusammenführen.....	14
Szenarioberichte erstellen.....	15
<b>Der Solver</b> .....	<b>16</b>
Einleitung .....	16
Solver „installieren“ .....	16
Die Problemstellung (Transportproblem) .....	17
Die Lösung des Transportproblems .....	18
Berichte erstellen.....	20
Auswahl der Lösungsmethode .....	21
Zusätzliche Optionen.....	22
Weitere Informationen zum Solver .....	25

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: <i>Die Rückzahlung im ersten Monat</i> .....	4
Abb. 2: <i>Die Ausgangstabelle für die Mehrfachoperation</i> .....	5
Abb. 3: <i>Das Dialogfeld <b>Datentabelle</b></i> .....	5
Abb. 4: <i>Die fertige Tabelle mit den Ergebnissen der Mehrfachoperation</i> .....	6
Abb. 5: <i>Ausgangstabelle für Mehrfachoperation mit einer Variablen, horizontale Anordnung</i> .....	7

Abb. 6:	<i>Ausgangstabelle für Mehrfachoperation mit einer Variablen, vertikale Anordnung</i> .....	7
Abb. 7:	<i>Die Tabelle für die Zinsberechnung</i> .....	8
Abb. 8:	<i>Dialogfeld <b>Zielwertsuche</b></i> .....	9
Abb. 9:	<i>Dialogfeld <b>Status der Zielwertsuche</b></i> .....	9
Abb. 10:	<i>Dialogfeld <b>Excel-Optionen</b>, Kategorie <b>Formeln</b></i> .....	10
Abb. 11:	<i>Dialogfeld <b>Szenario-Manager</b>, bevor Szenarien existieren</i> .....	11
Abb. 12:	<i>Dialogfeld <b>Szenario hinzufügen</b></i> .....	12
Abb. 13:	<i>Dialogfeld <b>Szenariowerte</b></i> .....	12
Abb. 14:	<i>Dialogfeld <b>Szenario-Manager</b>, wenn Szenarien existieren</i> .....	13
Abb. 15:	<i>Ausgewähltes Szenario und das Ergebnis in der Tabelle</i> .....	13
Abb. 16:	<i>Ein bearbeitetes Szenario erkennen Sie am Kommentar</i> .....	14
Abb. 17:	<i>Dialogfeld <b>Szenarien zusammenführen</b></i> .....	15
Abb. 18:	<i>Dialogfeld <b>Szenariobericht</b></i> .....	15
Abb. 19:	<i>Das Ergebnis beim Szenariobericht (Ausschnitt)</i> .....	15
Abb. 20:	<i>Das Ergebnis beim PivotTable-Szenariobericht (Ausschnitt)</i> .....	16
Abb. 21:	<i>Das Dialogfeld <b>Add-Ins</b></i> .....	17
Abb. 22:	<i>Dialogfeld <b>Solver-Parameter</b></i> .....	18
Abb. 23:	<i>Dialogfeld <b>Nebenbedingungen hinzufügen</b></i> .....	19
Abb. 24:	<i>Die ausgeführten Transporte von den Firmen zu den Lagerhäusern</i> .....	19
Abb. 25:	<i>Dialogfeld <b>Solver-Ergebnisse</b>, keine Lösung gefunden</i> .....	20
Abb. 26:	<i>Dialogfeld <b>Solver-Ergebnisse</b>, Lösung gefunden</i> .....	20
Abb. 27:	<i>Berichtstyp <b>Antwort</b>, Ausschnitt</i> .....	21
Abb. 28:	<i>Dialogfeld <b>Optionen</b>, Register <b>Alle Methoden</b>, <b>GRG-Nichtlinear</b> und <b>EA</b></i> .....	22

## Einleitung

Bei Excel handelt es sich offiziell um ein Tabellenkalkulationsprogramm. In diesem Anwendungsnamen ist bereits das Wort *Kalkulation* enthalten. Das bedeutet, Sie können verschiedene Kalkulationen bzw. Analysen mit Excel durchführen. Excel stellt folgende Kalkulationswerkzeuge zur Verfügung, die in diesem Skript behandelt werden sollen:

- Mehrfachoperation
- Zielwertsuche
- Szenario-Manager
- Solver

Die Kalkulationswerkzeuge werden in Excel auch als *Was-Wäre-Wenn-Analyse* bezeichnet. Auch wenn die Kalkulationswerkzeuge prinzipiell auf beliebige Aufgabenstellungen angewendet werden können, so werden sie doch meistens bei finanzmathematischen Problemstellungen eingesetzt. Aus diesem Grund werden in diesem Skript auch meistens Beispiele aus dem finanzmathematischen Bereich verwendet. Das Skript gilt für Excel **2016** bzw. Excel für Office 365, kann aber bedingt auch bei Excel 2013 oder 2010 genutzt werden.

## Die Mehrfachoperation

### Einleitung

Üblicherweise werden für eine Berechnung in Excel eine Formel und Ausgangswerte benötigt. Die Formel liefert dann für die vorgegebenen Ausgangswerte einen Ergebniswert (außer bei Matrix-Funktionen; dort erhalten Sie üblicherweise mehrere Ergebniswerte; siehe Skript **Microsoft Excel 2016 – Matrix-Funktionen**). Wenn Sie nun einen der Ausgangswerte ändern, erhalten Sie natürlich auch einen neuen Ergebniswert. Dazu müssen Sie einfach nur den gewünschten Ausgangswert ändern (die Tabellenzelle auswählen, neuen Wert eintragen und die Eingabe bestätigen). Wenn Sie nun für einen bestimmten Ausgangswert unterschiedliche Werte ausprobieren wollen, um zu sehen, wie sich der Ergebniswert ändert, bietet es sich an, die verschiedenen Ausgangswerte und die zugehörigen Ergebniswerte in einer Tabelle zusammenzufassen. Dies können Sie mit Hilfe der *Mehrfachoperation* realisieren. Dabei haben Sie die Möglichkeit, lediglich für einen Ausgangswert neue Werte anzugeben oder für zwei Ausgangswerte. Im letzteren Fall erhalten Sie eine zweidimensionale Tabelle. Wenn Sie drei oder mehr Ausgangswerte gleichzeitig durchkalkulieren wollen, müssen Sie auf den *Szenario-Manager* zurückgreifen (siehe Kapitel **Szenario-Manager**, Seite 10).

### Beispiel

Um die Vorgehensweise bei der Verwendung der Mehrfachoperation genauer erklären zu können, soll ein konkretes Beispiel verwendet werden. Dieses Beispiel ist aus der Finanzmathematik, die sich geradezu für Mehrfachoperationen anbietet (allerdings können Sie theoretisch natürlich auch jede beliebige Formel für eine Mehrfachoperation verwenden; sie muss natürlich mindestens ein Funktionsargument besitzen, die Funktion **HEUTE** beispielsweise ist nicht für die Mehrfachoperation geeignet). In diesem Beispiel wird die Excel-Funktion **KAPZ** verwendet. Mit dieser Funktion kann eine **KAPitalrückZahlung** einer Investition für eine angegebene Periode berechnet werden.

Gehen wir in diesem Beispiel mal davon aus, dass das Darlehen **5.000,00 €** beträgt. Die Laufzeit soll **36** Monate betragen. Der jährliche Zinssatz ist auf **10,00%** festgelegt. Excel soll nun zunächst berechnen, wie hoch die Rückzahlung für den ersten Monat ist. Dazu werden die Daten in einer Tabelle eingetragen (siehe Abbildung 1):

	A	B	C	D	E	F
1	jährlich Verzinsung:	10,00%				
2	Laufzeit in Monaten:	36				
3	Darlehen:	5.000,00 €				
4						
5						
6		-119,67 €	Formel in B6: =KAPZ(B1/12;1;B2;B3)			

Abb. 1: Die Rückzahlung im ersten Monat

- Anmerkung:**
1. Der Zinssatz (**B1**) muss durch **12** geteilt werden, da die Excel-Funktion sich in diesem Beispiel auf eine monatliche Rückzahlung bezieht, der Zinssatz aber für das ganze Jahr gilt.
  2. Die zweite Angabe (**1**) bezieht sich auf die Rückzahlung im **1.** Monat.
  3. Das dritte Funktionsargument bezieht sich auf die Laufzeit in Monaten (**B2**) und das vierte Funktionsargument auf den Darlehensbetrag (**B3**).
  4. Das Ergebnis der Berechnung hat ein negatives Vorzeichen und wird in der Farbe Rot dargestellt, da Sie den Betrag (bildlich gesprochen) an das Kreditinstitut zurückzahlen müssen. Die Zahlenformatierung wird direkt von Excel vorgenommen.

## Mehrfachoperation mit zwei Variablen

Dass die Formel etwas von der eigentlichen Tabelle abgerückt ist, hat seinen Grund. Das wird in dem Moment offensichtlich, wenn nun zwei der Ausgangswerte durchkalkuliert werden sollen. Beispielsweise soll für verschiedene Zinssätze und verschiedene Laufzeiten angezeigt werden, wie hoch die Rückzahlung im ersten Monat ist (Darlehenswert verändert sich in diesem Beispiel nicht). Dabei sollen die unterschiedlichen Zinssätze in einer Spalte untereinander und die verschiedenen Laufzeiten in einer Zeile nebeneinander dargestellt werden<sup>1</sup>. Damit anschließend die Mehrfachoperation auf die Problemstellung angewendet werden kann, müssen die Zinssätze und Laufzeiten in ganz bestimmte Tabellenzellen eingetragen werden:

**Die Spaltenwerte müssen unmittelbar unterhalb der Formel und die Zeilenwerte unmittelbar rechts neben der Formel eingetragen werden.**

In diesem konkreten Fall werden die Zinssätze in die Tabellenzellen **C7, C8, C9**, usw. und die Laufzeitwerte in die Tabellenzellen **D6, E6, F6**, usw. eingetragen. In diesem Beispiel sollen die Zinssätze **8,00%, 8,50% ... 12,00%** und die Laufzeitwerte **12, 24, 36, ... 72** Monate genommen werden. Die Tabelle hat dann folgendes Aussehen (siehe Abbildung 2, Seite 5):

<sup>1</sup> Es geht natürlich auch umgekehrt: Laufzeiten in der Spalte und Zinssätze in der Zeile angeben.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	jährlich Verzinsung:	10,00%						
2	Laufzeit in Monaten:	36						
3	Darlehen:	5.000,00 €						
4								
5			Laufzeiten					
6		-119,67 €	12	24	36	48	60	72
7	Zinssätze	8,00%						
8		8,50%						
9		9,00%						
10		9,50%						
11		10,00%						
12		10,50%						
13		11,00%						
14		11,50%						
15		12,00%						

Abb. 2: Die Ausgangstabelle für die Mehrfachoperation

Nun wird der Zellbereich **B6:H15** markiert, d.h. der markierte Zellbereich besteht aus vier Teilen:

- Die Tabellenzelle mit der Formel (im Beispiel: Tabellenzelle **B6**)
- Die zu kalkulierenden Spaltenwerte (im Beispiel: Zellbereich **B7:B15**)
- Die zu kalkulierenden Zeilenwerte (im Beispiel: Zellbereich **C6:H6**)
- Die leeren Tabellenzellen für die Ergebniswerte der Mehrfachoperation (im Beispiel: Zellbereich **C7:H15**)

Um die Mehrfachoperation durchführen zu können, wählen Sie im Register **Daten** in der Gruppe **Datentools** das Symbol **Was-wäre-wenn-Analyse** und den Befehl **Datentabelle**, woraufhin das Dialogfeld **Datentabelle** erscheint (siehe Abbildung 3). In diesem Dialogfeld tragen Sie im Textfeld **Werte aus Zeile** den Zellennamen **B2** und bei **Werte aus Spalte** den Zellennamen **B1** ein (mit oder ohne Dollarzeichen für den absoluten Bezug ist dabei ohne Belang).

