IN DIESEM KAPITEL

- Einführung in Begriffe der Statistik
- Von Stichproben Rückschlüsse auf Grundgesamtheiten ziehen
- Wahrscheinlichkeiten kennenlernen
- Entscheidungen treffen
- Neue und alte Features in Excel 2016
- Wichtige Excel-Grundlagen verstehen

Kapitel 1
Echte Daten auswerten

Im Rahmen der Statistik geht es immer darum, Entscheidungen zu treffen, die auf Zahlengruppen beruhen. Statistiker stellen ständig Fragen: Was sagen uns die Zahlen? Welche Trends zeichnen sich ab? Welche Vorhersagen können wir treffen? Welche Schlüsse können wir ziehen?

Um diese Fragen zu beantworten, haben Statistiker eine beeindruckende Menge an Analysetools entwickelt. Mit diesen Tools wird den Bergen an Daten, die darauf warten, dass wir uns eingehend mit ihnen beschäftigen, eine Bedeutung zugeschrieben. Und mit diesen Tools können wir die Zahlen verstehen, die wir bei unserer Arbeit generieren.

Die statistischen (und damit verwandten) Begriffe, die Sie einfach kennen müssen

Da intensives Rechnen häufig fester Bestandteil der Arbeit eines Statistikers ist, haben viele Leute die falsche Vorstellung, dass es bei der Statistik ausschließlich um die Verarbeitung großer Zahlenmengen geht. Das Rechnen ist jedoch nur ein kleiner Teil auf dem Weg hin zu einer vernünftigen Entscheidung.

Die Software nimmt uns diese Arbeit ab, so dass wir auf unserem Weg schneller vorankommen. Einige Software-Pakete sind auf die statistische Analyse spezialisiert und enthalten viele der Tools, die Statistiker verwenden. Excel wird zwar nicht explizit als Statistikpaket verkauft, enthält aber dennoch eine Reihe dieser Tools. Daher habe ich auch dieses Buch geschrieben.

Ich schrieb, Rechnen sei nur ein kleiner Teil auf dem Weg hin zu einer vernünftigen Entscheidung. Der wichtigste Teil sind die Konzepte, mit denen Statistiker arbeiten, und um diese geht es in diesem Kapitel in erster Linie.

Stichproben und Grundgesamtheiten

An Wahlabenden sagen Fernsehkommentatoren regelmäßig noch vor Schließung der Wahllokale das Ergebnis der Wahlen voraus. Meist liegen sie richtig. Wie geht das?

Ganz einfach: Eine Stichprobe von Wählern wird nach Abgabe ihrer Stimme befragt. Unter der Voraussetzung, dass die Wähler ehrlich sagen, wen sie gewählt haben, und vorausgesetzt, die Stichprobe ist für die Grundgesamtheit (oder Population) repräsentativ, können die Analysten in den Fernsehanstalten aufgrund der Stichprobendaten Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit der Wähler ziehen.

Das ist die Aufgabe von Statistikern: aufgrund der Ergebnisse einer Stichprobe Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit zu ziehen, aus der die Stichprobe entnommen wurde. Manchmal erweisen sich jedoch die anhand der Zahlen gezogenen Rückschlüsse als falsch. Das falsche Ergebnis einer Wahlumfrage führte zu dem denkwürdigen Bild von US-Präsident Harry Truman mit einer Ausgabe der *Chicago Daily Tribune* in der Hand mit der berühmten, aber falschen Schlagzeile »Dewey Defeats Truman« (Dewey schlägt Truman) nach der Wahl 1948. Zu der Aufgabe eines Statistikers gehört es mitzuteilen, für wie realistisch er die Schlussfolgerung hält. Ein anderes Beispiel ebenfalls aus dem Bereich der Wahlforschung zeigt, dass derartige Schlussfolgerungen durchaus realistisch sein können. Das Ergebnis einer Wahlumfrage (wir gehen wieder von einer repräsentativen Stichprobe von Wählern aus) gibt an, wie viel Prozent der Wähler aus der Stichprobe die einzelnen Kandidaten favorisieren. Das Meinungsforschungsinstitut gibt an, für wie genau das Umfrageergebnis eingeschätzt wird. Wenn ein Nachrichtensprecher so etwas wie »auf 3 % genau« sagt, hören Sie eine Beurteilung der Glaubwürdigkeit.

Noch ein Beispiel. Nehmen wir einmal an, Sie haben die Aufgabe, die durchschnittliche Lesegeschwindigkeit aller Fünftklässler herauszufinden, Sie verfügen jedoch weder über die Zeit noch über die finanziellen Mittel, alle Fünftklässler zu testen. Was würden Sie tun?

Am besten nehmen Sie eine Stichprobe von Fünftklässlern, messen deren Lesegeschwindigkeit (in Wörtern pro Minute) und berechnen den Mittelwert dieser Lesegeschwindigkeit der Stichprobe. Sie können dann den Mittelwert der Stichprobe zur Schätzung des Mittelwerts der Grundgesamtheit heranziehen.

Das Schließen auf den Mittelwert einer Grundgesamtheit ist eine Art *Inferenz*, die Statistiker aus Stichprobendaten ziehen. Die Inferenz wird im Abschnitt »Inferenzstatistik: Testen von Hypothesen« ausführlicher beschrieben.

Einige Begriffe, die Sie kennen sollten: Die Eigenschaften einer Grundgesamtheit (wie der Mittelwert einer Grundgesamtheit) werden als *Parameter* bezeichnet und die Eigenschaften einer Stichprobe (wie der Mittelwert einer Stichprobe) als *Statistiken*. Wenn Sie sich bei Ihren Betrachtungen auf Stichproben beschränken, sind Ihre Statistiken *deskriptiv* oder *beschreibend*. Wenn Sie Ihren Horizont erweitern und sich mit Grundgesamtheiten beschäftigen, sind Ihre Statistiken *inferenziell*.

Einige Schreibweisen, die Sie kennen sollten: Statistiker verwenden griechische Buchstaben (μ, σ, ρ) für Parameter und lateinische Buchstaben ($\bar{x}$, s, r) für Statistiken. In Abbildung 1.1 sind die Beziehungen zwischen Grundgesamtheiten und Stichproben sowie zwischen Parametern und Statistiken dargestellt.

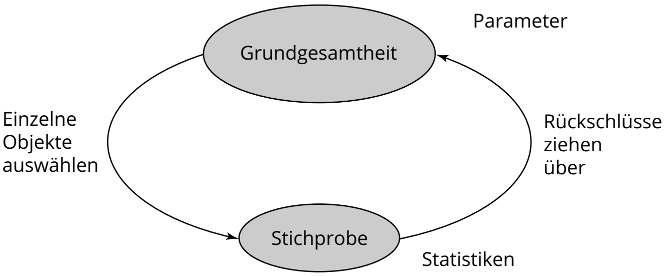


Abbildung 1.1: Die Beziehung zwischen Grundgesamtheiten, Stichproben, Parametern und Statistiken

Abhängige und unabhängige Variablen

Einfach ausgedrückt, ist eine *Variable* etwas, das mehrere Werte annehmen kann. (Etwas, das nur einen Wert annehmen kann, wird *Konstante* genannt.) Einige Variablen, die Sie bereits kennen, sind Tagestemperatur, Dow-Jones-Index, Ihr Alter und der Wert des Dollar in Euro.

Für Statistiker sind zwei Arten von Variablen wichtig: *unabhängige Variablen* und *abhängige Variablen*. Beide Variablen tauchen in jeder Studie und Untersuchung auf und Statistiker bewerten die Beziehung zwischen beiden.

Stellen Sie sich beispielsweise vor, es gebe eine neue Möglichkeit, Lesen so zu lehren, dass Fünftklässler schneller lesen können. Bevor diese neue Methode an Schulen eingeführt wird, soll sie getestet werden. Dazu müsste ein Forscher eine Stichprobe von Fünftklässlern nach dem Zufallsprinzip in zwei Gruppen teilen. Eine Gruppe wird nach der neuen Methode unterrichtet, die andere nach der herkömmlichen. Der Forscher misst vor und nach dem Unterricht die Lesegeschwindigkeit aller Kinder, die an dieser Studie teilnehmen. Was dann geschieht, erfahren Sie in einem der nächsten Abschnitte (»Inferenzstatistik: Testen von Hypothesen«).

Hier geht es zunächst darum, dass Sie wissen, dass die unabhängige Variable in diesem Beispiel die *Unterrichtmethode* ist. Die beiden möglichen Werte dieser Variablen sind *Neu* und *Herkömmlich*. Die abhängige Variable ist die *Lesegeschwindigkeit*.

Grundsätzlich geht es darum herauszufinden, ob Änderungen der unabhängigen Variablen mit Änderungen der abhängigen Variablen zusammenhängen.

