



Ralph Steyer

Programmierung in Python

Ein kompakter Einstieg für die Praxis

EBOOK INSIDE

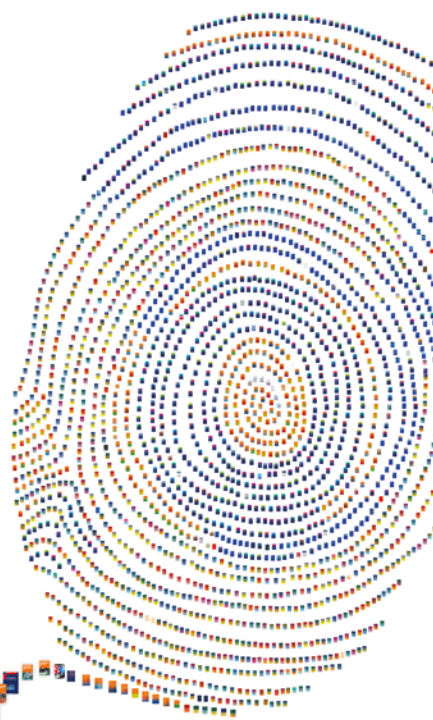
 **Springer** Vieweg

Programmierung in Python

Lizenz zum Wissen.

Sichern Sie sich umfassendes Technikwissen mit Sofortzugriff auf tausende Fachbücher und Fachzeitschriften aus den Bereichen: Automobiltechnik, Maschinenbau, Energie + Umwelt, E-Technik, Informatik + IT und Bauwesen.

Exklusiv für Leser von Springer-Fachbüchern: Testen Sie Springer für Professionals 30 Tage unverbindlich. Nutzen Sie dazu im Bestellverlauf Ihren persönlichen Aktionscode **C0005406** auf www.springerprofessional.de/buchaktion/



**Jetzt
30 Tage
testen!**

Springer für Professionals.

Digitale Fachbibliothek. Themen-Scout. Knowledge-Manager.

-  Zugriff auf tausende von Fachbüchern und Fachzeitschriften
-  Selektion, Komprimierung und Verknüpfung relevanter Themen durch Fachredaktionen
-  Tools zur persönlichen Wissensorganisation und Vernetzung

www.entschieden-intelligenter.de

Springer für Professionals

 **Springer**

Ralph Steyer

Programmierung in Python

Ein kompakter Einstieg für die Praxis



Springer Vieweg

Ralph Steyer
Bodenheim, Deutschland

ISBN 978-3-658-20704-5 ISBN 978-3-658-20705-2 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-20705-2>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

„And now for something completely different.“ Was ist der Sinn des Lebens? Wie geht es Brian? Was machen Ritter mit den Kokosnüssen? Ist die Schwerkraft wirklich so wunderbar? Was macht man mit diesem lebensgefährlichen Witz? Und was haben diese Fragen mit dem Buch zu tun? Fragen Sie für die Antworten einfach einmal den Erfinder von Python – Guido van Rossum. Denn der war bei der Entwicklung der Sprache ein großer Fan der englischen Komikertruppe Monty Python und deren Show Monty Python’s Flying Circus. Und nun fragen Sie sich immer noch, woher der Name „Python“ stammt? Ich überlasse die Antwort Ihrer Phantasie oder intensiven Recherchen im Internet. Oder Ihrer Aufmerksamkeit beim Lesen dieses Buchs, denn ich nehme mir die Freiheit und lasse immer wieder Zitate von Monty Python einfließen – denn auch ich bin Fan der Truppe.

Die Programmiersprache Python hat sich in den vergangenen Jahren zu einem Schwergewicht in der Programmierszene entwickelt. Offensichtlich trifft das Konzept von Python den Nerv der Zeit. Oder genauer gesagt: Das Konzept stellt Ansätze, Lösungen und Vorgehensweisen für Probleme bereit, die andere Sprachen so nicht bieten und viele Leute interessant finden.

Python gilt aktuell als eine der beliebtesten Einstiegersprachen überhaupt, denn Python wurde mit dem Ziel größter Einfachheit und Übersichtlichkeit entworfen. Zentrales Ziel bei der Entwicklung der Sprache war die Förderung eines gut lesbaren, knappen Programmierstils. In vielen Ländern hat Python an Universitäten bei Anfängerkursen in informatikbezogenen Studiengängen Java abgelöst, was über viele Jahre die Szene beherrscht hatte und im professionellen Umfeld immer noch das Maß aller Dinge darstellt. Wobei man erwähnen muss, dass viele neue Python-Programmierer dann später zusätzlich Java oder eine andere OO-Sprache wie C# lernen oder auch darauf umsteigen. Aber auch für diesen Weg legt Python mit dem Zwang zu einem strukturierten, klaren Programmierstil eine hervorragende Grundlage – wenn man dessen Freiheiten nicht missbraucht.

Umgekehrt lässt sich Python sehr schnell erfassen, wenn man bereits Erfahrung mit anderen, weitgehend beliebigen Programmiersprachen hat. Denn Python unterstützt sowohl die objektorientierte, die aspektorientierte, die strukturierte als auch die funktionale Programmierung. Das bedeutet, Python zwingt den Programmierer nicht zu einem

einzigsten Programmierstil, sondern erlaubt, das für die jeweilige Aufgabe am besten geeignete Paradigma zu wählen. Und damit können ebenso Erfahrungen aus anderen Programmierkonzepten mehr oder weniger direkt weitergenutzt werden. Dieser universell mögliche Zugang ist neben der Einfachheit vermutlich eines der Erfolgsrezepte von Python.

Nun noch kurz zu meiner Person. Ich habe vor vielen Jahren in Frankfurt/Main an der Goethe-Universität Mathematik studiert (Diplom) und danach anfangs einen recht typischen Werdegang für Mathematiker genommen: Ich bin bei einer großen Versicherung gelandet – aber schon da mit IT-Schwerpunkt. Zuerst habe ich einige Jahre als Programmierer mit Turbo Pascal und später mit C und C++ gearbeitet. Nach vier Jahren habe ich in die fachliche Konzeption für eine Großrechnerdatenbank unter MVS gewechselt. Die Erfahrung war für meinen Schritt in die Selbständigkeit sehr motivationsfördernd, denn mir wurde klar, dass ich das nicht auf Dauer machen wollte. Seit 1996 verdiene ich daher meinen Lebensunterhalt als Freelancer, wobei ich fliegend zwischen der Arbeit als Fachautor, Fachjournalist, EDV-Dozent, Consultant und Programmierer wechsele. Daneben referiere ich gelegentlich auf Web-Kongressen, unterrichte an verschiedenen Akademien und Fachhochschulen oder nehme Videotrainings auf. Das macht aus meiner Sicht einen guten Mix aus, bewahrt vor beruflicher Langeweile und hält mich in der Praxis als auch am Puls der Entwicklung. Insbesondere habe ich das Vergnügen als auch die Last, mich permanent über neue Entwicklungen auf dem Laufenden zu halten, denn die Halbwertszeit von Computerwissen ist ziemlich kurz. Dementsprechend ist mein Job zwar anstrengend, aber vor allem immer wieder spannend. Wenn Sie weitere und detaillierte Informationen zu meiner Person erhalten wollen, finden Sie mich natürlich im Internet. Ich bin in diversen sozialen Netzwerken und natürlich auch mit einer eigenen Webseite im weltweiten Web unterwegs. Etwa hier:

<http://www.rjs.de>

<http://blog.rjs.de>

Doch lassen Sie uns also jetzt mit Python beginnen.

Ihr Autor
Ralph Steyer

Herbst/Winter 2017/2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Grundlagen – Bevor es richtig losgeht	1
1.1	Was behandeln wir in dem einleitenden Kapitel?	1
1.2	Das Ziel des Buchs.	1
1.3	Was sollten Sie bereits können?	2
1.4	Was ist Python?	2
1.4.1	Das Ziel von Python.	3
1.4.2	Was umfasst Python?	3
1.4.3	Die verschiedenen Python-Paradigma	4
1.5	Was benötigen Sie zum Arbeiten mit dem Buch?	4
1.5.1	Hardware und Betriebssystem	4
1.5.2	Die Python-Version	4
1.5.3	Python laden und installieren.	5
2	Erste Beispiele – Der Sprung ins kalte Wasser	19
2.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	19
2.2	Der Interaktivmodus – die Kommandozeile von Python.	19
2.2.1	Das Prompt.	21
2.2.2	Der Hilfemodus in der Kommandozeile	25
2.3	Anweisungen in (echten) Quelltext auslagern	27
2.4	IDLE & Co.	28
2.4.1	Weitere IDEs und Editoren für Python	31
3	Built-in-Functions – Modularisierung durch Unterprogramme	33
3.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	33
3.2	Was sind Funktionen im Allgemeinen?	33
3.3	Built-in Functions	34
3.3.1	Hilfe zu Built-in-Functions im Hilfemodus.	34
3.3.2	Hilfe zu Built-in-Functions im Editormodus.	35
3.3.3	Die print()-Funktion.	36
3.3.4	Die input()-Funktion	41
3.3.5	Eine kurze Übersicht aller Built-in Functions	42

4	Grundlegende Begriffe – Kommentare, SheBang und Strukturanalysen . . .	47
4.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	47
4.2	Token und Parser	47
4.2.1	Zerlegen von Quelltext.	48
4.3	Kommentare.	49
4.3.1	Kommentare in Python	50
4.4	SheBang und eine Python-Datei direkt ausführen.	52
4.4.1	SheBang als besonderer Kommentar	52
5	Anweisungen – Dem Computer Befehle geben	53
5.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	53
5.2	Was sind Anweisungen?.	53
5.2.1	Eine Frage der Reihenfolge	53
5.3	Anweisungsarten	54
5.3.1	Blockanweisung.	54
5.3.2	Kontrollflussanweisungen	55
5.3.3	Deklarationsanweisung	55
5.3.4	Ausdrucksanweisung	55
5.3.5	Die leere Anweisung <i>pass</i>	56
6	Datentypen, Variablen und Literale – Die Art der Information.	57
6.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	57
6.2	Variablen	57
6.2.1	Variablen deklarieren	57
6.2.2	Variablen im Quellcode verwenden	59
6.3	Die Datentypen in Python	59
6.3.1	Lose Typisierung und Typumwandlung in Python	59
6.3.2	Die Python-Datentypen	61
6.3.3	Zahlen – <i>int</i> , <i>float</i> und <i>complex</i>	63
6.3.4	Zeichenlitterale	67
6.4	Den Datentyp bestimmen und umwandeln	68
6.4.1	Den Datentyp mit <i>type()</i> dynamisch bestimmen	68
6.4.2	Implizite und explizite Typumwandlung	69
7	Ausdrücke, Operatoren und Operanden – Die Verarbeitung von Daten . . .	71
7.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	71
7.2	Ausdrücke	71
7.3	Operationen mit Operatoren und Operanden.	72
7.3.1	Arithmetische Operatoren	72
7.3.2	Der String-Verkettungsoperator.	75
7.3.3	Zuweisungsoperatoren	75
7.3.4	Boolesche Operatoren (Vergleichsoperatoren)	77
7.3.5	Logische Operatoren	78

7.3.6	Die Membership-Operatoren	79
7.3.7	Identitätsoperatoren	80
7.3.8	Bitweise Operatoren.	80
7.4	Operatorvorrang und Ausdrucksbewertung	85
7.4.1	Die Priorität der Python-Operatoren	85
7.4.2	Bewertung von Ausdrücken	85
8	Kontrollstrukturen – Die Steuerung des Programmflusses	87
8.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	87
8.2	Was sind Kontrollstrukturen?	87
8.3	Die Kontrollstrukturen in Python.	88
8.3.1	Entscheidungsanweisungen	88
8.3.2	Iterationsanweisungen	94
8.3.3	Sprunganweisungen	96
9	Funktionen in Python – Modularisierung mit „Unterprogrammen“	99
9.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	99
9.2	In Python eigene Funktionen deklarieren – das Schlüsselwort def	99
9.2.1	Übergabewerte	100
9.2.2	Rückgabewerte.	101
9.3	Funktionen aufrufen.	101
9.3.1	Stehen in Python global deklarierte Variablen in der Funktion zur Verfügung?	103
9.4	Rekursion	104
9.5	Innere Funktionen – Closures	107
9.6	Lambda-Ausdrücke und anonyme Funktionen	108
9.6.1	Lambda-Funktionen verwenden	109
9.7	Besondere Situationen bei Funktionen in Python	110
9.7.1	Lokale Variablen in Funktionen.	110
9.7.2	Die Anzahl der Parameter passen nicht	111
9.7.3	Unerreichbarer Code	114
10	Sequenzielle Datenstrukturen – Mehrere Informationen gemeinsam verwalten	115
10.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	115
10.2	Was sind sequenzielle Datenstrukturen?	115
10.2.1	Zeichenketten als sequenzielle Ansammlung von Zeichenliteralen	115
10.2.2	Arrays.	116
10.3	Tupel	116
10.3.1	Verschachtelte Tupel	117
10.3.2	Tupel und der Membership-Operator	118
10.3.3	Einzelne Einträge in Tupel ansprechen	120
10.3.4	Die Anzahl der Elemente in einem Tupel bestimmen	124

10.4	Dynamische Listen.	124
10.4.1	Warum Listen und Tupel?	125
10.5	Methoden für Listen.	125
10.5.1	Verschiedene Listenmethoden in einem Beispiel	126
10.5.2	Einen Stack erzeugen.	127
10.5.3	Eine Queue mit einer Liste erzeugen.	128
10.6	Dictionaries	129
10.6.1	Spezielle Methoden für Dictionaries	130
10.6.2	Ein Beispiel zum allgemeinen Umgang mit Dictionaries	131
10.6.3	Ein Dictionary aktualisieren oder erweitern	132
10.6.4	Iteration über ein Dictionary	133
10.7	Mengen	134
10.7.1	Vereinfachte Notation	134
10.7.2	Operationen auf „set“-Objekten.	135
10.8	Operatoren bei sequenziellen Datentypen	136
10.8.1	Der Plusoperator	137
10.8.2	Multiplikationen mit sequenziellen Datentypen	137
10.8.3	Inhalt überprüfen	138
10.9	Über sequenzielle Strukturen iterieren.	140

11 Objektorientierte Programmierung in Python – Klassen, Objekte,

	Eigenschaften und Methoden.	143
11.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	143
11.2	Hintergründe der OOP.	143
11.2.1	Ziele der OOP – Wiederverwendbarkeit und bessere Softwarequalität.	144
11.2.2	Kernkonzepte der Objektorientierung	145
11.3	Klassen.	146
11.3.1	Klassen als Baupläne, Konstruktoren und Destruktoren	147
11.3.2	Der konkrete Klassenaufbau in Python	147
11.3.3	Die konkrete Instanziierung.	148
11.4	Details zu Objekten	150
11.4.1	OO-Philosophie als Abstraktion	151
11.4.2	Instanzelemente versus Klasselemente	151
11.4.3	Der Aufbau von Objekten in Python	152
11.4.4	Zugriff auf Objektbestandteile.	152
11.4.5	Von Grund auf objektorientiert	157
11.5	Klassenmethoden und statische Methoden	157
11.5.1	Klassenmethoden.	158
11.5.2	Statische Methoden	159
11.6	Eine Frage der Sichtbarkeit	161
11.6.1	Ein Beispiel für den Zugriff auf ein öffentliches Element.	161

11.6.2	Ein Beispiel für den versuchten Zugriff auf ein privates Element von außen.	162
11.6.3	Getter und Setter	162
11.7	Ein Objekt löschen.	165
11.7.1	Ein Beispiel für das Redefinieren des Destruktors	165
11.8	Ein paar besondere OO-Techniken	166
11.8.1	Eine To-String-Funktionalität bereitstellen – <code>__str__</code>	166
11.8.2	Objekte dynamisch erweitern, das Dictionary <code>__dict__</code> und Slots	167
11.8.3	Dynamische Erzeugung von Klassen, Metaklassen und die Klasse <code>type</code>	169
11.9	Vererbung.	170
11.9.1	Grundlagentheorie zur Vererbung	170
11.9.2	Umsetzung von Vererbung in Python.	172
11.9.3	Mehrfachvererbung in Python	172
11.9.4	Polymorphie über Überschreiben und Überladen	173
11.10	Was ist mit Schnittstellen und abstrakten Klassen in Python?.	175
11.10.1	Abstrakte Superklassen	176
11.10.2	Was ist im Allgemeinen eine Schnittstelle?.	176
11.11	Module und Pakete.	177
11.11.1	Die <code>import</code> -Anweisung.	177
11.11.2	Importieren mit <code>from</code>	178
11.11.3	Pakete.	178
11.11.4	Das Python-API.	180
12	Exceptionhandling – Ausnahmsweise	181
12.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	181
12.2	Was sind Ausnahmen?	181
12.3	Warum ein Ausnahmekonzept?	182
12.4	Konkrete Ausnahmebehandlung in Python	183
12.4.1	Ein erstes Beispiel mit einfacher Ausnahmebehandlung.	183
12.4.2	Mehrere Ausnahme-Blöcke	184
12.4.3	Die <code>finally</code> -Anweisung.	184
12.4.4	Praktische Beispiele.	185
12.5	Standard Exceptions.	188
12.5.1	Die Reihenfolge bei mehreren Ausnahmetypen	189
12.6	Der <code>else</code> -Block	189
12.7	Ausnahmeobjekte auswerten	190
12.8	Werfen von Ausnahmen mit <code>raise</code>	191
12.9	Eigene Ausnahmeklassen definieren	193
12.10	Die <code>assert</code> -Anweisung	193

13	String-Verarbeitung in Python – Programmierte Textverarbeitung	195
13.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	195
13.2	Typische String-Verarbeitungstechniken	196
13.3	Das konkrete Vorgehen in Python	196
13.3.1	String-Konstanten und die Format Specification Mini-Language	196
13.3.2	String-Funktionen	197
13.3.3	String-Methoden	197
13.4	Umgang mit regulären Ausdrücken	198
13.4.1	Was sind allgemein reguläre Ausdrücke?	198
13.4.2	Wo setzt man reguläre Ausdrücke ein?	199
13.4.3	Details zu Pattern	200
13.4.4	Optionen für die Häufigkeit	204
13.4.5	Die Umsetzung von regulären Ausdrücken in Python – das Modul re.	205
13.4.6	Die Match-Objekte	206
13.4.7	Ein paar Beispiele mit regulären Ausdrücken	207
14	Datei-, Datenträger- und Datenbankzugriffe – Dauerhafte Daten	211
14.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	211
14.2	Datenströme für die Ein- und Ausgabe	211
14.2.1	Das Öffnen und Schließen einer Datei	212
14.2.2	Schreiben in eine Datei	213
14.2.3	Auslesen aus einer Datei	213
14.2.4	Lese- und Schreibvorgänge absichern	215
14.3	Allgemeine Datei- und Verzeichnisoperationen	215
14.4	Objekte serialisieren und deserialisieren	217
14.4.1	Mit dump() den Objektzustand persistent machen	218
14.4.2	Mit load() den Objektzustand reproduzieren	218
14.5	Datenbankzugriffe	219
14.5.1	Was ist SQLite?	219
14.5.2	Zugriff auf SQLite in Python	219
14.5.3	Ein konkretes Datenbankbeispiel	221
15	Umgang mit Datum und Zeit – Terminsachen	225
15.1	Was behandeln wir in diesem Kapitel?	225
15.2	Allgemeines zum Umgang mit Datum und Zeit	225
15.3	Die Python-Module	226
15.4	Typische Beispiele für Operationen mit Zeit und Datum	226
15.4.1	Das aktuelle Systemdatum des Computers auslesen	227
15.4.2	Ein beliebiges Datumsobjekt erstellen	227

16 Grafische Oberflächen (GUI) mit Python – Das Modul tkinter als GUI-Framework 233

16.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel? 233

16.2 Hintergrundinformationen zu modernen grafischen Oberflächen 233

16.3 Konkrete GUI-Konzepte in Python und das Modul tkinter 234

 16.3.1 Ein Fenster vom Typ TK als Basis jeder GUI-Applikation 234

 16.3.2 Der übliche OO-Ansatz 234

 16.3.3 Die Geometry Manager 235

 16.3.4 Wichtige GUI-Elemente 242

16.4 Die Ereignisbehandlung 242

 16.4.1 Die konkrete Ereignisbehandlung in Python 243

16.5 Eine grafische Datenbankapplikation 245

Stichwortverzeichnis 249



Einleitung und Grundlagen – Bevor es richtig losgeht

1

1.1 Was behandeln wir in dem einleitenden Kapitel?

Bevor es mit Python richtig losgeht, sollen in diesem einleitenden Kapitel einige Dinge geklärt werden, die Ihnen die folgende Arbeit mit diesem Buch und der Programmiersprache im Allgemeinen erleichtern werden. Insbesondere sorgen wir an der Stelle dafür, dass Ihnen Python überhaupt zur Verfügung steht.

1.2 Das Ziel des Buchs

Dieses Buch ist zum Lernen von Python gedacht, entweder in Form des Selbststudiums oder als Begleitmaterial in entsprechenden Kursen. Zuerst einmal lernen Sie die elementaren Grundlagen, um überhaupt Programme mit Python erstellen, als auch pflegen zu können. Danach werden erweiterte Techniken wie umfassendere Anwendung der Syntax, objektorientierte Programmierung mit Python, komplexere Anwendungen mit sequenziellen Datenstrukturen, Umgang mit Modulen, Ausnahmebehandlung, Dateizugriffe, Datenbankzugriffe und die Erstellung grafischer Oberflächen behandelt. Dabei wird über sämtliche Themen hinweg Wert auf die grundsätzliche Anwendung der verschiedenen Techniken und einfache Beispiele gelegt und nicht auf Vollständigkeit aller möglichen Anweisungen, Befehle oder Parameter. Ebenso soll immer wieder darauf hingewiesen werden, dass man gewisse Freiheiten, die Ihnen Python bietet, nicht unbedingt ausnutzen sollte.

- **Tipp** Wir erstellen im Laufe des Buchs immer wieder praktische Beispiele. Die Quellcodes des Buchs finden Sie nach Kapiteln und darin erstellten Projekten sortiert auf den Webseiten des Verlags. Die Namen der jeweilig aktuellen Dateien beziehungsweise Projekte werden als Hinweise oder direkt im Text vor den jeweiligen Beispielen angegeben und bei Bedarf wiederholt. Ich empfehle allerdings, dass Sie die Beispiele unbedingt allesamt von Hand selbst erstellen. Das ist für das Verständnis und das Lernen eindeutig besser als ein reines Kopieren oder nur Anschauen.

1.3 Was sollten Sie bereits können?

Der Kurs ist als Einsteigerkurs konzipiert, in dem die Sprache Python von Grund auf erarbeitet wird. Dabei wird der Tatsache Rechnung getragen, dass Python mittlerweile oft als erste Programmiersprache überhaupt gelernt wird. Um nicht die einfachsten Programmiergrundlagen zu ausführlich erläutern zu müssen, wird aber zumindest ein Verständnis der Idee von Programmierung vorausgesetzt, obwohl Sie noch nicht zwingend programmieren müssen. Ebenso sollten Sie mit einem Texteditor umgehen können. Kenntnisse der wichtigsten Befehle Ihres Betriebssystems (Windows, Linux oder macOS) zum Umgang mit Dateien und Verzeichnissen in der Konsole sind hilfreich. Umsteiger aus anderen Sprachen sind aber auch explizit als Zielgruppe des Buchs einkalkuliert und entsprechende Hinweise auf andere Programmiersprachen werden immer wieder Bezüge herstellen – insbesondere zu Sprachen der Webprogrammierung (PHP, JavaScript, ...), Java und .NET-Sprachen.

1.4 Was ist Python?

Python ist eine universelle, höhere Programmiersprache, die üblicherweise interpretiert wird. Es gibt also in der Laufzeitumgebung von Python einen Interpreter samt notwendiger weiterer Ressourcen.

Hintergrundinformation

Nun ist der Begriff des Interpreters gefallen und die Konzepte und Fachausdrücke zur Übersetzung von Quellcode sollen nicht einfach vorausgesetzt werden. Wenn Sie Python-Programme erstellen, schreiben Sie den sogenannten **Quellcode** oder **Quelltext**, der der englischen Sprache angelehnt ist. Aber zur Ausführung muss dieser übersetzt werden, und zwar in ein Format, dass ein Computer versteht und das ist **Maschinencode**. Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten.

- Einmal gibt es den **Interpreter**. Dieser sorgt für eine Übersetzung in Maschinencode während der Programmausführung. Interpreter übersetzen den Quellcode eines Programms zeilenweise.
- Die Alternative ist der **Compiler**, der den kompletten Quelltext vor der Laufzeit übersetzt.
- In den vergangenen Jahren hat sich auch eine **zweistufige Übersetzung** etabliert – die Übersetzung mit Zwischencode. Das wird in Java oder dem .NET-Framework gemacht. Denn ein Nachteil bei kompilierten Programmen ist, dass diese Programme maschinenabhängig sind

und somit nicht auf jeder Computerplattform, zum Beispiel Linux und Windows, ausgeführt werden können. In Java oder bei der .NET-Plattform wird Quellcode nicht zu einem ausführbaren Programm, sondern in einen Zwischencode, kompiliert (1. Schritt). Dieser Code ist für alle Plattformen gleich und kann mithilfe des entsprechenden plattformspezifischen Interpreters (2. Schritt) auf der jeweiligen Plattform ausgeführt werden.

1.4.1 Das Ziel von Python

Python ist den meisten gängigen Programmiersprachen verwandt,¹ wurde aber mit dem Ziel größter Einfachheit und Übersichtlichkeit entworfen. Zentrales Ziel bei der Entwicklung der Sprache ist die Förderung eines gut lesbaren, knappen Programmierstils. So wird beispielsweise der Code nicht durch geschweifte Klammern (wie in fast allen C-basierenden Sprachen), sondern durch zwingende Einrückungen strukturiert.² Zudem ist die gesamte Syntax reduziert und auf Übersichtlichkeit optimiert.

Wegen dieser klaren und überschaubaren Syntax gilt Python als einfach zu erlernen, zumal die Sprache mit relativ wenig Schlüsselwörtern auskommt. Es wird immer wieder zu hören sein, dass sich pythonbasierte Skripte deutlich knapper formulieren lassen als in anderen Sprachen.

1.4.2 Was umfasst Python?

Es gibt einmal die Sprache Python, die aus den üblichen Schlüsselworten, Operatoren, eingebauten Funktionalitäten etc. sowie einer eigenständigen Syntax besteht. Python besitzt zudem eine umfangreiche Standardbibliothek (API – Application Programming Interface, wörtlich „Anwendungsprogrammierschnittstelle“) und zahlreiche Pakete im Python Package Index, bei deren Entwicklung ebenfalls großer Wert auf Überschaubarkeit, aber auch eine leichte Erweiterbarkeit gelegt wurde.

Python-Programme lassen sich deshalb auch in anderen Sprachen als Module einbetten. Umgekehrt lassen sich mit Python Module³ und Plug-ins⁴ für andere Programme schreiben, die die entsprechende Unterstützung bieten. Dies ist zum Beispiel bei Blender, Cinema 4D, GIMP, Maya, OpenOffice beziehungsweise LibreOffice, PyMOL, SPSS, QGIS oder KiCad der Fall.

¹Die meisten aktuellen Programmiersprachen gehen von der Syntax auf C zurück.

²Was allerdings viele erfahrene Programmierer mit C-Background eher verstört, denn die saubere Notation von geschweiften Klammern ist sehr übersichtlich.

³Zusammenfassungen von Quellcodestrukturen. Modul steht allgemein für einen Teil eines größeren Systems.

⁴Plug-ins sind allgemeine kleine Programme oder Programmpakete, mit denen sich Software nach den eigenen Bedürfnissen anpassen und erweitern lässt. Sie integrieren sich dazu in das System, das sie erweitern oder anpassen sollen.

1.4.3 Die verschiedenen Python-Paradigma

Python unterstützt sowohl die objektorientierte, die aspektorientierte, die strukturierte als auch die funktionale Programmierung. Das bedeutet, Python zwingt den Programmierer nicht zu einem einzigen Programmierstil, sondern erlaubt, das für die jeweilige Aufgabe am besten geeignete Paradigma zu wählen. Objektorientierte und strukturierte Programmierung werden vollständig, funktionale und aspektorientierte Programmierung werden zumindest durch einzelne Elemente der Sprache unterstützt. Ein zentrales Feature ist in Python die dynamische Typisierung samt dynamischer Speicherbereinigung. Damit kann man Python auch als reine Skriptsprache nutzen.

1.5 Was benötigen Sie zum Arbeiten mit dem Buch?

Python steht auf verschiedenen Plattformen und in verschiedenen Versionen zur Verfügung. Wir schauen uns erst einmal an, mit welchen Voraussetzungen Sie an das Buch gehen können.

1.5.1 Hardware und Betriebssystem

Python gibt es für Windows und macOS sowie Linux. Damit sind die drei Betriebssysteme genannt, mit denen wohl die meisten Leser arbeiten werden. Aber es gibt Python auch für viele weitere, teils ziemlich alte beziehungsweise exotische Betriebssysteme (unter anderem AS/400 (OS/400), BeOS, MorphOS, MS-DOS, OS/2, RISC OS, Series 60, Solaris oder HP-UX), wobei Sie beachten sollten, dass für ältere Betriebssysteme die neuesten Python-Versionen oft nicht mehr zur Verfügung stehen. Ab der Version Python 3.5 wird etwa Windows XP nicht mehr unterstützt. Aber auch viele vorinstallierte Versionen von Python – wenn es denn solche gibt – sind nicht auf dem aktuellen Stand.

Letztendlich sind aber die Voraussetzungen für die Arbeit mit Python ziemlich niedrig. Sie benötigen für die Arbeit mit dem Buch und Python im Grunde nur einen Computer mit einem halbwegs modernen Betriebssystem. Als Basis für die Unterlagen wird explizit ein PC vorausgesetzt.

1.5.2 Die Python-Version

Die **Referenzbetriebssysteme** in diesem Buch werden Windows 10, macOS 10.3 sowie eine aktuelle Linux-Distribution sein.⁵ Überwiegend wird in den Unterlagen mit Windows 10 gearbeitet, aber die Ausführungen und Beispiele sind auf andere Systeme übertragbar oder nicht von der Plattform abhängig. Sollten Spezifika interessant sein, wird das hervorgehoben.

⁵ Konkret werden an einigen Stellen Mint Linux 18 und Ubuntu 17 verwendet.

1.5.2.1 Die Evolution von Python

- Python wurde Anfang der 1990er-Jahre von Guido van Rossum am Centrum Wiskunde & Informatica in Amsterdam als Nachfolger für die Sprache ABC entwickelt.
- Ursprüngliche Zielplattform war das verteilte Betriebssystem Amoeba.
- Die erste Vollversion erschien im Januar 1994.
- Python 2.0 erschien Oktober 2000.
- Python 3.0 (auch Python 3000) erschien im Dezember 2008 und die Serie 3 ist 2017 immer noch aktuell.

1.5.3 Python laden und installieren

Zum Erstellen von Python-Programmen braucht man im Grunde nur einen Klartexteditor. Aber um Python-Programme oder -Skripte auszuführen, braucht man mehr – eine Umgebung für Python. Deshalb muss für die weiteren Schritte mit dem Buch Python auf Ihrem Rechner installiert sein oder Sie sollten das zu Beginn machen. Nun müssen Sie beachten, dass es aktuell zwei „Schienen“ bei den Versionen von Python gibt. Zwar ist Python 3.0 wie erwähnt bereits im Dezember 2008 erschienen. Da Python 3.0 jedoch teilweise inkompatibel zu früheren Versionen ist, wird Python 2.7 derzeit parallel zu Python 3 weiter durch Updates unterstützt.

- Die Besonderheiten der 2er-Versionen von Python werden im Buch nicht mehr berücksichtigt.

Die **Referenzversion** von Python für dieses Buch ist die Version 3.6.x, wobei unsere Ausführungen im Grunde für alle Versionen 3.x gelten. Die Unterschiede sind für dieses Buch nicht wirklich relevant. Sie sollten auch beachten, dass es auch für unsere Referenzbetriebssysteme kleinere Abweichungen in der verfügbaren Version von Python geben kann. Oder genauer: Es kann sich zeitlich etwas unterscheiden, wann etwa eine Version für Windows, Linux oder macOS veröffentlicht wird.

1.5.3.1 Das zentrale Webportal und die Python Software Foundation (PSF)

Wenn Sie erstmals Kontakt zu Python aufnehmen wollen, gehen Sie am besten zuerst auf die Webseite <https://www.python.org/> (Abb. 1.1). Das ist das zentrale Webportal von Python. Hier finden Sie die wichtigsten Informationen zu Python als auch alle notwendigen Ressourcen.

Von da gelangen Sie über einen Link oben in der Navigation oder direkt über den Link <https://www.python.org/psf/> zur Python Software Foundation (PSF Abb. 1.2).

PSF ist eine Non-Profit-Organisation, die hinter dem Open-Source-Projekt der Programmiersprache steht. Mitglieder der PSF sind sowohl relevante Einzelpersonen aus dem Python-Umfeld, als auch Firmen wie Google, Microsoft, Redhat und Canonical, die als Sponsoren agieren. Die PSF ist Herausgeber und Rechteinhaber der Python-Software-Foundation-Lizenz (<https://docs.python.org/3/license.html>, Abb. 1.3) und besitzt die Markenrechte an Python. Die Python-Software-Foundation-Lizenz ist ähnlich der BSD-Lizenz und kompatibel mit der GNU General Public License.

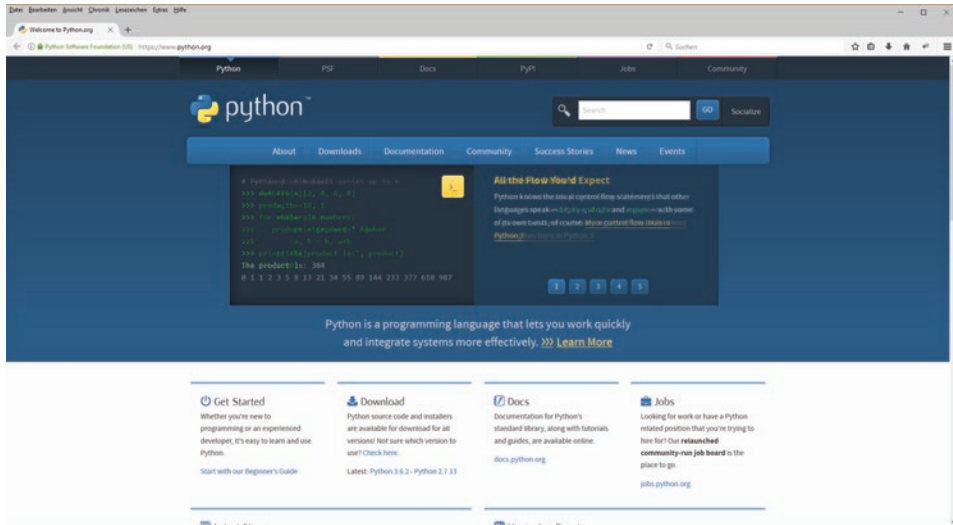


Abb. 1.1 Das „offizielle“ Webportal zu Python



Abb. 1.2 Die Webseite der PSF

1.5.3.2 Die Dokumentation

Im dem Python-Webportal finden Sie unter dem Menüpunkt DOCUMENTATION und dort Docs zahlreiche Informationen inklusive einer kompletten Dokumentation, FAQs und verschiedenen Tutorials (Abb. 1.4).

Von da aus kann man diese Materialien herunterladen, aber das ist im Grunde gar nicht notwendig. Zum einen ist man ja sowieso meist online und zudem ist die Dokumentation

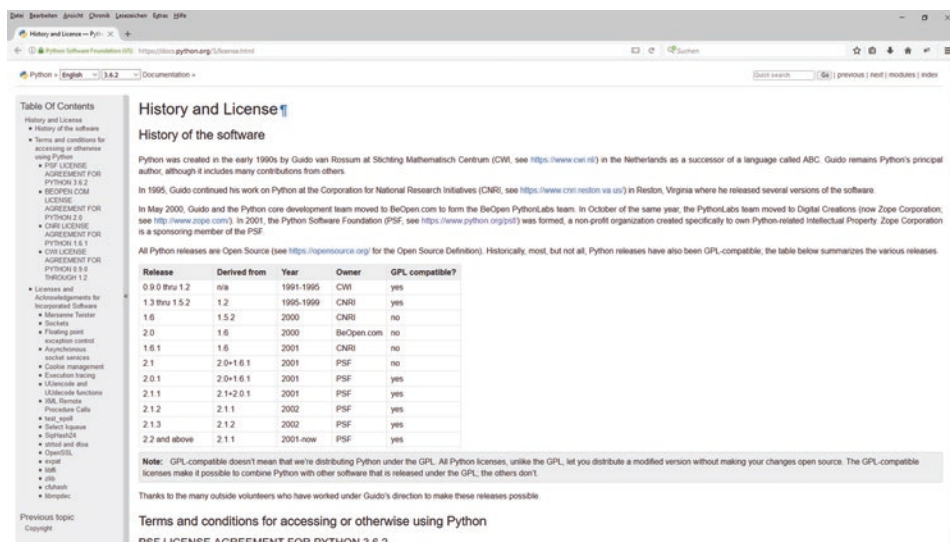


Abb. 1.3 Details zur Python-Lizenz

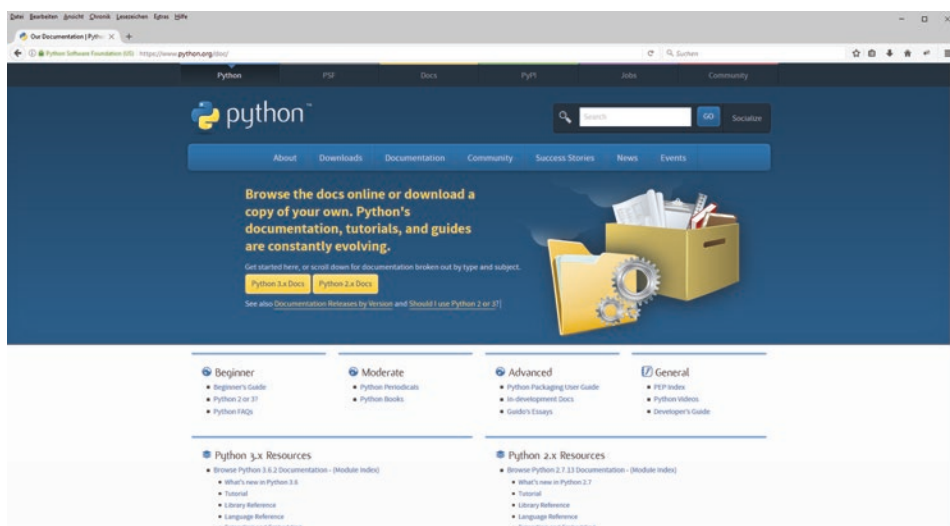


Abb. 1.4 Informationen, Quellen und Tutorials

bereits im Installationspaket von Python enthalten beziehungsweise wird mit installiert, wenn Sie das bei der Installation auswählen.

1.5.3.3 Der Download von Python

Bereits im Dokumentationsbereich steht Ihnen Python zum Download bereit. Aber es gibt auch auf der Einstiegsseite des Webportals einen eigenen Menüpunkt DOWNLOADS in

Kapitälchen. Darüber erhalten Sie die aktuellen, aber auch bei Bedarf frühere Versionen für verschiedene Betriebssysteme (Abb. 1.5).

- **Tipp** Laden Sie sich am besten immer die neueste Version von Python für Ihr Betriebssystem herunter.

1.5.3.4 Die konkrete Installation

Wir gehen nun die Installation für Windows, Linux und macOS einzeln durch und Sie werden sehen, dass diese in der Regel geradezu trivial ist, wenn es einen Installer gibt. Unter Linux und teils auch macOS kann es aber sein, dass Sie Python in einem Terminal installieren müssen, wenn Sie die aktuelle Version haben wollen.

1.5.3.4.1 Die Installation unter Windows

Unser wichtigstes Referenzsystem im Buch ist Windows und damit wollen wir beginnen. Unter Windows starten Sie einfach den Installer, den Sie auf Ihren PC geladen haben. Dieser startet wiederum mit einem Auswahldialog mit allen wichtigen Informationen und Vorgabeeinstellungen (Abb. 1.6).

Wenn Sie in dem Dialog bereits den Installationsbefehl geben (INSTALL NOW), läuft die Installation ohne weitere Interaktion mit Ihnen durch – abgesehen von eventuellen Rückfragen von Windows, zum Beispiel ob Sie dem Installationsprogramm wirklich erlauben wollen, Dinge auf dem PC zu verändern. Auf dem Rechner hat der Python-Installer danach alle Dateien im voreingestellten Verzeichnis installiert, die man für die Ausführung von Python-Programmen benötigt.

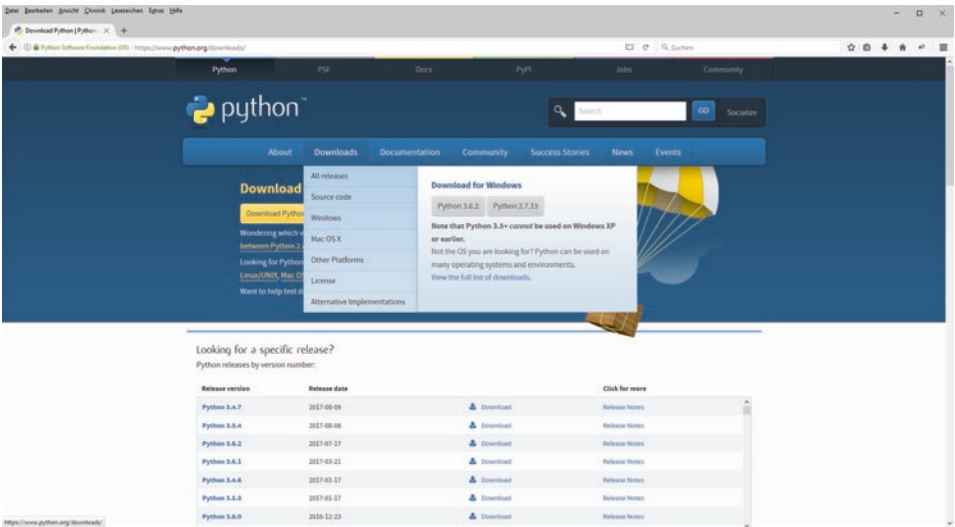


Abb. 1.5 Python laden



Abb. 1.6 Start des Setupassistenten

Nun gibt es in dem Dialog zwei optionale Einstellungsmöglichkeiten, die Sie beide auswählen sollten.

1. Die erste Option stellt allen Benutzern auf dem Rechner den sogenannten Launcher für Python zur Verfügung. Das bedeutet, dass diese Anwender dann Python-Dateien direkt ausführen können. Oder anders ausgedrückt: Die Python-Dateierweiterung wird mit dem Python-Interpreter verknüpft.
 2. Besonders zu empfehlen ist das Hinzufügen von Python zur *Path*-Angabe – dem Suchpfad von Windows. Dazu klicken Sie in dem Dialog die entsprechende Option an – bei der im Buch verwendeten Version von Python nennt die sich **ADD PYTHON 3.6 TO PATH**. Wenn Sie die entsprechende Option ausgewählt haben, wird das Installationsverzeichnis in den Suchpfad von Windows aufgenommen und Sie können Python in der Konsole von jedem Verzeichnis aus aufrufen. Das ist zwar nicht zwingend notwendig, aber sehr bequem.
- **Tipp** Sie können die Installationsverzeichnisse unter Windows selbstverständlich nachträglich dem Suchpfad hinzufügen. Das macht man in den Einstellungen zum System unter **ERWEITERTE UMGEBUNGS-VARIABLEN**. Aber wenn das vom Setup-Assistent schon geleistet wird, ist das natürlich angenehm.

Nach der Installation findet Windows insbesondere zwei Programme, die von zentraler Bedeutung sind für Python:

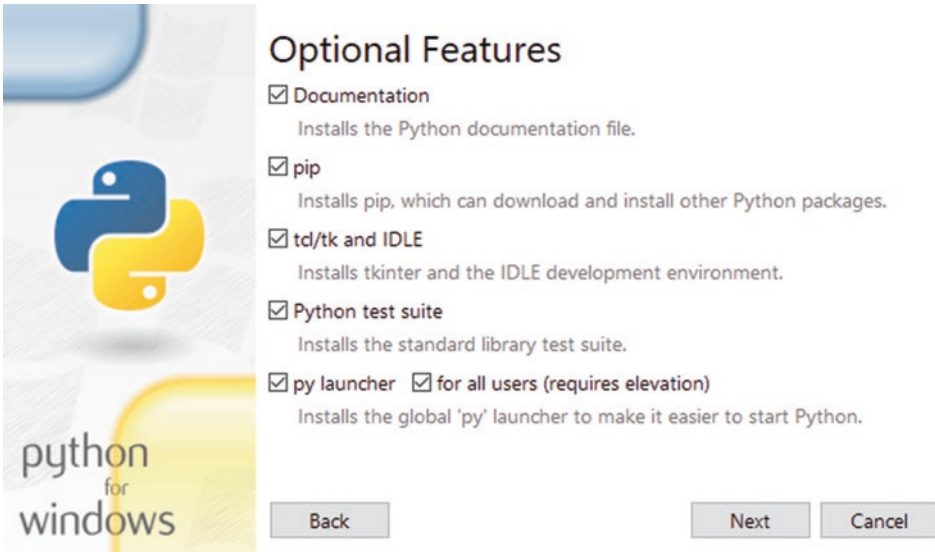


Abb. 1.7 Optionale Features

- Die **Python-Kommandozeile** – auch Python-Interpreter⁶ oder Python-Shell genannt,
- die Python-GUI, die man mit **IDLE** (Python's Integrated Development Environment) abkürzt.

Auf die Details dazu gehen wir später ein.

Wenn Sie wollen, können Sie vom Einstiegsdialog aus die Arbeit des Assistenten auch individuell anpassen.

Einmal können Sie optionale Features festlegen (Abb. 1.7). Diese Einstellungen können aber meist in der Voreinstellung bleiben.

Aber sehr interessant sind die erweiterten Optionen im darauffolgenden Anpassungsdialog (Abb. 1.8). Denn insbesondere die Änderung des Installationsorts von Python kann wichtig sein. Ich verwende etwa bei meinem Windows-System aktuell eine Workstation mit einer recht kleinen SSD, aber einer sehr großen HDD. Die Daten und nicht wirklich performancehungrige Programme lagere ich deshalb grundsätzlich auf die größere HDD aus. Und Python benötigt in der Regel definitiv nicht wirklich viel Performance und liegt bei mir auf dem Laufwerk F (der HDD).

Wenn die Installation beendet ist, erhalten Sie eine Erfolgsmeldung (Abb. 1.9).

Wenn ein Fehler passiert ist (was selbstverständlich weder zu hoffen, noch zu erwarten ist), werden Sie natürlich auch über die Art der Probleme informiert.

⁶Was eigentlich etwas ungenau ist, denn der Interpreter an sich ist keine Konsole in dem Sinn. Aber man benutzt den Begriff dennoch im Python-Umfeld.

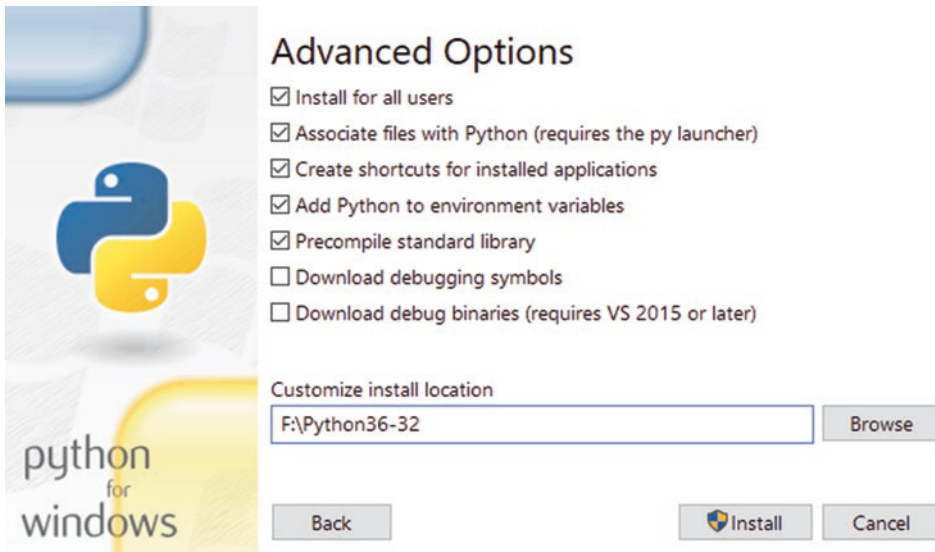


Abb. 1.8 Erweiterte Optionen

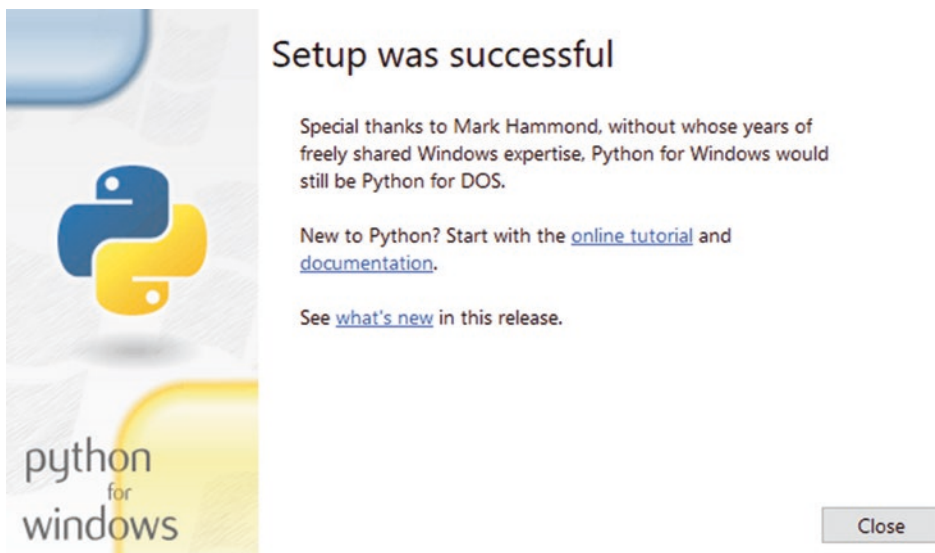


Abb. 1.9 Python wurde installiert

1.5.3.4.2 Installieren auf einem Linux-System

Python gibt es wie gesagt auch für Linux. Dabei muss man einmal einschränken, dass es verschiedene Formate für die unterschiedlichen Linux-Distributionen gibt. Das macht die Sache etwas unübersichtlich. Aber dafür haben Sie auf der anderen Seite die Flexibilität und können Python sogar individuell angepasst aus Quellcodes für Ihr System erstellen.

Wobei das im Prinzip meist gar nicht notwendig ist. Denn viele Linux-Distributionen installieren Python bereits automatisch mit. Oder sie stellen Python über die distributions-eigene Anwendungsverwaltung zur Verfügung, womit die Installation genauso trivial wie unter Windows abläuft (Abb. 1.10).

Allerdings muss man beachten, dass in der Regel nicht die aktuelle Version von Python in den Installationspaketen beziehungsweise der standardmäßig installierten Version bereitsteht. Sogar aktuelle Linux-Versionen wie Mint 18 (Abb. 1.11) oder Ubuntu 17 (Abb. 1.12) stellen da noch Python in der Version 2.7.x bereit und die Besonderheiten der 2er-Versionen werden wir wie gesagt explizit nicht mehr beachten. Wie erwähnt, liegt Python zum Zeitpunkt der Bucherstellung in der Version 3.6.x vor und diese sollten Sie auch unter Linux zur Verfügung haben.

Falls Sie also die neueste Version oder zumindest eine Version der 3er-Schiene von Python nicht über die Anwendungsverwaltung Ihrer Linux-Distribution erhalten, können Sie eine individuelle Installationsdatei oder auch die Quellcodes laden und dann auf Ihrem Rechner konfigurieren, übersetzen und installieren (Abb. 1.13).



Abb. 1.10 Linux-Distributionen bringen Python eigentlich immer mit

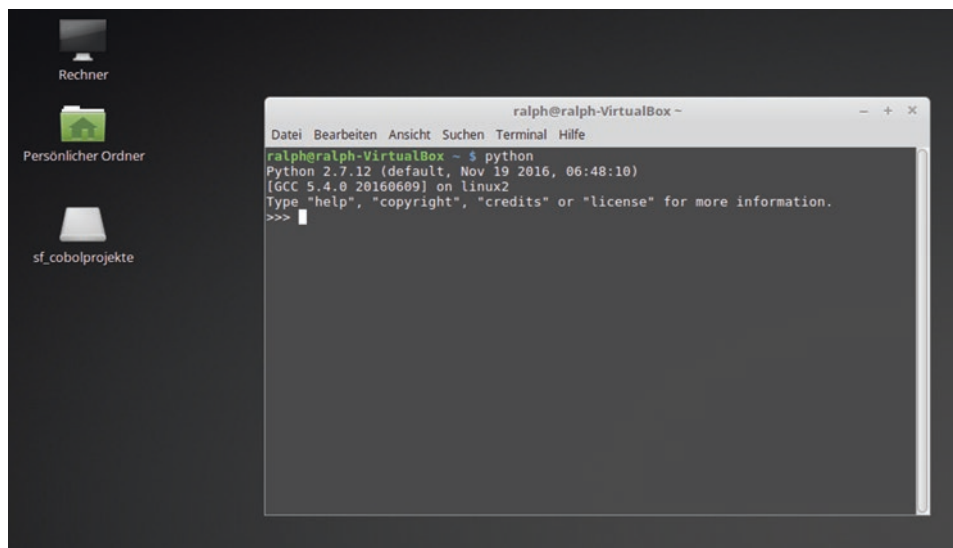


Abb. 1.11 Unter Mint Linux 18 ist noch die Version 2.7.12 vorinstalliert

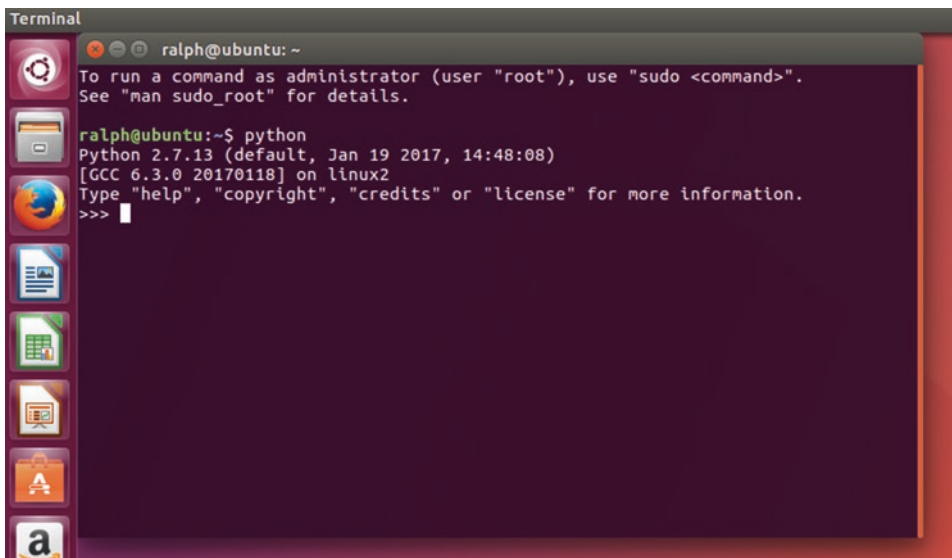


Abb. 1.12 Auch Ubuntu ist nur marginal aktueller

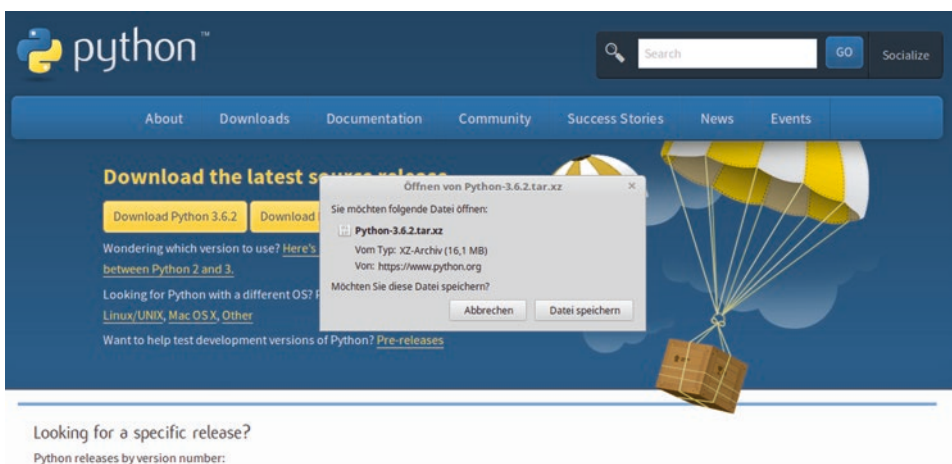


Abb. 1.13 Python für Linux laden

Wie die dann aber konkret installiert wird, kann sich unterscheiden und es muss für Details zu einer bestimmten Distribution auf die Dokumentation verwiesen werden – gerade im Fall von Problemen. Aber normalerweise erhalten Sie auf jeden Fall die Quelltextdateien von Python, die Sie auf die übliche Art unter Linux konfigurieren und installieren können. Die Ressourcen liegen dabei als Archiv vor, das Sie erst einmal extrahieren müssen (Abb. 1.14).

Danach öffnen Sie ein Terminal und gehen im allgemeinen Fall wie folgt vor (Abb. 1.15):

1. Wechseln Sie in das Verzeichnis, das bei der Extraktion der Python-Ressourcen angelegt wurde, etwa so:

Beispiel

```
cd Python-3.6.2
```

2. Konfigurieren Sie die Ressourcen für Ihren Rechner:

Beispiel

```
./configure
```

3. Übersetzen Sie den Quellcode und erstellen Sie eine Make-Datei:

Beispiel

```
make
```

4. Testen Sie das Make-File

Beispiel

```
make test
```

5. Wenn der Test keine Fehler ergab, erfolgt die konkrete Installation. Das muss man in der Regel allerdings als root erledigen, also so, sofern Sie nicht schon in einem root-Terminal arbeiten oder sich vorher zum root gemacht hatten (dann kann *sudo* entfallen):

Beispiel

```
sudo make install
```

Nach der erfolgreichen Installation sollte die neue Python-Version verfügbar sein (Abb. 1.16). Das können Sie etwa testen, indem Sie im Installationsverzeichnis von Python Folgendes eingeben:

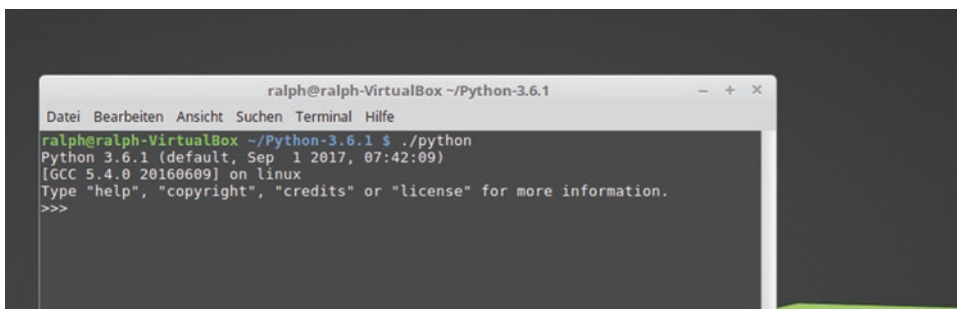


Abb. 1.16 Die neue Version wurde installiert

Beispiel*./python*

Zu Beginn der nun aktivierten Python-Kommandozeile erkennen Sie die Python-Version (Abb. 1.16).

- ▶ **Tipp** Die Python-Kommandozeile schließen mit der Eingabe *exit()*. Beachten Sie die Klammern.
- ▶ **Tipp** Auch unter Linux gilt, dass Python für eine bequemere Anwendung im Suchpfad eingetragen sein sollte. Wenn Python bei der Distribution schon installiert wurde oder Sie die Anwendungsverwaltung der Distribution verwenden, sollte das automatisch der Fall sein. Installieren Sie Python allerdings direkt oder zusätzlich zu einer vorhandenen Version, müssen Sie sich gegebenenfalls selbst darum kümmern und eventuell auch den Verweis auf die ältere Version aus dem Suchpfad löschen.

1.5.3.5 Installieren auf einem Mac

Für die Installation auf einem Mac steht ebenfalls ein Installer zur Verfügung, der genauso einfach wie der Installer unter Windows arbeitet (Abb. 1.17).

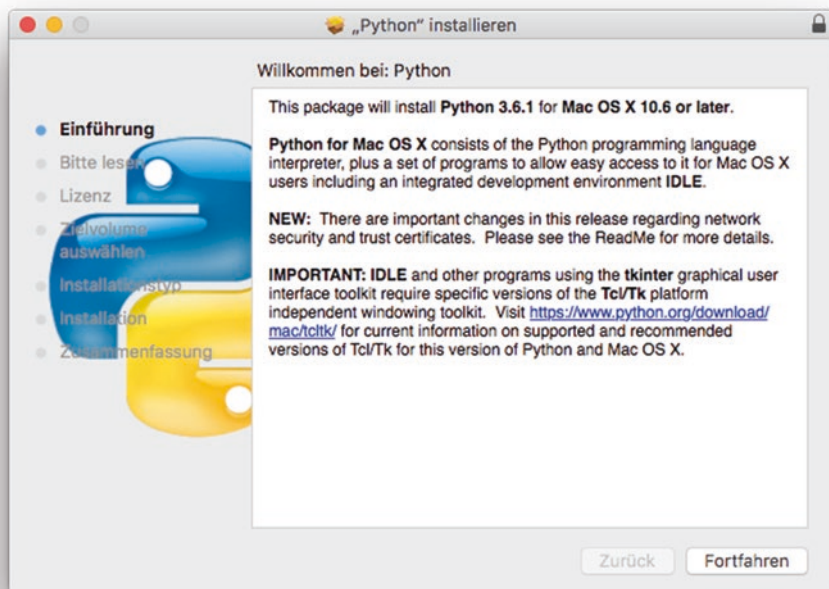


Abb. 1.17 Beginn der Installation auf einem Mac

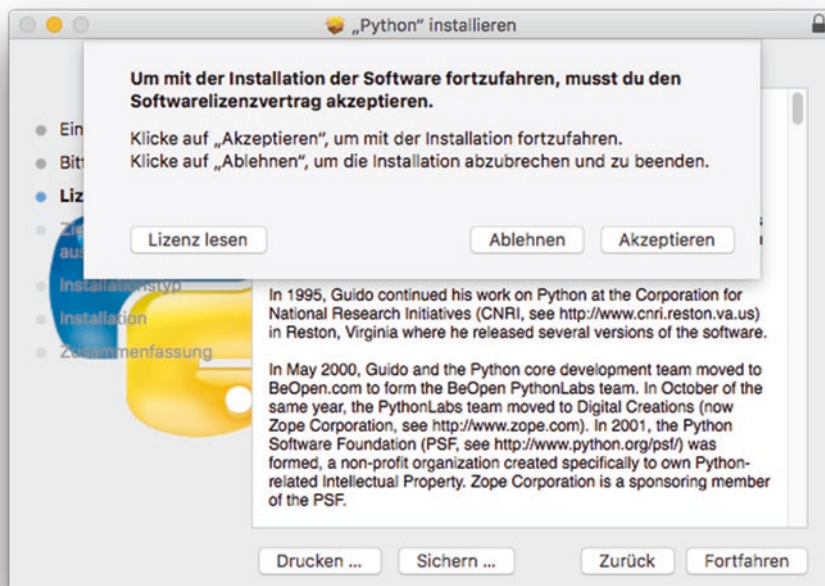


Abb. 1.18 Im Apple-Umfeld findet man viele Lizenzen, die zu akzeptieren sind

Allerdings müssen Sie bei der Installation auf einem Mac eine ganze Reihe an Lizenzbedingungen explizit bestätigen und – zumindest „offiziell“ – vor der Installation diverse Hinweise lesen (Abb. 1.18).

Anschließend läuft aber auch diese Installation in einem Rutsch durch (Abb. 1.19).

- ▶ **Tipp** Sie sollten auch auf einem Mac darauf achten, dass Python im Suchpfad zur Verfügung steht. Das sollte aber automatisch der Fall sein.
- ▶ **Tipp** Auch wenn es vielen Mac-Anwendern nicht bewusst ist, macOS ist unixbasierend und damit sehr eng mit Linux verwandt. Das bedeutet, dass es auch für macOS möglich ist, die Python-Ressourcen individuell angepasst zu installieren, indem sie wie bei Linux beschrieben in einem Terminal konfiguriert, übersetzt und installiert werden. Die Schrittfolge und die Befehle sind identisch.

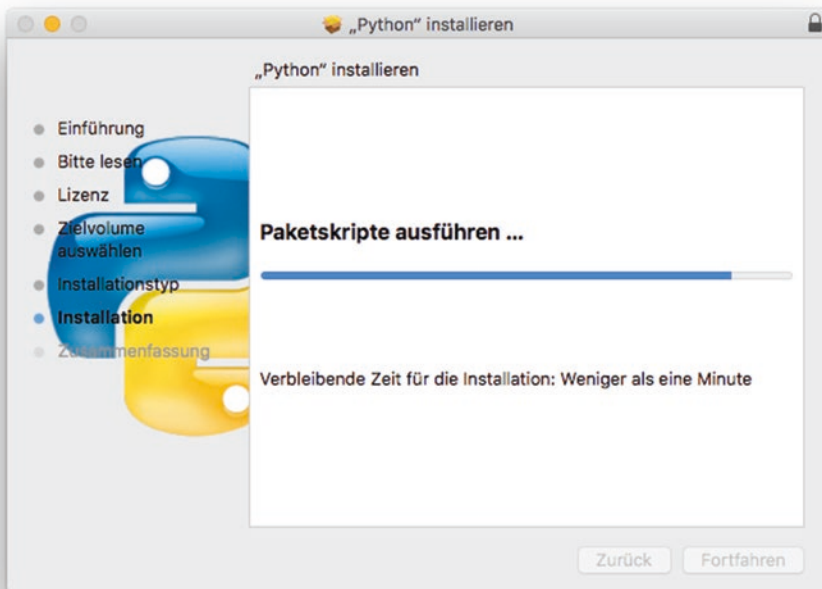


Abb. 1.19 Die Installation auf dem Mac läuft

Erste Beispiele – Der Sprung ins kalte Wasser

2

2.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

In diesem Kapitel kommen wir schon zum Erstellen der ersten Python-Programme beziehungsweise -Skripte und Sie lernen, wie Sie diese übersetzen beziehungsweise ausführen können. Dabei werden wir den Python-Interpreter, die Python-Kommandozeile und die IDLE im ersten Einsatz sehen. Das sind die Tools, die Sie im Umgang mit Python immer wieder benötigen.