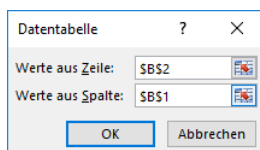


Abb. 3: Das Dialogfeld **Datentabelle**

Nach Bestätigung des Befehls werden die verschiedenen Zeilen- und Spaltenwerte in die Originalzellen und die neuen Ergebnisse aus Tabellenzelle **B6** in die entsprechenden leeren Tabellenzellen (**C7:H15**) eingetragen. Das Ergebnis sehen Sie in Abbildung 4, Seite 6. Sie können beispielsweise ablesen, dass Sie bei einem Zinssatz von **9,00%** und einer Laufzeit von **60** Monaten im ersten Monat **66,29 €** zurückzahlen müssen:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	jährlich Verzinsung:	10,00%						
2	Laufzeit in Monaten:	36						
3	Darlehen:	5.000,00 €						
4								
5			Laufzeiten					
6		-119,67 €	12	24	36	48	60	72
7	Zinssätze	8,00%	-401,61 €	-192,80 €	-123,35 €	-88,73 €	-68,05 €	-54,33 €
8		8,50%	-400,68 €	-191,86 €	-122,42 €	-87,82 €	-67,17 €	-53,48 €
9		9,00%	-399,76 €	-190,92 €	-121,50 €	-86,93 €	-66,29 €	-52,63 €
10		9,50%	-398,83 €	-189,99 €	-120,58 €	-86,03 €	-65,43 €	-51,79 €
11		10,00%	-397,91 €	-189,06 €	-119,67 €	-85,15 €	-64,57 €	-50,96 €
12		10,50%	-396,99 €	-188,13 €	-118,76 €	-84,27 €	-63,72 €	-50,14 €
13		11,00%	-396,07 €	-187,21 €	-117,86 €	-83,39 €	-62,88 €	-49,34 €
14		11,50%	-395,16 €	-186,28 €	-116,96 €	-82,53 €	-62,05 €	-48,54 €
15		12,00%	-394,24 €	-185,37 €	-116,07 €	-81,67 €	-61,22 €	-47,75 €

Abb. 4: Die fertige Tabelle mit den Ergebnissen der Mehrfachoperation

**Anmerkung:** Bei der Mehrfachoperation handelt es sich um eine Matrixfunktion (das können Sie sehr leicht in der Bearbeitungsleiste erkennen, wenn Sie einen der vielen Ergebniswerte auswählen). Das macht ja auch Sinn: es werden schließlich viele Ergebniswerte (und nicht nur ein Wert) ermittelt. Dabei verwendet Excel die Funktion **MEHRFACHOPERATION([Zeile];[Spalte])**. Die Funktion **MEHRFACHOPERATION** kann nur über den Befehl **Datentabelle** verwendet werden.

Die Ergebnisse werden nicht automatisch formatiert (wie bei Tabellenzelle **B9**). Sie müssen selbst eine Zahlenformatierung wählen.

## Mehrfachoperation mit nur einer Variablen

Wenn Sie nur einen Ausgangswert verändern möchten, ist die Vorgehensweise ähnlich wie bei zwei Ausgangswerten, allerdings müssen Sie sich überlegen, ob Sie die verschiedenen Ausgangswerte in Zeilen- oder Spaltenform angeben wollen. Diese Entscheidung bestimmt dann den Aufbau der Tabelle für die Mehrfachoperation. Dazu wird dasselbe Beispiel von oben genommen. Diesmal allerdings sollen verschiedene Darlehenswerte durchkalkuliert werden.

Als erstes werden die Werte in einer Zeile angegeben. Dabei müssen Sie darauf achten, dass der erste Wert nicht in der Spalte **A** stehen darf. Den Grund dafür erfahren Sie gleich. Beispielhaft werden die Werte **5000**, **6000**, ..., **9000** in die Tabellenzellen **C5** bis **G5** eingetragen und anschließend als Euro-Beträge formatiert. Die Formel muss bei diesem Beispiel in die Tabellenzelle **B6** eingetragen werden

### Allgemein (Position der Tabellenzelle mit der Formel)

eine Spalte links vom ersten durchzukalkulierenden Zeilenwert und eine Zeile unterhalb der Zeile mit den durchzukalkulierenden Zeilenwerten.

Damit ist auch der Grund geliefert, warum der erste Zeilenwert nicht in der Spalte **A** beginnen darf. Sonst können Sie nirgendwo die Formel eintragen. Abbildung 5, Seite 7, zeigt die Ausgangstabelle für die Mehrfachoperation.



	A	B	C	D	E	F	G
1	jährlich Verzinsung:	10,00%					
2	Laufzeit in Monaten:	36					
3	Darlehen:	5.000,00 €					
4			Darlehen				
5			5.000,00 €	6.000,00 €	7.000,00 €	8.000,00 €	9.000,00 €
6		-119,67 €					

Abb. 5: Ausgangstabelle für Mehrfachoperation mit einer Variablen, horizontale Anordnung

Nun wird wieder ein Zellbereich markiert. In diesem Fall **B5:G6**. Beachten Sie bitte, dass auch die Tabellenzelle **B5** mit markiert wird, obwohl Sie während der ganzen Zeit leer bleibt. Dann wird wieder das Dialogfeld **Datentabelle** aufgerufen. Diesmal darf aber nur in das Textfeld **Werte aus Zeile** der Zellennamen **B3** eingetragen werden. Das Textfeld **Werte aus Spalte** bleibt leer (es sind ja keine zu kalkulierenden Spaltenwerte vorhanden). Nach der Bestätigung des Befehls werden die Ergebnisse von Excel in die Tabellenzellen **C6** bis **G6** eingetragen.

Ähnlich wie beim Beispiel mit den Zeilenwerten verhält es sich, wenn die durchzukalkulierenden Werte nicht in Zeilen-, sondern in Spaltenform angegeben werden. Ziehen wir das Beispiel von eben heran und tragen dieselben Darlehenswerte in einer Spalte ein (z.B. **E2:E6**; achten Sie darauf, dass der erste Wert nicht in der Zeile **1** stehen darf). Die Formel wird dann in diesem Beispiel in die Tabellenzelle **F1** eingetragen (siehe Abbildung 6).

**Allgemein (Position der Tabellenzelle mit der Formel)**  
**eine Zeile oberhalb des ersten durchzukalkulierenden Spaltenwerts und eine Spalte rechts neben den durchzukalkulierenden Spaltenwerten.**

Damit ist auch klar, warum der erste Spaltenwert nicht in der ersten Zeile beginnen darf. Sonst könnten Sie nicht die Formel in die „korrekte“ Tabellenzelle einsetzen. Erneut muss ein Zellbereich markiert (hier: **E1:F6**) und der Befehl für die Mehrfachoperation aufgerufen werden (Vorgehensweise siehe ein Stück weiter oben). Im Dialogfeld wird diesmal das Textfeld **Werte aus Zeile** leer gelassen und nur bei **Werte aus Spalte** wird (in diesem konkreten Beispiel) **B3** eingetragen. Auch hier der Hinweis: die Tabellenzelle **E1** wird ebenfalls markiert, obwohl diese Tabellenzelle leer bleibt. Nach Bestätigung des Befehls werden die Ergebnisse in die Tabellenzellen **F2** bis **F6** eingetragen.

	A	B	C	D	E	F
1	jährlich Verzinsung:	10,00%				-119,67 €
2	Laufzeit in Monaten:	36		Darlehen	5.000,00 €	
3	Darlehen:	5.000,00 €			6.000,00 €	
4					7.000,00 €	
5					8.000,00 €	
6					9.000,00 €	

Abb. 6: Ausgangstabelle für Mehrfachoperation mit einer Variablen, vertikale Anordnung

## Zum Abschluss noch ein kleiner Tipp

Sofern Sie nach Abschluss der Mehrfachoperation den Inhalt der Tabellenzelle mit der Berechnungsformel (z.B. die Tabellenzelle **B6** aus dem ersten Rechenbeispiel) entfernen möchten, muss davon dringend abgeraten werden, denn das Löschen der Formel bewirkt, dass alle Ergebniswerte auch gelöscht werden. Um den Inhalt der Tabellenzelle trotzdem „verschwinden“ zulassen hier der Tipp:

*Wählen Sie für den Zelleninhalt mit der Formel als Schriftfarbe dieselbe Einstellung wie für die Hintergrundfarbe der Tabellenzelle, in der die Formel steht. Damit ist die Formel weiterhin vorhanden, aber nicht mehr sichtbar.*

## Die Zielwertsuche

### Einleitung

Wenn Sie eine Berechnung mit Excel durchführen, haben Sie zunächst einen oder mehrere Ausgangswert(e) in einer oder mehreren Tabellenzelle(n). In einer weiteren Tabellenzelle tragen Sie nun eine Formel ein, wobei die Ausgangswerte in der Formel eingesetzt werden. Nach Eingabe und Bestätigung der Formel sehen Sie das Ergebnis der Berechnung<sup>2</sup>. Gehen Sie nun mal davon aus, dass das Ergebnis nicht Ihren Erwartungen entspricht, d.h. Sie wollen eigentlich ein anderes Formelergebnis. Wenn Excel aber ein anderes Ergebnis liefern soll, muss (min.) einer der Ausgangswerte so abgeändert werden, dass das gewünschte Ergebnis bei der Berechnung herauskommt. Jetzt werden Sie sich aber die Frage stellen: wie muss einer der Ausgangswerte geändert werden, damit das gewünschte Ergebnis bei der Berechnung herauskommt? Diese Frage können Sie in Excel mit der Zielwertsuche beantworten.

### Einsatz der Zielwertsuche

Anhand eines konkreten Beispiels soll nun der Einsatz der Zielwertsuche gezeigt werden. Hierfür wird erneut eine finanzmathematische Formel verwendet. Diesmal soll eine Zinsberechnung durchgeführt werden. Stellen Sie sich vor, Sie eröffnen ein neues Konto bei einer Bank. Sie zahlen einen einmaligen Betrag (z.B. **5.000 €**) bei der Kontoeröffnung ein. Sie möchten die nächsten **5** Jahre kein Geld von diesem Konto abheben und sind sogar bereit, über einen Dauerauftrag monatlich **50 €** auf dieses Konto einzuzahlen. Die Bank gibt Ihnen für dieses Konto einen jährlichen Zinssatz von **1,00%**. Sie möchten nun gerne wissen, wieviel Geld sich nach Ablauf der 5 Jahre auf diesem Konto befindet. Hierfür stellt Excel die finanzmathematische Funktion **ZW (ZinsWert)** zur Verfügung. Sie müssen allerdings darauf achten, dass diese Funktion die Zinsberechnung für jeden Monat durchführt (da ja ein monatlicher Dauerauftrag besteht; selbst wenn dieser 0 € beträgt), d.h. die Angaben für den Zinssatz und die Dauer muss auf Monate umgerechnet werden. In Abbildung 7 sehen Sie die Ausgangsdaten und das Ergebnis der Berechnung. Wie Sie aus der Abbildung ersehen können, haben Sie nach Ablauf der 5 Jahre ein Guthaben von **8.331,20 €**.