In den Beispielen in diesem Buch erfahren Sie, wie Sie verschiedene Eigenschaften von Wertegruppen mit Excel berechnen können. Denken Sie immer daran, dass ich mit einer Wertegruppe stets die Werte einer abhängigen Variablen meine.

Arten von Daten

Es gibt vier verschiedene Arten von Daten. Wenn Sie mit einer Variablen arbeiten, hängt es von der Datenart ab, wie Sie mit der Variablen arbeiten.

Die erste Art wird als *nominalskalierte* oder *nominale* Daten bezeichnet. Wenn eine Zahl eine nominale Variable ist, handelt es sich lediglich um einen Namen. Der Zahlenwert bedeutet nichts. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Zahl auf dem Trikot eines Sportlers. Sie dient lediglich der Identifizierung des Sportlers, um ihn von den anderen Mitgliedern seines Teams unterscheiden zu können. Die Zahl ist kein Hinweis auf das Können des Sportlers.

Als Nächstes kommen die *ordinalskalierten* oder *ordinalen* Daten. Bei ordinalen Daten geht es um Ordnung. Die Zahlen erhalten eine Bedeutung, die über die bloße Identifizierung hinausgeht. Eine höhere Zahl bedeutet, dass eine Eigenschaft in einem höheren Maß vorhanden ist als bei einer niedrigeren Zahl. Ein Beispiel hierfür ist die Mohssche Härteskala. Diese Skala wird seit 1822 verwendet und gibt Werte zwischen 1 und 10 an. Mit dieser Skala geben Mineralogen den Härtegrad von Mineralen an. Diamant ist mit dem Härtegrad 10 das härteste Mineral und Talk mit dem Härtegrad 1 das weichste. Mit einem Mineral einer bestimmten Härte lässt sich jedes Mineral mit einer geringeren Härte ritzen.

Was bei der Mohsschen Skala (und allen Ordinalskalen) fehlt, ist das Konzept von gleichen Intervallen oder gleichen Differenzen. Die Differenz zwischen dem Härtegrad 10 und dem Härtegrad 8 ist nicht dieselbe wie zwischen dem Härtegrad 6 und dem Härtegrad 4.

Intervallskalierte Daten geben Differenzen an. Temperaturangaben in Celsius und Fahrenheit sind ein Beispiel für intervallskalierte Daten. Die Differenz zwischen 10 °C und 20 °C ist dasselbe wie die Differenz zwischen 30 °C und 40 °C.

Eine Tatsache bei den Temperaturangaben in Celsius oder Fahrenheit wird Sie überraschen: 20 ° C ist nicht doppelt so warm wie 10 °C. Um eine Aussage hinsichtlich der Relation (doppelt so viel wie, halb so viel wie) machen zu können, muss null bedeuten, dass vom gemessenen Attribut absolut nichts vorhanden ist. Ein Temperaturwert von 0 °C bedeutet jedoch nicht, dass keine Wärme vorhanden ist. 0 °C ist lediglich ein willkürlicher Punkt auf der Celsius-Skala.

Zum letzten Datentyp zählen *verhältnisskalierte* Daten. Hier ist ein sinnvoll interpretierbarer Nullpunkt vorhanden. Bei Temperaturangaben liefert die Kelvin-Skala verhältnisskalierte Daten. 100 °K ist doppelt so warm wie 50 °K. Dies liegt daran, dass der Nullpunkt der Kelvin-Skala ein *absoluter Nullpunkt* ist, bei dem es keine molekulare Bewegung (die Voraussetzung für Wärme) mehr gibt. Ein weiteres Beispiel ist das Lineal. 8 cm ist doppelt so lang wie 4 cm. Der Wert 0 bedeutet, dass keine Länge vorhanden ist.

All diese Datenarten können die Basis einer unabhängigen oder einer abhängigen Variablen bilden. Welche Analysetools Sie verwenden, hängt von der Art der Daten ab, mit denen Sie zu tun haben.

Ein bisschen Wahrscheinlichkeit

Wenn Statistiker Rückschlüsse ziehen, drücken sie ihre Einschätzung der Glaubwürdigkeit dieser Rückschlüsse in Form von Wahrscheinlichkeiten aus. Sie können sich ihrer Rückschlüsse nie sicher sein. Sie können nur sagen, für wie wahrscheinlich sie ihre Rückschlüsse halten.

Was also ist Wahrscheinlichkeit? Das erläutere ich am besten anhand von ein paar Beispielen. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass beim Werfen einer Münze Kopf geworfen wird? Intuitiv wissen Sie, dass die Chancen für Kopf ebenso wie für Zahl 50:50 stehen. Im Hinblick auf die zur Wahrscheinlichkeit gehörende Art der Zahlen ist das 1/2.

Und wie ist das beim Würfeln? Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass Sie eine 3 würfeln? Hmmm … Ein Würfel hat sechs Flächen und eine davon zeigt die 3, also sollte die Wahrscheinlichkeit bei 1 zu 6 liegen, richtig? Richtig.

Noch ein Beispiel. Sie ziehen aus einem Stapel Spielkarten wahllos eine Karte heraus. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass Sie Kreuz ziehen? Nun, ein Kartenspiel hat vier Farben, also lautet die Antwort 1 zu 4.

Ich glaube, Sie verstehen, worum es geht. Wenn Sie ermitteln möchten, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Ereignis eintritt, müssen Sie herausfinden, wie häufig dieses Ereignis eintreten kann, und Sie müssen diese Anzahl durch die Gesamtzahl aller möglichen Ereignisse teilen. Bei unseren drei Beispielen tritt das fragliche Ereignis (Kopf, 3 bzw. Kreuz) nur einmal ein.

Das Ganze kann jedoch noch etwas komplexer werden. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass beim Würfeln eine 3 oder eine 4 gewürfelt wird? Nun kann das fragliche Ereignis zweimal eintreten, d. h. (1 + 1)/6 = 2/6 = 1/3. Und wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine gerade Zahl gewürfelt wird? Das bedeutet, dass eine 2, 4 oder 6 gewürfelt wird und die Wahrscheinlichkeit somit (1 + 1 + 1)/6 = 3/6 = 1/2 beträgt.

Hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit stellen sich noch weitere Fragen. Nehmen wir einmal an, Sie würfeln und werfen gleichzeitig eine Münze. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass Sie eine 3 würfeln und Kopf werfen? Berücksichtigen Sie alle möglichen Ereignisse, die eintreten können, wenn Sie würfeln und gleichzeitig eine Münze werfen. Sie können Kopf und die Zahlen 1 bis 6 oder Zahl und die Zahlen 1 bis 6 werfen. Das ergibt insgesamt 12 Möglichkeiten. Für Kopf und 3 gibt es nur eine Möglichkeit. Also lautet die Lösung 1/12.

Die Formel für die Wahrscheinlichkeit, mit der ein bestimmtes Ereignis eintritt, lautet wie folgt:

$$\mathrm{P(Ereignis)} = \frac{\text{Anzahl der Möglichkeiten, mit denen ein Ereignis eintreten kann}}{\text{Gesamtzahl der möglichen Ereignisse}}$$

Ich habe diesen Abschnitt mit der Feststellung begonnen, dass Statistiker ihre Einschätzung der Glaubwürdigkeit von Rückschlüssen in Form von Wahrscheinlichkeiten ausdrücken, weshalb ich eigentlich auf dieses Thema gekommen bin. Wenn wir in diese Richtung weiterdenken, stoßen wir auf den Begriff der *bedingten* Wahrscheinlichkeit, also die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Ereignis eintritt, wenn ein anderes Ereignis eintritt. Nehmen wir einmal an, ich würfle, schaue mir das Ergebnis an (so dass Sie es nicht sehen können) und sage Ihnen, dass ich eine gerade Zahl gewürfelt habe. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass ich eine 2 gewürfelt habe? Eigentlich beträgt die Wahrscheinlichkeit einer 2 1/6, aber ich habe die Auswahl begrenzt. Ich habe die drei ungeraden Zahlen (1, 3 und 5) als Möglichkeiten ausgeschlossen. Somit sind nur noch die drei geraden Zahlen (2, 4 und 6) möglich, so dass die Wahrscheinlichkeit, dass eine 2 gewürfelt wird, nun 1/3 beträgt.

Was hat nun die bedingte Wahrscheinlichkeit mit statistischer Analyse zu tun? Lesen Sie weiter.