2.2 Der Interaktivmodus – die Kommandozeile von Python

Nachfolgend erstellen wir zuerst einmal ein paar ganz einfache Python-Programme¹ mit minimaler Syntax, die wir in der sogenannten **Kommandozeile** von Python (auch **Python Shell** genannt) ausführen wollen. Damit werden die eingegebenen Python-Anweisungen von einem Python-Interpreter unmittelbar ausgeführt. Das nennt man den **Interaktivmodus**.

- Beachten Sie, dass in Python die **Spalten** beziehungsweise **Einrückungen** bei Quellcodes im Editor eine Bedeutung haben. Das ist bei vielen anderen Sprachen nicht der Fall. Durch Einrückungen werden in Python Strukturen zusammengefasst. Inkorrekte Einrückungen führen zu Fehlern!

Für den Interaktivmodus brauchen wir zuerst die Kommandozeile von Python. Und an diese gelangen wir auf verschiedene Weisen, die vom Betriebssystem abhängen.

¹ „Programme“ ist eigentlich auch schon zu hoch gegriffen. Aber es ist wirklich Python, was Sie hier sehen werden.

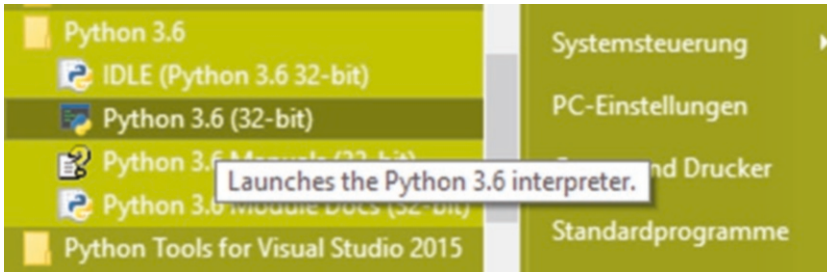


Abb. 2.1 Die Einträge für Python im Startmenü von Windows

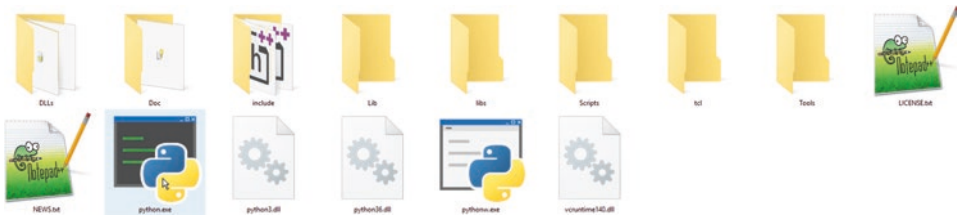


Abb. 2.2 Im Explorer können Sie einen Doppelklick auf `python.exe` ausführen

Deshalb werden wir an der Stelle noch einmal zwischen Windows, Linux und macOS differenzieren beziehungsweise auf Details eingehen müssen. In der Folge ist das aber kaum noch notwendig.

Die Python-Kommandozeile wurde bei der Installation von Python unter Windows in der Regel im Startmenü Ihres Betriebssystems eingetragen (Abb. 2.1) oder steht über ein Icon auf dem Desktop zur Verfügung.

Wenn das nicht der Fall ist, kann die Python-Kommandozeile in der Konsole² mit dem Befehl `python` aus dem Installationsverzeichnis³ oder der grafischen Windows-Oberfläche mit einem Doppelklick auf die Programmdatei aufgerufen werden (Abb. 2.2).

- Beachten Sie, dass es in Abhängigkeit vom Betriebssystem spezifische Dateierweiterungen und auch sehr unterschiedliche Verhaltensweisen für den Start der Python-Kommandozeile gibt.
 - Unter Windows werden Sie etwa `.exe` als Dateierweiterung für das Programm der Python-Kommandozeile finden (also `python.exe`).
 - Unter Linux haben Sie zwar keine Dateierweiterung für die Programmdatei, müssen beim Aufruf in einem Terminal aber in der Regel `./` voranstellen (also `./python` – Abb. 2.3), um explizit das aktuelle Verzeichnis anzugeben. Ebenso werden Sie unter

²Angabe von `cmd` im Ausführndialog von Windows.

³Oder einem beliebigen Verzeichnis, wenn Python dem Suchpfad des Betriebssystems hinzugefügt wurde.

Linux nach einer Installation über die im letzten Kapitel beschriebene Vorgehensweise in der Regel keinen Eintrag im Startmenü oder auf dem Desktop vorfinden. Hier zeigt sich, dass in Linux traditionell viel über die Befehlszeile gearbeitet wird.

- Unter macOS können Sie zwar in einem normalen Terminal *python* eingeben, aber dann gelangen Sie in der Regel zur (veralteten) Standardinstallation von Python (Abb. 2.4). Im Installationsverzeichnis von Python, das Sie etwa über den Finder auswählen können, werden Sie allerdings sehr wahrscheinlich gar keine direkte Aufrufmöglichkeit der Python-Kommandozeile finden. Da zeigt sich aus meiner Sicht, dass man in der Welt von Apple – im Gegensatz zu Linux – nicht wirklich die Befehlszeile mag. Wenn Sie allerdings IDLE (Abschn. 2.4 – Abb. 2.5) starten, wird Ihnen die Python Shell auch unter macOS angezeigt.

2.2.1 Das Prompt

Was Sie nach dem Start der Kommandozeile in jedem Fall sehen, ist eine Konsole beziehungsweise ein Terminal oder eine Shell mit drei Größer-Zeichen unterhalb einiger Hinweise. Das ist die Python-Eingabeaufforderung (**Prompt**). Hinter dem Prompt kann man alles schreiben, was Python auswerten kann. Mit der EINGABE-Taste wird die Anweisung dann direkt ausgeführt, denn wir sind hier ja wie gesagt im interaktiven Modus. Dabei kommt dann nach der Bestätigung der Anweisung der Python-Interpreter zum Einsatz.

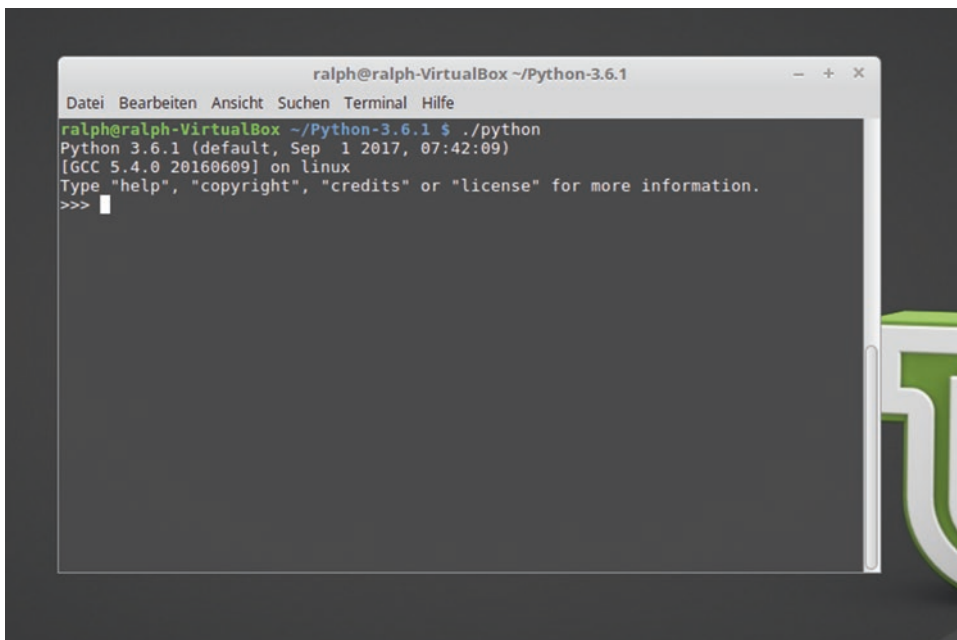
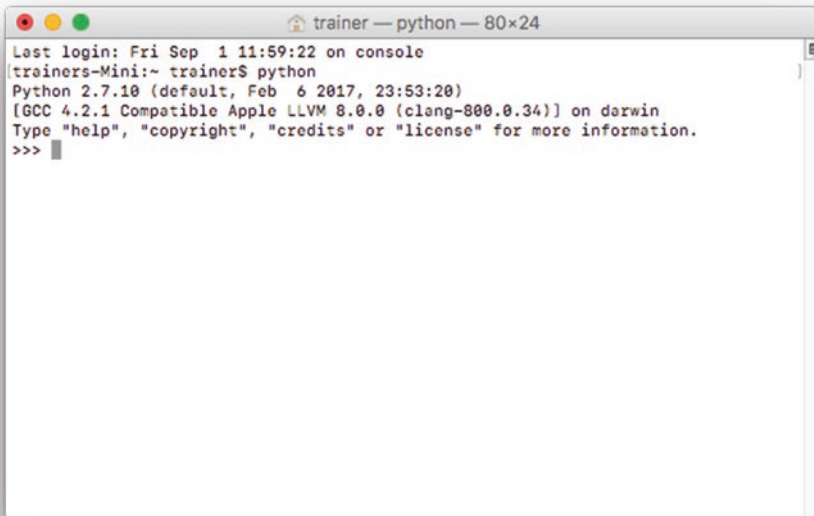


Abb. 2.3 Start der Python-Konsole in Linux



```
trainer — python — 80x24
Last login: Fri Sep 1 11:59:22 on console
trainers-Mini:- trainers$ python
Python 2.7.10 (default, Feb 6 2017, 23:53:20)
[GCC 4.2.1 Compatible Apple LLVM 8.0.0 (clang-800.0.34)] on darwin
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> █
```

Abb. 2.4 Der direkte Aufruf auf einem Mac führt in der Regel zu einer veralteten Version von Python

2.2.1.1 Die erste Anweisung

Im einfachsten Fall besteht eine gültige Python-Anweisung einfach aus einem Text, den man in Anführungsstriche setzen muss – ein String beziehungsweise Stringliteral.

► **Definition** Eine Zahl oder eine andere Form von Wert (meist ein Text) nennt man in einer Programmiersprache ein **Literal**.

- Geben Sie das nachfolgende Listing direkt hinter dem Prompt ein:

```
"Die erste Python-Anweisung"
```

- Bestätigen Sie die Eingabe mit der EINGABETASTE.

Die Kommandozeile zeigt genau diesen Text auch wieder an – nur ohne die vorangestellten drei Größer-Zeichen, die ja eine explizite Eingabe anfordern (Abb. 2.6).

Das mag trivial erscheinen, ist es aber nicht wirklich, denn es wird tatsächlich Python ausgeführt. Python versucht die Eingabe in der Kommandozeile in der Tat auszuwerten. Nur gibt es nichts zu berechnen und sonst weiter auszuwerten. Es wird nur ein Literal vorgefunden. Deshalb wird einfach der String wieder ausgegeben. Dennoch – das war bereits ein klassischer Turn-around nach dem EVA-Prinzip (Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe).

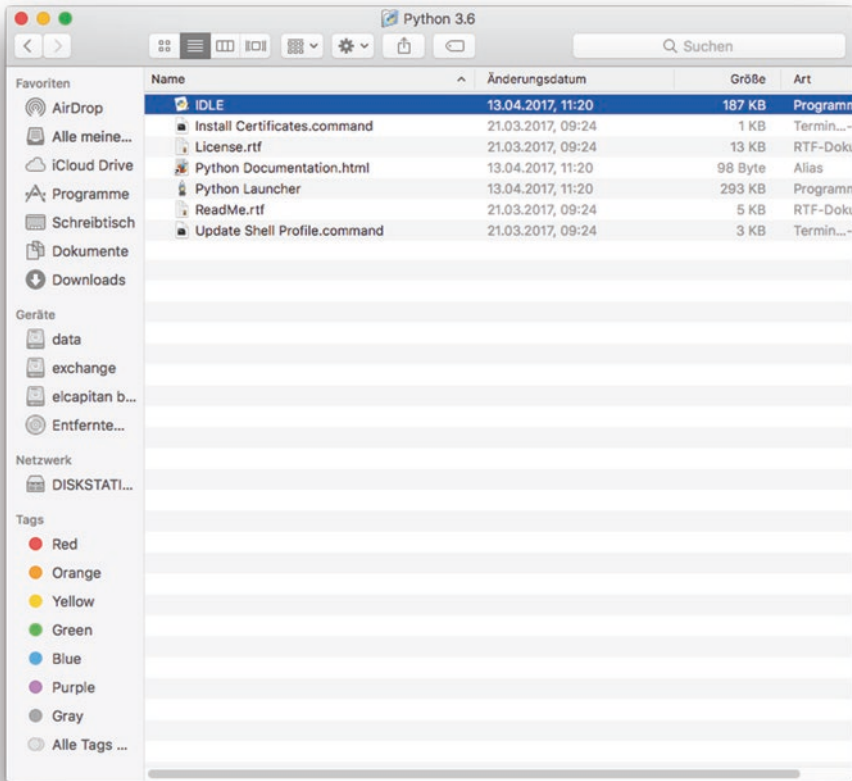


Abb. 2.5 Zur Shell gelangen Sie auf einem Mac über die IDLE

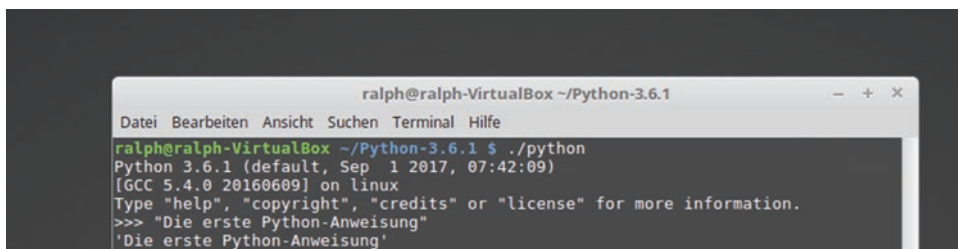
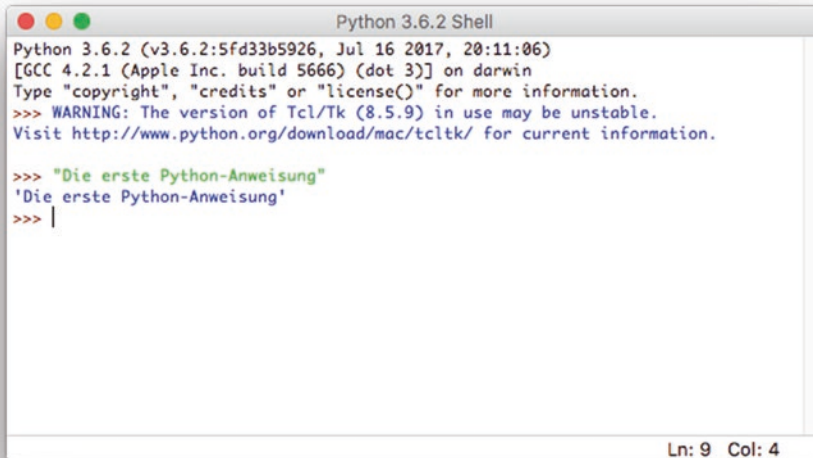


Abb. 2.6 Die Anweisung wurde ausgeführt – hier unter Linux

```
Python 3.6.2 (v3.6.2:5fd33b5, Jul 8 2017, 04:14:34) [MSC v.1900 32 bit (Intel)]
on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> "Die erste Python-Anweisung"
'Die erste Python-Anweisung'
>>>
```

Abb. 2.7 Die Anweisung unter Windows



```
Python 3.6.2 (v3.6.2:5fd33b5926, Jul 16 2017, 20:11:06)
[GCC 4.2.1 (Apple Inc. build 5666) (dot 3)] on darwin
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> WARNING: The version of Tcl/Tk (8.5.9) in use may be unstable.
Visit http://www.python.org/download/mac/tcltk/ for current information.

>>> "Die erste Python-Anweisung"
'Die erste Python-Anweisung'
>>> |
```

Ln: 9 Col: 4

Abb. 2.8 So sieht das in der Python-Shell unter macOS aus

Und dass etwas „passiert“ ist, können Sie auch daran erkennen, dass der Text bei der Ausgabe nicht mehr in doppelten, sondern nur einfachen Hochkommata eingeschlossen wird.

- **Tipp** Die Kommandozeile von Python verfügt über einen Tastaturspeicher. Damit kann man mit der Pfeiltaste vorher eingegebene Befehle wiederherstellen und neu ausführen. Vorher können sie bei Bedarf modifiziert werden.

Diese Anweisung lässt sich sowohl unter Linux (Abb. 2.6) als auch macOS (Abb. 2.8) vollkommen analog wie unter Windows (Abb. 2.7) ausführen.⁴

- **Tipp** Die Kommandozeile können Sie durch die Eingabe von `quit()` oder `exit()` schließen. Die Anweisung muss klein geschrieben werden.
- Python beachtet grundsätzlich Groß- und Kleinschreibung! Das gilt auch für die Befehle zum Aktivieren der Hilfe oder dem Schließen der Kommandozeile.

⁴Was ja fast für alle Python-Anweisungen gelten wird.

2.2.2 Der Hilfemodus in der Kommandozeile

Oft benötigen Sie bei der Eingabe von Python-Anweisungen Informationen oder Hilfe. Wenn Sie `help()` in der Kommandozeile eingeben, gelangen in den Hilfemodus der Kommandozeile.

- Geben Sie in der Kommandozeile hinter dem Prompt die folgende Anweisung ein:

Beispiel

```
help()
```

- Bestätigen Sie die Eingabe.

Sie haben nun den Hilfemodus aktiviert. Sie erkennen den Hilfemodus auch daran, dass nun keine drei Größer-Zeichen, sondern nur noch ein Größer-Zeichen für das Prompt steht (Abb. 2.9).

- **Tip** Den Hilfemodus können Sie durch die Eingabe von `quit` oder kurz `q` wieder verlassen. Danach sind Sie wieder im „normalen“ Interaktivmodus.

2.2.2.1 Hilfe zu Schlüsselwörtern

Im Hilfemodus kann man sich etwa alle Schlüsselwörter von Python über die Eingabe `keywords` anzeigen lassen.

- Geben Sie im Hilfemodus in der Kommandozeile hinter dem Prompt die folgende Anweisung ein:

```
Microsoft Windows [Version 10.0.15063]
(c) 2017 Microsoft Corporation. Alle Rechte vorbehalten.

C:\Windows\System32>python
Python 3.6.2 (v3.6.2:5fd33b5, Jul 8 2017, 04:14:34) [MSC v.1900 32 bit (Intel)]
on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> help<

Welcome to Python 3.6's help utility!

If this is your first time using Python, you should definitely check out
the tutorial on the Internet at http://docs.python.org/3.6/tutorial/.

Enter the name of any module, keyword, or topic to get help on writing
Python programs and using Python modules. To quit this help utility and
return to the interpreter, just type "quit".

To get a list of available modules, keywords, symbols, or topics, type
"modules", "keywords", "symbols", or "topics". Each module also comes
with a one-line summary of what it does; to list the modules whose name
or summary contain a given string such as "spam", type "modules spam".

help>
```

Abb. 2.9 Der Hilfemodus

Beispiel*keywords*

- Bestätigen Sie die Eingabe.

Sie haben eine Auflistung aller Schlüsselworte von Python erhalten (Abb. 2.10). Viele sind das im Vergleich zu anderen Sprachen nicht, wie schon erwähnt wurde.

Hier sehen Sie beispielsweise, dass Python ein Schlüsselwort *if* kennt. Dazu kann man sich als Vertreter die genaueren Informationen einmal anzeigen lassen.

- Geben Sie in der Kommandozeile hinter dem Prompt des Hilfemodus die folgende Anweisung ein:

Beispiel*if*

Sie erhalten detaillierte Informationen aus der Dokumentation, wie man *if* verwenden kann (Abb. 2.11). Unter Umständen müssen Sie den Hilfetext scrollen, wenn er nicht vollständig angezeigt werden kann.

```
help> keywords
```

```
Here is a list of the Python keywords. Enter any keyword to get more help.
```

False	def	if	raise
None	del	import	return
True	elif	in	try
and	else	is	while
as	except	lambda	with
assert	finally	nonlocal	yield
break	for	not	
class	from	or	
continue	global	pass	

```
help> _
```

Abb. 2.10 Auflistung der Schlüsselwörter

```
help> if
```

```
The "if" statement
*****
```

```
The "if" statement is used for conditional execution:
```

```
if_stmt ::= "if" expression ":" suite
          (<"elif" expression ":" suite >)*
          ["else" ":" suite]
```

It selects exactly one of the suites by evaluating the expressions one by one until one is found to be true (see section Boolean operations for the definition of true and false); then that suite is executed (and no other part of the "if" statement is executed or evaluated). If all expressions are false, the suite of the "else" clause, if present, is executed.

```
Related help topics: TRUTHVALUE
```

```
help>
```

Abb. 2.11 Hilfe zu einem konkreten Schlüsselwort

2.3 Anweisungen in (echten) Quelltext auslagern

Wenn Sie in der Kommandozeile direkt Python-Anweisungen notieren, werden diese nach Eingabe der ENTER-Taste unmittelbar interpretiert, also einzeln und nacheinander im Rahmen der speziellen Python-Umgebung (Interaktivmodus). In der Regel wird man aber Python-Anweisungen in eine extra Textdatei auslagern – den Quelltext (auch Sourcecode oder Quellcode genannt), der dann ohne Bestätigen der einzelnen Anweisungen abgearbeitet wird. Das hat auch den Vorteil, dass die Anweisungen wiederverwendet werden können. Diesen Klartext kann man sogar mit einem beliebigen Editor erstellen.

- Die übliche Dateierweiterung für Python-Quellcode ist *.py*.

Das Python-Programm kann dann in einer normalen Konsole/Terminal über den Python-Interpreter ausgeführt werden. Dieser steht ja überall zur Verfügung, wenn man das Installationsverzeichnis von Python dem Suchpfad des Betriebssystems hinzugefügt hat. Andernfalls funktionieren natürlich auch explizite Pfadangaben.

- **Tipp** Erzeugen Sie am besten einen Ordner für Ihre Python-Quelltexte. Es ist zudem sinnvoll, dass man darin dann weitere Unterordner für einzelne Projekte erstellt.

- Erstellen Sie in einem Editor wie Notepad++ folgende Syntax:

```
"Das ist ein Python-Quelltext"
```

Achten Sie darauf, dass die Anweisung direkt in der ersten Spalte beginnen muss! Es darf keine Einrückung vorhanden sein – sonst kommt es zu einem Fehler. Speichern Sie die Datei in Ihrem Python-Arbeitsverzeichnis unter dem Namen *Stringliteral.py*.

- Öffnen Sie eine Konsole (etwa mit dem Befehl *cmd* unter Windows oder das Terminal-Icon, das Sie in allen Referenzbetriebssystemen vorfinden sollten).
- Wechseln Sie mit dem *cd*-Befehl in das Verzeichnis, in dem Sie die Python-Datei gespeichert haben, etwa so:

Beispiel

```
cd PythonQuellcodes  
cd kap2
```

- Sollten Sie mehrere *cd*-Befehle in einem Schritt eingeben (also gleich mehrere Verzeichnisse), achten Sie darauf, dass man unter Windows einen Backslash zum Trennen der Verzeichnisse verwendet, während unter macOS und Linux der Slash notwendig ist.
- Geben Sie in der Kommandozeile hinter dem Prompt die folgende Anweisung ein:

```
F:\PythonQuellcodes\kap2>python Stringliteral.py
File "Stringliteral.py", line 1
  "Das ist ein Python-Quelltext"
  ^
IndentationError: unexpected indent

F:\PythonQuellcodes\kap2>_
```

Abb. 2.12 Bereits ein falsches Leerzeichen führt zu einem Fehler

Beispiel

python Stringliteral.py

- Bestätigen Sie die Eingabe mit ENTER.

Das war es. Aber Sie sehen keine Ausgabe des Textes. Hat also unser Experiment nicht funktioniert? Doch, doch. Nur sorgt die einfache Notation eines Stringliterals in ausgelagertem Quelltext nicht für die Ausgabe.⁵ Dazu brauchen wir eine geeignete Funktion, die wir im nächsten Kapitel behandeln werden. Wir kommen auf diese Schritte also zurück.

Aber ich will Ihnen dennoch beweisen, dass der Interpreter den Quelltext interpretiert und ausgeführt hat. Und der Beweis läuft darüber, dass ich einfach einen Fehler mache.

- Notieren Sie einmal vor dem Stringliteral ein Leerzeichen.
- Speichern Sie die Datei.
- Rufen Sie erneut den Python-Interpreter mit dem Dateinamen als Parameter auf.

Bereits dieses eine Leerzeichen in der ersten Spalte des Quelltextes genügt, dass das „Programm“ nicht mehr ausgeführt wird (Abb. 2.12).

Aber für uns ist dies der Beweis, dass der Python-Interpreter den Quellcode genommen und verarbeitet hat. Und Ihnen sollte ein für alle Mal klar sein, dass Leerzeichen bei der Einrückung eine Bedeutung in Python haben.

2.4 IDLE & Co

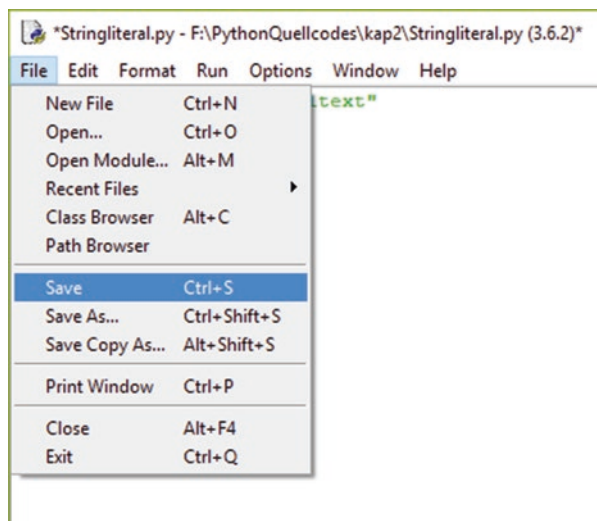
Die integrierte Entwicklungsumgebung IDLE, die zum Python-System gehört und meist mit Python automatisch installiert wird, besteht im Wesentlichen aus einem Multi-Fenster-Texteditor mit Dateizugriff, Syntaxhervorhebung, Autovervollständigung, intelligentem Einzug und ein paar anderen Features sowie einer Shell beziehungsweise Kommandozeile mit Syntax-Hervorhebung. Dazu gibt es einen integrierten Debugger und die Möglichkeit zur Ausführung des Programms direkt aus der IDE. Sie ist für eine IDE ziemlich einfach gehalten, wenn man Eclipse, XCode, NetBeans oder Visual Studio im Vergleich betrachtet. Das macht den Umgang mit IDLE aber auch ziemlich leicht.

⁵Das funktioniert so nur im Interaktivmodus.



Abb. 2.14 Der integrierte Python-Editor von IDLE

Abb. 2.15 Mit IDLE
Quellcode speichern



2.4.1 Weitere IDEs und Editoren für Python

Neben IDLE wurden in den vergangenen Jahren einige vollwertige Entwicklungsumgebungen (IDEs) für Python entwickelt – beispielsweise Eric Python IDE (<http://eric-idle.python-projects.org/index.html>) oder PyCharm (<https://www.jetbrains.com/pycharm/>). Des Weiteren existieren Plug-ins für größere IDEs wie Eclipse, Visual Studio und NetBeans oder aufbauende Derivate wie PyDev (<http://www.pydev.org/>). Verschiedene Texteditoren für Programmierer lassen sich gegebenenfalls auch für Python anpassen und bieten dann Syntaxunterstützung etc. oder haben bereits von Anfang an so eine Unterstützung implementiert (etwa Notepad++ – <https://notepad-plus-plus.org/>).

Built-in-Functions – Modularisierung durch Unterprogramme

3

3.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Für nahezu alle sinnvollen Schritte in Python benötigen Sie zumindest ein paar Funktionen. Denn alleine um das EVA-Prinzip (Eingabe-Verarbeitung-Ausgabe) auf einfachste Art umsetzen zu können, benötigen Sie in der Regel für zwei der Schritte (Eingabe und Ausgabe) solche vorgegebenen Funktionen. In diesem Kapitel schauen wir uns allgemein die sogenannten Built-in-Functions in Python und speziell die Funktionen zur Ein- und Ausgabe etwas genauer an.

3.2 Was sind Funktionen im Allgemeinen?

Sie werden in Python über kurz oder lang eigene Funktionen schreiben. Aber das wollen wir an der Stelle noch gar nicht angehen. Wir wollen aber auf einem ganz einfachen Niveau klären, was unter dem Begriff „Funktion“ überhaupt zu verstehen ist.

Sie können in Python (oder einer anderen Programmiersprache) im Grunde ein komplettes Programm oder Skript so erstellen, dass Sie im Quellcode nacheinander jede auszuführende Anweisung notieren. Aber das hat eine Reihe von Nachteilen.

- Es fehlt eine Wiederverwendbarkeit von schon vorhandenen Anweisungen.
- Der Quellcode wird unnötig groß (durch Redundanzen vor allen möglichen Dingen).
- Man kann kaum wartbar und nachvollziehbar von einer sequenziellen Abarbeitung abweichen.
- Die Performance wird schlecht.
- Der Speicherbedarf ist unnötig hoch.

Und das ist nur ein Teil der Nachteile. Bei umfangreicheren Programmen muss und wird man in der Regel also eine **Modularisierung** vornehmen. Das erfolgt in einer Art **Unterprogramm**, das immer wieder gemeinsam auszuführende Anweisungen zusammenfasst.

Hintergrundinformation

Die Einführung eines solchen Unterprogramms im Quellcode nennt man **Deklaration**. Dabei werden die Anweisungen des Unterprogramms bei der Abarbeitung dieser Stelle im Quellcode durch den Interpreter **nicht** ausgeführt. Aber der Interpreter „merkt“ sich den Code oder zumindest, wo er ihn finden kann. Man kann jedoch nicht nur Funktionen deklarieren, sondern auch andere „Dinge“, etwa Variablen oder Klassen. Der Fachbegriff „Deklaration“ ist also allgemein zu sehen und steht für eine erste Einführung.

Ein Unterprogramm kann man im Quellcode dann über einen Namen aufrufen. Eine Funktion ist so ein Unterprogramm.

- Beachten Sie schon jetzt, dass in Python beim Aufruf einer Funktion immer ein Paar runder Klammern dem Funktionsnamen nachgestellt wird.

3.3 Built-in Functions

Python besitzt eine Reihe an sogenannten vorinstallierten Funktionen (Built-in Functions), die automatisch in Python bereitstehen und überall im Quellcode verwendet werden können. Mit anderen Worten: Sie brauchen diese vor einer Verwendung nicht selbst deklarieren und auch sonst keine besonderen Vorbereitungen vor der Verwendung treffen.

3.3.1 Hilfe zu Built-in-Functions im Hilfemodus

Sie erhalten im Hilfesystem von Python eine Hilfestellung zu diesen vorinstallierten Funktionen, indem Sie einfach deren Namen eingeben. Schauen wir uns die Vorgehensweise mit einem Beispiel an.

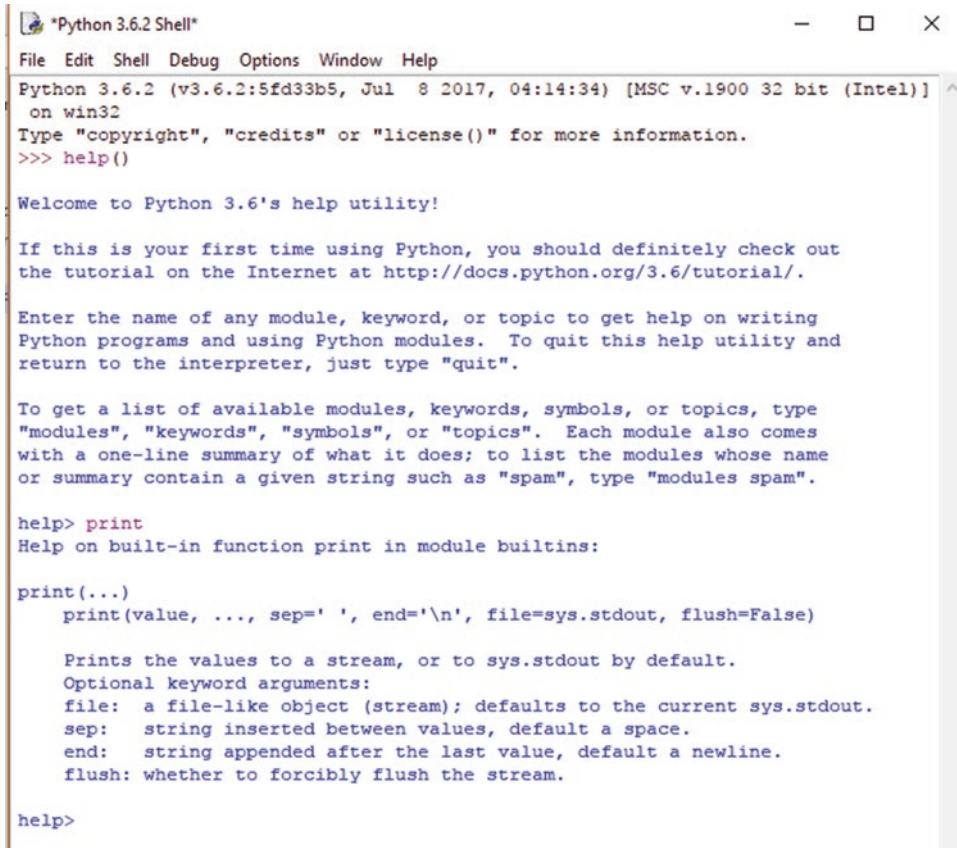
- Gehen Sie in den Hilfemodus von Python. Dazu geben Sie wieder *help()* in der Kommandozeile ein.
- Geben Sie in der Kommandozeile hinter dem Prompt des Hilfemodus die folgende Anweisung ein:

Beispiel

print

- Bestätigen Sie die Eingabe.

Sie erhalten danach Informationen aus der Dokumentation zur Syntax von *print()* (Abb. 3.1). Das ist eine Ausgabefunktion, die wir gleich genauer betrachten werden.



```

Python 3.6.2 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.6.2 (v3.6.2:5fd33b5, Jul 8 2017, 04:14:34) [MSC v.1900 32 bit (Intel)]
on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> help()

Welcome to Python 3.6's help utility!

If this is your first time using Python, you should definitely check out
the tutorial on the Internet at http://docs.python.org/3.6/tutorial/.

Enter the name of any module, keyword, or topic to get help on writing
Python programs and using Python modules. To quit this help utility and
return to the interpreter, just type "quit".

To get a list of available modules, keywords, symbols, or topics, type
"modules", "keywords", "symbols", or "topics". Each module also comes
with a one-line summary of what it does; to list the modules whose name
or summary contain a given string such as "spam", type "modules spam".

help> print
Help on built-in function print in module builtins:

print(...)
    print(value, ..., sep=' ', end='\n', file=sys.stdout, flush=False)

    Prints the values to a stream, or to sys.stdout by default.
    Optional keyword arguments:
    file: a file-like object (stream); defaults to the current sys.stdout.
    sep: string inserted between values, default a space.
    end: string appended after the last value, default a newline.
    flush: whether to forcibly flush the stream.

help>

```

Abb. 3.1 Hilfe zur `print()`-Funktion

Hintergrundinformation

Genau genommen liefert `print()` einen sogenannten **Ausgabestrom**.

3.3.2 Hilfe zu Built-in-Functions im Editormodus

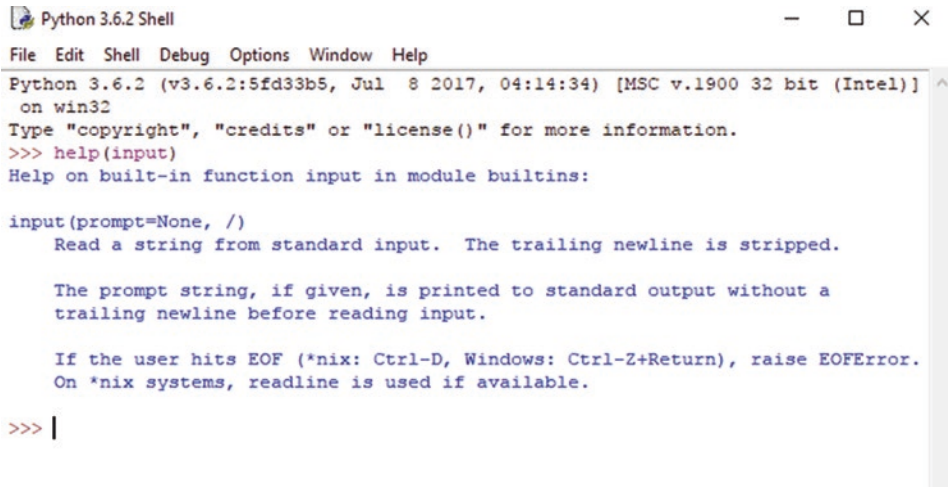
Sie brauchen nicht unbedingt explizit in den Hilfemodus zu wechseln, um in der Kommandozeile Hilfe zu erhalten. Sie können ebenso bei der Anweisung `help()` in den Klammern einen Suchbegriff als Parameter eingeben, zu dem Ihnen dann direkt Informationen im „normalen“ Editier- beziehungsweise Befehlsmodus angezeigt werden.

- Geben Sie in der Python-Kommandozeile hinter dem Prompt die folgende Anweisung ein:

Beispiel

```
help(input)
```

- Bestätigen Sie die Eingabe.



```

Python 3.6.2 Shell
File Edit Shell Debug Options Window Help
Python 3.6.2 (v3.6.2:5fd33b5, Jul 8 2017, 04:14:34) [MSC v.1900 32 bit (Intel)]
on win32
Type "copyright", "credits" or "license()" for more information.
>>> help(input)
Help on built-in function input in module builtins:

input(prompt=None, /)
    Read a string from standard input. The trailing newline is stripped.

    The prompt string, if given, is printed to standard output without a
    trailing newline before reading input.

    If the user hits EOF (*nix: Ctrl-D, Windows: Ctrl-Z+Return), raise EOFError.
    On *nix systems, readline is used if available.

>>> |

```

Abb. 3.2 Hilfe aus dem normalen Eingabemodus

```

>>> help(if)
SyntaxError: invalid syntax
>>> |

```

Abb. 3.3 Hilfe zu Schlüsselworten erhalten Sie nur im expliziten Hilfemodus

Sie haben nun die analogen Informationen erhalten, wie Sie diese eben zur *print()*-Funktion im expliziten Hilfemodus erhalten haben (Abb. 3.2), nur dieses Mal zur Funktion *input()* – einer Eingabefunktion, die wir auch gleich genauer betrachten.

- Etwas „unschön“ in der Python-Kommandozeile ist, dass diese Hilfe aus dem normalen Editormodus bei Python-Schlüsselworten **nicht** funktioniert. Wenn Sie etwa zum Schlüsselwort *if* so Hilfe erhalten wollten, bekommen Sie einen Fehler (Abb. 3.3). Um dazu Hilfe zu erhalten, müssen Sie erst in den expliziten Hilfemodus wechseln.

3.3.3 Die *print()*-Funktion

Eine der wichtigsten Python-Funktionen beziehungsweise -Anweisungen ist sicher *print()*. Damit generiert man eine Ausgabe in der Konsole und kann den letzten Teil des EVA-Prinzips umsetzen. Dieser Funktion widmen wir uns jetzt als erster Python-Built-in-Function.

Da es sich um eine Funktion handelt, sind bei der Notation des Aufrufs immer eine öffnende und eine schließende runde Klammer notwendig. Innerhalb der Klammern schreibt man dann die Werte hinein, die man ausgeben möchte. Dabei kann man komma-separiert auch mehrere Werte notieren, die man zusammen ausgegeben haben möchte.

► **Definition** Die in die Klammern notierten Werte sind die sogenannten **Parameter**, **Argumente** oder **Übergabewerte** der Funktion. Beachten Sie, dass diese Begriffe streng genommen nicht ganz identisch sind. Aber Sie werden „umgangssprachlich“ im IT-Umfeld synonym eingesetzt.

Nutzen wir die `print()`-Funktion nun in einem Python-Programm. Wir wollen zuerst dafür sorgen, dass das Beispiel aus dem letzten Kapitel mit der reinen Notation eines Stringliterals den dort deklarierten Text auch ausgibt.

- Starten Sie IDLE.
- Wählen Sie das Menü FILE und dann NEW FILE (Abb. 3.4).
- Sie gelangen zum integrierten Python-Editor von IDLE. Geben Sie dort die folgende Anweisung ein (Abb. 3.5):

```
print("Das ist ein Python-Quelltext");
```

Beachten Sie im Editor die farbliche Hervorhebung der verschiedenen Python-Strukturen (Abb. 3.5). Das ist die schon erwähnte Syntaxhervorhebung (**Syntax highlighting**).

Achten Sie auch wieder darauf, dass kein Leerzeichen vor der `print()`-Anweisung steht.

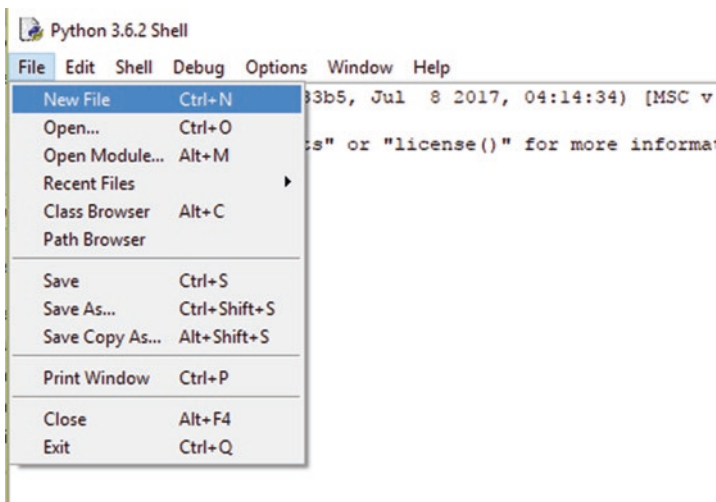


Abb. 3.4 Anlegen einer neuen Quelltextdatei

Abb. 3.5 Der Quellcode im integrierten Editor von IDLE

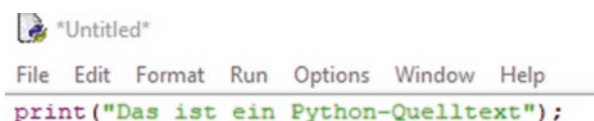


Abb. 3.6 Verschiedene Varianten zum Speichern

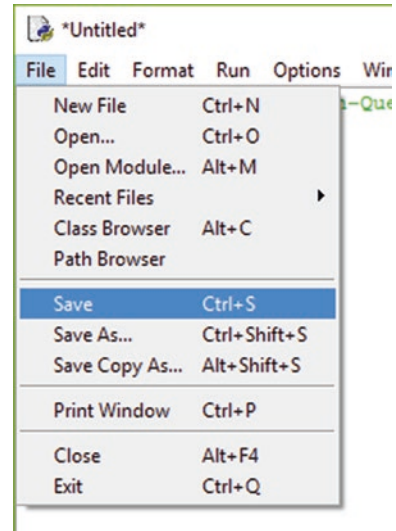
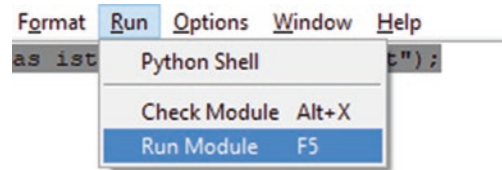


Abb. 3.7 Den Python-Code ausführen



Nun sollte Ihnen auffallen, dass in der Titelzeile des Editors noch kein konkreter Dateiname steht. Das kann auch nicht sein, denn wir haben bis dato noch keinen Dateinamen vergeben. Der Stern hinter „Untitled“ zeigt zudem an, dass der aktuelle Stand des Quelltextes noch nicht gespeichert wurde (Abb. 3.5).

Um nun den Dateinamen festzulegen und den Quellcode zu speichern, können wir auf verschiedene Weise vorgehen.

1. Speichern der Datei über das FILE-Menü und dann einen der Befehle SAVE, SAVE AS oder SAVE COPY AS (Abb. 3.6) verwenden (oder eine der üblichen Tastenkombinationen dafür). Die Bedeutung und Unterschiede der einzelnen Befehle sollten bekannt oder nachvollziehbar sein.
2. Auswahl RUN und dann RUN MODULE oder die Taste F5 (Abb. 3.7). Damit führen Sie den Python-Code direkt aus der IDLE-IDE heraus aus. Aber vorher muss dieser mit einem Dateinamen versehen und gespeichert sein. Sie erhalten also einen Dialog, über den Sie entscheiden können, ob Sie den aktuellen Stand¹ des Quellcodes speichern wollen (Abb. 3.8). Und wenn noch kein Dateiname vergeben wurde, erhalten Sie den üblichen Speichern-Dialog des Betriebssystems.

¹ Sollte bereits ein Dateiname vorhanden sein, können Sie auch einen älteren Stand des Quellcodes (der zuletzt gespeicherte) ausführen. Aber das ist selten sinnvoll.

Abb. 3.8 Vor dem Ausführen speichern

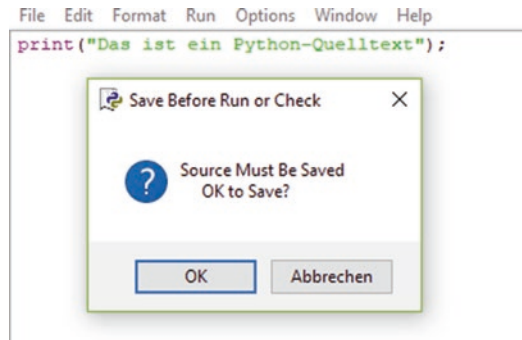
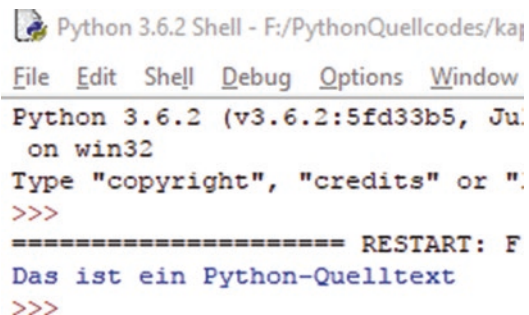


Abb. 3.9 Die Ausgabe des Programms



- Speichern Sie die Datei unter *print1.py*.

Sie sehen danach die Ausgabe von dem Text in IDLE – genau genommen der integrierten Python-Shell (Abb. 3.9).

- **Tipp** Beachten Sie das Semikolon am Ende der Anweisung. Python erzwingt in der Regel kein Semikolon, um eine Anweisung zu beenden.² Aber es ist auch nicht verboten. Deshalb notieren es manche Python-Programmierer am Ende jeder Anweisung. Man sollte sich auf jeden Fall auf einen Stil festlegen. Entweder setzen Sie grundsätzlich ein Semikolon am Ende einer Anweisung wozu ich rate oder man lässt es immer weg, wenn nicht eine spezielle Situation dazu zwingt. Im Buch wird aus didaktischen Gründen in den ersten Kapiteln in der Regel mit einem Semikolon am Ende gearbeitet, während in späteren Kapiteln dann darauf verzichtet wird, um auch diese Strategie zu zeigen.

Erstellen wir auf die beschriebene Weise noch ein neues Programm mit Namen *print2.py*. Das soll folgenden Quelltext enthalten:

```
print("Das ist ein Python-Quelltext");
print("Hier", "folgt", "die", 2, "Python-Anweisung");
```

²Wie etwa Java, C, C++, C# und viele andere Sprachen.

Es gibt an dem kleinen Programm bereits einige interessante Stellen, an denen man einiges zu Python lernen kann (Abb. 3.10).

- Es wurden zwei *print()*-Anweisungen angewendet. Diese wurden durch ein Semikolon getrennt und nacheinander vom Python-Interpreter abgearbeitet.
 - Ein Aufruf der *print()*-Funktion erzeugt einen Zeilenvorschub.
 - Die zweite Anweisung hat mehrere Parameter beim Aufruf der *print()*-Funktion verwendet.
 - Die Parameter bei der zweiten *print()*-Funktion werden zur Ausgabe verknüpft und der Text gemeinsam ausgegeben.
 - Die Parameter der zweiten *print()*-Funktion haben verschiedene Datentypen. Auch wenn dieser Begriff „Datentyp“ noch nicht eingeführt wurde, kann man ohne große Erklärung erkennen, dass es bei der zweiten Anweisung Stringlitterale (in Hochkommata eingeschlossen) und Zahlen (Integerlitterale) gibt, die gemeinsam verwendet werden. Das ist in Python oft möglich, denn Python ist lose typisiert. Was das bedeutet, wird jedoch noch detailliert behandelt.
- Es wurde schon erwähnt, ist aber so wichtig, dass noch mehrfach darauf eingegangen wird – Python beachtet Groß- und Kleinschreibung. Man nennt dies **case-sensitiv**. Das gilt auch für die Built-in-Functions und deshalb wäre die Schreibweise *Print()* oder *PRINT()* falsch (Abb. 3.11)! Merken Sie sich, dass Built-in-Functions immer kleingeschrieben werden, aber in der Regel auch alle anderen Anweisungen in Python.

3.3.3.1 Den Separator bei *print()* anpassen

Ihnen sollte auffallen sein, dass bei der Angabe von mehreren Parametern mit *print()* Python diese bei der Ausgabe automatisch durch ein Leerzeichen verbunden hat (Abb. 3.10). Dieses Leerzeichen ist ein Separator, der bei *print()* als Vorgabewert verwendet wird. Über den Optionsparameter *sep* (für Separator) kann dieser mit einer Zuweisung über das Gleichheitszeichen angepasst oder auch weggelassen werden. Sie geben einfach das oder die gewünschte(n) Zeichen als weiteren Parameter zusätzlich an.

Abb. 3.10 Zwei *print*-Anweisungen

```
===== RESTART: F:/PythonQu
Das ist ein Python-Quelltext
Hier folgt die 2 Python-Anweisung
>>>
```

```
Traceback (most recent call last):
  File "F:/PythonQuellcodes/kap3/print2.py", line 2, in <module>
    Print("Hier", "folgt", "die", 2, "Python-Anweisung");
NameError: name 'Print' is not defined
>>> |
```

Abb. 3.11 Selbst nur ein Großbuchstabe beim Bezeichner *print* sorgt für einen Fehler

Abb. 3.12 Anpassung des Separators der `print()`-Funktion

```
Das***ist***einPython-Quelltext
DasisteinPython-Quelltext
Das#ist#einPython-Quelltext
>>> |
```

- Beachten Sie, dass diese Art der Wertzuweisung bei Attributen in Python sehr häufig für die Konfiguration verwendet wird. Dieses Beispiel mit dem Parameter `sep` kann also verallgemeinert betrachtet werden. Man hat in Python sehr oft ein Default- beziehungsweise Vorgabeverhalten und wenn dieses modifiziert werden soll, dann wird einem bestimmten Attribut ein neuer Wert zugewiesen.

Erstellen wir auf die beschriebene Weise noch ein neues Programm mit Namen `print3.py`. Das soll folgenden Quelltext enthalten:

```
print("Das", "ist", "ein" "Python-Quelltext", sep="***");
print("Das", "ist", "ein" "Python-Quelltext", sep="");
print("Das", "ist", "ein" "Python-Quelltext", sep="#");
```

Sie sehen, dass bei der ersten Ausgabe die drei Sternzeichen zwischen den Worten auftauchen, bei der zweiten kein Leerraum und bei der dritten Ausgabe das Hash-Zeichen (Abb. 3.12).

3.3.4 Die `input()`-Funktion

Um das EVA-Prinzip vollständig umzusetzen, brauchen wir in Python noch eine Eingabemöglichkeit. Und dazu kann man eine weitere Built-in Funktion anwenden, die sich `input()` nennt. Wir wollen nun ein Programm erstellen, in dem der Anwender eine Eingabe vornehmen kann, die dann in die Ausgabe eingearbeitet wird.

Erstellen wir auf die oben beschriebene Weise noch ein neues Programm in IDLE mit Namen `input1.py`. Das soll folgenden Quelltext enthalten:

```
name=input("Geben Sie Ihren Namen an");
print("Hallo", name);
```

Python betrachtet wieder jede einzelne Zeile als Anweisung und arbeitet jede einzelne Zeile hintereinander sequenziell ab. Ein Anwender kann zuerst nach Aufforderung seinen Namen eingeben und der wird dann in die Ausgabe übernommen (Abb. 3.13).

Beachten Sie, dass bei dem Beispiel in der zweiten Zeile der zweite Parameter bei der `print()`-Funktion **nicht** als String notiert ist und nicht in Hochkommata eingeschlossen wird. Das ist dann ein Variablenname. Diese Variable wurde zuvor in der ersten Zeile deklariert.

Abb. 3.13 Entgegennahme einer Eingabe

```
Geben Sie Ihren Namen anHerby
Hallo Herby
>>>
```

► **Definition** Eine **Variable** kann man sich erst einmal (vereinfacht) als eine Stelle im Hauptspeicher des Rechners vorstellen, die über einen Bezeichner (Namen) anzusprechen ist und wohin man Werte schreiben kann. Diese Werte können später wieder ausgelesen werden.

Bei `input()` setzt man innerhalb der Klammern als Parameter eine Zeichenkette hinein, die beim Aufruf ausgegeben wird. Damit kann man den Benutzer auffordern, eine Zeichenkette einzugeben. Die Funktion unterbricht bis zur Bestätigung einer Eingabe durch den Anwender die Abarbeitung des Programms und liefert dann einen sogenannten Rückgabewert, der in dem Beispiel der Variablen `name` zugewiesen wird, welche wie gesagt damit in der ersten Zeile deklariert wurde.

► **Definition** Der **Rückgabewert** ist das Ergebnis der Funktion. In Python muss aber nicht jede Funktion einen Rückgabewert liefern.

Der Rückgabewert ist in dem Fall der Text, den der Benutzer eingegeben hat, und der wird dann mit der nächsten Anweisung über die Verwendung der Variablen wieder ausgegeben.

Hintergrundinformation

Genau genommen liefert `input()` einen sogenannten **Eingabestrom**.

Nun sollte Ihnen bei der Ausgabe auffallen, dass die Eingabe des Anwenders ziemlich unschön an den Text „geklebt“ wird, der bei der `input()`-Funktion zur Eingabe auffordert. Die `input()`-Funktion erzeugt also im Gegensatz zur `print()`-Funktion keinen Zeilenumbruch. Wir wollen das Beispiel modifizieren (`input2.py`) und die Anzeige der Eingabe in eine neue Zeile verlagern. Der Quellcode sieht nun so aus:

```
name=input("Geben Sie Ihren Namen an\n");
print("Hallo", name);
```

Nun wird die Rückmeldung von Python doch schöner aussehen (Abb. 3.14). Aber haben Sie überhaupt die Modifikation bemerkt? Ich habe sie bewusst nicht hervorgehoben. Am Ende von dem String in Zeile 1 steht eine sogenannte **Escape-Sequenz**. Damit kann man Zeichen maskieren (in einem speziellen Code notieren). Das ist insbesondere für Sonderzeichen notwendig und `\n` steht für einen Zeilenumbruch.

3.3.5 Eine kurze Übersicht aller Built-in Functions

Nachfolgend finden Sie alphabetisch sortiert eine Tabelle aller Built-in Functions von Python (Tab. 3.1). Für Details sei auf die Dokumentation unter <https://docs.python.org/2/library/functions.html> verwiesen. Wir haben uns in dem Buch ja auf die Fahne geschrieben, nicht jedes Detail zu untersuchen, sondern immer den grundsätzlichen Ansatz.

Abb. 3.14 Entgegennahme einer Eingabe mit „schönerer“ Formatierung

```
Geben Sie Ihren Namen an
Herby
Hallo Herby
>>> |
```

Tab. 3.1 Die Built-in-Functions in Python

<i>abs()</i>	<i>divmod()</i>	<i>input()</i>	<i>open()</i>	<i>staticmethod()</i>
<i>all()</i>	<i>enumerate()</i>	<i>int()</i>	<i>ord()</i>	<i>str()</i>
<i>any()</i>	<i>eval()</i>	<i>isinstance()</i>	<i>pow()</i>	<i>sum()</i>
<i>basestring()</i>	<i>execfile()</i>	<i>issubclass()</i>	<i>print()</i>	<i>super()</i>
<i>bin()</i>	<i>file()</i>	<i>iter()</i>	<i>property()</i>	<i>tuple()</i>
<i>bool()</i>	<i>filter()</i>	<i>len()</i>	<i>range()</i>	<i>type()</i>
<i>bytearray()</i>	<i>float()</i>	<i>list()</i>	<i>raw_input()</i>	<i>unichr()</i>
<i>callable()</i>	<i>format()</i>	<i>locals()</i>	<i>reduce()</i>	<i>unicode()</i>
<i>chr()</i>	<i>frozenset()</i>	<i>long()</i>	<i>reload()</i>	<i>vars()</i>
<i>classmethod()</i>	<i>getattr()</i>	<i>map()</i>	<i>repr()</i>	<i>xrange()</i>
<i>cmp()</i>	<i>globals()</i>	<i>max()</i>	<i>reversed()</i>	<i>zip()</i>
<i>compile()</i>	<i>hasattr()</i>	<i>memoryview()</i>	<i>round()</i>	<i>__import__()</i>
<i>complex()</i>	<i>hash()</i>	<i>min()</i>	<i>set()</i>	
<i>delattr()</i>	<i>help()</i>	<i>next()</i>	<i>setattr()</i>	
<i>dict()</i>	<i>hex()</i>	<i>object()</i>	<i>slice()</i>	
<i>dir()</i>	<i>id()</i>	<i>oct()</i>	<i>sorted()</i>	

Dennoch sollen ein paar weitere Beispiele für den Umgang mit den Built-in-Functions folgen. Dabei greifen wir an einigen Stellen zwar etwas vor, aber die Listings sollten mit den Erklärungen gut nachvollziehbar sein. Wir deuten damit auch schon einmal ein paar Techniken an, die noch genauer ausgearbeitet werden.

3.3.5.1 Mathematische Umwandlungen

- Erstellen Sie den folgenden Code (*umwandeln.py*):

```
zahl=input("Geben Sie eine Zahl ein\n");
print("Oktal entspricht die dezimale Zahl", zahl, "dem Wert",
oct(int(zahl)));
```

In dem Beispiel kommen die Built-in-Functions *int()* und *oct()* zum Einsatz. Damit wandelt man als Parameter übergebene Werte um. Man nennt dieses Verfahren **Casting** oder **Typumwandlung**. Was steckt dahinter?

Nun, die Funktion *input()* liefert einen String als Datentyp. Der Rückgabewert der Funktion ist also ein Text. In dem Beispiel wird ein Anwender aufgefordert eine Zahl einzugeben. Aber auch wenn er das macht, dann ist das rein formal ein Text. Angenommen,

ein Anwender gibt nach der Aufforderung die Zahl **11** ein. Dann liefert `input()` aber **"11"**. Das ist ein Text, dessen Inhalt aber nur (zufällig) aus einer Zahl besteht.

Um nun damit zu rechnen oder bestimmte mathematische Dinge zu tun, kann es notwendig sein, die Zahl aus dem Text „herauszuschälen“. Das macht man in Form dieses Castings. Die Built-in-Funktion `int()` macht genau so etwas – aus dem Text wird eine Zahl „herausgeschält“, sofern das möglich ist. Diese Zahl (der Rückgabewert von `int()`) wird nun von der zweiten Funktion `oct()`, die um die Funktion `int()` gelegt wurde, in eine oktale Darstellung der Zahl umgewandelt (Abb. 3.15).

► **Definition** Zahlen können in verschiedenen Zahlensystemen dargestellt werden. Beim „normalen“ Rechnen verwendet man das Dezimalsystem, was bereits kleine Kinder lernen. In der IT werden aber auch oft Systeme wie das Dualsystem, Hexadezimalsystem oder eben Oktalsystem verwendet. Das Oktalsystem hat die Basis 8 und kennt nur acht Ziffern zur Darstellung einer Zahl: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7. Jede größere Zahl muss daraus zusammengesetzt werden.

Hintergrundinformation

Sie sehen an dem Beispiel bereits, dass man Funktionsaufrufe von Funktionen mit Rückgabewert an jeder Stelle notieren kann, an denen ein Wert (Literal) notiert werden kann, etwa als Parameter einer anderen Funktion.

Der gesamte Prozess wird allerdings zu einem Fehler führen, wenn der Anwender keine reine Zahl eingibt (Abb. 3.16). Die Eingabe ist also nicht gegen Fehleingaben abgesichert. Aber für die Demonstration der beiden Funktionen und die Typumwandlung genügt das Beispiel.

3.3.5.2 Evaluierung

Lassen Sie uns jetzt noch die Summe von mehreren Variablen und numerischen Literalen bilden. Das macht das folgende Programm `summe.py`:

```
z1=2;
z2=4;
z3=7;
print(eval("1+2+3+z1+z2+z3"));
```

```
Geben Sie eine Zahl ein
11
Oktal entspricht die dezimale Zahl 11 dem Wert 0o13
>>>
```

Abb. 3.15 Mathematische Funktionen

```
Geben Sie eine Zahl ein
42 Birnen
Traceback (most recent call last):
  File "F:/PythonQuellcodes/kap3/umwandeln.py", line 2, in <module>
    print("Oktal entspricht die dezimale Zahl", zahl, "dem Wert", oct(int(zahl))
);
ValueError: invalid literal for int() with base 10: '42 Birnen'
>>>
```

Abb. 3.16 Die Eingabe war keine reine Zahl

Abb. 3.17 Berechnung des
Absolutwerts

```
Der Absolutwert von -42 ist 42
>>>
```

Die Ausgabe von dem Programm wird **19** sein. Das ergibt sich einfach aus $1 + 2 + 3 + 2 + 4 + 7$. Aber die Sache ist dennoch sehr, sehr bemerkenswert. Denn der evaluierte Ausdruck ist ein Stringliteral. Im Inneren des Stringliterals befinden sich sogenannte Operatoren mit ihren Operanden. Das Zeichen $+$ ist ein mathematischer Operator, den Sie intuitiv aus der Schulmathematik verstehen. Aber dass diese mathematische Operation der Addition überhaupt ausgeführt wird, ist nicht trivial. Die Werte als auch Operatoren stehen ja in einem String. Aber die Built-in-Function `eval()` ist genau dafür gedacht. Strings werden damit bezüglich enthaltender Operationen evaluiert. Und auf noch etwas muss ausdrücklich die Beachtung gelenkt werden – die Operanden können auch Variablen sein.

3.3.5.3 Absolutwertberechnung

Das nachfolgende kleine Listing (*absolut.py*) berechnet zum Abschluss der Übungen den Absolutwert einer Zahl. Dazu kommt einfach die Built-in-Function `abs()` zum Einsatz (Abb. 3.17):

```
zahl=-42;
print("Der Absolutwert von", zahl, "ist", abs(zahl));
```



Grundlegende Begriffe – Kommentare, SheBang und Strukturanalysen

4

4.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Bevor es nun weiter genauer an die konkreten Details in Python geht, sollen in dem Kapitel einige wichtige Begriffe und Vorgänge in der Programmierung allgemein, aber natürlich an Python angepasst, geklärt werden, die zwar eher zum Hintergrundwissen denn zur Praxis zählen. Aber das Wissen darum macht deutlich, wie gewisse Dinge ablaufen.

4.2 Token und Parser

Token bedeutet übersetzt Zeichen oder Merkmal. Wenn ein Python-Interpreter eine `.py`-Datei in Maschinenanweisungen übersetzen will, muss er vorher zunächst herausfinden (oder mitgeteilt bekommen), welche Token oder Symbole im Code benutzt werden und sie in sinnvolle Zusammenhänge setzen.

Einen Token kann man deshalb auch als **Sinnzusammenhang** verstehen. So ist etwa in der menschlichen Sprache ein Wort nicht nur die Summe seiner Buchstaben oder Zeichen beziehungsweise akustisch ein Klang, sondern besitzt einen konkreten Sinnzusammenhang, den das interpretierende System (der menschliche Geist) mit einer bestimmten Bedeutung assoziiert. Allerdings muss das interpretierende System sowohl die Sprache als auch den konkreten Begriff verstehen, sonst bleibt ein Token einfach nur die Summe seiner Buchstaben oder Zeichen beziehungsweise im akustischen Fall ein Lautgebilde ohne Bedeutung. Stellen Sie sich einfach vor, dass Sie ein Wort in einer Ihnen fremden Sprache hören. Für Sie ist das dann kein Token, aber für jemanden, der diese Sprache versteht, schon. Und wenn Sie sich das Wort übersetzen lassen, dann wird es auch für Sie in Zukunft ein Token sein.

4.2.1 Zerlegen von Quelltext

Der gesamte Teil der Assoziation mit gültigen Token bei einer Programmiersprache wird bei der Übersetzung eines Quelltextes vom sogenannten **Parser** übernommen. Dieser kann ein eigenständiges Programm sein, aber oft ist er auch in einen Interpreter oder Compiler bereits integriert. Allgemein versteht man in der Informatik unter einem Parser (engl. to parse – analysieren) ein Computerprogramm (oder einen Teil eines Programms), das für die Zerlegung und Umwandlung einer beliebigen Eingabe in ein für die Weiterverarbeitung brauchbares Format zuständig ist.

Wenn der Quellcode vom Python-Interpreter übersetzt werden soll, muss er ihn also vorher von seinem zugeordneten Parser in einzelne kleine sinnvolle Bestandteile (eben Token) zerlegen lassen. Dabei wird oft auch die Reihenfolge der Token geändert. Nur dann kann der Quellcode übersetzt werden.

Der gesamte Quelltext muss sich also in logisch sinnvolle Einheiten zerlegen und in gültige Arten von Python-Token einordnen lassen. Die Sprachelemente werden dabei auf ihre Richtigkeit geprüft. Alle Operationen mit einem Token werden mit dem spezifischen Wert des Tokens durchgeführt, also nicht mit den Buchstaben und Zeichen des Tokens selbst, sondern mit dem, was Python mit dem Token assoziiert. Es gibt in Python wie in den meisten anderen Computersprachen fünf Arten von Token:

1. Bezeichner oder Identifier
2. Schlüsselwörter
3. Literale
4. Operatoren
5. Trennzeichen

4.2.1.1 Leerzeichen und Trennzeichen

Beginnen wir die Erklärungen von hinten. Denn die da genannten **Trennzeichen** als auch **Leerzeichen** sind wichtige Möglichkeiten, um Token zu trennen. Das ist an vielen Stellen notwendig, kann aber auch an anderen Stellen rein zur Übersicht des Quellcodes verwendet werden.

Leerzeichen sind in den meisten Programmiersprachen wie Kommentare (Abschn. 4.3) zu sehen¹ und keine klassische Token, obwohl sie auf Quelltextebene wie Token notiert werden. In Python ist das etwas anders, zumindest wenn Leerzeichen am Anfang einer Quellcodezeile beziehungsweise vor einem Ausdruck stehen – was wir schon gesehen haben. Denn Einrückungen (also Leerzeichen am Beginn der Zeile) haben eine definierte Bedeutung.

Unter **Trennzeichen** versteht man neben Leerzeichen alle einzelnen Symbole, die dazu benutzt werden, andere Token zu trennen und Zusammenfassungen von Code anzuzeigen. Dabei sind Trennzeichen gar nicht so trivial.