	A	B	C	D	E	F
1	Zinsberechnung					
2						
3	Zinssatz (pro Jahr):	1,00%				
4	Zeitraum (in Jahren):	5				
5	Monatliche Einzahlung:	-50,00 €				
6	Barwert:	-5.000,00 €				
7						
8	Endwert:	8.331,20 €	Formel in B8: =ZW(B3/12;B4*12;B5;B6)			

Abb. 7: Die Tabelle für die Zinsberechnung

<sup>2</sup> Es wird davon ausgegangen, dass es nur ein Ergebnis gibt und nicht mehrere. Die Zielwertsuche kann nicht auf Matrixfunktionen angewendet werden.

Nun möchten Sie aber nach Ablauf der 5 Jahre gerne **9.000 €** auf dem Konto haben. Um dieses Ziel erreichen zu können, muss zwangsläufig einer der Ausgangswerte abgeändert werden. Natürlich könnte durch Änderung des Zinssatzes das gewünschte Ergebnis erreicht werden. Genauso gut können Sie aber auch die monatlichen Einzahlungen oder den einmaligen Barwert ändern. Angenommen, Sie wollen erfahren, welchen Barwert Sie bei der Kontoeröffnung hätten einzahlen sollen, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten. Wählen Sie im Register **Daten** in der Gruppe **Datentools** das Symbol **Was-wäre-wenn-Analyse** und den Befehl **Zielwertsuche**. Im Dialogfeld **Zielwertsuche** (siehe Abbildung 8) müssen Sie in das Textfeld **Zielzelle** die Tabellenzelle angeben, wo die Formel mit der Funktion **ZW** steht (in diesem Beispiel ist das die Tabellenzelle **B8**). Sie können den Namen der Tabellenzelle in das Textfeld eintippen oder die Tabellenzelle mit der Maus auswählen. Bei Auswahl mit der Maus benutzt Excel die absolute Bezugsart (erkennbar an den Dollarzeichen vor dem Spaltenbuchstaben und vor der Zeilennummer). Wenn Sie den Namen der Tabellenzelle über die Tastatur eingeben, können Sie auch die relative Schreibweise (ohne die Dollarzeichen) verwenden. Für die Zielwertsuche ist es i. Allg. unerheblich, ob die relative oder die absolute Schreibweise verwendet wird. In das Textfeld **Zielwert** tragen Sie den gewünschten Ergebniswert (in diesem Beispiel den Wert **9000**; ohne Tausenderzeichen bzw. Euro-Symbol) ein. Zum Schluss müssen Sie in das Textfeld **Veränderbare Zelle** noch den Namen der Tabellenzelle eintragen, wo sich der Ausgangswert befindet, der abgeändert werden soll, um den gewünschten Ergebniswert zu erreichen. Im vorliegenden Beispiel ist das die Tabellenzelle **B6** (oder **\$B\$6** als absoluter Bezug). Die drei Textfelder müssen noch folgende Bedingungen erfüllen:

- **Zielzelle** darf nur **eine** Tabellenzelle sein, die eine **Formel** enthält.
- **Zielwert** es darf nur ein **konstanter Wert** eingetragen werden, kein Zellenname.
- **Veränderbare Zelle** darf nur **eine** Tabellenzelle sein, die einen **konstanten Wert** enthält.

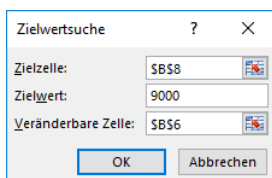


Abb. 8: Dialogfeld **Zielwertsuche**

Wenn alle Angaben gemacht worden sind, bestätigen Sie das Dialogfeld. Excel nähert sich nun dem Ergebnis der Zielwertsuche, in dem es verschiedene Ausgangswerte (in diesem Beispiel der *Barwert*) durchprobiert, bis das gewünschte Endergebnis (also der gewünschte Zielwert) erreicht worden ist. In einem weiteren Dialogfeld (**Status der Zielwertsuche**; siehe Abbildung 9) zeigt Ihnen Excel an, ob die Zielwertsuche eine Lösung für Ihr Problem gefunden hat. Ist dies der Fall, können Sie sich jetzt in der Tabelle den geänderten Ausgangswert anschauen (in diesem Beispiel müssten Sie also einmalig etwas mehr als **5.636 €** einzahlen, um nach 5 Jahren **9.000 €** auf dem Konto zu haben).

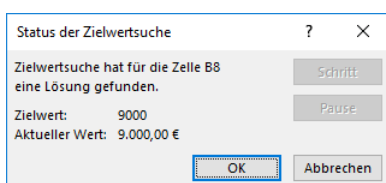


Abb. 9: Dialogfeld **Status der Zielwertsuche**

Sie können nun das Dialogfeld bestätigen (dann bleibt das „neue“ Ergebnis erhalten) oder Sie brechen das Dialogfeld ab (dann werden die „alten“ Werte wiederhergestellt).

Bei diesem Beispiel gibt es für die Zielwertsuche keine Probleme eine Lösung zu finden. Bei anderen Problemstellungen dagegen kann es passieren, dass die Zielwertsuche keine Lösung findet. In diesem Fall zeigt das Dialogfeld **Status der Zielwertsuche** an, dass die Zielwertsuche u.U. keine Lösung gefunden hat. Das kann bedeuten, dass es unter gewissen Umständen schon eine Lösung gibt, aber Excel hat aktuell keine gefunden. Damit stellt sich die Frage: wann entscheidet Excel, dass die Zielwertsuche aktuell keine Lösung gefunden hat? Oder mit anderen Worten: wann stoppt Excel die Zielwertsuche und zeigt die entsprechende Statusmeldung an? Damit Excel nicht unendlich lange nach einer möglichen Lösung sucht, gibt es zwei Kriterien bei den Excel-Optionen, die dazu beitragen, dass die Zielwertsuche nach einer gewissen Zeit abbricht (wenn nicht vorher bereits eine Lösung gefunden wurde). Wählen Sie im Register **Datei** den Befehl **Optionen**. Im Dialogfeld **Excel-Optionen** (siehe Abbildung 10) können Sie nun in der Kategorie **Formeln** die **Maximale Iterationszahl** bzw. die **Maximale Änderung** einstellen. Die *maximale Iterationszahl* gibt an, wie oft Excel probiert, eine Lösung zu finden. Der maximal erlaubte Wert ist **32.767**. Im Normalfall (wie im vorliegenden Beispiel) benötigt Excel eigentlich nicht mehr als ca. 10 Versuche für die Lösungsfindung. Mit der *maximalen Änderung* ist der Differenzwert zwischen den beiden, sich annähernden Werten gemeint. Ist dieser Wert kleiner als **0,001**, stoppt Excel die Zielwertsuche.

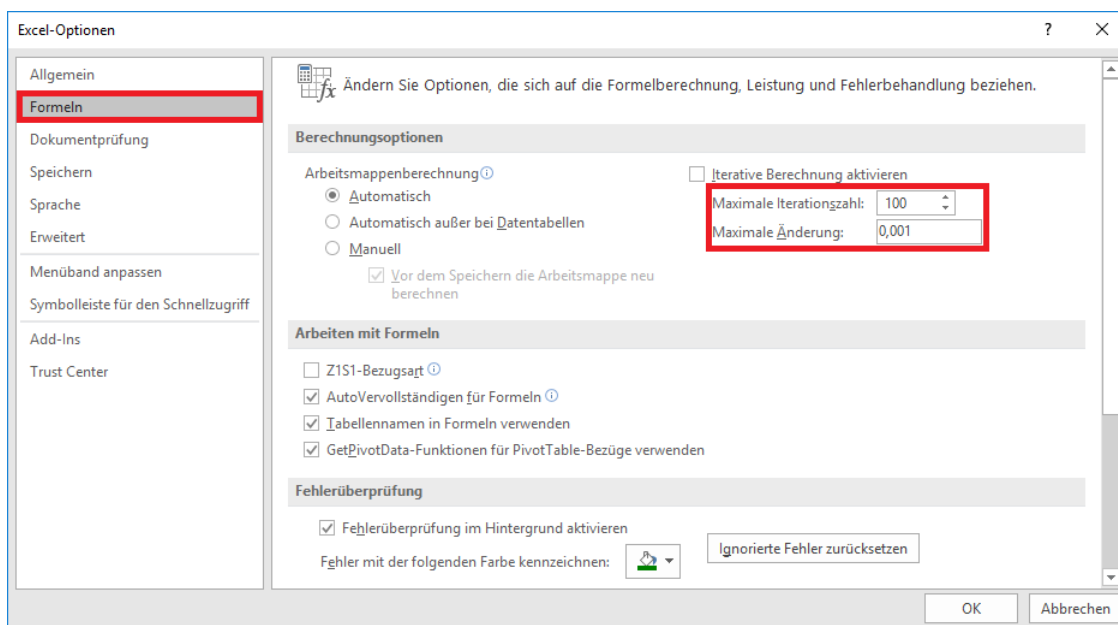


Abb. 10: Dialogfeld **Excel-Optionen**, Kategorie **Formeln**

## Der Szenario-Manager

### Einleitung

Bei der Mehrfachoperation (siehe Kapitel **Die Mehrfachoperation**, Seite 3) können Sie bis zu zwei Ausgangswerte durchkalkulieren. Wenn Sie aber mehr als zwei Ausgangswerte haben und wollen auch mehr als zwei Ausgangswerte gleichzeitig durchkalkulieren, können Sie die Mehrfachoperation nicht mehr einsetzen. In diesem Fall hilft der Szenario-Manager. Mit ihm können Sie bis zu **32** Ausgangswerte gleichzeitig durchkalkulieren.

## Szenarien erstellen

Wenn Sie Szenarien erstellen wollen, brauchen Sie zunächst Ausgangsdaten und Berechnungen<sup>3</sup>, in denen die Ausgangsdaten eingesetzt werden. Für die Ausgangsdaten erstellen Sie nun beliebig viele Szenarien (die maximale Anzahl ist nur durch den zur Verfügung stehenden Arbeitsspeicher beschränkt). Als Beispiel wird die Zinsberechnung aus dem Kapitel **Die Zielwertsuche**, Seite 8, genommen. In diesem Beispiel (siehe Abbildung 7, Seite 8) werden für die Zinsberechnung vier Ausgangswerte benötigt. Bevor allerdings das erste Szenario erstellt wird, sollten die Tabellenzellen mit den Ausgangswerten benutzerdefinierte Namen erhalten (siehe auch Skript **Microsoft Excel 2016 – Tabellenzellen benennen**). Damit können die Tabellenzellen bei der Erstellung der Szenarien besser voneinander unterschieden werden. Allerdings ist es keine absolute Verpflichtung, benutzerdefinierte Namen zu verwenden. Natürlich können die Szenarien auch mit den „Originalnamen“ (in diesem Beispiel die Tabellenzellen **B3**, **B4**, **B5** und **B6**) erstellt werden. Wählen Sie im Register **Daten** in der Gruppe **Tools** das Symbol **Was-wäre-wenn-Analyse** und den Befehl **Szenario-Manager**. Im Dialogfeld **Szenario-Manager** bekommen Sie zunächst den Hinweis angezeigt, dass keine Szenarien festgelegt worden sind. Klicken Sie in diesem Fall auf die Schaltfläche **Hinzufügen...**, um ein Szenario zu erstellen (siehe Abbildung 11).