Inferenzstatistik: Testen von Hypothesen

Vor dem Durchführen einer Studie formuliert ein Statistiker eine *Hypothese*, das heißt, er stellt eine vorsichtige Prognose auf, welches bestimmte Ergebnis zu erwarten ist. Wenn nach Abschluss der Untersuchung die Stichprobendaten in einer Tabelle erfasst sind, trifft er die zentrale Entscheidung, die ein Statistiker treffen muss: Er entscheidet, ob die Hypothese verworfen oder nicht verworfen wird.

Diese Entscheidung hängt von der Frage nach der bedingten Wahrscheinlichkeit ab: Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich diese Daten unter der Voraussetzung ergeben, dass die Hypothese zutrifft? Die statistische Analyse stellt Tools zum Berechnen der Wahrscheinlichkeit bereit. Wenn sich die Wahrscheinlichkeit als gering erweist, verwirft der Statistiker die Hypothese.

Ein Beispiel: Nehmen wir einmal an, Sie möchten wissen, ob eine bestimmte Münze symmetrisch ist, das heißt, ob Kopf ebenso häufig geworfen wird wie Zahl. Um diese Frage zu klären, werfen Sie die Münze beispielsweise hundert Mal. Diese 100 Würfe stellen Ihre Stichprobendaten dar. Wenn Sie von der Hypothese ausgehen, dass die Münze symmetrisch ist, erwarten Sie, dass die Daten in Ihrer Stichprobe mit 100 Würfen 50 Mal Kopf und 50 Mal Zahl ergeben.

Wenn sich herausstellt, dass Sie 99 Mal Kopf und 1 Mal Zahl werfen, werden Sie die Hypothese von der symmetrischen Münze zweifellos verwerfen. Warum? Die bedingte Wahrscheinlichkeit, dass mit einer symmetrischen Münze 99 Mal Kopf und 1 Mal Zahl geworfen wird, ist sehr gering. Aber einen Moment. Die Münze kann symmetrisch sein und Sie können dennoch 99 Mal Kopf und 1 Mal Zahl werfen, richtig? Absolut. Das weiß man nie so genau. Sie müssen Stichprobendaten sammeln (das Ergebnis aus 100 Würfen) und Rückschlüsse ziehen. Die Rückschlüsse können richtig sein oder auch nicht.

Geschworene stehen ständig vor dieser Frage. Sie müssen zwischen widersprüchlichen Hypothesen entscheiden und die Indizien vor Gericht begründen. (Stellen Sie sich die Indizien als Daten vor.) Eine Hypothese lautet, dass der Angeklagte schuldig ist. Die andere Hypothese lautet, dass der Angeklagte unschuldig ist. Die Geschworenen müssen unter Berücksichtigung der Indizien im Prinzip die Frage nach der bedingten Wahrscheinlichkeit beantworten. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit des Indizes, vorausgesetzt, der Angeklagte ist nicht schuldig? Diese Frage wird durch den Urteilsspruch beantwortet.

Nullhypothese und Alternativhypothese

Betrachten wir noch einmal das eben beschriebene Experiment mit dem Münzenwerfen. Die Ergebnisse aus 100 Würfen stellen die Stichprobendaten dar. Vor dem Werfen der Münze formulieren Sie die Hypothese, dass die Münze symmetrisch ist, das heißt, Sie erwarten, dass Kopf und Zahl gleich häufig geworfen werden. Dieser Ausgangspunkt wird als *Nullhypothese* bezeichnet. In der Statistik wird für die Nullhypothese die Notation H_0 verwendet. Nach dieser Hypothese ist jede Kopf-Zahl-Verteilung in den Daten mit einer symmetrischen Münze vereinbar. Stellen Sie sich das Ganze so vor, dass nichts in den Ergebnissen der Untersuchung außer der Reihe ist.

Eine alternative Hypothese ist möglich, nämlich dass die Münze nicht symmetrisch ist und daher Kopf und Zahl nicht gleich häufig geworfen werden. Diese Hypothese besagt, dass mit einer nicht symmetrischen Münze jede Kopf-Zahl-Verteilung mit einer nicht symmetrischen Münze vereinbar ist. Ob Sie es glauben oder nicht: Die alternative Hypothese wird *Alternativhypothese* oder *Gegenhypothese* genannt. In der Statistik wird für die Alternativhypothese die Notation H_1 oder H_A verwendet.

Werfen Sie, diese Hypothesen vorausgesetzt, die Münze 100 Mal und notieren Sie die Anzahl der Kopf- und Zahl-Würfe. Wenn sich dabei ergibt, dass etwa 90 Mal Kopf und 10 Mal Zahl geworfen wird, sollten Sie H_0 verwerfen. Wenn sich ergibt, dass Kopf und Zahl jeweils etwa 50 Mal geworfen werden, sollten Sie H_0 nicht verwerfen.

Ähnliches gilt für das Beispiel mit der Lesegeschwindigkeit weiter vorne in diesem Kapitel. Eine Stichprobe von Kindern lernt nach einer neuen Methode lesen, mit der die Lesegeschwindigkeit erhöht werden soll, während die andere Stichprobe nach der herkömmlichen Methode lesen lernt. Die Lesegeschwindigkeit der Kinder wird vor und nach dem Unterricht gemessen und der Fortschritt der einzelnen Kinder wird tabellarisch erfasst. Die Nullhypothese H_0 besagt, dass sich die beiden Methoden nicht voneinander unterscheiden. Wenn der Fortschritt mit der neuen Methode größer ist als mit der herkömmlichen Methode, so viel größer, dass es unwahrscheinlich ist, dass sich die Methoden nicht voneinander unterscheiden, verwerfen Sie H_0. Wenn nicht, dann verwerfen Sie H_0 nicht.

Ist Ihnen aufgefallen, dass ich *nicht* gesagt habe: »Nehmen Sie H_0 an«? So, wie die Logik nun mal funktioniert, können Sie eine Hypothese *niemals* annehmen. Sie können H_0 verwerfen oder Sie können H_0 nicht verwerfen.

Hier noch ein Beispiel aus dem echten Leben, das dabei helfen soll, dieses Konzept zu verstehen. Wenn ein Angeklagter vor Gericht erscheint, gilt die Unschuldsvermutung, bis das Gegenteil bewiesen ist. Sie können sich »nicht schuldig« als H_0 vorstellen. Die Aufgabe des Staatsanwalts besteht darin, das Gericht dazu zu bringen, H_0 zu verwerfen. Wenn das Gericht die Unschuldsvermutung ablehnt, wird der Angeklagte für schuldig befunden. Wenn es diese

Vermutung verwirft, dann ist der Angeklagte schuldig. Wenn es die Unschuldsvermutung nicht verwirft, dann ist der Angeklagte nicht schuldig. Der Angeklagte ist niemals unschuldig. Dies wäre gleichbedeutend damit, H_0 zu akzeptieren.

Lassen Sie uns zum Beispiel mit dem Münzenwerfen zurückkehren. Ist Ihnen aufgefallen, dass ich beim Beispiel mit dem Münzenwerfen »etwa 50 Mal« gesagt hatte? Was bedeutet dieses »etwa«? Außerdem habe ich gesagt, dass Sie H_0 verwerfen sollen, wenn Kopf und Zahl im Verhältnis 90:10 geworfen wird. Aber was ist, wenn 85:15 geworfen wird? 80:20? 70:30? Wie groß muss die Differenz zur Verteilung 50:50 sein, damit H_0 verworfen wird? Um wie viel größer muss beim Beispiel mit der Lesegeschwindigkeit der Fortschritt sein, damit H_0 verworfen wird?

Ich werde diese Fragen hier nicht beantworten. Statistiker haben Entscheidungsregeln für Situationen wie diese entwickelt, und Sie werden diese Regeln im Verlauf dieses Buches kennenlernen.

Zwei Arten von Fehlern

Beim Auswerten der Daten aus einer Untersuchung und beim Entscheiden, ob H_0 verworfen werden soll oder nicht, können Sie nie absolut sicher sein. Sie wissen nie, wie die Realität wirklich aussieht. Im Zusammenhang mit dem Münzwurfbeispiel bedeutet das, dass Sie nie sicher wissen, ob die Münze symmetrisch ist. Ihnen bleibt nur, eine Entscheidung anhand der gesammelten Stichprobendaten zu treffen. Wenn Sie, was die Münze betrifft, sicher gehen möchten, müssen Sie alle Daten für die gesamte Grundgesamtheit der Würfe sammeln. Das bedeutet, Sie müssten die Münze bis ans Ende aller Tage werfen.

Da Ihre Entscheidung nie sicher ist, ist es möglich, dass Sie einen Fehler machen, gleichgültig, wie Sie entscheiden. Wie bereits erwähnt, kann die Münze symmetrisch sein und Sie können bei 100 Würfen dennoch ein Ergebnis von 99:1 erhalten. Das ist nicht wahrscheinlich, weshalb Sie H_0 verwerfen. Es ist außerdem möglich, dass die Münze nicht symmetrisch ist, und bei 100 Würfen dennoch 50 Mal Kopf geworfen wird. Auch das ist nicht wahrscheinlich, weshalb Sie H_0 in diesem Fall nicht verwerfen.