¹ Also außer einer Trennung von Token keine „Bedeutung“.

- Es gibt in Python etwa das **Komma**, das in mehreren Zusammenhängen als Begrenzer verwendet wird.
- Der **Punkt** wird zum einen als **Dezimalpunkt**, zum anderen über die Punktnotation als Trennzeichen in der OOP benutzt.
- Die **runde Klammer** wird sowohl für eine Parameterliste einer Methode oder Funktion als auch zur Festlegung eines Vorrangs für Operationen in einem Ausdruck benutzt.
- Die **eckigen Klammern** werden in Python bei Datenstrukturen verwendet.

4.2.1.2 Operatoren

Operatoren sind Token, die mit ihren Operanden Operationen ausführen, etwa mathematische Berechnungen, Wertzuweisungen, Vergleiche etc. Wir gehen detailliert auf die Operatoren unter Python noch ein.

4.2.1.3 Literale

Literale sind Werte, was schon kurz angedeutet wurde. Wir sind dem Begriff bereits mehrfach begegnet (Stringliterale und Integerliterale). Aber man muss sich klarmachen, dass es auch explizit Token (sinnbehaftete Ausdrücke) sind.

4.2.1.4 Schlüsselwörter

Unter dem Begriff **Schlüsselwörter** fasst man alle Wörter zusammen, die ein essenzieller Teil der Sprachdefinition sind und die in Python eine besondere Bedeutung haben. Auch die Behandlung von Schlüsselwörtern wird auf verschiedene Abschnitte des Buches verteilt und an den passenden Stellen genauer abgehandelt.

4.2.1.5 Bezeichner

Mit dem Token-Typ **Bezeichner** oder **Identifizier** berühren wir ein Thema, das auf verschiedene Abschnitte des Buches verteilt wird. Es handelt sich hier um die Namen für Klassen, Objekte, Variablen, Funktionen, Konstanten etc. Wir gehen an den passenden Stellen genauer darauf ein.

4.3 Kommentare

Bei der Zerlegung von Quellcode in Token werden **Kommentare** aus dem Text entfernt. Kommentare sind also keine Token im eigentlichen Sinn. Sie passen dennoch in das Gesamtkonzept der Token, weil sie auf Quelltextebene wie Token notiert werden. Und zudem kann ein Kommentar zwar für das eine System kein Token sein, für ein zweites System jedoch schon.

Das klingt abstrakt, aber denken Sie noch einmal an die Situation, dass Sie ein Wort in einer Ihnen fremden Sprache hören. Für Sie ist das dann kein Token. Jetzt wird aus Ihnen der Python-Interpreter. Kommentare sind für ihn keine Token und werden von dem zugeordneten Parser entfernt. Aber wenn nun ein anderes interpretierendes System den

Quellcode ansieht, kann dieses diese Zeichenkombination schon als Token verstehen, etwa ein Tool, das aus dem Quellcode eine Dokumentation erstellt.

Doch wie kann man nur einen Kommentar definieren?

► **Definition** Ein **Kommentar** ist eine Zeichenfolge im Quellcode, die die Ausführung eines Programms nicht beeinflusst, aber auch keinen Fehler auslöst. Ausnahme ist die **SheBang**, was einen besonderen Kommentar darstellt, der unter unixartigen Systemen eine Bedeutung hat (Abschn. 4.4).

4.3.1 Kommentare in Python

In Python-Quellcode kann man eine Zeile als Kommentar kennzeichnen und dafür sorgen, dass der Python-Interpreter eine Zeile überspringt, indem ganz am Anfang der Zeile eine Raute gesetzt wird. Dann wird vom Interpreter alles, was dahintersteht, ignoriert.

Das ist dann ein **einzeiliger** Kommentar.

► **Tipp** Das Kommentarzeichen kann aber auch hinter Anweisungen notiert werden und damit eine Anweisung davor einfach kommentieren. Die Zeichen davor sind aber normaler Programmcode.

Für **mehrzeilige** Kommentare setzt man drei einfache oder auch doppelte Hochkommata. Diese müssen dann aber auch wieder abgeschlossen werden.

Kommentare sind also in Python wirklich nicht schwer, aber ein Beispiel soll die Thematik dennoch praktisch verdeutlichen.

- Erstellen Sie das Python-Programm *mitKommentar.py* mit folgendem Quelltext:

```
# Eingabe der Anrede
anr=input("Geben Sie die Anrede an\n");
# Eingabe des Vornamens
vn=input("Geben Sie den Vornamen an\n");
# Eingabe des Nachnamens
nn=input("Geben Sie den Nachnamen an\n");
'''
Und jetzt erfolgt die Ausgabe.
Zuerst das Wort "Hallo", dann der Vorname und
zuletzt der Nachname
'''
print("Hallo", anr, vn, nn); # Das ist die Ausgabe
```

► **Tipp** Beachten Sie im Editor die farbliche Abgrenzung von Kommentaren (Abb. 4.1). Das Syntay-Highlightning macht deutlich, dass Kommentare eine besondere Struktur sind.

```

File Edit Format Run Options Window Help
# Eingabe der Anrede
anr=input("Geben Sie die Anrede an\n")
# Eingabe des Vornamens
vn=input("Geben Sie den Vornamen an\n")
# Eingabe des Nachnamens
nn=input("Geben Sie den Nachnamen an\n")
'''
Und jetzt erfolgt die Ausgabe.
Zuerst das Wort "Hallo", dann der Vorname und
zuletzt der Nachname
'''
print("Hallo", anr, vn, nn) # Das ist die Ausgabe
|

```

Abb. 4.1 Der Quellcode mit den Kommentaren

Abb. 4.2 Das Programm wurde ausgeführt

```

Type "copyright", "credits" or
>>>
===== RESTART: F:\Pytho
Geben Sie die Anrede an
Herr
Geben Sie den Vornamen an
Rudi
Geben Sie den Nachnamen an
Rueffel
Hallo Herr Rudi Rueffel
>>> |

```

- Führen Sie das Programm direkt aus IDLE aus, indem Sie auf den RUN-Befehl im Menü gehen und dann RUN MODULE auswählen (Abb. 4.2).

Die erste, dritte und fünfte Zeile im Quelltext zeigen einen einzeiligen Kommentar, während in der siebten Zeile der Beginn und in der elften Zeile das Ende des mehrzeiligen Kommentars markiert werden. Alles von Zeile 7 bis Zeile 11 zählt zum mehrzeiligen Kommentar. Hinter der *print*-Anweisung steht noch ein weiterer einzeiliger Kommentar direkt in der Zeile.

Hintergrundinformation

Die mehrzeiligen Kommentare tauchen in der Hilfskonsole von Python auf, wenn Sie mit *help()* etwa Hilfe zu einer Klasse aufrufen und diese entsprechend dokumentiert haben.

4.4 SheBang und eine Python-Datei direkt ausführen

Wenn Python auf einem Computer korrekt installiert ist, können Sie eine Python-Datei direkt ausführen. Unter einem Windows-Rechner brauchen Sie bloß einen Doppelklick auf die `.py`-Datei ausführen. Unter Umständen müssen Sie noch Python als „App“ auswählen, aber grundsätzlich geht das. Beachten Sie aber, dass eine Konsolenanwendung so ausgeführt wird, dass das Terminal unmittelbar nach Ende des Programms wieder geschlossen wird.

- **Tipp** Wenn Sie als letzte Anweisung in dem Python-Quellcode einfach nur zusätzlich `input()` notieren, wird das Terminal offen gehalten, bis Sie die Eingabeaufforderung betätigen.

Bei macOS führen Sie die Datei ganz einfach mit einem Python-Launcher aus.

4.4.1 SheBang als besonderer Kommentar

Unter Linux sollte als erste Zeile im Quellcode allerdings eine sogenannte SheBang notiert werden. Die sieht etwa so aus:

```
#!/usr/bin/python
```

Das gibt bei einem unixartigen Betriebssystem an, wo der Python-Interpreter zu finden ist. Dazu muss aber die Python-Datei zusätzlich als **executable** (ausführbar) markiert werden. In anderen Betriebssystemen wird diese SheBang-Zeile als normaler Kommentar verstanden und einfach ignoriert. Wir haben hier also einen Fall, in dem eine bestimmte Kommentarform auf einem Betriebssystem als Token verstanden wird, auf anderen aber nicht.



Anweisungen – Dem Computer Befehle geben

5

5.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Anweisungen bezeichnen beim Programmieren allgemein eine Syntaxstruktur, die bestimmte Dinge ausführt. Man unterteilt Anweisungen in der Programmierung grundsätzlich nach ihrer Art und in diesem kompakten Kapitel wollen wir uns einen kleinen Überblick über diese verschiedenen Arten verschaffen.

5.2 Was sind Anweisungen?

Wenn Sie einem Computer Befehle geben wollen, schreiben Sie Anweisungen. Damit werden bestimmte Dinge ausgeführt. Wir haben in sämtlichen Codebeispielen bisher schon mit Anweisungen gearbeitet, obgleich das so nicht ausdrücklich thematisiert wurde.

5.2.1 Eine Frage der Reihenfolge

Anweisungen werden in der Regel einfach der Reihe nach ausgeführt. Man nennt das eine sequenzielle Abarbeitung und die Folge selbst eine **Sequenz**. Betrachten Sie den Quellcode, den wir in der Art schon kennen:

```
anr=input("Geben Sie die Anrede an\n");
vn=input("Geben Sie den Vornamen an\n");
nn=input("Geben Sie den Nachnamen an\n");
print("Hallo", anr, vn, nn);
```

Nacheinander werden die Anweisungen in dem Quellcode abgearbeitet.

Aber es gibt auch Anweisungen, die nicht der Reihe nach abgearbeitet werden, sondern aufgrund einer bestimmten Situation.

► **Definition** Die Abarbeitung der Anweisungen nennt man den **Programmfluss**.

So eine Situation, in denen der Programmfluss von der sequenziellen Abarbeitung abweicht, liegt bei Kontrollflussanweisungen oder Ausnahmeanweisungen vor. Darauf gehen wir detailliert noch ein.

5.3 Anweisungsarten

Man unterteilt Anweisungen in der Programmierung grundsätzlich nach ihrer Art.

5.3.1 Blockanweisung

Blockanweisungen erlauben eine Zusammenfassung von größeren Teilen des Quellcodes zu Blockstrukturen. Außerdem werden Blockanweisungen dazu genutzt, den Geltungsbereich von Variablen und Funktionen einzuschränken.

Hintergrundinformation

Eine Sprache, die die Strukturierung mit Blockanweisungen ermöglicht, wird als **strukturierte** Programmiersprache bezeichnet.

In einem Anweisungsblock steht eine Reihe von anderen Anweisungen. Anstelle einer einzelnen Anweisung kann immer jeder sinnvolle Block stehen.

- **Tipp** Blöcke können beliebig ineinander geschachtelt werden. Sie müssen allerdings die Schachtelung wieder sauber schließen. Viele Fehler beruhen auf geöffneten und nicht korrekt geschlossenen Blöcken.
- In Python wird die Strukturierung in Blockanweisungen durch **Einrückung** von **vier Zeichen** (Vorgabewert) vorgenommen.
- **Tipp** Die Tiefe der Einrückung kann verändert werden. In IDLE finden Sie dazu die Anpassung in den Optionen. Aber in der Regel bleibt man bei der Einrücktiefe 4.

Das Verwenden von Leerzeichen zur Bildung von Blockanweisungen unterscheidet das Strukturierungsprinzip von Python deutlich von vielen anderen Programmiersprachen. Wie bereits beschrieben, strukturieren andere Programmiersprachen ihre Programmblöcke durch Schlüsselwörter oder geschweifte Klammern. Leerzeichen oder Einrückungen sind für die Compiler und Interpreter von den meisten Programmiersprachen ohne jede Bedeutung. Dennoch wird Programmierern aber immer empfohlen, Blöcke durch einheitliche Einrückungen besser verständlich zu machen.

In Python geht man diese Empfehlung konsequent weiter und gibt führenden Leerzeichen eine Bedeutung. Die Einrückung von Zeilen und die Benutzung von Leerzeichen am Anfang von Zeilen dienen hier als Strukturierungselement, so dass Programmierer zu übersichtlichem Code „gezwungen“ werden. Dafür spart man sich die zusätzlichen Schlüsselwörter beziehungsweise Trennzeichen.

5.3.2 Kontrollflussanweisungen

Ein häufiges Strukturierungselement im Quellcode sind **Kontrollflussanweisungen**, die sich aus einem Anweisungskopf und einem Anweisungskörper zusammensetzen, etwa so etwas:

```
a = 8;
if a == 0:
    print("nein")
elif a == 8:
    print("ja")
else:
    if(a == 5):
        print("sonst")
```

Wesentlich sind hierbei der Doppelpunkt am Ende des Anweisungskopfes und die gleichmäßige Einrückung der zugehörigen Anweisungen. Da diese Art der Anweisungen sehr wichtig, aber auch komplex ist, kommen wir darauf später genauer zu sprechen. Hier soll nur die eine Entscheidungsstruktur als ein Vertreter einer Kontrollflussanweisung an sich vorgestellt werden.

- Beachten Sie, dass in Python der Blockanweisung oft ein Doppelpunkt in der vorherigen Zeile vorangeht. Aber dieser gehört dann zu der vorangehenden Anweisung wie etwa einer Entscheidungsanweisung.

5.3.3 Deklarationsanweisung

Deklarationen dienen der Einführung einer Variablen, einer Datenstruktur, einer Klasse, einer Funktion etc. Zum Teil wurden sie schon behandelt und wir werden bei Bedarf darauf zu sprechen kommen.

5.3.4 Ausdrucksanweisung

Ein weiterer Fall von uns schon bekannten Anweisungen sind Ausdrucksanweisungen (obwohl sie nicht unter dem Namen aufgetaucht sind). Ausdrucksanweisungen werden in Programmiersprachen häufig verwendet. Es gibt etwa Zuordnungen, aber auch Aufrufe

von Funktionen. Diese Anweisungsart kennen wir bereits oder machen uns keine konkreten Gedanken bei der Verwendung.

Was aber zusammenzufassen wäre, sind die allgemeinen **Regeln** für Ausdrucksanweisungen unter Python:

- Ausdrucksanweisungen enden mit dem Ende der Zeile. Wenn sie auf mehrere Zeilen verteilt werden sollen, müssen die Folgezeilen eingerückt werden. Genau genommen spricht man in Python von **logischen Zeilen**, durch die Ausdrucksanweisungen unterteilt werden. Das Ende einer logischen Zeile wird durch das Token NEWLINE dargestellt. Deshalb kann man in Python auch auf das Semikolon am Ende einer Ausdrucksanweisung verzichten. Statements können keine logischen Zeilengrenzen überschreiten, außer wenn NEWLINE von der Syntax erlaubt ist (zum Beispiel zwischen Anweisungen in zusammengesetzten Anweisungen). Eine logische Zeile wird aus einer oder mehreren physikalischen Zeilen aufgebaut, indem sie den expliziten oder impliziten Zeilenverbindungsregeln folgt. Eine physikalische Zeile ist eine Folge von Zeichen, die durch ein Zeilenende beendet wird. In Quelldateien können beliebige der Standardplattformabschlussequenzen verwendet werden.
- Eine Ausdrucksanweisung wird immer vollständig durchgeführt, bevor die nächste Anweisung ausgeführt wird.
- Eine Zuweisungsanweisung kann einen Ausdruck rechts vom Gleichheitszeichen (dem Zuweisungsoperator) stehen haben. Dieser Ausdruck kann jede andere gültige Ausdrucksanweisung sein.
- Eine Ausdrucksanweisung kann aus Verschachtelungen bestehen. Klammern können zur Festlegung der Reihenfolge dienen, in der die einzelnen Unteranweisungen bewertet werden.

5.3.5 Die leere Anweisung *pass*

Es gibt in Python eine leere Anweisung – *pass*. Diese tut nichts und dient als Platzhalter. Sie ist gar nicht so unsinnig, wie es vielleicht im ersten Moment erscheint. Es gibt beispielsweise folgende sinnvolle Anwendungen:

- Man kann Kennzeichen setzen.
- Man kann eine leere Anweisung bei Bedarf mit Debugging-Befehlen zur Suche nach Fehlern füllen. Wenn die Debugging-Befehle nicht gebraucht werden, kommentiert man sie aus und lässt die leere Anweisung stehen.
- Man kann eine leere Anweisung schon einmal prophylaktisch in einen Source einfügen und erst dann mit Befehlen füllen, wenn man sich richtig dieser Stelle widmen will. Das hilft erheblich gegen Vergesslichkeit.
- Unter Umständen wird bei einer Struktur eine Anweisung benötigt, aber man will gar nichts konkret ausführen.

Datentypen, Variablen und Literale – Die Art der Information

6

6.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Das EVA-Prinzip sagt aus, dass bei einem typischen Programm **Daten** eingeben, verarbeitet und in Form eines Ergebnisses wieder ausgegeben werden. Aber was sind Daten eigentlich? Und wie liegen sie im Rahmen eines Programms vor? Um die Beantwortung dieser Fragen dreht es sich in diesem Kapitel.

6.2 Variablen

Variablen sind benannte Stellen im Hauptspeicher eines Computers, denen zur Laufzeit eines Programms/Skripts temporär Werte zugeordnet und wieder ausgelesen werden können. Diese Zuordnung eines Werts erfolgt in Python über ein Gleichheitszeichen. Das Gleichheitszeichen ist der sogenannte **Zuweisungsoperator**.

6.2.1 Variablen deklarieren

Das Deklarieren (Anlegen) von Variablen erfolgt in Python einfach, indem Sie einen bisher noch nicht verwendeten Bezeichner im Quellcode notieren und dann einen **Wert** (also ein Literal) zuweisen. Für die Benennung von Variablen sollten Sie in Python gewisse Regeln einhalten:

- Sonderzeichen außer dem Unterstrich sind grundsätzlich verboten.
- Eine Variablenbezeichnung darf zwar Zahlen enthalten, aber nicht am Beginn des Bezeichners.

- Seit Python 3 wird Unicode unterstützt. Somit kann der Bezeichner auch Unicode-Zeichen enthalten. Man vermeidet aber dennoch deutsche Umlaute oder das ß. Und auch sonst ist es etablierter Programmierstil, wenn man sich auf die Buchstaben aus dem ASCII-Zeichensatz beschränkt.
- Die Länge eines Bezeichners ist im Prinzip nicht begrenzt, sollte aber ein sinnvolles Maß nicht überschreiten. Es gilt, einen Kompromiss aus Aussagefähigkeit und möglichst geringer Anzahl an Zeichen zu finden.

Man sollte also für Bezeichner in der Regel nur Buchstaben aus dem ASCII-Zeichensatz, Zahlen oder den Unterstrich für diese Bezeichner verwenden.

Der Unterstrich am Beginn und Ende eines Bezeichners (auch mehrfach) hat in Python noch einige besondere Bedeutungen. Deshalb sollte man darauf verzichten, wenn man diese Bedeutungen nicht explizit verwenden will oder sich auch gar nicht darüber im Klaren ist.

Hier sehen Sie ein paar Variablen, die so in einem Quellcode angelegt werden können:

Beispiel

```
a = 1;  
b2 = 2;  
meineVar = 3.14;
```

- Auch bei den Bezeichnern von Variablen gilt selbstverständlich die Unterscheidung in Groß- und Kleinschreibung. Oft nutzt man bei Bezeichnern die **Camelnotation** (auch CamelCase-Notation oder Kamel- oder Höckerschrift genannt). Das ist eine Namenskonvention in der IT, bei der ein Name einer Variablen, Funktion, Klasse, etc. aus mehreren Wörtern gebildet wird. Dabei wird jedes neue Wort mit einem Großbuchstaben begonnen. Die Wörter werden direkt aneinandergereiht, es werden keine Leerzeichen oder Unterstriche verwendet. Ein großer Vorteil dieser Notation ist die Möglichkeit eines aussagekräftigen Bezeichners in jedem beliebigen Computersystem, ohne dabei eine Namensbegrenzung zu überschreiten. Dabei werden bei der Camelnotation zwei Varianten unterschieden.

Bei der **lowerCamelCase**-Variante¹ wird der erste Buchstabe der Variable kleingeschrieben, während bei der **UpperCamelCase**-Variante² (auch PascalCase) alle Wörter innerhalb der Bezeichnung mit einem Großbuchstaben beginnen.

Ich rate dringend zu dieser Camelnotation bei der Vergabe sämtlicher Bezeichner. Welche Variante Sie wählen ist egal oder wird von den globalen Regeln im Projekt bestimmt. Aber Sie sollten auf jeden Fall die Konvention konsequent durchziehen.

¹ Auch der Name der Notation selbst beginnt hier mit einem Kleinbuchstaben.

² Und hier beginnt der Name der Notation selbst bewusst mit einem Großbuchstaben.

Machen Sie sich klar, dass die einer Variablen zugewiesenen Literale nicht nur Werte darstellen, sondern auch Datentypen (Abschn. 6.3), die sich aus der Art der Werte ergeben.

6.2.2 Variablen im Quellcode verwenden

Angesprochen werden deklarierte Variablen über den Bezeichner, den sie vorher zugewiesen bekommen haben. Dazu werden wir gleich noch ausführliche Beispiele sehen.

6.3 Die Datentypen in Python

Es ist bei einer Programmierung elementar wichtig zu wissen, von was für einem **Typ** eine Variable ist. Die Wahl des Typs einer Variablen (auch Datentyp genannt) hängt unter anderem davon ab, was man mit der Variablen machen möchte. Umgekehrt legt die Art des Datentyps fest, was man dann mit der Variablen machen kann. Eine Variable mit Text als Inhalt ist beispielsweise von einem ganz bestimmten Datentyp. Sie werden mir sicher Recht geben, dass die Division von zwei Texten ziemlich sinnlos ist. Es gibt aber auch Datentypen, in denen man Zahlen darstellen kann. Damit würde eine Division schon eher Sinn ergeben. Warum ein Programmierer also wissen sollte, was für ein Typ von Wert in einer Variablen drinsteht, wird damit deutlich.

Auf der technischen Seite gibt es ebenfalls diverse Gründe, warum eine Variable einen Datentyp benötigt. Im Wesentlichen muss das System wissen, wie viel Speicher für eine Variable oder eine direkte Information wie eine Zahl (ein Literal) eingeplant werden muss.

6.3.1 Lose Typisierung und Typumwandlung in Python

Es ist nun Segen als auch Fluch von Python und anderen Programmiersprachen dieses Typs, dass Sie als Programmierer Details zu Datentypen gar nicht so genau wissen brauchen. Denn Python verfolgt bei der Zuweisung von Werten zu Variablen als auch der Deklaration selbst das Konzept der sogenannten **losen Typisierung** (loose typing).

Dies bedeutet, dass von einem Python-Programmierer zwar die Bezeichner von Variablen festgelegt, dabei³ jedoch die Datentypen nicht (direkt) deklariert werden (können!). Dadurch bekommt eine Variable erst dann einen bestimmten Datentyp zugewiesen, wenn ihr der Wert eines bestimmten Typs zugewiesen wurde. Die eigentliche Typfestlegung erfolgt damit im Hintergrund vollkommen automatisch und ohne explizites Zutun des Programmierers.

³Auf anderem Weg jedoch schon.

Ein wesentlicher Vorteil der losen Typisierung ist neben der einfachen Einführung einer Variablen, dass Sie den Datentyp jederzeit ohne Aufwand ändern können. Eine explizite **Typumwandlung** (**Casting**, wie es in der Fachsprache heißt) ist in vielen Fällen damit nicht notwendig. Wenn Sie beispielsweise einer Variablen den Wert einer Zeichenkette zuweisen, können Sie ihr später eine Zahl zuweisen und verändern damit automatisch ihren Typ. Welcher Wert auch immer in der Variablen enthalten ist, er definiert den Datentyp. Dies ist bei vielen konventionellen Programmiersprachen (wie C und C++ und Java) anders. Dort muss der Programmierer auf jeden Fall den Datentyp festlegen, bevor in einer Variablen ein Wert gespeichert werden kann. In der so festgelegten Variablen kann dann auch nur ein Wert des einmal fixierten Typs gespeichert werden. Jede Wertzuweisung eines anderen Datentyps wird einen Fehler erzeugen. Man nennt so etwas dann statische Typisierung von Variablen.

- Erstellen Sie ein neues Python-Programm mit Namen *datentypen1.py* und folgendem Quellcode:

```
var1 = "Die Antwort ist";  
print(var1);  
var1 = 42;  
print(var1);
```

Sie sehen, dass die Variable *var1* im Laufe der Abarbeitung der Anweisungen Werte mit verschiedenen Datentypen aufnehmen konnte (Abb. 6.1).

Hintergrundinformation

Lose Typisierung macht den Einstieg in eine Sprache wie Python (oder auch JavaScript oder PHP) für Einsteiger einfach und Quellcode oft viel kompakter, hat aber nicht nur Vorteile. Sonst würden die mächtigeren Programmiersprachen nicht den Aufwand mit der statischen Typisierung betreiben. Lose Typisierung erhöht die Fehlerwahrscheinlichkeit in komplexeren Quellcodes und macht die Wartung unter Umständen aufwändig. Merken Sie sich schon an der Stelle: Obwohl Python es zulässt, sollten Sie eine Variable am besten nie im Typ verändern, indem Sie Literale oder Rückgabewerte von Funktionen unterschiedlichen Typs zuweisen. Das ist schlechter Programmierstil, der im letzten Beispiel nur demonstriert wurde, um die grundsätzliche Möglichkeit in Python zu zeigen.

Python ist zwar lose typisiert und hält den Programmierer bei der Deklaration von der konkreten Angabe und dem Zugriff auf Datentypen meist fern. Das bedeutet aber nicht,

Abb. 6.1 Die Variable wechselt automatisch den Typ

```
Die Antwort ist  
42  
>>>
```

dass nicht intern mit Datentypen gearbeitet wird. Python ist sogar **typsicher**, weil Variablen ihren Typ nicht mehr ändern können, wenn er einmal ausdrücklich (nicht nur durch Wertzuweisung) festgelegt wurde.

6.3.2 Die Python-Datentypen

Im folgenden Abschnitt werden die zum Python-Standard gehörenden Datentypen kurz vorgestellt.

6.3.2.1 *None* – Der Nichts-Typ

Durch den Datentyp *None* wird in Python symbolisiert, dass eine Variable (noch) keinen Wert beinhaltet. Dies ist beispielsweise sinnvoll, wenn man eine Variable definieren, ihr aber erst später einen konkreten Wert zuweisen will. Ein anderer Anwendungsfall wäre die Rückgabe eines Ergebniswerts einer Funktion.

Um einer Variablen den Wert *None* zuzuweisen, gibt man Folgendes ein:

```
a = None
```

- Erstellen Sie ein neues Python-Programm mit Namen *datentypen2.py* und folgendem Quellcode:

```
var1 = None;  
print(var1);  
var1 = 42;  
print(var1);  
var1 = None;  
print(var1);
```

Als Ergebnis wird zuerst *None*, dann der Wert 42 und dann wieder *None* ausgegeben (Abb. 6.2).

- **Tipp** Der **Wert** *None* kann stets wie eine Konstante verwendet werden. Er kann in Vergleichen verwendet werden, ob eine Variable einen Wert beinhaltet oder nicht, oder auch als Parameter an passende Funktionen übergeben werden.

Noch einmal zur Erinnerung – Python beachtet Groß- und Kleinschreibung. Die Schreibweisen *none* oder *NONE* sind also für den Nulltyp **falsch**!

Abb. 6.2 Verwendung von *None*

```
None  
42  
None  
>>>
```

6.3.2.2 *True* und *False* – Boolesche Werte mit Typ *bool*

Eine boolesche Variable kann nur *True* (wahr) oder *False* (falsch) als Werte annehmen. Beide sind im Sinn von Python Token und beachten Sie auch jetzt wieder, dass die Groß- und Kleinschreibung genau eingehalten werden muss.⁴

- **Tipp** Von Python wird aber *True* als 1 beziehungsweise *False* als 0 interpretiert, so dass sich auch mit Variablen des Datentyps *bool* rechnen lässt. Umgekehrt gilt jeder (!) numerischer Wert ungleich 0 als *True*. Dieses Verhalten ist aus vielen älteren Sprachen bekannt und recht bequem, gilt aber auch als eine ganz große Schwäche in Hinsicht auf Sicherheit, Stabilität, Zuverlässigkeit und Wartbarkeit.

Der boolesche Wahrheitswert eines beliebigen Ausdrucks kann mittels der Standard-Funktion *bool()* ermittelt werden, die wir im folgenden Beispiel verwenden wollen.

- Erstellen Sie ein neues Python-Programm mit Namen *datentypen3.py* und folgendem Quellcode:

```
v1 = True;
v2 = True;
v3 = False;
print(v1 + v2);
print(v1 * v3);
print(bool(v1));
print(bool(5));
print(bool(-42));
print(bool(0));
```

In Abb. 6.3 sehen Sie die Ausgabe:

```
2
0
True
True
True
False
```

Sie erkennen den Zusammenhang zwischen den numerischen Werten und deren Interpretation als Wahrheitswerte sowie umgekehrt die Möglichkeiten zum mathematischen Rechnen mit Wahrheitswerten.

⁴Diese vielen Wiederholungen mögen nerven, aber falsche Groß- und Kleinschreibweise ist gerade für Einsteiger eine der größten Fehlerquellen.

Abb. 6.3 Umgang mit Wahrheitswerten

```
2
0
True
True
True
False
>>>
```

6.3.3 Zahlen – *int*, *float* und *complex*

In Python unterscheidet man drei Varianten an Zahlen:

- Ganze Zahlen
- Gleitkommazahlen
- Komplexe Zahlen

6.3.3.1 Ganze Zahlen

Ganzzahlige Werte⁵ werden in Python durch den Datentyp *int* repräsentiert.

Beispiel:

Beispiel

n1 = 42

Das zugewiesene Integerliteral legt den Datentyp fest.

6.3.3.1.1 Große Ganzzahlen

Zahlenliterals können in Python im Prinzip durch ein nachgestelltes *l* oder *L* als „long integer literal“ gekennzeichnet werden. Damit können große Ganzzahlen in Python dargestellt werden, die nicht in einen *int*-Datentyp passen.

Beispiel:

Beispiel

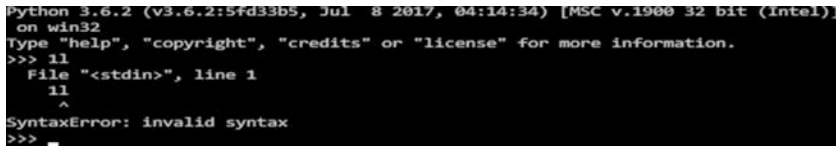
7559229999914264593543950336L

- Es gibt auf einigen Python-Plattformen (insbesondere neueren Versionen 3.x) Probleme mit der Darstellung als long integer literal (Abb. 6.4), während das bei alten Plattformen wunderbar funktioniert (Abb. 6.5)!⁶ Sie sollten diese Auszeichnung vermeiden, wenn Sie sich der Unterstützung nicht sicher sind. Auch die Verwendung der Built-in-Funktion *long()* ist von diesem uneinheitlichen Verhalten betroffen (Abb. 6.6 und 6.7).⁷

⁵Also ohne Nachkommateil.

⁶Sie können die Unterstützung ganz einfach testen, indem Sie in der Python-Konsole *1L* eingeben.

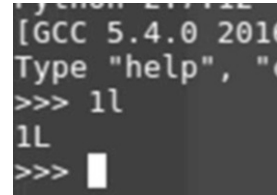
⁷Geben Sie in der Python-Konsole einfach *long(1)* ein. Wenn Sie eine Fehlermeldung erhalten, funktioniert die Funktion grundsätzlich nicht.



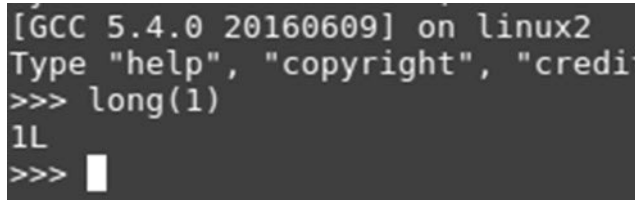
```
Python 3.6.2 (v3.6.2:5fd33b5, Jul 8 2017, 04:14:34) [MSC v.1900 32 bit (Intel)]
on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information.
>>> 1l
      ^
SyntaxError: invalid syntax
>>>
```

Abb. 6.4 Bei dieser Python-Installation unter Windows funktioniert die Darstellung als long integer literal nicht

Abb. 6.5 Bei der Python-Installation in der Version 2.7 unter Linux gibt es mit der Darstellung als long integer literal keine Probleme



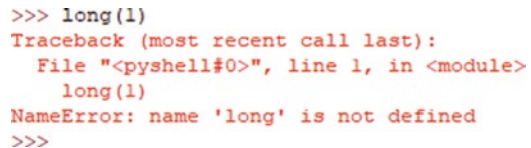
```
Python 2.7.12
[GCC 5.4.0 20160609] on linux2
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more
>>> 1l
1L
>>>
```



```
[GCC 5.4.0 20160609] on linux2
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" for more
>>> long(1)
1L
>>>
```

Abb. 6.6 Keine Probleme mit der Funktion long() unter Linux

Abb. 6.7 Unter dieser Python-Installation lässt sich die Funktion long() nicht einsetzen



```
>>> long(1)
Traceback (most recent call last):
  File "<pyshell#0>", line 1, in <module>
    long(1)
NameError: name 'long' is not defined
>>>
```

6.3.3.2 Gleitkommazahlen

Zahlen mit Nachkommastellen (**Gleitkommazahlen** oder Gleitpunktzahlen beziehungsweise Floating Point-Zahlen⁸ genannt) werden in Python durch den Datentyp *float* repräsentiert. Die Nachkommastellen eines Gleitkommaliterals werden dabei – wie im englischen Sprachraum üblich – nicht durch ein Komma, sondern durch einen Punkt von dem ganzzahligen Anteil getrennt. Zudem ist es möglich, sehr große oder sehr kleine *float*-Zahlen mittels *e* oder *E* in Exponential-Schreibweise anzugeben. Die Zahl hinter dem *e* gibt dabei an, um wie viele Stellen der Dezimalpunkt innerhalb der Zahl verschoben wird.

Beispiel:

Beispiel

$N1 = 4.3e5$ # Entspricht 430000

⁸Wegen der Verwendung des Punkts anstelle von einem Komma im angloamerikanischen System.

- Das Rechnen mit Gleitkommazahlen nennt man **Gleitkommaarithmetik**. Grundsätzlich ist Gleitkommaarithmetik ein kritischer Vorgang, bei dem es oft zu **Rundungsproblemen** kommt. Man versucht komplexere Gleitkommaarithmetik weitgehend zu vermeiden.
- **Tipp** Für das **Runden** von Gleitkommazahlen gibt es eine Built-in-Function mit Namen `round()`. Hier kann man auch die Anzahl der Stellen angeben, auf die gerundet werden soll.

6.3.3.3 Komplexe Zahlen

Komplexe Zahlen bestehen aus einem Realteil und einem Imaginärteil. Der Imaginärteil besteht aus einer reellen Zahl, die mit der imaginären Einheit i multipliziert wird. Die imaginäre Einheit zum Quadrat ergibt -1 . Oder umgekehrt beschrieben: Die Wurzel aus -1 ergibt die imaginäre Einheit.

- Beachten Sie, dass die imaginäre Einheit in Python durch ein j statt einem i dargestellt wird. Daran habe ich als Mathematiker schwer zu schlucken.

Um eine komplexe Zahl zu definieren, gibt man in Python etwa Folgendes ein:

Beispiel

$n1 = 1 + 4j$

Wir wollen die numerischen Datentypen nun in einem Beispiel verwenden und dabei auch Built-in-Functions von Python verwenden, die explizit mit diesen Datentypen korrespondieren.

- Erstellen Sie ein neues Python-Programm mit Namen `datentypen4.py` und folgendem Quellcode:

```
n1 = 42;
print(n1);
print(float(n1));
n2 = 4.3e5; # 430000
print(n2);
print(int(n2));
n3 = 3.14;
print(n3);
print(int(n3));
print(round(n3,1));
n4 = 1 + 4j;
print(n4);
print(abs(n4));
```

Abb. 6.8 Numerische
Datentypen

```
42
42.0
430000.0
430000
3.14
3
3.1
(1+4j)
4.123105625617661
>>> |
```

Die Ausgabe wird sein (Abb. 6.8):

```
42
42.0
430000.0
430000
3.14
3
3.1
(1+4j)
4.123105625617661
```

Aber wie ergeben sich diese Resultate? Das ist teils nicht ganz trivial. Schauen wir uns die Details genauer an:

- Die erste Ausgabe ist einfach. Die Variable *n1* wird durch Zuweisung des numerischen Literals *42* zu einem *int*-Datentyp und der Wert wird unverändert ausgegeben.
- Bei der zweiten Ausgabe wurde aber der *int*-Datentyp über die Built-in-Function *float()* in einen Gleitkommatyp gewandelt. Der Wert ändert sich natürlich nicht, aber in der Ausgabe erkennen Sie den ergänzten Nachkommateil, der den Wert 0 haben muss.
- Die dritte Ausgabe gibt dezimal den Wert der Gleitkommavariablen aus, die in der Exponentialschreibweise deklariert wurde.
- In der nächsten Ausgabe wurde der Nachkommateil der Zahl einfach mit *int()* abgeschnitten. Auch wenn damit nur ein Nullwert wegfällt – das ist dann explizit ein *int*-Datentyp, der ausgegeben wird.
- Ausgabe 5 ist die ganz normale Darstellung einer Gleitkommazahl – genauso wie sie deklariert wurde.
- In der sechsten Ausgabe wurde der Nachkommateil der Zahl wieder mit *int()* abgeschnitten und hier fällt wirklich Information weg.

- Statt dem Wandeln des Datentyps schneidet `round()` einfach nach der Stelle eine Gleitkommazahl ab, die als zweiter Parameter angegeben wird. Das führt dazu, dass in dem Beispiel eine Nachkommastelle erhalten bleibt.
- Die vorletzte Ausgabe zeigt die Darstellung einer komplexen Zahl in der Konsole.
- Mit komplexen Zahlen kann man entsprechend den mathematischen Regeln rechnen. So kann man etwa den Absolutwert bilden. Das wird für die letzte Ausgabe mit der Built-in-Function `abs()` gemacht.

6.3.4 Zeichenliterale

Zeichenketten beziehungsweise Strings oder Zeichenkettenliterale sind eine Folge von Zeichen, die wahlweise in einfachen oder doppelten Anführungszeichen geschrieben werden und vom Typ `str` sind.

Beispiel:

Beispiel

```
s1 = 'English as She Is Spoke'
s2 = "The Lumberjack-Song"
```

Die einzelnen Zeichen innerhalb einer Zeichenkette sind **Zeichenliterale**, die auch **maskiert** werden können. Das bedeutet, dass man eine kodierte Darstellung verwendet – die **Escape-Darstellung**.

- Die Escape-Zeichenliterale beginnen immer mit dem Backslash-Zeichen.
- Diesem folgt eines der Zeichen (b, t, n, f, r, ", ' oder \) oder eine Serie von Ziffern, denen ein Zeichen für die Art der Darstellung vorangeht.

In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 6.1) sehen Sie einige Beispiele für besondere Zeichen in verschiedenen Darstellungen:

- Erstellen Sie ein neues Python-Programm mit Namen `datentypen5.py` und folgendem Quellcode (Abb. 6.9):

```
print("Hier folgt ein Tabulator\tund dann der Rest");
print("Hier folgt ein Zeilenumbruch\nund dann der Rest");
print("Hier folgt ein maskiertes Zeichen in Hexadezimal-Darstellung:\t\x65");
print("Hier folgt ein maskiertes Zeichen in Oktal-Darstellung:\t\555");
```

Tab. 6.1 Wichtige Escape-Sequenzen von Zeichenliteralen

Escape-Literal	Bedeutung
\'	Einfaches Anführungszeichen
\"	Doppeltes Anführungszeichen
\\	Backslash
\b	Rückschritt (Backspace)
\f	Formularvorschub (Formfeed)
\n	Neue Zeile (New line)
\r	Wagenrücklauf (Return)
\t	Tabulatur (Tab)
\a	ASCII Bell – Klingeln
\uxxx	Ein Zeichen im Unicode (UTF-16) mit drei hexadezimalen Zahlen. Die Darstellung macht auf einigen Python-Plattformen Schwierigkeiten.
\Uxxxxxxx	Ein Zeichen im Unicode (UTF-32) mit acht hexadezimalen Zahlen. Die Darstellung macht auf einigen Python-Plattformen Schwierigkeiten.
\ooo	Ein Zeichen in der Oktal-Darstellung mit drei oktalen Zahlen.
\xhh	Ein Zeichen in der Hex-Darstellung mit zwei hexadezimalen Zahlen.

```
Hier folgt ein Tabulator      und dann der Rest
Hier folgt ein Zeilenumbruch
und dann der Rest
Hier folgt ein maskiertes Zeichen in Hexadezimal-Darstellung:  e
Hier folgt ein maskiertes Zeichen in Oktal-Darstellung:  ũ
>>> |
```

Abb. 6.9 Zeichenketten und Sonderzeichen

6.4 Den Datentyp bestimmen und umwandeln

Python kümmert sich im Hintergrund weitgehend automatisch um die Verwaltung von Datentypen. Aber es kann dennoch in gewissen Situationen wichtig oder gar notwendig sein, dass Sie den Datentyp genau kennen und auch gezielt umwandeln. Zum Teil haben wir uns damit schon beschäftigt, aber jetzt schauen wir uns das Konzept genauer an.

6.4.1 Den Datentyp mit type() dynamisch bestimmen

In Skripten beziehungsweise Programmen oder auch im interaktiven Modus kann der Datentyp eines Objekts oder einer Variablen jederzeit mittels der Built-in-Function `type()` ermittelt werden. Das könnte man so machen (*datentypen6.py*):

```
a = "Der Papagei ist tot";
print(type(a));
b = 1;
print(type(b));
c = 1.0;
print(type(c));
d = True;
print(type(d));
print(1 == True);
e = 1 + 3j;
print(type(e));
f = 4e2;
print(type(f));
```

Sie erkennen an der Ausgabe (Abb. 6.10), dass `type()` die Datentypen bestimmt. Aber Ihnen sollte noch etwas auffallen, auch wenn die genaue Bedeutung vielleicht noch nicht ganz klar wird. Wenn man unter die Oberfläche schaut, muss man deutlich sagen, dass es in Python in Wirklichkeit gar keine primitiven Datentypen gibt. In Python ist intern alles ein Objekt. Selbst ganze Zahlen oder boolesche Variablen sind in Python Objekte, auch wenn die Art des Zugriffs wie bei primitiven Datentypen erfolgt. Darauf gehen wir natürlich noch genauer ein, aber die Ausgaben des letzten Beispiels verdeutlichen das schon jetzt. Es ist weder Zufall noch bedeutungslos, dass immer „*class*“ in den spitzen Klammern bei dem Datentyp auftaucht.

6.4.2 Implizite und explizite Typumwandlung

Wir sind schon damit in Berührung gekommen, dass man unter **Casting** beziehungsweise **Typkonvertierung** die Umwandlung von einem Datentyp in einen anderen Datentyp versteht. Python wandelt oft Datentypen im Hintergrund automatisch um.

So wird etwa die Verknüpfung von einer ganzen Zahl mit einer Gleitkommazahl dazu führen, dass der Zieltyp eine Gleitzahl ist. Nur dann kann sichergestellt werden, dass ein eventuell vorhandener Nachkommateil des Gleitzahltyps bei der Verknüpfung nicht verloren geht. Oder wenn Sie den Token `True` mit einer ganzen Zahl verknüpfen, wird eine ganze Zahl das Ergebnis sein.

Diese impliziten Ad-hoc-Konvertierungen ohne ausdrückliches Zutun des Programmiers sind sehr bequem, aber es gibt Situationen, in denen eine explizite Konvertierung notwendig ist, um absichtlich den Datentyp eines Wertes zu verändern. Für eine **explizite**

Abb. 6.10 Typüberprüfungen

```
<class 'str'>
<class 'int'>
<class 'float'>
<class 'bool'>
<class 'bool'>
<class 'complex'>
<class 'float'>
>>>
```

Typumwandlung stellt Python Built-in-Functions zur Verfügung, deren Namen sich an den Datentypen orientieren und von denen wir zwei Funktionen bereits eingesetzt haben:

- Mit *int()* wandelt man einen Parameter in einen *int*-Datentyp.
- Mit *float()* wandelt man einen Parameter in einen *float*-Datentyp.
- Mit *str()* wird ein Parameter in einen String überführt.
- Die Built-in-Function *long()* wandelt im Prinzip einen Parameter in einen *long*-Datentypen, aber die damit verbundenen Probleme auf verschiedenen Plattformen haben wir schon besprochen.

Darüber hinaus gibt es noch Konvertierungsfunktionen für Listen und Tupel, was derzeit noch nicht behandelt wurde.

- Beachten Sie, dass sich bei einer expliziten Umwandlung der Parameter auch wirklich in den Zieltyp wandeln lassen muss. Sie können keinen beliebigen Text in eine Zahl wandeln, aber auch keine komplexe Zahl in eine Ganzzahl oder Gleitkommazahl.
- Erstellen Sie ein neues Python-Programm mit Namen *datentypen7.py* und folgendem Quellcode:

```
v1 = 1;
v2 = 3.14;
v3 = "42";
print(type(v1));
print(type(v2));
print(type(v3));
print(type(float(v1)));
print(type(float(v3)));
print(type(int(v2)));
print(type(int(v3)));
print(type(str(v1)));
print(type(str(v2)));
```

An der Ausgabe mit der Typüberprüfung (Abb. 6.11) können Sie genau sehen, dass und wie die verschiedenen Datentypen ineinander umgewandelt wurden.

Abb. 6.11 Typumwandlungen
in verschiedene Richtungen

```
<class 'int'>
<class 'float'>
<class 'str'>
<class 'float'>
<class 'float'>
<class 'int'>
<class 'int'>
<class 'str'>
<class 'str'>
>>>
```



Ausdrücke, Operatoren und Operanden – Die Verarbeitung von Daten

7

7.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Die Eingabe und Ausgabe wird in Python im Wesentlichen durch Built-in-Functions bereitgestellt. Wenn das EVA-Prinzip auch die Verarbeitung von Daten beinhaltet, dann muss es dafür Mechanismen geben. Auf der untersten Ebene macht man das mit sogenannten **Ausdrücken**, die wiederum aus **Operatoren** und **Operanden** aufgebaut werden. Um dieses Thema kümmern wir uns in diesem Kapitel.

7.2 Ausdrücke

Unter einem **Ausdruck** versteht man allgemein das, was einen Wert in einer Programmierung repräsentiert. Da gibt es einmal den festen Wert, wie er durch ein Literal repräsentiert wird. Oder der Wert entsteht durch eine Berechnung oder eine Ermittlung eines Werts durch die Steuerung des Programmflusses (eine Operation).

Ausdrücke können Literale, Konstanten, Variablen, Schlüsselwörter, Operatoren und andere Ausdrücke beinhalten. Wir haben in unseren bisherigen Beispielen natürlich schon diverse Python-Ausdrücke verwendet, ohne uns um die Tatsache groß zu kümmern. Aber das steht eben jetzt auf dem Stundenplan.

Man kann Ausdrücke am einfachsten folgendermaßen definieren:

► **Definition** Ausdrücke sind das Ergebnis der Verbindung von Operanden und Operatoren über die syntaktischen Regeln der Sprache.

Ausdrücke werden also für die Durchführung von Operationen (Manipulationen) an Variablen oder Werten verwendet. Dabei sind Spezialfälle wie arithmetische Konstanten beziehungsweise Literale kein Widerspruch, sondern hier kommt eine sogenannte leere Operation zur Anwendung.

7.3 Operationen mit Operatoren und Operanden

In jeder Programmiersprache kann man Operationen ausführen. Ein **Operator** ist dabei ein Symbol beziehungsweise Token (Sinnzusammenhang). Er gibt an, welche Operation in einem Ausdruck ausgeführt werden soll. Die Elemente (Variablen oder Literale), mit denen eine solche Operation durchgeführt wird, nennt man **Operanden**. Im numerischen Fall sind das zum Beispiel Zahlen. Aber es gibt nicht nur numerische Operanden und Operatoren.

Hintergrundinformation

Python verfügt zwar über die üblichen Operatoren, aber aufgrund des Konzepts der Einfachheit und Übersichtlichkeit ist die Menge gegenüber vielen anderen Programmiersprachen reduziert.

Man unterscheidet die Operatoren nun nach ihrem Typ.

7.3.1 Arithmetische Operatoren

Arithmetische Operatoren (auch **mathematische Operatoren** genannt) benutzen immer einen oder zwei Zahlenoperanden und liefern als Ergebnis einer arithmetischen Operation (Berechnung) eine neue Zahl als Wert. So was kennt man aus der Schulmathematik und auch die Operatoren sind vermutlich weitgehend vertraut. Es gibt aber Feinheiten zu beachten. Die Tab. 7.1 gibt die arithmetischen Python-Operatoren an.

Mit den arithmetischen Operatoren können Sie wie aus der Mathematik gewohnt Berechnungen durchführen. Wenn die Berechnung mehrere Operatoren verwendet, gilt (natürlich) die Punkt-vor-Strich-Regel (Abschn. 7.4).

Beispiel:

Beispiel

```
erg = 1 + 2 * 3
```

Das wäre ein weiteres Beispiel mit einem vollständigen Python-Listing, in dem aber die trivialen mathematischen Operationen nicht vorkommen, sondern nur die, welche besonderer Aufmerksamkeit bedürfen (*op1.py*):

```

a = 11;
b = 0.5;
c = 3;
d = 0.7;
print(a % c);
print(a % b);
print(a % d);
print(a ** c);
print(a ** b);
print("a" + "b");
print(a + 2.9);
print(1 + 2.9);
print(False + True);
print(a + True);

```

Tab. 7.1 Die arithmetischen Python-Operatoren

Operator	Bedeutung	Beschreibung	Beispiel
–	Subtraktion und Negation	Mit zwei numerischen Operanden führt der Operator die Subtraktion von zwei Zahlen oder numerischen Variablen aus. Er dient aber bei einem Operanden auch zur einstelligen arithmetischen Negierung. Der Operator wird zur Negierung eines Ausdrucks verwendet, indem er einfach dem Ausdruck vorangestellt wird. Wenn er vor einem Ausdruck steht, wird der Wert negativ.	6 – 1 –5
%	Modulo	Diese Operation gibt den Rest einer Division zurück. Die Restwertberechnung ist in Python sogar für Gleitkommazahlen definiert! Sie sollten davon allerdings Abstand nehmen, denn es kann leicht zu Rundungsproblemen kommen (Abb. 7.1).	15 % 9
*	Multiplikation	Der Operator definiert die Multiplikation von zwei Zahlen oder numerischen Variablen.	2 * 3
/	Division	Der Operator definiert die Division von zwei Zahlen oder numerischen Variablen.	6 / 2
+	Addition und Gegenteil der Negation	Mit zwei numerischen Operanden führt der Operator die Addition von zwei Zahlen oder numerischen Variablen aus. Das Ergebnis der Operation ist die Summe der Operanden. Mit einem nachgestellten Operanden ist der Operator nur aus Symmetriegründen vorhanden, um das Gegenteil der Negation formulieren zu können.	1 + 1 +1
**	Potenz	Der erste Operator wird mit dem zweiten Operator zur Potenz genommen.	3 ** 2
//	Ganzzahldivision	Bei dieser Form der Division wird das Ergebnis eine ganze Zahl sein. Ein eventueller Nachkommateil wird abgeschnitten.	7 // 2

Abb. 7.1 Mathematische Operationen

```
2
0.0
0.50000000000000007
1331
3.3166247903554
ab
13.9
3.9
1
12
>>> |
```

Das wäre die Ausgabe (Abb. 7.1):

```
2
0.0
0.50000000000000007
1331
3.3166247903554
ab
13.9
3.9
1
12
```

Das Listing enthält diverse bemerkenswerte Stellen. Deshalb gehen wir jede einzelne Operation durch:

1. Die erste Ausgabe rechnet 11 modulo 3. Die 3 geht 3x in die Zahl 11. 3×3 ergibt 9 und dieser Wert wird „vergessen“. Als Rest bleibt also der Wert 2.
2. Die zweite Ausgabe nutzt die Modulooperation mit Gleitkommazahlen. Das ist in Python ja wie gesagt erlaubt. Die Zahl 11 lässt sich durch den Wert 0.5 teilen und deshalb bleibt als Rest 0.0. Beachten Sie, dass der Zieltyp ein Gleitkommatyp ist, auch wenn einer der Operanden (das Literal 11) eine ganze Zahl war.
3. Für die dritte Ausgabe machen wir das Gleiche wie für die zweite Ausgabe. Nur passt dieses Mal der zweite Operand **nicht** (!) ohne Rest in den ersten Operanden. Es bleibt also ein von 0.0 verschiedener Rest. Auch das ist legitim. Aber Sie erkennen deutlich die Rundungsprobleme. Wegen dieser Probleme sollte man lieber auf Gleitkommaarithmetik verzichten oder diese nur mit großer Vorsicht anwenden.¹
4. Die Ausgabe Nummer 4 berechnet einfach die Potenz des ersten Operanden (der Basis) mit dem zweiten Operanden als Exponenten.
5. Auch die Ausgabe Nummer 5 berechnet die Potenz. Aber der Exponent ist dieses Mal eine Gleitzahl – der Wert 0.5. Damit ziehen wir die Quadratwurzel aus der Zahl 11. Mit Exponenten zwischen 0 und 1 kann man also Wurzeln ziehen, wie auch vielleicht noch aus der Schulmathematik bekannt.

¹ Darauf wurde schon mehrfach hingewiesen und hier sehen Sie einen ganz praktischen Beweis.

6. Wenn Sie den Plusoperator auf Strings anwenden, ist das keine (!) arithmetische Operation, sondern einen String-Verknüpfung. Das sehen Sie in der nächsten Ausgabe.
7. In den folgenden beiden Operationen werden Literale verwendet. Das geht natürlich auch. Zuerst werden eine Variable und ein Literal verbunden. In der nächsten Ausgabe wird die Summe von zwei Literalen gebildet.
8. Man kann mit booleschen Literalen *True* und *False* rechnen, denn diese repräsentieren ja in Python die Zahlen 1 und 0. Die letzten beiden Ausgaben zeigen das.

Wegen der Punkt-vor-Strich-Regel, die ein Spezialfall einer Prioritätenreihenfolge der Operatoren darstellt (Abschn. 7.4.1), würde bei dem nächsten Beispiel der Wert der Variablen *erg* 37 sein.

Beispiel

```
erg = 2 + 5 * 7;
```

- **Tipp** Die Verwendung von Klammern ist in Ausdrücken erlaubt und sehr oft sinnvoll, um die Übersicht zu erhöhen. Vor Allem können Sie damit die Reihenfolge der Bewertung verändern.

Beispiel

```
erg = (2 + 5) * 7;
```

Der Wert von *erg* wird 49 sein.

7.3.2 Der String-Verkettungsoperator

Der Plusoperator wird in Python auch zur String-Verkettung verwendet. Das verbindet zwei Strings zu einem einzigen String, wie wir auch schon im letzten Beispiel gesehen haben.

- Sobald einer der Operanden des Plusoperators kein String ist, wird in Python **keine** automatische String-Verkettung genommen. In vielen anderen Sprachen ist so ein Verhalten der Fall. In Python müssen Sie gegebenenfalls einen unpassenden Operanden erst mit der Built-in-Funktion *str()* in einen String wandeln. Sonst kommt es zum Fehler.

7.3.3 Zuweisungsoperatoren

Es gibt neben dem einfachen Zuweisungsoperator in Python die **arithmetischen Zuweisungsoperatoren**. Diese sind als Abkürzung für arithmetische Operationen (dies bedeutet mathematische Berechnungen) mit einer nachfolgenden Zuweisung zu verstehen und

Tab. 7.2 Die Zuweisungsoperatoren

Operator	Bedeutung	Beispiel
<code>%=</code>	Modulo- und Zuweisungsoperator	Die Anweisung <code>a %= 5</code> nimmt den Wert von <code>a</code> Modulo 5. Die alternative Schreibweise wäre <code>a = a % 5</code> .
<code>*=</code>	Multiplikations- und Zuweisungsoperator	Die Anweisung <code>a *= 5</code> multipliziert den Wert der Variablen <code>a</code> mit dem Wert 5. Die alternative Schreibweise wäre <code>a = a * 5</code> .
<code>/=</code>	Divisions- und Zuweisungsoperator	Die Anweisung <code>a /= 5</code> teilt den Wert von <code>a</code> durch 5. Die alternative Schreibweise wäre <code>a = a / 5</code> .
<code>+=</code>	Additions- und Zuweisungsoperator. Der Operator kann auch in Verbindung mit Strings verwendet werden. Dann handelt es sich um eine Zuweisung mit String-Verkettung.	Die Anweisung <code>a += 5</code> erhöht den Wert von der Variablen <code>a</code> um den Wert 5. Die alternative Schreibweise wäre <code>a = a + 5</code> .
<code>=</code>	Einfacher Zuweisungsoperator	Die Anweisung <code>a = 5</code> weist <code>a</code> den Wert 5 zu.
<code>-=</code>	Subtraktions- und Zuweisungsoperator	Die Anweisung <code>a -= 5</code> reduziert den Wert von <code>a</code> um 5. Die alternative Schreibweise wäre <code>a = a - 5</code> .
<code>**=</code>	Exponentialrechnung mit Zuweisung	Die Anweisung <code>c **= a</code> ist äquivalent zu <code>c = c ** a</code>
<code>//=</code>	Ganzzahldivisions- und Zuweisungsoperator	Die Anweisung <code>a //= 5</code> teilt den Wert von <code>a</code> durch 5 und „vergisst“ einen Nachkommateil.

bauen auf dem Gleichheitsoperator mit dem vorangestellten Token für die arithmetische Operation auf (Tab. 7.2).

- Erstellen Sie eine neue Datei mit Namen `op2.py`. Geben Sie den Quelltext ein:

```
a = 11;
a *= 2;
print(a);
a %= 13;
print(a);
a **= 2;
print(a);
```

Die Ausgabe wird das sein:

```
22
9
81
```

- In der ersten Operation wird der Wert 11 mit dem Wert 2 multipliziert. Das ergibt 22.
- In der zweiten Operation wird der Wert 22 modulo dem Wert 13 genommen. Als Rest bleibt der Wert 9.
- Die dritte Operation nimmt den Wert 9 zum Quadrat, was 81 ergibt.

7.3.4 Boolesche Operatoren (Vergleichsoperatoren)

Sie können bei logischen Ausdrücken nicht nur die Gleichheit von zwei Seiten überprüfen, sondern diverse andere Bedingungen, etwa ob der Wert auf einer Seite mit numerischen Operanden kleiner oder größer ist. Dazu stehen Ihnen unter Python die folgenden logischen Vergleichsoperatoren zur Verfügung (Tab. 7.3). In jedem Fall erhalten Sie entweder *True* oder *False* als Ergebnis.

- Erstellen Sie eine neue Datei mit Namen *op3.py* und dem Quelltext:

```
print(8 != 4 + 4);
print(7 != 4 + 4);
print(5 < 6);
print(6 <= 6);
print(4 == 5);
print("4" == 4);
print(4 == 2 + 2);
print(5 > 6);
print(5 >= 5);
print(6 >= 5);
print(4 >= 5);
```

Tab. 7.3 Vergleichsoperatoren

Operator	Bedeutung	Beschreibung	Beispiele	Ergebnis
!=	Ungleichheit	Ein Vergleich, ob zwei Operanden im Wert nicht identisch sind. Der Vergleich liefert dann <i>True</i> , wenn zwei Ausdrücke rein im Wert nicht gleich sind.	8 != 4 + 4 7 != 4 + 4	False True
<	Kleiner als	Der Vergleich, ob der erste Operand kleiner als der zweite Operand ist.	5 < 6	True
<=	Kleiner als oder gleich	Der Vergleich, ob der erste Operand kleiner oder gleich dem zweiten Operanden ist.	6 <= 6	True
==	Gleichheit	Der Vergleich, ob zwei Operanden im Wert identisch sind. Das doppelte Gleichheitszeichen darf nicht mit dem Zuweisungsoperator (=) verwechselt werden!	4 == 5 "4" == 4 4 == 2 + 2	False True True
>	Größer als	Der Vergleich, ob der erste Operand größer als der zweite Operand ist.	5 > 6	False
>=	Größer als oder gleich	Der Vergleich, ob der erste Operand größer oder gleich dem zweiten Operanden ist.	5 >= 5 6 >= 5 4 >= 5	True True False

Abb. 7.2 Vergleiche

```
False
True
True
True
False
False
True
False
True
True
False
>>> |
```

Die Ergebnisse sollten offensichtlich und nicht bemerkenswert sein (Abb. 7.2). Mit einer Ausnahme – denn der Vergleich `"4" == 4` liefert `False`. Python nimmt also **keine** implizite Typkonvertierung vor. In vielen anderen lose typisierten Sprachen (etwa JavaScript oder PHP) ist das anders.

7.3.5 Logische Operatoren

Die logischen Operatoren sind Vergleichsoperatoren sehr ähnlich, dienen jedoch der **Verknüpfung** von booleschen Werten beziehungsweise booleschen Ausdrücken, wie sie beispielsweise über die zuvor aufgeführten Vergleichsoperatoren gebildet werden (Tab. 7.4). Das Ergebnis einer solchen Verknüpfung ist immer erneut ein boolescher Wert.

Tab. 7.4 Logische Operatoren

Operator	Bedeutung	Beschreibung	Beispiele	Ergebnis
and	Logisches Und (And)	Der Operator vergleicht zwei Ausdrücke und liefert nur dann True, wenn beide verglichenen Ausdrücke beziehungsweise Operanden wahre Ergebnisse liefern. Sonst erhalten Sie False.	(4 + 4 == 8) and (2 + 3 == 5)	True
or	Logisches Oder (Or)	Der Operator vergleicht zwei Ausdrücke und liefert bereits dann True zurück, wenn einer der beiden verglichenen Ausdrücke ein wahres Ergebnis liefert. Ebenso liefert der Operator True, wenn beide wahr sind. Dies ist also kein ausschließendes Oder (XOR). Nur wenn beide Operanden unwahr sind, liefert der Operator False.	(4 + 4 == 8) or (2 + 3 == 5)	True
not	Logisches Nicht (Not)	Der Operator dreht einen logischen Wert (oder meist dem Ergebnis einer nachgestellten booleschen Operation) um. Aus True wird False und aus False wird True.	not(4 + 4 == 8)	False

- Erstellen Sie eine neue Datei mit Namen *op4.py* und dem Quelltext:

```
print( (4 + 4 == 8) and (2 + 3 == 5) );  
print( (4 + 4 == 8) and (1 + 3 == 3) );  
print((4 + 4 == 8) or (2 + 3 == 5) );  
print((4 + 4 == 7) or (2 + 3 != 5) );  
print(not(1 + 4 == 5));
```

Die Ausgabe wird das sein:

```
True  
False  
True  
False  
False
```

Versuchen Sie die Ergebnisse nachzuvollziehen, insbesondere was der boolesche Wert der einzelnen verknüpften Teilbedingungen ist und wann beide *True* liefern müssen und wann bereits einmal das Teilergebnis *True* genügt, damit das Gesamtergebnis *True* ist.

7.3.6 Die Membership-Operatoren

Pythons Membership-Operatoren (Mitgliedschaftsoperatoren) testen die Mitgliedschaft eines Operanden in einer Sequenz. Das kann zum Beispiel ein String sein, wie wir ihn schon behandelt haben, aber auch eine Liste oder ein Tupel, was bisher noch nicht eingeführt wurde.

Es gibt zwei Mitgliedsoperatoren.

- Der Operator *in* testet, ob sich der erste Operand in dem zweiten Operanden (der Sequenz) befindet.
- Der zweite Mitgliedsoperator ist streng genommen kein eigener Operator, sondern die Kombination aus *not* und *in* und testet, ob sich der erste Operand **nicht** in dem zweiten Operanden befindet.

Erstellen Sie eine neue Datei mit Namen *op5.py* und dem Quelltext:

```
suchausdruck = "@";  
sequenz = "ralph_steyer@gmx.de";  
print(suchausdruck in sequenz );  
print(suchausdruck not in sequenz );
```

Die erste Ausgabe wird *True* ergeben, denn das Zeichen @ ist Teil des zu untersuchenden Strings. Entsprechend wird die zweite Ausgabe *False* ergeben.

7.3.7 Identitätsoperatoren

Identitätsoperatoren vergleichen die Speicherplätze zweier Objekte. Es gibt zwei Identitätsoperatoren, wobei der zweite wie eben nur die Kombination mit *not* und damit die Negation der ersten Version darstellt.

Der Operator *is* liefert True, wenn die Operanden auf beiden Seiten des Operators auf das gleiche Objekt verweisen und *is not* entsprechend im umgekehrten Fall. Da bisher noch keine Objekte behandelt wurden, wird hier auf ein Beispiel verzichtet.

7.3.8 Bitweise Operatoren

Jedes Zeichen auf dem Computer wird bekanntlich intern in Form des Binärsystems aus Nullen und Einsen dargestellt, was den Wert in einer numerischen Zeichenkodierung wie ASCII entspricht. Python kennt wie viele andere Programmiersprachen Operatoren, welche eine Manipulation von Werten auf Bit-Ebene erlauben. Bitweise Operatoren (Binäroperatoren) ermöglichen Operationen auf Basis der Binärdarstellung von Zeichen (Tab. 7.5).

7.3.8.1 Verschiebungsoperatoren

Schauen wir zuerst auf die Verschiebungsoperatoren. Um die Wirkung solcher Operatoren deutlich zu machen, betrachten wir die Binärdarstellung von einem Zeichen.

Nehmen wir die Zahl 42 als Beispiel. Deren Binärdarstellung ist *00101010*. Das können Sie leicht mit einem Taschenrechner umrechnen, wenn Sie sich nicht selbst die Mühe einer Umrechnung des Zahlensystems machen wollen (Abb. 7.3).

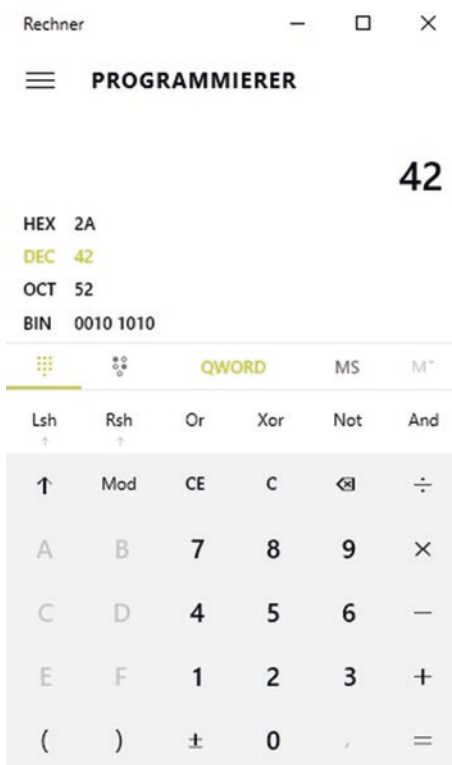
Nun bedeutet die Anwendung der Operation *<< 1*, dass alle Bits um eine Stelle nach links verschoben werden. Von rechts kommt eine 0 dazu. Das führt zu der Binärdarstellung *01010100* und das ist dezimal 84, was zur Not der Taschenrechner „beweist“ (Abb. 7.4).