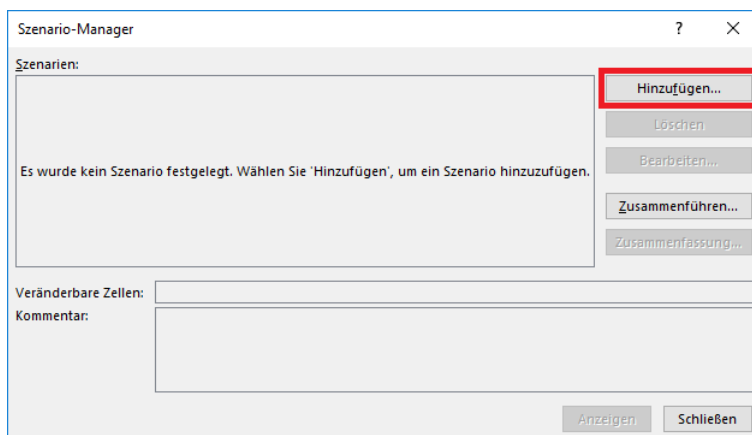


Abb. 11: Dialogfeld **Szenario-Manager**, bevor Szenarien existieren

Im Dialogfeld **Szenario hinzufügen** (siehe Abbildung 12, Seite 12) tragen Sie in das Textfeld **Szenarioname** einen Namen ein. Dabei dürfen Sie alle Zeichen verwenden, die sich auf der Tastatur befinden. Der Name darf bis zu 255 Zeichen lang sein. Um die Szenarien später besser voneinander unterscheiden zu können, sollten Sie jedem Szenario einen aussagekräftigen Namen geben. In das Textfeld **Veränderbare Zellen** tragen Sie die Namen der Tabellenzellen ein, deren Inhalt verändert werden sollen. Analog zur Zielwertsuche handelt es sich auch hier um Tabellenzellen, die konstante Werte enthalten, also keine Formeln. Sie können bis zu **32** Tabellenzellen angeben. Die Tabellenzellen müssen dabei nicht einmal unbedingt direkt nebeneinander- bzw. untereinanderliegen (also direkt benachbart sein), sondern können sich verstreut auf dem Tabellenblatt befinden. Zusammen mit der Taste **Strg** können Sie auch nichtangrenzende Tabellenzellen mit der Maus auswählen. Wenn Sie den Tabellenzellen, die Sie als veränderbare Zellen auswählen wollen, im Vorfeld benutzerdefinierte Namen zugewiesen haben, können Sie natürlich auch diese Namen in das Textfeld eintragen. Im vorliegenden Beispiel wird der Zellbereich **B3:B6** in das Textfeld **Veränderbare Zellen** eingetragen. **Optional** können Sie dem Szenario auch noch einen Kommentar zuweisen. Excel trägt bereits einen Kommentar ein (siehe Abbildung 12, Seite 12) mit dem Datum, wann das Szenario erstellt worden

<sup>3</sup> Diesmal dürfen auch Matrixfunktionen eingesetzt werden.

ist. Sie können diesen vorgegebenen Kommentar übernehmen, durch weiteren Text ergänzen oder durch einen völlig anderen Kommentar ersetzen.

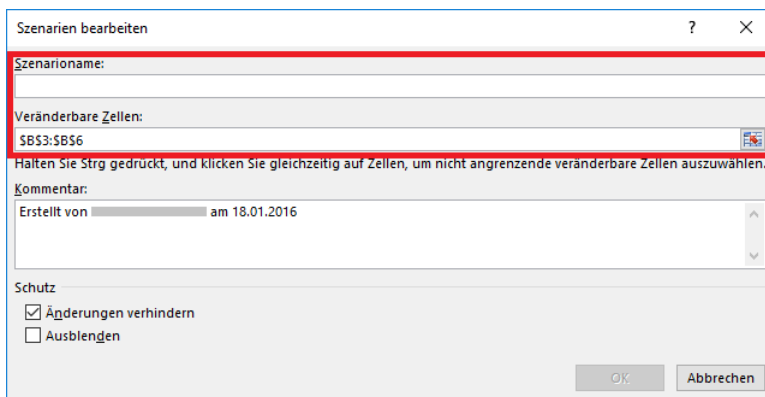


Abb. 12: Dialogfeld **Szenario hinzufügen**

Ebenfalls **optional** sind die beiden Kontrollkästchen **Änderungen verhindern** und **Ausblenden**. Diese Kontrollkästchen sind nur dann von Bedeutung, wenn der Blattschutz für das Tabellenblatt aktiviert wird. Ist nur das Kontrollkästchen **Änderungen verhindern** aktiviert, können Sie sich die Szenarien zwar anschauen, aber nicht nachträglich bearbeiten. Ist (zusätzlich) das Kontrollkästchen **Ausblenden** aktiviert, wird das Szenario nicht mehr im Szenario-Manager angezeigt (und kann dann natürlich auch nicht ausgewählt werden). An dieser Stelle wird aber nicht näher auf die Aktivierung des Blattschutzes eingegangen<sup>4</sup> und insofern sind diese beiden Kontrollkästchen an dieser Stelle ohne Bedeutung.

Wenn Sie den Szenarionamen eingegeben, die veränderbaren Tabellenzellen ausgewählt und das Dialogfeld bestätigt haben, erscheint das Dialogfeld **Szenariowerte** (siehe Abbildung 13). Hier geben Sie nun für die veränderbaren Tabellenzellen die neuen Werte ein. Sie müssen nicht alle Werte ändern, sondern können auch beispielsweise nur ein oder zwei Werte ändern. Wie viele Werte Sie ändern, bestimmen Sie selbst. Da Sie anschließend sicherlich noch weitere Szenarien erstellen wollen, bestätigen Sie das Dialogfeld über die Schaltfläche **Hinzufügen**. Erst wenn Sie die Werte für das letzte Szenario eingegeben haben, bestätigen Sie das Dialogfeld über die Schaltfläche **OK**.

**Anmerkung:** Wie Sie in Abbildung 13 sehen können, stehen vor den Textfeldern nicht die Namen **B3, B4, B5** bzw. **B6**, sondern benutzerdefinierte Namen. Das erleichtert den Überblick über die veränderbaren Tabellenzellen.

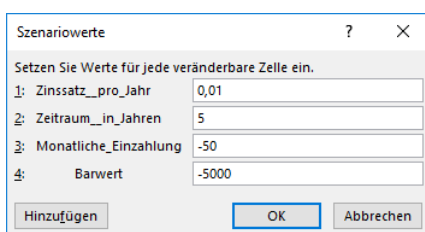


Abb. 13: Dialogfeld **Szenariowerte**

<sup>4</sup> Falls Sie sich doch mal für die Aktivierung des Blattschutzes interessieren, finden Sie den Befehl im Menüband im Register **Überprüfen** in der Gruppe **Änderungen**.



Sie können jetzt so viele Szenarien erstellen wie Sie wollen. Es gibt keine wirkliche obere Grenze. Die Anzahl der Szenarien wird lediglich durch die Größe des verfügbaren Arbeitsspeichers beschränkt. Wenn Sie nach der Erstellung des letzten Szenarios wieder zurück im Szenario-Manager sind, sehen Sie nun alle Szenarien (siehe Abbildung 14). Wählen Sie jetzt ein Szenario aus und klicken auf die Schaltfläche **Anzeigen**. Die Werte des Szenarios werden in die veränderbaren Tabellenzellen eingetragen und Sie können sich das geänderte Ergebnis in Ruhe anschauen. Wiederholen Sie den Vorgang, um sich weitere Szenarien anzuschauen. Abbildung 15 zeigt ein ausgewähltes Szenario sowie die Tabelle mit dem aktuellen Formelergebnis.

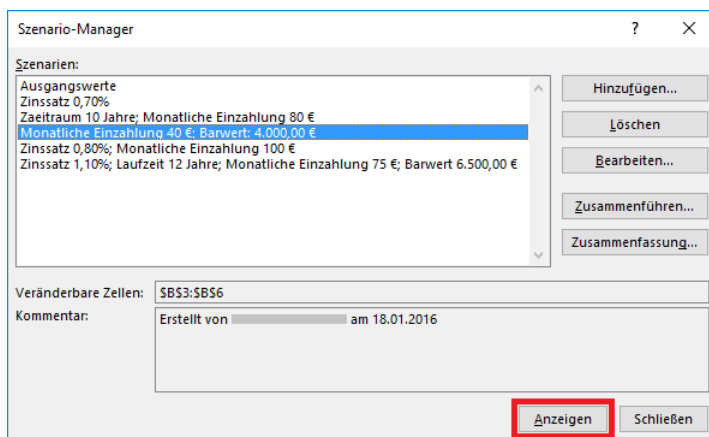


Abb. 14: Dialogfeld **Szenario-Manager**, wenn Szenarien existieren

	A	B
1	<b>Zinsberechnung</b>	
2		
3	<b>Zinssatz (pro Jahr):</b>	<b>1,00%</b>
4	<b>Zeitraum (in Jahren):</b>	<b>5</b>
5	<b>Monatliche Einzahlung:</b>	<b>-40,00 €</b>
6	<b>Barwert:</b>	<b>-4.000,00 €</b>
7		
8	<b>Endwert:</b>	<b>6.664,96 €</b>
9		
10		
11		
12		

Abb. 15: Ausgewähltes Szenario und das Ergebnis in der Tabelle

**Anmerkung:** Die erstellten Szenarien gelten nur für das aktive Tabellenblatt, d.h. Sie können auf anderen Tabellenblätter derselben Arbeitsmappe völlig andere Szenarien erstellen (insbesondere wenn es sich um andere Problemstellungen handelt). Sie können aber Szenarien aus anderen Tabellenblättern (und sogar aus anderen Arbeitsmappen) zusammenführen (siehe Kapitel **Szenarien zusammenführen**, Seite 14).

## Szenarien bearbeiten

Sie können Szenarien zu jedem beliebigen Zeitpunkt bearbeiten. Wählen Sie im Szenario-Manager das zu bearbeitende Szenario aus und klicken auf die Schaltfläche **Bearbeiten...**. Im Dialogfeld **Szenarien bearbeiten** (inhaltlich identisch mit dem Dialogfeld **Szenario hinzufügen** (siehe Abbildung 12, Seite 12) können Sie zunächst den Szenarionamen bearbeiten bzw. die veränderbaren Tabellenzellen. Wenn Sie das Dialogfeld bestätigen, erscheint das Dialogfeld **Szenariowerte** (siehe

Abbildung 13, Seite 12; es existiert diesmal aber keine Schaltfläche **Hinzufügen**), wo Sie die Werte des Szenarios ändern können.