Obwohl diese Fehler nicht wahrscheinlich sind, sind sie dennoch möglich. Sie kommen in jeder Untersuchung vor, bei der Inferenzstatistik im Spiel ist. Statistiker nennen diese Fehler *Fehler 1. Art* (oder auch Alphafehler) und *Fehler 2. Art* (oder auch Betafehler).

Wenn Sie H_0 verwerfen, obwohl Sie das nicht sollten, dann ist das ein Fehler 1. Art. Das wäre bei dem Beispiel mit der Münze das Verwerfen der Hypothese, die besagt, dass die Münze symmetrisch ist, obwohl die Münze tatsächlich symmetrisch ist.

Wenn Sie H_0 nicht verwerfen, obwohl Sie das sollten, dann ist das ein Fehler 2. Art. Das ist dann der Fall, wenn Sie die Hypothese, die besagt, dass die Münze symmetrisch ist, nicht verwerfen, obwohl die Münze tatsächlich nicht symmetrisch ist.

Woher wissen Sie, ob Sie einen dieser Fehler gemacht haben? Das können Sie nicht wissen, zumindest nicht gleich, nachdem Sie entschieden haben, ob Sie H_0 verwerfen oder nicht. (Wenn es möglich wäre, das zu wissen, würden Sie den Fehler erst gar nicht machen!) Ihnen bleibt nur, weitere Daten zu sammeln und zu prüfen, ob die zusätzlichen Daten mit Ihrer Entscheidung vereinbar sind.

Wenn Sie meinen, H_0 neige dazu, den Status quo zu erhalten, und nichts als außergewöhnlich interpretieren (gleichgültig, wie es aussieht), bedeutet ein Fehler 2. Art, dass Sie etwas Wichtiges übersehen haben. So betrachtet, basieren viele ironische Ereignisse in der Geschichte auf Fehlern 2. Art.

Und das meine ich damit: In den 50er-Jahren bekamen talentierte junge Entertainer in einer amerikanischen Fernsehsendung die Gelegenheit, ein paar Minuten lang auf der Bühne zu zeigen, was sie können. Für ihre Darbietungen konnten sie einen Preis gewinnen. Das Publikum stimmte ab, wer der Gewinner sein sollte. Die Produzenten rekrutierten in ganz Amerika Interessenten für die Show. Viele Jahre nachdem die Show nicht mehr gesendet wurde, wurde einer der Produzenten interviewt. Der Interviewer fragte ihn, ob er jemals jemanden beim Casting abgelehnt habe, den er besser nicht hätte ablehnen sollen.

»Nun«, sagte der Produzent, »einmal hat ein junger Sänger vorgesungen und er schien wirklich schlecht zu sein.«

»In welcher Hinsicht?«, fragte der Interviewer.

»In vielerlei Hinsicht«, antwortete der Produzent. »Er sang viel zu laut, wirbelte beim Gitarrespielen seinen Körper und seine Beine herum und er trug diese langen Koteletten. Wir waren der Ansicht, dieser Junge würde es nie schaffen, dankten ihm für seine Vorführung und schickten ihn nach Hause.«

»Moment mal, möchten Sie mir sagen, dass Sie …«

»Ja, ganz recht. Wir haben … Elvis Presley nach Hause geschickt!«

Das war in der Tat ein Fehler 2. Art.

Was ist neu in Excel 2016?

Microsoft hat im Menüband (den Registerkarten, die Sie oben im Fenster sehen) einige Änderungen vorgenommen, die Änderungen in Excel widerspiegeln. Die auffälligste Neuerung ist die Glühlampe rechts von der Registerkarte ADD-INS. Das Feld neben der Glühlampe ist mit *Was möchten Sie tun?* beschriftet. Hierbei handelt es sich um eine neue Möglichkeit, die Excel-Hilfe aufzurufen. Geben Sie in das Feld einen Satz wie **Diagramm einfügen** ein, damit Excel ein Menü öffnet, in dem Sie Schaltflächen zu den Befehlen finden, mit denen Sie Diagramme einfügen können. Außerdem enthält das Menü Befehle, mit denen Sie die Hilfe zum Thema »Diagramm einfügen« anzeigen lassen können. Ein Beispiel dafür sehen Sie in Abbildung 1.2.

Das Feld »Was möchten Sie tun?«

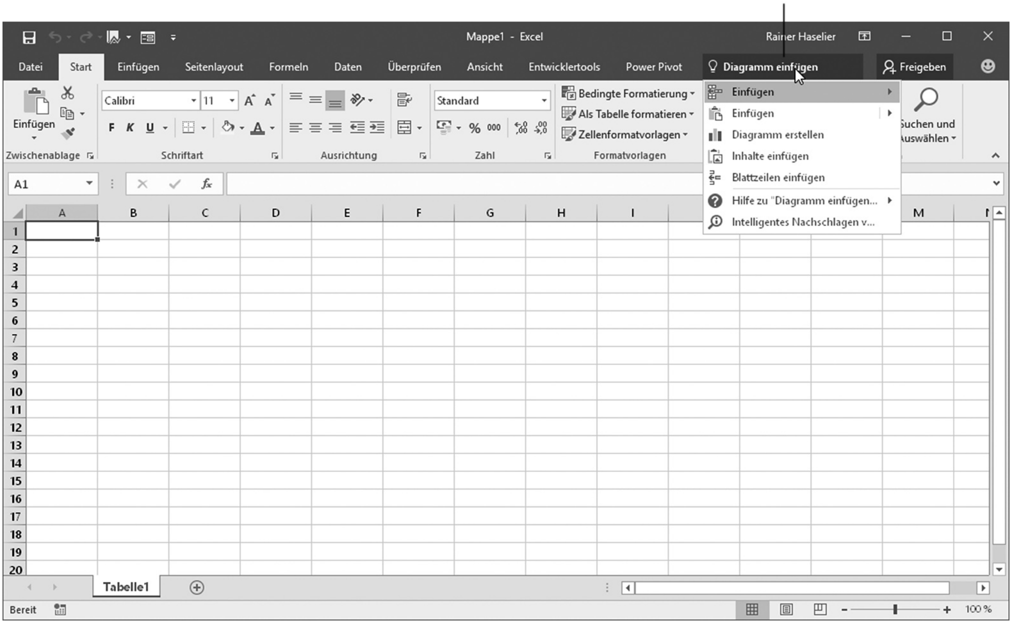


Abbildung 1.2: Die Benutzeroberfläche von Excel 2016 mit dem Feld WAS MÖCHTEN SIE TUN?

Leider steht dieses Feature in Excel 2016 für Mac nicht zur Verfügung. Dies trifft auch auf einige andere Features zu, von denen ich ein paar im folgenden Absatz erwähne. Im Großen und Ganzen wurde die Konsistenz zwischen der Windows- und der Mac-Version von Excel im Vergleich zu den vorherigen Versionen deutlich verbessert.

Abbildung 1.2 zeigt die Registerkarte EINFÜGEN, auf der sich für den Bereich DIAGRAMME einige Änderungen befinden. Eine Neuerung sind die statistischen Diagramme (die in der Mac-Version nicht vorhanden sind). Eine weitere sind die 3D-Karten, die neuen und verbesserten Power-View-Berichte (die in Excel 2013 eingeführt wurden und die in der MacOS-Version von Excel nicht zur Verfügung stehen). Diese Features werden in Kapitel 3 beschrieben.

Was ist alt in Excel 2016?

Jede Registerkarte im Menüband enthält Befehlsgruppen, in denen sich die zu einer bestimmten Kategorie gehörenden Schaltflächen befinden. Um herauszufinden, welche Aktion eine bestimmte Schaltfläche auslöst, bewegen Sie den Mauszeiger auf diese Schaltfläche (ohne zu klicken); ein kleines Fenster zeigt dann hilfreiche Informationen an.

Bestimmte Schaltflächen lösen nicht sofort eine Aktion aus; stattdessen zeigt ein Klick auf die Schaltfläche ein Menü an, in dem Sie den gewünschten Befehl auswählen können.

Microsoft verwendet eine Kurzschreibweise, um einen Mausklick auf eine Befehlsschaltfläche im Menüband anzugeben. Diese Schreibweise verwende ich auch in diesem Buch. Sie lautet:

Registerkarte | Name der Schaltfläche

Um beispielsweise anzugeben, dass auf der Registerkarte Einfügen die Schaltfläche Empfohlene Diagramme angeklickt werden soll, schreibe ich

Einfügen | Empfohlene Diagramme

Wenn ich diese Schaltfläche anklicke (nachdem vorher Zellen mit Daten markiert wurden), wird das Dialogfeld Diagramm einfügen angezeigt, das Sie in Abbildung 1.3 sehen.