Das bedeutet nun, dass *<< 1* (eine Verschiebung der Bits um eine Stelle nach links) nichts weiter als die Verdoppelung des Wertes darstellt. Das ist auch auf Grund der Basis 2 des Binärsystems klar. Zwangsläufig führt eine Verschiebung um 2 Stellen nach links (*<< 2*) zu einer Vervielfachung.

Tab. 7.5 Binäroperatoren

Operator	Beschreibung
<<	Operator für bitweise Verschiebung nach links.
>>	Operator für bitweise Verschiebung nach rechts.
&	Bitweiser AND-Operator
	Bitweiser OR-Operator
^	Bitweiser XOR-Operator – das ausschließende Oder (englisch: exclusive OR)
~	Bitweises NICHT – auch bitweiser Komplement-Operator genannt

Abb. 7.3 Umrechnung von Werten in verschiedene Zahlensysteme



Wie geht es nun in die andere Richtung?

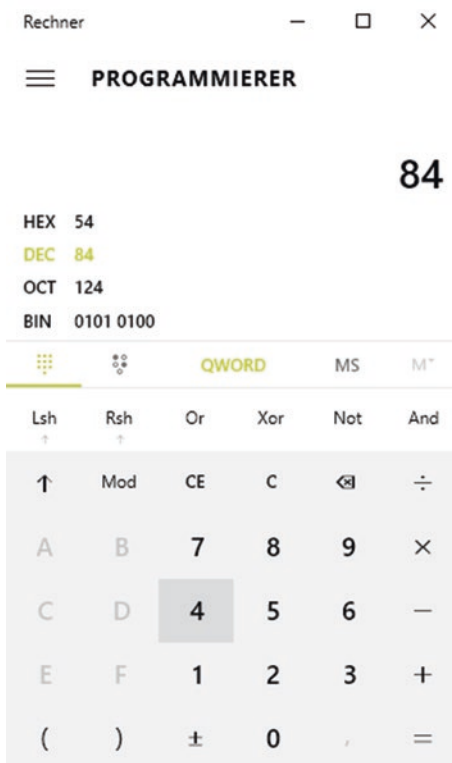
Der Ausdruck `>> 1` verschiebt die Bits um eine Stelle nach rechts. Das bedeutet, dass bei der Binärdarstellung der Zahl 42 (`00101010`) das am weitesten rechts stehende Bit verschwindet und links eine binäre 0 dazukommt. Das führt in der Binärdarstellung zum Wert `00010101`. Dezimal entspricht das dann der Zahl 21. Offensichtlich steht der Ausdruck `>> 1` für eine Halbierung des Wertes. Wenn wir jetzt bei der Binärdarstellung der Zahl 42 (`00101010`) zwei Stellen nach rechts schieben (`>> 2`), wird geviertelt.

Hintergrundinformation

Beachten Sie, dass bei einer Verschiebung nach rechts eine **Ganzzahldivision** durchgeführt wird! Es bleibt kein Rest beziehungsweise der Rest wird „vergessen“.

- Erstellen Sie das Beispiel mit Namen `op6.py` und dem Quelltext:

```
z1 = 42;
a = z1 << 1;
b = z1 >> 1;
c = z1 << 2;
d = z1 << 3;
print("Der Wert von 42 << 1: " , a);
```

Abb. 7.4 Was ist 84 binär?

```
print("Der Wert von 42 >> 1: " , b);
print("Der Wert von 42 << 2: " , c);
print("Der Wert von 42 << 3: " , d);
z2 = 21;
print("Der Wert von 21 >> 1: " , z2 >> 1);
```

Die Ausgabe (Abb. 7.5) belegt noch einmal die oben getroffenen Erklärungen. Beachten Sie aber besonders die letzte Ausgabe. Denn 21 wird zwar halbiert, aber eben in Form einer Ganzzahldivision. Und deshalb kommt 10 und nicht 10.5 (beachten Sie, dass der Punkt zur Trennung verwendet wird – in der Schulmathematik wird das als 10,5 dargestellt) als Ergebnis heraus.

7.3.8.2 Bitweise arithmetische Operatoren

Betrachten wir nun die bitweisen arithmetischen Operatoren. Diese dienen der Verknüpfung von zwei Operanden auf Bit-Ebene. Das bedeutet, dass das Bit in einem Operanden mit dem Bit an der gleichen Stelle des zweiten Operanden verknüpft wird.

Um die Sache zu verstehen, schauen wir uns an, was auf Binärebene passiert, wenn zwei Bits aufeinandertreffen. Das bitweise UND funktioniert wie folgt:

Abb. 7.5 Binäre Verschiebung

```
Der Wert von 42 << 1: 84
Der Wert von 42 >> 1: 21
Der Wert von 42 << 2: 168
Der Wert von 42 << 3: 336
Der Wert von 21 >> 1: 10
>>>
```

- $0 \& 0 = 0$
- $0 \& 1 = 0$
- $1 \& 0 = 0$
- $1 \& 1 = 1$

Das Ergebnis zweier mit UND verknüpfter binärer Zahlen führt also dazu, dass nur bei den Bits, an denen in beiden Operanden übereinstimmend eine 1 steht, nach der Operation wieder eine 1 zu finden ist.

Beispiel:

Beispiel		
Operation	Dezimaldarstellung	Binärdarstellung
	10	0000 1010
&	12	0000 1100
Ergebnis	8	0000 1000

Das bitweise ODER folgt nachstehendem Schema:

- $0 \mid 0 = 0$
- $0 \mid 1 = 1$
- $1 \mid 0 = 1$
- $1 \mid 1 = 1$

Hier gibt es nur dann 0, wenn die verglichenen Bits in den zwei Operanden beide eine 0 aufweisen. Beispiel:

Beispiel		
Operation	Dezimaldarstellung	Binärdarstellung
	10	0000 1010
	12	0000 1100
Ergebnis	14	0000 1110

XOR hat das folgende Rechenschema:

- $0 \wedge 0 = 0$
- $0 \wedge 1 = 1$
- $1 \wedge 0 = 1$
- $1 \wedge 1 = 0$

Es wird eine 1 im Ergebnis gesetzt, wenn die Bits sich unterscheiden. Andernfalls ist das Resultat 0. Beispiel:

Beispiel

Operation	Dezimaldarstellung	Binärdarstellung
	10	0000 1010
$\wedge$	12	0000 1100
Ergebnis	6	0000 0110

Das bitweise NICHT ($\sim$) ist die Negation eines jeden Bits. Es wird in der Bitdarstellung eines Operanden jede 0 durch eine 1 und jede 1 durch eine 0 ersetzt. Die Wirkung dieses Vorgangs auf die Zahl besteht darin, dass ihr Vorzeichen umgedreht (aus einer positiven Zahl wird also eine negative) und der Wert 1 subtrahiert wird. Dieser bitweise Komplement-Operator unterscheidet sich deutlich von den anderen bitweisen Operatoren. Er legt eine einstellige bitweise Operation fest. Das bedeutet, er hat nur einen – nachgestellten – Operanden, genau wie ein negatives Vorzeichen bei einer normalen Zahl.

Beispiel:

Beispiel

Operation	Dezimaldarstellung	Binärdarstellung
$\sim$	10	0000 1010
Ergebnis	–11	1111 0101

Schauen wir uns die bitweisen Operationen in einem gemeinsamen Beispiel *op7.py* an:

```
z1 = 10;
z2 = 12;
a = z1 & z2;
b = z1 | z2;
c = z1 ^ z2;
d = ~z1;
print("Der Wert von 10 & 12: " , a);
print("Der Wert von 10 | 12: " , b);
print("Der Wert von 10 ^ 12: " , c);
print("Der Wert von ~ 10: " , d);
```

Die Ausgabe wird das sein:

Der Wert von 10 & 12: 8

Der Wert von 10 | 12: 14

Der Wert von 10 ^ 12: 6

Der Wert von ~ 10: –11

Zu dem Listing sind auf Grund der vorbereitenden Ausführungen keine weiteren Erklärungen notwendig, aber Sie sollten die Ausgabe ansehen, die die obigen Ausführungen belegt.

7.4 Operatorvorrang und Ausdrucksbewertung

Operatorvorrang bedeutet die Beachtung der **Priorität** von Python-Operatoren. Denn diese sind entsprechend geordnet.

7.4.1 Die Priorität der Python-Operatoren

Die Operatoren in Python (Tab. 7.6) haben eine festgelegte Rangordnung, die immer dann angewandt wird, wenn in einem Ausdruck mehrere Operatoren verwendet und keine Klammern gesetzt werden (Klammern sind in der Rangfolge mit aufgenommen und haben die höchste Priorität). Als Beispiel kennen Sie bereits die Punkt-vor-Strich-Regel. Die Prioritäten sind von der höchsten Wertigkeit bis zur niedrigsten abwärts angegeben.

7.4.2 Bewertung von Ausdrücken

Wenn Sie einen Ausdruck mit unterschiedlichen Operatoren haben, muss Python entscheiden, wie Ausdrücke bewertet werden. Dazu wird zuerst der gesamte Ausdruck analysiert. Hier ist das Beispiel von Punkt-vor-Strich-Rechnung aus der Mathematik wieder sinnvoll. Python hält sich strikt an Regeln der Operatorvorrangigkeit. Je höher ein Operator priorisiert

Tab. 7.6 Priorität der Python-Operatoren

Operator	Beschreibung
**	Exponentialoperator
~ + -	Komplement
* / % //	Punktrechnung
+ -	Strichrechnung
>> <<	Rechts und links bitweise verschieben
&	Bitweise 'UND'
^	Bitweise exklusive 'ODER' und regelmäßige 'ODER'
<= < > >=	Vergleichsoperatoren
== !=	Gleichstellungsbetreiber
= %= /= //= -= += *= **=	Zuweisungsoperatoren
is is not	Identitätsoperatoren
in not in	Mitgliedschaftsoperatoren
not or and	Logische Operatoren

ist, desto eher wird er bewertet. Die multiplikativen Operatoren haben Vorrang vor den additiven Operatoren. Mit anderen Worten: In einem zusammengesetzten Ausdruck, der sowohl multiplikative als auch additive Operatoren enthält, werden die multiplikativen Operatoren zuerst bewertet. Dies ist übrigens einfach die Punkt-vor-Strich-Rechnung.

Beispiel:

Beispiel

$$a = b - c * d / e$$

Weil in dem Ausdruck die Operatoren $*$ und $/$ Vorrang haben, werden die beiden Unterausdrücke zuerst berechnet. Erst danach wird die Subtraktion ausgeführt. Immer wenn Sie die Bewertungsreihenfolge von Operatoren in einem Ausdruck ändern wollen, müssen Sie Klammern benutzen. Klammern haben eine höhere Priorität als arithmetische Operatoren. Jeder Ausdruck in Klammern wird zuerst bewertet.

Beispiel:

Beispiel

$$a = (b - c) * d / e$$

Hier würde zuerst die Subtraktion von b und c durchgeführt, bevor die multiplikativen Operationen damit durchgeführt werden.

Die sogenannte **Operatorassoziativität** ist die einfachste der Bewertungsregeln, aber sie kann von Bedeutung sein. Es geht darum, dass alle arithmetischen Operatoren Ausdrücke in der Vorgabe von links nach rechts bewerten (assoziieren). Das heißt, wenn derselbe Operator oder Operatoren gleicher Priorität in einem Ausdruck mehr als einmal auftauchen – wie beispielsweise der $+$ -Operator bei dem Ausdruck $1 + 2 + 3 + 4 + 5$ – dann wird der am weitesten links erscheinende zuerst bewertet, gefolgt von dem rechts daneben und so weiter. Unterziehen wir folgende arithmetische Zuweisung einer näheren Betrachtung:

Beispiel

$$x = 1 + 2 + 3 + 4 + 5$$

In diesem Beispiel wird der Wert des Ausdrucks auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens zusammengerechnet und der Variablen x auf der linken Seite zugeordnet. Für das Zusammenrechnen des Werts auf der rechten Seite bedeutet die Tatsache, dass der Operator $+$ von links nach rechts assoziiert, dass der Wert von $1 + 2$ zuerst berechnet wird. Erst im nächsten Schritt wird zu diesem Ergebnis dann der Wert 3 addiert und so weiter, bis zuletzt die 5 addiert wird. Anschließend wird das Resultat dann der Variablen x zugewiesen. Immer, wenn Operatoren derselben Priorität mehrfach benutzt werden, können Sie die Assoziativitätsregel anwenden.

Kontrollstrukturen – Die Steuerung des Programmflusses

8

8.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Die Anweisungen in einem Programm können zwar sequenziell abgearbeitet werden. Aber das macht man nur bei sehr einfachen Programmen und Initialisierungen. So gut wie immer wird der Programmfluss durch gewisse Faktoren beeinflusst. Dazu dienen die Kontrollstrukturen, die wir in diesem Kapitel betrachten.

8.2 Was sind Kontrollstrukturen?

Kontrollstrukturen sind klassische Anwendungen von logischen oder vergleichenden Operatoren und spezielle Anweisungsschritte in einer Programmiersprache, mit denen ein Programmierer Entscheidungen über den weiteren Ablauf eines Programms oder Skripts vorgeben kann, wenn bestimmte Bedingungen eintreten. Das nennt man den **Programmfluss**.

Es gibt in der Regel drei Arten von Kontrollflussanweisungen:

- **Entscheidungsanweisungen.** Diese suchen auf Grund einer Bedingung einen Programmfluss heraus. Man spricht hier auch von einem **Zweig**, denn der Programmfluss verzweigt in verschiedene Varianten.
- **Schleifen** beziehungsweise **Iterationsanweisungen.** Diese wiederholen eine bestimmte Anzahl an Anweisungen.
- **Sprunganweisungen.** Diese verlassen eine Struktur.

8.3 Die Kontrollstrukturen in Python

In Python haben Sie weitgehend die gleichen Arten Kontrollstrukturen zur Verfügung, die es in fast allen Programmiersprachen in gleicher oder ähnlicher Form gibt. Kontrollstrukturen sind für pure Anfänger zwar nicht vollkommen einfach, aber wenn man mit irgendeiner Programmiersprache zumindest etwas Erfahrung hat, sind sie in anderen Programmiersprachen – insbesondere Python – nahezu trivial. Die Besonderheit bei Python ist nur, dass man **Anweisungsblöcke** beziehungsweise **Blockanweisungen** mit einem **Doppelpunkt** beginnt und die **Tiefe der Einrückung** den Block begrenzt (siehe Abschn. 5.3.1). Aus den meisten anderen Programmiersprachen ist man geschweifte Klammern oder explizite Schlüsselworte wie *Begin* und *End* gewohnt. Das wurde in Python gestrichen, was die Syntax vereinfachen soll. Überhaupt wurde auch die Anzahl der erlaubten Kontrollstrukturen in Python entschlackt und auf Kontrollstrukturen verzichtet, die man aus den meisten anderen Programmiersprachen gewohnt ist. Auch hier greift wieder das Credo, dass Python einfach und klar sein soll. Es gibt dessen ungeachtet auch in Python grundsätzlich die oben genannten drei Arten von Kontrollflussanweisungen.

8.3.1 Entscheidungsanweisungen

Betrachten wir zuerst die **Entscheidungsanweisungen**. Davon gibt es in Python nur eine Variante.

8.3.1.1 Die if-Entscheidungsanweisungen

Über die *if*-Kontrollstruktur entscheiden Sie, ob eine nachfolgende Anweisung oder ein Block auszuführen ist. Allgemeine Syntax ist folgende:

Beispiel

if Bedingung:

 Anweisungen A

Natürlich gibt es auch die Möglichkeit eines alternativen Programmflusses. Dieser wird wie eigentlich jede Programmiersprache mit *else* eingeleitet.

Beispiel für eine schematische Syntax:

Beispiel

if Bedingung:

 Anweisungen A

else:

 alternative Anweisungen

- Die Bedingung muss in Python – im Gegensatz zu vielen anderen Programmiersprachen – **nicht** in Klammern gesetzt werden. Sie **darf** aber (meist) geklammert werden, was auch nicht in allen Sprachen erlaubt ist. Allgemein ist es in Python eher unüblich, die Bedingung zu klammern, aber ich mache das immer gerne, wenn es geht. Mein persönlicher Programmierstil resultiert daraus, dass ich in ziemlich vielen Programmiersprachen programmiere und alle proprietären Eigenheiten einer Programmiersprache vermeide, wenn das möglich ist. Außerdem halte ich Code für viel besser lesbar, wenn Bedingungen in Klammern gesetzt werden. Beachten Sie allerdings, dass in Python Klammern auch an einigen Stellen verboten (!) sind, an denen man es möglicherweise nicht erwartet – etwa bei Bedingungen einer *for*-Schleife.

Wenn eine Bedingung wahr ist, werden die Anweisungen A (entweder eine einzelne Anweisung oder eine Blockanweisung) ausgeführt, ansonsten die alternativen Anweisungen, wobei die *else*-Anweisung wie gesagt optional ist. Unter Bedingung versteht man einen Vergleich, der entweder wahr (*True*) oder falsch (*False*) sein kann oder den booleschen Wert selbst. Zur Definition des Vergleichs verwendet man Vergleichsoperatoren und bei Bedarf logische Operatoren. Es gibt die *if*-Bedingung wie gesagt mit oder ohne nachgestellten *else*-Zweig. Wenn er da ist, kann darin wie oben eine Folge von alternativen Anweisungen stehen, die immer dann ausgeführt werden, wenn die Bedingung den Wert *False* liefert.

Wenn bereits der *if*-Zweig ausgeführt wurde, wird der *else*-Zweig nicht ausgeführt. Allgemein wird das Ausführen von einem Zweig der Konstruktion dazu führen, dass andere Zweige nicht ausgeführt werden. Wenn der *else*-Zweig fehlt, bewirkt die gesamte Struktur nur etwas, wenn die Bedingung den Wert *True* liefert. Im Falle des Wertes *False* passiert gar nichts.

Sie können als erste Anweisung hinter *else* wieder direkt eine *if*-Anweisung notieren, wenn der nachfolgende Programmfluss bedingt ist. Das wird in Python allerdings etwas „eigenartig“ notiert. Nach *else* folgt der Doppelpunkt und die nachfolgende *if*-Anweisung muss eingerückt werden, etwa so:

Beispiel

else:

if (Bedingung):

- **Tipp** Es gibt in Python ein eigenes Schlüsselwort *elif*, was eine Kurzform von *else if* darstellt und besser anzuwenden ist.

So sieht das in einem vollständigen Listing aus (*kontroll1.py*):

```
a = 3;
if a <= 2:
    print("Kleiner 3");
```

```
elif a == 3:
    print("Der Wert ist 3");
else:
    if(a == 4):
        print("Der Wert ist 4");
```

Die Ausgabe wird „*Der Wert ist 3*“ sein.

- ▶ **Tipp** Beachten Sie, dass ich nur aus didaktischen Gründen die Bedingungen teils geklammert habe, teils auch nicht. Auch sonst wird im Buch immer wieder der Stil bei anderen Syntaxstrukturen unterschiedlich sein. In der Praxis sollte man das **unbedingt** einheitlich halten – egal wie Sie sich entscheiden.
- ▶ Sie dürfen nach dem Doppelpunkt hinter der Bedingung kein Semikolon notieren. In vielen Sprachen ist so etwas möglich. Das ist dann einfach eine leere Anweisung. In Python müssten Sie explizit die Anweisung *pass* notieren, wenn Sie so etwas machen wollten. Aber das ist meist wenig sinnvoll.

Wenn Sie bei einer *if*-Anweisung eine zugehörige *else*-Anweisung notieren, können Sie danach auf der gleichen Ebene wie *else* keine weitere *else*-Anweisung notieren. Nach *elif* hingegen können weitere *elif* oder auch eine *else*-Anweisung auf der gleichen Ebene folgen. Diese Aussage ist bewusst etwas „mysteriös“ formuliert, um eine Besonderheit von Python wieder sehr deutlich zu machen. Und diese ist so wichtig, dass wir diese Situation detailliert ausarbeiten.

Betrachten Sie den folgenden Quellcode.

```
a = 3;
if a <= 2:
    print("Kleiner 3");
elif a == 3:
    print("Der Wert ist 3");
else:
    if(a == 4):
        print("Der Wert ist 4");
else:
    print("Anderer Wert");
```

Es wurde im Vergleich zu dem vorherigen Beispiel einfach ein *else*-Zweig hinzugefügt. Aber wenn Sie das Beispiel ausführen wollen, erhalten Sie einen Fehler (Abb. 8.1).

Was ist das Problem? Ist *else* grundsätzlich nach einer vorangehenden *else*-Anweisung verboten, auch wenn diese mit einem direkten *if* danach als bedingt notiert wurde und eigentlich eine *elif*-Anweisung darstellt?

Wir sind gerade an einer Stelle, die in vielen Programmiersprachen etwas kritisch ist. Es geht um die Frage, zu welchem *if* das letzte *else* gehört? Das Stichwort ist „verschachtelte *if*-Anweisungen“.

Das *else* könnte zu dem *if* in Zeile 2 (dem Beginn der gesamten Struktur) oder aber dem *if* in Zeile 7 (nach dem *else*) gehören.

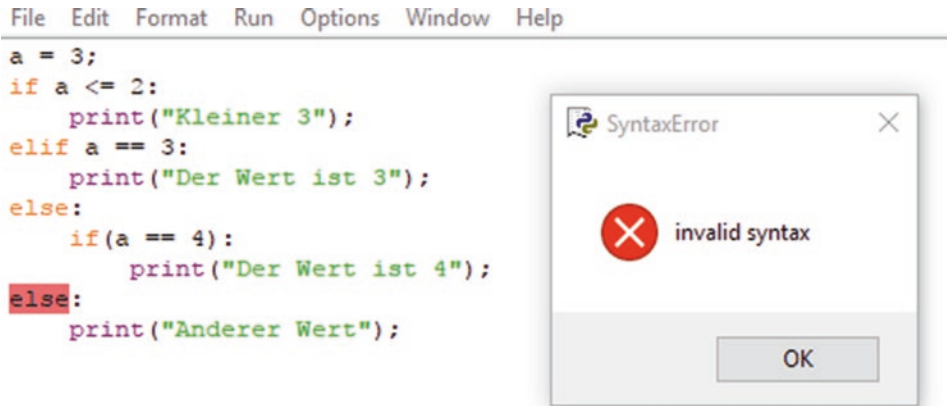


Abb. 8.1 Da stimmt etwas mit else nicht

Python geht ziemlich radikal vor und lässt hier keinen Spielraum zu, was auch Teil des Konzepts der Einfachheit und Klarheit ist. Um die offene Frage aber zu lösen, machen wir vorher noch einen weiteren Fehler. Betrachten Sie diese geänderte Variante:

```
a = 3;
if a <= 2:
    print("Kleiner 3");
elif a == 3:
    print("Der Wert ist 3");
else:
    if(a == 4):
        print("Der Wert ist 4");
    else:
        print("Anderer Wert");
```

Auch jetzt scheitert die Ausführung (Abb. 8.2). Aber was ist denn der Unterschied der beiden (bisher noch fehlerhaften) Quellcodes? Die **Einrückung** von *else* und dem zugehörigen Block! Und da liegt der Hund begraben.

Das ist die korrekte Variante von dem Quellcode (*kontroll2.py*):

```
a = 3;
if a <= 2:
    print("Kleiner 3");
elif a == 3:
    print("Der Wert ist 3");
else:
    if(a == 4):
        print("Der Wert ist 4");
    else:
        print("Anderer Wert");
```

```

if a <= 2:
    print("Kleiner 3");
elif a == 3:
    print("Der Wert ist 3");
else:
    if(a == 4):
        print("Der Wert ist 4");
    else:
        print("Anderer Wert");

```

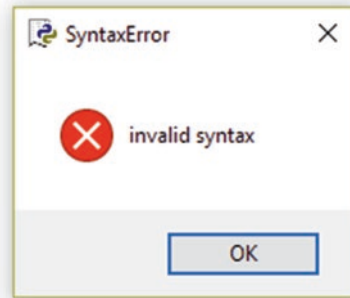


Abb. 8.2 Da stimmt immer noch etwas nicht mit else

Das abschließende *else* muss in der gleichen Spalte wie das vorangehende *if* stehen. Und damit ist die Frage von oben beantwortet, wozu das *else* gehört. Es gehört nicht zum einleitenden *if*, sondern es kann nur zu dem *if* notiert werden, das zu der *else:if*-Struktur gehört.

Wie angedeutet, ist diese Zuordnung zwar einfach und klar, aber dennoch wirklich etwas diffizil, zumal *elif* in die gleiche Spalte notiert wird wie das einleitende *if*.

Spielen wir noch ein kurzes Beispiel mit dieser Entscheidungsstruktur durch:

```

erg = int(input("Geben Sie eine Zahl zwischen 1 und 10 ein:\n"));
print("Sie haben ", erg , " eingeben! ");
if (erg == 1):
    print("The Lumberjack-Song");
    print("Holzfäller-Lied");
elif (erg == 2):
    print("The Funniest Joke in the World");
    print("Der tödlichste Witz der Welt");
elif (erg == 3):
    print("Dirty Hungarian Phrasebook");
    print("Versautes ungarisch-englisches Wörterbuch");
    print("English As She Is Spoke");
elif ((erg > 3) and (erg <= 10 )):
    print("*** Gerade in Arbeit ***");
else:
    print("Dazu hat Monty Python nichts zu sagen");

```

In dem Programm soll ein Anwender eine Zahl zwischen 1 und 10 (inklusive) eingeben. In dem Beispiel wird also vom Anwender eine Zahl zwischen 0 und 10 entgegengenommen und dieser Wert der Variablen *erg* zugewiesen. Dabei muss die Eingabe von einem String in eine Zahl umgewandelt werden. Das Programm wählt dann in Abhängigkeit davon einen der möglichen Zweige des Programmflusses aus (Abb. 8.3).

```

Geben Sie eine Zahl zwischen 1 und 10 ein:
2
Sie haben 2 eingegeben!
The Funniest Joke in the World
Der tödlichste Witz der Welt
>>>
===== RESTART: F:/PythonQuellcodes/kag
Geben Sie eine Zahl zwischen 1 und 10 ein:
3
Sie haben 3 eingegeben!
Dirty Hungarian Phrasebook
Versautes ungarisch-englisches Wörterbuch
(English As She Is Spoke)
>>>
===== RESTART: F:/PythonQuellcodes/kag
Geben Sie eine Zahl zwischen 1 und 10 ein:
5
Sie haben 5 eingegeben!
*** Gerade in Arbeit ***
>>>
===== RESTART: F:/PythonQuellcodes/kag
Geben Sie eine Zahl zwischen 1 und 10 ein:
12
Sie haben 12 eingegeben!
Dazu hat Monty Python nichts zu sagen
>>>
===== RESTART: F:/PythonQuellcodes/kag
Geben Sie eine Zahl zwischen 1 und 10 ein:
1
Sie haben 1 eingegeben!
The Lumberjack-Song
Holzfäller-Lied
>>>

```

Abb. 8.3 Alle möglichen Programmflüsse wurden ausprobiert

Zuerst wird der Wert der eingegebenen Zahl wieder ausgegeben. In der folgenden *if*-Konstruktion wird überprüft, ob der Wert größer als 10 ist und in Abhängigkeit davon eine entsprechende Meldung ausgegeben. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, wird die nächste Überprüfung ausgeführt. In Abhängigkeit davon wird dann gegebenenfalls eine entsprechende Meldung ausgegeben. Oder es geht zur nächsten Überprüfung etc.

Es gibt aber jetzt noch ein paar bemerkenswerte Stellen im Quellcode, auf die ich Ihre Aufmerksamkeit lenken möchte:

- In einem Zweig können mehrere Anweisungen stehen, aber auch nur eine Anweisung. In dem Beispiel sehen Sie die verschiedenen Varianten. Der Block geht immer genauso weit, wie neue Anweisungen in der Spalte des Blocks beginnen. Es gibt keine explizite Anweisung für das Ende des Blocks.

- Wenn man mehrere Dinge in einer Bedingung überprüfen will, muss man diese mit einem Verknüpfungsoperator verbinden. Es muss immer genau eine Bedingung formuliert werden, die entweder *True* oder *False* liefert. In dem Beispiel kommt *and* zum Einsatz.
- Das Programm ist nicht gegen Fehleingaben abgesichert, um es nicht zu komplex werden zu lassen.¹ Wenn keine Zahl eingegeben wird, gibt es einen Fehler. Es wird dann aber auch nicht der abschließende *else*-Zweig erreicht.

8.3.2 Iterationsanweisungen

Kommen wir nun zu den **Schleifen** beziehungsweise **Iterationsanweisungen** in Python. Diese wiederholen Anweisungen so lange, bis ein Abbruchkriterium erfüllt ist.

- **Tipp** Schleifen lassen sich auch verschachteln. Das bedeutet, dass Sie innerhalb einer Schleife eine weitere Schleife ausführen.

8.3.2.1 Die while-Schleife

Die *while*-Schleife führt am Anfang eines Blocks eine Prüfung einer Bedingung durch. Die nachfolgenden Anweisungen werden so lange durchlaufen, bis die Bedingung nicht mehr erfüllt ist. Die Syntax sieht schematisch so aus:

Beispiel

while Bedingung:

Anweisungen

Wenn eine Bedingung beim Erreichen der Schleife nicht mehr erfüllt ist, werden die Anweisungen im Block überhaupt nicht durchgeführt. Normalerweise kontrolliert man die Anzahl der Wiederholungen mit einer **Zählvariablen**.

Die *while*-Schleife benötigt (in der Regel) in ihrem Inneren eine Möglichkeit, mit der die Schleife abgebrochen oder die Voraussetzungen für einen neuen Durchlauf verändert werden können (etwa durch Änderung der Zählvariablen).

Andernfalls erzeugen Sie eine **Endlosschleife**.

- **Definition** Eine **Endlosschleife** ist eine nicht endende Abarbeitung der Anweisungen im Inneren der Schleife. Das kann zwar manchmal sinnvoll sein, ist aber normalerweise nicht gewünscht. Allgemein sind Endlosschleifen ohne ein explizites Abbruchkriterium selten sinnvoll. Man kann allerdings Endlosschleifen sinnvoll verwenden, wenn man in der Schleifenbedingung das Abbruchkriterium nicht angeben will oder kann, aber im Inneren der Endlosschleife ein Abbruchkriterium formuliert.

¹ Außerdem haben wir noch nicht alle Techniken zur Verfügung, um das sinnvoll zu machen.

Der Abbruch einer *while*-Schleife erfolgt normalerweise darüber, dass die in der Bedingung geprüfte Variable im Inneren so verändert wird, dass irgendwann die Bedingung nicht mehr erfüllt ist. Sie sehen es in der nachfolgenden Übung.

```
i = 0;
print("Zahl\t\t2. Pot\t\t3. Pot\t\t4. Pot");
while (i < 9):
    i+=1;
    print(i , "\t|\t", i ** 2, "\t|\t", i ** 3, "\t|\t", i ** 4);
print("Schleife beendet");
```

Das Beispiel erzeugt eine Ausgabe mit mehreren Zeilen. Die einzelnen Zeilen samt Inhalt werden dynamisch mit Python erzeugt. Zuerst ist der Wert der Zählvariablen *i* für unsere Schleife 0. Die Bedingung in der *while*-Überprüfung ist also wahr und die Anweisungen werden ausgeführt. Nach der Erhöhung des Wertes werden der Wert des Zählers und die 2., 3. und 4. Potenz der Zahl ausgegeben.

Das Durchlaufen der Schleife wird so lange fortgesetzt, bis die Variable den Wert 10 erreicht. Dann ist die Bedingung in der *while*-Überprüfung falsch und die Anweisungen der Schleife werden nicht mehr ausgeführt. Es geht weiter mit der ersten Anweisung hinter der Schleife.

Beachten Sie auch den Einsatz von Escape-Sequenzen (Tabulator), um die Ausgabe aufzubereiten (Abb. 8.4). Diese kommen auch in der ersten Ausgabezeile zum Einsatz, die außerhalb der Schleife die „Überschrift“ der tabellenartigen Ausgabe der Werte generiert.

- **Tip** Eine Schleife kann ebenfalls durch den Einsatz von einer Sprunganweisung wie *break* beendet werden (aus dem Block der Schleife heraus). Nach dem Sprung aus der Schleife mit *break* geht es im Programmfluss hinter der Schleife weiter. Das ist insbesondere in Verbindung mit dem Prüfen einer Bedingung über *if* oft sinnvoll. Diese Bedingung im Inneren ist in der Regel nicht mit der Bedingung im Schleifenkopf identisch. Dazu kommen wir gleich.

Zahl		2. Pot		3. Pot		4. Pot
1		1		1		1
2		4		8		16
3		9		27		81
4		16		64		256
5		25		125		625
6		36		216		1296
7		49		343		2401
8		64		512		4096
9		81		729		6561
Schleife beendet						
>>>						

Abb. 8.4 Ausgabe der Schleife

8.3.2.2 Die for-Schleife

Eine weitere Schleifenform wird über das Schlüsselwort *for* eingeleitet. Die allgemeine Syntax sieht schematisch so aus:

Beispiel

for x in Datenstruktur:

Anweisungen

Wie Sie schon an der schematischen Beschreibung sehen, ist diese Schleife zur Anwendung bei Datenstrukturen gedacht. Diese Datenstrukturen zählen in Python zu den Highlights. Schleifen mit *for* sind insbesondere im Zusammenhang mit Arrays, Mengen, Listen, Tupeln etc. von Bedeutung und werden auch in dem Zusammenhang erst mit Beispielen unterfüttert, da wir diese Datenstrukturen noch nicht behandelt haben. Aber eine Datenstruktur kennen wir schon – den String. Denn das ist im Sinn von Python eine Datenstruktur. Das wäre eine kleine Anwendung der Schleife (*kontroll5.py*):

```
text = "The Funniest Joke in the World";
zv = 0;
for x in text:
    zv+=1;
    print("Zeichen ", zv, ":\t", x);
print("Schleife beendet");
```

Die Datenstruktur *text* (ein String aus einer gewissen Anzahl an Zeichenliteralen) wird Zeichen² für Zeichen durchlaufen. Das jeweilige Zeichen wird dann in einer eigenen Zeile ausgegeben (Abb. 8.5). Wenn das letzte Element erreicht und verarbeitet wurde, wird die Schleife beendet.

- Die Zählvariable *zv* ist explizit nicht notwendig, da die Bedingung zum Abbruch (im Gegensatz zur *while*-Schleife) nicht daran gekoppelt ist. Eine solche Zählvariable wird aber oft auch bei der Schleifenform „mitgeführt“, wenn man eine gewisse Logik daran koppeln will. In dem Beispiel wird damit einfach gezählt, welches Element gerade in Arbeit ist.³

8.3.3 Sprunganweisungen

Python stellt eine gewisse Anzahl an Sprunganweisungen zur Verfügung. Diese verlassen eine umgebende syntaktische Struktur und führen dazu, dass mit der direkten Anweisung hinter der syntaktischen Struktur weitergemacht wird. Der Begriff einer „syntaktischen Struktur“ ist

²Genauer ist „Element“.

³Was in dem Fall äquivalent zur Anzahl der bisherigen Schleifendurchläufe ist.

Abb. 8.5 Die for-Schleife

```

Zeichen 1 : T
Zeichen 2 : h
Zeichen 3 : e
Zeichen 4 :
Zeichen 5 : F
Zeichen 6 : u
Zeichen 7 : n
Zeichen 8 : n
Zeichen 9 : i
Zeichen 10 : e
Zeichen 11 : s
Zeichen 12 : t
Zeichen 13 :
Zeichen 14 : J
Zeichen 15 : o
Zeichen 16 : k
Zeichen 17 : e
Zeichen 18 :
Zeichen 19 : i
Zeichen 20 : n
Zeichen 21 :
Zeichen 22 : t
Zeichen 23 : h
Zeichen 24 : e
Zeichen 25 :
Zeichen 26 : W
Zeichen 27 : o
Zeichen 28 : r
Zeichen 29 : l
Zeichen 30 : d
Schleife beendet
>>>

```

recht abstrakt, aber eine solche syntaktische Struktur kennen Sie – die Schleifen. Allgemein wird eine Schleife beendet, wenn die überprüfte Bedingung nicht mehr erfüllt ist. Schleifen sind aber recht kritische Stellen in jedem Programm oder Skript. Es kann leicht zu Endlosschleifen oder ungewollten Durchläufen kommen. Oder Sie brauchen mehrere Bedingungen, bei denen eine Schleife oder ein Schleifendurchlauf zu beenden ist.

8.3.3.1 Abbruch mit `break`

Die Anweisung `break` verlässt eine Syntaxstruktur sofort, wenn diese Stelle im Quelltext erreicht wird. Das kann man in Schleifen nutzen (*kontroll6.py*).

```

i = 0;
while True:
    i+=1;
    print(i ,"\t:\t", i * i);
    if (i > 9): break;
print("Schleife beendet");

```

Mit `while True:` wird in dem Beispiel eine Endlosschleife erzeugt. Aber mit `if(i > 9):break` wird diese verlassen, wenn die Bedingung erfüllt ist.

Hintergrundinformation

Beachten Sie, dass die Anweisung *break* unmittelbar dem Doppelpunkt folgt. Das kann man in Python dann machen, wenn nur genau eine Anweisung statt eines Anweisungsblocks notiert wird.

8.3.3.2 Fortsetzen mit *continue*

Neben *break* gibt es im Zusammenhang mit Schleifen noch die Sprunganweisung *continue*. Sie können damit an einer bestimmten Stelle innerhalb des Schleifenblocks unmittelbar den nächsten Schleifendurchlauf erzwingen und die nachfolgenden Anweisungen innerhalb des Schleifenblocks ignorieren (*kontroll7.py*).

```
i = 0;
while (i < 10):
    i+=1;
    if ((i % 2) != 0): continue;
    print(i);
print("Schleife beendet");
```

- **Tipp** Die Verwendung von *continue* findet man in der Praxis nicht sonderlich oft. Alternativ kann man fast immer Bedingungen so formulieren, dass man darauf verzichten kann.

Das Beispiel gibt nur die geraden Zahlen der Zählvariablen einer Schleife aus. Die erste Anweisung des Schleifenblocks wird für jeden Durchlauf ausgeführt. Danach wird unter Verwendung von dem Modulo-Operator und dem Ungleich-Operator in einer *if*-Bedingung getestet, ob die Zählvariable ungerade ist. Falls der Test *True* liefert, wird *continue* ausgeführt und sofort ein weiterer Durchlauf der Schleife gestartet. Der Wert der Zählvariablen wird dabei natürlich um 1 erhöht. Die folgende Zeile im Block der Schleife wird dabei übersprungen. Falls die Zählvariable jedoch gerade ist, wird die Anweisung ausgeführt (Ausgabe von dem Wert der Zählvariablen).

8.3.3.3 Rückgabe mit *return*

Im Zusammenhang mit Funktionen gibt es die Sprunganweisung *return*. Diese verlässt eine Funktion und gibt in der Regel einen Rückgabewert zurück. Wir werden diese Sprunganweisung bei den Funktionen behandeln.

8.3.3.4 Unterbrechung mit *raise*

Die vierte Sprunganweisung bei Python nennt sich *raise*. Damit werfen Sie eine sogenannte Ausnahme aus, die den normalen Programm- beziehungsweise Skriptablauf unterbricht und zu einer Behandlungsroutine springt. Wir besprechen die Ausnahmebehandlung in einem späteren Kapitel mit fortgeschrittenen Python-Techniken.

Funktionen in Python – Modularisierung mit „Unterprogrammen“

9

9.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Mit Built-in-Functions von Python als eine Art Unterprogramme des APIs haben wir schon mehrfach Berührung gehabt. Aber natürlich können Sie auch eigene Funktionen in Python erstellen, um Ihre Programme zu strukturieren und zu modularisieren. Wenn man von einigen Besonderheiten in Python absieht (siehe Abschn. 9.4), ist die Deklaration und Verwendung von eigenen Funktionen in Python sogar äußerst einfach.

9.2 In Python eigene Funktionen deklarieren – das Schlüsselwort `def`

Die Deklaration einer eigenen Funktion beginnt in Python mit dem Schlüsselwort `def`. Dem Schlüsselwort folgen der Name der Funktion und runde Klammern, in die bei Bedarf Parameter eingefügt werden. Das ist in Python ganz so wie in nahezu allen Programmiersprachen, die Funktionen oder Methoden deklarieren lassen. Die Besonderheit in Python ist wieder der nun folgende Doppelpunkt, mit dem der Anweisungsblock eingeleitet wird.

Schematisch sieht die Deklaration einer Funktion so aus:

Beispiel

```
def functionsname(Parameterliste):  
....
```

Ein Beispiel für die Deklaration einer Funktion ohne Parameter könnte so aussehen:

```
def ausgabe():  
    print("Ein Kratzer?! Ihr Arm ist ab!")  
    print("Nein, das stimmt nicht.")
```

9.2.1 Übergabewerte

Über **Funktionsparameter** oder kurz Parameter (manchmal auch Argumente genannt, wobei das eigentlich die Aufrufsituation beschreibt) übergibt man Werte an eine Funktion. Bei der Deklaration schreibt man in Python die Namen als kommataseparierte Liste hin.

► Die Parameter sind innerhalb der Funktion in Python **lokale** Variablen.¹

Hier wäre ein Beispiel mit Parametern, die dann in der Funktion als Variablen verwendet werden:

```
def multiplizieren(a, b):  
    print(a * b)
```

In den meisten Programmiersprachen unterscheidet man nun im Wesentlichen zwischen zwei Formen der Parameterübergabe:

- Call-by-value
- Call-by-reference

9.2.1.1 Wertübergabe (Call-by-value)

Beim Aufruf der Funktion stellt bei Call-by-value jedes Argument nur einen **Wert** dar, der in der Funktion verwendet werden kann. Wenn hier eine Variable notiert wird, wird nur der Wert und nicht die Variable selbst übergeben. Es wird quasi eine Kopie der Variable übergeben.

9.2.1.2 Referenzübergabe (Call-by-reference)

Bei der Referenzübergabe wird eine Referenz auf die Speicheradresse (oft Pointer oder Zeiger genannt) übergeben. Man nutzt als Parameter dann nur Variablen – also einen Ausdruck, deren Adresse berechnet werden kann. Das bewirkt, dass sich alle Änderungen innerhalb der Funktion an diesem Parameter auch im aufrufenden Teil des Programmes auswirken.

¹ Das ist in nahezu allen Programmiersprachen der Fall.

9.2.1.3 Was gilt in Python? Call-by-Object

In Python gilt von der Wirkung her Call-by-value. Es wird also eine Kopie übergeben und Änderungen in der Funktion verändern nicht die globale Variable. Nur ist das nicht ganz so trivial, denn Python benutzt einen Mechanismus, den man als „Call-by-Object“ oder auch „Call-by-Object-Reference“ oder „Call-by-Sharing“ bezeichnet. Beim Aufruf einer Funktion werden bei Python nicht Zeiger auf Variablen, sondern Zeiger auf die zugrunde liegenden Objekte übergeben. Insofern könnte man von einer Art Referenzübergabe sprechen. Zuerst verhält sich Python wie bei „Call-by-reference“, in dem Ergebnis jedoch wie „Call-by-value“, weil das Objekt ausgewertet wird. Der Vorteil ist, dass man beliebige Ausdrücke übergeben kann.

9.2.2 Rückgabewerte

Eine Funktion kann auch einen Rückgabewert liefern. Das ist ein Ergebnis. Der Rückgabewert wird mit dem Schlüsselwort *return* zurückgegeben. Das ist in der Regel die letzte Anweisung im Funktionsblock, sofern das nicht bedingt gemacht wird.

Schematisch sieht das so aus:

Beispiel

```
def functionsname(Parameterliste):  
    ....Anweisungen  
    return Ergebnis
```

Hier wäre ein Beispiel mit Rückgabewert:

```
def multiplizieren(a, b):  
    return a * b
```

Hintergrundinformation

Eine Funktion ohne Rückgabewert wurde früher **Prozedur** genannt. In modernen Sprachen unterscheidet man sprachlich nicht mehr zwischen Funktionen mit oder ohne Rückgabewert.

9.3 Funktionen aufrufen

Die Deklaration von Funktionen ist nur die eine Seite der Medaille. Man muss sie erst aufrufen, damit sie aktiv werden. Funktionen werden dabei einfach über ihren Namen und gegebenenfalls Übergabewerte aufgerufen. Funktionsaufrufe sind also in dem Sinn „normale“ Anweisungen.

- **Tipp** Sie können in einer Funktion eine andere selbstdefinierte² Funktion aufrufen. Beachten Sie, dass diese aber **vor dem Aufruf** in einer anderen Funktion deklariert werden muss. Andernfalls erhalten Sie einen *NameError*.

Hier ist ein Python-Programm (*Funktionen1.py*) mit der Deklaration von vier Funktion und deren folgendem Aufruf in verschiedenen Konstellationen:

```
def multiplizieren(a, b):
    print(a * b)

def multi(a, b):
    return a * b

def ausgabe():
    print("Ein Kratzer?! Ihr Arm ist ab!")
    print("Nein, das stimmt nicht.")

def rechnen(a, b, c):
    if c == "*":
        return multi(a, b)
    elif c == "+":
        return a + b
    elif c == "-":
        return a - b
    elif c == "/":
        return a / b

ausgabe()
multiplizieren(6,7)
print(rechnen(7,6,"*"))
print(rechnen(22,20,"+"))
```

- Zuerst wird einfach eine Funktion *multiplizieren(a, b)* deklariert, welche die beiden übergebenen Parameter multipliziert und direkt ausgibt. Es gibt keinen Rückgabewert.
- Danach wird eine Funktion *multi(a, b)* deklariert, welche ebenso die übergebenen beiden Parameter multipliziert, aber nicht ausgibt. Stattdessen wird das Ergebnis der Multiplikation als Rückgabewert geliefert.
- Die dritte Funktion *ausgabe()* hat weder Parameter noch einen Rückgabewert. Hier wird einfach eine Ausgabe ausgeführt.
- Die vierte Funktion *rechnen(a, b, c)* zeigt den wahrscheinlich interessantesten Aufbau. Denn es gibt drei Parameter und mit dem dritten Parameter wird der interne Programmfluss der Funktion gesteuert. Damit wird diese Funktion einen **bedingten Rückgabewert** liefern, denn die gewählte *return*-Anweisung hängt vom Wert des dritten Parameters ab. Was weiter interessant ist: Die Funktion ruft zur Berechnung der Multiplikation die Funktion *multi()* auf, die oberhalb dieser Stelle deklariert wurde.

²Und natürlich auch eine Standardfunktion des APIs.

Abb. 9.1 Die Ausgabe des Programms

```
Ein Kratzer?! Ihr Arm ist ab!
Nein, das stimmt nicht.
42
42
42
>>>
```

Die weiteren Aufrufe der Funktionen werden nun sequenziell notiert und müssen keinesfalls in der Reihenfolge der Deklaration erfolgen. Letzteres ist zwar trivial, soll aber dennoch erwähnt werden.

Die Ausgabe des Programms sehen Sie in Abb. 9.1.

9.3.1 Stehen in Python global deklarierte Variablen in der Funktion zur Verfügung?

Es stellt sich bei Funktionen auch die Frage, ob global deklarierte Variablen in der Funktion zur Verfügung stehen? Die Antwort ist nicht ganz so trivial und muss genauer untersucht werden. Denn es hängt von der konkreten Situation ab.

9.3.1.1 Deklaration vor dem Funktionsaufruf

Sofern globale Variablen **vor dem Aufruf** der Funktion deklariert wurden, stehen sie in der Funktion zur Verfügung, aber nur als Kopie. Änderungen an den Variablen in der Funktion wirken sich nicht auf globale Variablen aus. Das werden wir uns noch in einem anderen Zusammenhang ansehen (Abschn. 9.2.1). Der folgende Code (*GlobaleVariablen.py*) funktioniert:

```
a = 42

def ausgabe():
    print(a)

ausgabe()
print(a)
```

Die Ausgabe ist das:

```
42
42
```

In der Funktion und außerhalb steht die Variable *a* zur Verfügung, denn Sie wurde vor dem Funktionsaufruf deklariert. Aber auch das funktioniert:

```
def ausgabe():
    print(a)

a = 42

ausgabe()
print(a)
```

Zwar steht die **Deklaration** der Funktion `ausgabe()` **vor** der Deklaration der globalen Variable, aber der **Aufruf** der Funktion **dahinter**.

9.3.1.1.1 Das Schlüsselwort `global`

Wie gesehen, stehen globale Variablen in der Funktion nur als Kopie zur Verfügung und Änderungen an den Variablen in der Funktion wirken sich nicht auf globale Variablen aus. Jetzt gibt es aber noch das Schlüsselwort `global`, mit Sie in der Funktion bekannt geben, dass man auf die globale Variable zugreift. Das ist ein Verhalten, wie man es etwa in PHP auch kennt. Beispiel (*GlobaleVariablen2.py*):

```
a = 42

def ausgabe():
    global a
    print(a)
    a = 3
    print(a)

ausgabe()
print(a)
```

Das funktioniert, weil in der Funktion `a` global ist und Änderungen daran wirken sich auf die globale Variable aus:

```
42
3
3
```

9.4 Rekursion

Selbstverständlich unterstützt Python auch sogenannte **rekursive Funktionsaufrufe** – auch **Selbstaufufe** genannt. Das Adjektiv „rekursiv“ stammt vom lateinischen Verb „*recurrere*“, was „zurücklaufen“ bedeutet. Rekursive Aufrufe haben eine gewisse Ähnlichkeit mit Schleifen, da auch damit Anweisungen wiederholt werden und sie sind nicht ganz trivial. Beachten Sie aber, dass rekursive Aufrufe zwar ähnlich wie Schleifen funktionieren, aber die rekursiven Funktionsaufrufe intern auf dem sogenannten **Stack** (Stapel) des Computers abgelegt und von dort wieder genommen werden, während Schleifen damit nichts zu tun haben und über einen Speicherbereich mit Namen **Heap** (Haufen) arbeiten. Dieser Unterschied kann sich auf die Performance auswirken, aber vor allen Dingen ist die Reihenfolge einer Verarbeitung von Bedeutung. Denn während eine Schleife chronologisch bei jedem Durchlauf einer Schleife Anweisungen ausführt, erfolgt die Abarbeitung bei einer Rekursion nach dem **FILO**-Prinzip.

FILO steht für „First in last out“. Das klingt jetzt vielleicht etwas seltsam, aber wenn Sie an einen realen Kartenstapel denken, wird die Sache leicht klar. Stellen Sie sich vor, Sie

legen Karten einzeln auf einem Kartenstapel aufeinander. Wenn Sie die Karten wieder einzeln wegnehmen, nehmen Sie sie von oben weg, bis die letzte Karte entnommen wurde und der Stapel weg ist. Die Karte, die als erstes (first in) auf den Stapel gelegt wurde, ist also vor dem „Abarbeiten“ des Stapels ganz unten und wird als letzte Karte verarbeitet (last out).

- Eine rekursive Funktion muss terminieren, damit man sie in einem Programm benutzen kann. Eine rekursive Funktion terminiert (endet), wenn mit jedem Rekursionsschritt das Problem reduziert wird und sich in Richtung einer Abbruchbedingung bewegt. Das ist der Fall, wenn die Funktion sich nicht mehr selbst aufruft. Sollten zu viele Aufrufe auf den Stack gelegt werden (etwa weil man kein vernünftiges Abbruchkriterium für die Anzahl der Selbstaufrufe definiert hat), wird man in Python einen *RecursionError* erhalten. Das erkennt man an einer Meldung der Art: *RecursionError: maximum recursion depth exceeded in comparison*

Nun ist die FILO-Reihenfolge bei Rekursion nicht immer von Bedeutung. Im einfachen Fall ruft sich eine Funktion im Laufe der Abarbeitung bloß selbst wieder auf und macht irgendetwas, was vom vorherigen Aufruf nicht abhängt oder man liefert keine Ausgabe, die den aktuellen Status anzeigt. Aber wenn ein Aufruf von dem vorherigen abhängt, dann ist die Reihenfolge natürlich massiv von Bedeutung. Gerade wenn eine rekursive Funktion einen Rückgabewert liefert, ist das FILO-Prinzip wichtig. Die nachfolgenden Beispiele zeigen sowohl die einfache Situation von unabhängigen Aufrufen als auch von einfachen abhängigen Aufrufen als auch einen klassischen Algorithmus für Rekursion, der mit Rückgabewerten der rekursiven Funktion arbeitet – die Fakultätsberechnung. Diese ist meist das Standardbeispiel für Rekursion beim Erlernen einer Programmiersprache.

Beispiel 1 (*Rekursion.py*):

```
i = 0

def fkt():
    global i
    i += 1
    if i < 10:
        fkt()

fkt()
print(i)
```

Für den Rekursivaufruf, bei dem die Reihenfolge der Abarbeitung im Grunde uninteressant ist, definieren wir eine globale Variable *i*, die rekursiv erhöht werden soll. Die Funktion *fkt()*

- nutzt das Schlüsselwort *global*, um auf die globale Variable *i* zuzugreifen,
- erhöht *i* um den Wert 1 und
- ruft sich dann wieder auf, bis die globale Variable *i* den Wert 10 erreicht hat.

Danach springt der Programmfluss hinter den Aufruf der Funktion *fkt()* und der Wert der globalen Variable *i*, der zu dem Zeitpunkt 10 ist, wird ausgegeben. Grundsätzlich ist also an der Stelle nur die Tatsache interessant, dass sich eine Funktion wieder selbst aufruft und es am Ende ein Ergebnis gibt.

Nun wollen wir aber ohne die globale Variable arbeiten und der Funktion einen Parameter übergeben. Beachten Sie diese Variante des Listings (*Rekursion2.py*):

```
def fkt(i):
    if i < 10:
        i += 1
        fkt(i)
    print(i)

fkt(0)
```

In diesem Beispiel wird der Funktion *fkt()* beim ersten Aufruf der Wert 0 übergeben. Da damit die Bedingung der *if*-Anweisung im Inneren der Funktion erfüllt ist, werden die Erhöhung und der Selbstaufruf durchgeführt. Damit bekommt der zweite Aufruf der Funktion aber den Wert 1 übergeben. Die Selbstaufrufe werden so lange auf den Stack gelegt, bis die Bedingung der *if*-Anweisung nicht mehr erfüllt ist. Erst dann wird die Anweisung hinter dem Block der *if*-Anweisung ausgeführt. Diese gibt den Wert der lokalen Variable *i* aus und das ist zu dem Zeitpunkt der Wert 10.

Beachten Sie, dass bis zu der Stelle noch keine weiteren Ausgaben erfolgt sind. Diese Anweisungen zur Ausgabe liegen alle noch auf dem Stack. Und erst jetzt werden die auf dem Stack abgelegten Funktionsaufrufe nach dem FILO-Prinzip abgearbeitet. Das bedeutet, zuerst wird die Anweisung *print(10)*, dann *print(9)* bis hin zu *print(1)* ausgeführt (Abb. 9.2).

Nun waren die beiden letzten Beispiele etwas „künstlich“. Aber mit der Berechnung der Fakultät haben wir eine reale mathematische Fragestellung. Bei der Berechnung der Fakultät in der folgenden Funktion *fac()* sollten wir genauer hinsehen. Die Funktion besitzt einen Übergabeparameter und einen Rückgabewert und da werden sich bei rekursiven Aufrufen spannende Dinge abspielen. Das ist das – vielleicht überraschend – knappe Listing zur rekursiven Berechnung der Fakultät:

Abb. 9.2 Rekursion

```
10
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
>>> |
```

```
def fac(n):  
    if n == 1:  
        return 1  
    else:  
        return n * fac(n-1)  
  
print(fac(5))
```

Wenn die Funktion erstmals aufgerufen wird (*fac(5)*), hat der Parameter *n* den Wert 5. Nun wird im Inneren der Funktion geprüft, ob der Wert von *n* 0 ist. Das ist nicht der Fall und der *else*-Zweig wird „ausgeführt“, wobei „ausgeführt“ hier eben bedeutet, dass der Aufruf der Funktion auf den Stack gelegt wird, mit dem Wert 5 für den Parameter. Und der *else*-Zweig sorgt dafür, dass die nächste „Karte“ auf dem Stapel der Aufruf von *fac(4)* ist (*fac(n-1)*). Dann kommen *fac(3)*, *fac(2)*, *fac(1)* und zuletzt *fac(0)* auf den Stapel.

Und dann kommt es wieder zum Leeren des Stacks und die Rückgabewerte kommen zum Tragen. Zuerst wird *fac(0)* aufgerufen und vom Stapel genommen. Diese Funktion liefert den Rückgabewert 1, was im Moment uninteressant ist. Aber beim nächsten Aufruf (*fac(1)*) gelangen wir in den *else*-Zweig. Und dort wird der Wert von *n* (1) mit dem Rückgabewert von *fac(0)* (1) multipliziert. Das Ergebnis (1) ist der Rückgabewert von *fac(1)*.

Nun liegt *fac(2)* oben im Stapel. Und dort wird der Wert von *n* (2) mit dem Rückgabewert von *fac(1)* (1) multipliziert. Das Ergebnis (2) ist der Rückgabewert von *fac(2)*.

Jetzt ist *fac(3)* oben im Stapel und hier wird der Wert von *n* (3) mit dem Rückgabewert von *fac(2)* (2) multipliziert. Das Ergebnis (6) ist der Rückgabewert von *fac(3)*.

So geht es weiter. Bei *fac(4)* wird der Wert von *n* (4) mit dem Rückgabewert von *fac(3)* (6) multipliziert. Das Ergebnis (24) ist der Rückgabewert von *fac(4)*.

Der letzte Funktionsaufruf auf dem Stapel nimmt den Wert 5 für *n* und multipliziert ihn mit 24. Und diese Rückgabe von 120 ist letztendlich das, was der Aufrufer von *fac(5)* bekommt und verarbeiten (in unserem Fall ausgeben) kann.

Der Stack ist jetzt auch wieder leer.

9.5 Innere Funktionen – Closures

Python erlaubt auch den Aufbau verschachtelter Funktionen. Dabei wird eine Funktionsdeklaration direkt in eine andere Funktion hinein notiert! In dem Fall gelten einige spezielle Regeln:

- Die innere verschachtelte Funktion kann nur über die äußere aufgerufen werden und ist für direkte Zugriffe unzugänglich!
- Die innere Funktion kann die Variablen oder andere innere Funktionen der äußeren Funktion verwenden.
- Die äußere Funktion hat keinen Zugang zu den lokalen Variablen der inneren Funktion. Bei einem versuchten Zugriff kommt es zu einem *NameError*.

Zur Laufzeit erzeugt der Python-Interpreter beim Aufruf der äußeren Funktion den Code der inneren Funktion. Dabei entsteht ein sogenanntes **Closure** (Einschluss) der inneren Funktion – das ist der Code der Funktion und eine Referenz auf alle Variablen, die von der inneren Funktion benötigt werden. Ein Closure kombiniert den Programmcode mit der lexikalischen Umgebung – das heißt, das Closure „merkt“ sich die Umgebung, in der es erzeugt wurde. Beispiel (*Closure.py*):

```
def aussen():
    i = 42
    def innen():
        text = "Die Antwort ist"
        print(text)
        print(i)
    innen()

aussein()
```

- Zuerst wird eine Funktion *aussein()* definiert, die direkt hinter der Deklaration aufgerufen wird.
- In der Funktion *aussein()* gibt es eine lokale Variable *i*, die mit dem Wert 42 initialisiert wird. Dazu finden Sie die innere Funktion *innen()*.
- Die innere Funktion *innen()* deklariert eine lokale Variable, greift aber auch auf die lokale Variable *i* aus dem Geltungsbereich der äußeren Funktion zu.
- Der Aufruf der inneren Funktion *innen()* erfolgt im Geltungsbereich der äußeren Funktion.

Hintergrundinformation

Mit Closures kann man in Python auch rein funktional das Konzept der Datenkapselung unterstützen, das im Rahmen der objektorientierten Programmierung zu den Grundprinzipien zählt.

9.6 Lambda-Ausdrücke und anonyme Funktionen

In vielen Sprachen kennt man sogenannte **anonyme Funktionen**. Das sind Funktionen, bei deren Deklaration man keinen Bezeichner angibt, die aber eine **Funktionsreferenz** auf sich selbst zurückliefern. In Python werden diese über sogenannte **Lambda-Ausdrücke** umgesetzt. Dazu gibt es den *lambda*-Operator, der einer Funktionsdeklaration vorangestellt wird.

Lambda-Funktionen können eine beliebige Anzahl von Parametern haben, führen einen Ausdruck aus und liefern den Wert dieses Ausdrucks als Rückgabewert. Die allgemeine Syntax einer Lambda-Funktion sieht so aus:

Beispiel*lambda Argumentenliste: Ausdruck*

Die Argumentenliste besteht aus einer durch Kommata getrennten Liste von Argumenten und nach dem Doppelpunkt folgt ein Ausdruck, der diese Argumente benutzt. Schauen wir uns ein einfaches Beispiel der reinen Deklaration einer Lambda-Funktion an (*Lambda.py*).

```
lambda x: x + 21
```

Bei dem obigen Beispiel handelt es sich um eine Funktion mit einem Argument x . Der Wert 21 wird dem Wert von x aufaddiert. Doch wie können wir die obige Funktion benutzen? Sie hat ja explizit keinen Namen!

9.6.1 Lambda-Funktionen verwenden

Der „Trick“ beruht darauf, dass man entweder den Lambda-Ausdruck direkt in einem anderen Ausdruck verwendet oder aber einer Variablen zuweist, um darüber die Funktion zu verwenden. Denn Lambda-Ausdrücke liefern ja eine Funktionsreferenz!

Nutzen wir also nun die Deklaration einer Lambda-Funktion (*Lambda.py*).

```
lbd = lambda x: x + 21
print(lbd(21))
```

```
def lambdaAnwenden(x, liste):
    for l in liste:
        print(x(l))
```

```
lambdaAnwenden(lbd, [2, 3, 5, 7, 11])
lambdaAnwenden(lambda x: x * 2, [2, 3, 5, 7, 11])
```

Sie sehen, dass der Lambda-Ausdruck einer Variablen *lbd* zugewiesen wird. Damit kann man die Funktion über *lbd()* benutzen, wobei man natürlich die geforderten Parameter anzugeben hat.

Besonders spannend sind Lambda-Ausdrücke, wenn diese als Parameter an andere Funktionen notiert werden, entweder über eine benannte Funktionsreferenz (*lbd*) oder anonym (*lambda x: x * 2*). In der Funktion *lambdaAnwenden()* in dem Beispiel nimmt die Funktion zwei Parameter entgegen. Der erste ist eine Funktionsreferenz und der zweite eine Struktur wie etwa eine Liste. Über diese wird iteriert und für jedes der Elemente der Lambda-Ausdruck angewendet. Das ist eine der häufigsten Anwendungen von Lambda-Ausdrücken.

- **Tipp** Lambda-Ausdrücke findet man auch oft in der objektorientierten Programmierung, um Methoden anonym zu deklarieren. Damit kann man die Datenkapselung auf einfache Weise umsetzen.

9.7 Besondere Situationen bei Funktionen in Python

Der Umgang mit Funktionen ist in Python also – vielleicht mit Ausnahme der rekursiven Aufrufe und der Closures – ziemlich trivial, wie Sie gerade gesehen haben. Aber es gibt ein paar Details, um die man sich Gedanken machen muss.

9.7.1 Lokale Variablen in Funktionen

Es wurde schon beschrieben, dass Parameter in der Funktion natürlich auch in Python lokale Variablen sind. Aber was gilt für Variablen, die in Funktionen neu (und ohne besondere Vorkehrungen) deklariert werden? Sind sie lokal wie etwa in PHP oder global wie zum Beispiel in JavaScript?

Die Antwort: Sie sind in Python **lokal** und stehen damit nicht außerhalb der Funktion zur Verfügung.

Ein Zugriff von außen führt damit zu einem Fehler (*NameError* Abb. 9.3).

```
def rechnen():  
    a = 3  
    print(a * 2)  
  
rechnen()  
print(a) # a ist global nicht vorhanden  
  
>  
    print(a) # a ist global nicht vorhanden  
NameError: name 'a' is not defined  
>>> |
```

Abb. 9.3 Die Variable ist lokal und von außen nicht zugänglich

Das Folgende funktioniert hingegen:

```
a = 42
```

```
def rechnen():  
    a = 3  
    print(a * 2)  
  
rechnen()  
print(a) # a ist global vorhanden
```

Die Ausgabe ist das:

```
6  
42
```

- Sie sehen am Ergebnis, dass die globale Variable *a* in der Funktion temporär **verdeckt** wird, da sie den gleichen Namen hat. Änderungen an lokalen Variablen mit dem gleichen Namen wie die verdeckten Variablen wirken sich nicht auf globale Variablen aus.

9.7.2 Die Anzahl der Parameter passen nicht

Was passiert nun in Python, wenn die Anzahl der Parameter einer Funktion bei der Deklaration nicht mit der Anzahl übereinstimmt, die beim Aufruf angegeben werden? Schauen wir uns die Details an.

Dabei muss man zwei Situationen unterscheiden.

9.7.2.1 Mehr Parameter beim Aufruf

Wenn zu viele Parameter beim Aufruf einer Funktion angegeben werden, kommt es zu einem *TypeError*. Betrachten Sie das Beispiel (Abb. 9.4):

```
def rechnen():  
    print(1)  
  
rechnen(1) # Ein Parameter wird beim Aufruf angegeben,  
           # obwohl kein Parameter erlaubt ist  
  
rechnen(1)  
TypeError: rechnen() takes 0 positional arguments but 1 was given  
>>> |
```

Abb. 9.4 Der Parameter beim Aufruf ist zuviel

9.7.2.2 Weniger Parameter beim Aufruf – optionale Parameter und variable Anzahl

Auch wenn zu wenige Parameter beim Aufruf einer Funktion angegeben werden, kommt es zu einem *TypeError* – Abb. 9.5.

```
def rechnen(a):
    print(1)
```

```
rechnen() # Ein Parameter fehlt beim Aufruf, obwohl ein Parameter nötig ist
```

Aber hier gibt es seitens Python zwei Möglichkeiten, so ein Verhalten zu erlauben:

- Funktionen können einmal **optionale Parameter** haben. Man nennt sie auch Default-Parameter. Dies sind Parameter, die beim Aufruf nicht angegeben werden müssen. In diesem Fall werden dann Vorgabewerte für diese Parameter eingesetzt, die bei der Deklaration durch ein Gleichheitszeichen zugewiesen werden.
- Eine **variable Anzahl von Parametern** lässt sich durch die Markierung eines Parameters mit einem Stern deklarieren. Das muss dann aber zwingend der letzte Parameter einer Funktion sein. Dieser Parameter ist dann als Liste zu verstehen.