Sie können im Szenario-Manager normalerweise erkennen, ob ein Szenario bearbeitet worden ist. Der Kommentar des Szenarios wird um eine weitere Zeile ergänzt (siehe Abbildung 16).

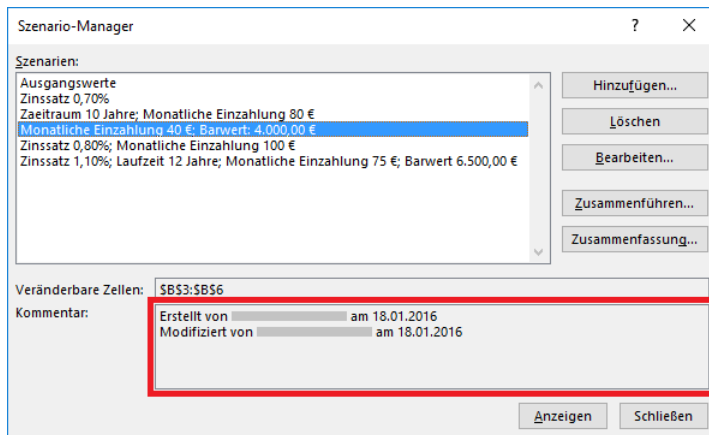


Abb. 16: Ein bearbeitetes Szenario erkennen Sie am Kommentar

**Anmerkung:** Wie oft ein Szenario bearbeitet worden ist, können Sie nicht so ohne weiteres erkennen. Im Kommentar wird standardmäßig nur eingetragen, wann das Szenario *erstellt* und wann es *zum letzten Mal* bearbeitet wurde. Die Anzahl der bis dahin durchgeführten Änderungen wird nicht von Excel angezeigt. Sie können aber den Kommentar von Hand durch zusätzliche Angaben ergänzen.

## Szenarien löschen

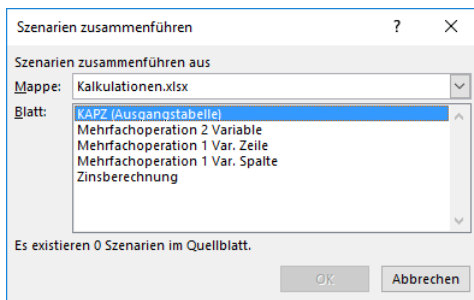
Natürlich können Sie Szenarien auch löschen. Wählen Sie in der Liste das zu löschende Szenario und klicken auf die Schaltfläche **Löschen**. Das Szenario wird ohne weitere Löschbestätigung aus der Liste entfernt.

## Szenarien zusammenführen

Wenn Sie (oder jemand anderes) Szenarien auf anderen Tabellenblättern erstellt hat und diese Szenarien passen zu Ihren Daten und Ihrer Formel, dann können Sie diese Szenarien in Ihr aktives Tabellenblatt übernehmen. Klicken Sie im Szenario-Manager auf die Schaltfläche **Zusammenführen...**. Im Dialogfeld **Szenarien zusammenführen** (siehe Abbildung 17, Seite 15) können Sie zunächst die Arbeitsmappe auswählen, wo sich die Szenarien befinden<sup>5</sup>. Dann wählen Sie das Tabellenblatt aus. Zum Schluss müssen Sie das Dialogfeld nur noch bestätigen. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass eine Zusammenführung nur dann wirklich Sinn macht, wenn die Szenarien zur Tabelle passen, auf die sie angewendet werden sollen. Dabei muss die Tabelle auch genauso aufgebaut sein, dass die Werte der Szenarien in die korrekten Tabellenzellen eingetragen werden. Es müssen also einige Voraussetzungen erfüllt sein, damit die Zusammenführung auch funktioniert.

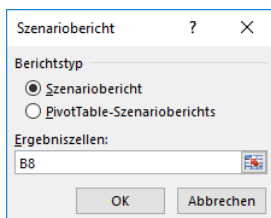
<sup>5</sup> Die Arbeitsmappe muss geöffnet sein, damit Sie sie in der Liste **Mappe** auswählen können.



Abb. 17: Dialogfeld **Szenarien zusammenführen**

## Szenarioberichte erstellen

Wenn Sie sehr viele Szenarien erstellt oder gegebenenfalls zusammengeführt haben, verlieren Sie schnell Mal die Übersicht über die Szenarien. In diesem Fall können Sie sich von Excel einen Szenariobericht (genauer gesagt gibt es zwei Berichtstypen) erstellen lassen. Wählen Sie im Szenario-Manager die Schaltfläche **Zusammenfassung...**. Im Dialogfeld **Szenariobericht** (siehe Abbildung 18) können Sie nun den gewünschten Berichtstyp wählen und das Dialogfeld bestätigen (im Textfeld **Ergebniszellen** müssen Sie normalerweise keine Änderungen vornehmen).

Abb. 18: Dialogfeld **Szenariobericht**

Wenn Sie die Option **Szenariobericht** wählen, erhalten Sie ein neues Tabellenblatt mit einer fertig formatierten und gegliederten Tabelle (siehe Abbildung 19). Die Szenarien werden in Spalten nebeneinander angeordnet. Obwohl insgesamt 16.384 Spalten auf dem Tabellenblatt zur Verfügung stehen, werden nur die ersten 251 Szenarien auf dem Tabellenblatt angezeigt<sup>6</sup>.

Veränderbare Zellen:	Aktuelle Werte:	Ausgangswerte
Zinssatz_pro_Jahr	1,00%	1,00%
Zeitraum_in_Jahren	5	5
Monatliche_Einzahlung	-40,00 €	-50,00 €
Barwert	-4.000,00 €	-5.000,00 €
<b>Ergebniszellen:</b>		
\$B\$8	6.664,96 €	8.331,20 €

Hinweis: Die Aktuelle Wertespalte repräsentiert die Werte der veränderbaren Zellen zum Zeitpunkt, als der Szenariobericht erstellt wurde. Veränderbare Zellen für Szenarien sind in grau hervorgehoben.

Abb. 19: Das Ergebnis beim Szenariobericht (Ausschnitt)

**Anmerkung:** Das Textfeld **Ergebniszellen** hat nur Bedeutung für den Szenariobericht (nicht für den PivotTable-Szenariobericht). Wenn die Tabelle mehrere Ergebniszellen besitzt, wo die durchzukalkulierenden Ausgangswerte verwendet werden, können Sie hier festlegen, welche Ergebnisse im Szenariobericht angezeigt werden sollen und welche nicht.

<sup>6</sup> Diese Einschränkung rührt noch von den älteren Excel-Versionen (bis Version 2003) her, wo ein Tabellenblatt nur 256 Spalten hatte.

Wenn Sie die Option **PivotTable-Szenarioberichts** wählen, wird ebenfalls ein neues Tabellenblatt für den Bericht erstellt. Dabei wird der Bericht als Pivot-Tabelle dargestellt (siehe Abbildung 20; weitere Informationen zum Thema *Pivot-Tabellen* finden Sie im Skript **Microsoft Excel 2016 – Pivot-Tabellen**).

	A	B	C
1	\$B\$3:\$B\$6 von	(Alle) ▾	
2			
3	<b>Zellenbeschriftungen</b>	▾ <b>\$B\$8</b>	
4	Ausgangswerte	8331,19847	
5	Monatliche Einzahlung 40 €; Barwert: 4.000,00 €	6664,95878	
6	Zaeitraum 10 Jahre; Monatliche Einzahlung 80 €	15617,6145	
7	Zinssatz 0,70%	8230,25779	
8	Zinssatz 0,80%; Monatliche Einzahlung 100 €	11323,52	
9	Zinssatz 1,10%; Laufzeit 12 Jahre; Monatliche Einzahlung 75 €; Barwert 6.500,00 €	18956,3369	

Abb. 20: Das Ergebnis beim PivotTable-Szenariobericht (Ausschnitt)

Leider sind beide Berichtstypen nicht vollkommen, beide haben ihre Vor- und Nachteile. In der nachfolgenden Tabelle sind die Vor- bzw. Nachteile übersichtlich dargestellt.

Berichtstyp	Vorteile	Nachteile
<b>Szenariobericht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formatierte Tabelle</li> <li>• Werte der veränderbaren Tabellenzellen werden angezeigt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Max. 251 Szenarien</li> </ul>
<b>PivotTable-Szenariobericht</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehr als 1 Millionen Szenarien werden aufgelistet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine formatierte Tabelle</li> <li>• Werte der veränderbaren Tabellenzellen werden nicht angezeigt</li> </ul>

## Der Solver

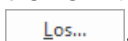
### Einleitung

Um Optimierungsprobleme mit Excel lösen zu können, benötigen Sie den *Solver*. Beim Solver handelt es sich um ein Add-In (ein Add-In ist ein separates Zusatzprogramm; in diesem Fall ist der Solver im Lieferumfang von Excel enthalten ist und muss nicht separat erworben werden), das prinzipiell wie die Zielwertsuche funktioniert, bei dem aber noch zusätzliche Nebenbedingungen angegeben werden können (oder sogar müssen), um eine Lösung für das Optimierungsproblem zu finden. Hier soll anhand eines Beispiels der Einsatz vom Solver gezeigt werden.

### Solver „installieren“

Bevor der Solver zum ersten Mal eingesetzt werden kann, muss das Add-In installiert werden. **Dieser Vorgang ist nur einmal notwendig.** Hier die einzelnen Schritte:

1. Wählen Sie im Register **Datei** den Befehl **Optionen**. Im Dialogfeld **Excel-Optionen** wählen Sie die Kategorie **Add-Ins** und klicken auf die Schaltfläche



2. Im Dialogfeld **Add-Ins** (siehe Abbildung 21) aktivieren Sie in der Liste **Verfügbare Add-Ins** das Kontrollkästchen **Solver** und bestätigen das Dialogfeld.

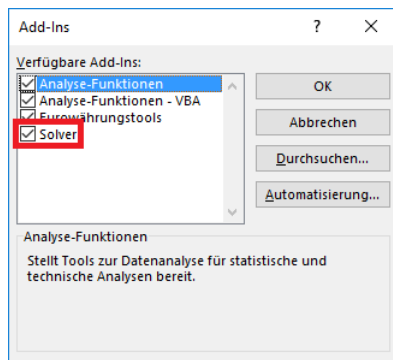


Abb. 21: Das Dialogfeld **Add-Ins**

Jetzt steht Ihnen der Solver ständig zur Verfügung. Der Solver kann innerhalb einer Arbeitsmappe auf jedem einzelnen Tabellenblatt für unterschiedliche Optimierungsaufgaben eingesetzt werden.

## Die Problemstellung (Transportproblem)

Im folgenden Beispiel geht es um ein Transportproblem, bei dem die Transportkosten minimal gehalten werden sollen. Die Tabelle für diese Problemstellung finden Sie am Ende dieses Skriptes.