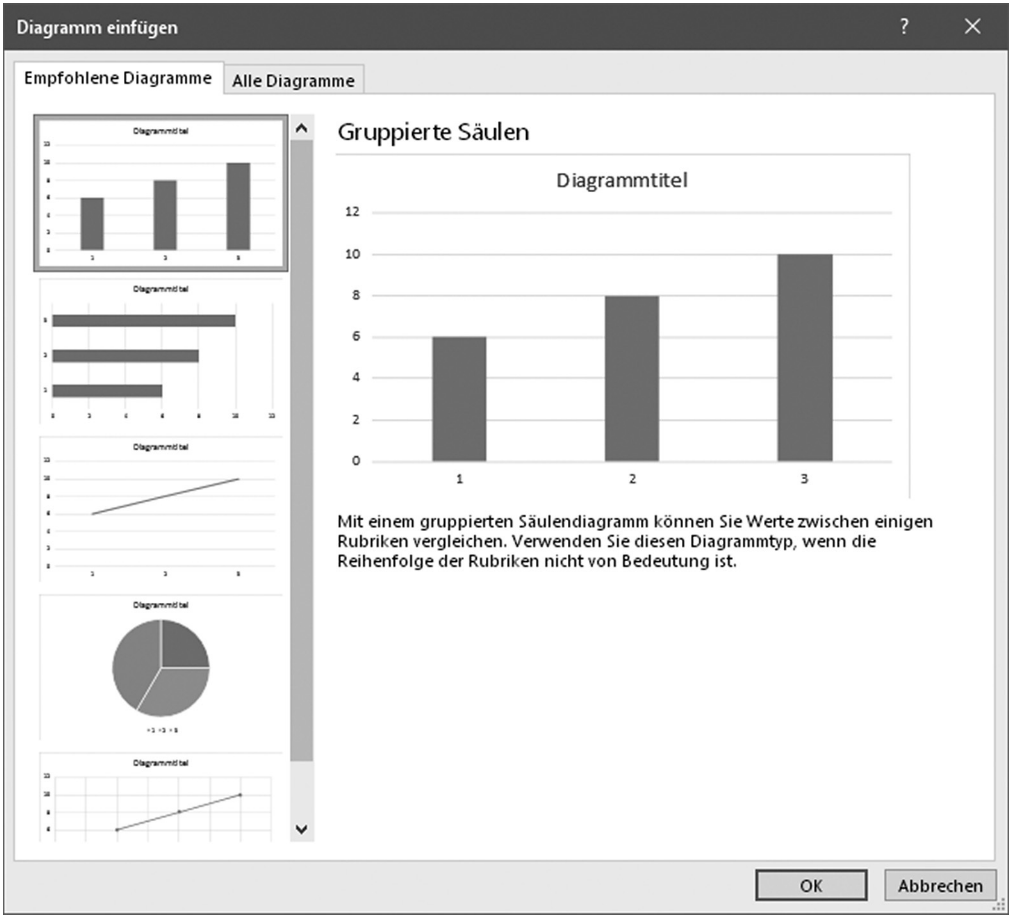


Abbildung 1.3: Wenn Sie Einfügen | Empfohlene Diagramme anklicken, wird dieses Dialogfeld geöffnet.

Beachten Sie, dass im Dialogfeld die Registerkarte Empfohlene Diagramme geöffnet ist. Wenn Sie die Registerkarte Alle Diagramme anklicken (die in der Mac-Version nicht vorhanden ist), wird im Dialogfeld ein Katalog aller von Excel unterstützten Diagramme angezeigt (siehe Abbildung 1.4).

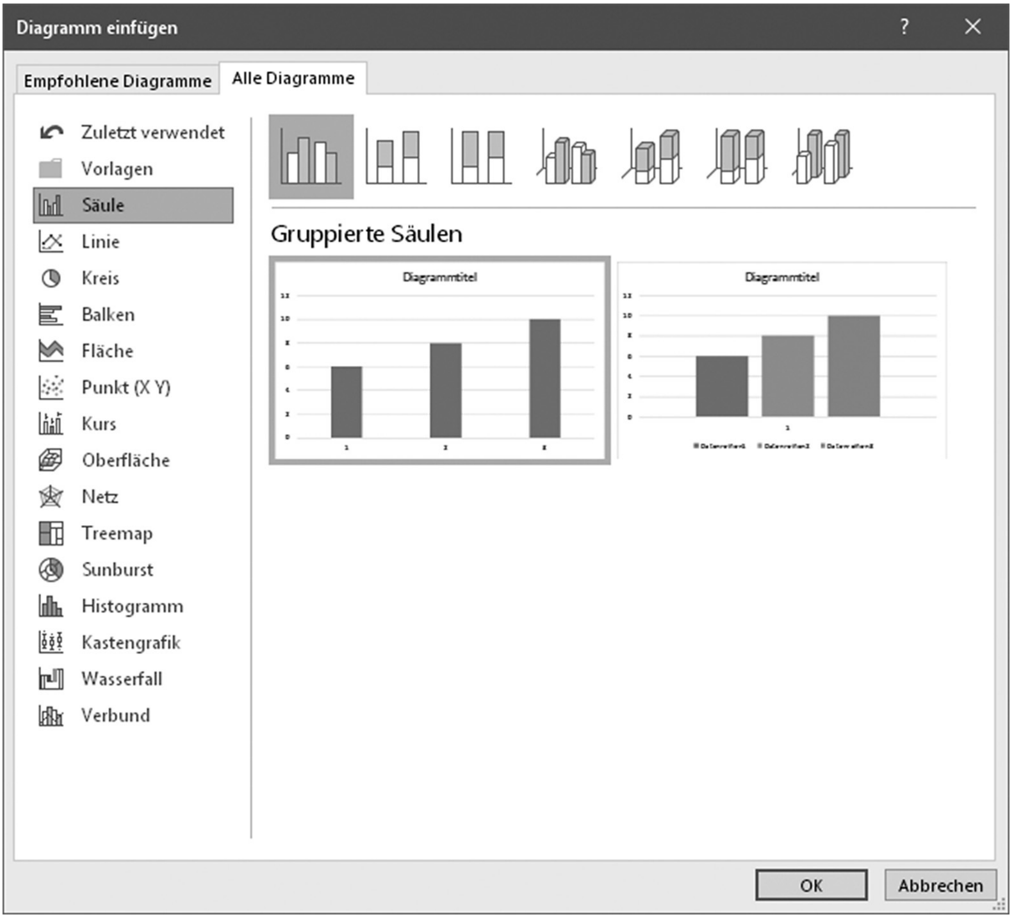


Abbildung 1.4: Die Registerkarte ALLE DIAGRAMME des Dialogfeldes DIAGRAMM EINFÜGEN

In der Kategorienliste an der linken Seite werden fünf der sechs neuen Diagrammtypen von Excel 2016 angezeigt: Wasserfall, Treemap, Sunburst, Histogramm und Kastengrafik. (Der sechste neue Diagrammtyp, Pareto, wird als Untertyp der Kategorie Histogramm aufgeführt). Die letzten drei Typen werden statistische Diagramme genannt. Die statistischen (sowie weitere) Diagramme werden in Kapitel 3 beschrieben.

Den größten Teil der statistischen Funktionalität finden Sie, wenn Sie folgenden Befehl wählen:

FORMELN | MEHR FUNKTIONEN | STATISTIK

Dies ist eine Erweiterung der Kurzschreibweise. Sie bedeutet: »Öffnen Sie die Registerkarte FORMELN, klicken Sie auf die Schaltfläche MEHR FUNKTIONEN und wählen Sie dann im Menü der Schaltfläche den Befehl STATISTIK aus. Abbildung 1.5 zeigt, was ich damit meine.

In Kapitel 2 zeige ich Ihnen, wie Sie das Menü mit den statistischen Funktionen einfacher zugänglich machen können.