Hier ist ein Listing mit beiden Varianten der Parameter (*BesondereParameter.py*):

```
def rechnen(a,b = 8): # optionaler Parameter b
    print(a*b)

def multiplizieren(a, *b): # b ist eine Liste variabler Länge
    erg = a
    for i in b:
        erg *=i
    print(erg)

rechnen(6)
rechnen(6,7)
multiplizieren(6)
multiplizieren(6, 1)
multiplizieren(6, 1, 1)
```

- Beim ersten Aufruf der Funktion *rechnen()* wird für *b* der Wert 8 als Vorgabewert genommen, aber beim zweiten Aufruf der Wert 7.
- Beim ersten Aufruf von *multiplizieren()* ist die Liste mit den Variablen Parametern leer, dann enthält sie ein Element und zum Schluss zwei Elemente.

```
rechnen() # Ein Parameter fehlt beim Aufruf, obwohl ein Parameter nötig ist
TypeError: rechnen() missing 1 required positional argument: 'a'
>>>
```

Abb. 9.5 Beim Aufruf fehlt ein Parameter

Abb. 9.6 Nach der Liste folgt ein weiterer Parameter

```
print(a)
NameError: name 'a' is not defined
>>>
```

Machen wir uns noch einmal klar, warum bei variablen Parametern diese zwingend am Ende der Parameterliste stehen müssen. Dazu wandeln wir das letzte Beispiel etwas ab, das einen Fehler produzieren wird (Abb. 9.6):

```
def multiplizieren(*b, a): # b ist eine Liste variabler Länge
    erg = a
    for i in b:
        erg *=i
    print(erg)

multiplizieren(6)
multiplizieren(6, 1)
multiplizieren(6, 1, 1)
```

Bei dem Aufruf der Funktion stellt sich die Frage, ob der Wert 6 nun Teil der Liste *b* ist oder der Wert für den Parameter *a*. Denn die Liste *b* ist ja optional und kann leer sein. Es gibt zum Aufrufzeitpunkt nirgendwo eine Möglichkeit zu erkennen, was genau gemeint ist. Deshalb können optionale Parameter nur als letzter Eintrag in einer Parameterliste auftauchen.

9.7.2.3 Deklaration nach dem Funktionsaufruf

Der nachfolgende Code deklariert die Variable hinter dem Aufruf der Funktion und das führt wie gesagt zu einer *NameError*.

So weit ist die Sache klar, wenn man die sequenzielle Abarbeitung des Quellcodes im Hinterkopf behält. Leider gibt es ein tückisches Verhalten in Python. Der folgende Code funktioniert auch nicht (*UnboundLocalError*):

```
a = 42

def ausgabe():
    print(a)
    a = 3
    print(a)

ausgabe()
print(a)
```

In dem Fall wird die Anweisung *print(a)* in der Funktion von Python so betrachtet, dass man eine lokale Variable *a* verwenden will und die wird erst in der folgenden Zeile deklariert (gebunden – deshalb *Unbound LocalError*). Das Tückische ist, dass erst die **nachfolgende**

Zeile diese Interpretation durch den Python-Interpreter bewirkt. Das Verhalten ist umso tückischer, denn Folgendes funktioniert wieder (*GlobaleVariablenKeinUnboundLocalError.py*):

```
a = 42

def ausgabe():
    a = 3
    print(a)
    print(a)

ausgabe()
print(a)
```

In dem Fall wird aber eben die globale Variable *a* durch die Zuweisung in der Funktion nicht verändert, denn *a* ist lokal. Die Ausgabe ist das:

```
3
3
42
```

9.7.3 Unerreichbarer Code

Es ist leider in manchen Sprachen durch unglückliche Kodierung des Quelltexts möglich, Codezeilen zu schreiben, die nie erreicht werden können. Dies nennt man **unerreichbaren Code (unreachable Code)**. Solcher Code ist zwar eigentlich nicht schädlich in dem Sinne, dass er etwas Falsches tut, aber wenn man sich darauf verlässt, dass bestimmte Codezeilen ausgeführt werden, und sie werden einfach nicht erreicht, kann der Schaden mindestens genauso groß sein. So etwas würde erstellt, wenn Sie nach einer *return*-Anweisung in einer Funktion weitere Anweisungen notieren. Mächtige Sprachen wie Java verhindern durch ihr Sicherheitskonzept die Erstellung von unerreichbarem Code oder warnen zumindest, wenn man diesen Fehler macht (etwa C#). Wie verhält sich Python?

Leider ist es möglich, dass man in Python unreachable Code erstellt. Das liegt nicht zuletzt daran, dass der Interpreter gar nicht erkennen kann, dass nach einer Sprungweisung noch weiterer Code steht – er wird ja nicht erreicht. Beispiel (*UnreachableCode.py*):

```
def ausgabe():
    return 1
    print("Wird nie erreicht")

print(ausgabe())
```

Sequenzielle Datenstrukturen – Mehrere Informationen gemeinsam verwalten

10

10.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Ein Highlight von Python ist dessen Umgang mit verschiedenen Arten von Datenstrukturen, in denen mehrere Informationen gemeinsam bereitgestellt werden. Für diese gibt es sowohl diverse Arten der Verwaltung, aber auch eine ganze Reihe an nützlichen und bequemen Techniken für den Umgang damit. Diesem Thema widmen wir uns jetzt.

10.2 Was sind sequenzielle Datenstrukturen?

Allgemein bestehen in Python¹ sogenannte sequenzielle Datentypen aus einer Aneinanderreihung von einzelnen Werten. Damit kann man Variablen anlegen, die mehrere Werte zur Verfügung stellen, oder auch direkt mit diesen komplexen Datenstrukturen arbeiten. Dabei sollen in dem Kapitel zwei sequenzielle Strukturen genauer vorgestellt werden, die wir entweder schon kennen oder die unter dem Begriff so in Python nicht verwendet werden.

10.2.1 Zeichenketten als sequenzielle Ansammlung von Zeichenliteralen

Den vermutlich gebräuchlichsten sequenziellen Datentyp haben Sie bereits kennengelernt, denn wir haben damit schon mehr oder weniger ab dem ersten Python-Beispiel gearbeitet. Das war die **Zeichenkette**. Denn es handelt sich dabei im Hintergrund um eine Sequenz von einzelnen Zeichenliteralen.

¹ Wie auch in den meisten anderen Programmiersprachen.

10.2.2 Arrays

Nun kennt man eigentlich aus allen anderen Programmiersprachen sogenannte **Arrays**. Ein Array ist allgemein erst einmal nur eine Sammlung von Werten, die alle über

- einen gemeinsamen Bezeichner und
- einen Index

angesprochen werden können. Arrays sind immer dann von Nutzen, wenn eine Reihe von gleichartigen oder zusammengehörenden Informationen gespeichert werden soll. Wenn Sie für jede einzelne Information eine eigene Variable definieren, müssen Sie viele sinnvolle Namen vergeben und man hat viel Schreibarbeit. Außerdem steigt die Fehlerwahrscheinlichkeit. Ein Name und ein Index sind effektiver. Der Hauptvorteil ist aber, dass der Zugriff auf die einzelnen Einträge im Array über den Index erfolgen kann. Das kann man in Programmkontrollflussanweisungen und sonstigen automatisierten Vorgängen nutzen.

Unglücklicherweise wird der Begriff „Array“ in Python jedoch etwas anders als üblich verwendet. Es gibt zwar ein paar Funktionen, die in der Sprache mit dem Begriff assoziiert sind, aber das ist eher ein Randthema. Und in Python gibt es etwa **Byte-Arrays**, was die Arbeit mit Binäroperatoren berührt. Diese Form eines sequenziellen Datentyps ist für die Speicherung oder für die Übertragung von Binärdaten besonders gut geeignet.

Beispiel:

```
zahlen = bytes([0x13, 0x00, 0x00, 0x00, 0x08, 0x00])
print(zahlen)
```

Allerdings ist die Bedeutung von Byte-Arrays in Python eher gering und wir werden das Thema nicht vertiefen. Überhaupt werden wir den Begriff „Array“ verlassen. Denn statt Arrays in dem Sinn anderer Programmiersprachen benennt man in Python diese indizierten Datenstrukturen mit **Tupeln** und **Listen**. Aber auch **Dictionaries** werden in Python einen Teil dessen abdecken, was man üblicherweise unter Arrays versteht.

10.3 Tupel

Tupel sind in Python wie Strings eine Aneinanderreihung von beliebigen Werten. Tupel entstehen in Python ganz einfach, wenn man in **runden** Klammern Daten kommasepariert hintereinander schreibt.

Beispiel:

```
primzahlen = (2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31)
```

Beachten Sie, dass Tupel auf mehrere Zeilen verteilt werden können und dabei Leerzeichen und vor allen Dingen auch die Einrückung keine Rolle spielen, da die Elemente eines Tupels keine neue Python-Anweisung darstellen. Das wäre also eine korrekte Schreibweise, wenngleich aus meiner Sicht nicht gut lesbar und nicht zu empfehlen:

```
primzahlen = (2,
              3,
              5, 7, 11, 13, 17,
              19, 23, 29, 31)
```

Es können in Python auch beliebige Datentypen in einem Tupel auftauchen.

Beispiel:

```
adresse = ("Monthy", "Python", "Milchstrasse", 42, 12345, "Universum")
```

10.3.1 Verschachtelte Tupel

Da in Python eben beliebige Datentypen in einem Tupel auftauchen können, können Tupel in Python auch **verschachtelt** werden. Dazu wird einfach als Wert eines Tupels ein anderes Tupel notiert.

Beispiel:

```
verschachteltestupel = ((1,2), (3,4))
```

Diese und die vorherige Tatsache gestatten es, dass man auch so etwas machen kann (*Tupel1.py*):

```
primzahlen = (2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31)
print(primzahlen)
adresse = ("Monthy", "Python", "Milchstrasse", 42, 12345, "Universum")
print(adresse)
verschachteltestupel = ((1,2), (3,4))
print(verschachteltestupel)
tupel1 = (primzahlen, adresse)
print(tupel1)
tupel2 = ((2,3,5,7), (11,13,17))
print(tupel2)
```

Schauen wir uns den Quelltext schrittweise an:

- Erst wird am Anfang ein einfaches Tupel mit Zahlen angelegt und ausgegeben.
- Dann folgt ein Tupel mit verschiedenen Datentypen, dessen Inhalt ebenso ausgegeben wird.
- Das dritte Tupel ist verschachtelt und an der Ausgabe sehen Sie, dass die print-Funktion einfach sequenziell das erste innere und dann das zweite innere Tupel durchläuft.

```
(2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31)
('Monthy', 'Python', 'Milchstrasse', 42, 12345, 'Universum')
((1, 2), (3, 4))
((2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31), ('Monthy', 'Python', 'Milchstrasse', 42, 12345, 'Universum'))
((2, 3, 5, 7), (11, 13, 17))
>>>
```

Abb. 10.1 Tupel in verschiedenen Varianten

- Das vierte Tupel nimmt zwei bereits angelegte Tupel und macht daraus ein verschachteltes Tupel (also ein Tupel mit Tupel als Inhalt).
- Ebenso ist das fünfte Tupel ein verschachteltes Tupel, wobei aber die inneren Tupel wieder direkt angelegt werden. Die Besonderheit ist hier, dass die inneren Tupel eine unterschiedliche Anzahl an Elementen enthalten.

Das ist die Ausgabe (Abb. 10.1):

```
(2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31)
('Monthy', 'Python', 'Milchstrasse', 42, 12345, 'Universum')
((1, 2), (3, 4))
((2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31), ('Monthy', 'Python', 'Milchstrasse', 42, 12345, 'Universum'))
((2, 3, 5, 7), (11, 13, 17))
```

10.3.2 Tupel und der Membership-Operator

Nutzen wir bei Tupel nun einmal den **Membership-Operator** *in*, um den Inhalt eines Tupels zu untersuchen. Dabei können wir gleich auch noch die *if*-Anweisung und die *while*-Schleife in einer praktischen Anwendung sehen.

Die streng vereinfachte Situation soll wie folgt aussehen (*PruefeGeheimzahl.py*):

- Ein Anwender möchte am Geldautomat mit einer EC- oder Kreditkarte Geld abheben und muss dazu seine Geheimzahl eingeben. Die Karte soll bereits in den Automaten eingeführt und ein Betrag X für die Auszahlung ausgewählt sein.
- Bei dem Beispiel ist ein Tupel mit gültigen Geheimzahlen vorhanden. Die eingegebene Geheimzahl muss aus dem Bereich stammen.
- Ist die eingegebene Geheimzahl in dem Tupel vorhanden, dann bekommt der Anwender Geld ausgezahlt (Abb. 10.4). Andernfalls kann der Anwender die Geheimzahl erneut eingeben (Abb. 10.2, 10.3 und 10.4).
- Maximal drei Versuche hat der Anwender, um die richtige Geheimzahl einzugeben (Abb. 10.3).
- Der Anwender kann nach einer fehlerhaften Eingabe der Geheimzahl den Vorgang abbrechen (Abb. 10.2), zumindest so lange, wie die Anzahl der Versuche nicht zu groß ist. Nach dem dritten Fehlversuch ist Schluss.

Abb. 10.2 Der Vorgang wurde vom Anwender abgebrochen

```
Geben Sie Ihre Geheimzahl ein:
12345
Die Geheimzahl war leider nicht korrekt.

Abbruch (A)?
N
Geben Sie Ihre Geheimzahl ein:
12345
Die Geheimzahl war leider nicht korrekt.

Abbruch (A)?
A
>>>
```

Abb. 10.3 Zu viele Versuche

```
Geben Sie Ihre Geheimzahl ein:
123456
Die Geheimzahl war leider nicht korrekt.

Abbruch (A)?
W
Geben Sie Ihre Geheimzahl ein:
231123
Die Geheimzahl war leider nicht korrekt.

Abbruch (A)?
W
Geben Sie Ihre Geheimzahl ein:
232323
Die Geheimzahl war leider nicht korrekt.

Sie haben zu viele Versuche benötigt.
Die Karte wird eingezogen.
>>> |
```

```
Geben Sie Ihre Geheimzahl ein:
56578
Die Geheimzahl war leider nicht korrekt.

Abbruch (A)?
N
Geben Sie Ihre Geheimzahl ein:
1234
Die Geheimzahl ist korrekt. Geld auszahlen
>>> |
```

Abb. 10.4 Erfolgreiche Überprüfung

So könnten die Anforderungen umgesetzt werden:

```
gz = (1234, 5678, 87654, 12333, 4711)
anzahlVersuche = 0
while anzahlVersuche < 3:
    e = int(input("Geben Sie Ihre Geheimzahl ein:\n"))
    if e in gz:
        print("Die Geheimzahl ist korrekt. Geld auszahlen")
        break
    print("Die Geheimzahl war leider nicht korrekt.\n")
    anzahlVersuche += 1
    if anzahlVersuche < 3:
        w = input("Abbruch (A)?\n")
        if w == "A": break
if anzahlVersuche >= 3:
    print ("Sie haben zu viele Versuche benötigt.\nDie Karte wird eingezogen.")
```

Sie sehen in dem Listing den Membership-Operator, mit dem überprüft wird, ob die Eingabe mit den Elementen in dem Tupel für die Geheimzahlen übereinstimmt. In dem Beispiel wird die Anzahl der Eingabeversuche mitgezählt. Der Wert der Variable *anzahlVersuche* wird zur Steuerung des Programmflusses verwendet. Damit wird sowohl die Schleife gesteuert, als auch die Entscheidung getroffen, ob die Anzahl der Versuche so hoch ist, dass die Karte eingezogen wird.

Und da ein eventueller Abbruch des Vorgangs nur dann erfolgen kann, wenn der Wert der Variable noch kleiner als 3 ist, kann dieses Einziehen der Karte auch nicht erfolgen, wenn der Anwender den Vorgang rechtzeitig abbricht.

- Beachten Sie, dass in dem Beispiel die Situation wie gesagt streng vereinfacht ist. Es werden vor allen Dingen keine Fehleingaben (keine Zahlen etc.) abgefangen.

10.3.3 Einzelne Einträge in Tupel ansprechen

Nun stellt sich die Frage, wie man einzelne Elemente in einem Tupel ansprechen kann. Es geht über den Index. Dieser muss in **eckigen** Klammern angegeben werden.

Beispiel:

```
primzahlen[2]
```

- Tupel sind **nullindiziert**. Der erste Wert in einem Tupel hat also den Index 0. Das geht mit so gut wie allen modernen Sprachen einher, die Datenstrukturen immer nullindizieren.
- **Tipp** Die Anzahl der Elemente in einem Tupel als auch jeder anderen abzählbaren sequenziellen Struktur erhalten Sie mit der Built-in-Funktion *len()* (Abschn. [10.3.3.1](#)).

Doch wie spricht man bei verschachtelten Tupeln die einzelnen enthaltenen Werte an?

Die Indizes müssen in aufeinanderfolgenden eckigen Klammern notiert werden, ganz so wie es in den meisten anderen Programmiersprachen bei Arrays üblich ist.

Beispiel:

```
tupel2[1][1]
```

Schauen wir uns das Verfahren in einem vollständigen Beispiel an (*Tupel2.py*).

```
primzahlen = (2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31)
print(primzahlen[0])
adresse = ("Monthy", "Python", "Milchstrasse", 42, 12345, "Universum")
print(adresse[1])
verschachteltestupel = ((1, 2), (3, 4))
print(verschachteltestupel[1])
print(verschachteltestupel[1][1])
tupel1 = (primzahlen, adresse)
print(tupel1[0])
print(tupel1[1][1])
tupel2 = ((2, 3, 5, 7), (11, 13, 17))
print(tupel2[1][2])
```

Wir verwenden in dem Beispiel die gleichen Tupel wie im Listing *Tupel1.py*. Nur greifen wir jetzt gezielt auf die einzelnen Elemente zu. Verifizieren Sie die Schritte mit der Ausgabe des Beispiels (Abb. 10.5).

- Der erste Zugriff mit `print(primzahlen[0])` sollte klar sein. Da wir eine nullindizierte Sequenz haben, ist das das erste Element des Tupels und das ist der Wert 2.
- Der zweite Zugriff mit `print(adresse[1])` greift auf den zweiten Wert des Tupels *adresse* zu und da steht der String "Python".
- Der dritte Zugriff über `print(verschachteltestupel[1])` greift auf das zweite Element des Tupels *verschachteltestupel* zu. Das ist aber selbst wieder ein Tupel und deshalb sehen Sie in der Ausgabe (3, 4) – also beide Elemente des „inneren“ Tupels.

```
2
Python
(3, 4)
4
(2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31)
Python
17
>>> |
```

Abb. 10.5 Zugriff auf einzelne Elemente des Tupels

```
print(person[7])
IndexError: string index out of range
>>>
```

Abb. 10.6 Über das Ende des Strings hinausgegriffen – `IndexError: string index out of range`

```
print(primzahlen[14])
IndexError: tuple index out of range
```

Abb. 10.7 Das Tupel-Element ist nicht vorhanden – `IndexError: tuple index out of range`

- Mit `print(verschachteltestupel[1][1])` greifen wir jedoch dann gezielt auf das zweite Element im „inneren“ Tupel zu und das ist der Wert 4.
- Bei dem Zugriff Nummer 5 greifen wir mit `print(tupel1[0])` auf das erste Element des Tupels `tupel1` zu und das ist das innere Tupel `primzahlen`. Deshalb wird der Inhalt des gesamten Tupels `primzahlen` ausgegeben.
- Mit `print(tupel1[1][1])` nehmen wir das zweite Element von dem inneren Tupel `adresse` und das ist wieder der String "Python".
- Die letzte Zugriffsvariante `print(tupel2[1][2])` nimmt von dem Tupel `tupel2` das zweite Element (selbst wieder ein Tupel) und dessen drittes Element. Das ist der Wert 17.

- ▶ Wenn Sie beim Zugriff auf ein Element einer sequenziellen Datenstruktur einen Index verwenden, den es nicht gibt, erhalten Sie einen `IndexError` (Abb. 10.6 und 10.7).
- ▶ **Tipp** Negative Indizes sind möglich! Dann zählt der Index von hinten (Abschn. 10.3.3.1).

10.3.3.1 Angabe eines Indexbereichs (Range)

Wenn Sie bei dem Zugriff auf Elemente eines Tupels bei dem Index einen Bereich angeben, können Sie damit gezielt Elemente aus dem sequenziellen Datentypen extrahieren. Sie geben dazu in den eckigen Klammern den Anfangs- und den Endeindex an und trennen diese Indizes mit einem Doppelpunkt.

- ▶ **Tipp** Das Verfahren funktioniert auch bei allen abzählbaren sequenziellen Datentypen – nicht nur Tupel.

Bei Indexbereichen gibt es nun in Python das etwas gewöhnungsbedürftige Verhalten, dass ein zu großer Endeindex bei einem Range **keinen** `IndexError` auslöst, wie es bei einem Zugriff auf einen einzelnen fehlerhaften Index der Fall ist und man eigentlich erwarten sollte.² Stattdessen wird einfach der Bereich bis zum letzten Element verwendet.

²Bei den meisten anderen Programmiersprachen würde so etwas passieren.

Abb. 10.8 Indexbereiche

```

rai
rain
rain
rai
(3, 5, 7)
(13, 17, 19, 23, 29, 31)
(17, 19, 23, 29)
>>>

```

Das nachfolgende Beispiel verwendet Indexbereiche bei einem String und einem Tupel und zeigt die verschiedenen Verhaltensweisen (*Tupel3.py*).

```

person = "Brain"
print(person[1:4])
print(person[1:len(person)])
print(person[1:14])
print(person[-4:-1])
primzahlen = (2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31)
print(primzahlen[1:4])
print(primzahlen[5:len(primzahlen)])
print(primzahlen[-5:-1])

```

Verifizieren Sie die Schritte mit der Ausgabe des Beispiels (Abb. 10.8).

- Mit `print(person[1:4])` wird der Teil des Strings "Brain" ausgegeben, der mit dem zweiten Zeichen beginnt und dem vierten Zeichen endet. Das ist "rai".
- Bei `print(person[1:len(person)])` nutzen wir die Funktion `len()`. Diese liefert für den String "Brain" den Wert 5 und deshalb ist die Ausgabe "rain".
- Die Länge des Strings ist wie gesagt 5 und der Endeindex der Bereichsangabe bei `print(person[1:14])` deutlich größer. Dennoch kommt es nicht zu einem Fehler, sondern die Ausgabe "rain" zeigt, dass einfach am Ende der Sequenz abgeschnitten wird.
- Mit `print(person[-4:-1])` nutzen wir negative Indizes, sowohl für den Beginn als auch den Endeindex. Der Anfangsindex wird vom Wert 5 (der Länge des Strings) abgezogen und $5 - 4$ ergibt 1. Das ist also das Zeichen, das ist "r". Der Index für das letzte Zeichen ergibt sich aus $5 - 1$ und das ist das Zeichen "i". Also ist die Ausgabe "rai".
- Die nachfolgenden Ausgaben zeigen die gleichen Schritte für ein Tupel.

10.3.4 Die Anzahl der Elemente in einem Tupel bestimmen

Wenn Sie die Anzahl der Elemente in einem Tupel bestimmen wollen, steht Ihnen die Funktion `len()` zur Verfügung. Sie brauchen ihr als Parameter bloß das Tupel übergeben, dessen Anzahl von Elementen gezählt werden soll. Der Rückgabewert ist die Anzahl der Elemente im Tupel. Die Funktion kann man auch für Listen oder Dictionaries einsetzen.

10.4 Dynamische Listen

Nun gibt es in Python noch **Listen** als sequenziellen Datentypen. Auf den ersten Blick sind Listen und Tupels fast identisch, nur werden Listen in **eckige** Klammern gesetzt. Im einfachsten Fall erzeugt man eine leere Liste durch eckige Klammern ohne Inhalt. Beispiel:

```
primzahlen = []
```

Die Liste müsste man nun nach und nach dynamisch füllen. Aber man kann auch Vorgabewerte direkt bei der Deklaration angeben. So würde das leicht modifizierte Beispiel von oben mit Listen aussehen (*Liste1.py*):

```
primzahlen = [2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31]
print(primzahlen)
adresse = ["Monthy", "Python", "Milchstrasse", 42, 12345, "Universum"]
print(adresse)
verschachtelteliste = [[1, 2], [3, 4]]
print(verschachtelteliste)
listelupel = [(1, 2), (3, 4)]
print(listelupel)
listel = [primzahlen, adresse]
print(listel)
liste2 = [[2, 3, 5, 7], (11, 13, 17)]
print(liste2)
```

Das wäre die Ausgabe:

```
[2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31]
['Monthy', 'Python', 'Milchstrasse', 42, 12345, 'Universum']
[[1, 2], [3, 4]]
[(1, 2), (3, 4)]
[[2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31], ['Monthy', 'Python', 'Milchstrasse', 42, 12345, 'Universum']]
[[2, 3, 5, 7], (11, 13, 17)]
```

Beachten Sie, dass in Listen auch Tupel notiert werden können und umgekehrt. Es kann jeder Datentyp als Inhalt auftauchen. Das wird in dem Beispiel auch gemacht.

10.4.1 Warum Listen und Tupel?

Doch wozu gibt es noch Listen, wenn es schon Tupel gibt? Das wurde schon angedeutet – Tupel können nach der Erzeugung nicht mehr geändert werden (**immutable**), während Listen nachträglich veränderbar (**mutable**) sind.

► **Tipp** Tupel sind performanter, Listen dynamisch.

Machen wir uns den Unterschied praktisch deutlich (*Liste2.py*).

```
primzahlen = [2, 3, 5, 7, 11]
print(primzahlen)
primzahlen[0] = 6
print(primzahlen)
```

Sie werden folgende Ausgabe bekommen:

```
[2, 3, 5, 7, 11]
[6, 3, 5, 7, 11]
```

Versuchen wir ein Tupel nachträglich zu ändern (*TupelDynFehler.py*).

```
# Fehlerhafter Versuch zur Änderung eines Tupels
primzahlen = (2, 3, 5, 7, 11)
primzahlen[0] = 6
print(primzahlen)
```

Sie werden die Ausgabe mit einem **Traceback** (einer Fehlermeldung) bekommen:

```
primzahlen[0] = 6
TypeError: 'tuple' object does not support item assignment
```

10.5 Methoden für Listen

Wir werden nun einen kleinen Vorgriff vornehmen müssen, aber für den Einsatz von Listen, als auch Tupeln und anderen sequenziellen Strukturen sind die **Listenmethoden**³ elementar. Der Vorgriff ist insofern notwendig, weil wir mit „Methoden“ die bisher noch nicht explizit behandelte OOP (objektorientierte Programmierung) berühren und Python erlaubt ja explizit Programmierung nach dem OO-Paradigma, auch gemischt mit anderen Programmierstilen. Im Detail wird das noch vertieft, aber hier folgt zunächst ein kurzer Exkurs zu den elementarsten Grundlagen.

³Oder vielleicht besser „Methoden für sequenzielle Strukturen“. Aber nicht alle sequenzielle Datenstrukturen haben die gleichen Methoden und hier stehen erst einmal die Methoden für Listen im Fokus.

► **Definition Objekte** dienen in der OOP als Abstraktion eines realen Gegenstands oder Konzepts und verfügen über einen spezifischen Zustand und ein spezifisches Verhalten. Man bezeichnet sie auch als **Instanzen** von Klassen.

- **Klassen** dienen als Baupläne für Objekte. Sie repräsentieren die Objekttypen. Auf der anderen Seite fassen Sie alle relevanten Eigenschaften und Verhaltensweisen der repräsentierten Objekttypen zusammen (sie klassifizieren diese).
- **Attribute** versteht man als Beschreibung objekt- und klassenbezogener Daten. Attribute sind die einzelnen Dinge, durch die sich ein Objekt von einem anderen unterscheidet. Man nennt Attribute meist auch die **Eigenschaften** eines Objekts. Man ruft Eigenschaften in den meisten OO-Sprachen über das Voranstellen des Objekts oder der Klasse auf. Das vorangestellte Objekt oder die Klasse werden in vielen⁴ Sprachen mit einem Punkt von dem Attribut abgetrennt (Punkt- oder Dot-Notation).
- **Methoden** versteht man als Beschreibung der objekt- und klassenbezogenen Funktionalität. Sie repräsentieren das, was Objekte tun. Sie sind das OO-Analogon zu Funktionen und Prozeduren in der funktionalen Programmierung. Wie bei Attributen ruft man in der Regel Methoden über das Voranstellen des Objekts oder der Klasse auf, wobei in vielen Sprachen die **Punkt-** oder **Dot-Notation** zum Einsatz kommt.

Für Listen stehen in Python einige spannende Methoden zur Verfügung.

Erstellen wir zum Test der Methoden einige Beispiele.

10.5.1 Verschiedene Listenmethoden in einem Beispiel

Zuerst sehen wir in der Datei unter dem Namen *Liste3.py* ein paar der Methoden nacheinander im Einsatz.

```
liste = [66.25, 333, 333, 1, 1234.5]
print(liste.count(333), liste.count(66.25), liste.count('x'))
liste.insert(2, -1)
liste.append(333)
print(liste)
print(liste.index(333))
print(liste.remove(333))
print(liste)
liste.reverse()
print(liste)
liste.sort()
print(liste)
print(liste.pop())
print(liste)
```

⁴Nicht allen – etwa in PHP wird keine Punktnotation verwendet.

Tab. 10.1 Listenmethoden

Methode	Beschreibung
<i>append(x)</i>	Fügt am Ende der Liste ein Element hinzu.
<i>extend(L)</i>	Erweitert die Liste, indem alle Elemente in der angegebenen Liste angehängt werden.
<i>insert(i, x)</i>	Fügt einen Wert an einer bestimmten Stelle ein. Das erste Argument ist der Index des Elements, vor dem man einfügen soll.
<i>remove(x)</i>	Entfernen des ersten Elements aus der Liste, dessen Wert x ist.
<i>pop([i])</i>	Entfernen des Elements an der angegebenen Position in der Liste. Es wird zurückgegeben. Wenn kein Index angegeben ist, entfernt <i>pop()</i> das letzte Element in der Liste und gibt es zurück.
<i>index(x)</i>	Rückgabe des Index vom ersten Element, dessen Wert x ist.
<i>count(x)</i>	Anzahl des Vorkommens von x in der Liste.
<i>sort(cmp=None, key=None, reverse=False)</i>	Sortieren der Elemente der Liste (die Argumente können für Sortierung verwendet werden, müssen aber nicht).
<i>reverse()</i>	Umdrehen der Elemente der Liste.

Das ist die Ausgabe:

```

2 1 0
[66.25, 333, -1, 333, 1, 1234.5, 333]
1
None
[66.25, -1, 333, 1, 1234.5, 333]
[333, 1234.5, 1, 333, -1, 66.25]
[-1, 1, 66.25, 333, 333, 1234.5]
1234.5
[-1, 1, 66.25, 333, 333]

```

Die Ausgaben werden durch Beschreibungen in der Tab. 10.1 verdeutlicht. Versuchen Sie sie nachzuvollziehen.

10.5.2 Einen Stack erzeugen

Ein **Stack** ist ein Stapel mit Werten. Was zuerst auf den Stapel gelegt wurde, wird zuletzt wieder vom Stapel genommen. Das nennt man das **FILO**-Prinzip (First in – Last out). Die Listenmethoden machen es in Python sehr einfach, eine Liste als Stapel zu verwenden, wobei das letzte hinzugefügte Element wieder als erstes Element abgerufen wird. Das macht man so lange weiter, bis der Stapel leer ist.

Um ein Element zum Anfang des Stapels hinzuzufügen, verwenden Sie die Methode *append()*. Um ein Element von der Oberseite des Stapels abzurufen, verwenden Sie *pop()* ohne einen expliziten Index.

In dem folgenden Listing *Stack.py* erzeugen wir einen Stapel mit 5 Elementen und bauen ihn Element für Element von oben wieder ab.

```
stack = []
stack.append(2)
stack.append(3)
stack.append(5)
stack.append(7)
stack.append(11)
print("Aktueller Stack nach dem Hinzufügen von 5 Elementen: ", stack)
print("Oberstes Element vom Stack geholt: ", stack.pop())
print("Aktueller Stack: ", stack)
print("Oberstes Element vom Stack geholt: ", stack.pop())
print("Aktueller Stack: ", stack)
print("Oberstes Element vom Stack geholt: ", stack.pop())
print("Aktueller Stack: ", stack)
print("Oberstes Element vom Stack geholt: ", stack.pop())
print("Aktueller Stack: ", stack)
```

Das ist die Ausgabe von dem Programm:

Aktueller Stack nach dem Hinzufügen von 5 Elementen: [2, 3, 5, 7, 11]

Oberstes Element vom Stack geholt: 11

Aktueller Stack: [2, 3, 5, 7]

Oberstes Element vom Stack geholt: 7

Aktueller Stack: [2, 3, 5]

Oberstes Element vom Stack geholt: 5

Aktueller Stack: [2, 3]

Oberstes Element vom Stack geholt: 3

Aktueller Stack: [2]

Oberstes Element vom Stack geholt: 2

Aktueller Stack: []

10.5.3 Eine Queue mit einer Liste erzeugen

Zwar sind Listen für diesen Zweck nicht effizient, aber es ist auch möglich, mit Listentmethoden eine Warteschlange (**Queue**) zu erzeugen. Dabei wird das erste Element hinzugefügt und auch wieder als erstes Element abgerufen. Neue Elemente werden hinten an die Schlange einsortiert (**FIFO-Prinzip** – First In – First Out (englisch für der Reihe nach)).

Wir erzeugen in dem Beispiel eine Liste mit fünf Elementen und bauen diese Element für Element von unten/vorne wieder ab. Sie können die Funktion `len()` nutzen, um die Anzahl der Elemente in der Schlange zu überwachen und mit `pop(0)` ein Element von unten zu entfernen, solange es Elemente in der Liste gibt. Achten Sie auf die Nullindizierung.

```
queue = []
queue.append(2)
queue.append(3)
queue.append(5)
queue.append(7)
queue.append(11)
print("Queue nach Fertigstellung: ", queue)
while len(queue) > 0:
    print(queue.pop(0))
    print("Queue: ", queue)
```

Das ist die Ausgabe:

Queue nach Fertigstellung: [2, 3, 5, 7, 11]

2

Queue: [3, 5, 7, 11]

3

Queue: [5, 7, 11]

5

Queue: [7, 11]

7

Queue: [11]

11

Queue: []

- **Tipp** Wie erwähnt, sind Listen für Warteschlangen (Queue) ineffizient, weil nach dem Entfernen eines Elements von unten alle anderen Elemente um eins verschoben werden müssen. Um eine Warteschlange in der Praxis zu implementieren, stellt Python über das *collections*-Modul *collections.deque* bereit. Allerdings wollen wir in der Phase des Buchs die Verwendung solcher Zusatzbibliotheken noch nicht nutzen.

10.6 Dictionaries

Neben den sequenziellen Datentypen Listen, Strings und Tupel gibt es in Python eine weitere Kategorie von Datentypen, die allgemein „Mapping“ genannt wird und derzeit nur einen implementierten Typ besitzt – das **Dictionary**. Das ist ein assoziatives Feld, also so etwas wie ein Hash, Map oder assoziatives Array, wie es in anderen Sprachen genannt wird. Ein Dictionary besteht aus Schlüssel-Objekt-Paaren (Key-Value-Paaren). Zu einem bestimmten Schlüssel gehört immer ein Objekt beziehungsweise Wert. Es handelt sich um eine in Python sehr wichtige Struktur, die aber ziemlich einfach ist.

Wie Listen können Dictionaries dynamisch zur der Laufzeit verändert werden. Sie haben aber ein paar interessante zusätzliche Methoden zur Verfügung, die sich aus dem assoziierten Schlüssel ergeben.

Anlegen kann man im einfachsten Fall ein leeres Dictionary durch **geschweifte Klammern** ohne Inhalt. Beispiel:

```
map = { }
```

Wenn bereits Inhalt vorhanden sein soll, gibt man kommasepariert die gewünschten Vorgabewerte an. Die Inhalte können wie bei Listen von verschiedenen Werten sein. Bei den Schlüsseln gilt jedoch die Einschränkung, dass nur Instanzen unveränderlicher (immutable) Datentypen verwendet werden können. Damit fallen Listen und Dictionaries als Schlüssel heraus. Beachten Sie nur, dass Sie immer ein Key-Value-System angeben, das durch den Doppelpunkt getrennt wird. Das kennt man so ja von diversen ähnlichen Konzepten wie etwa JSON (JavaScript Object Notation).

Beispiel:

```
person = {"vorname" : "Otto", "nachname" : "Meier", "alter" : 61, 1 : True }
```

Der Zugriff auf einzelne Werte erfolgt wie bei anderen sequenziellen Datentypen in Python über den Index in eckigen Klammern.

10.6.1 Spezielle Methoden für Dictionaries

Dictionaries sind deshalb interessant, weil es neben den üblichen Operationen, die Sie von Listen kennen, noch ein paar zusätzliche Dinge bereitstehen.

- Mit *del d[k]* kann man gezielt einen Schlüssel *k* zusammen mit seinem Wert löschen.
- Mit *pop()* kann man auch auf Dictionaries arbeiten, aber ein wenig anders als bei Listen. Man muss den assoziierten Index angeben. Falls *D* ein Dictionary bezeichnet, dann entfernt *D.pop(k)* den Index *k* zusammen mit seinem Wert aus dem Dictionary. Außerdem bekommen Sie den Wert von *D[k]* als Rückgabewert. Falls bei *pop()* der Schlüssel nicht gefunden wird, wird ein *KeyError* generiert. Um solche Fehler zu vermeiden, gibt es einen eleganten Weg in Python. Die Methode *pop()* hat dazu einen zweiten optionalen Parameter, mit dem man einen Default-Wert für diesen Fall mitgeben kann.
- Die Methode *popitem()* benötigt keine Parameter und liefert ein beliebiges Schlüssel-Werte-Paar als Tupel zurück. Wendet man *popitem()* auf ein leeres Dictionary an, wird auch hier der Ausnahmefehler *KeyError* generiert.
- Über die Methode *get()* bekommt man mit dem Schlüssel als Parameter den zugehörigen Wert. Auch ihr kann als zweiter Parameter ein Default-Wert mitgegeben werden.
- Mit der Methode *copy()* kann man ein Dictionary kopieren, wobei man hierbei in Python von einer „flachen (shallow) Kopie“ spricht. Üblicher in der IT ist die Bezeichnung

„Referenz“, die damit erzeugt wird. Wenn sich ein Wert im Original ändert, wirkt sich das auch auf die Kopie aus und umgekehrt.

- Mit der Methode `values()` bekommt man alle Werte, die in dem Dictionary gespeichert sind.
- Mit der Methode `keys()` erhalten Sie ein Element vom Typ `dict_keys`. Das sind alle Schlüssel, die in dem Dictionary vorhanden sind.
- Der Inhalt eines Dictionary kann mittels der Methode `clear()` geleert werden. Das Dictionary wird dabei nicht gelöscht, sondern wirklich nur geleert.
- Mit der Methode `update()` kann man ein zweites Dictionary in ein Dictionary einhängen. Enthält das zweite Dictionary Schlüssel, die auch im ersten vorkommen, so werden diese mit den Werten des zweiten überschrieben.

► **Tip** Der Zugriff auf nichtexistierende Schlüssel ist bei einigen Funktionen/Methoden im Zusammenhang mit Dictionaries ein gewisses Problem. Aber mit der folgenden Überprüfung kann man diesem Fehler vorbeugen:

if "key" in dictionary.keys(): ...

10.6.2 Ein Beispiel zum allgemeinen Umgang mit Dictionaries

Betrachten wir ein Beispiel (*Dic1.py*), das einige Techniken im Umgang mit Dictionaries als auch anderen sequenziellen Datentypen durch etwas „extreme“ Zugriffe zeigt:

```
person = ("Meier", "Otto")
print(person[0])
person2 = {"vorname": "Otto", "nachname": "Meier"}
print(type(person2))
print(person2)
print(person2["vorname"])
for v in person2.values():
    print(v)
print(person2.keys())
numindex = {1:0, 2:True}
boolindex={True:False, False:True}
print(boolindex[True])
tupelindex={ (1,2):True, (1,2,3):False}
print(tupelindex[(1,2,3)])
#warumgehtdasnicht = {[1,2]:True, [1,2,3]:False}
```

Das ist die Ausgabe:

```
Meier
<class 'dict'>
{'vorname': 'Otto', 'nachname': 'Meier'}
Otto
Otto
```

Meier

dict_keys(['vorname', 'nachname'])

False

False

Diese ergibt sich wie folgt:

- Zuerst wird in dem Beispiel ein Tupel *person* angelegt und danach auf den ersten Eintrag darin zugegriffen.
- Dann sehen Sie ein Dictionary *person2*. Die Ausgabe mit *type()* zeigt, dass es vom Typ *dict* ist.
- Die *print()*-Funktion kann direkt auf alle sequenziellen Datentypen angewendet werden und gibt dann deren vollständigen Inhalt aus. Das geht auch bei Dictionaries.
- Im Folgeschritt wird über den Textindex auf genau einen Wert im Dictionary zugegriffen.
- Mit dem Membership-Operator *in* kann man auch hervorragend in einer *for*-Schleife über ein Dictionary iterieren. Die Variable der Schleife ist der Wert, der aus der Wertemenge geholt wird, die mit *values()* ermittelt wird.
- Mit der Methode *keys()* erhalten Sie wie erwähnt ein Element vom Typ *dict_keys*. Das sind alle Schlüssel, die in dem Dictionary vorhanden sind.
- Mit dem Dictionary *daten* sehen Sie, dass man auch Zahlen als Schlüssel verwenden kann.
- Sogar boolesche Schlüssel sind möglich, was das Dictionary *boolindex* demonstriert.
- Selbst Tupel kann man verwenden, was Sie mit dem Dictionary *tupelindex* erkennen können.
- Aber veränderliche Datentypen lassen sich nicht als Schlüssel verwenden. Die auskommentierte Codezeile würde das versuchen und das würde einen Fehler bewirken.

10.6.3 Ein Dictionary aktualisieren oder erweitern

Das folgende Listing wäre ein Beispiel (*Dic2.py*), in dem ein leeres Dictionary nachträglich aktualisiert beziehungsweise erweitert wird. Ein Anwender kann in einer Schleife den Namen einer Person und deren Firma eingeben. Der Name wird der Schlüssel und die Firma der Wert. Jedes neue Key-Value-Paar wird dem Dictionary hinzugefügt. Sollte ein Schlüssel bereits vorhanden sein, wird in dem Wertepaar der vorhandene Wert ersetzt (Abb. 10.9).

```
teilnehmer = {}
op = ""
while op != "A":
    name = input("Name\n")
    firma = input("Firma\n")
    teilnehmer.update({name:firma})
    print(teilnehmer)
    op = input("(A)bbruch oder weiteren Wert aktualisieren/hinzufügen?\n")
```

```

Name
Ralph
Firma
RJS EDV-KnowHow
{'Ralph': 'RJS EDV-KnowHow'}
(A)bbruch oder weiteren Wert aktualisieren/hinzufügen?
W
Name
Felix
Firma
Weingut St-Urban
{'Ralph': 'RJS EDV-KnowHow', 'Felix': 'Weingut St-Urban'}
(A)bbruch oder weiteren Wert aktualisieren/hinzufügen?
W
Name
Florian
Firma
Weingut St-Urban
{'Ralph': 'RJS EDV-KnowHow', 'Felix': 'Weingut St-Urban', 'Florian': 'Weingut St-Urban'}
(A)bbruch oder weiteren Wert aktualisieren/hinzufügen?
W
Name
Felix
Firma
RJS EDV-KnowHow
{'Ralph': 'RJS EDV-KnowHow', 'Felix': 'RJS EDV-KnowHow', 'Florian': 'Weingut St-Urban'}
(A)bbruch oder weiteren Wert aktualisieren/hinzufügen?
A
>>>

```

Abb. 10.9 Das Dictionary wurde erweitert und Einträge wurden modifiziert

10.6.4 Iteration über ein Dictionary

Mit der *for*-Schleife kann man auf einfache Weise über die Schlüssel eines Dictionaries iterieren, was oben bereits angedeutet wurde:

```

d = {"a":123, "b":34, "c":304, "d":99}
for key in d:
    print(key)

```

Man kann aber auch die Methode *keys()* benutzen, die einem speziell die Schlüssel liefert:

```

for key in d.keys():
    print(key)

```

Mit der Methode *values()* iteriert man direkt über die Werte:

```

for value in d.values():
    print(value)

```

Auch das geht:

```

for key in d:
    print(d[key])

```

10.7 Mengen

Mengen bedeuten eine **ungeordnete** Zusammenfassung von bestimmten wohlunterschiedenen Dingen. Der Datentyp *set* dient in Python zum Erstellen solch einer ungeordneten Sammlung von einmaligen und unveränderlichen Elementen. In anderen Worten: Ein Element kann in einem *set*-Objekt nicht mehrmals vorkommen, was bei Listen und Tupel jedoch möglich ist.

Das Erzeugen einer Menge geht mit der Built-in-Function *set()*. Als Parameter können beliebige Daten angegeben werden.

Beispiel:

```
x = set("Lovely spam, wonderful Spam.")
```

Sets sind wie gesagt so implementiert, dass sie keine veränderlichen (mutable) Objekte erlauben. Damit sind beispielsweise keine Listen als Elemente erlaubt.

Auch wenn Sets keine veränderlichen Elemente enthalten können, sind sie jedoch selbst veränderlich. Wir können zum Beispiel neue Elemente einfügen. Dazu gibt es die Methode *add()*.

Beispiel:

```
staedte = set(["Mainz", "Eppstein"])
staedte.add("Bodenheim")
```

Man kann Mengen aber auch unveränderlich (immutable) machen, und zwar mittels sogenannter **Frozensets**.

Beispiel:

```
staedte = frozenset(["Frankfurt", "Eppstein"])
```

10.7.1 Vereinfachte Notation

Mengen kann man auch ohne Benutzung der Built-in-Funktion *set()* definieren. Dazu benutzt man einfach die geschweiften Klammern.

Beispiel:

```
standorte = {"Bodenheim", "Eppstein"}
```

Das Verfahren ist ähnlich wie bei Dictionaries, nur ohne Schlüssel.

10.7.2 Operationen auf „set“-Objekten

Menge bieten ein paar interessante Operationen, etwa folgende:

- Mit der Methode *add()* fügt man ein Objekt in eine Menge als neues Element ein, falls es noch nicht vorhanden ist. Sie können aber nicht angeben, wo es genau in der Menge eingefügt wird.
- Mit *clear()* werden alle Elemente einer Menge entfernt.
- Mit *copy()* erzeugt eine flache Kopie einer Menge
- Über *difference()* erhalten Sie die Differenz von zwei oder mehr Mengen.
- Die Methode *difference_update()* entfernt alle Element einer anderen Menge aus einer Menge.
- Mit *discard()* wird ein Element aus einer Menge entfernt, falls es enthalten ist. Falls es nicht in der Menge enthalten ist, passiert nichts.
- Die Methode *remove()* funktioniert wie *discard()*, aber falls das Element nicht in der Menge enthalten ist, wird ein Fehler generiert, das heißt ein *KeyError*.
- Mit *intersection()* bekommt man die Schnittmenge von zwei Mengen.
- Die Methode *isdisjoint()* liefert *True*, wenn zwei Mengen eine leere Schnittmenge haben.
- Die Methode *issubset()* liefert *True* zurück, falls der Parameter eine Untermenge ist. Analog liefert *issuperset()* *True* zurück, falls der Parameter eine Obermenge ist.
- Die Methode *pop()* liefert das erste Element der Menge zurück. Dieses Element wird dabei aus der Menge entfernt. Die Methode erzeugt einen *KeyError*, falls die Menge leer ist. Beachten Sie, dass eine Menge ungeordnet ist. Deshalb ist es nicht immer eindeutig, welches Element das erste Element in der Menge ist.

Beispiel (*Menge.py*):

```
menge1 = set()
i = 1
while (i < 10):
    menge1.add(i * 3)
    i += 1
print(menge1)
menge2 = {"a", "b", "c", "d"}
print(menge2)
i = 0
while (i < 5):
    menge2.add(menge1.pop())
    i += 1
print(menge2)
print(menge1)
```

Abb. 10.10 Mengen sind ungeordnet

```
Python 3.6.2 (v3.6.2:5fd33b5, Jul 8 201
on win32
Type "copyright", "credits" or "license(
>>>
===== RESTART: F:/PythonQuell
{3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27}
{'c', 'd', 'a', 'b'}
{'c', 3, 'a', 6, 9, 12, 15, 'b', 'd'}
{18, 21, 24, 27}
>>>
===== RESTART: F:/PythonQuell
{3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27}
{'d', 'a', 'b', 'c'}
{3, 6, 9, 'b', 'd', 12, 15, 'a', 'c'}
{18, 21, 24, 27}
>>>
===== RESTART: F:/PythonQuell
{3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27}
{'d', 'c', 'a', 'b'}
{3, 6, 'd', 9, 12, 'b', 15, 'c', 'a'}
{18, 21, 24, 27}
>>>
===== RESTART: F:/PythonQuell
{3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27}
{'d', 'b', 'a', 'c'}
{'d', 3, 6, 9, 12, 15, 'b', 'c', 'a'}
{18, 21, 24, 27}
>>> |
```

In dem Beispiel werden zwei Mengen erzeugt. Die erste Menge besteht aus zehn Zahlen, die ein Vielfaches der Zahl 3 sind. Die zweite Menge enthält die Strings (Buchstaben) "a", "b", "c" und "d". Nun zeigt die generierte Ausgabe bei der zweiten Menge bei mehrfachem Ausführen eine unterschiedliche Reihenfolge, wie diese Strings in der Menge auftauchen (Abb. 10.10). Und auch wenn man mit *pop()* aus der ersten Menge jeweils das erste Element entfernt und dann mit *add()* in die zweite Menge einführt, wird die Ausgabe der zweiten Menge die Elemente in unterschiedlicher Reihenfolge zeigen. Das ist aber eben ein Wesen von Mengen – sie sind ausdrücklich nicht geordnet.

10.8 Operatoren bei sequenziellen Datentypen

Mit dem String-Verkettungsoperator kennen Sie bereits einen Operator, der im Grunde ein allgemeiner Verkettungsoperator bei sequenziellen Datentypen ist. Er hat eben nur bei Zeichenketten die recht triviale Wirkung der **String-Verkettung**.

Aber man auch andere Operatoren auf sequenzielle Datentypen anwenden. Das führt zu interessanten Ergebnissen.

10.8.1 Der Plusoperator

Der Plusoperator führt bei etwa bei Tupeln und Listen dazu, dass einfach die Elemente des zweiten Operanden an den ersten angehängt werden.

- Auf Mengen kann man den Plusoperator **nicht** anwenden. Dort nimmt man die Methode `add()`. Auch bei Dictionaries geht es nicht.

Beispiel (*TupelListeVerkettung.py*):

```
tupelzahlen1 = (2, 3, 5, 7)
tupelzahlen2 = (11, 13, 17, 19)
primtupelzahlen = tupelzahlen1 + tupelzahlen2
print(primtupelzahlen)
listenzahlen1 = [2, 3, 5, 7]
listenzahlen2 = [11, 13, 17, 19]
primlistenzahlen = listenzahlen1 + listenzahlen2
print(primlistenzahlen)
```

Das führt dazu:

```
(2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19)
[2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19]
```

Der Effekt ist offensichtlich und sicher kaum überraschend.

10.8.2 Multiplikationen mit sequenziellen Datentypen

Aber man kann auch Multiplikationen mit sequenziellen Datentypen durchführen, etwa so (*TupelListeMultiplikation.py*):

```
tupelzahlen1 = (2, 3, 5, 7)
zieltupelzahlen = tupelzahlen1 * 4
print(zieltupelzahlen)
listenzahlen1 = [2, 3, 5, 7]
ziellistenzahlen = listenzahlen1 * 2
print(ziellistenzahlen)
```

Das führt dazu:

```
(2, 3, 5, 7, 2, 3, 5, 7, 2, 3, 5, 7, 2, 3, 5, 7)
[2, 3, 5, 7, 2, 3, 5, 7]
```

Der Effekt ist auch offensichtlich. Die Zahl der Elemente wurde verdoppelt und jedes Tupel beziehungsweise jede Liste wird so oft wiederholt, wie es der Multiplikator angibt.

- Auf Mengen und Dictionaries kann man den Multiplikationsoperator **nicht** anwenden.

10.8.3 Inhalt überprüfen

Bei allen sequenziellen Datentypen funktionieren die Membership-Operatoren *in* oder *not in*,⁵ um Inhalte zu überprüfen, wobei man festhalten muss, dass bei Dictionaries die Anwendung etwas trickreich ist.

- **Tipp** Man wird bei Dictionaries in der Regel nicht direkt über das Dictionary suchen, sondern entweder über die Schlüssel (erhält man mit *keys()*) oder die Werte (erhält man mit *values()*). Dabei sollte man beachten, dass bei der Suche direkt in der Struktur auf eine exakte Gleichheit geprüft wird – sowohl bei den Schlüssel als auch den Werten! Sehr oft ist es daher sinnvoll, dass Sie gezielt über einen Schlüssel ein Wertepaar auswählen und dann im Inhalt suchen.

```
tupelzahlen = (2, 3, 5, 7)
print(tupelzahlen)
print("8 in tupelzahlen:\t", 8 in tupelzahlen)
print("8 not in tupelzahlen:\t", 8 not in tupelzahlen)
tupelperson = ("Hans", "Wurst", True)
print(tupelperson)
print("\t"Hans\t" in tupelperson[1]:\t", "Hans" in tupelperson)
print("\t"Hansi\t" in tupelperson[1]:\t", "Hansi" in tupelperson)
print("\t"Ha\t" in tupelperson:\t", "Ha" in tupelperson)
print("\t"Ha\t" in tupelperson[0]:\t", "Ha" in tupelperson[0])
print("\t"Ha\t" in tupelperson[1]:\t", "Ha" in tupelperson[1])
print("True not in tupelperson:\t", True not in tupelperson)
listenzahlen = [11, 13, 17, 19]
print(listenzahlen)
print("19 in listenzahlen:\t", 19 in listenzahlen)
mengezahlen = {23, 29}
print(mengezahlen)
print("29 in listenzahlen:\t", 29 in mengezahlen)
dicperson = {"vorname" : "Otto", "nachname" : "Meier", "alter" : 61,
             1 : True }
print(dicperson)
print("\t"Ot\t" in dicperson:\t", "Ot" in dicperson)
print("\t"Ot\t" in dicperson.values():\t", "Ot" in dicperson.values())
print("\t"Otto\t" in dicperson.values():\t", "Otto" in dicperson.values())
print("\t"Ot\t" in dicperson["vorname"]:\t", "Ot" in dicperson["vorname"])
print("\t"vor\t" in dicperson.keys():\t", "vor" in dicperson.keys())
print("\t"vorname\t" in dicperson.keys():\t", "vorname" in dicperson.keys())
```

⁵ Was streng genommen nur die Negierung des *in*-Operators darstellt.

```

(2, 3, 5, 7)
8 in tupelzahlen:      False
8 not in tupelzahlen:  True
('Hans', 'Wurst', True)
"Hans" in tupelperson[1]:      True
"Hansi" in tupelperson[1]:     False
"Ha" in tupelperson:      False
"Ha" in tupelperson[0]:      True
"Ha" in tupelperson[1]:      False
True not in tupelperson:      False
[11, 13, 17, 19]
19 in listenzahlen:      True
{29, 23}
29 in listenzahlen:      True
{'vorname': 'Otto', 'nachname': 'Meier', 'alter': 61, 'l': True}
"Ot" in dicperson:      False
"Ot" in dicperson.values():    False
"Otto" in dicperson.values():  True
"Ot" in dicperson["vorname"]:  True
"vor" in dicperson.keys():     False
"vorname" in dicperson.keys(): True
>>>

```

Abb. 10.11 Inhaltsüberprüfungen bei sequenziellen Datentypen

Das Beispiel führt zu einigen sehr interessanten Ergebnissen und es ist sinnvoll, sich jeden Schritt mit dem resultierenden Ergebnis genau anzusehen (Abb. 10.11).

- Mit `tupelzahlen = (2, 3, 5, 7)` wird ein einfaches Tupel angelegt und die Anweisungen `8 in tupelzahlen` und `8 not in tupelzahlen` sollten keine Überraschungen liefern.
- Mit `tupelperson = ("Hans", "Wurst", True)` wird ein weiteres Tupel angelegt.
 - Die Anweisungen `"Hans" in tupelperson` und `"Hansi" in tupelperson` sowie `"Ha" in tupelperson` suchen einen Teststring in dem Tupel. Entweder ist dieser ganz oder teilweise enthalten. Dann wird als Ergebnis `True` geliefert. Oder er ist nicht enthalten und dann ist das Ergebnis `False`. Das ist der eher triviale Part.
 - Aber mit `"Ha" in tupelperson[0]` und `"Ha" in tupelperson[1]` suchen wir nicht in dem Tupel direkt, sondern in einem Element darin. Und das ist dann die Suche in einem String!
 - Mit `True not in tupelperson` suchen wir jedoch wieder unmittelbar in dem Tupel als Struktur. Aber dieses Mal nach einem Booleschen Literal (`True` oder `False`) und wir negieren den Wert (wir drehen ihn also um).
- Die nächsten Schritte suchen in einer Liste und einer Menge und dazu ist nur bemerkenswert, dass es hier keine Besonderheiten zu beachten gibt.
- Diese Besonderheiten gibt es aber bei dem Dictionary.

- Mit *"Ot"* in *dicperson* suchen wir einen String im Dictionary. Dieser ist zwar Bestandteil eines der Werte in dem Dictionary (*"Otto"*), aber es gibt keine vollständige Übereinstimmung. Und deshalb ist das Ergebnis des Tests *False*!
- Auch in der Menge der Werte, die mit *dicperson.values()* ermittelt wird, wird *False* das Ergebnis sein (*"Ot"* in *dicperson.values()*).
- Wir erhalten aber *True* bei *"Otto"* in *dicperson.values()*. Warum? Hier haben wir die vollständige Übereinstimmung.
- Und auch *"Ot"* in *dicperson["vorname"]* liefert *True*. Warum? Hier suchen wir in dem Wert des einzelnen Wertepaars.
- Bei *"vor"* in *dicperson.keys()* erhalten wir wieder *False*, denn auch bei Schlüsselwörtern brauchen wir die exakte Übereinstimmung und die liegt hier nicht vor.
- Aber bei *"vorname"* in *dicperson.keys()* liegt eine solche exakte Übereinstimmung vor und deshalb liefert das *True*.

► **Tipp** Es gibt noch eine Reihe an weiteren Operationen oder Funktionen, die überwiegend selbsterklärend sind. So bekommt man mit den Funktionen *min()* und *max()* die kleinsten und größten Werte in einem Tupel mit Zahlen, wobei das auch für Texte geht – dann wird der Zeichencode der Zeichen herangezogen. Für mehr Informationen sei auf die Dokumentation von Python verwiesen, die Sie in IDLE über die Hilfe erreichen.

10.9 Über sequenzielle Strukturen iterieren

Oft möchte man bei einer sequenziellen Datenstruktur über alle Elemente iterieren. Dazu gibt einige Möglichkeiten:

- Die Größe einer Struktur bestimmen und eine „normale“ Schleife verwenden.
- Einen Iterator verwenden.

Wenn Sie über eine sequenzielle Datenstruktur iterieren wollen, können Sie zum Beispiel bei Strukturen mit einer Sortierung und einem numerischen Index mit *len()* deren Größe bestimmen und dann mit dem Index auf die einzelnen Elemente zugreifen.

Sie können aber auch einen sogenannten **Iterator** verwenden. Ein Iterator bezeichnet einen Zeiger, der es erlaubt, über die Elemente einer abzählbaren Struktur zu iterieren. Der Vorteil eines Iterators ist, dass man keine Kenntnis der Datenstruktur oder der Implementierung haben muss. Obwohl man selbst einen Iterator erzeugen kann, ist das in Python eigentlich unnötig. Denn es arbeitet die *for*-Schleife implizit mit einem Iterator. Die sequenziellen Basistypen sowie ein Großteil der Klassen der Standardbibliothek von Python unterstützen Iterationen. Auch der Datentyp Dictionary (*dict*) unterstützt die Iteration. In diesem Fall läuft die Iteration über die Schlüssel des Dictionaries. Beispiel (*Iteration1.py*):

```
primzahlen = (2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31)
i = 0;
while (i < len(primzahlen)):
    print(primzahlen[i]);
    i+=1;

for x in primzahlen:
    print(x);
```

Objektorientierte Programmierung in Python – Klassen, Objekte, Eigenschaften und Methoden

11

11.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Python unterstützt bewusst mehrere Programmierparadigma und steht damit in Gesellschaft einiger älterer Sprachen wie PHP oder C/C++, aber auch moderner Sprachen wie F#. So können Sie auch objektorientierte Programmierung nutzen, was zwar schon erwähnt, aber bisher noch nicht explizit angewendet wurde. Wobei Python sowieso im Grunde alles als Objekt sieht – Klassen, Typen, Methoden, Module etc., auch primitive Datentypen, wobei der Datentyp jeweils an das Objekt (den Wert) gebunden ist und nicht an eine Variable. Das bedeutet, dass Datentypen in Python dynamisch vergeben werden, so wie bei Smalltalk oder Lisp und nicht etwa wie bei Java. Von daher wurde also bisher schon immer in unseren Python-Beispielen mit Objekten gearbeitet, auch wenn die Zugriffswege das nicht erkennen ließen. Das lag nicht zuletzt daran, dass ausdrücklich nicht nach dem OO-Paradigma programmiert wurde, sondern dem funktionalen Paradigma. In diesem Kapitel werden wir uns nun auch ausdrücklich mit den OO-Konzepten in Python beschäftigen, bei deren Umsetzung Python teils jedoch sehr „eigenwillige“ Wege geht.

11.2 Hintergründe der OOP

Objektorientierte Programmierung ist kein wirklich neuer Ansatz. Im Gegenteil – die Idee der objektorientierten Programmierung reicht sogar bereits bis Anfang der 1970er-Jahre und teilweise noch weiter zurück. Sehr frühe Vertreter von Programmiersprachen mit objektorientiertem Denkansatz sind **Lisp** oder **Logo**. In den 70er-Jahren entstand als wichtigster Vertreter erster objektorientierter Sprachen **Smalltalk**, das sich in mehreren Zyklen entwickelte

und als einer der geistigen Väter von Java gilt. Aber erst mit **Java** in der Mitte der 90er-Jahre hat sich die OOP richtig durchgesetzt.¹ Seit der Zeit entstanden eine Reihe moderner, eigenständiger Programmiersprachen, die sich ausdrücklich als rein objektorientierte Programmiersprachen verstehen und mit prozeduralen Erblasten vollkommen brechen. Java zählt wie gesagt explizit dazu, oder von Microsoft die Sprache C#. Diese Programmiersprachen erzwingen einen streng objektorientierten Ansatz und unterstützen im Allgemeinen die wichtigsten Konzepte der objektorientierten Programmierung – allerdings in unterschiedlichem Maße. Andere Sprachen, die in dieser Zeit oder auch später entstanden, verfolgen einen hybriden Ansatz und erzwingen keine strenge objektorientierte Programmierung – wie eben auch Python oder JavaScript, PHP oder F#. Dabei kann man durchaus geteilter Meinung sein, ob man den sicheren und klaren OO-Ansatz wirklich aufweichen soll und diese freie Wahl des Programmierparadigmas wirklich den Königsweg darstellt.

11.2.1 Ziele der OOP – Wiederverwendbarkeit und bessere Softwarequalität

Das (!) Argument für die Verwendung der objektorientierten Programmierung und der Grund dafür, dass sie sich durchgesetzt hat, ist die **Wiederverwendbarkeit**. In der althergebrachten Programmierung² programmiert man prozedural beziehungsweise funktional. Dies bedeutet die Umsetzung eines Problems in ein Programm durch eine Folge von Anweisungen, die in einer festgelegten Reihenfolge auszuführen sind. Einzelne zusammengehörende Anweisungen werden dabei maximal in kleinere Einheiten von Befehlsschritten zusammengefasst (sogenannte Unterprogramme – Funktionen oder Prozeduren). Vor allen Dingen gilt, dass die Datenebene und die Anweisungsebene aufgetrennt werden können. Diesen Ansatz haben Sie bisher auch in allen unseren Python-Beispielen gesehen.

Das Problem prozeduraler/funktionalen Programmierung ist, dass bei einer solchen Aufteilung Änderungen in der Datenebene Auswirkungen auf die unterschiedlichsten Programmsegmente haben können und damit die Wiederverwendbarkeit von Unterprogrammen sehr eingeschränkt ist, da oft Abhängigkeiten zu anderen Bestandteilen eines Programms existieren (beispielsweise zu globalen Variablen).

Objektorientierte Programmierung lässt sich im Vergleich zu diesem Paradigma der Programmierung darüber abgrenzen beziehungsweise definieren, dass zusammengehörende Anweisungen und Daten eine zusammengehörende, abgeschlossene und eigenständige Einheit bilden – Objekte! Und diese sind ohne Abhängigkeiten zu verwenden und ohne Randwirkungen intern zu ändern.

¹ C/C++ war zwar zu der Zeit auch schon sehr populär, aber eine hybride Sprache, in der man sowohl objektorientiert, als auch funktional programmieren konnte. Und oft wurde in C/C++-Projekten nicht wirklich objektorientiert programmiert – was ich aus eigener Erfahrung weiß.

² Die historisch erste Generation der Programmierung mit Maschinensprache und die zweite Generation mit Assembler sollen hier nicht beachtet werden, sondern nur die höheren Programmiersprachen.

► **Definition** Objektorientierte Programmierung hebt die Trennung von Daten- und Anweisungsebene auf.

Aber die objektorientierte Programmierung verfolgt noch ein Ziel. Bei der Entwicklung komplexer Software-Systeme ist die wichtigste Aufgabe, eine möglichst hohe Softwarequalität zu erreichen. Allgemein betrachtet man dabei sowohl die innere als auch die äußere Softwarequalität.

- Die innere Softwarequalität bezeichnet die Sicht des Entwicklers. objektorientierte Programmierung bietet durch die Möglichkeiten der Abstraktion, Hierarchiebildung, Kapselung von Interna, Wiederverwendbarkeit, Schnittstellenbildung und einige weitere Techniken hervorragende Ansätze zur Gewährleistung einer hohen inneren Softwarequalität.
- Die äußere Softwarequalität spiegelt die Sicht des Kunden wider. Dieser erwartet Dinge wie die Korrektheit, Stabilität, Anwendungsfreundlichkeit oder Erweiterbarkeit einer Software.

Ein Paradigma der objektorientierten Programmierung ist, dass eine hohe innere Softwarequalität zu einer hohen äußeren Softwarequalität führt.