Eine Firma XYZ produziert Waren an drei verschiedenen Standorten (z.B. in *Gießen*, *Stuttgart* und *Bremen*). An diesen Standorten ist aber nicht genügend Platz für eine längere Lagerung der Waren. Die Firma mietet daher einige Lagerhäuser in anderen Städten an (z.B. *Berlin*, *Hamburg*, *Düsseldorf*, *Köln* und *Frankfurt*) und beauftragt nun eine Transportfirma mit den Transporten der Waren von den drei verschiedenen Fabrikstandorten zu den fünf verschiedenen Lagerhäusern. Dabei sollen die Transporte so organisiert werden, dass die gesamten Transportkosten so klein wie möglich gehalten werden. Dazu werden in einer Excel-Tabelle (siehe letzte Seite) in einer zweidimensionalen Tabelle die Transportkosten für die einzelnen Transporte (Firma → Lagerhaus) aufgelistet. Der Einfachheit halber handelt es sich bei den Transportkosten um Tausenderbeträge. Damit der Solver nicht nur die günstigsten Transportkosten nimmt (sprich: Alle Transporte gehen nur von ein oder zwei Fabriken in ein oder zwei Lagerhäuser; das wäre zu primitiv, dazu bräuchten Sie keinen Solver), soll noch durch Nebenbedingungen gesichert werden, dass auch von jeder Fabrik Transporte in jedes Lagerhaus durchgeführt werden (d.h. jetzt nicht, dass wirklich von jeder Fabrik in jedes Lagerhaus min. ein Transport durchgeführt wird, es heißt nur, dass garantiert wird, dass von jeder Fabrik aus Transporte durchgeführt werden und das alle Lagerhäuser beliefert werden):

- In den drei Fabriken werden unterschiedliche Mengen produziert, die dann auf die Lagerhäuser verteilt werden sollen. Die Produktion in Gießen ergibt 400 Transporte, in Stuttgart 240 Transporte und in Bremen 290 Transporte (zusammen: 930 Transporte). Ob es sich dabei nun um Transporte pro Monat oder pro Woche oder so handelt, ist für die Lösung des Problems unerheblich.
- Die Lagerkapazitäten der einzelnen Lagerhäuser sind ebenfalls unterschiedlich. Nach Berlin können 170 Transporte durchgeführt werden, nach Hamburg 90, nach Düsseldorf 220, nach Köln 150 und nach Frankfurt 300 (zusammen: 930 Transporte).

Damit sind die Grundvoraussetzungen geschaffen, um in Excel mit Hilfe des Solvers das Problem zu lösen. Bevor allerdings der Solver zum Einsatz kommen kann, muss die Problemstellung erst einmal in eine geeignete Tabelle umgesetzt werden. Dieser Vorgang ist dabei der schwierigste Teil der gesamten Aufgabe (die Benutzung des Solvers ist im Vergleich dazu eher einfach). Auf der letzten Seite sehen Sie die Excel-Tabelle, wie sie für diese Aufgabe aussehen könnte (soll heißen, es gibt noch andere Möglichkeiten, die Tabelle aufzubauen). Die Tabellenzellen mit weißer Schrift auf blauem Hintergrund beinhalten Berechnungen (also Formeln).

## Die Lösung des Transportproblems

Nach der Eingabe der gesamten Tabelle kann nun der Solver zum Einsatz kommen. Wählen Sie im Register **Daten** in der Gruppe **Analyse** das Symbol **Solver**. Sie erhalten das Dialogfeld **Solver-Parameter** (siehe Abbildung 22).

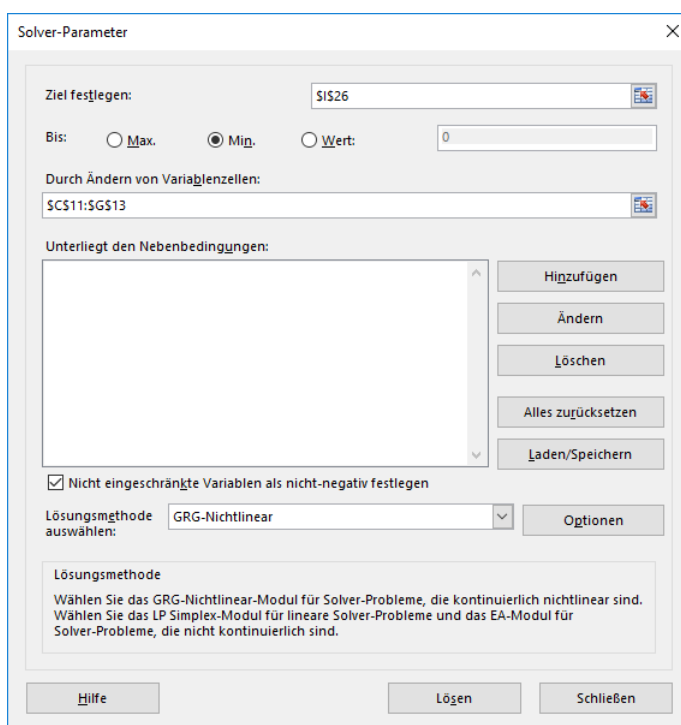


Abb. 22: Dialogfeld **Solver-Parameter**

- In das Textfeld **Ziel festlegen** tragen Sie den Zellennamen ein, wo der Gesamtbetrag für die Transportkosten ermittelt wird (in diesem Beispiel ist das die Tabellenzelle **I26**). **Bei der Zielzelle muss es sich unbedingt um eine Tabellenzelle handeln, in der eine Berechnung durchgeführt wird.**
- Als Zielwert (**Bis**) wählen Sie die Option **Min**.
- In das Textfeld **Durch Ändern von Variablenzellen** tragen Sie den Zellbereich ein, wo später die Anzahl der Transporte für die einzelnen Fahrtstrecken ermittelt werden. Im Beispiel ist das der Zellbereich **C11:G13** (gelber Zellbereich). **Bei den veränderbaren Tabellenzellen dürfen Sie nur Tabellenzellen nehmen, in denen konstante Zahlenwerte eingetragen sind.** Mit welchen Werten die veränderbaren Tabellenzellen vorbelegt werden, ist dabei völlig unerheblich (im vorliegenden Beispiel sind es lauter Einser).

Wenn Sie jetzt bereits auf die Schaltfläche **Lösen** klicken, erhalten Sie zwar eine Lösung (im Zellbereich **C11:G13** ist überall der Wert 0 eingetragen), aber diese Lösung macht keinen Sinn. Das bedeutet, Sie müssen Nebenbedingungen angeben, damit der Solver das Problem lösen kann. Sie können dabei so vorgehen, dass Sie immer nur zunächst eine Nebenbedingung angeben und jedes Mal die Schaltfläche **Lösen** anklicken. Durch die entsprechenden verschiedenen Lösungen ergeben sich meistens automatisch die weiteren Nebenbedingungen. An dieser Stelle werden gleich alle Nebenbedingungen aufgelistet. Um eine Nebenbedingung festzulegen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Klicken Sie im Dialogfeld **Solver-Parameter** auf die Schaltfläche **Hinzufügen**.
2. Im Dialogfeld **Nebenbedingungen hinzufügen** (siehe Abbildung 23) tragen Sie für die erste Nebenbedingung in das Textfeld **Zellbezug** den Zellbereich **C11:G13** ein, wählen als Bedingung **>=** und tragen in das Textfeld **Nebenbedingung** **0** (Null) ein.
3. Für weitere Nebenbedingungen klicken Sie auf die Schaltfläche **Hinzufügen** und wiederholen Schritt 2. War es die letzte Nebenbedingung, bestätigen Sie das Dialogfeld.

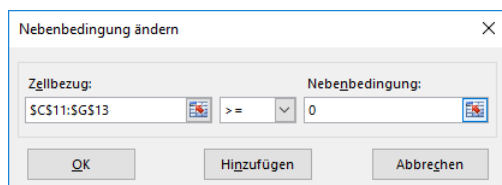


Abb. 23: Dialogfeld **Nebenbedingungen hinzufügen**

Hier nun alle Nebenbedingungen für das vorliegende Beispiel:

	Zellbezug:	Bedingung	Nebenbedingung:
1.	<b>C11:G13</b> (bzw. <b>\$C\$11:\$G\$13</b> )	<b>&gt;=</b>	<b>0</b>
	Bedeutung: Anzahl der einzelnen Transporte dürfen kein negatives Vorzeichen besitzen		
2.	<b>C15:G15</b> (bzw. <b>\$C\$15:\$G\$15</b> )	<b>=</b>	<b>C17:G17</b> (bzw. <b>\$C\$17:\$G\$17</b> )
	Bedeutung: Anzahl der Transporte zu den einzelnen Lagerhäusern muss gewährleistet sein		
3.	<b>I11:I13</b> (bzw. <b>\$I\$11:\$I\$13</b> )	<b>=</b>	<b>I22:I24</b> (bzw. <b>\$I\$22:\$I\$24</b> )
	Bedeutung: Anzahl der Transporte muss mit der Anzahl der Produktionen in den einzelnen Fabriken übereinstimmen		
4.	<b>C11:G13</b> (bzw. <b>\$C\$11:\$G\$13</b> )	<b>int</b>	<b>Ganzzahlig</b>
	Bedeutung: Es dürfen nur komplette Transporte durchgeführt werden. Also nur ganzzahlige Ergebnisse.		

Nach Angabe aller Nebenbedingungen findet der Solver als Lösung für **I26: 3900** (Geldeinheiten á 1.000 €). Der Zellbereich **C11:G13** hat dann folgendes Aussehen:

	A	B	C	D	E	F	G
10	Firmen		<b>Berlin</b>	<b>Hamburg</b>	<b>Düsseldorf</b>	<b>Köln</b>	<b>Frankfurt</b>
11	<b>Gießen</b>		0	0	220	0	180
12	<b>Stuttgart</b>		0	0	0	120	120
13	<b>Bremen</b>		170	90	0	30	0

Abb. 24: Die ausgeführten Transporte von den Firmen zu den Lagerhäusern

## Berichte erstellen

Wenn Sie die Schaltfläche **Lösen** angeklickt haben, bekommen Sie nach einem kurzen Moment das Dialogfeld **Solver-Ergebnisse**. Dabei kann es natürlich passieren, dass der Solver keine Lösung gefunden hat (weil z.B. keine, zu wenige oder falsche Nebenbedingungen angegeben worden sind). In diesem Fall bekommen Sie das im Dialogfeld angezeigt (siehe Abbildung 25). Im anderen Fall, wenn alle notwendigen Nebenbedingungen und Optionen korrekt angegeben worden sind und der Solver eine Lösung gefunden hat, wird dies ebenfalls im Dialogfeld **Solver-Ergebnisse** angezeigt (siehe Abbildung 26).