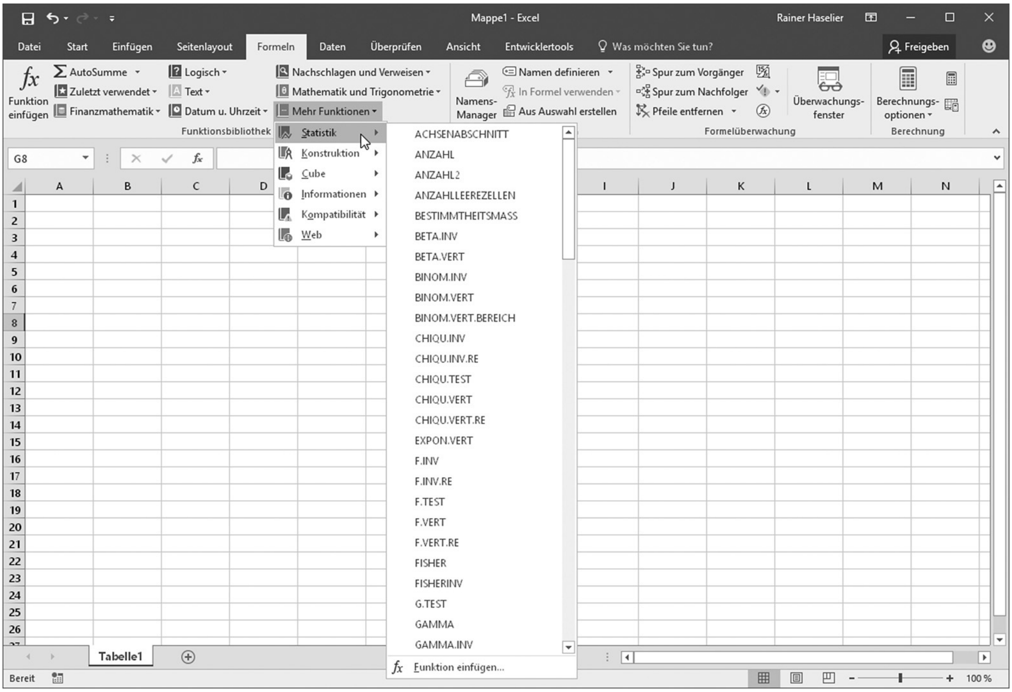


Abbildung 1.5: Auf das Menü mit den statistischen Funktionen zugreifen

In Excel 2010 hat Microsoft das Prinzip der Namensgebung der Funktionen geändert. Das Ziel hierbei war, Namen zu verwenden, die den Zweck und die Aufgabe der Funktion so gut wie möglich beschreiben. Außerdem hat Microsoft die Programmierung hinter einigen Funktionen geändert, damit diese genauer rechnen.

Auch Excel 2016 verwendet diese neue Namensgebung. Aus Kompatibilitätsgründen mit vorherigen Excel-Versionen stehen auch die alten Funktionsnamen (die meisten aus Excel vor 2010 und die Funktion `SCHÄTZER` aus Excel 2013) weiterhin zur Verfügung. Falls Sie also eine Arbeitsmappe für Benutzer von älteren Excel-Versionen erstellen, sollten Sie die alten Funktionsnamen verwenden.

Sie finden die alten Funktionen nicht im Menü mit den statistischen Funktionen, sondern in einem eigenen Menü. Um es zu öffnen, wählen Sie FORMELN | MEHR FUNKTIONEN | KOMPATIBILITÄT.

Tabelle 1.1 hilft Ihnen beim Umsteigen von älteren Excel-Versionen. Die Tabelle führt den alten und den neuen Funktionsnamen auf sowie das Kapitel, in dem ich die neue Funktion vorstelle.

In der Tabelle können Sie erkennen, dass anstelle der alten Funktion `SCHÄTZER` nun fünf verschiedene Funktionen zur Verfügung stehen: `PROGNOSE.LINEAR`, `PROGNOSE.ETS`, `PROGNOSE.ETS.KONFINT`, `PROGNOSE.ETS.SAISONALITÄT` und `PROGNOSE.ETS.STAT`. Ich stelle diese Funktionen gemeinsam mit den neuen Prognosefeatures, die über einen Mausklick erreichbar sind, in Kapitel 16 vor.

Alte Funktion	Neue Funktion(en)	Kapitel
BETAINV	BETA.INV	19
BETAVERT	BETA.VERT	19
BINOMVERT	BINOM.VERT	18
CHIINV	CHIQU.INV.RE	10
CHITEST	CHIQU.TEST	20
CHIVERT	CHIQU.VERT.RE	10
EXPONVERT	EXPON.VERT	19
FINV	F.INV	11
FTEST	F.TEST	11
FVERT	F.VERT, F.VERT.RE	11
GAMMAINV	GAMMA.INV	19
GAMMAVERT	GAMMA.VERT	19
GTEST	G.TEST	10
HYPGEOMVERT	HYPGEOM.VERT	18
KONFIDENZ	KONFIDENZ.NORM, KONFIDENZ.T	9
KOVAR	KOVARIANZ.P, KOVARIANZ.S	15
KRITBINOM	BINOM.INV	18
LOGINV	LOGNORM.INV	22
LOGNORMVERT	LOGNORM.VERT	22
MODUS	MODUS.EINF, MODUS.VIELF	4
NEGBINOMVERT	NEGBINOM.VERT	18
NORMINV	NORM.INV	8
NORMSINV	NORM.S.INV	8
NORMSVERT	NORM.S.VERT	8
NORMVERT	NORM.VERT	8
POISSON	POISSON.VERT	19
QUANTIL	QUANTIL.INKL, QUANTIL.EXKL	6
QUANTILRANG	QUANTILSRANG.INKL	6
QUARTILE	QUARTILE.INKL, QUARTILE.EXKL	6
RANG	RANG.GLEICH	6
SCHÄTZER	PROGNOSE.LINEAR, PROGNOSE.ETS, PROGNOSE.ETS.KONFINT, PROGNOSE.ETS.SAISONALITÄT, PROGNOSE.ETS.STAT	16
STABW	STABW.S	5
STABWN	STABW.N	5
TINV	T.INV, T.INV.2S	9
TTEST	T.TEST	11
TVERT	T.VERT.2S	10
TVERT	T.VERT.RE	10

Alte Funktion	Neue Funktion(en)	Kapitel
`VARIANZ`	`VAR.S`	5
`VARIANZEN`	`VAR.P`	5
`WEIBULL`	`WEIBULL.VERT`	22

Tabelle 1.1: Alte Namen der statistischen Excel-Funktionen, deren Ersatz und das Kapitel, in dem die neue Funktion beschrieben wird

Die wichtigste Neuerung in Excel 2016 finden Sie in der Version für den Mac. Nach langer Abwesenheit steht nun wieder das Add-On Analyse-Funktionen zur Verfügung. Das Add-On Analyse-Funktionen, das in allen Windows-Versionen zur Verfügung steht, ist ein kostenloses Add-On mit Werkzeugen für komplexe statistische Analysen, die oft nur in speziellen Statistikanwendungen zur Verfügung stehen. In vorherigen Mac-Versionen konnten furchtlose Anwender eine ähnliche Sammlung von Werkzeugen verwenden, indem Sie eine Anwendung von Drittanbietern herunterluden, die jedoch nicht so gut in Excel integriert war wie das Add-On Analyse-Funktionen.

Es gibt jedoch eine Menge Mac-Anwender; diese werden über diese Änderung in Excel 2016 sehr erfreut sein.

Ich stelle das Add-On Analyse-Funktionen in Kapitel 2 vor.

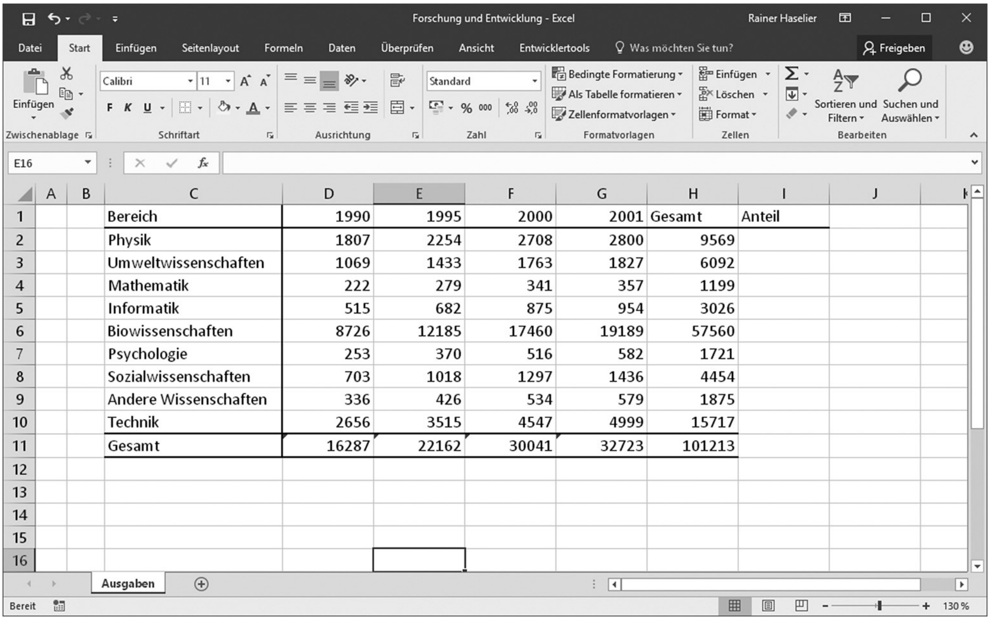
Die Grundlagen kennen

Ich gehe mal davon aus, dass Sie sich mit Excel schon ein bisschen auskennen. Dennoch sollten Sie sich etwas Zeit nehmen, damit wir einige grundlegende Dinge zu Excel klären können, die für den Rechenteil der statistischen Arbeit wichtig sind. Wenn Sie diese grundlegenden Dinge kennen, können Sie effizienter mit Excel-Formeln arbeiten.