11.2.2 Kernkonzepte der Objektorientierung

Die Kernkonzepte in der objektorientierten Software-Entwicklung sind folgende (zum Teil wurden sie schon angedeutet):

- **Objekte** dienen als Abstraktion eines realen Gegenstands oder Konzepts mit einem spezifischen Zustand und einem spezifischen Verhalten. Man nennt sie **Instanzen** einer Klasse.
- Alle Bestandteile, die direkt zu einem Objekt gehören, nennt man **Instanzelemente**. Der Name resultiert daraus, dass wie gesagt „Instanz“ oft als Synonym für „Objekt“ genommen wird. Man bezeichnet diese Bestandteile oft auch als „nicht-statisch“ oder „dynamisch“, da sie für jede Instanz einer Klasse dynamisch erstellt werden.
- **Klassen** dienen als Baupläne für Objekte. In der umgekehrten Sichtweise „klassifizieren“ sie alle Gemeinsamkeiten, die verwandte Objekte auszeichnen. Man nennt sie auch **Objekttypen** oder kurz **Typen**.
- Alle Bestandteile, die nicht direkt zu einem spezifischen Objekt, sondern einer Klasse gehören, nennt man **Klassenelemente** oder auch statische Elemente, wobei man hier in Python aufpassen muss.³

³Darauf gehen wir natürlich noch ein.

- **Attribute** sind eine Beschreibung objekt- und klassenbezogener Daten. Oft wird auch der Bezeichner „**Eigenschaft**“ für „Attribut“ verwendet, wobei auch hier einige Sprachen Besonderheiten aufweisen (Abschn. 11.6.3.2). Ebenso ist „**Feld**“ ein oft genutztes Analogon.
- **Methoden** sind die Beschreibung objekt- und klassenbezogener Funktionalität.
- **Assoziationen** und **Aggregationen** sind Bezeichnungen von Mechanismen zum Ausdruck von Objektbeziehungen.
- **Vererbung** ist eine besondere Form der Assoziation und als Mechanismus zum Generalisieren und Spezialisieren von Objekttypen besonders wichtig in der objektorientierten Programmierung.
- Der Begriff **Polymorphie** ist leider nicht ganz eindeutig und wird in verschiedenen Quellen unterschiedlich streng ausgelegt. Generell bedeutet er Vielgestaltigkeit. Die Polymorphie dient hauptsächlich der flexiblen Auswahl geeigneter Methoden identischen Namens anhand des Objekttyps und der Argumentenliste. Aber der Begriff kann auch weiter gefasst werden und dann weitere Mechanismen zum vielgestaltigen Verhalten umfassen. Auch der Begriff des späten oder dynamischen Bindens wird dafür verwendet. Allgemein bezeichnet man damit eine Auswahl einer Operation, die nicht nur vom Bezeichner der Operation abhängt. Ebenfalls hängt die Auswahl vom Kontext ab, bei Methoden etwa, wie gesagt, von der Anzahl und dem Typ der Parameter, wenn das eine Sprache berücksichtigt. Oder bei Operatoren die Typen der Operanden.
- **Schnittstellen** implementieren einen Mechanismus zur Strukturierung von Klassenbeziehungen.
- **Abstrakte Klassen** implementieren einen Mechanismus zum Erzwingen bestimmter Operationen in spezialisierten Klassen. In der Regel kann man damit vorgeben, **dass** etwas zu tun ist, aber noch nicht festlegen, **wie** es zu tun ist.
- **Generische Klassen** dienen der Darstellung von Klassenfamilien.

Hintergrundinformation

Auch Sprachen, die explizit als objektorientiert eingestuft werden, implementieren nicht unbedingt alle diese Charakteristika. Wir werden in dem Buch auch nicht sämtliche Techniken sehen, zumal Python nicht alle theoretischen OO-Konzepte bereitstellt.

Gehen wir nun systematisch die Art an, wie Python objektorientierte Programmierung unterstützt. Denn wie schon angedeutet, geht man bei Python an einigen Stellen einen sehr eigenwilligen Weg, der vor allen Dingen Umsteigern aus anderen Sprachen häufig Schwierigkeiten macht.

11.3 Klassen

In der objektorientierten Programmierung arbeitet man mit Objekten, entweder mit bereits vom System bereitgestellten Standardobjekten oder selbst erstellten Objekten. Aber wenn nun Objekte die Basis der OOP sind – wie entstehen Objekte und was muss man als Programmierer konkret tun?

11.3.1 Klassen als Baupläne, Konstruktoren und Destruktoren

Die Lösung heißt **Klassen** (auch Objekttyp oder abstrakter Datentyp genannt) und darin enthaltene **Konstruktoren**, womit in der Regel aus den Klassen konkrete Objekte (Instanzen) erzeugt werden. Es gibt in einigen Sprachen aber auch die sogenannte **literale Erzeugung** für Instanzen – so auch in Python.

Eine Klasse kann man sich einmal als eine Gruppierung von ähnlichen Objekten vorstellen, die deren Klassifizierung ermöglicht. Eine Klasse ist also die Definition der gemeinsamen Attribute und Methoden sowie der Semantik für eine Menge von gleichartigen Objekten. Alle erzeugten Objekte einer Klasse werden dieser Definition entsprechen.

Die Eigenschaften und Funktionalität der Objekte werden also in der Gruppierung gesammelt und für eine spätere Erzeugung von realen Objekten verwendet. Mit anderen Worten: Klassen sind so etwas wie Baupläne oder Rezepte, um mit deren Anleitung ein konkretes Objekt zu erzeugen. Ein aus einer bestimmten Klasse erzeugtes Objekt nennt man deren Instanz.

Der **Destruktor** zerstört ein Objekt und gibt den Speicherplatz auf. Auf die Details dazu gehen wir in Abschn. [11.7](#) ein.

11.3.2 Der konkrete Klassenaufbau in Python

Zuerst einmal brauchen wir Klassen, um überhaupt Objekte erzeugen zu können. Klassen werden in Python durch das Schlüsselwort *class*, einen Bezeichner, den Doppelpunkt und zwingend eine Anweisung oder einen Anweisungsblock definiert.

Das wäre ein übliches Schema:

Beispiel

```
class Bezeichner:  
    ... Anweisungen
```

Im Inneren der Klasse definiert man die Eigenschaften und Methoden vollkommen analog, wie Sie außerhalb von Klassen Variablen und Funktionen definieren. Hier sehen Sie die Deklaration einer Klasse *Person* mit zwei Eigenschaften und einer Methode:

```
class Person:  
    name = "Florian"  
    alter = 17  
  
    def reden(self):  
        print("Ihr seid alle Individuen!")
```

Die Deklaration der Attribute erfolgt im Grunde erst einmal wie bei „normalen“ Variablen und die Deklaration der Methoden wie bei „normalen“ Funktionen – nur halt im Inneren der Klasse deklariert.

11.3.2.1 Die Objektreferenz *self*

Bei dem letzten Beispiel zur Deklaration einer Klasse soll eine bemerkenswerte Stelle hervorgehoben werden – da ist der Parameter *self*. Dieser muss in Python in jeder Deklaration einer Instanzmethode als erster Parameter notiert werden und verweist auf das aktuelle Objekt. Beim Aufruf wird dieser Parameter dann aber automatisch gefüllt. Dafür darf kein Wert angegeben werden. Das bedeutet, dass beim Aufruf einer Instanzmethode der erste übergebene Wert immer für den zweiten (!) Parameter steht.

Hintergrundinformation

In vielen anderen Sprachen kennt man diese *self*-Referenz unter *this*.

- **Tipp** Für eine leere Klasse notieren Sie als einzige Anweisung *pass* – es wird ja zwingend mindestens eine Anweisung benötigt.

11.3.3 Die konkrete Instanziierung

Wie in anderen Programmiersprachen definieren Klassen auch in Python nur einen „Bauplan“, aus dem in der Regel⁴ beliebig viele Instanzen erzeugt werden können. Jedes Objekt einer Klasse bildet einen eigenen Namensraum (abgesehen von den statischen Elementen).

- **Definition** Ein **Namensraum** ist ein Bereich, in dem ein Bezeichner (etwa der Name einer Methode oder einer Eigenschaft, aber auch der Name einer Datei, wenn man an ein Verzeichnissystem denkt) eindeutig sein muss.

Attribute und Methoden können von außen zugänglich (*public*) oder nicht zugänglich (*private*) sein (Abschn. 11.6).

11.3.3.1 Der Defaultkonstruktor

Jede (normale) Klasse in Python stellt einen Defaultkonstruktor zur Verfügung. Der Aufruf des Konstruktors zur Instanziierung erfolgt in Python einfach, indem der Klassenname mit runden Klammern aufgerufen wird. Damit erzeugt dann der Konstruktor ein Objekt und der Konstruktor hat den gleichen Namen wie die Klasse.

Schematisch würde der Aufruf von einem Konstruktor für die Klasse *Person* so aussehen:

Beispiel

Person()

⁴Sogenannte Entwurfsmuster können die Anzahl der möglichen Instanzen reglementieren, aber das soll hier außer Acht bleiben.

11.3.3.2 Der parametrisierte Konstruktor

Es gibt auch die Möglichkeit, einen parametrisierten Konstruktor zu verwenden. Diesem werden wie einer „normalen“ Funktion beziehungsweise Methode Werte für Parameter übergeben, etwa so:

```
Person(42)
```

Natürlich muss man diese Werte dann im Konstruktor verwenden, wenn ein parametrisierter Konstruktor einen Sinn haben soll.

- In den meisten anderen Programmiersprachen verwendet man beim Aufruf des Konstruktors das vorangestellte Schlüsselwort *new*. Das gibt es in Python so nicht. Das ist eine gefährliche Stolperfalle für Umsteiger.

Stattdessen wird die Syntax von Python automatisch durch entsprechende Aufrufe der sogenannten magischen Methoden `__new__` und `__init__` ersetzt.

11.3.3.3 Magische Methoden statt parametrisierte Konstruktoren

Es ist in der Regel nicht sinnvoll, dass man ein Objekt ohne Initialisierung erzeugt. Auch ist es kaum sinnvoll, dass es immer mit den gleichen Werten initialisiert wird. In der Regel initialisiert man das Objekt beim Erzeugen bereits mit individuellen, sinnvollen Werten und das macht man üblicherweise mit einem **parametrisierten** Konstruktor. Nur stellt Python für so etwas nicht direkt eine der vielleicht aus vielen anderen Sprachen gewohnte Notation bereit, in der einfach der aufgerufene Konstruktor neu deklariert wird, sondern man nutzt in Python eine der schon angesprochenen „magischen Methoden“.

- **Tipp** Diese magischen Methoden erkennt man in Python grundsätzlich an zwei vorangestellten und zwei nachgestellten Unterstrichen. Das bedeutet auch, dass „normale“ Methoden und Funktionen so nicht ausgezeichnet werden dürfen.

Beispiele:

```
__new__  
__init__  
__add__  
__sub__  
__and__  
__str__  
__del__
```

Hintergrundinformation

Magische Methoden sind in Python einmal die Grundlage für das polymorphe Verhalten von Operatoren. Denn diese Operatoren sind zum Teil überladen. Man kann beispielsweise das Plus-Zeichen sowohl für die Addition von verschiedenen numerischen Werten, als auch für die String-Verkettung benutzen. Der Token ist zwar gleich, bedeutet aber je nach Kontext (Art der Parameter) etwas ganz anderes – das nennt man Überladen.

Die Möglichkeit des Überladens eines Operators in Python erlaubt es auch, dass man das mit eigenen Klassen selbst machen kann. Für jedes Operatorzeichen in Python gibt es eine spezielle Methode.

Für „+“ lautet der Name der Methode beispielsweise `__add__`, und für „-“ lautet der Name `__sub__`.

Das Thema werden wir in den Unterlagen aber nicht weiter vertiefen.

Beim Erzeugen von Instanzen wird zuerst von Python eine Methode `__new__` im Hintergrund aufgerufen, die man als Programmierer nicht weiter modifiziert. Aber die Initialisierung erfolgt mit der `__init__`-Methode, die danach automatisch aufgerufen wird und die man redefinieren kann.

Hintergrundinformation

Beachten Sie, dass diese Redefinition das vorangestellte Schlüsselwort *def* notwendig macht. Genau genommen wird diese magische Methode damit im Sinne der objektorientierten Programmierung überschrieben, wie diese oben erläutert wurde.

11.4 Details zu Objekten

In der strengen objektorientierten Programmierung wird alles, was Sie jemals im Quelltext notieren, als Objekt beziehungsweise Klasse oder als ein Objekt-/Klassenbestandteil zu verstehen sein. Das gilt nicht zwingend für sogenannte hybride Sprachen, mit denen man zwar objektorientiert programmieren kann, aber auch nach anderen Paradigma. Aber versuchen wir jetzt genauer zu klären, was Objekte sind.

Objekte sind in dem objektorientierten Denkansatz alles, was sich eigenständig erfassen und ansprechen lässt. Sie besitzen

- Eigenschaften,
- Methoden und
- einen Zustand.

Ein Objekt ist eine konkret vorhandene, agierende Einheit mit Identität (die relevanten Eigenschaften) und definierten Grenzen, die den Zustand und das Verhalten des Objektes kapseln. Ein Objekt ist durch seine Identität, seinen Zustand und sein Verhalten vollständig charakterisiert und die Eigenschaften und Methoden sind immer an ein spezifisches Objekt gekoppelt. In der objektorientierten Programmierung sind Methoden und Eigenschaften immer nur über ein spezifisches Objekt zugänglich.

Es gibt in der streng objektorientierten Programmierung grundsätzlich keine „freien“ Funktionalitäten und Variablen. Ein Objekt ist nach außen nur durch seine offen gelegten Methoden und Attribute definiert. Es ist gekapselt, versteckt seine innere Struktur – bis auf die offen gelegten Elemente – vollständig vor anderen Objekten. Man nennt dies **Information Hiding**, **Datenkapselung** oder einfach **Kapselung**. Kapselung ermöglicht einen differenzierten Zugriffsschutz und kann sowohl für eine Klasse, als auch jedes Klassenelement separat festgelegt werden. Damit kann die sogenannte **Sichtbarkeit** geregelt werden.

Die Verwendung von Objekten erfolgt in der objektorientierten Programmierung über einen Namen für das Objekt oder zumindest einen Stellvertreterbegriff, der ein Objekt repräsentiert (der Identifikator). Meist⁵ wird die **Punktnotation** für den Zugriff verwendet – so auch in Python.

11.4.1 OO-Philosophie als Abstraktion

Objektorientierte Denkweise ist jetzt ganz und gar nicht künstlich. Ganz im Gegenteil. Die gesamte objektorientierte Philosophie entspricht vielmehr der realen Natur als der prozedurale Denkansatz, der von der Struktur des Computers definiert wird. Ein Objekt ist im Sinne der objektorientierten Philosophie eine Abstraktion eines in sich geschlossenen Elements der realen Welt. Dabei spricht man von Abstraktion, weil zur Lösung eines Problems normalerweise weder sämtliche Aspekte eines realen Elements benötigt werden, noch überhaupt darstellbar sind. Ein Mensch bedient sich eines Objekts, um eine Aufgabe zu erledigen. Man weiß in der Regel sogar nicht genau, wie das Objekt im Inneren funktioniert, aber man kann es bedienen (weiß also um die im Moment interessanten Methoden, um es verwenden zu können) und weiß um die derzeit interessanten Eigenschaften des Objekts (seine Attribute) und wann was zur Verfügung steht (sein Zustand).

Aus programmiertechnischer Sicht ist es so, dass nicht nur der Programmierer weiß, was ein Objekt leistet. Auch das Objekt weiß es selbst und kann es nach außen dokumentieren. Es ist sich quasi seiner Existenz bewusst. Das wird in geeigneten Entwicklungsumgebungen genutzt, indem Ihnen ein Editor bereits Hilfe anbietet, indem er Ihnen bei einem Objekt alles anzeigt, was das Objekt leisten kann. Was da dann nicht auftaucht, kann auch nicht von einem Objekt gefordert werden.

11.4.2 Instanzelemente versus Klassenelemente

Wie in anderen Programmiersprachen wird auch in Python zwischen **Instanzeigenschaften** und **Klasseneigenschaften** (auch Instanzattribute beziehungsweise Klassenattribute oder statische Attribute genannt) unterschieden, wobei letztere eher in Ausnahmefällen

⁵Eine andere Notation finden Sie zum Beispiel in PHP.

verwendet werden. Diese gleiche Differenzierung nimmt man bei Methoden vor. Aber es ist notwendig, dass man explizit zwischen Eigenschaften und Methoden unterscheidet. Denn während sich Python bei Eigenschaften an die sonst meist übliche OO-Philosophie hält,⁶ geht man bei Methoden einen eigenen Weg.

11.4.2.1 Instanzattribute versus Klassenattribute in Python

- Klassenattribute sind in Python weitgehend „normale“ Variablen. Nur wird deren Deklaration in Python **direkt im *class*-Block** unter Zuweisung eines Initialwerts vorgenommen (das heißt nicht innerhalb des Konstruktors oder einer anderen Methode).
- Instanzattribute hingegen werden in Python **im Konstruktor** definiert und mit Initialwerten versehen.

Es gibt in Python jetzt aber einige Besonderheiten, die wir ausarbeiten müssen.

11.4.3 Der Aufbau von Objekten in Python

Wenn ein Objekt erzeugt wurde, werden in Python die Attribute als auch Methoden eines Objektes in einem Dictionary `__dict__` gespeichert, also jeweils über ein Wertepaar. Insbesondere sollte man beachten, dass Methoden damit über **Referenzen** bereitgestellt werden. Wir werden diese Tatsache in Abschn. 11.8.2 genauer untersuchen und damit einige interessante Dinge anstellen, die aber im Moment zu früh kommen.

11.4.4 Zugriff auf Objektbestandteile

Die Eigenschaften und Methoden eines Objekts werden dann ganz klassisch über die Punktnotation angesprochen. Der schon angesprochene Parameter *self* dient in Python auch dazu, dass man in Methoden auf die anderen Instanzelemente zugreifen kann. Man notiert in der Punktnotation einfach *self* und dann die gewünschte Eigenschaft oder Methode. Der Parameter *self* steht also für ein anonymes Objekt.

11.4.4.1 Alles ist ein Objekt

Bereits in der Einleitung wurde angedeutet, dass in Python im Grunde alles ein Objekt ist. Auch wenn man beispielsweise nach dem funktionalen Paradigma programmiert und dort etwa primitive Datentypen einsetzt, arbeitet Python im Hintergrund mit Objekten. Ein kleines Beispiel soll das zeigen (*Objekt1.py*):

```
x = 42.0
print(x.is_integer())
```

⁶Wenngleich auch hier mit einer speziellen Syntax.

Das Ergebnis wird *True* sein, aber wichtiger ist in unserem Zusammenhang, dass wir in der ersten Zeile des Quellcodes literal **ein Objekt** erzeugt haben, obwohl wir mit $x = 42.0$ vordergründig eine Variable mit einem **primitiven Datentyp** anlegen. Der Zugriff über die Punktnotation auf eine Methode beweist jedoch, dass Python auch hier im Hintergrund ein Objekt erzeugt hat.

- **Tipp** Wichtig ist, dass man sich in Python sehr oft eben gar keine Gedanken darum machen muss, ob hinter den Kulissen ein Objekt verwendet wird oder wie Python überhaupt im Hintergrund arbeitet. Das ist ja explizit eines der Ziele von Python.

11.4.4.2 Ein Beispiel für einen parametrisierten Konstruktor

Schauen wir uns jetzt die Notation einer Klasse mit einem parametrisierten Konstruktor zur Initialisierung und die Instanziierung in einem Beispiel an (*Klasse1.py*):

```
class Tier:
    def __init__(self, name, alter, typ):
        self.typ = typ
        self.name = name
        self.alter = alter

    def lautgeben(self):
        print("Mein Name ist ", self.name, " bin ein ", self.typ,
              " und ich bin ", self.alter, " Jahre alt.", sep="")
        print("Miau")

obj = Tier("Herby", 5, "Kater")
print(obj.name, obj.alter, obj.typ)
obj.lautgeben()
```

Sie sehen, dass die magische Methode `__init__` mit vorangestelltem `def` überschrieben wird und wir damit einen parametrisierten Konstruktor anlegen. Durch das vorangestellte `self` werden damit im Inneren auch gleich die Instanzvariablen `typ`, `name` und `alter` angelegt und mit den übergebenen Werten initialisiert.

Weiter finden Sie die Deklaration einer Methode `lautgeben()`.

Nach der Erzeugung eines Objekts wird ganz normal über die Punktnotation auf die Eigenschaften und die Methode zugegriffen. In Abb. 11.1 sehen Sie die Ausgabe des Beispiels.

```
Herby 5 Kater
Mein Name ist Herby, bin ein Kater und ich bin 5 Jahre alt.
Miau
>>>
```

Abb. 11.1 Ausgabe der Methode und die Werte der Eigenschaften

11.4.4.3 Beispiele mit Klassenattributen

Werfen wir einen Blick auf eine kleine Abwandlung des letzten Beispiels (*Klasse2.py*):

```
class Tier:
    eigentuemer = "Papa"
    def __init__(self, name, alter, typ):
        self.typ = typ
        self.name = name
        self.alter = alter

    def lautgeben(self):
        print("Mein Name ist ", self.name, ", bin ein ", self.typ,
              " und ich bin ", self.alter, " Jahre alt.", sep="")
        print("Miau")

obj = Tier("Herby", 5, "Kater")
print(obj.name, obj.alter, obj.typ)
obj.lautgeben()
print("Zugriff über das Objekt:", obj.eigentuemer)
print("Zugriff über die Klasse:", Tier.eigentuemer)
Tier.eigentuemer = "Felix"
print("Verkauft an", obj.eigentuemer)
```

Sie sehen in dem Beispiel, dass Attribute der Klasse **außerhalb** der magischen Methode deklariert und dort neu mit Werten belegt werden können. Das sind in Python dann wie erwähnt **Klasseneigenschaften** oder statische Attribute.

Es ist in der Regel der Sinn der Verwendung von Klassenelementen, dass man sich einmal die Instanziierung spart. Aber noch wichtiger ist die Tatsache, dass Informationen über Klassenelemente in allen Instanzen verfügbar sind und sich auch Änderungen in allen Instanzen auswirken.

Doch was passiert bei Änderungen des Wertes der Klasseneigenschaft?

In dem konkreten Listing gibt es eine Klasseneigenschaft *eigentuemer*. Das Besondere an Python ist, dass der folgende Zugriff auf diese Klasseneigenschaft sowohl über eine Instanz (*obj.eigentuemer*), als auch über die Klasse (*Tier.eigentuemer*) erfolgen kann, und zwar einerseits lesend, was im Prinzip unkritisch ist.

Aber es geht andererseits auch schreibend, um den Wert der Klasseneigenschaft zu ändern (Abb. 11.2). Diese Möglichkeit, auf Klassenelemente über die Instanz zuzugreifen,

```
Herby 5 Kater
Mein Name ist Herby, bin ein Kater und ich bin 5 Jahre alt.
Miau
Zugriff über das Objekt: Papa
Zugriff über die Klasse: Papa
Verkauft an Felix
>>>
```

Abb. 11.2 Klassenelemente

kennt man zwar beispielsweise auch aus Java,⁷ aber das eng verwandte C# unterbindet diese Art des Zugriffs kategorisch. Und im Grunde ist eine Warnung beziehungsweise das grundsätzliche Unterbinden äußerst sinnvoll, denn der Zugriff über ein Objekt ist im Grunde unlogisch und auch gefährlich. Gerade Python verhält sich aus meiner Sicht in dem Kontext ziemlich tückisch.

Die Ausgabe von dem Beispiel *Klasse2.py*, macht das tückische Verhalten noch nicht wirklich deutlich. Denn mit *Tier.eigentuemer = "Felix"* wird die Klasseneigenschaft über die Klasse geändert und der folgende Zugriff über die Instanz (*obj.eigentuemer*) zeigt dann den geänderten Wert (Abb. 11.2).

Aber auch das folgende Beispiel *Klasse3.py* ist gültiger Python-Code:

```
class Tier:
    eigentuemer = "Papa"
    def __init__(self, name, alter, typ):
        self.typ = typ
        self.name = name
        self.alter = alter

obj1 = Tier("Herby", 5, "Kater")
obj2 = Tier("Hägar", 2, "Kanarienvogel")
obj3 = Tier("Helga", 4, "Kanarienvogel")

print(obj1.name, "gehört", obj1.eigentuemer)
print(obj2.name, "gehört", obj2.eigentuemer)
print(obj3.name, "gehört", obj3.eigentuemer)
print("Alle Tiere gehören", Tier.eigentuemer, "\n")

obj1.eigentuemer = "Florian"

print(obj1.name, "gehört jetzt", obj1.eigentuemer)
print(obj2.name, "gehört jetzt", obj2.eigentuemer)
print(obj3.name, "gehört jetzt", obj3.eigentuemer)
print("Alle Tiere gehören jetzt", Tier.eigentuemer, "\n")

Tier.eigentuemer = "Felix"

print(obj1.name, "gehört jetzt", obj1.eigentuemer)
print(obj2.name, "gehört jetzt", obj2.eigentuemer)
print(obj3.name, "gehört jetzt", obj3.eigentuemer)
print("Alle Tiere gehören jetzt", Tier.eigentuemer)
```

Das Ergebnis muss genauer betrachtet werden. Die ersten Ausgaben sollten noch klar sein. Es gibt eine Klassenvariable und deren Wert wird in den ersten vier Ausgaben verwendet.

⁷Wenngleich es da explizit nicht empfohlen wird und der Compiler eine Warnung anzeigt.

Der Zugriff erfolgt über die drei Instanzen und die Klasse. Das ist ja wie gesagt in Python nicht verboten und deshalb bekommt man diese Ausgabe:

```
Herby gehört Papa
Hägar gehört Papa
Helga gehört Papa
Alle Tiere gehören Papa
```

Nun wird mit der folgenden Anweisung `obj1.eigentuemer = "Florian"` versucht, den Wert der Klasseneigenschaft über die Instanz zu ändern. Denn man kann ja auf die Klasseneigenschaft lesend zugreifen, wie wir oben gesehen haben. Und damit sollte man auch schreibend darauf zugreifen können, wie es etwa in Java der Fall wäre. Python wird auch bei so einem Versuch keinen Fehler oder Problem melden. Aber das ist die nachfolgende Ausgabe:

```
Herby gehört jetzt Florian
Hägar gehört jetzt Papa
Helga gehört jetzt Papa
Alle Tiere gehören jetzt Papa
```

Der schreibende Zugriff hat den Wert der Klasseneigenschaft **nicht** (!) geändert, sondern verdeckt nur deren Wert in der konkreten Instanz `obj1`. Dort gibt es somit eine implizite Instanzeigenschaft.

Und die Sache wird noch heimtückischer, denn eine nachfolgende Änderung der Klasseneigenschaft über die Klasse mit `Tier.eigentuemer = "Felix"` führt zu der Ausgabe:

```
Herby gehört jetzt Florian
Hägar gehört jetzt Felix
Helga gehört jetzt Felix
Alle Tiere gehören jetzt Felix
```

Da die Klasseneigenschaft durch die vorherige Anweisung `obj1.eigentuemer = "Florian"` in `obj1` verdeckt ist, wird sich auch die nachfolgende Änderung der Klasseneigenschaft über die Klasse bei dem folgenden Zugriff über die Instanz nicht auswirken.

- **Tipp** Trotz der gezeigten Möglichkeit, auf Klassenelemente über eine Instanz zuzugreifen, sollte man auch in Python meines Erachtens immer den Zugriff über die Klasse wählen. Das ist dann schon vom Quellcode her viel besser lesbar, wartbar und klarer. Aber insbesondere das letzte Beispiel hat gezeigt, dass man auch mit recht tückischem Verhalten rechnen muss, wenn man schreibend über die Instanz auf die Klasseneigenschaft zugreift (auch wenn man in Python das Verhalten natürlich auch bewusst und sinnvoll einsetzen kann).

- **Tipp** Wenn Sie aus einer Instanzmethode oder dem Konstruktor auf eine Klasseigenschaft zugreifen wollen, können Sie den Klassennamen voranstellen. Allerdings kann man auch die Instanz verwenden und über das Built-in `type()` auf die Klassen zugreifen. Das hat den wesentlichen Vorteil, dass man den Namen der Klasse nicht explizit angeben muss und damit der Code universeller ist. Das geht dann so:

```
type(self)
```

11.4.5 Von Grund auf objektorientiert

Nicht zuletzt durch das funktionale Paradigma werden die meisten Python-Applikationen aus einer sequenziellen Abarbeitung von Anweisungen in einem `.py`-Dokument bestehen. Sie finden darin Anweisungen und Deklarationen, aber es existiert damit immer erst einmal eine funktionale Basis – auch wenn Sie objektorientiert arbeiten wollen.

Aber man kann in Python auch ein wirklich objektorientiertes Fundament als Basis einer Anwendung nehmen. Dazu deklariert man einfach eine Klasse und lässt den gesamten folgenden Code aus dem Konstruktor der Klasse „entspringen“. Man muss dann nur noch die Klasse instanziiieren. Sofern der restliche Code dann konsequent mit dem objektorientierten Ansatz arbeitet, ist das dann eine wirklich objektorientierte Python-Applikation. Hier sehen Sie die Schablone für so eine Minimalstruktur, bei der die Programmklasse *Application* lauten soll:

Beispiel

```
class Application():  
    def __init__(self):  
        ...  
Application()
```

Hintergrundinformation

Man programmiert in Python eigentlich selten nach diesem Ansatz. Eine Ausnahme ist die Erstellung von grafischen Oberflächen. Da wird man oft so ein Design finden. Man hat einen Konstruktor mit einem Frame und kann da andere GUI-Elemente wie Label, Button oder Eingabefelder erstellen.

11.5 Klassenmethoden und statische Methoden

Instanzmethoden gehören zur konkreten Instanz. So weit haben wir das schon besprochen. Aber es gibt analog der Situation bei Eigenschaften auch Methoden, die nicht zur konkreten Instanz gehören, sondern zu der Klasse. In der objektorientierten Programmierung nennt man solche **Klassenmethoden** normalerweise **statische Methoden** und auch die

meisten Programmiersprachen unterscheiden hier nicht. Nicht so Python! In Python gibt es Unterschiede zwischen Klassenmethoden und statischen Methoden und das sorgt bei Umsteigern meist für Verwirrung.

11.5.1 Klassenmethoden

Klassenmethoden sind in Python offensichtlich nicht an Instanzen gebunden, aber anders als statische Methoden (Abschn. 11.3.6.2) sind Klassenmethoden an eine Klasse gebunden (was zu erwarten ist). Sie gehören also explizit zur Klasse und das erste Argument einer Klassenmethode ist in Python immer eine Referenz auf die Klasse. Diese Referenz wird in Python das „**Klassenobjekt**“ genannt. Aufrufen kann man diese Methode über den vorangestellten Klassennamen oder eine Instanz.⁸

Das bedeutet, dass beim Aufruf einer Klassenmethode der erste übergebene Wert immer über den zweiten (!) Parameter der Deklaration bereitsteht. Das Konzept entspricht damit der Logik beim Aufruf von Instanzmethoden.

► **Tip** Klassenmethoden werden in der Regel mit der Annotation⁹ `@classmethod` gekennzeichnet.

Betrachten wir das Beispiel *Klasse4.py*:

```
class Tier:
    anzahl = 0

    def __init__(self):
        Tier.anzahl += 1

    @classmethod
    def AnzahlTiere(cls):
        return cls.anzahl

print("Anzahl der Tiere: ", Tier.AnzahlTiere())
obj1 = Tier()
print("Anzahl der Tiere: ", Tier.AnzahlTiere())
obj2 = Tier()
obj3 = Tier()
```

⁸Also die analoge Situation wie bei Klasseeigenschaften.

⁹Annotation bedeutet „Anmerkung“, „Beifügung“ oder „Hinzufügung“ und wird in Python als Kommentar verstanden, den der Interpreter ignoriert.

```
print("Anzahl der Tiere (Abfrage für die Klasse): ", Tier.AnzahlTiere())
print("Anzahl der Tiere (Abfrage für eine Instanz): ", obj2.AnzahlTiere())
```

Die Ausgabe wird das sein:

Anzahl der Tiere: 0

Anzahl der Tiere: 1

Anzahl der Tiere (Abfrage für die Klasse): 3

Anzahl der Tiere (Abfrage für eine Instanz): 3

Es gibt in dem Beispiel eine Klasseneigenschaft *anzahl*, mit der die Anzahl der erzeugten Instanzen mitgezählt werden soll. Im Konstruktor wird der Wert mit *anzahl.Tier* bei jeder Erzeugung einer Instanz um den Wert 1 erhöht.

Die Klassenmethode *AnzahlTiere()* liefert diese Anzahl als Rückgabewert. Über den Parameter kann man dabei auf die Klasse und damit die Klasseneigenschaft zugreifen. Wie Sie sehen, können Sie auch hier sowohl über die Klasse, als auch die Instanz auf die Klassenmethode zugreifen.

11.5.2 Statische Methoden

Python differenziert wie gesagt zwischen Klassenmethoden und statischen Methoden. Statische Methoden in Python sind weder an Instanzen, aber auch nicht an Klassen gebunden. Statische Methoden „wissen“ nichts von der Klasse, in der sie definiert wurden. Es sind einfach Methoden, die in der Klasse definiert sind und deren erster Parameter **nicht** für die Klasse oder eine Instanz steht.

Statische Methoden können von außen oder in anderen statischen Methoden über den vorangestellten Klassennamen, in Klassenmethoden über den ersten Parameter oder den Klassennamen aufgerufen werden.

► **Tipp** Statische Methoden werden in Python in der Regel mit der Annotation `@staticmethod` gekennzeichnet.

Betrachten wir das Beispiel *Klasse5.py*:

```
class Rechne:
    @staticmethod
    def addiere(a,b):
        return a + b

    @staticmethod
    def multipliziere(a,b):
        return a * b
```

```

    @staticmethod
    def dividiere(a,b):
        return a / b

    @staticmethod
    def punktrechnung():
        print(Rechne.multipliziere(21,2))
        print(Rechne.dividiere(21,2))
        obj = Rechne()
        print(obj.addiere(5, 6))

    @classmethod
    def rechne(cls):
        print(cls.addiere(22,20))
        print(Rechne.multipliziere(22,20))
        cls.punktrechnung()
        obj = Rechne()
        print(obj.addiere(15, 6))

Rechne.multipliziere(22,20)
obj = Rechne()
print(obj.addiere(33,30))
obj.rechne()

```

Das ist die Ausgabe des Beispiels:

```

63
42
440
42
10.5
11
21

```

Sie finden in dem Beispiel die Deklaration von vier statischen Methoden. Die ersten drei statischen Methoden berechnen einfach aus den beiden übergebenen Parametern ein Ergebnis und liefern dieses zurück.

Die vierte statische Methode ist interessant. Denn in dieser werden die drei anderen statischen Methoden aufgerufen, einfach über den vorangestellten Klassennamen oder auch eine Instanz der Klasse. Allerdings müssen Sie diesen Identifier auch notieren, denn eine statische Methode „weiß“ wie gesagt rein gar nichts über die Klasse, in der sie deklariert ist. Damit unterscheidet sich der Zugriff aus der statischen Methode nicht von dem Zugriff von außen.

In der Klassenmethode hingegen können Sie entweder den ersten Parameter oder aber den Klassennamen oder auch eine Instanz der Klasse verwenden.

11.6 Eine Frage der Sichtbarkeit

Die **Sichtbarkeit** von Methoden und Attributen außerhalb einer Klasse kann in der objekt-orientierten Programmierung in der Regel vom Programmierer vorgegeben werden. So auch in Python. Python unterstützt folgende drei Sichtbarkeitsstufen:

- Attribute und Methoden mit der Sichtbarkeit **public** sind von außerhalb uneingeschränkt und direkt über eine Referenz auf das Objekt der Klasse zugänglich. Ohne spezielle Kennzeichnung (also Voreinstellung) sind in Python alle Attribute und Methoden **public** und damit von überall aus sichtbar.
- Attribute und Methoden mit der Sichtbarkeit **private** sind von außen nicht sichtbar. Attribute und Methoden werden in Python als **private** deklariert, indem man ihren Namen mit dem Prefix `__` (doppelter Unterstrich) versieht.
- Als **protected** erklärte Attribute und Methoden werden gekennzeichnet, indem man dem Namen einen einfachen Unterstrich `_` voranstellt. Technisch ist für diese Elemente in Python der Zugriff von außen genauso uneingeschränkt möglich wie im Fall **public**. Das unterscheidet diese Kennzeichnung in Python von der Verwendung in den meisten anderen OO-Sprachen, wo hiermit eine Beschränkung der Zugriffsmöglichkeiten auf Objekte festgelegt wird, die in einer Vererbungsbeziehung stehen! Es handelt sich bei diesem Sichtbarkeitslevel in Python nur um eine Konvention oder Empfehlung.

11.6.1 Ein Beispiel für den Zugriff auf ein öffentliches Element

Zur Verdeutlichung der Sichtbarkeiten betrachten wir das Beispiel *Klasse6.py*.

```
class Tier:
    anzahl = 0

    def __init__(self):
        Tier.anzahl += 1

    @classmethod
    def AnzahlTiere(cls):
        return cls.anzahl

print("Anzahl der Tiere: ", Tier.AnzahlTiere())
obj1 = Tier()
print("Anzahl der Tiere: ", Tier.AnzahlTiere())
obj2 = Tier()
print("Anzahl der Tiere: ", Tier.anzahl)
```

```
Anzahl der Tiere: 0
Anzahl der Tiere: 1
Traceback (most recent call last):
  File "F:/PythonQuellcodes/kap11/Klasse7.py", line 16, in <module>
    print("Anzahl der Tiere: ", Tier.__anzahl)
AttributeError: type object 'Tier' has no attribute '__anzahl'
>>> |
```

Abb. 11.3 Auf die private Eigenschaft kann man von außen nicht zugreifen

Es gibt in dem Beispiel eine Klasseneigenschaft *anzahl* ohne besondere Kennzeichnung. Damit ist sie in Python public und kann sowohl im Konstruktor und der Klassenmethode im Inneren der Klasse, aber auch von außen über die Klasse verwendet werden.

11.6.2 Ein Beispiel für den versuchten Zugriff auf ein privates Element von außen

Machen wir die Klasseneigenschaft nun private. Dazu notieren wir einfach bei der Deklaration zwei Unterstriche vor den Bezeichner (*Klasse7.py*). Natürlich muss dann der Bezeichner auch bei jedem Zugriff angepasst werden.

```
class Tier:
    __anzahl = 0

    def __init__(self):
        Tier.__anzahl += 1

    @classmethod
    def AnzahlTiere(cls):
        return cls.__anzahl

print("Anzahl der Tiere: ", Tier.AnzahlTiere())
obj1 = Tier()
print("Anzahl der Tiere: ", Tier.AnzahlTiere())
obj2 = Tier()
print("Anzahl der Tiere: ", Tier.__anzahl)
```

Auf die private Klasseneigenschaft kann man weiterhin von innerhalb der Klasse über den Konstruktor und die Klassenmethode zugegriffen, aber der Zugriff von außerhalb der Klasse ist nicht mehr möglich (Abb. 11.3). Sie erhalten eine entsprechende Fehlermeldung.

11.6.3 Getter und Setter

Wenn man private Eigenschaften in einer Klasse anlegt, sind diese damit von außen nicht direkt sichtbar. Aber oft möchte man dennoch darauf zugreifen – nur indirekt über spezielle Methoden. Es gibt verschiedene Gründe, warum viele Details in einem Objekt oft nicht

direkt offengelegt werden und stattdessen einen solchen indirekten Zugang über Methoden bereitstellen. Denn das Konzept hat vielfältige Vorteile. Insbesondere kann man damit Werte filtern. Wenn Sie etwa ein Objekt haben, das eine Woche repräsentieren soll, ergibt es keinen Sinn, wenn Sie eine Eigenschaft für einen Wochentag auf den Wert 8 setzen würden. Bei einem direkten Zugriff auf ein Feld wäre so ein Filter nur mühsam oder gar nicht zu realisieren, denn die verfügbaren Datentypen lassen nur eine recht grobe Spezifikation der Inhalte zu, die in der Regel nicht genügt (etwa der Wertebereich eines Datentyps).

Wenn Sie jedoch über eine Methode zum Setzen der Tage auf das Feld zugreifen, kann im Inneren dieser Methode eine Überprüfung auf erlaubte Werte greifen. Das gilt für all die Fälle, in denen nur bestimmte Werte sinnvoll sind. Aber auch bei der Abfrage des Wertes von einem Feld kann so ein indirekter Zugriff sehr sinnvoll sein. Es kann sein, dass – je nach Situation – nur bestimmte Informationen Sinn ergeben. Denken Sie bei unserem Beispiel-API mit den Tieren an die Anzahl der Eier, die ein Tier vom Typ *Gefluegel* liefern kann – die hängt vom Geschlecht ab. Ebenso können Sie durch die Unterbindung eines direkten Zugriffs auf ein Feld einrichten, dass ein Feld entweder nur zum Lesen (read-only – **Lesezugriff**) oder zum Setzen (Zugriff:write-only – **Schreibzugriff**) eines Wertes freigegeben ist oder auch beides. Je nach gewünschter Situation stellen Sie die entsprechenden Methoden bereit oder auch nicht. Ein indirekter Zugriff gestattet auch Änderungen von den Eigenschaften selbst, sowohl was den Namen als auch den Typ der repräsentierenden Variable angeht. Die Filterfunktion sorgt gegebenenfalls dafür, dass die Schnittstelle nach außen unverändert bleibt.

11.6.3.1 Die tatsächliche Notation von Getter und Setter

Grundsätzlich werden Sie diese Vorgehensweise in vielen objektorientierten APIs sehr oft realisiert vorfinden. Die Methoden, die zum Setzen des Werts einer Eigenschaft verwendet werden, beginnen dort sehr oft mit *set* und die Methoden zum Abfragen des Wertes einer Eigenschaft mit *get* oder *is* (Letzteres beim Zugriff auf Boolesche-Werte – Wahrheitswerte). Beispiele sind etwa *setText("Text")* zum Setzen der Beschriftung von einer Schaltfläche oder *getText()* zum Abfragen des Wertes. Man nennt solche Methoden Getter-Methoden und Setter-Methoden oder kurz nur **Getter** und **Setter**. Die Eigenschaft selbst wird bei so einem Zugriffskonzept privatisiert, um einen direkten Zugriff zu verhindern. Das ist zwar syntaktisch nicht zwingend, aber vom Design her unbedingt zu empfehlen – sonst braucht man auch keine Getter und Setter.

- **Tipp** Ein indirekter Zugriff auf Eigenschaften hat sich über die Jahre als Königsweg des Designs einer objektorientierten Anwendung etabliert.

Das ist ein Beispiel mit der Anwendung von Gettern und Settern (*GetterSetter.py*):

```
class Katze:
    def __init__(self, alter):
        self.__alter = alter
```

```

def getAlter(self):
    return self.__alter

def setAlter(self, alter):
    self.__alter = alter

obj = Katze(1)
print(obj.getAlter())
obj.setAlter(5);
print(obj.getAlter())

```

Hintergrundinformation

Es sollten Ihnen der identische Parametername bei dem Setter und der Bezeichner des Attributs auffallen (bis auf die Unterstriche zur Privatisierung des Attributs). Für Anfänger ist die identische Wahl des Parameternamens des Setters und des Bezeichners des Feldes am Anfang oft verwirrend. Aber das ist eine einfache und extrem konsistente Logik, diese Bezeichner gleich zu wählen. Denn damit ist die Zuordnung schon von den Bezeichnern her klar.

11.6.3.2 Properties als Ersatz für Getter und Setter

In einigen Programmierkonzepten, wie etwa dem .NET-Framework allgemein, versteht man den Begriff einer „Eigenschaft“ beziehungsweise auf Englisch „Property“ so, dass der indirekte Zugriff auf ein Attribut/Feld über eine spezielle set- und get-Syntax anstelle der „normalen“ Getter und Setter geregelt wird. Die eigentlich in der objektorientierten äquivalenten Attribute beziehungsweise Felder werden dort als gesonderte Struktur betrachtet. Diese Syntax über Properties macht aber im Grunde genau das Gleiche wie der indirekte Zugriff über Getter und Setter, und auch Python bietet ein Sprachkonstrukt *property()*, was solch einen lesenden und schreibenden Zugriff auf private-Attribute ermöglicht. Es gibt aber einige Leute, die diese Property-Notation für besser lesbar halten.¹⁰

Um eine Property zu deklarieren, deklariert man eine Getter- und eine Setter-Methode als privat und übergibt Referenzen auf diese Methoden der Anweisung *property()* als Parameter. Diese liefert dann den Zugriff auf die Instanzvariable über eine Property zurück, etwa so (*Properties.py*):

```

class Katze:
    def __init__(self, alter):
        self.__alter = alter

    def __getAlter(self):
        return self.__alter

    def __setAlter(self, alter):
        self.__x = alter

```

¹⁰Der Autor zählt sich ausdrücklich nicht dazu – mir sind Getter und Setter bedeutend lieber und ich finde diese besser lesbar und aussagekräftiger.

```
    alter = property(__getAlter, __setAlter)
obj = Katze(1)
print(obj.alter)
obj.alter = 5;
print(obj.alter)
```

Sie erkennen die zusätzliche Privatisierung der Getter- und Setter-Methode und die Angabe der Referenzen als Parameter. Die Privatisierung der Getter- und Setter-Methode ist zwar syntaktisch nicht zwingend, aber vom Design her unbedingt zu empfehlen. Das ist die gleiche Argumentation wie bei dem Zugriff über Gettern und Settern auf Felder – sonst braucht man keine Property.

- **Tipp** Natürlich können Sie auch bei Properties einen read-only- oder write-only-Zugriff bereitstellen. Implementieren Sie mit *pass* einfach eine leere Anweisung in dem Getter (das ergibt einen write-only-Zugriff) oder in dem Setter (read-only-Zugriff).

11.7 Ein Objekt löschen

Der Konstruktor erzeugt ein Objekt und sein Gegenspieler ist der **Destruktor**. Dieser zerstört ein Objekt und gibt den Speicherplatz auf. In alten Sprachen wie C/C++ muss man sich selbst um die Speicherbereinigung kümmern. Aber moderne Sprachen – auch Python – haben ein automatisches Speichermanagement und kümmern sich um den automatischen Aufruf des Destruktors im Hintergrund, wenn man nicht selbst eingreifen möchte und ein Objekt nicht benötigt wird (eine sogenannte **Garbage Collection**). Aber wenn Sie wollen, können Sie ein Objekt mit der Anweisung *del* gezielt löschen.

- **Tipp** Sie können auch den Destruktor – die magische Methode `__del__` – redefinieren, wenn da bestimmte Schritte¹¹ in Verbindung mit dem Löschen des Objekts passieren sollen. Das ist aber in der Regel unnötig und das eigentliche Löschen wird automatisch erledigt.

11.7.1 Ein Beispiel für das Redefinieren des Destruktors

In dem folgenden Beispiel redefinieren wir den Destruktor und löschen ein Objekt mit *del* manuell, auch wenn das wie gesagt in der Praxis selten notwendig ist. Es soll einfach nur gezeigt werden, wie das geht (*Klasse8.py*):

```
class Person:
    def __init__(self, name, alter):
        self.name = name
        self.alter = alter
```

¹¹ Etwa Meldungen anzeigen oder Dinge protokollieren.

```

def __del__(self):
    print("In der Regel nicht notwendig")

def lautgeben(self):
    print("Mein Name ist", self.name, "und ich bin", self.alter,
          "Jahre alt.")

obj = Person("Herby", 5)
print(obj.name, obj.alter)
obj.lautgeben()
del obj

```

Das ist dann die Ausgabe mit der Meldung des Destruktors:

```

Herby 5
Mein Name ist Herby und ich bin 5 Jahre alt.
In der Regel nicht notwendig

```

11.8 Ein paar besondere OO-Techniken

Kommen wir zu ein paar besonderen OO-Techniken. Diese sind nicht unbedingt Teil des „Grundwortschatzes“, können Ihnen bei der Objektorientierung aber ab und zu vielleicht ganz nützlich sein.

11.8.1 Eine To-String-Funktionalität bereitstellen – `__str__`

Man kennt es aus fast allen OO-Sprachen, dass der Inhalt eines Objekts stringifiziert (in Form eines Strings gespeichert) werden kann. Das bedeutet, dass der Inhalt des Objekts in eine lesbare Form gebracht wird. In Python wird die Ausgabe eines Objekts in der Grundeinstellung nur dessen Speicheradresse und den Namen ausgeben (Abb. 11.4). Damit kann man in der Regel nichts anfangen. Deshalb erzeugt man bei Bedarf eine bestimmte vorgegebene Meldung, die für so einen Fall angezeigt werden soll. Um das zu machen, kann man in Python die magische Methode `__str__` nutzen und diese überschreiben.

Beispiel (*Klasse9.py*):

```

class Person:
    pass

class Gebaeude:

    def __str__(self):
        return "Das soll ausgegeben werden"

print(Person())
print(Gebaeude())

```

```
<__main__.Person object at 0x05050DB0>
Das soll ausgegeben werden
>>>
```

Abb. 11.4 Eine nichtssagende versus eine individuelle Meldung bei Ausgabe eines Objekts

In der Klasse *Person* wird keine individuelle Meldung erstellt und deshalb sieht man bei `print(Person())` nur die Adresse von dem Objekt und dessen Objekttyp, bei einem Objekt vom Typ *Gebaeude* hingegen die gewünschte Meldung (Abb. 11.4).

11.8.2 Objekte dynamisch erweitern, das Dictionary `__dict__` und Slots

Wenn ein Objekt erzeugt wurde, werden die Attribute als auch Methoden eines Objektes in einem Dictionary `__dict__` gespeichert. Das wurde schon kurz angesprochen. So eine Verankerung von Attributen, als auch Methoden eines Objekts über ein Key-Value-System setzen sich derzeit auf breiter Front durch. Insbesondere JavaScript hat mit JSON (JavaScript Object Notation) einen schlanken und eleganten Referenzstandard geschaffen, an dem sich viele andere Konzepte orientieren. Wie bei jedem anderen Dictionary in Python ist nun die Anzahl der Elemente nicht begrenzt und kann dynamisch erweitert werden.

Und das bedeutet, dass einem bereits existierenden Objekt weitere Attribute als auch Methoden hinzugefügt werden können. Denn es werden ja nur Elemente einem Dictionary hinzugefügt. Hier ist ein Beispiel (*ObjektErweiterung.py*).

```
class Tier():
    def __init__(self):
        self.alter = 5

obj1 = Tier()
print("Das Dictionary __dict__:", obj1.__dict__, "\n")

obj1.name = "Herby"

print(obj1.alter)

print(obj1.name)

print("Das Dictionary __dict__:", obj1.__dict__, "\n")
def lautgeben():
    print ("Miau")

obj1.lautgeben = lautgeben

obj1.lautgeben()

print("Das Dictionary __dict__:", obj1.__dict__, "\n")
```

```
obj1.fressen = lambda x: print (x)

obj1.fressen("Mampf")

print("Das Dictionary __dict__:", obj1.__dict__, "\n")
```

Das Dictionary, welches die Attribute und Methoden des Objekts enthält, kann folgendermaßen über `obj1.__dict__` angesprochen werden. Das ist die gesamte Ausgabe:

```
Das Dictionary __dict__: {'alter': 5}
5
Herby
Das Dictionary __dict__: {'alter': 5, 'name': 'Herby'}
Miau
Das Dictionary __dict__: {'alter': 5, 'name': 'Herby', 'lautgeben': <function lautgeben at
0x0644D618>}
Mampf
Das Dictionary __dict__: {'alter': 5, 'name': 'Herby', 'lautgeben': <function lautgeben at
0x0644D618>, 'fressen': <function <lambda> at 0x0644D660>}
```

Die Klasse *Tier* stellt bloß die Instanzvariable *alter* bereit. Aber mit `obj1.name = "Herby"` wird einem vorher bereits erzeugten Objekt eine neue Instanzeigenschaft hinzugefügt. Die Erweiterung erfolgt also, nachdem es bereits definiert worden ist.

Aber auch Methoden werden wie gesagt nur als Referenzen in dem Dictionary verankert und können deshalb nachträglich hinzugefügt werden. Sie sehen das in dem Beispiel auf zwei Weisen umgesetzt:

1. Es gibt die Deklaration einer „normalen“ Funktion, die über eine Referenz nachträglich dem Objekt hinzugefügt wird.
2. Über einen *lambda*-Ausdruck wird eine anonyme Funktion direkt in dem Objekt verankert.

11.8.2.1 Slots statt dem Standarddictionary

Das Verwalten von Attributen und Methoden über das dynamische Standarddictionary `__dict__` ist bei vielen Instanzen im Grunde ziemlich speicherfressend und auch nicht performant. Um dem entgegenzuwirken, kommen sogenannte **Slots** ins Spiel. Mit Slots wird eine statische Struktur zur Verfügung gestellt, die weiteres Hinzufügen von Attributen verhindert, sobald eine Instanz erstellt wurde. Das ist ressourcenschonender und gut für die Performance.

Um Slots zu benutzen, müssen Sie in der Deklaration der Klasse eine Liste `__slots__` definieren. Die Liste muss alle Attribute beinhalten, die ein Objekt später zur Verfügung haben soll. Beispiel (*Slots.py*):

```
class Tier():
    __slots__ = ['alter']
```

```
def __init__(self):
    self.alter = 5

obj1 = Tier()
print(obj1.alter)
```

Beim Versuch, ein weiteres Attribut dem Objekt *obj1* dynamisch hinzuzufügen, gibt es einen Fehler der Art

```
obj1.name = "Herb"
AttributeError: 'Tier' object has no attribute 'name'.
```

Hintergrundinformation

Seit Python 3.3 nimmt die Bedeutung von Slots ab, denn mit dem sogenannten Key-Sharing-Dictionaries-Konzept für die Speicherung von Objekten können Attribute der verschiedenen Instanzen einer Klasse einen Teil ihres genutzten Speichers mit anderen Instanzen der Klasse teilen.

11.8.3 Dynamische Erzeugung von Klassen, Metaklassen und die Klasse *type*

Kommen wir noch zu einem kleinen Ausflug ist die Hintergründe von Klassen, wobei diese nur angedeutet werden. In der objektorientierten Programmierung werden Klassen auch Typen genannt, was schon besprochen wurde. Deshalb liefert aber auch die Built-in-Funktion *type()* immer Informationen zur Klasse einer Instanz, auch bei primitiven Datentypen, was ja deutlich macht, dass diese im Hintergrund Objekte sind.

Beispiel (*Typinformationen.py*):

```
class Tier():
    def __init__(self):
        self.alter = 5

obj1 = Tier()
x = 42
print(type(obj1))
print(type(x))
```

Damit etwa erhalten Sie diese Ausgabe:

```
<class '__main__.Tier'>
<class 'int'>
```

Bei Anwendung auf eine Klasse selbst kommt die folgende Ausgabe:

```
<class 'type'>
```

Dies zeigt, dass alle Klassen selbst Instanzen einer Klasse *type* sind. Doch wo und wie ist diese Klasse *type* deklariert? Sie ist eine sogenannte **Metaklasse**. Metaklassen werden in einigen objektorientierten Konzepten nur als philosophischer Überbau eingeführt, um

erklären zu können, dass Klassen selbst wieder als Objekte gesehen werden können. Nur sind es besondere Objekte, die eben über Metaklassen erzeugt werden. Aber einige Sprachen erlauben es, Metaklassen konkret zu notieren beziehungsweise darauf zuzugreifen. So auch Python, denn man kann direkt eine Subklasse der Metaklasse *type* bilden und damit dynamisch Klassen generieren. Statt eines einzigen Arguments kann *type()* dazu mit drei Parametern aufgerufen werden:

- Der erste Parameter ist der String, der den Klassennamen angibt und zu einem *name*-Attribut wird.
- Der zweite Parameter ist eine Liste oder ein Tupel mit der oder den Superklasse(n) der generierten Klasse (Abschn. 11.9). Die Liste oder das Tupel wird zu einem *bases*-Attribut.
- Das dritte Attribut ist ein Dictionary, welches als Namensraum der Klasse fungiert und alle Deklarationen der Klasse enthält. Diese Deklaration baut das *dict*-Attribut auf.

Beispiel (*DynamischeKlassen.py*):

```
Tier = type("Tier",
           (),
           {"alter":0 })

obj1 = Tier()
print(type(obj1))
print(type(Tier))
```

11.9 Vererbung

Eine der wichtigsten Beziehungen zwischen Klassen beziehungsweise Objekten ist die Vererbung. Dieser wollen wir uns nun widmen.

11.9.1 Grundlagentheorie zur Vererbung

In der objektorientierten Programmierung werden also ähnliche Objekte zu Gruppierungen (Klassen) zusammengefasst, die eine leichtere Klassifizierung der Objekte ermöglicht. Zentrale Bedeutung hat dabei die hierarchische Struktur der Gruppierungen, von allgemein bis fein. Das kann man sich über ein Beispiel aus der realen Welt klarmachen, das als Modell zu verstehen ist:

- Ein Objekt vom Typ *Schaf* hat spezifische Eigenschaften und Methoden, gehört aber ebenso zu einer „übergeordneten“ Klasse *Säugetier*. Objekte dieser Klasse fehlen alle speziellen Eigenschaften und Methoden, die ein Schaf von anderen Säugetieren unterscheiden. Da sind nur diejenigen Eigenschaften und Methoden zu finden, die allen Säugetieren zugehörig sind.

- Diese Klasse *Säugetier* wiederum gehört in unserem Modell zu einer höheren Klasse *Tier* und diese wieder zu der Klasse *Lebewesen*.

So kann man das Verfahren fortsetzen und in jeder dieser übergeordneten Klassen findet eine Reduzierung auf nur solche Eigenschaften und Methoden statt, die wirklich auch für alle denkbaren Instanzen dieser Objekttypen gelten.

Gemeinsame Erscheinungsbilder sollten also in der objektorientierten Philosophie in einer möglichst hohen Klasse zusammengefasst werden. Erst wenn Unterscheidungen möglich beziehungsweise notwendig sind, die nicht für alle Mitglieder einer Klasse gelten, werden Untergruppierungen – untergeordnete Klassen – gebildet.

Vererbung bezeichnet nun eine Verbindung zwischen einer Klasse und einer oder mehreren anderen Klassen, in der die abgeleitete Klasse das Verhalten und den Aufbau der Oberklassen übernimmt, gegebenenfalls neues Verhalten und einen erweiterten Aufbau besitzt und gegebenenfalls übernommenes Verhalten modifiziert.

► Definition

- Die vererbende Klasse nennt man **Basisklasse**, **Oberklasse**, **Elternklasse** oder **Superklasse**.
- Die Klasse, die erbt, nennt man **abgeleitete Klasse**, **Unterklasse**, **Kindklasse** oder **Subklasse**.
- Subklassen sind immer als **Spezialisierung** einer Superklasse zu sehen, während die Superklasse die **Verallgemeinerung** ist.

Die ineinander geschachtelten Klassen bilden einen sogenannten **Klassenbaum**. Dieser kann im Prinzip beliebig tief werden. Ebenso tief, wie es notwendig ist, um eine Problemstellung detailliert zu beschreiben. Vererbung ist über eine beliebige Anzahl von Ebenen im Klassenbaum hinweg möglich. Die oberste Klasse des Baums heißt **Wurzelklasse** (root class). Die Klassen am Ende eines Vererbungsbaumes heißen **Blattklassen** (leaf classes).

11.9.1.1 Mehrfachvererbung versus Einfachvererbung

In der Theorie der Objektorientierung gibt es sogenannte **Einfachvererbung** sowie **Mehrfachvererbung**. In der Einfachvererbung (englisch Single Inheritance) gilt für die Klassenhierarchie in einer baumartigen Struktur die Voraussetzung, dass eine Subklasse immer nur genau eine Superklasse hat und eine Superklasse eine beliebige Anzahl an Subklassen haben kann. Wenn jedoch die Möglichkeit besteht, eine einzige Klasse direkt mit beliebig vielen Superklassen durch die Vererbung zu verknüpfen, nennt man dies Mehrfachvererbung (englisch Multiple Inheritance). Objekte der Subklasse erben direkt Eigenschaften aus verschiedenen Superklassen.

Hintergrundinformation

Python verwendet Mehrfachvererbung.

11.9.2 Umsetzung von Vererbung in Python

Vererbung wird in Python bei der Deklaration einer Klasse dadurch erreicht, dass die Superklasse in Klammern dem Bezeichner der deklarierten Subklasse nachgestellt wird.

Beispiel (*Klasse10.py*):

```
class Tier:

    def __init__(self,alter):
        self.alter = alter

class Katze (Tier):

    def __init__(self,alter,name):
        Tier.__init__(self, alter)
        self.name = name

kater = Katze(5, "Herby")
print(kater.name,kater.alter)
```

Ein Objekt vom Typ *Katze* wird also auch über sämtliche Eigenschaften und Methoden der Superklasse *Tier* verfügen. Ebenso sollte Ihnen auffallen, dass in dem Beispiel in einer Python-Quelltextdatei zwei Klassen deklariert werden. Das ist durchaus erlaubt.

- Beachten Sie in der magischen Methode `__init__` der Subklasse den Zugriff auf den Konstruktor der Superklasse über `Tier.__init__(self, alter)` als erste Anweisung. Nur mit der Verwendung des Konstruktors der Superklasse wird die Vererbung der Eigenschaften und Methoden von der Superklasse gewährleistet.

Ab Python 3 kann man in einem Konstruktor (also der magischen Methode `__init__`) einfach `super()` notieren, um damit auf den Konstruktor der Superklasse zuzugreifen. Das geht so:

```
super().__init__(self,alter)
```

Hintergrundinformation

Wenn bei der Deklaration einer Klasse keine Superklasse angegeben wird, wird immer die Klasse *object* als Superklasse genommen. Diese ist die oberste Klasse sämtlicher Python-Klassen.

11.9.3 Mehrfachvererbung in Python

Python gehört zu den ganz wenigen modernen Programmiersprachen, die **Mehrfachvererbung** unterstützt. Damit kann man mehrere Superklassen angeben und die Subklasse erbt von mehreren Superklassen.

Beispiel (*Klasse11.py*):

```
class Tier:

    def __init__(self,alter):
        self.alter = alter

class Eigentuermer:

    def __init__(self,wohnort):
        self.wohnort = wohnort

class Katze (Tier, Eigentuermer):

    def __init__(self,alter,name, wohnort):
        Tier.__init__(self,alter)
        Eigentuermer.__init__(self,wohnort)
        self.name = name

kater = Katze(5, "Herby","Bodenheim")
print(kater.name,kater.alter,kater.wohnort)
```

Die Klasse *Katze* ist Subklasse von *Tier* und *Eigentuermer*. Die Eigenschaft *alter* stammt von der Superklasse *Tier*, während die Eigenschaft *wohnort* von der Superklasse *Eigentuermer* vererbt wird. Beachten Sie die beiden Zugriffe auf die magischen Methoden der jeweiligen Superklasse.

11.9.4 Polymorphie über Überschreiben und Überladen

Wir hatten schon angedeutet, dass der Begriff Polymorphie nicht ganz eindeutig ist. Allgemein bezeichnet man damit eine Auswahl einer Operation, die nicht nur vom Bezeichner der Operation, sondern dem Kontext abhängt. Die zentralen Techniken zur Implementierung von Polymorphie nennen sich **Überschreiben** und **Überladen**.

11.9.4.1 Überschreiben von Methoden

Wenn man bei Vererbung Methoden (und im Grunde auch andere Dinge wie Eigenschaften) in Superklasse und Subklasse gleich benennt und diese über Vererbung in Verbindung stehen (also in einer Superklasse-Subklassen-Beziehung), **überschreiben** Sie die Methode in der Subklasse, egal über wie viele Ebenen. Beim Überschreiben (**Overriding**)¹² überlagert eine Methode in einer Subklasse eine Methode einer Superklasse mit der exakt identischen Signatur, soweit sie vom System unterschieden wird. Die überschreibende

¹²Eigentlich besser mit „überdefinieren“ übersetzt.

Methode verfeinert und ersetzt die Methodenimplementierung der Superklasse. Dabei wird die Methode der Superklasse verdeckt, wobei gerade „verdecken“ in dem Zusammenhang oft ein sehr sinnvoller Begriff ist, denn gerade Eigenschaften der Superklasse werden in der Regel verdeckt und nicht in dem Sinn überschrieben. Aber das ist eine etwas spitzfindige Behandlung des Vorgangs, der in Python – im Gegensatz zu anderen Sprachen – nicht wirklich relevant ist.

11.9.4.1.1 Ein Beispiel zum Überschreiben einer vererbten Methode

Hier ist ein einfaches Beispiel, in dem eine vererbte Methode aus einer Superklasse überschrieben wird (*Klasse12.py*).

```
class Tier(object):
    def __init__(self):
        self.alter = 5

    def getAlter(self):
        return self.alter

class Katze(Tier):
    def getAlter(self):
        return self.alter + 1

obj1 = Tier()
obj2 = Katze()
print(obj1.getAlter())
print(obj2.getAlter())
```

In der Superklasse *Tier* wird eine Instanzmethode *getAlter()* deklariert, die eine Instanzeigenschaft *alter* anlegt. Diese wird an die Subklasse *Katze* vererbt.

Hintergrundinformation

Beachten Sie, dass *Tier* explizit von *object* ableitet. Wenn diese Notation der Superklasse fehlt, ist das Vorgabe. Aber man notiert das dennoch häufiger zusätzlich, um diese Vererbung deutlich zu machen.

In der Subklasse *Katze* wird die Methode überschrieben. Ein Objekt vom Typ *Tier* ruft also die Methode der Superklasse, ein Objekt von Typ *Katze* jedoch die Methode der Subklasse auf – auch wenn diese auf die vererbte Eigenschaft *alter* der Superklasse *Tier* zugreift.

11.9.4.1.2 Zugriff auf die Superklasse und *super()*

Es kann vorkommen, dass man in einer abgeleiteten Klasse mit einer überschriebenen Methode auf ein verdecktes Element der Superklasse zugreifen muss. Das geht mit *super()*, etwa so (*Klasse13.py*):

```
class Tier(object):
    def __init__(self):
        self.alter = 5
```

```
def getAlter(self):
    return self.alter

class Katze(Tier):
    def getAlter(self):
        return super(Katze, self).getAlter() + 1

obj1 = Tier()
obj2 = Katze()
print(obj1.getAlter())
print(obj2.getAlter())
```

In der überschriebenen Methode gibt man in *super()* als ersten Parameter die aktuelle Klasse und als zweiten *self* an. Das referenziert die Superklasse und die folgende Punktnotation erlaubt den Zugriff auf die überschriebene Methode in der Superklasse.

11.9.4.2 Überladen

Nun gibt es in der OO-Theorie noch das genannte Überladen (engl. Overloading) von Methoden oder auch Operatoren. Beim Überladen von Methoden würde zur Auswahl verschiedener Methoden mit gleichem Namen die Parameterliste zur Unterscheidung herangezogen. So etwas geht etwa in Java oder C#. ¹³ Python erlaubt jedoch nur das Überladen von Operatoren über einige der „magischen Methoden“, was schon angedeutet wurde und wir aber nicht tiefer verfolgen wollen. ¹⁴ Aber der Verzicht auf das Überladen von Methoden in Python ist keine wirkliche Einschränkung, denn durch die mögliche flexible Verwendung von Parametern und Vorgabewerten kann man mit einer geeigneten internen Programmierung ein überladenes Verhalten auf einfache Weise simulieren.