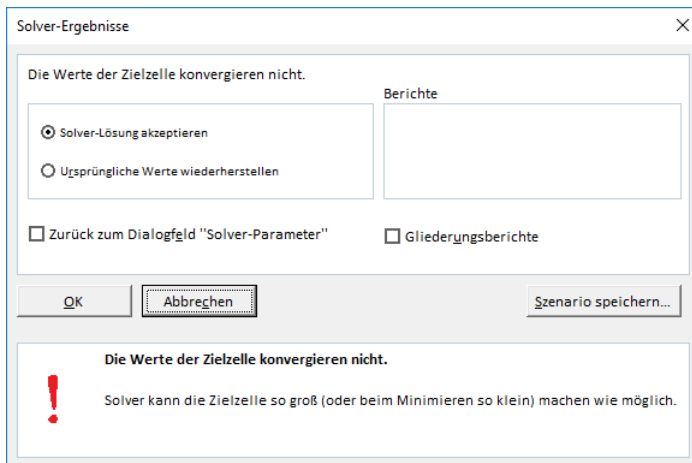


Abb. 25: Dialogfeld **Solver-Ergebnisse**, keine Lösung gefunden

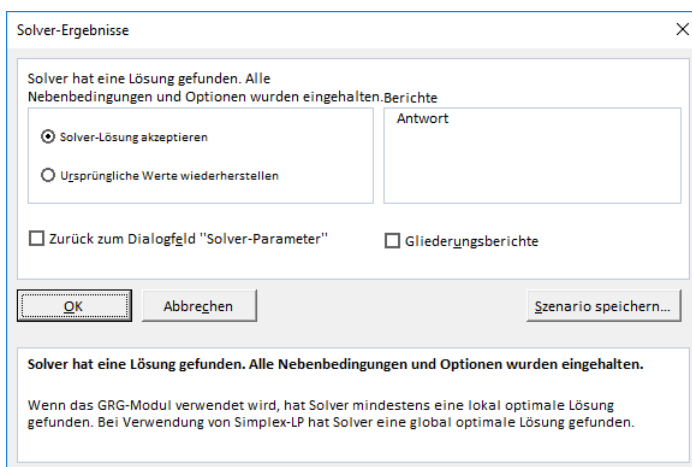


Abb. 26: Dialogfeld **Solver-Ergebnisse**, Lösung gefunden

Hat der Solver eine Lösung gefunden, können Sie sich davon auch einen Bericht anzeigen lassen. Genauer gesagt, können es sogar verschiedene Berichte sein: u.a. **Antwort**, **Sensitivität**, **Grenzwerte**, **Grundgesamtheit** oder **Linearität**. Die Berichte werden auf separaten Tabellenblättern erstellt. Sie können auch noch entscheiden, ob Sie den Bericht ohne oder mit Gliederung (Kontrollkästchen **Gliederungsberichte**) haben wollen. Sie können sich das Ergebnis auch als Szenario abspeichern lassen (Schaltfläche **Szenario speichern...**). Sie müssen dem Szenario nur noch einen Namen geben. Das Szenario können Sie jederzeit mit dem Szenario-Manager anzeigen lassen (siehe Kapitel **Der Szenario-Manager**, Seite 10).

Um sich einen Bericht (oder mehrere Berichte) anzeigen zu lassen, wählen Sie im Dialogfeld **Solver-Ergebnisse** den entsprechenden Berichtstyp (Sie können auch sofort mehrere Berichtstypen anklicken), aktivieren gegebenenfalls das Kontrollkästchen **Gliederungsberichte** und bestätigen das Dialogfeld. Abbildung 27 zeigt ein Beispiel für einen *Antwortbericht*.

1	Microsoft Excel 16.0 Antwortbericht								
2	Arbeitsblatt: [Solver.xlsx]Transportproblem								
3	Bericht erstellt: 19.01.2016 07:55:54								
4	Ergebnis: Solver hat eine Lösung gefunden. Alle Nebenbedingungen und Optionen wurden eingehalten.								
5	<b>Solver-Modul</b>								
6	Modul: GRG-Nichtlinear								
7	Lösungszeit: 0,047 Sekunden								
8	Iterationen: 0 Teilprobleme: 0								
9	<b>Solver-Optionen</b>								
10	Höchstezeit Unbegrenzt, Iterationen Unbegrenzt, Precision 0,000001								
11	Konvergenz 0,0001, Größe der Grundgesamtheit 100, Zufälliger Ausgangswert 0, Zentralableitungen								
12	Höchstzahl der Teilprobleme Unbegrenzt, Max. Ganzzahlösungen Unbegrenzt, Ganzzahltoleranz 1%, Nicht-negativ annehmen								
13									
14	Zielzelle (Min.)								
15		<b>Zelle</b>	<b>Name</b>	<b>Ursprünglicher Wert</b>	<b>Lösungswert</b>				
16		\$B\$26	Transport Vorrat:	3.900 GE	3.900 GE				
17									
18									
19	Variablenzellen								
20		<b>Zelle</b>	<b>Name</b>	<b>Ursprünglicher Wert</b>	<b>Lösungswert</b>	<b>Integer</b>			
21		\$C\$11	Gießen Berlin	0	0	Integer			
22		\$D\$11	Gießen Hamburg	0	0	Integer			
23		\$E\$11	Gießen Düsseldorf	220	220	Integer			
24		\$F\$11	Gießen Köln	0	0	Integer			
25		\$G\$11	Gießen Frankfurt	180	180	Integer			
26		\$C\$12	Stuttgart Berlin	0	0	Integer			
27		\$D\$12	Stuttgart Hamburg	0	0	Integer			
28		\$E\$12	Stuttgart Düsseldorf	0	0	Integer			
29		\$F\$12	Stuttgart Köln	120	120	Integer			

Abb. 27: Berichtstyp *Antwort*, Ausschnitt

### Auswahl der Lösungsmethode

Der Solver bietet drei verschiedene Lösungsmethoden, mit denen Sie gegebenenfalls unterschiedliche Ergebnisse erhalten. Welche Lösungsmethode besser geeignet ist, hängt von Aufgabenstellung und den Nebenbedingungen ab.

<b>Lösungsmethode</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>GRG-Nichtlinear</b>	(Standardvorgabe) Diese Lösungsmethode sollten Sie verwenden, wenn es sich um eine nicht-lineare Optimierung handelt, d.h. für den Zielwert können u.a. Formeln mit Wurzeln oder Potenzen oder Funktionen wie Sinus oder Logarithmus eingesetzt werden.
<b>Simplex-LP</b>	Diese Lösungsmethode wird verwendet, wenn alle Berechnungen linear sind, also keine Formeln mit Wurzeln oder Potenzen oder Funktionen wie Sinus oder Logarithmus eingesetzt werden.
<b>EA (Evolutionärer Algorithmus)</b>	Diese Lösungsmethode wird bei nicht-kontinuierlichen Optimierungen eingesetzt, die sich u.a. an der biologischen Evolution orientiert.



### Zusätzliche Optionen

Auch wenn Excel eine gültige Lösung für ein Optimierungsproblem findet und dabei alle Nebenbedingungen erfüllt sind, kann es sein, dass die gefundene Optimierung nicht die beste Lösung darstellt. Durch Angabe von Optionen können Sie den Lösungsprozess beeinflussen und gegebenenfalls eine optimalere Lösung für das Problem finden. Klicken Sie dazu im Dialogfeld **Solver-Parameter** auf die Schaltfläche **Optionen**. Sie erhalten das Dialogfeld **Optionen** (siehe Abbildung 28).

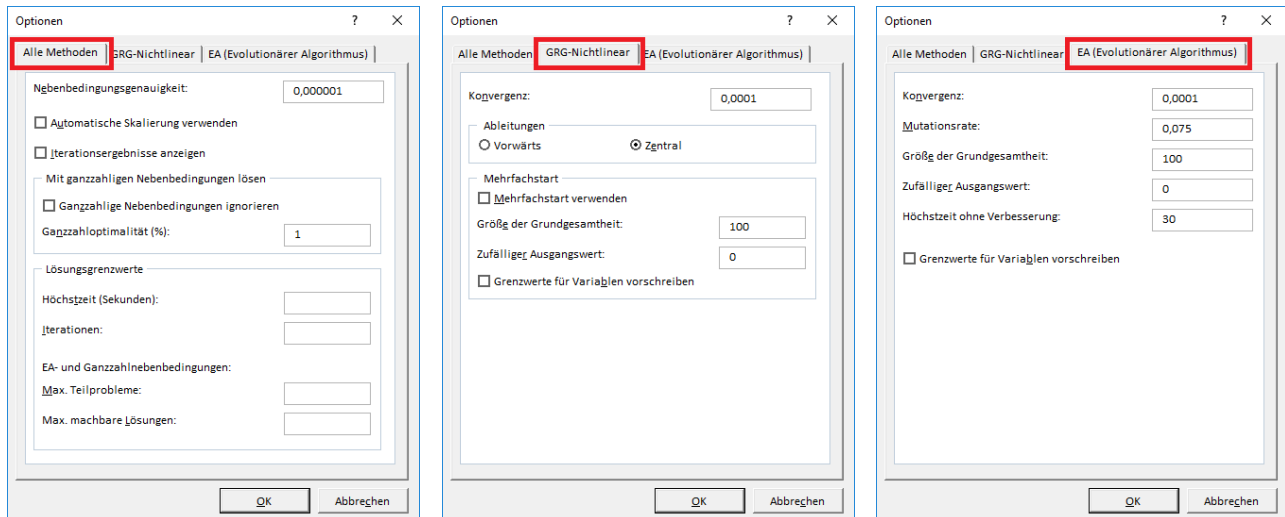


Abb. 28: Dialogfeld **Optionen**, Register **Alle Methoden**, **GRG-Nichtlinear** und **EA**

Die Angaben im Dialogfeld **Optionen** haben folgende Bedeutung:

Einstellung	Bedeutung
<b>Alle Methoden</b>	
<b>Nebenbedingungs Genauigkeit</b>	Bestimmt die Lösungsgenauigkeit, indem anhand der hier eingegebenen Zahl ermittelt wird, ob der Wert einer Nebenbedingungs zelle den Zielwert erreicht bzw. den unteren oder oberen Grenzwert einhält. Die Genauigkeit wird mit einer Zahl zwischen <b>0</b> und <b>1</b> angegeben. Je mehr Dezimalstellen die Zahl aufweist, desto größer ist die Genauigkeit.
<b>Automatische Skalierung verwenden</b>	Aktiviert die automatische Skalierung, wenn sich Ein- und Ausgaben in der Größenordnung stark unterscheiden, z. B. bei der Maximierung des prozentualen Gewinns auf der Grundlage von Investitionen in Millionenhöhe.
<b>Iterationsergebnisse anzeigen</b>	Unterbricht den Solver, um die Ergebnisse jeder einzelnen Iteration anzuzeigen.
<b>Mit ganzzahligen Nebenbedingungen lösen</b>	
<b>Ganzzahlige Nebenbedingungen ignorieren</b>	Das Kontrollkästchen sollte deaktiviert sein, wenn mindestens eine der Nebenbedingung eine ganzzahlige Bedingung ist.
<b>Ganzzahloptimalität (%)</b>	Stellt den zulässigen Prozentsatz dar, um den die Zielzelle einer der ganzzahligen Nebenbedingungen erfüllende Lösung vom eigentlich optimalen Wert abweichen darf. Diese Option trifft nur auf Probleme mit ganzzahligen Nebenbedingungen zu. In der Regel beschleunigt eine höhere Toleranz den Lösungsprozess.