Automatisches Ausfüllen von Zellen

Die erste wichtige Funktion ist die *AutoAusfüllen*-Funktion, mit deren Hilfe Excel eine Berechnung im ganzen Arbeitsblatt wiederholen kann. Wenn Sie eine Formel in eine Zelle einfügen, können Sie diese in angrenzende Zellen ziehen.

In Abbildung 1.6 sehen Sie ein Arbeitsblatt mit den Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Bereich Wissenschaft und Technik an Hochschulen und Universitäten für die angegebenen Jahre. Die Daten, die aus dem Bericht der U.S. National Science Foundation stammen, sind in Millionen US-Dollar angegeben. In Spalte H sehen Sie eine Spalte für den Gesamtbetrag der verschiedenen Bereiche und in Zeile 11 befinden sich die Gesamtbeträge für die einzelnen Jahre. (Auf die Bedeutung von Spalte I komme ich in Bälde zu sprechen.)



Bereich	1990	1995	2000	2001	Gesamt	Anteil
Physik	1807	2254	2708	2800	9569	
Umweltwissenschaften	1069	1433	1763	1827	6092	
Mathematik	222	279	341	357	1199	
Informatik	515	682	875	954	3026	
Biowissenschaften	8726	12185	17460	19189	57560	
Psychologie	253	370	516	582	1721	
Sozialwissenschaften	703	1018	1297	1436	4454	
Andere Wissenschaften	336	426	534	579	1875	
Technik	2656	3515	4547	4999	15717	
Gesamt	16287	22162	30041	32723	101213	

Abbildung 1.6: Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Bereich Wissenschaft und Technik

Nach dem Einfügen der Daten waren Spalte H und Zeile 11 noch ohne Werte. Wie habe ich die Gesamtbeträge in Spalte H und Zeile 11 bekommen?

Wenn Sie eine Formel zum Berechnen des Gesamtbetrags in der ersten Zeile (für Physik) erstellen möchten, besteht eine Möglichkeit (von vielen) darin,

```
=D2+E2+F2+G2
```

in Zelle H2 einzugeben. (Eine Formel beginnt immer mit »=«.) Wenn Sie die Enter-Taste drücken, wird in H2 der Gesamtbetrag angezeigt.

Um nun diese Formel in die Zellen H3 bis H10 einzufügen, zeigen Sie mit dem Mauszeiger auf die untere rechte Ecke von H2, bis aus dem Pfeil ein »+« wird. Halten Sie nun die linke Maustaste gedrückt und ziehen Sie die Maus über die Zellen. Dieses +-Zeichen wird als *Ausfüllkästchen* bezeichnet.

Wenn alle gewünschten Zellen ausgefüllt sind, lassen Sie die Maustaste los. Daraufhin werden in der Zeile die Gesamtbeträge angezeigt. Damit sparen Sie eine Menge Zeit, da Sie die Formel nicht acht Mal neu eingeben müssen.

Dasselbe gilt auch für die Gesamtbeträge der Spalten. Eine Möglichkeit, die Formel zum Addieren der Zahlen in der ersten Spalte (1990) zu erstellen, besteht darin,

```
=D2+D3+D4+D5+D6+D7+D8+D9+D10
```

in Zelle D11 einzugeben. Zeigen Sie mit dem Cursor auf das Ausfüllkästchen von D11, ziehen Sie das Ausfüllkästchen entlang der Zeile 11 und lassen Sie die Maustaste in Spalte H los. So werden die Gesamtbeträge automatisch in die Zellen E11 bis H11 gefüllt.

Ziehen ist nicht die einzige Möglichkeit. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die gewünschten Zellen der Zeile oder Spalte (einschließlich der Zelle, die die Formel enthält) zu markieren und dann den Befehl Start | Füllbereich zu wählen.

Wo ist der Befehl Füllbereich? In der Gruppe Bearbeiten der Registerkarte Start sehen Sie eine Schaltfläche mit einem Pfeil, der nach unten weist. Wenn Sie diese Schaltfläche anklicken, wird das zugehörige Menü geöffnet (siehe Abbildung 1.7). Wählen Sie dort den Befehl Unten aus; dieser Befehl hat die gleiche Wirkung wie das Ziehen des Ausfüllkästchens.

Abbildung 1.7: Das Menü der Schaltfläche Füllbereich

Eine weitere Vorgehensweise besteht darin, im Menü der Schaltfläche Füllbereich den Befehl Reihe auszuwählen. Hierdurch wird das gleichnamige Dialogfeld (siehe Abbildung 1.8) geöffnet. Schalten Sie in diesem Dialogfeld das Optionsfeld AutoAusfüllen ein, klicken Sie auf OK und Sie sind fertig. Diese Vorgehensweise erfordert zwar einen zusätzlichen Schritt, jedoch ist sie ein wenig mehr mit früheren Excel-Versionen kompatibel.

Ich erkläre das alles, weil es in der statistischen Analyse häufig vorkommt, dass eine Formel in mehrere Zellen eingegeben werden muss. Die Formeln sind oft komplexer als die in diesem Abschnitt und Sie werden sie nicht zig Mal neu eingeben wollen. Daher lohnt es sich zu wissen, wie das automatische Ausfüllen funktioniert.

Ein schneller Weg zum AutoAusfüllen besteht darin, die erste Zelle der Reihe anzuklicken, den Mauszeiger auf die untere rechte Ecke der Zelle zu bewegen, bis das Ausfüllkästchen erscheint und dann doppelzuklicken. Dies funktioniert sowohl unter Windows als auch auf dem Mac.

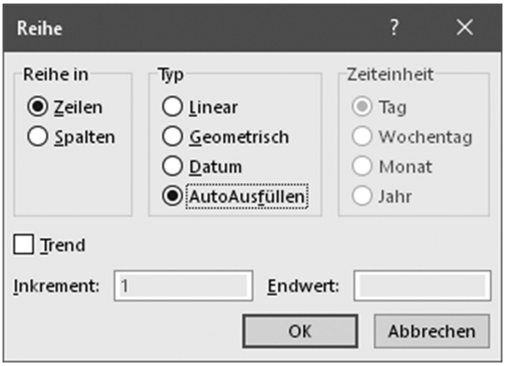


Abbildung 1.8: Das Dialogfeld REIHE

Auf Zellen verweisen

Eine weitere wichtige Grundlage ist die Art und Weise, wie Excel Zellbezüge in Arbeitsblättern herstellt. Betrachten wir noch einmal das Arbeitsblatt in Abbildung 1.6. Jede automatisch ausgefüllte Formel unterscheidet sich etwas von der Anfangsformel. Die Formel in Zelle H2 lautet:

```
=D2+E2+F2+G2
```

Nach dem automatischen Ausfüllen lautet die Formel in H3:

```
=D3+E3+F3+G3
```

und die Formel in H4 lautet … nun, Sie können es sich bereits denken.