11.10 Was ist mit Schnittstellen und abstrakten Klassen in Python?

In den meisten objektorientierten Programmiersprachen gehören sogenannte abstrakte Klassen und Schnittstellen (Interfaces) zu den elementaren Mitteln, um Vererbungshierarchien zu organisieren. Insbesondere in Java oder C# kommt man ohne diese Techniken nicht aus. Im Wesentlichen bezeichnet beziehungsweise kennzeichnet eine so ausgezeichnete Struktur (potenziell) unvollständigen Code. Und damit dieser verwendet werden kann, erzwingt das gewisse Verhaltensweisen, die hauptsächlich der Vervollständigung dieses Codes vor einer konkreten Instanzierung dienen.

¹³ Also streng typisierten Sprachen.

¹⁴ Python erlaubt es etwa in eigenen Klassen, dem `+`-Operator eine eigene Bedeutung zu geben, indem die Methode `__add__` redefiniert wird. Für den Operator `-` würde etwa `__sub__` redefiniert. Aber meines Erachtens ist so eine Überladung hochgefährlich und schlecht lesbar und wartbar. Ich rate davon ab.

11.10.1 Abstrakte Superklassen

Grundsätzlich kann man in Python abstrakte Klassen deklarieren, die dann als abstrakte Superklassen für die Vererbung dienen. Denn abstrakter Code muss wie gesagt vor einer konkreten Instanzierung vervollständigt werden. Und das macht man bei abstrakten Basisklassen in Subklassen, die diese Klassen erweitern.

Die Verwendung von abstrakten Basisklassen ist in Python jedoch nicht ganz so „natürlich“ möglich, wie man es von Sprachen wie Java, C/C++ oder C# gewohnt ist, und das Konzept ist nicht ganz trivial umgesetzt. Deshalb soll hier nur angedeutet werden, wie man in Python vorgehen kann.

Diese „abc“ (Abstract Base Classes oder auf Deutsch „Abstrakte Basisklassen“) nutzen in Python ein zusätzliches Modul (Abschn. 11.11) namens *abc.py*, das erst hinzugebunden werden muss. Erst dieses Modul stellt überhaupt die Infrastruktur zum Definieren abstrakter Superklassen in Python bereit.¹⁵ Doch eigentlich braucht man in Python sowieso nur sehr, sehr selten eine abstrakte Klasse. Denn wie schon mit der Überschrift deutlich gemacht, verwendet man diese hauptsächlich zur Strukturierung eines Klassenbaums. Und das muss man in Python selten mit abstrakten Klassen machen, denn man hat Mehrfachvererbung, und damit erst recht keine Notwendigkeit zur Bereitstellung von Schnittstellen, die es in Python auch gar nicht gibt.

11.10.2 Was ist im Allgemeinen eine Schnittstelle?

Eine Schnittstelle (gelegentlich auch Interface-Klasse oder kurz Interface genannt) ist in Sprachen, die so etwas bereitstellen, eine spezielle Form einer abstrakten Klasse. Sie kann aber ausschließlich abstrakte¹⁶ Methoden und Konstanten enthalten. Schnittstellen ermöglichen damit ähnlich wie abstrakte Klassen das Erstellen von Pseudoklassen, die ganz aus abstrakten Methoden und gegebenenfalls Konstanten zusammengesetzt sind. Schnittstellen werden jedoch nicht wie Superklassen zur Vererbung verwendet, sondern werden in Klassen oder anderen Schnittstellen implementiert.

Damit kann man sie in Programmiersprachen mit Einfachvererbung als Alternative zur Mehrfachvererbung benutzen. Sie lassen es zu, eine bestimmte Funktionalität zu definieren, die in mehreren Klassen benutzt werden soll, aber wo die genaue Umsetzung einer Funktionalität noch nicht sicher ist und die konkrete Ausprogrammierung erst in der implementierenden Klasse erfolgt. Sofern Sie derartige Methoden in einer Schnittstelle unterbringen, können Sie gemeinsame Verhaltensweisen definieren und die spezifische Implementierung dann den Klassen selbst überlassen. Bei Schnittstellen redet man manchmal auch von „leichter Mehrfachvererbung“ und wenn Python schon die richtige Mehrfachvererbung bereitstellt, wird klar, warum man einfach keine Schnittstellen benötigt.

¹⁵Das zeigt schon, dass abstrakte Klassen nicht so natürlich in das Kernkonzept von Python eingebaut wurden, wie es in Java oder C# der Fall ist.

¹⁶Methoden ohne Implementierung.

11.11 Module und Pakete

In Python können Klassen in allgemeinem Code in verschiedene Module verteilt werden. Das sind einfach *.py*-Dateien mit Klassendefinitionen. In diese Moduldateien werden in Python eine oder mehrere Klasse(n) definiert. Diese Datei kann aber auch außerhalb von Klassen definierte Variablen und Funktionen enthalten – da zeigt sich wieder, dass Python kein bestimmtes Programmier-Paradigma erzwingt. Man kann nun in Python vorgefertigte Standardmodule eines APIs verwenden (was wir später im Buch noch mehrfach machen werden), aber auch eigene Module erstellen und verwenden.

11.11.1 Die import-Anweisung

Python nennt nun die Gruppierung von Code in getrennte Strukturen **Module**. In Dateien, in denen diese Module verwendet werden sollen, notiert man eine *import*-Anweisung und gibt den Namen des Moduls (der Dateiname ohne Erweiterung) an. Der Zugriff erfolgt dann über den Namen und die Punktnotation. Wir werden gleich noch darauf eingehen, dass Pakete eine objektorientierte Abstraktion von Verzeichnissen sind (Abschn. 11.11.3). Module sind hingegen eine objektorientierte Abstraktion von Dateien und damit kann man auf diese Weise direkt auf die Bestandteile dieser „Objekte“ zugreifen – eben die Klassen.

Beispiel:

In der Python-Datei *Tier.py* soll folgender Code stehen:

```
class Tier:

    def __init__(self, alter):
        self.alter = alter
```

Das ist eine einfache Klassendeklaration mit einer Eigenschaft ohne weitere erklärungsbedürftige Besonderheiten.

Das soll nun der Code einer Subklasse *Katze* sein, die in einer anderen Datei mit Namen *Katze.py* deklariert ist. Sie soll aber das Modul *Tier* verwenden können und deshalb wird das am Anfang importiert:

```
import Tier

class Katze (Tier.Tier):

    def __init__(self, alter, name):
        Tier.Tier.__init__(self, alter)
        self.name = name
```

- Beachten Sie die Notation *Tier.Tier*. Das erste *Tier* ist das Modul (also die Datei), während das zweite *Tier* für die Klasse in dem Modul steht. Die gleichen Bezeichner sind durchaus möglich. Es gibt ja auch Personen, die etwa „Hans Hans“ heißen.

In der Datei *Klasse7.py* soll nur die Klasse *Katze* instanziiert werden. Dazu muss das Modul *Katze* (nicht aber das Modul *Tier*) importiert werden und der Zugriff auf die Klasse geht wie oben über den Namen des Moduls, einen Punkt und dann den Namen der Klasse.

```
import Katze

obj = Katze.Katze(5, "Herby")
print(obj.name, obj.alter)
```

11.11.2 Importieren mit from

Wenn Sie statt der einfachen *import*-Anweisung eine *from*-Anweisung verwenden, können Sie im folgenden Code auf das Voranstellen des Moduls verzichten. Das ist ganz bequem und auch kürzer.

Erzeugen wir kurz eine Abwandlung der *Klasse15.py* mit Namen *Klasse15.py*:

```
from Katze import Katze

obj = Katze(5, "Herby")
print(obj.name, obj.alter)
```

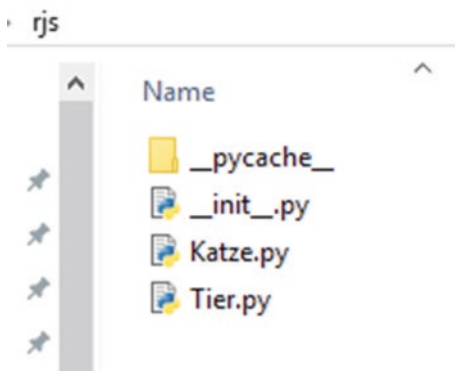
- **Tip** Sie können durch Kommata getrennt auch mehrere Klassen aus dem Modul importieren. Wenn Sie den Stern * statt einem Klassennamen notieren, werden alle Klassen aus dem Modul so importiert.

11.11.3 Pakete

Gehen wir diese Modularisierung jetzt noch allgemeiner an. Oft ist es wie gesagt notwendig, dass man Codestrukturen zu Modulen zusammenfasst, die auf verschiedene Weise erzeugt werden können, etwa über einzelne Dateien. Aber diese will man zum Beispiel selbst wiederum in Verzeichnissen gruppieren. Pakete sind in der objektorientierten Programmierung – vereinfacht – die objektorientierte Abbildung von Verzeichnissen, in denen Klassen einsortiert werden können. Pakete (engl. Packages) sind also Gruppierungen von Klassen etc. eines Verzeichnisses. Sie sind eine Art objektorientierte Bibliotheken vieler anderer Computersprachen und bilden im allgemeinen Sinn Namensräume.

In Python legt man also einfach die zusammengehörenden *.py*-Dateien in ein Verzeichnis. Nur wird man dort zusätzlich eine leere Textdatei mit Namen *__init__.py* (wie die magische Methode) erzeugen. Das braucht Python, um ein Verzeichnis als Paket zu erkennen.

Abb. 11.5 Das Verzeichnis `rjs` mit der Kennzeichnungsdatei `__init__.py` und dem beiden Moduldateien



- **Tipp** Es kann sein, dass man in gewissen Situationen auf die Datei `__init__.py` verzichten kann. Aber zur Sicherheit sollte man sie auf jeden Fall in einem Verzeichnis notieren, dass von Python als Paket verstanden werden soll.

Allerdings muss man dann aufpassen, in welchen Beziehungen die Verzeichnisse beziehungsweise Pakete und die enthaltenen Dateien zueinander stehen.

Angenommen, es gibt ein Paket/Verzeichnis, in dem sich die Datei `Klasse16.py` befindet. Das kann durchaus das Hauptverzeichnis sein.

In einem Unterordner/Unterpaket davon mit Namen `rjs` befinden sich neben der Datei `__init__.py` die Dateien `Tier.py` und `Katze.py` (Abb. 11.5).

Diese sollen zu einem Modul zusammengefasst sein, wie wir es oben beschrieben haben. Nur muss die Klasse `Katze` ja selbst auf die Datei der Superklasse `Tier` referenzieren. Von wo aus wird nun die Angabe des Pakets gesehen?

Das ist die Datei `Klasse16.py` im Projektverzeichnis:

```
from rjs.Katze import *
```

```
obj = Katze(5, "Herby")
print(obj.name, obj.alter)
```

Der Name des Unterverzeichnisses wird über dessen Objektrepräsentation beim Import angegeben und alle Klassen aus dem Modul werden importiert. Das ist die Datei `Katze.py`:

```
from rjs.Tier import *
```

```
class Katze (Tier):
    def __init__(self,alter,name):
        Tier.__init__(self,alter)
        self.name = name
```

Auch da wird also der Import aus Sicht des **Projektverzeichnisses** angegeben!

11.11.4 Das Python-API

Python kommt mit einer riesigen Bibliothek von Standardmodulen daher, die in der **Python Library Reference** (<https://docs.python.org/3/library/>) genau beschrieben sind (Abb. 11.6).

Einige Module sind auf allen Plattformen verfügbar, manche nur in bestimmten Umgebungen. Zum Beispiel ist das *winreg*-Modul nur auf Windows-Systemen verfügbar.

Die Standard-Bibliothek von Python beinhaltet zahlreiche unterschiedliche Module, um beispielsweise Zeit- und Datumsberechnungen durchzuführen, grafische Oberflächen zu erstellen, auf das bestehende Dateisystem zuzugreifen sowie Werte in Datenbanken zu speichern und vorhandene Daten einzulesen. In den folgenden Kapiteln schauen wir uns einige Beispielthemen an. Diese setzen dann aber auch die jeweils verschiedenen notwendigen Importe der Standardmodule voraus.



Abb. 11.6 Die Python Library Reference

12.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

In jeder Form der Programmierung muss man mit **Fehlersituationen** und ungeplanten Vorgängen umgehen. Dabei muss man verschiedene Situationen unterscheiden:

- Typografische Fehler beim Schreiben des Quelltextes.
- Syntaktische Fehler beim Schreiben des Quelltextes.
- Programmfehler zur Laufzeit, die auf logische Fehler im Programmaufbau zurückzuführen sind.
- Programmfehler und unklare Situationen zur Laufzeit, die auf äußere Umstände zurückzuführen sind.

Die Bereinigung der ersten drei Punkte ist hauptsächlich das, was man unter **Debugging** versteht. Die Behandlung des vierten Punkts jedoch zählt im Wesentlichen zum sogenannten **Exception-Handling** beziehungsweise der **Ausnahmebehandlung** – sofern eine Programmiersprache dieses Konzept unterstützt, was bei Python der Fall ist. Diesem Thema widmen wir uns in diesem Kapitel.

12.2 Was sind Ausnahmen?

Unter einer Ausnahme kann man eine Unterbrechung des normalen Programmablaufs auf Grund einer besonderen Situation verstehen, die eine isolierte und unverzügliche Behandlung notwendig macht. Der normale Programmablauf kann erst fortgesetzt werden, wenn diese Ausnahme behandelt wurde. Andernfalls wird das Programm beendet.

Ein klassisches Beispiel, das eine solche Situation provoziert, ist der Versuch, auf einen Wechseldatenträger zuzugreifen, in dem kein Medium eingelegt oder kein Speicherplatz mehr vorhanden ist. Natürlich kann man vor einem Zugriff auf einen Wechseldatenträger überprüfen, ob ein Medium eingelegt ist oder genügend Speicherplatz zur Verfügung steht.

Aber nicht jede Situation kann man so prophylaktisch abfangen. Denn viele potenzielle Probleme kann man auch gar nicht so leicht erkennen. Dann ist das „Werfen“ einer Ausnahme im Fall eines Problems sehr sinnvoll.

In einer objektorientierten Sprache wie Python ist eine Ausnahme aber auch ein **Mitteilungsobjekt**.¹ Es gibt Informationen zurück, welcher Fehler genau vorliegt, und auf Grund dieser Information kann der Programmierer Gegenmaßnahmen ergreifen. Wobei diese Reaktion meist sogar erzwungen wird, weil das Auftreten einer Ausnahme ohne Gegenmaßnahmen ein Programm beendet.

Python hat wie gesagt solch ein Ausnahmekonzept integriert.

Hintergrundinformation

Auch wenn es sehr oft so behauptet wird – Ausnahmebehandlung ist **nicht** auf reine Fehler im engen Sinn begrenzt, sondern beschäftigt sich mit jeder Form einer kritischen Situation zur Laufzeit eines Programms, die eine unverzügliche Reaktion erfordern und mit Gegenmaßnahmen behandelt werden kann. Obwohl es wenig sinnvoll ist, kann man mit dem gezielten Werfen und Auffangen von Ausnahmen sogar ein Programm steuern. Wir werden dennoch im Zusammenhang mit Ausnahmen sehr oft von Fehlern sprechen, denn das ist im Allgemeinen üblich so.

12.3 Warum ein Ausnahmekonzept?

Ein Ausnahmekonzept ist nicht unabdingbar. Immerhin hatten ältere Programmiersprachen so ein Konzept ja nicht implementiert. Sie können auch mit selbst programmierten Kontrollmechanismen jeden Fehler in einem Programm abfangen, den Sie als potenzielle Fehlerquelle erkennen. Aber da haben wir den entscheidenden Schwachpunkt – Sie müssen die potenzielle Fehlerquelle erkennen, was oft nahezu unmöglich ist. Gerade in komplexen Programmen können Sie nie alle kritischen Zusammenhänge überblicken. Es werden immer Fehlerquellen da sein, die an kaum beachteten Stellen auftreten. Außerdem ist es sehr viel Arbeit, bei jeder Anweisung im Quelltext zu überlegen, ob da eine Gefahr lauert, und diese dann sicher abzufangen. Es ist sogar so, dass Sie in der überwiegenden Anzahl von auffangbaren Fehlern das Rad neu erfinden, denn es gibt sehr oft schon Standardmaßnahmen. Zu guter Letzt setzt diese individuelle Technik der Laufzeitfehlerbehandlung oft voraus, dass der Fehler selbst nicht eintritt, sondern vorher erkannt und umgebogen wird.

Hintergrundinformation

Vorsorge ist meist besser als Ausnahmebehandlung! Trotz des sicheren Konzepts der Ausnahmebehandlung ist ein vorheriges Abfangen von potenziellen Problemen vorzuziehen – wenn es geht und man eine Problemsituation entschärfen kann und sich auch der potenziellen Probleme bewusst ist! Das Auftreten einer Ausnahme ist für die Performance, den gradlinigen Programmfluss und den Ressourcenverbrauch negativ.

¹ Deshalb taucht Ausnahmebehandlung auch erst nach dem Kapitel zur objektorientierten Programmierung auf.

12.4 Konkrete Ausnahmebehandlung in Python

Da Python einen Mechanismus zur Erzeugung von Ausnahmen bereitstellt, ist klar, dass es auch einen standardisierten Mechanismus zu deren Auswertung und Behandlung besitzt. Die Realisierung der Ausnahmebehandlung sieht meist so aus, dass im Fall einer Ausnahmesituation eine Behandlungsmaßnahme anstelle der eigentlich vorgesehen Maßnahme durchgeführt wird. In den meisten Sprachen (auch in Python), werden dazu potenziell kritische Codeteile in einem *try*-Block eingeschlossen. Die Reaktionsschritte beim Auftreten einer Ausnahme werden in einem *except*-Block notiert.²

12.4.1 Ein erstes Beispiel mit einfacher Ausnahmebehandlung

Schauen wir uns ein einfaches Beispiel an. Ein Benutzer soll in der Konsole eine ganze Zahl eingeben und diese soll mit dem Wert 4 multipliziert werden. Die Eingabe wird allerdings als String erfolgen und diese Eingabe müssen wir vor der Multiplikation in ein Integer wandeln (*OhneAbsicherung.py* – Abb. 12.1).

Beim Casting kann es jedoch zu einem Fehler kommen, wenn der Eingabestring kein gültiges Integer-Format einhält. Es wird dann die Ausnahme vom Typ *ValueError* generiert, das Programm beendet und in der Konsole gibt es eine Traceback-Meldung (Abb. 12.2).

Mit Hilfe der Ausnahmebehandlung kann man aber eine Gegenmaßnahme erstellen und eine robuste Eingabeaufforderung zur Eingabe einer Integer-Zahl aufbauen. Das werden wir erst einmal ganz einfach halten. Es genügt, dass der Anwender eine Meldung sieht und das Programm nicht mit einem Fehler beendet wird (*Ausnahme1.py*):

```
try:
    n = input("Bitte eine Ganzzahl (integer) eingeben: ")
    print(int(n) * 4)
except ValueError:
    print("Das war keine Zahl! Bitte nochmals versuchen ...")

print("Programmende")
```

Wenn das Programm gestartet wird, werden die Anweisungen des *try*-Blocks nacheinander ausgeführt. Falls keine Ausnahme während der Ausführung auftritt, wird das Ende im *try*-Block erreicht und der Programmfluss springt hinter den *try-except*-Block. Der *except*-Block wird übersprungen (Abb. 12.3).

Wenn jedoch eine Ausnahme auftritt, wird sofort der *try*-Block verlassen und der *except*-Block wird ausgeführt (Abb. 12.4). Aber auch in dem Fall wird das Programm **nicht** beendet und mit den Anweisungen nach dem *try-except*-Block weitergemacht.

²In den meisten anderen Programmiersprachen mit Ausnahmebehandlung nutzt man dazu das Schlüsselwort *catch*.

Abb. 12.1 Der Anwender hat eine Zahl eingegeben

```
Bitte eine Ganzzahl (integer) eingeben: 4
16
>>>
```

```
Bitte eine Ganzzahl (integer) eingeben: Eins
Traceback (most recent call last):
  File "F:/PythonQuellcodes/kap12/OhneAbsicherung.py", line 2, in <module>
    print(int(n) * 4)
ValueError: invalid literal for int() with base 10: 'Eins'
>>>
```

Abb. 12.2 Eine unpassende Eingabe des Anwenders

Abb. 12.3 Es gab keine Ausnahme

```
Bitte eine Ganzzahl (integer) eingeben: 42
168
Programmende
>>> |
```

Abb. 12.4 Die Ausnahme wurde abgefangen

```
Bitte eine Ganzzahl (integer) eingeben: Eins
Das war keine Zahl! Bitte nochmals versuchen ...
Programmende
>>> |
```

Hintergrundinformation

Beachten Sie, dass in dem Beispiel explizit der Typ der Ausnahme – in unserem Fall *ValueError* – angegeben wurde und die erzeugte Ausnahme mit dem Typ übereinstimmen muss. Wir werden noch sehen, wie man dieses Verfahren erweitert.

12.4.2 Mehrere Ausnahme-Blöcke

Zu einem *try*-Block können **mehrere** *except*-Blöcke gehören. Aber höchstens einer der Blöcke kann ausgeführt werden. Der Block mit der **ersten** Übereinstimmung wird beim Auftreten einer Ausnahme ausgewählt. Dabei gibt es zwei Notationen, die man wählen kann.

- Notation aller *except*-Blöcke hintereinander. Das erlaubt eine qualifizierte Behandlung jeder einzelnen Situation.
- Eine einzelne *except*-Anweisung kann auch gleichzeitig mehrere Fehler abfangen. Die verschiedenen Fehlerarten werden dann in einem **Tupel** (also in runden Klammern) gelistet. Damit behandelt man mehrere Ausnahmesituationen gemeinsam.

12.4.3 Die *finally*-Anweisung

Man kann *try*-Anweisungen in Verbindung mit *except*-Klauseln alleine benutzen. Aber es gibt noch eine andere Möglichkeit für *try*-Anweisungen. Der *try*-Anweisung kann eine *finally*-Klausel folgen. Man bezeichnet sie auch als Finalisierungs- oder Terminierungsaktionen, weil sie immer unter allen Umständen ausgeführt werden müssen.

Diese Finalisierungsaktion wird jedoch in der Literatur ab und zu falsch oder zumindest ungenau erklärt. Oft findet man die Erklärung, dass diese Anweisung unabhängig davon ausgeführt wird, ob eine Ausnahme im *try*-Block aufgetreten ist oder nicht. Das stimmt, verschleiert aber die wirkliche Bedeutung von *finally*. Die hinter dem letzten *except*-Block optionale *finally*-Anweisung erlaubt durchaus die Abwicklung wichtiger Abläufe, bevor die Ausführung des gesamten *try-except-finally*-Blocks unterbrochen wird. Unabhängig davon, ob innerhalb des *try*-Blocks eine Ausnahme auftritt oder nicht, werden die Anweisungen in dem Block *finally* ausgeführt. Tritt eine Ausnahme auf, so wird der jeweilige *except*-Block ausgeführt und im Anschluss daran erst der Block hinter der *finally*-Anweisung.

Nun sollte aus den bisherigen Ausführungen und dem letzten Beispiel aufgefallen sein, dass Anweisungen hinter der gesamten *try-except*-Struktur auch auf jeden Fall ausgeführt werden, sowohl wenn eine Ausnahme aufgetreten und behandelt wurde, aber auch wenn keine Ausnahme aufgetreten ist. Wozu dann die *finally*-Klausel? Man kann doch alle unbedingt notwendigen Anweisungen einfach hinter die *try-except*-Struktur schreiben.

Der einzig wirklich relevante Grund ist, dass beim Auslösen einer **Sprunganweisung** (wie *break*) innerhalb von *try-except finally* immer noch ausgeführt wird, bevor eventuell eine umgebende Schleife verlassen wird. Also hat diese Klausel immer dann ihre Bedeutung, wenn der Programmfluss umgeleitet wird und bestimmte Schritte vor der Umleitung unumgänglich sind.

12.4.4 Praktische Beispiele

Belegen wir nun die letzten Aussagen zur Ausnahmebehandlung mit Beispielen. Beginnen wir mit der Notation mehrerer *except*-Blöcke und der *finally*-Anweisung (*Ausnahme2.py*):

```
while True:
    try:
        x = float(input("Bitte eine Zahl eingeben:"))
        inverse = 1.0 / x
        print(inverse)
    except ValueError:
        print ("Entweder einen int oder einen float eingeben")
    except ZeroDivisionError:
        print("Infinity")
    finally:
        print("Das ist das Finale")
        if(input("Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: ")=="q"):
            break

print("Und nun ist das Programm zu Ende")
```

Abb. 12.5 Qualifizierte Reaktion je nach Ausnahmetyp

```
Bitte eine Zahl eingeben:Eins
Entweder einen int oder einen float eingeben
Das ist das Finale
Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste:
Bitte eine Zahl eingeben:0
Infinity
Das ist das Finale
Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste:
Bitte eine Zahl eingeben:5
0.2
Das ist das Finale
Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: q
Und nun ist das Programm zu Ende
>>> |
```

Sie sehen, dass in dem Beispiel mehrere *except*-Blöcke untereinander notiert werden. Je nach aufgetretener Ausnahme wird der erste passende Block ausgewählt (Abb. 12.5). Das erlaubt die qualifizierte Reaktion je nach Ausnahmetyp. Wenn etwa keine Zahl eingegeben wird, wird eine Ausnahme vom Typ *ValueError* geworfen und aufgefangen. Wird versucht, durch 0 zu teilen, kommt eine Ausnahme vom Typ *ZeroDivisionError*.

Der Anwender kann dabei immer wieder neue Eingaben vornehmen, da mit einer Schleife die Eingabe immer wieder aufgerufen wird, bis der Anwender das Zeichen *q* auf Nachfrage eingibt. Erst dann wird das Programm beendet.

Jetzt soll ein Tupel mit mehreren Ausnahmen gemeinsam behandelt werden (*Ausnahme3.py*):

```
while True:
    try:
        x = float(input("Bitte eine Zahl eingeben:"))
        inverse = 1.0 / x
        print(inverse)
    except (ValueError, ZeroDivisionError):
        print ("Entweder einen int oder einen float eingeben.",
              "Aber keine 0.")
    finally:
        print("Das ist das Finale")
        if(input("Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: ")=="q"):
            break

print("Und nun ist das Programm zu Ende")
```

Hier sehen Sie, wie ein Tupel mit Ausnahmetypen für eine gemeinsame Behandlung notiert wird. Das erzwingt aber eine gemeinsame Behandlung bei mehreren Ausnahmetypen.

Nun schauen wir uns noch einmal eine konservative Behandlung von potentiellen Fehlern an, bei der ein Problem – die Division durch den Wert 0 – bekannt ist und ohne Ausnahmebehandlung bereits im Vorfeld abgefangen wird (*Ausnahme4.py*):

```

while True:
    try:
        x = float(input("Bitte eine Zahl eingeben:"))
        if(x==0):
            print ("Keine 0 eingeben.")
            continue
        inverse = 1.0 / x
        print(inverse)
    except (ValueError):
        print ("Entweder einen int oder einen float eingeben.")
    finally:
        print("Finale.")
        if(input("Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: ")=="q"):
            break

print("Ende")

```

Wenn der Anwender eine 0 eingibt, wird die „gefährliche“ Division gar nicht durchgeführt. Das ist bedeutend besser für einen gradlinigen Programmfluss und den Ressourcenverbrauch.

Abschließend soll die Bedeutung von *finally* noch bewiesen werden (*Ausnahme5.py*):

```

while True:
    try:
        x = float(input("Bitte eine Zahl eingeben:"))
        if(x==0):
            print ("Keine 0 eingeben,")
            break
        inverse = 1.0 / x
        print(inverse)
        if(input("Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: ")=="q"):
            break
    except (ValueError):
        print ("Entweder einen int oder einen float eingeben.")
        if(input("Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: ")=="q"):
            break
    finally:
        print("Das ist das Finale - trotz break.")
        print ("Auf zum nächsten Schleifendurchlauf")

print("Und nun ist das Programm zu Ende")

```

In dem Beispiel wird die wirkliche Bedeutung von *finally* deutlich. Obwohl bei der Eingabe eine 0 eine *break*-Anweisung ausführt und damit die Schleife verlassen wird, wird dennoch der *finally*-Block vorher ausgeführt. Die letzte Anweisung in der Schleife aber explizit **nicht** (Abb. 12.6)!

Abb. 12.6 Trotz break wird finally ausgeführt

```
Bitte eine Zahl eingeben:0
Keine 0 eingeben,
Das ist das Finale - trotz break.
Und nun ist das Programm zu Ende
>>> |
```

12.5 Standard Exceptions

Es gibt in Python eine Reihe von Standardausnahmen, die nachfolgend kurz aufgelistet werden sollen:

- BaseException
- Exception
- ArithmeticError
- LookupError
- AssertionError
- AttributeError
- EOFError
- EnvironmentError
- FloatingPointError
- IOError
- ImportError
- IndexError
- KeyError
- KeyboardInterrupt
- MemoryError
- NameError
- NotImplementedError
- OSError
- OverflowError
- ReferenceError
- RuntimeError
- SyntaxError
- SystemError
- SystemExit
- TypeError
- ValueError
- WindowsError
- ZeroDivisionError

Für die Details sei auf die Dokumentation von Python verwiesen. Aber zwei Ausnahmeklassen sollen hervorgehoben werden. Eine Ausnahme ist in Python eine Instanz der

Klasse *BaseException* oder eine Instanz einer der Subklassen von *BaseException*. Das bedeutet, dass alle Ausnahmeklassen auf diese Klasse zurückgehen. Die wichtigste Subklasse ist *Exception*, von der wiederum diverse weitere Ausnahmen erben.

12.5.1 Die Reihenfolge bei mehreren Ausnahmetypen

Beachten Sie bei der Notation von mehreren *except*-Blöcken die Reihenfolge. Es wird immer der erste *except*-Block ausgewählt, der zutrifft. Wenn Sie also Ausnahmen vom Typ einer Superklasse oberhalb von dem einer Subklasse notieren (in dem folgenden Fall *BaseException*), wird der Block der Subklasse niemals ausgelöst. Man erzeugt also unreachbare Code.

```
while True:
    try:
        x = float(input("Bitte eine Zahl eingeben:"))

        inverse = 1.0 / x
        print(inverse)
    except (BaseException):
        print ("Entweder einen int oder einen float eingeben")

    except (ZeroDivisionError):
        print ("Keine 0 eingeben")

    finally:
        if(input("Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: ")=="q"): break

print("Und nun ist das Programm zu Ende")
```

Der Zweig *except (ZeroDivisionError)* wird niemals erreicht, weil *BaseException* die Superklasse von *ZeroDivisionError* ist und deshalb immer dieser Zweig ausgelöst wird, wenn eine Division durch 0 ausgeführt wird. Diese Konstruktion wird der Python-Interpreter nicht akzeptieren.

12.6 Der else-Block

Die *try ... except*-Anweisung hat in Python noch eine optionale *else*-Klausel. Ein *else*-Block wird ausgeführt, falls keine Ausnahme im *try*-Block auftritt.

- Ein *else*-Block muss immer **hinter** allen *except*-Anweisungen, aber **vor** *finally* positioniert werden.

```

Bitte eine Zahl eingeben:4
0.25
Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste:
Es ist keine Ausnahme aufgetreten.
Das ist das Finale
Auf zum nächsten Schleifendurchlauf
Bitte eine Zahl eingeben:0
Keine 0 eingeben.
Das ist das Finale
Und nun ist das Programm zu Ende
>>> |

```

Abb. 12.7 Keine Ausnahme führt zur Verzweigung in den else-Zweig

Beispiel (*Ausnahme7.py*):

```

while True:
    try:
        x = float(input("Bitte eine Zahl eingeben:"))
        if(x==0):
            print ("Keine 0 eingeben.")
            break
        inverse = 1.0 / x
        print(inverse)
        if(input("Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: ")=="q"):
            break
    except (ValueError):
        print ("Entweder einen int oder einen float eingeben.")
        if(input("Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: ")=="q"):
            break
    else:
        print("Es ist keine Ausnahme aufgetreten.")
    finally:
        print("Das ist das Finale")
        print ("Auf zum nächsten Schleifendurchlauf")

print("Und nun ist das Programm zu Ende")

```

Wenn keine Ausnahme ausgelöst wird, wird der Code vom *else*-Zweig ausgeführt (Abb. 12.7).

12.7 Ausnahmeobjekte auswerten

Eine Ausnahme ist – wie schon erwähnt – ein Mitteilungsobjekt. Wenn Sie an dessen Informationen kommen wollen, können Sie es mit der *as*-Anweisung bei *except* spezifizieren und dann auswerten. Schematisch geht das etwa so:

```

Bitte eine Zahl eingeben:Eins
could not convert string to float: 'Eins'
Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste:
Bitte eine Zahl eingeben:0
float division by zero
Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste:
Bitte eine Zahl eingeben:5
0.2
Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: q
Und nun ist das Programm zu Ende
>>> |

```

Abb. 12.8 Man kann die Mitteilungen des Exception-Objekts auswerten

```

try:
    ....
except sqlite3.Error as e:
    print e.args[0]

```

In `args[0]` steht standardmäßig die Meldung, welche das Mitteilungsobjekt enthält (Abb. 12.8). Schauen wir uns ein vollständiges Beispiel an.

```

while True:
    try:
        x = float(input("Bitte eine Zahl eingeben:"))
        inverse = 1.0 / x
        print(inverse)
        if(input("Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: ")=="q"):
            break
    except (ValueError,ZeroDivisionError) as e:
        print(e.args[0])

    if(input("Ende mit q - weiter mit jeder anderen Taste: ")=="q"):
        break

print("Und nun ist das Programm zu Ende")

```

12.8 Werfen von Ausnahmen mit raise

Sie können in Python auch selbst eine Ausnahme erzeugen und werfen – mit der Anweisung *raise*. Das ist eine Sprunganweisung mit Rückgabewert – eben das Ausnahmeobjekt. Verwandt ist die Situation mit einer *return*-Ausweisung.

Beispiel (*Ausnahme8.py*):

```
i = 0
def werfen():
    global i
    i+=1
    if(i > 3): raise
while True:
    try:
        werfen()
        print(i)
    except :
        print ("Ausnahme")
        break

print("Und nun ist das Programm zu Ende")
```

In der Funktion *werfen()* wird eine Variable erhöht und wenn diese den Wert 3 erreicht hat, wird die Ausnahme geworfen. In einer Endlosschleife wird die Funktion aufgerufen und nachdem drei Ausgaben der Variable erfolgt sind, wird die Schleife durch die Ausnahme verlassen.

Man kann auch gezielt einen bestimmten Ausnahmetyp werfen.

Beispiel (*Ausnahme9.py*):

```
i = 0
def werfen():
    global i
    i+=1
    if(i > 3): raise (IOError())
while True:
    try:
        werfen()
        print(i)

    except TypeError:
        print ("Ausnahme")
        break

print("Und nun ist das Programm zu Ende")
```

Hier wird *IOError* nicht richtig abgefangen (es wird ja nur *TypeError* angegeben) und es kommt zum Traceback-Fehler. Das wird in dem Beispiel aber nur aus didaktischen Gründen so gemacht und sollte natürlich in der Praxis korrekt zusammenpassen.

12.9 Eigene Ausnahmeklassen definieren

Sie können in Python sogar eigene Ausnahmeklassen definieren, einfach über Vererbung von einer der Standardausnahmeklassen von Python.

Beispiel (*Ausnahme10.py*):

```
i = 0

class MeineAusnahme(Exception):
    pass

def werfen():
    global i
    i+=1
    if(i > 3): raise (MeineAusnahme())

while True:
    try:
        werfen()
        print(i)
    except MeineAusnahme:
        print ("Ausnahme")
        break

print("Und nun ist das Programm zu Ende")
```

12.10 Die assert-Anweisung

Die *assert*-Anweisung ist in der Regel im Rahmen des sogenannten **Unit-Testing** üblich. Man trifft damit eine Annahme und wenn diese eintritt, wird eine Maßnahme durchgeführt. Sie kann als abgekürzte Schreibweise für eine bedingte *raise*-Anweisung angesehen werden, das heißt eine Ausnahme wird nur dann generiert, wenn eine bestimmte Bedingung nicht wahr ist.

Schematisch geht das so:

Beispiel

```
assert <Test>, <Nachricht>
```

Die obige Zeile kann wie folgt verstanden werden: Falls der Test als *False* ausgewertet wird, wird eine Ausnahme generiert und die Nachricht wird ausgegeben. Beispiel:

```
x = 5
y = 3
assert x < y, "x muss kleiner als y sein"
```

Die Ausnahme ist vom Typ *AssertionError*.

String-Verarbeitung in Python – Programmierte Textverarbeitung

13

13.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Der Umgang mit Zeichenketten beziehungsweise Strings beschränkt sich nicht nur darauf, dass man Strings verkettet kann. In nahezu jeder modernen Programmiersprache gibt es eine Vielzahl an Techniken zur Manipulation und Auswertung von Strings. Wir haben die seltsame Situation vorliegen, dass die „gewöhnliche“ String-Verarbeitung sicher zu den meistgenutzten und wichtigsten Techniken bei der Programmierung überhaupt gehört, aber in den meisten Facetten¹ auch zu den denkbar einfachsten Routinen. Es gibt daher Bücher, die der einfachen String-Verarbeitung eine Vielzahl an Seiten widmen und dafür gibt es auch gute Gründe. Denn Computern und blutigen Anfängern muss man durchaus die Möglichkeiten vorstellen, welche eine „Textverarbeitung“ grundsätzlich und erst recht aus der Programmierenebene heraus bietet. Ich neige jedoch zu der Einschätzung, dass sich Anwender mit Programmierwissen gerade den Umgang mit Strings sehr gut intuitiv selbst aneignen können. Deshalb möchte ich das Thema sogar sehr knapp halten und nur die wichtigsten Dinge kurz vorstellen. Es soll zudem ausdrücklich auf die Dokumentation von Python verwiesen werden, in der jede noch so kleine Spezialität bei dem Umgang mit Strings beschrieben wird. Allerdings werden wir ausführlicher auf sogenannte reguläre Ausdrücke im Zusammenhang mit der String-Verarbeitung eingehen, denn das Thema ist dann weder trivial noch wirklich intuitiv.

¹ Sicher mit Ausnahme des Umgangs mit regulären Ausdrücken.

13.2 Typische String-Verarbeitungstechniken

Da Strings in Python ja sequenzielle Datenstrukturen (und sowieso Objekte) sind, greifen erst einmal alle Techniken, die man beispielsweise von Tupeln oder Listen kennt, etwa das Iterieren über Strings oder das Sortieren. Das soll nicht weiter wiederholt werden.

Aber man kann in Python natürlich auch bestimmte Zeichen ersetzen, auf vielfältige Weise Dinge suchen und vergleichen oder Texte konvertieren. Sie können auch Zeichen extrahieren, Vergleiche durchführen oder Teile von Zeichenketten ersetzen, löschen oder austauschen oder auch Strings in andere sequenzielle Datenstrukturen aufspalten. Auch reguläre Ausdrücke werden wie erwähnt unterstützt, wozu wir gleich kommen (Abschn. 13.4).

- Strings in Python sind immutable und können nach der Erzeugung nicht mehr geändert werden. Das führt dazu, dass jede String-Veränderung einen neuen String generiert. String-Funktionen und -Methoden, die einen String manipulieren, liefern diesen dann als Rückgabewert.

13.3 Das konkrete Vorgehen in Python

Bei der konkreten String-Verarbeitung bietet Python mehrere Ansätze. Hier soll nur ein kurzer Überblick erfolgen. Details sind wie gesagt in der Dokumentation ausführlich beschrieben und es soll zudem vorausgesetzt werden, dass einem Programmierer die grundsätzliche String-Verarbeitung bekannt ist.

13.3.1 String-Konstanten und die Format Specification Mini-Language

Es gibt in Python beispielsweise einige Konstanten, die bei der String-Verarbeitung eingesetzt werden (Tab. 13.1).

Neben diesen Konstanten gibt es eine spezielle „Sprache“ mit einer Formatierungssyntax, die nur kurz erwähnt werden soll.

Tab. 13.1 Beispiele für String-Konstanten

Konstante	Bedeutung
<i>string</i> , <i>ascii_lowercase</i>	Ein String mit allen Kleinbuchstaben der ASCII-Tabelle ('abcdefghijklmnopqrstuvwxyz')
<i>string</i> , <i>ascii_uppercase</i>	Ein String mit allen Großbuchstaben der ASCII-Tabelle ('ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ').
<i>string.digits</i>	Ein String mit allen Zahlen ('0123456789').
<i>string.hexdigits</i>	Ein String mit allen hexadezimalen Zahlen '0123456789abcdefABCDEF'.

Tab. 13.2 Wichtige String-Methoden

Methode	Beschreibung
<i>capitalize()</i>	Erster Buchstabe großgeschrieben.
<i>count(Str)</i>	Häufigkeit des Wortes str.
<i>find(Str, [, start[, ende]])</i>	Suchen des Strings.
<i>index(Str)</i>	Die Position des ersten Vorkommens eines Strings.
<i>isdecimal()</i>	Gibt True zurück, wenn Zeichenfolge dezimal ist.
<i>isdigit()</i>	Gibt True zurück, wenn String nur Ziffern enthält.
<i>join(iterable)</i>	Verbindet einen sequenziellen Datentyp zu einem String.
<i>lower()</i>	Retouren-Zeichenfolge in Kleinbuchstaben.
<i>replace (alt, neu)</i>	Das erste Argument ersetzt mit dem zweiten Argument.
<i>split([sep[, maxsplit]])</i>	Gib eine Liste der Wörter in der Zeichenfolge zurück, wobei sep als Trennzeichen verwendet wird. Wenn maxsplit gegeben ist, werden höchstens maxsplit Splits durchgeführt. Wenn maxsplit nicht angegeben ist oder -1, dann gibt es keine Begrenzung auf die Anzahl der Splits.
<i>upper()</i>	Retouren-Zeichenfolge in Großbuchstaben.

13.3.2 String-Funktionen

Für kaum ein Gebiet der Programmierung gibt es in Python so viele Built-in-Funktionen wie die String-Verarbeitung. Wichtig ist etwa *format()*, um Strings auf vielfältige Weise zu formatieren – etwa mit der sogenannten „Format Specification Mini-Language“. Und natürlich die Funktion *len()*, die bei allen abzählbaren sequenziellen Strukturen die Anzahl der Elemente liefert.

Viele Funktionen sind aber mittlerweile als deprecated erklärt worden. Die moderne Art der String-Verarbeitung setzt auch mit wenigen Ausnahmen grundsätzlich auf String-Methoden. Deshalb verfolgen wir nur die Methoden etwas genauer.

13.3.3 String-Methoden

Alle Strings stellen auch unter Python als Objekte über die Punktnotation die typischen Methoden bereit, die man von der String-Verarbeitung kennt. Man kann Sie direkt auf das Stringliteral oder eine Variable mit einem String als Inhalt anwenden. Tab. 13.2 zeigt nur eine kleine Auswahl.

Schauen wir uns ein kleines Beispiel an (*StringI.py*).

```
t1 = "Ein Kratzer?! Ihr Arm ist ab!"
t2 = "Es ist lustig, nicht wahr? Wie Ihr bester Freund einfach so
explodieren kann?"
t3 = "Dieser Papagei ist nicht mehr."
t4 = "Und jetzt zu etwas vollkommen anderem."
```

```
t5 = "42"
print(t1.upper())
print(t1.lower())
print( "nein, das stimmt nicht.".capitalize() )
print("Die Länge von t2.",
      "Hier einmal keine String-Methode, sondern eine, String-Funktion:)",
      len(t2))
print("Stehen in t5 nur Zahlen?", t5.isdigit())
print(t3.index("ist"))
print(t2.count("e"))
print(t4.replace("e", "i"))
print(t4.split(" "))
```

Das ist die Ausgabe:

EIN KRATZER?! IHR ARM IST AB!

ein kratzer?! ihr arm ist ab!

Nein, das stimmt nicht.

Die Länge von t2. Hier einmal keine String-Methode, sondern eine String-Funktion:): 77

Stehen in t5 nur Zahlen? True

15

8

Und jitzt zu itwas vollkommin andirim.

['Und', 'jetzt', 'zu', 'etwas', 'vollkommen', 'anderem.']

Sie erkennen sicherlich die nahezu triviale Anwendung der String-Verarbeitungsfunktionen und -methoden und ich möchte die Ausführungen dazu deshalb beenden.

13.4 Umgang mit regulären Ausdrücken

Das aus meiner Sicht einzig wirklich zu erklärende Thema im Zusammenhang mit String-Verarbeitung ist wie erwähnt der Umgang mit regulären Ausdrücken. Denn diese sind wie gesagt alles andere als trivial. Zudem greift man dazu in Python auf ein Modul *re* und darüber bereitgestellte zusätzliche Methoden zurück. Das bedeutet auch, dass wir das erste Mal in dem Buch explizit auf die Einbindung eines zusätzlichen Moduls aus dem Standard-API von Python zurückgreifen werden.

13.4.1 Was sind allgemein reguläre Ausdrücke?

Sie kennen sicher die Möglichkeiten von modernen Editoren und Textverarbeitungssystemen, mit denen Sie in einem Dokument nach Textpassagen suchen und diese gegebenenfalls auch ersetzen können. Solche Suchmöglichkeiten in Texten gibt es auch in der

Programmierung, wobei dabei meist der Inhalt von Variablen oder eine Benutzereingabe durchsucht werden.

In den meisten Programmiersprachen können Sie mittels geeigneter Funktionen und Methoden in Strings bestimmte Bestandteile suchen und diese bei Bedarf auch ersetzen. Das haben wir ja gerade auch gesehen.

Allerdings kann es komplexere Situationen geben. Diese sind genau zu untersuchen. Als Beispiele seien die folgenden Fälle angeführt. Sie suchen in einem String

- alle Zahlen, aber nur diese Zeichen,
- nur Kleinbuchstaben,
- die Buchstaben A, C und x,
- alle Sonderzeichen,
- alle Whitespace-Zeichen (Leerzeichen, aber auch Tabulatorzeichen etc.),
- einen beliebigen Teilstring, der aber mindestens fünf Zeichen lang sein muss oder
- alle deutschen Umlaute.

In jedem dieser Fälle können Sie gar nicht oder nur sehr umständlich konkret ein Zeichen angeben, sondern nur eine gewisse Regel, was genau für Zeichen Sie suchen.

Zum formalen Beschreiben dieser Regeln gibt es die **regulären Ausdrücke (regular expressions)**, über die Sie **Suchmuster** (Pattern) statt einzelner Zeichen definieren können, wobei das nicht bedeutet, dass man bei regulären Ausdrücken nicht auch direkt Zeichen wie konkrete Buchstaben, Zahlen oder einige Sonderzeichen notieren kann.² Diese Zeichen können insbesondere mit abstrakten regulären Formulierungen kombiniert werden.

13.4.2 Wo setzt man reguläre Ausdrücke ein?

Reguläre Ausdrücke können direkt bei den Werten von Variablen eingesetzt werden, um diese zu durchsuchen und vor allen Dingen nach gewissen Regeln zu manipulieren. Sie können diese Variablenwerte etwa aufspalten oder gewisse Strukturen darin suchen und gegebenenfalls ersetzen. Die Hauptanwendung von regulären Ausdrücken ist aber der Einsatz in Verbindung mit freien Benutzereingaben. Diese Plausibilisierung³ von solchen Benutzereingaben zählt in vielen Applikationen zu den ganz wichtigen Vorgängen.

²Ein Suchmuster besteht dann aus eben diesem Zeichen oder in dem Suchmuster muss an einer gewissen Stelle genau dieses Zeichen vorkommen. Ein konkretes Zeichen ist also eine Vereinfachung eines allgemeinen Suchmusters.

³Überprüfung nach gewissen logischen Kriterien.

Hintergrundinformation

Plausibilisierung bedeutet allgemein, die Schlüssigkeit von Daten und Strukturen zu überprüfen. Das beinhaltet zum Beispiel bei Eingaben eines Anwenders die Überprüfung auf Pflichtfelder⁴ in einem Webformular. Aber auch die Festlegung einer Mindestlänge von bestimmten Informationen oder der zwingenden Existenz gewisser Zeichen bei einer Eingabe oder auch einem Variablenwert (beispielsweise die zwingende Existenz von dem @-Zeichen bei einer E-Mail-Adresse) kann bei einer Plausibilisierung überprüft werden.

13.4.3 Details zu Pattern

Suchmuster (sogenannte Pattern) bezeichnen bei einem regulären Ausdruck zu suchende Ausdrücke, die aus einem Suchtext mit

- konkreten Zeichen,
- Platzhaltersymbolen und
- gewissen Steuerzeichen

bestehen können. Gegebenenfalls kann man einen allgemeinen regulären Ausdruck mit einem sogenannten **Modifikator** hinter dem eigentlichen Suchausdruck genauer spezifizieren. Damit kann man angeben,

- ob nach dem Suchstring so oft gesucht wird, wie er in dem gesamten zu durchsuchenden Bereich vorkommt oder nur einmal,
- ob Klein- und Großschreibung beachtet wird oder nicht und
- ob in mehreren Zeilen gesucht wird.

Sie können bei Funktionen und Methoden in Programmiersprachen, die mit dem sogenannten Perl-Stil arbeiten, meist diese Modifikatoren verwenden. Andere Methoden und Funktionen stellen solche Variationen manchmal implizit bereit.

Bei der Formulierung eines Patterns verwenden Sie also neben konkreten Zeichen auch Klammern, Steuerzeichen und Optionen, die in einem Ausdruck kombiniert werden können.

- **Tip** Sofern keine Widersprüche ausgelöst werden, kann man auch mit dem Pipe-Symbol | als Oder-Verbindung mehrere Ausdrücke in einem Pattern verwenden. Das erlaubt die Angabe von Alternativen.

13.4.3.1 Eckige und runde Klammern – Brackets

Eine Anwendung von einem regulären Ausdruck besteht darin, dass Sie eine Gruppe an erlaubten Zeichen festlegen.

⁴Felder, die einfach nur mit irgendeinem Inhalt gefüllt sein müssen.

13.4.3.1.1 Eckige Klammern

In eckigen Klammern folgt dabei eine Auflistung von allen Zeichen, die für **genau ein** konkretes Zeichen an einer Stelle erlaubt sind. Wenn ein zusammenhängender Bereich angegeben werden soll, kann man den Beginn und das Ende des Bereichs mit einem Minuszeichen verbinden.

Insgesamt steht der **gesamte rechteckig geklammerte Ausdruck** immer also nur für genau **ein** Zeichen. Mehrere Paare mit rechteckigen Klammern in einem Suchausdruck entsprechen damit mehreren Zeichen (genauso viele wie Klammernpaare), ebenso mehrere Zeichen oder Steuerzeichen, die nicht in eckigen Klammern notiert werden.

Hier ist ein Beispiel, bei dem als Treffer an der angegebenen Stelle eine Zahl zwischen 1 und 7 stehen darf:

Beispiel

`[1234567]`

Das kann man auch so schreiben:

Beispiel

`[1-7]`

Wenn eine Lücke in einer Sequenz notwendig ist, kann man das so formulieren – auch das gibt genau ein Zeichen an:

Beispiel

`[1-37-9]`

An der so spezifizierten Stelle kann eine Zahl zwischen 1 und 3 oder 7 bis 9 stehen.

So etwas kann man auch für Buchstaben formulieren, wobei die Buchstaben dann entsprechend der alphabetischen Sortierung zu verstehen sind:⁵

Beispiel

`[e-r]`

Die verschiedenen Zahlen und Buchstaben können in einem Suchausdruck beliebig kombiniert werden und auch manche Sonderzeichen sind erlaubt. Das wäre ein Beispiel für einen zweistelligen Ausdruck, bei dem

- für beide Stellen Zahlen und Kleinbuchstaben von *a* bis *f* als Treffer erlaubt sind und
- zusätzlich für das erste Zeichen noch der Unterstrich erlaubt ist:

Beispiel

`[_0-9a-f][0-9a-f]`

⁵ Genau genommen ist die Position im ASCII-Code relevant.

13.4.3.1.2 Runde Klammern

Wenn Sie eine Auswahl in **runde** Klammern notieren und dazwischen das `|`-Zeichen setzen, dann geben Sie eine Oder-Beziehung an. Aber runde Klammern können auch einfach Zeichen zusammenfassen, die mit weiteren Angaben bei Bedarf als Gruppe weiter konkretisiert werden.

Das nachfolgende Pattern legt fest, dass entweder

- ein zweistelliger Ausdruck gültig ist, bei dem
 - das erste Zeichen `x`, `y`, oder `z` und
 - das zweite Zeichen eine Zahl zwischen 1 und 5 ist

oder

- ein dreistelliger Ausdruck ist gültig, bei dem
 - das erste eine Zahl 1, 2 oder 3,
 - das zweite Zeichen ein Kleinbuchstabe zwischen `a` und `u` und
 - das dritte Zeichen die 0 ist:

Beispiel

`([xyz][1-5]|[123][a-u]0)`

Beachten Sie, dass bei vielen Methoden und Funktionen in Python bereits die einfache Notation eines Ausdrucks in runden Klammern für einen regulären Ausdruck steht.

13.4.3.2 Steuerzeichen

Bei einer regulären Suche ist es oft von Belang, **wo** genau sich ein Suchmuster befindet, zum Beispiel zu Beginn einer Zeichenkette, am Ende oder an einer Wortgrenze. Dazu kann man bestimmte Zeichen wie den Slash nicht direkt suchen, denn sie haben in regulären Ausdrücken teils eine spezielle Bedeutung. Wenn man diese suchen möchte, muss man sie verschlüsselt eingeben. Ebenso kann man bestimmte Arten von Zeichen (etwa nur Zahlen oder nur Buchstaben) durch spezielle Codes ausdrücken.

► **Definition** Das Verschlüsseln von Sonderzeichen durch eine besondere Syntax nennt man das **Maskieren** von Zeichen.

Die Tab. 13.3 zeigt erst einmal eine Auswahl wichtiger allgemeiner Steuerzeichen bei regulären Ausdrücken nach dem Perl-Stil. Diese werden auch Meta-Zeichen (**Metacharacters**) genannt, weil sie Zeichen eine spezielle Zusatzbedeutung geben. Sie werden allerdings nicht in allen Programmiersprachen vollständig unterstützt. Insbesondere werden bereits spezialisierte Funktionen und Methoden diese oft nicht unterstützen.

Tab. 13.3 Steuerzeichen für reguläre Ausdrücke zum Suchen in Strings

Steuerzeichen	Beispiel	Beschreibung
\$	in\$	Die Notation des Dollarzeichens am Ende eines Suchstrings führt zu Treffern in allen Strings, bei denen diese Textpassage am Ende vorkommt, beispielsweise in den Strings "in", "kein" oder "worin", aber nicht in den Strings "innen" oder "alleine", denn hier steht "in" nicht am Ende.
.	.in	Die Notation eines Punktes fordert an der Stelle vor dem Suchbegriff mindestens ein beliebiges Zeichen. Notieren Sie einen Punkt, muss vor dem Suchbegriff mindestens ein anderes Zeichen in dem durchsuchten Ausdruck stehen. Notieren Sie zwei Punkte, müssen mindestens zwei beliebige Zeichen dort vorhanden sein und so fort. Die Suche nach ...in führt beispielsweise zu Treffern in "alleine" und "worin", aber nicht in den Strings "innen" oder "in". Achtung – wenn Sie explizit einen Punkt an einer bestimmten Stelle fordern, müssen Sie ihn maskieren (\.).
\.	/w\./d	An der Stelle muss explizit ein Punkt stehen. In dem Beispiel muss an der zweiten Stelle des Patterns ein Punkt stehen.
\b	\bin	Die Notation von \b (achten Sie auf die Kleinschreibung) sucht den vorangestellten oder den nachfolgenden Suchstring an einer Wortgrenze. Vorangestellt muss der Suchstring am Anfang eines Worts stehen (die Suche nach \bin führt beispielsweise zu Treffern in "innen" und "in", jedoch nicht in den Strings "alleine" oder "worin") und nachgestellt am Ende.
\B	in\B	Die Notation von \B (achten Sie auf die Großschreibung) sucht den vorangestellten oder nachfolgenden Suchstring und führt zu einem Treffer, wenn dieser nicht an der entsprechenden Wortgrenze steht. Vorangestellt darf der Suchstring nicht am Anfang eines Worts stehen (die Suche nach \B in führt beispielsweise zu keinen Treffern in "innen" und "in", jedoch in den Strings "alleine" oder "worin" – an der hinteren Wortgrenze kann der Suchbegriff stehen) und nachgestellt zu keinen Treffern am Ende eines Worts.
\d	\d	Die Notation von \d (achten Sie auf die Kleinschreibung) sucht nach einer beliebigen ganzen Zahl. Das ist äquivalent zu der Angabe [0-9].
\D	\D	Die Notation von \D (achten Sie auf die Großschreibung) sucht nach einem beliebigen Zeichen, das keine Ziffer ist.
\f	\f	Sie können in regulären Ausdrücken nach den üblichen Maskierungen für Sonderzeichen suchen. Diese Sequenz führt zur Suche nach einem Seitenvorschub.
\n	\n	Eine übliche Maskierung für Sonderzeichen. Diese Sequenz führt zur Suche nach einem Zeilenvorschubzeichen.
\r	\r	Eine übliche Maskierung für Sonderzeichen. Diese Sequenz führt zur Suche nach einem Wagenrücklaufzeichen.
\s	\s	Die Notation von \s (achten Sie auf die Kleinschreibung) führt zu Treffern in allen Strings, in denen irgendeine Art von White Space vorkommt. Das sind Leerzeichen und alle maskierten Sequenzen für diese Zeichen (also Seitenvorschub, Zeilenschaltung, Tabulator und vertikaler Tabulator – \f, \n, \t und \v).

(Fortsetzung)

Tab. 13.3 (Fortsetzung)

Steuerzeichen	Beispiel	Beschreibung
\S	\S	Die Notation von \S (achten Sie auf die Großschreibung) sucht nach einem beliebigen Zeichen, das kein White Space ist.
\t	\t	Eine übliche Maskierung für Sonderzeichen. Diese Sequenz führt zur Suche nach einem Tabulator.
\v	\v	Eine übliche Maskierung für Sonderzeichen. Diese Sequenz führt zur Suche nach einem vertikalen Tabulator.
\w	\w	Die Notation von \w (achten Sie auf die Kleinschreibung) führt zu Treffern bei allen alphanumerischen Zeichen und dem Unterstrich.
\W	\W	Die Notation von \W (achten Sie auf die Großschreibung) führt zu Treffern bei allen Zeichen, die keine alphanumerischen Zeichen und nicht ein Unterstrich sind.
^	^in	Die Notation des ^-Zeichens am Anfang eines Suchstrings führt zu Treffern in allen Strings, in denen diese Textpassage am Anfang vorkommt, beispielsweise in "in" oder "innen", aber nicht in den Strings "kein", "alleine" oder "worin", denn hier steht "in" nicht am Anfang.

Tab. 13.4 Optionen bei regulären Ausdrücken

Steuerzeichen	Beispiel	Beschreibung
*	I[a-h]*	Die Notation des Sterns bedeutet, dass das letzte Zeichen vor dem Stern kein Mal oder beliebig oft hintereinander stehen kann.
?	[0-9]?	Ein vorangestelltes Zeichen kann genau einmal vorkommen, muss aber nicht. Also ein optionales Zeichen.
{ min, max }	a{ 1,3 }b	Angabe von einer Mindestanzahl und einer Maximalanzahl , wie oft ein vorangestelltes Zeichen auftreten muss beziehungsweise kann. In dem Beispiel muss das Zeichen a mindestens einmal vorkommen und darf maximal dreimal vorkommen, bevor ein Zeichen b folgen muss.
{ min }	a{3}b	Angabe von einer Mindestanzahl, wie oft ein vorangestelltes Zeichen auftreten muss. Die maximale Anzahl bleibt offen.
+	+.in	Das +-Zeichen bedeutet, dass das letzte Zeichen davor für einen Treffer mindestens ein Mal oder beliebig oft dort stehen muss.

13.4.4 Optionen für die Häufigkeit

Bei regulären Ausdrücken ist es ganz wichtig, dass man auch eine **Anzahl** angeben kann, wie oft ein bestimmtes Zeichen vorkommen muss oder darf. Hier sehen Sie die wichtigsten Optionen beziehungsweise **Quantifizierer** (Quantifiers) für die Formulierung von Suchpattern, die den Suchausdruck über die Zeichen hinaus hinsichtlich der Anzahl nach dem Perl-Stil genauer beschreiben können (Tab. 13.4). Dabei muss man aber wieder beachten, dass nicht alle Methoden und Funktionen diese unterstützen und manchmal auch gar nicht benötigen.

- Wenn bei einem regulären Ausdruck kein Zeichen für eine Option notiert wird, steht das also für ein zwingendes Zeichen, das genau einmal vorkommt.

13.4.5 Die Umsetzung von regulären Ausdrücken in Python – das Modul *re*

Prinzipiell werden reguläre Ausdrücke in Python als Strings dargestellt. Der eigentliche reguläre Ausdruck (also alles außer „normalen“ Zeichen) in dem Pattern wird dabei mit einem Backslash (also über ein Escape-Zeichen) eingeleitet. Das bedeutet aber, dass Backslashes normalerweise aus dem regulären Ausdruck entfernt beziehungsweise mit dem folgenden Zeichen einer Sonderbedeutung zugeführt werden. Man kann dies verhindern, indem man jeden Backslash eines regulären Ausdrucks als `"\"` schreibt. Allerdings verhält sich Python mit den Methoden des *re*-Moduls leider nicht ganz konsistent und manchmal kann man auf die Maskierung des Backslashes verzichten. Einige Methoden und Funktionen gestatten also die Angabe eines einfachen Backslashes, andere brauchen die Maskierung.

13.4.5.1 Raw-Strings

Eine alternative Lösung besteht darin, sogenannte **Raw-Strings** zu verwenden. Dabei wird ein String mit einem vorgestellten *r* markiert und dann werden keine Escape-Sequenzen im String ausgeführt. Diese Notation ist also in der Regel der sicherste Weg und in Python üblich.

13.4.5.2 Das *re*-Modul

Nun muss man wie gesagt noch ein Modul *re* importieren, um Pattern in passenden Methoden nutzen zu können. Dieses Modul unterstützt eine Syntax, die der in Perl ähnelt. Sowohl das zu durchsuchende Muster, als auch das Pattern können Unicode-Strings sowie 8-Bit-Strings (Bytes) sein. Unicode-Strings und 8-Bit-Strings können jedoch nicht gemischt werden. Das heißt, Sie können keine Unicode-Zeichenfolge mit einem Byte-Muster abgleichen oder umgekehrt. Wenn Sie nach einer Ersetzung fragen, muss die Ersetzungszeichenfolge vom gleichen Typ sein wie das Muster und die Suchzeichenfolge.

- **Tipp** 1. Die meisten regulären Ausdrücke stehen in kompilierter Form zur Verfügung, sowohl über Funktionen als auch Methoden. Bei den Funktionen handelt es sich jedoch um Verknüpfungen, bei denen Sie zwar nicht zuerst ein *Regex*-Objekt kompilieren müssen, aber einige der oben schon genannten Feinabstimmungsparameter nicht zur Verfügung haben.
- 2. Das *Regex*-Modul, das für Python von einem Drittanbieter bereitgestellt wird, hat ein +zu dem *re*-Modul kompatibles API, bietet jedoch zusätzliche Funktionen und eine gründlichere Unicode-Unterstützung.

Das Modul *re* stellt nun eine ganze Reihe an Methoden und Funktionen bereit, von der hier eine Auswahl notiert wird (Tab. 13.5).

Tab. 13.5 Methoden des Moduls `re`

Methode	Beschreibung
<code>re.compile (Muster, Flags = 0)</code>	Mit der Methode kompilieren Sie ein Pattern in ein reguläres Ausdrucksobjekt, das mit den Methoden <code>match()</code> , <code>search()</code> und anderen Methoden zum Abgleich verwendet werden kann. Das Verhalten des Ausdrucks kann geändert werden, indem ein Flag-Wert angegeben wird, die mit dem bitweisem ODER (der Operator <code> </code>) kombiniert werden können. Die Flags <code>re.I</code> oder <code>re.IGNORECASE</code> sorgen etwa dafür, dass Groß- und Kleinschreibung ignoriert wird oder <code>re.M</code> beziehungsweise <code>re.MULTILINE</code> sorgen dafür, dass gegebenenfalls über mehrere Zeilen hinweg gesucht wird. Die Verwendung von <code>re.compile()</code> und das Speichern des resultierenden regulären Ausdrucksobjekts zur Wiederverwendung ist effizienter als das direkte Anwenden von <code>match()</code> oder <code>search()</code> , wenn der Ausdruck in einem Programm mehrmals verwendet wird.
<code>re.findall (Muster, String, Flags = 0)</code>	Die Methode liefert alle nicht überlappenden Übereinstimmungen des Musters in der Zeichenkette als Liste von Zeichenketten zurück. Die Zeichenfolge wird von links nach rechts gescannt und Übereinstimmungen werden in der gefundenen Reihenfolge zurückgegeben. Wenn eine oder mehrere Gruppen im Muster vorhanden sind, erhalten Sie eine Liste von Gruppen.
<code>re.match (Muster, String, Flags = 0)</code>	Wenn null oder mehr Zeichen am Anfang der Zeichenfolge mit dem Pattern übereinstimmen, erhalten Sie ein entsprechendes Match-Objekt (Abschn. 13.4.6). Die Rückgabe ist <code>None</code> , wenn die Zeichenfolge nicht mit dem Muster übereinstimmt.
<code>re.search(Muster, String, Flags=0))</code>	Mit der Methode durchsuchen Sie die Zeichenfolge nach dem ersten Speicherort, an dem das Pattern eine Übereinstimmung erzeugt. Die Rückgabe ist ein Match-Objekt (Abschn. 13.4.6). Die Rückgabe ist <code>None</code> , wenn keine Position in der Zeichenfolge mit dem Muster übereinstimmt.
<code>re.split (Muster, String, Maxsplit = 0, Flags = 0)</code>	Mit der Methode teilen Sie die Zeichenfolge nach den Vorkommen des Musters, und zwar in die optional angegebene maximale Anzahl von Aufteilungen. Wenn <code>Maxsplit</code> ungleich Null ist, wird ein eventueller Rest der Zeichenfolge als letztes Element der Liste zurückgegeben. Beachten Sie, dass das Trennzeichen selbst nicht mehr in der Ergebnismenge auftaucht.
<code>re.sub (Muster, Ersatz, String, Anzahl = 0, Flags = 0)</code>	Die Methode gibt den String zurück, bei dem die am weitesten links liegenden nicht überlappenden Vorkommen des Suchmusters durch den Ersatz ausgetauscht wurden.

13.4.6 Die Match-Objekte

Als Treffer bei Suchen mit `match()` und `search()` erhalten Sie Match-Objekte (Übereinstimmungsobjekte). Diese haben immer einen booleschen Wert von `True`, wenn es denn einen Treffer gab. Da `match()` und `search()` `None` zurückgeben, wenn es keine Übereinstimmung gibt, können Sie mit einer einfachen *if*-Anweisung testen, ob es eine Übereinstimmung gab, etwa so:

Beispiel

```
match = re.search(Muster, Zeichenfolge)
if match:
    ...
```

Übereinstimmungsobjekte unterstützen aber auch eine Reihe von Methoden und Attributen.