<b>Einstellung</b>	<b>Bedeutung</b>
<b>Lösungsgrenzwerte</b>	
<b>Höchstzeit (Sekunden)</b>	Begrenzt die für den Lösungsprozess zulässige Zeit. Obwohl Sie ein Max. von <b>32.767</b> angeben können, ist der Standardwert von <b>100</b> (Sekunden) für die meisten kleineren Probleme ausreichend.
<b>Iterationen</b>	Begrenzt die zulässige Lösungszeit, indem die Anzahl der Zwischenberechnungen eingeschränkt wird. Obwohl Sie ein Maximum von <b>32.767</b> eingeben können, ist der Standardwert <b>100</b> für die meisten kleineren Probleme ausreichend.
<b>EA- und Ganzzahlnebenbedingungen</b>	
<b>Max. Teilprobleme</b>	Geben Sie die maximale Anzahl an Teilproblemen an, die Sie bei einer ganzzahligen Nebenbedingung erlauben wollen.
<b>Max. machbare Lösungen</b>	Geben Sie die maximale Anzahl an machbaren Lösungen an, die Sie bei einer ganzzahligen Nebenbedingung erlauben wollen.
<b>GRG-Nichtlinear</b>	
<b>Konvergenz</b>	Unterschreitet die relative Änderung in der Zielzelle die Zahl im Feld <i>Konvergenz</i> bei den letzten fünf Iterationen, hält der Solver an. Konvergenz trifft nur auf nichtlineare Probleme zu und wird durch eine Bruchzahl zwischen 0 (Null) und 1 angegeben. Eine größere Anzahl von Dezimalstellen bei der eingegebenen Zahl deutet auf eine geringere Konvergenz hin; z. B. ist <b>0,0001</b> eine geringere relative Änderung als <b>0,01</b> . Je kleiner der Konvergenzwert, desto länger braucht der Solver zur Lösungsfindung.
<b>Ableitungen</b>	
<b>Vorwärts</b>	Legt die Art der Differenzierung fest, die bei der Schätzung von Differenzteilen der Ziel- und Nebenbedingungsfunktionen verwendet wird. Wird bei den meisten Problemen verwendet, bei denen sich die Werte der Nebenbedingungen relativ langsam ändern.
<b>Zentral</b>	Legt die Art der Differenzierung fest, die bei der Schätzung von Differenzteilen der Ziel- und Nebenbedingungsfunktionen verwendet wird. Wird bei Problemen verwendet, bei denen sich die Nebenbedingungen vor allem in Grenzwertnähe schnell verändern. Obwohl diese Option mehr Berechnungen erfordert, erweist sie sich als hilfreich, wenn der Solver eine Meldung ausgibt, dass die Lösung nicht verbessert werden konnte.
<b>Mehrfachstart</b>	
<b>Mehrfachstart verwenden</b>	Wird das Kontrollkästchen aktiviert, wird die GRG-Nichtlineare Methode mehrfach ausgeführt, ausgehend von verschiedenen Startwerten für die Entscheidungsvariablen.
<b>Größe der Grundgesamtheit</b>	Anzahl der verschiedenen Startpunkte (für die verschiedenen Entscheidungsvariablen), die beim Mehrfachstart überprüft werden sollen. Wird ein Wert kleiner als <b>10</b> eingetragen, wird der Wert automatisch auf <b>10</b> gesetzt. Der maximale Wert beträgt <b>200</b> .

<b>Einstellung</b>	<b>Bedeutung</b>
<b>Zufälliger Ausgangswert</b>	Geben Sie eine positive Ganzzahl ein, die als feste Zahl für den Zufallszahlengenerator verwendet wird, um verschiedene Startpunkte für die GRG-nichtlineare Lösungsmethode zu generieren. Wenn Sie hier eine Zahl eingegeben, wird für jeden Neustart derselbe Startpunkt verwendet. Tragen Sie den Wert <b>0</b> ein, um bei jedem Neustart einen Startpunkt zu haben. Damit bekommen Sie u.U. auch unterschiedliche Lösungsergebnisse.
<b>Grenzwerte für Variablen vorschreiben</b>	Aktivieren Sie dieses Kontrollkästchen um festzulegen, dass ein Mehrfachstart nur dann durchgeführt wird, wenn für die Variablen bei den Nebenbedingungen untere und obere Grenzen festgelegt worden sind. Der Mehrfachstart ist umso effektiver, je genauer die Grenzen für die Variablen festgelegt werden können.
<b>EA (Evolutionärer Algorithmus)</b>	
<b>Konvergenz</b>	Unterschreitet die relative Änderung in der Zielzelle die Zahl im Feld <i>Konvergenz</i> bei den letzten fünf Iterationen, hält der Solver an. Konvergenz trifft nur auf nichtlineare Probleme zu und wird durch eine Bruchzahl zwischen <b>0</b> (Null) und <b>1</b> angegeben. Eine größere Anzahl von Dezimalstellen bei der eingegebenen Zahl deutet auf eine geringere Konvergenz hin; z. B. ist <b>0,0001</b> eine geringere relative Änderung als <b>0,01</b> . Je kleiner der Konvergenzwert, desto länger braucht der Solver zur Lösungsfindung.
<b>Mutationsrate</b>	Geben Sie einen Wert zwischen <b>0</b> und <b>1</b> ein, die relative Frequenz mit der einige Mitglieder einer Population mutieren, um eine neue Versuchslösung zu kreieren, während jeder Generation beim Evolutionären Algorithmus. Eine höhere Mutationsrate erhöht die Vielfalt der Populationen und die Chance, eine bessere Lösung zu finden. Allerdings benötigt sie auch eine längere Rechenzeit.
<b>Größe der Grundgesamtheit</b>	Anzahl der verschiedenen Startpunkte (für die verschiedenen Entscheidungsvariablen), die beim Evolutionären Algorithmus überprüft werden sollen. Wird ein Wert kleiner als <b>10</b> eingetragen, wird der Wert automatisch auf <b>10</b> gesetzt. Der maximale Wert beträgt <b>200</b> .
<b>Zufälliger Ausgangswert</b>	Geben Sie eine positive Ganzzahl ein, die als feste Zahl für den Zufallszahlengenerator verwendet wird, um verschiedene Startpunkte für die GRG-nichtlineare Lösungsmethode zu generieren. Wenn Sie hier eine Zahl eingegeben, wird für jeden Neustart derselbe Startpunkt verwendet. Tragen Sie den Wert <b>0</b> ein, um bei jedem Neustart einen Startpunkt zu haben. Damit bekommen Sie u.U. auch unterschiedliche Lösungsergebnisse.
<b>Höchstzeit ohne Verbesserung</b>	Geben Sie einen Wert in Sekunden an, den der Evolutionäre Algorithmus weiterhin versuchen soll eine Lösung zu finden, ohne dass sich eine deutliche Verbesserung der Lösung findet. Nach Ablauf der Zeit zeigt der Solver eine Meldung an.
<b>Grenzwerte für Variablen vorschreiben</b>	Aktivieren Sie dieses Kontrollkästchen um festzulegen, dass ein Mehrfachstart nur dann durchgeführt wird, wenn für die Variablen bei den Nebenbedingungen untere und obere Grenzen festgelegt worden sind. Der Mehrfachstart ist umso effektiver, je genauer die Grenzen für die Variablen festgelegt werden können.

## Weitere Informationen zum Solver

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, liegt der Solver als Add-In dem Microsoft Office-Paket bei und muss einmalig installiert werden. Dabei wird dieses Add-In ab der Excel-Version 2010 nicht mehr direkt von Microsoft programmiert, sondern von der amerikanischen Firma *Frontline Systems Inc.* Auf der Firmen-Webseite [www.solver.com](http://www.solver.com) erhalten Sie weitere Informationen und auch Beispielanleitungen zum Excel-Solver (allerdings nur in englischer Sprache). Sie können sich dort auch kostenlos registrieren lassen und sich Anwendungsbeispiele und Videos zum Solver herunterladen und ausprobieren. Für noch komplexere Problemstellungen bietet die Firma auch kostenpflichtige Lösungen für MS-Windows an.

Im Lieferumfang von Excel ist eine Beispieldatei mit dem Namen **SOLVSAMP.XLS** enthalten, die nach der Installation von MS-Office 2016 bzw. MS-Office 365 (normalerweise) im folgenden Ordner zu finden ist:

**C:\Programme\Microsoft Office\Office16\SAMPLES**

Evtl. hat der Unterordner **Microsoft Office** auf Ihrem PC einen etwas anderen Namen. Gegebenenfalls sollten Sie einfach nach dem Ordner **Office16** bzw. **SAMPLES** suchen (z.B. mit dem Windows-Explorer).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	<b>Transportproblem</b>									
2										
3	Minimieren Sie die Transportkosten von Waren vom Herstellungsort zu den Lagerhäusern in									
4	Großstadt-nähe, wobei Sie beachten müssen, dass die Vorratskapazitäten der Herstellungsfirmen									
5	nicht überschritten werden dürfen und der Bedarf der Lagerhäuser gedeckt sein muss.									
6										
7										
8	Anzahl Transporte von Firma zu Lagerhaus									
9	Lagerhäuser									
10	Firmen	<b>Berlin</b>	<b>Hamburg</b>	<b>Düsseldorf</b>	<b>Köln</b>	<b>Frankfurt</b>	<b>Gesamt:</b>			
11	<b>Gießen</b>	1	1	1	1	1	5			
12	<b>Stuttgart</b>	1	1	1	1	1	5			
13	<b>Bremen</b>	1	1	1	1	1	5			
14										
15	<b>Total:</b>	3	3	3	3	3				
16	<b>Bedarf pro</b>									
17	<b>Lagerhaus:</b>	170	90	220	150	300				
18										
19										
20	Firmen	Transportkosten (GE = Geldeinheit; jeweils in 1.000 €)								
21		<b>Berlin</b>	<b>Hamburg</b>	<b>Düsseldorf</b>	<b>Köln</b>	<b>Frankfurt</b>	<b>Vorrat:</b>			
22	<b>Gießen</b>	6 GE	5 GE	6 GE	5 GE	2 GE	400			
23	<b>Stuttgart</b>	10 GE	8 GE	10 GE	7 GE	5 GE	240			
24	<b>Bremen</b>	3 GE	2 GE	5 GE	3 GE	9 GE	290			
25										
26	<b>Total</b>	19 GE	15 GE	21 GE	15 GE	16 GE	86 GE			

Für die Berechnungen in den blau eingefärbten Tabellenzellen gelten folgende Formeln:

Tabellenzelle	Formel
C15	=SUMME(C11:C13)
D15	=SUMME(D11:D13)
E15	=SUMME(E11:E13)
F15	=SUMME(F11:F13)
G15	=SUMME(G11:G13)
I11	=SUMME(C11:G11)
I12	=SUMME(C12:G12)
I13	=SUMME(C13:G13)
C26	=SUMMENPRODUKT(C11:C13;C22:C24)
D26	=SUMMENPRODUKT(D11:D13;D22:D24)
E26	=SUMMENPRODUKT(E11:E13;E22:E24)
F26	=SUMMENPRODUKT(F11:F13;F22:F24)
G26	=SUMMENPRODUKT(G11:G13;G22:G24)
I26	=SUMME(C26:G26)