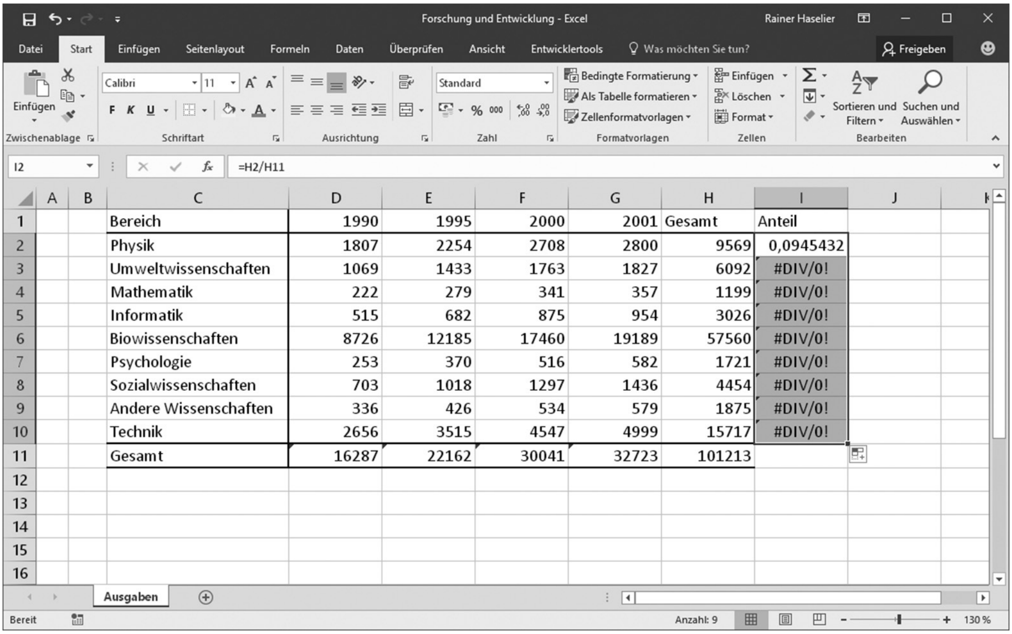
Das passt perfekt. Sie möchten den Gesamtbetrag in jeder Zeile berechnen, also passt Excel die Formel beim automatischen Ausfüllen der einzelnen Zellen entsprechend an. Diese Art Zellbezüge werden als *relative Zellbezüge* bezeichnet. Hier werden die Zellbezüge (die Zellbezeichnungen) entsprechend der Position im Arbeitsblatt angepasst. In diesem Beispiel bewirkt die Formel, dass die Zahlen in den Zellen in den vier Spalten links addiert werden.

Es gibt noch eine andere Möglichkeit: Nehmen wir an, wir möchten wissen, wie groß der Anteil des Gesamtbetrags einer Zeile am Gesamtergebnis (der Zahl in H11) ist. Das müsste ganz einfach sein, nicht? Sie brauchen nur eine Formel für I2 zu erstellen und dann die Zellen I3 bis I10 automatisch auszufüllen.

Ähnlich wie beim ersten Beispiel geben Sie zunächst die folgende Formel in I2 ein:

```
=H2/H11
```

Wenn Sie die -Taste drücken, wird in I2 der Anteil angezeigt. Zeigen Sie mit dem Cursor auf das Ausfüllkästchen, ziehen Sie es über die Spalte I hinweg, lassen Sie die Maustaste in I10 los und … o je, o je! In Abbildung 1.9 ist das misslungene Ergebnis dargestellt. In den Zellen I3 bis I10 befindet sich dieses extrem hässliche #DIV/0! Was ist hier nur passiert?



	C	D	E	F	G	H	I
1	Bereich	1990	1995	2000	2001	Gesamt	Anteil
2	Physik	1807	2254	2708	2800	9569	0,0945432
3	Umweltwissenschaften	1069	1433	1763	1827	6092	#DIV/0!
4	Mathematik	222	279	341	357	1199	#DIV/0!
5	Informatik	515	682	875	954	3026	#DIV/0!
6	Biowissenschaften	8726	12185	17460	19189	57560	#DIV/0!
7	Psychologie	253	370	516	582	1721	#DIV/0!
8	Sozialwissenschaften	703	1018	1297	1436	4454	#DIV/0!
9	Andere Wissenschaften	336	426	534	579	1875	#DIV/0!
10	Technik	2656	3515	4547	4999	15717	#DIV/0!
11	Gesamt	16287	22162	30041	32723	101213	

Abbildung 1.9: Ups! Fehler beim automatischen Ausfüllen!

Folgendes: Wenn Sie nichts anderes angeben, verwendet Excel beim automatischen Ausfüllen relative Zellbezüge. Somit lautet die in I3 eingegebene Formel nicht

```
=H3/H11
```

sondern

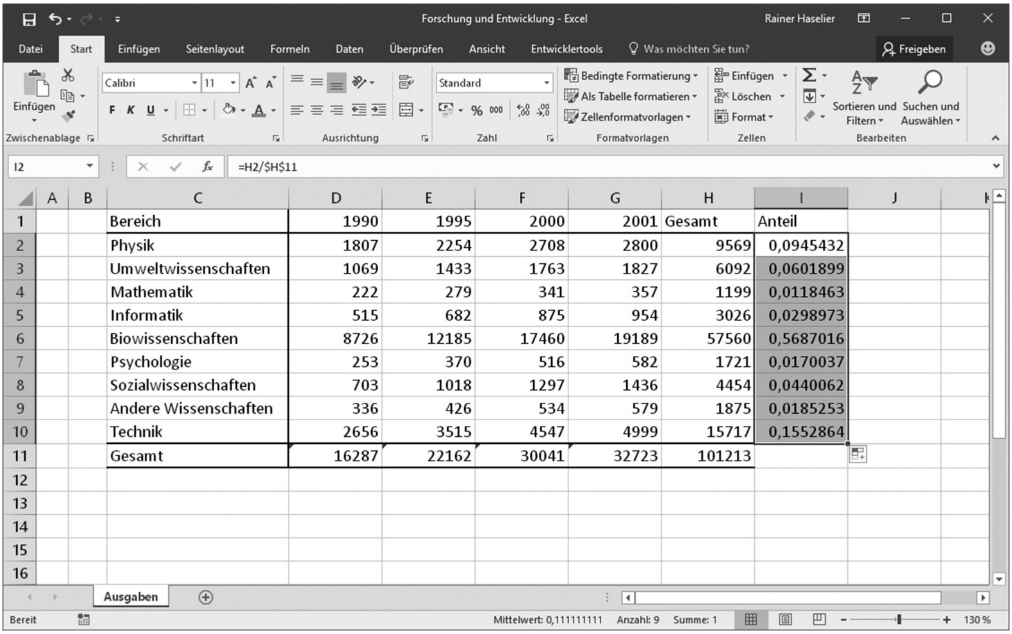
```
=H3/H12
```

Warum wird aus H11 H12? Bei relativen Zellbezügen wird davon ausgegangen, dass mit der Formel die Zahl in der Zelle durch die Zahl geteilt werden soll, die sich in derselben Spalte neun Zellen unterhalb befindet. Da H12 leer ist, verlangt die Formel eine Division durch null, was nicht geht.

Sie müssen Excel also mitteilen, dass alle Zahlen durch die Zahl in H11 geteilt werden sollen und nicht durch die Zahl, die sich neun Zellen weiter unten befindet. Dazu müssen Sie *absolute Zellbezüge* verwenden. Absolute Zellbezüge werden durch Einfügen von Dollarzeichen ($) in den Zellnamen gekennzeichnet. Die richtige Formel für I2 lautet

```
=H2/$H$11
```

So weiß Excel, dass beim automatischen Ausfüllen weder die Spalte noch die Zeile angepasst werden soll. In Abbildung 1.10 ist das Arbeitsblatt mit den jeweiligen Anteilen dargestellt. In der Abbildung ist Zelle I2 markiert. Beachten Sie die Formel in der Bearbeitungsleiste (dem Bereich oberhalb des Arbeitsblatts und unter dem Menüband).



	C	D	E	F	G	H	I
1	Bereich	1990	1995	2000	2001	Gesamt	Anteil
2	Physik	1807	2254	2708	2800	9569	0,0945432
3	Umweltwissenschaften	1069	1433	1763	1827	6092	0,0601899
4	Mathematik	222	279	341	357	1199	0,0118463
5	Informatik	515	682	875	954	3026	0,0298973
6	Biowissenschaften	8726	12185	17460	19189	57560	0,5687016
7	Psychologie	253	370	516	582	1721	0,0170037
8	Sozialwissenschaften	703	1018	1297	1436	4454	0,0440062
9	Andere Wissenschaften	336	426	534	579	1875	0,0185253
10	Technik	2656	3515	4547	4999	15717	0,1552864
11	Gesamt	16287	22162	30041	32723	101213	

Abbildung 1.10: Automatisches Ausfüllen mit absoluten Zellbezügen

Um aus einem relativen einen absoluten Zellbezug zu machen, wählen Sie die gewünschte Zelladresse (oder Zelladressen) aus und drücken die Taste F4. Die F4-Taste funktioniert wie ein Schalter, mit dem zwischen relativen Zellbezügen (beispielsweise H11), absoluten Zellbezügen sowohl für die Zeile als auch für die Spalte in der Adresse (H11), absoluten Zellbezügen nur für den Zeilenteil (H $11) und absoluten Zellbezügen nur für den Spaltenteil ($H11) hin- und hergeschaltet werden kann.

Um in Excel 2016 für Mac zwischen relativen und absoluten Zellbezügen hin- und herzuschalten, halten Sie die fn-Taste gedrückt, während Sie F4 drücken. Eine weitere Mac-Tastenkombination für diese Aktion ist MacBef+T.