- Besonders wichtig ist die Methode *group()*, denn diese gibt eine oder mehrere Untergruppen der Übereinstimmung zurück. Wenn es nur ein einziges Argument gibt, ist das Ergebnis eine einzelne Zeichenfolge; wenn es mehrere Argumente gibt, ist das Ergebnis ein Tupel mit einem Element pro Argument. Ohne Argumente wird *group()* standardmäßig auf Null gesetzt und die gesamte Übereinstimmung wird zurückgegeben.
- Sehr ähnlich ist die Methode *groups(default=None)*. Sie liefert ein Tupel zurück, das alle Untergruppen des Matches enthält, von 1 bis zu der letzten Gruppe im Muster.
- Mit dem Attribut *lastindex* erhalten Sie den ganzzahligen Index der letzten Übereinstimmung oder None, wenn überhaupt keine Gruppe gefunden wurde.

13.4.7 Ein paar Beispiele mit regulären Ausdrücken

Kommen wir nun zu einigen Beispielen, die die Anwendung verdeutlichen sollen.

13.4.7.1 Texte aufsplitten

Das erste Beispiel soll die Methode *split()* zeigen und auch einmal explizit die Verwendung von Raw-Strings bei regulären Ausdrücken der von „normalen“ Strings gegenüberstellen (*Reg1.py*).

```
import re
t1 = "Die Antwort ist 42."
print(re.split('\d', t1))
print(re.split('\W+', "Die Antwort ist 42. "))
print(re.split('\d', "Die Antwort ist 42. "))
print(re.split(r"\d", "Die Antwort ist 42. "))
print(re.split("\d", "Die Antwort ist 42. "))
print(re.split(r"\d", "Die Antwort ist 42. "))
```

Das ist die Ausgabe:

```
['Die Antwort ist ', '', '.']
['Die', 'Antwort', 'ist', '42', ' ', '']
['Die Antwort ist ', '', '.']
['Die Antwort ist ', '', '.']
['Die Antwort ist ', '', '.']
['Die Antwort ist 42.']
```

Wir wenden wir die Methode sowohl auf ein Literal, als auch auf eine Variable an. Das geht, wie Sie sehen. Analysieren wir genauer das Ergebnis.

- Die erste Anweisung mit *split()* nutzt das Pattern `\d`, um den String, der in der Variable `t1` gespeichert ist, an allen Zahlen aufzuspalten. Der Backslash ist maskiert. Es gibt zwei Zahlen (4 und 2) und deshalb muss man drei Elemente in der resultierenden Liste haben. Allerdings gibt es zwischen der 4 und der 2 kein anderes Zeichen und deshalb ist das zweite Element leer.
- Die zweite Anweisung mit *split()* nutzt das Pattern `\W`, um das Stringliteral an allen Zeichen, die keine alphanumerischen Zeichen und nicht ein Unterstrich sind, aufzuspalten. Das Pluszeichen gibt an, dass so ein Zeichen mindestens einmal, aber auch beliebig oft folgend kann. Mehrere Leerzeichen hintereinander sorgen so nicht für mehrere Trefferelemente. Der Backslash ist wieder maskiert.
- Die dritte Anwendung entspricht der ersten Anweisung mit *split()* – nur auf ein Stringliteral angewendet.
- Die vierte Anweisung mit *split()* verwendet einen Raw-String in einen unmaskierten Backslash. Damit entspricht das Ergebnis exakt dem der ersten und der dritten Anwendung.
- Die fünfte Anweisung mit *split()* verwendet dieses Mal für das Suchmuster die doppelten Hochkommata. Das soll nur deutlich machen, dass es keinen Unterschied macht, ob man das Suchmuster in einfache oder doppelte Hochkommata notiert. Das Ergebnis entspricht damit dem der ersten, dritten und vierten Anwendung.
- Die sechste Anweisung von *split()* verwendet wieder einen Raw-String, in dem aber zwei Backslashes stehen. Aber das ist eben dann keine(!) Maskierung und der zweite Backslash ist der reguläre Ausdruck. Und mit dem gibt es keine Übereinstimmung und deshalb auch keine Aufspaltung.

13.4.7.2 Muster suchen und in Match-Objekten bereitstellen

Betrachten wir nun ein Beispiel mit Match-Objekten (*Reg2.py*).

```
import re
t1 = "Die Antwort ist 42."
menge = re.search('\d', t1)
print(menge.group(0))
print(menge.group())
menge = re.match(r"(\d+)\.(\d+)", "3.14")
print(menge.groups())
print(menge.lastindex)
print(menge.group(menge.lastindex))
for i in menge.groups():
    print(i)
```

Das ist die Ausgabe:

```
4
4
('3', '14')
2
14
3
14
```

Wir wenden die Methoden *search()* und *match()* an und betrachten das resultierende Match-Objekt. Analysieren wir auch wieder genauer das Ergebnis.

- Zuerst suchen wir mit *search()* nach der ersten Zahl in einem String. Damit erhalten wir ein Element und das steht in *group(0)* zur Verfügung.
- Die Ausgabe über *group()* führt zu dem gleichen Resultat, weil es eben nur ein Element in der Treffermenge gibt.
- Mit *(\d+)\.(\d+)* suchen wir mit *match()* nach einem Pattern, das mindestens eine Zahl, dann einen Punkt und dann mindestens noch eine Zahl enthält. Die Bestandteile werden über die Methode *groups()* bereitgestellt.
- Die Anzahl der Elemente in der Ergebnismenge wird mit *lastIndex* abgefragt (nullindiziert).
- Mit dem letzten Index kann man auf das letzte Element zugreifen, dass sich in der Treffermenge befindet.
- Mit der *for*-Schleife wird über die Treffermenge iteriert.

13.4.7.3 Kompilierte Suchausdrücke

Kompilieren wir auch einmal einen Suchausdruck (*Reg3.py*):

```
import re
t1 = "45 EUR"
prog = re.compile(r"\d+")
menge = prog.match(t1)
print(menge.group())
```

Damit wird das erste Auftauchen von einer Zahl gesucht und dieses in dem Match-Objekt gespeichert. Das liefert also 45.

Datei-, Datenträger- und Datenbankzugriffe – Dauerhafte Daten

14

14.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

In Python Dateien lesen und schreiben ist sehr einfach – wie die meisten Dingen in dieser Sprache. Sie öffnen einfach einen **Datenstrom** zum Lesen oder Schreiben und greifen dann entsprechend darauf zu. Dateizugriffe sind in den Kern von Python integriert. Deshalb ist es nicht notwendig, spezielle Module einzubinden. Wir wollen uns aber in dem Kapitel auch mit allgemeinen Datei- und Verzeichnisoperationen sowie einem kurzen Einstieg zur Verwendung von Datenbanken unter Python beschäftigen. Und die benötigen dann die Einbindung der passenden Module des Standard-APIs.

14.2 Datenströme für die Ein- und Ausgabe

Die Ein- und Ausgabe von Daten basiert in fast allen modernen Programmiersprachen auf sogenannten **Strömen** oder **Streams**. Ein Datenstrom (data stream) besteht aus einer kontinuierlichen Folge von Daten. Man unterscheidet **Downstreams** (eingehende Datenströme) und **Upstreams** (ausgehende Datenströme). Ein Datenstrom kann von jeder beliebigen Quelle kommen und zu jedem beliebigen Ziel gehen. Das bedeutet, der Ursprungsort und das Ziel spielen für die konkrete Kodierung überhaupt keine Rolle. Programmiersprachen bieten eine Vielzahl von unterschiedlichen Strömen, die für verschiedene Zwecke optimiert sind.

Das beginnt bei der Ein- und Ausgabe über Tastatur und Bildschirm und geht über Dateioperationen bis hin zu Ein- und Ausgabe über ein Netzwerk. Es gibt in Python zwei Datenströme, die vielen zunächst einmal als solche nicht bewusst sind: die Standardeingabe (**stdin**) und die Standardausgabe (**stdout**).

Da Ströme Objekte sind,¹ besitzen sie auch charakteristische Methoden zum Lesen und Schreiben von Daten. Alle Methoden, die sich mit Eingabe- und Ausgabeoperationen beschäftigen, werden in der Regel eine Ausnahme vom Typ *IOError* oder eine davon abgeleitete Ausnahme auswerfen und diese sollte entsprechend aufgefangen weitergegeben werden.

Hintergrundinformation

Darüber hinaus kann bei Zugriffen auf Datenströme eine Ausnahme vom Typ *EOFError* wichtig werden. EOF steht für „End of File“. Eine Ausnahme dieses Typs wird in vielen Programmiersprachen geworfen, wenn beim Einlesen einer Datei das **Dateiende** erreicht wird. Man kann damit sehr sauber und stabil bis zum Ende einer Datei lesen und diese dann in einer Ausnahmebehandlung schließen.

Allerdings geht Python mit dem Dateiende etwas anders um und wirft beim Erreichen mit den nachfolgend noch beschriebenen Methoden **keine** Ausnahme. Die Ausnahme vom Typ *EOFError* wird nur beim Einlesen von der Standardeingabe (etwa mit *input()*) geworfen – was eben auch einen Datenstrom darstellt.

14.2.1 Das Öffnen und Schließen einer Datei

Am Anfang jedes Dateizugriffs steht das Öffnen einer Datei und am Ende das Schließen. Das ist im Grunde offensichtlich. Dabei muss das Öffnen einer Datei explizit durchgeführt werden, während das explizite Schließen der offenen Datei zwar ebenso durchgeführt werden *sollte*, aber im Fall des Unterbleibens wird die Datei meist automatisch geschlossen.²

14.2.1.1 Die Built-in-Function *open()*

Das Öffnen einer Datei erfolgt in Python mit der Built-in-Function *open()*. Die Funktion liefert ein Objekt mit einem Zeiger auf die Datei zurück. Als Parameter geben Sie die Datei (gegebenenfalls mit Pfad) und einen **Dateimodus** an.

- Der Dateimodus "r" steht für „read“ (also lesen). Er ist Vorgabe und wenn kein Dateimodus angegeben wird, gilt der Lesemodus.
- Der Dateimodus "w" steht für „write“ (schreiben). Die Datei wird neu erstellt und vorhandener Inhalt ersetzt.
- Der Dateimodus "a" steht für „append“ (anhängen). Neuer Inhalt wird an bestehenden Inhalt angehängt.

► **Tipp** Mit dem Anhängen des Pluszeichens kann man eine Datei sowohl für das Lesen als auch Schreiben öffnen ("r+", "w+" und "a+"). Mit einem nachgestellten *b* wird eine Datei binär geöffnet (etwa "wb" oder "rb").

¹ In Python ist „alles“ ein Objekt.

² Auch wenn es dabei Probleme geben kann und man sich nicht auf diesen Automatismus verlassen sollte.

14.2.1.2 Die Built-in-Function *close()*

Mit der Methode *close()* wird eine Datei wieder geschlossen. Diese stellt das Objekt bereit, das den Zeiger auf die Datei enthält.

14.2.1.3 Ein schematisches Gerüst für einen Dateizugriff

Schematisch sieht das so aus:

Beispiel

```
fp = open("dat.txt")
...
fp.close()
```

14.2.2 Schreiben in eine Datei

Zum Schreiben von Inhalten in eine Datei gibt es die Methode *write()*. Hier ist das denkbar einfachste Beispiel (*Schreiben1.py*):

```
fp = open("zitat1MP.txt", "w")
fp.write("Ich meine, was hast du schon zu verlieren? " +
        "Du weißt du kommst aus dem Nichts " +
        "und du gehst wieder ins Nichts zurück. " +
        "Was hast du also verloren? Nichts!")
fp.close()
```

Natürlich kann man auch mehrere Ausgaben vornehmen. Solange die Datei offen ist, kann man die Methode *write()* beliebig oft aufrufen (*Schreiben2.py*):

```
fp = open("zitat2MP.txt", "w")
fp.write('Brian: Ihr seid alle Individuen!\n')
fp.write('Volk: Ja, wir sind alle Individuen!\n')
fp.write('Brian: Und ihr seid alle völlig verschieden!\n')
fp.write('Volk: Ja, wir sind alle völlig verschieden!\n')
fp.write('Einer: Ich nicht!\n')
fp.close()
```

14.2.3 Auslesen aus einer Datei

Das Auslesen einer Datei ist im Grunde etwas aufwändiger als das Schreiben, denn man muss irgendwie festlegen, wie viele Daten man einlesen möchte und wann man das Ende einer Datei erreicht hat, zumindest in anderen Programmiersprachen. Aber Python vereinfacht auch hier die Sache erheblich.

14.2.3.1 Die Methode `read()`

Hier ist das denkbar einfachste Beispiel zum Einlesen einer Datei (*Lesen1.py*):

```
fp = open("zitat2MP.txt", "r")
print(fp.read())
fp.close()
```

Die Methode liest einfach bis zum Ende der Datei und in dem Beispiel geben wir den Rückgabewert einfach aus (Abb. 14.1).

So einfach ist die Sache nicht in vielen Programmiersprachen, wenn man mehrere Zeilen einlesen möchte. Zudem können diverse Sonderzeichen den Lesevorgang etwas erschweren. Doch das Schöne an Python ist, dass die Methode `read()` bereits so gebaut wurde, dass in der Grundeinstellung eine ganze Datei in einen String eingelesen wird.

- **Tip** Sie können bei der Methode `read()` als Parameter auch die Anzahl der Zeichen eingeben, die Sie einlesen wollen, etwa so:

```
print(fp.read(10))
```

Dann werden in dem Beispiel nur maximal 10 Zeichen eingelesen.

14.2.3.2 Zeilenweises Einlesen

Wenn man nicht die ganze Datei einlesen möchte, gibt es weitere Methoden. Das folgende Programm liest eine Datei zeilenweise ein, wobei mit der Methode `rstrip()` etwaige Leerzeichen und Newlines vom rechten Rand entfernt werden (*Lesen2.py*):

```
fp = open("zitat2MP.txt", "r")
for line in fp:
    print(line.rstrip())
fp.close()
```

Das letzte Beispiel hat die Datei Zeile für Zeile mit einer Schleife verarbeitet. Aber es kommt öfters vor, dass man eine Datei gerne in eine komplette Datenstruktur einlesen will. Dazu gibt es die Methode `readlines()`. Dabei werden allerdings Sonderzeichen und Escape-Sequenzen nicht eliminiert und es gibt Unterschiede, was genau als Zeilenende zu sehen ist (Abb. 14.2). Beispiel (*Lesen3.py*):

```
fp = open("zitat2MP.txt", "r")
print(fp.readlines())
fp.close()
```

Abb. 14.1 Die Datei wurde ausgelesen

```
Brian: Ihr seid alle Individuen!
Volk: Ja, wir sind alle Individuen!
Brian: Und ihr seid alle völlig verschieden!
Volk: Ja, wir sind alle völlig verschieden!
Einer: Ich nicht!
```

```
>>>
```

```
['Brian: Ihr seid alle Individuen!\n', 'Volk: Ja, wir sind alle Individuen!\n', 'Brian: Und ihr seid alle völlig verschieden!\n',  
'Volk: Ja, wir sind alle völlig verschieden!\n', 'Einer: Ich nicht!\n']  
>>>
```

Abb. 14.2 Die Datei wurde ausgelesen, aber Sonderzeichen wurden nicht interpretiert

```
Fehler beim Zugriff auf die Datei  
>>>
```

Abb. 14.3 Es gab eine Exception beim Dateizugriff und es wurde eine qualifizierte Gegenmaßnahme ergriffen

14.2.4 Lese- und Schreibvorgänge absichern

Die bisherigen nahezu trivialen Schreib- und Lesevorgänge sollen nicht verschleiern, dass es bei Dateizugriffen immer Probleme geben kann. Beispielsweise kann eine Datei gesperrt sein. Oder beim Lesezugriff ist die Datei gar nicht vorhanden oder die Datei ist nicht offen. Deshalb sollte man Dateizugriffe immer mit einer Ausnahmebehandlung absichern und dort gegebenenfalls Gegenmaßnahmen ergreifen – auch wenn man nur eine Meldung ausgibt (Abb. 14.3). Dazu dient am besten *IOError*. Beispiel (*Lesen4.py*):

```
try:  
    fp = open("dat.txt", "r")  
    print(fp.read())  
    fp.close()  
except IOError:  
    print("Fehler beim Zugriff auf die Datei")
```

14.3 Allgemeine Datei- und Verzeichnisoperationen

Python stellt auch Funktionen und Methoden für die üblichen Datei- und Verzeichnisoperationen bereit, etwa zum Löschen einer Datei (*remove()*) oder eines Verzeichnisses (*rmdir()*), zum Kopieren (*copy()*) und Verschieben (*move()*) von Dateien oder dem Überprüfen des Dateistatus etc. Die Basis stellen die folgenden Module bereit, die hier nur aufgelistet werden (es gibt noch weitere und für Details sei auf die Dokumentation verwiesen):

- `pathlib`
- `os.path`
- `fileinput`
- `stat`
- `filecmp`
- `tempfile`
- `glob`
- `shutil`

Das nachfolgende Beispiel überprüft einige wichtige Informationen zu einer Datei (Abb. 14.4). Der Einfachheit halber wird die Datei der Quelltext selbst sein (*Dateiinfos1.py*):

```
import os.path
import time

p='Dateiinfos1.py'
if os.path.exists(p):
    print('Die Datei ist vorhanden.')
    if os.path.isfile(p):
        print('Ist eine Datei und kein Verzeichnis')
        print('Größe:', os.path.getsize(p))
        print('Änderungsdatum:', time.ctime(os.path.getmtime(p)))
```

Das zweite Beispiel überprüft wieder einige Informationen von Dateien und erstellt dann ein Backup (also Kopie) der einen Datei. Dazu werden die Schritte mit einer Ausnahmebehandlung abgesichert. Die einzelnen Schritte werden in der Ausgabe dokumentiert (Abb. 14.5). Der Einfachheit halber wird auch hier wieder die Quelldatei der Quelltext selbst sein (*Dateiinfos2.py*).

```
import shutil
import os.path

ori='Dateiinfos2.py'
kopie='Dateiinfos2.bak'

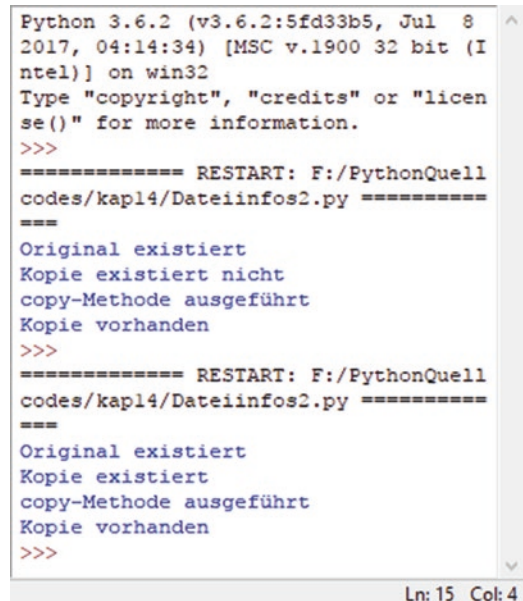
if os.path.exists(ori):
    print('Original existiert')
else:
    print('Original existiert nicht')
if os.path.exists(kopie):
    print('Kopie existiert')
else:
    print('Kopie existiert nicht')
try:
    shutil.copy(ori, kopie)
    print('copy-Methode ausgeführt')
except FileNotFoundError:
    print('Originaldatei nicht gefunden')
except FileExistsError:
    print('Zielformat schon vorhanden - es wird nicht kopiert')
except PermissionError:
    print('Zugriffsprobleme auf Zielformat - es wird nicht kopiert')
if os.path.exists(kopie):
    print('Kopie vorhanden')
else:
    print('Kopie nicht vorhanden')
```

Abb. 14.4 Dateiinformationen

```

Die Datei ist vorhanden.
Ist eine Datei und kein Verzeichnis
Größe: 320
Änderungsdatum: Wed Nov 15 18:38:59 2017
>>>

```

Abb. 14.5 Das Programm wurde zweimal ausgeführt


```

Python 3.6.2 (v3.6.2:5fd33b5, Jul 8
2017, 04:14:34) [MSC v.1900 32 bit (I
ntel)] on win32
Type "copyright", "credits" or "licen
se()" for more information.
>>>
===== RESTART: F:/PythonQuell
codes/kapl4/Dateiinfos2.py =====
===
Original existiert
Kopie existiert nicht
copy-Methode ausgeführt
Kopie vorhanden
>>>
===== RESTART: F:/PythonQuell
codes/kapl4/Dateiinfos2.py =====
===
Original existiert
Kopie existiert
copy-Methode ausgeführt
Kopie vorhanden
>>>

```

Ln: 15 Col: 4

- **Tipp** Beachten Sie, dass wir mit Ausnahmebehandlung den eigentlichen Kopiervorgang absichern und für die Quelldatei auf *FileNotFoundError* absichern. Das wäre aber nicht notwendig, denn bereits vorher wird ja explizit geprüft, ob die Originaldatei vorhanden ist. Das könnte man also direkt nutzen. Wobei man in der Praxis eigentlich meist umgekehrt vorgehen wird – man prüft nicht (!) vorher, ob die Datei vorhanden ist, sondern verlässt sich explizit auf die Ausnahmebehandlung.

Zusätzlich wird beim Kopieren mit *copy()* noch gegen *FileExistsError* und *PermissionError* gesichert, was etwa bei gesperrten oder auch schon einfach vorhandenen Zieldateien als Ausnahme ausgelöst werden kann.

14.4 Objekte serialisieren und deserialisieren

Es gibt in Python ein Modul mit Namen *pickle*, mit dem man Objekte serialisieren („einlegen“ – „pickle“) und deserialisieren kann. Damit kann man einen aktuellen Objektzustand in einer Datei persistent (dauerhaft) machen oder auch über einen Datenstrom verschicken und an anderer Stelle wieder reproduzieren.

14.4.1 Mit `dump()` den Objektzustand persistent machen

Mit der Methode `dump()` wird ein Objekt in einer Datei serialisiert und mit `load()` wieder deserialisiert. Die formale Syntax ist die Folgende:

Beispiel

```
pickle.dump(obj, file[, protocol])
```

Eine serialisierte Version des Objektes *obj* wird in die Datei *file* geschrieben. Bei Bedarf kann optional das Protokoll angegeben werden (0=ascii, 1=kompakt, nicht lesbar, 2=opt. Klassen). Hier ist ein ganz einfaches Beispiel (*Serialisieren.py*), in dem wir **Zufallszahlen** mit dem Modul *random* und der Methode *random.randint()* erzeugen und daraus eine Liste aufbauen. Diese ist dann das Objekt, dessen Zustand wir serialisieren und damit dauerhaft machen wollen:

```
import pickle
import random

zahlen = []
# Zufallsgenerator initialisieren
random.seed()
i = 0
while (i < 10):
    i+=1
    # Zufallszahl zwischen 1 und 1000 ermitteln
    x = random.randint(1,1000)
    zahlen.append(x)
print(zahlen)
output = open('data.pkl', 'wb')
pickle.dump(zahlen,output)
output.close()
```

Das Beispiel wird eine Ausgabe folgender Art bewirken, wobei die Zahlen ja wie gesagt zufällig sind:

```
[572, 924, 525, 949, 495, 764, 134, 49, 806, 247]
```

14.4.2 Mit `load()` den Objektzustand reproduzieren

Nun ist das Konzept ja dafür da, dass man einen Objektzustand persistent machen und später wieder reproduzieren kann. Das Deserialisieren geht formal so:

Beispiel

```
pickle.load(file)
```

Damit erkennt die Methode automatisch, in welchem Format die Daten gespeichert wurden. So würde aus der Datei, die obiges einfaches Beispiel angelegt hat, der Objektzustand wieder reproduziert (*Deserialisieren.py*):

```
import pickle
input = open('data.pkl', 'rb')
data=pickle.load(input)
input.close()
for i in data:
    print(i)
```

14.5 Datenbankzugriffe

Der Umgang mit Dateien ist nur eine Facette zum persistenten Speichern und Auslesen von Daten. Wenn die Daten komplexer werden, benötigt man strukturierte Informationen, die man qualifiziert verwerten kann. Und das führt zu Datenbankkonzepten. Das Python-API stellt aber unter anderem auch eine Unterstützung für den Umgang mit einer SQLite-Datenbank (und auch anderen Datenbanken) zur Verfügung. Dort kann man mit der Datenbank die Abfragesprache SQL arbeiten.

Hintergrundinformation

SQL steht für Structured Query Language oder auch Standard Query Language. Die Sprache dient zur Definition von Datenstrukturen in relationalen Datenbanken sowie zum Bearbeiten und Abfragen von darauf basierenden Datenbeständen über einen definierten Befehlssatz, der von fast allen gängigen Datenbanken unterstützt wird. Allerdings gibt es leicht voneinander abweichende Dialekte. In dem Buch werden wir SQL voraussetzen und bei Bedarf sollten Sie sich in ergänzenden Quellen dazu informieren.

14.5.1 Was ist SQLite?

Bei SQLite handelt es sich um eine Bibliothek beziehungsweise ein API zur Programmierung eines relationalen Datenbanksystems. Die Bibliothek unterstützt dazu einen Großteil des normalen SQL-Sprachumfangs. Das geht hin bis zu Transaktionen, Views und Triggern sowie benutzerdefinierte Funktionen. SQLite ist aber extrem schlank. Allerdings ist SQLite kein vollständiges Datenbankmanagementsystem (DBMS), nicht typischer und die Verwaltung von Benutzer- und Zugriffsberechtigungen erfolgt nicht auf Datenbankebene, sondern über die Zugriffsberechtigungen des Dateisystems.

14.5.2 Zugriff auf SQLite in Python

Um auf SQLite in Python zuzugreifen, braucht man zwei Importe:

Beispiel

```
import sqlite3
import os.path
```

Eigentlich benötigt man nur das Modul *sqlite3*, aber man spricht ja ganz konkret eine Datei an und da kann man vorher dessen Existenz prüfen. Oder man nutzt eine Ausnahmebehandlung und dann kann man auf *os.path* auch verzichten, wenn man die eigentliche Dateisicht nicht weiter benötigt.

14.5.2.1 Die Methode connect() zum Öffnen und close() zum Schließen

Die entscheidende Methode, um mit einer SQLite-Datenbank zu arbeiten, ist *connect()*. Damit geben Sie den Datenbanknamen vor. Die Methode liefert als Rückgabe ein neues Datenbankobjekt, über das die konkrete Manipulation der Datenbank dann in der Folge abläuft.

Das wäre ein Beispiel für die Erzeugung einer SQLite-Datenbank:

Beispiel

```
connection=sqlite3.connect('sqldb.db')
```

Mit der Methode *close()* wird die Verbindung zur Datenbank geschlossen – wie bei „normalen“ Dateien.

Beispiel:

Beispiel

```
connection.close()
```

14.5.2.2 Konkrete Transaktionen durchführen mit cursor() und execute() sowie einer Fetch-Methode

Die Methode *cursor()* und *execute()* erlauben es, eine Datenbanktransaktion auszuführen. Mit *cursor()* holt man sich über das Verbindungsobjekt einen Zeiger auf die Datenbank.

Beispiel:

Beispiel

```
cursor=connection.cursor()
```

Mit dem Datenbankzeigerobjekt kann man dann über *execute()* SQL-Anweisungen ausführen.

Beachten Sie, dass die SQL-Statements in Python in **drei** Hochkommata eingeschlossen werden. Das ist dann aus Sicht von Python ein Kommentar. Beispiel:

Beispiel

```
cursor.execute("""SELECT * FROM personen""")
```

14.5.2.3 Die Ergebnisse auswerten mit einer Fetch-Methode

Mit einer Methode wie *fetchall()* wird dann auf dem Ergebnis der Datenbankabfrage operiert. Diese Methode liefert eine Datenstruktur mit allen Datenzeilen, die im SQL-Statement selektiert wurden.

Beispiel:

Beispiel

```
rows=cursor.fetchall()
for row in rows:
    ...
```

14.5.2.4 Die commit()-Methode zum Speichern von Änderungen

Bei Datenbankänderungen müssen diese explizit auf die Datenbank mit *commit()* geschrieben werden, damit sie gespeichert werden.

Beispiel:

Beispiel

```
connection.commit()
```

14.5.3 Ein konkretes Datenbankbeispiel

Hier ist ein komplettes Datenbankbeispiel, bei dem eine Datenbank erzeugt, dann gefüllt und zum Schluss ausgegeben werden soll.

14.5.3.1 Die Datenbankdatei erstellen

Zuerst soll die Datenbank angelegt werden, wenn Sie nicht vorhanden ist. Wenn sie beim Anlegen schon vorhanden ist, wird das mit *os.path.exists()* erkannt (Abb. 14.6). Den gesamten Prozess kann man direkt mit einem SQL-Statement durchführen (*Datenbankanlegen.py*):

```
import sqlite3
import os.path

if not os.path.exists('sqldb.db'):
    connection=sqlite3.connect('sqldb.db')
    cursor=connection.cursor()
    cursor.execute('''CREATE TABLE personen(name TEXT, vorname TEXT)''')
    print("Datenbank erstellt")
    connection.close()
else:
    print("Datenbank schon vorhanden")
```

Abb. 14.6 Das Programm wurde zweimal ausgeführt

```
Datenbank erstellt
>>>
===== RESTART: F:/Pyt
Datenbank schon vorhanden
>>>
```

14.5.3.2 Daten in die Datenbank schreiben

Nun schreiben wir Daten in die Datenbank. Dazu kann ein Anwender seinen Nachnamen und seinen Vornamen eingeben (Abb. 14.7) und die beiden Werte werden in die Datenbank geschrieben (*Datenbankschreiben.py*):

```
import sqlite3
import os.path

n = input("Eingabe Nachname\n")
v = input("Eingabe Vorname\n")
if os.path.exists('sqldb.db'):
    connection=sqlite3.connect('sqldb.db')
    cursor=connection.cursor()
    cursor.execute('INSERT INTO personen VALUES(?,?)', (n,v))
    print("Daten geschrieben")
    connection.commit()
    connection.close()
else:
    print("Datenbank nicht vorhanden")
```

Abb. 14.7 Mehrere Datensätze wurden angelegt

```
Eingabe Nachname
Steyer
Eingabe Vorname
Ralph
Daten geschrieben
>>>
===== RESTART: F:/
Eingabe Nachname
Roth
Eingabe Vorname
Florian
Daten geschrieben
>>>
===== RESTART: F:/
Eingabe Nachname
Roth
Eingabe Vorname
Felix
Daten geschrieben
>>>
```

Abb. 14.8 Die Datenbank wurde wieder ausgelesen

```
Steyer Ralph
Roth Florian
Roth Felix
Alle Daten ausgelesen
>>>
```

14.5.3.3 Die Daten auslesen

Nun soll die Datenbank ausgelesen werden. Dazu werden die Daten mit einer SQL-Anwendung ausgewählt und mit *fetchall()* wird eine Datenstruktur mit allen Datenzeilen erzeugt, die im SQL-Statement selektiert wurden. Darüber kann man iterieren und die Daten anzeigen (Abb. 14.8 – *Datenbanklesen.py*):

```
import sqlite3
import os.path

if os.path.exists('sqldb.db'):
    connection=sqlite3.connect('sqldb.db')
    cursor=connection.cursor()
    cursor.execute(''SELECT * FROM personen'')
    rows=cursor.fetchall()
    for row in rows:
        print(row[0], row[1])
    print("Alle Daten ausgelesen")
    connection.close()
else:
    print("Datenbank nicht vorhanden")
```

- **Tipp** Natürlich kann man auch bei Datenbankzugriffen eine Ausnahmebehandlung implementieren. Bei SQL-Statements kann ein *sqlite3.Error* auftreten, den man wie folgt abfangen kann:

```
try:
...
except sqlite3.Error as e:
...
```



15.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Der Umgang mit Datum und Zeit gehört zu den Grundaufgaben, die man recht oft bei Programmierung vorfindet. Dafür gibt es die unterschiedlichsten Anwendungen. Wir wollen in diesem sehr kompakten Kapitel einen kleinen Blick darauf werfen, um den grundsätzlichen Ansatz kennenzulernen.

15.2 Allgemeines zum Umgang mit Datum und Zeit

Beim Umgang mit Datum und Uhrzeit arbeiten fast alle Computersysteme eigentlich gleich. Der 01. Januar 1970, 0.00 Uhr ist der interne **Zeitnullpunkt**, der in nahezu allen Skript- und Programmiersprachen als Speicherungs- und Berechnungsbasis für alle Operationen mit einem Datum dient. Ab diesem Zeitpunkt wird die Zeit numerisch gezählt, sowohl rückwärts bei Terminen davor als auch natürlich für die Zukunft, und zwar entweder ganz genau in Millisekunden oder zumindest in Sekunden. Und da ein jedes Datum immer intern in einer ganzen Zahl verwaltet wird, können Sie mit Datumsobjekten meist auch wie mit gewöhnlichen Zahlen rechnen.

Man nennt dieses Verfahren auch die **Unixzeit**, die für das Betriebssystem Unix entwickelt und als POSIX-Standard festgelegt wurde. Vor der Unix-Version 6, die 1975 abgelöst wurde, zählte die Unixuhr in Hundertstelsekunden. Seit der Unix-Version 6 zählt die Unixzeit die vergangenen Sekunden seit dem Zeitnullpunkt. Dieses Startdatum wird auch als **The Epoch** bezeichnet.

15.3 Die Python-Module

Python stellt für nahezu alle Berechnungen mit Datum und Zeit Funktionalitäten bereit, die weitgehend in den Modulen *datetime*, *calendar* oder *time* zu finden und in der Dokumentation unter <https://docs.python.org/3/library/datatypes.html> beschrieben sind (Abb. 15.1).

Darüber hinaus gibt es aber noch diverse weitere Module für spezielle Aufgaben im Umgang mit Datum und Zeit. Sie können aus einem Datum jeden sinnvollen Bestandteil (Tag, Monat, Jahr, Wochentag, Stunde, Minute, Sekunde etc.) extrahieren und verwenden.

15.4 Typische Beispiele für Operationen mit Zeit und Datum

Wir schauen uns hier nun die grundsätzliche Vorgehensweise für Operationen mit Zeit und Datum an und spielen ein paar Beispiele für typische Anwendungen durch.

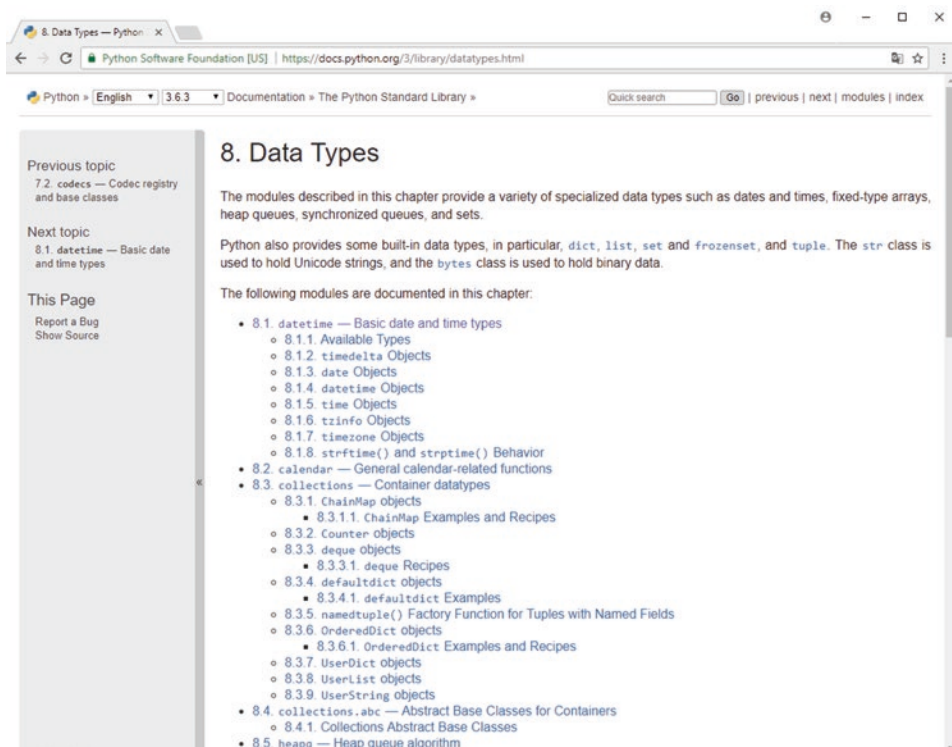


Abb. 15.1 In der Dokumentation sind alle wichtigen Informationen zu den Datums- und Zeitmodulen zu finden

15.4.1 Das aktuelle Systemdatum des Computers auslesen

Zuerst einmal wollen wir einfach das aktuelle Systemdatum des Computers auslesen und ausgeben. Das geht mit der Methode *datetime.now()* ganz einfach (*Dat1.py*).

```
import datetime
now = datetime.datetime.now()
print ("Das aktuelle Datum:", now)
```

Sie sehen am Anfang den Import des Moduls *datetime* und dann wird vollqualifiziert auf die Methode *now()* zugegriffen.

15.4.2 Ein beliebiges Datumsobjekt erstellen

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, um ein Datumsobjekt für einen beliebigen Zeitpunkt zu erstellen. Hier sehen Sie die Anwendung der Methode *datetime.strptime()* aus dem Modul *datetime*, der man ein String mit einem Datumsformat übergeben kann.

Eine Alternative ist die Methode *strptime()* aus dem Modul *time*, die wir in Verbindung mit *mktime()* aus dem gleichen Modul ebenso anwenden. Mit der zusätzlichen Anwendung von *gmtime()* aus dem gleichen Modul bereiten wir das Datumsobjekt dann auf.

15.4.2.1 Direktiven zur Aufbereitung

Sowohl bei *time.gmtime()* als auch *datetime.strptime()* und einigen weiteren Methoden kann man mit sogenannten Direktiven das Format des Übergabestrings verdeutlichen. Hierbei bedeutet

- %d den Tag des Monats,
- %H die Stunden im 24-Stundenformat,
- %I die Stunden im 12-Stundenformat,
- %m den Monat,
- %b den Monatsnamen,
- %y das Jahr,
- %M die Minuten oder
- %S die Sekunden.

Darüber hinaus gibt es noch weitere Direktiven, die in der Dokumentation beschrieben werden.

15.4.2.2 Zwei Datumsobjekte erzeugen

Hier ist das konkrete Beispiel, in welchem einfach zwei Datumsobjekte mit den beiden Techniken erzeugt werden (*Dat2.py*).

```

import datetime
import time

datum1 = "10/10/21"
Date1 = datetime.datetime.strptime(datum1, "%m/%d/%y")
print("Ein Datum in der Zukunft:", Date1)

datum2 = (2024, 2, 17, 17, 3, 38, 0, 0, 0)
Date2 = time.mktime(datum2)
print("Das Datum als Zeitstempel:", Date2);
print(time.gmtime(Date2))
print("Ein anderes Datum in der Zukunft:",
      time.strftime("%b %d %Y %H:%M:%S", time.gmtime(Date2)))
datum3 = (2024, 2, 17, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
Date3 = time.mktime(datum3)
print("Noch ein anderes Datum in der Zukunft:",
      time.strftime("%b %d %Y %H:%M:%S", time.gmtime(Date3)))

```

Beim ersten Datumsobjekt nutzen wir in dem String die Angabe des Monats, Tages und Jahres, die jeweils durch einen Slash getrennt werden. Dieses Format beschreibt in der Methode *datetime.strptime()* der zweite Parameter durch einen entsprechenden Formstring mit den Direktiven (Abb. 15.2 – Abschn. 15.4.2.1).

Die Methode *time.mktime()* benötigt eine ganze Reihe an Parametern, genau genommen ein Tupel mit neun Parametern, von denen eigentlich nur die ersten sechs von Bedeutung, aber auch die anderen zumindest formal zwingend sind. Zuerst kommt

- das Jahr,
- dann kommen der Monat,
- der Tag des Monats,
- die Uhrzeit,
- die Minuten und
- die Sekunden.

Alle Angaben, die Sie nicht setzen wollen, setzen Sie einfach auf 0. Beachten Sie aber die Zeitzonen und Sommer- wie Winterzeit, die sich auf die Uhrzeit auswirken (Abb. 15.2).

Nun erhalten wir mit der Methode *time.mktime()* aber einen Zeitstempel und das ist eine Zahl – die Anzahl der Sekunden seit dem Zeitnullpunkt.

```

Ein Datum in der Zukunft: 2021-10-10 00:00:00
Das Datum als Zeitstempel: 1708185818.0
time.struct_time(tm_year=2024, tm_mon=2, tm_mday=17, tm_hour=16, tm_min=3, tm_sec=38, tm_wday=5, tm_yday=48, tm_isdst=0)
Ein anderes Datum in der Zukunft: Feb 17 2024 16:03:38
Noch ein anderes Datum in der Zukunft: Feb 16 2024 23:00:00
>>>

```

Abb. 15.2 Verschiedene Datumsobjekte

Die Methode `time.gmtime()` braucht jedoch genau so eine Zahl, um daraus eine assoziierte Struktur mit den Datumsbestandteilen zu machen. Beachten Sie die Namen der Felder (Abb. 15.2).

Und diese assoziierte Struktur bereiten wir mit `time.strptime()` und den oben beschriebenen Direktiven auf.

15.4.2.3 Datumsbestandteile extrahieren

Sehr oft braucht man gewisse Bestandteile aus einem vorhandenen Datumsobjekt. Dazu stellen diese Eigenschaften bereit, die man verwenden kann. Leider unterscheiden sich die Namen der Eigenschaften etwas in den verschiedenen Datumsobjekten. Beachten Sie das nachfolgende Beispiel *Dat4.py*.

```
import datetime
import time

datum1 = "10/10/21"
Date1 = datetime.datetime.strptime(datum1, "%m/%d/%y")
print("Das Jahr:", Date1.year)
print("Monat:", Date1.month)
print("Tag:", Date1.day)
print("Stunde", Date1.hour)
print("Minuten:", Date1.minute)
print("Sekunden:", Date1.second)
print("Millisekunden:", Date1.microsecond)

datum2 = (2024, 2, 17, 17, 3, 38, 0, 0, 0)
Date2 = time.mktime(datum2)
d2= time.gmtime(Date2)
print("Das Jahr:", d2.tm_year)
print("Monat:", d2.tm_mon)
print("Tag:", d2.tm_mday)
print("Stunde", d2.tm_hour)
print("Minuten:", d2.tm_min)
print("Sekunden:", d2.tm_sec)
```

Während mit `datetime.strptime()` ausgeschriebene Eigenschaften zum Einsatz kommen, enthält die assoziierte Struktur von `time.gmtime()` die Informationen in etwas kodierter Form, die aber auch noch einigermaßen sprechend ist, zumal die Ausgabe `print(time.gmtime(Date2))` aus dem letzten Beispiel diese Bezeichner bereits ausgegeben hat. Das ist die Ausgabe des Listings:

```
Das Jahr: 2021
Monat: 10
Tag: 10
```

Stunde 0
Minuten: 0
Sekunden: 0
Millisekunden: 0
Das Jahr: 2024
Monat: 2
Tag: 17
Stunde 16
Minuten: 3
Sekunden: 38

15.4.2.4 Mit Datumsobjekten rechnen

Da Datumsobjekte nur Zahlen beinhalten, kann man in jeder denkbaren Form damit rechnen, wobei es von der Art des Datumsobjekts abhängt, ob Sie direkt Zahlen oder ein bereits wiederaufbereitetes Resultat erhalten. Beides kann sinnvoll sein. Beachten Sie das nachfolgende Beispiel *Dat5.py*, in dem wir von einem Startdatum aus die Anzahl der Tage bis zu einem Zieldatum rein arithmetisch ermitteln.

```
import datetime
now = datetime.datetime.now()
datum1 = "12/24/17"
Date1 = datetime.datetime.strptime(datum1, "%m/%d/%y")
print( Date1 - now)
```

Die Ausgabe ist so etwas wie das:

38 days, 6:22:47.329778

Diese ist offensichtlich bereits wiederaufbereitet worden und das verschleiert ein bisschen, dass wirklich nur mit Zahlen gearbeitet wird.¹

Beachten Sie diese Abwandlung *Dat6.py*, in der wir mit *time.mktime()* die Datumsobjekte erstellen.

```
import time
datum1 = (2024, 2, 17, 17, 3, 38, 0, 0, 0)
Date1 = time.mktime(datum1)

datum2 = (2024, 2, 17, 17, 3, 37, 0, 0, 0)
Date2 = time.mktime(datum2)
print(Date1 - Date2)
```

¹Man kann aber die Zahlenwerte auch extrahieren, wenn das gewünscht ist.

```
datum3 = (2024, 12, 24, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
Date3 = time.mktime(datum3)
print(Date3 - Date2)
```

Hier erhalten Sie die Zahlen 1.0 und 26808982.0 und das ist jeweils die Anzahl der Sekunden zwischen den beiden Datumsobjekten. Und damit sind Ihrer Fantasie keine Grenzen gesetzt, was Sie alles mit Datumsobjekten arithmetisch anstellen wollen.



Grafische Oberflächen (GUI) mit Python – Das Modul tkinter als GUI-Framework

16

16.1 Was behandeln wir in diesem Kapitel?

Kaum ein modernes Clientprogramm kommt ohne grafische Oberfläche (GUI – graphical user interface) daher. Natürlich kann man auch in Python solche grafischen Oberflächen erstellen. Dazu stellt Python ein Framework mit allen zu erwartenden Elementen bereit und damit wollen wir uns in dem abschließenden Kapitel beschäftigen.

16.2 Hintergrundinformationen zu modernen grafischen Oberflächen

Die GUI-Programmierung basiert in den meisten modernen Programmiersprachen auf ähnlichen Konzepten. Wie bei fast allen modernen Programmiersprachen stellt auch das GUI-Framework von Python allgemeine Komponenten der Anwenderschnittstelle wie Fenster, Schaltflächen oder Menüs zur Verfügung. Es gibt also Komponenten und Container, in denen die Komponenten integriert werden müssen, damit eine vollständige und sinnvolle Anwenderschnittstelle erstellt werden kann. Der äußerste Container ist in der Regel ein Frame. Ein weiterer bedeutender Bestandteil ist die Technik der Layout-Manager, die sich um das grundsätzliche Layout einer Applikation kümmern. Zusätzlich braucht es aber auch einen Mechanismus, um auf Ereignisse reagieren zu können, die vom Anwender über Komponenten ausgelöst werden.

Eine Python-GUI basiert genau auf dem Grundkonzept, dass jedes Fenster mehrere verschachtelte Ebenen besitzt, die aus Komponenten aufgebaut sind. Dies beginnt mit dem

äußersten Fenster und endet mit dem kleinsten eigenständigen Bestandteil der Benutzeroberfläche. Diese Verschachtelung bildet eine Hierarchiestruktur. Die Klassen des GUI-Frameworks sind so entwickelt worden, dass deren Struktur eine vollständige Benutzeroberfläche abbilden kann, wobei wir das vollständige Konzept in dem Kapitel nur andeuten wollen.

Die einzelnen GUI-Komponenten sind die Elemente, über die eine Interaktion mit dem Endanwender konkret realisiert wird. Sie kennen sie aus den unterschiedlichen grafischen Benutzerschnittstellen. Typische Komponenten sind Schaltflächen, Label, Kontrollkästchen, Optionsfelder, Listen, Auswahlfelder, Textfelder, Textbereiche oder Menüs.

Oberflächenprogrammierung umfasst aber wie gesagt auch die Reaktion auf Benutzeraktionen. Wenn ein Anwender etwa auf eine Schaltfläche klickt, muss im Programm hinterlegt sein, was daraufhin zu tun ist. Das Eventhandling von Python basiert auf Ereignismethoden, die mit Komponenten verbunden werden.

16.3 Konkrete GUI-Konzepte in Python und das Modul `tkinter`

Python GUI-Anwendungen basieren auf dem Modul `tkinter`. Fenster und Steuerelemente werden in dem Framework als solche gerade beschriebenen GUI-Elemente betrachtet, die sich ineinander verschachteln lassen. Um eine GUI-Anwendung zu schreiben, muss man also wissen, wie sich die jeweiligen GUI-Elemente erzeugen lassen, und wie man diese dann ineinander verschachtelt.

16.3.1 Ein Fenster vom Typ `Tk` als Basis jeder GUI-Applikation

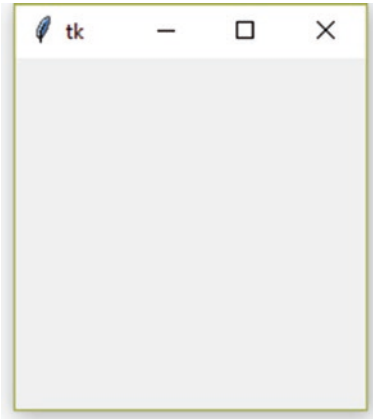
Die einfachste Variante einer GUI nutzt ein Objekt vom Typ `Tk` und eine sogenannte *mainloop*, mit der die Anwendungssteuerung an die GUI übergeht (*GUI.py*). So ein minimaler Code erzeugt bereits ein grafisches Fenster mit einer Vorgabegröße und allen üblichen Features wie der Möglichkeit zum Vergrößern, Verschieben oder Ablegen in der Taskleiste (Abb. 16.1).

```
from tkinter import *
master=Tk()
master.mainloop()
```

16.3.2 Der übliche OO-Ansatz

Aber meist strukturiert man eine GUI-Anwendung etwas besser und setzt zudem besonders bei grafischen Python-Programmen auf ein objektorientiertes Fundament. Man beginnt wie gesagt in der Regel mit einem Hauptfenster, das vom Typ `Tk` ist und aus

Abb. 16.1 Ein minimales GUI-Programm



einem **Frame** besteht, das über eine Applikationsklasse verwaltet wird. Dazu wird wie beschrieben die *mainloop* zur Anwendungssteuerung an die Applikation mit dem Frame übertragen.

Diese Konstruktion wurde im Kapitel zur objektorientierten Programmierung zwar schon eingeführt, aber bisher nicht weiter verwendet. Die Situation wird aber bei einem grafischen Python-Programm immer so oder so ähnlich aussehen.

Ein einfaches, aber schon mit objektorientierten Standardstrukturen versehenes GUI-Programm hat in Python also in der Regel so eine Minimalstruktur (*GUI2.py*):

```
from tkinter import *
class Application(Frame):
    def __init__(self, master=None):
        Frame.__init__(self, master)

root = Tk()
app = Application(master=root)
app.mainloop()
```

Man hat also im Wesentlichen einen Konstruktor mit einem Frame und kann darin dann andere GUI-Elemente wie Label, Button oder Eingabefelder (Objekte vom Typ *Entry*) erstellen und vor allen Dingen im Frame verankern. Beachten Sie, dass die Klasse *Application* von *Frame* als Superklasse erbt.

16.3.3 Die Geometry Manager

Das Hinzufügen von Elementen einer grafischen Oberfläche läuft bei tkinter beziehungsweise in Python über das Konzept besagter Layout-Manager oder Geometry Manager. Die müssen wir etwas genauer betrachten, denn Sie sind der elementare Kern des gesamten Frameworks. Beachten Sie, dass wir im Folgenden den Begriff Layout-Manager verwenden, da dieser jenseits der Python-Welt überlicher ist.

16.3.3.1 Was ist die Idee bei Geometry Managern/Layout-Managern?

Moderne grafische Oberflächen folgen oft einem Konzept von verschachtelten Anordnungscontainern. Ein bedeutender Bestandteil des Konzepts ist dabei meist die Technik solcher Layout-Manager. Wenn man so ein Konzept im GUI-Framework einsetzt, muss man sich als Programmierer beim Hinzufügen von Komponenten (Schaltflächen, Eingabefelder etc.) zu Containerobjekten in vielen Fällen (scheinbar) überhaupt nicht um die genauen Positionen innerhalb der Container oder vor allen Dingen deren Größe kümmern. Diese Komponenten werden einfach „irgendwo“ auf der Oberfläche platziert. Und sie haben irgendeine scheinbar zufällige Größe, die sich manchmal auch verändern kann, wenn sich die Größe vom umgebenden Fenster, der Komponente selbst oder dem Anordnungscontainer ändert.

Dieses Verhalten ist jedoch kein Zufall und keinesfalls ohne System. Positionen und Größen werden nur automatisch im Hintergrund gemanagt. Das ist eine der großen Stärken dieses GUI-Konzepts, auch wenn man sich erst einmal mit der Konzeption vertraut machen muss.

Schauen wir uns als Alternative erst einmal andere Fensterkonzepte an, in denen man für die Komponenten der Benutzeroberfläche überwiegend exakte Koordinaten und Größen angibt. Ein Programmierer hat (scheinbar) vollständige Kontrolle über das Aussehen der Benutzeroberfläche. Aber dies ist trügerisch. Die hart kodierten Angaben ergeben nur Sinn, wenn auf der Zielplattform einer Applikation die gleiche Bildschirmauflösung und Größe eines grafischen Fensters vorhanden ist. Was ist, wenn der Anwender nun eine andere Auflösung hat? Oder wenn der Bildschirm gedreht wird, was bei mobilen Geräten ständig passiert? Die Funktionalität kann durch solche Faktoren massiv beeinträchtigt werden.

Bei konventionellen Fensterkonzepten muss ein Programmierer sämtliche denkbaren Auflösungen, Fenstergrößen und Orientierungen berücksichtigen (zumindest diejenigen, die er unterstützen möchte), diese zur Laufzeit abfragen und für jede Maske eine individuelle Oberfläche für jede Auflösung generieren. Das ist schon ein erheblicher Aufwand und dennoch immer noch keine befriedigende Lösung, denn unter Umständen hat man nicht alle Situationen bedacht und es kann sogar zum Verdecken von Komponenten der Oberfläche kommen.

Layout-Manager lösen diese Probleme auf eine intelligente Art und Weise. Das GUI-System kümmert sich eben weitgehend selbstständig um Größenanpassung und Positionierung der Komponenten auf der Oberfläche. Je nach Plattform und Bedingungen werden die Komponenten auf der Oberfläche optimal angepasst. Und wenn man Container verschachtelt, hat man genügend Kontrolle über Position und Größe von Komponenten, ohne sich so weit festzulegen, dass eine veränderte Bedingung ein System so zur Unfähigkeit degradieren kann. Sie können mit dem Konzept allgemein eine Art Hintergrundverwalter der Oberfläche anweisen, wo Ihre Komponenten bei Bedarf im Verhältnis zu den anderen Komponenten stehen sollen. Ein Layout-Manager findet nach gewissen Regeln heraus, an welche Stellen die Komponenten am besten passen und ermittelt die besten Größen der Komponenten. Aber man kann in einem GUI-Framework natürlich auch Layout-Manager erstellen, die eine genaue Positionierung von Komponenten gestatten.

- **Tipp** Layout-Manager können verschachtelt werden. Sehr oft kombiniert man flexible Layout-Managern bei äußeren Containern mit fixierenden Layout-Managern im Inneren. Das werden wir hier aber nicht ausarbeiten, da GUI-Programmierung nur ein Thema von vielen darstellt.

Das genaue Aussehen einer solchen flexiblen Oberfläche wird im Allgemeinen von mehreren Aspekten festgelegt.

- Von der Plattform und den genauen Bedingungen dort. Darüber kann ein Programmierer keine Aussagen machen und muss es auch nicht. Darum geht es ja gerade.
- Von der Reihenfolge, in der die Komponenten in einem Container eingefügt werden. Dieses Faktum ist naheliegend. Einmal kann gelten: Wer zuerst kommt, mahlt zuerst. Das soll heißen, dass zuerst eingefügte Komponenten auch vorher angeordnet werden. Allerdings kann es auch sein, dass eine später eingefügte Komponente eine vorherige ersetzt oder überlagert. Oder die Reihenfolge der Einfügung gar keine Rolle spielt. Wie das genau abläuft, hängt ab von dem genauen GUI-Konzept.
- Richtig interessant ist die Art des Layout-Managers. Die drei Layout-Manager von *tkinter* sind diese:
 - `place`
 - `grid`
 - `pack`

16.3.3.2 Die Geometry Manager/Layout-Manager von `tkinter`

Schauen wir uns die Layout-Manager von *tkinter* im Detail an.

- **Tipp** Attribute wie *width*, *height*, *pady* oder *padx* geben bei Bedarf die Breite, Höhe und den Innenabstand von Komponenten an. Wenn diese nicht gesetzt werden, werden Vorgabewerte gesetzt. Diese sind entweder 0 oder ergeben sich aus dem Inhalt von Komponenten.

16.3.3.2.1 Der *place*-Layout-Manager

Bei der Verwendung von *place* spezifiziert man die Position von einem Element durch Angabe von x/y-Koordinaten als Parameter. Das ist also ein statisches Layoutkonzept, was am ehesten der klassischen Gestaltung von Oberflächen entspricht. Hier ist dazu ein kleines Beispiel (*GUI3.py*):

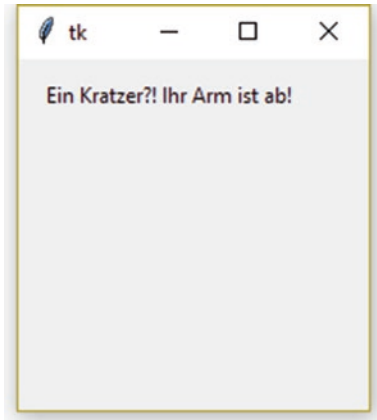
```
from tkinter import *

class Application(Frame):
    def __init__(self, master=None):
        meinLbl = Label(master, text=" Ein Kratzer?! Ihr Arm ist ab!")
        Frame.__init__(self, master)
        meinLbl.place(x=10, y=10)

root = Tk()
app = Application(master=root)
app.mainloop()
```

Wir arbeiten hier mit einer Komponente vom Typ *Label*. Das ist ein Text, der auf der grafischen Oberfläche angezeigt werden kann. Das Label wird mit der Methode *place()*

Abb. 16.2 Eine GUI mit einem Label und dem place-Layout-Manager



der Oberfläche hinzugefügt. Sie sehen in dem Resultat, dass an den Koordinaten 10, 10 der spezifizierte Text angezeigt wird (Abb. 16.2). Die Koordinaten der Methode *place()* spezifizieren die linke obere Ecke der Komponente.

16.3.3.2.2 Der pack-Layout-Manager

Bei dem *pack*-Layout-Manager wird ein fließendes Layout geschaffen, das insbesondere den verfügbaren Platz optimal auszunutzen versucht. Betrachten wir die erste Version eines Beispiels dazu, das wir Schritt für Schritt noch ausbauen wollen, um das Verhalten genauer zu verstehen (*GUI4.py*):

```
from tkinter import *

class Application(Frame):
    def __init__(self, master=None):
        t1 = 'Brian: Ihr seid alle Individuen!'
        t2 = 'Volk: Ja, wir sind alle Individuen!'
        t3 = 'Brian: Und ihr seid alle völlig verschieden!'
        t4 = 'Volk: Ja, wir sind alle völlig verschieden!'
        t5 = 'Einer: Ich nicht!'
        lbl1=Label(master,text=t1, bg="yellow")
        lbl2=Label(master,text=t2, bg="green")
        lbl3=Label(master,text=t3, bg="gray")
        lbl4=Label(master,text=t4, bg="white", fg="blue")
        lbl5=Label(master,text=t5, bg="orange")
        Frame.__init__(self, master)
        lbl1.pack()

root=Tk()
app=Application(master=root)
app.mainloop()
```

Sie sehen, dass in dem Quellcode fünf Stringvariablen mit Text angelegt werden. Aus diesen werden fünf Label erzeugt. Aber nur eines davon wird auch auf der Oberfläche mit der *pack()*-Methode platziert. Nach dem Programmstart wird die Größe vom Fenster dann genau so angepasst, dass das Label vollständig zu sehen ist, aber kein weiterer Raum (Abb. 16.3).

Da die Größe des Fensters nicht fixiert wurde,¹ kann der Anwender jetzt aber dynamisch die Fenstergröße ändern und dann wird entweder ein weiterer Teil des Fensters ohne weiteren Inhalt zu sehen sein (Abb. 16.4) oder ein Teil des Labels verdeckt (Abb. 16.5).

Abb. 16.3 Nur ein Label ist zu sehen und die Größe des Fensters wird beim Programmstart dem Label angepasst

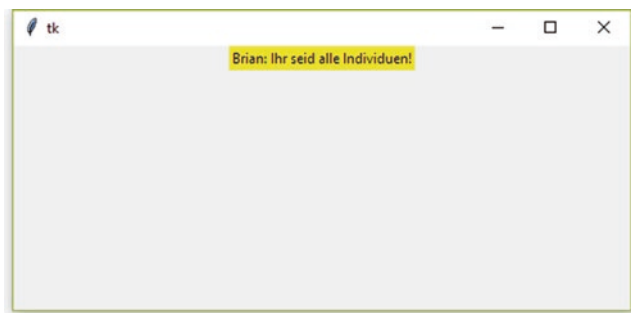
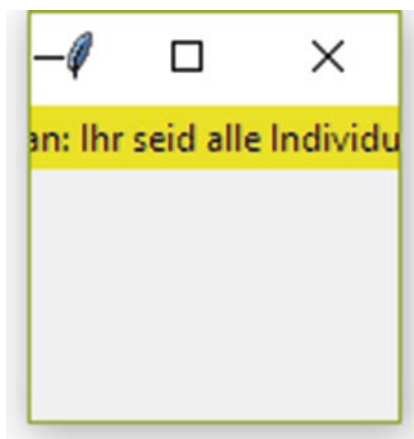


Abb. 16.4 Das Fenster wurde durch den Anwender vergrößert

Abb. 16.5 Ein Teil des Labels wurde verdeckt



¹ Das kann man mit Optionen machen.

Der Layout-Manager legt also erst einmal nur einen Anfangszustand für die Größe des Fensters aufgrund des Inhalts fest. Aber Sie können an der Hintergrundfarbe des Labels gut erkennen, dass der Raum der eigentlichen Label-Komponente ebenso genau auf den Platz optimiert wird, den der Inhalt vorgibt. Das ist auch das Resultat des verwendeten *pack*-Layout-Managers.

Hintergrundinformation

So ganz nebenbei haben Sie bei dem Beispiel auch gesehen, wie Sie mit den Attributen *bg* und *fg* die **Hintergrundfarbe** und die **Vordergrundfarbe** von GUI-Elementen festlegen können.

Richtig spannend wird es, wenn wir nun auch die anderen Label auf der Oberfläche anzeigen. Das folgende Listing zeigt nur die Stellen, an denen Änderungen gegenüber dem vorherigen Code auftreten – der Rest bleibt gleich (*GUI5.py*).

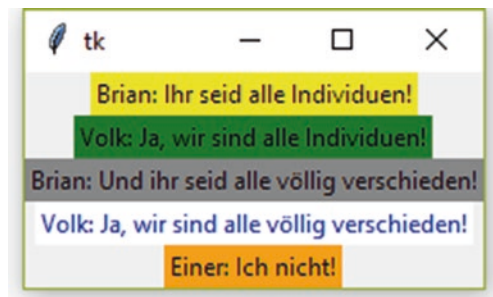
```
...
    Frame.__init__(self, master)
    lbl1.pack()
    lbl2.pack()
    lbl3.pack()
    lbl4.pack()
    lbl5.pack()
...
```

Sie erkennen nach dem Start wieder, dass die Fenstergröße so optimiert wurde, dass alle Label zu sehen sind (Abb. 16.6).

Durch Änderung der Fenstergröße kann man durch die Hintergrundfarben gut erkennen, wie sich die Label verhalten. In der Grundeinstellung werden diese zentriert (Abb. 16.7).

Die Anordnung im umgebenden Container kann man aber anpassen (Abb. 16.8). Dazu gibt es das Attribut *side*, das in dem Beispiel *GUI6.py* verwendet wird.

Abb. 16.6 Der Zustand nach dem Programmstart



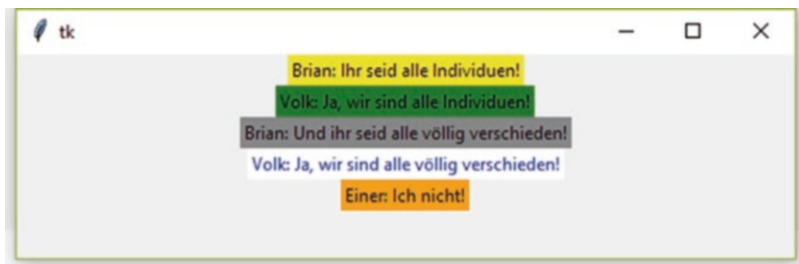


Abb. 16.7 Das Fenster wurde vergrößert

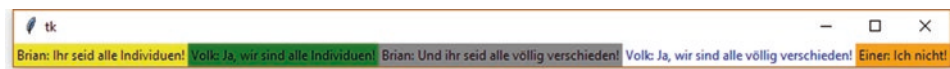


Abb. 16.8 Ein fließendes Layout mit Positionierung links

```
...
    Frame.__init__(self, master)
    lbl1.pack(side=LEFT)
    lbl2.pack(side=LEFT)
    lbl3.pack(side=LEFT)
    lbl4.pack(side=LEFT)
    lbl5.pack(side=LEFT)
...
```

- ▶ **Tip** Natürlich können Sie mit *side=RIGHT* auch ein rechtsfließendes Layout spezifizieren.
- ▶ Nicht ganz unkritisch ist es, die Ausrichtungen zu mischen. Es kann zu schwierig kontrollierbaren Verhaltensweisen kommen.

16.3.3.2.3 Das Gitterlayout mit *grid*

Der Layout-Manager *grid* gibt ein Gitterlayout (eine Tabelle) an. Dabei geben Sie im Wesentlichen mit den Attributen *row* die nullindizierte Zeile und mit *column* die ebenfalls nullindizierte Spalte an, wo eine Komponente zu sehen sein wird. Wenn eine der beiden Angaben fehlt, wird dafür der Vorgabewert 0 verwendet. Der Layout-Manager errechnet aus den belegten Zellen die Größe von dem Gitter und den benötigten Platz. Beispiel (*GUI7.py*):

```
...
    Frame.__init__(self, master)
    lbl1.grid(row=0, column=0)
    lbl2.grid(row=0, column=1)
    lbl3.grid(row=1, column=1)
    lbl4.grid(row=1, column=0)
    lbl5.grid(row=2, column=1)
...
```

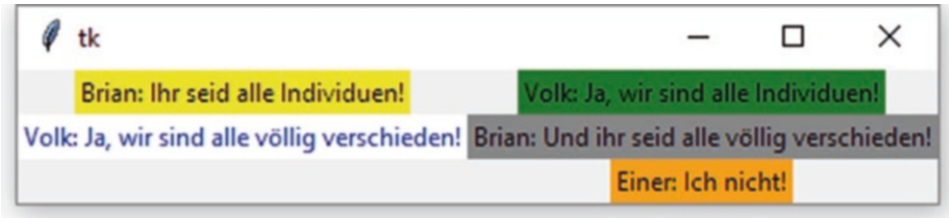


Abb. 16.9 Ein Gitter zur Anordnung

In dem Beispiel zeigen wir die Label von oben in einem Gitter (Abb. 16.9). Beachten Sie, dass sich gerade solche Gitter hervorragend dafür eignen, um Komponenten an beliebigen Positionen anzuzeigen.

16.3.4 Wichtige GUI-Elemente

Schauen wir uns nun noch ganz kompakt ein paar wichtige GUI-Elemente an, die Sie üblicherweise in Oberflächen verwenden werden.

- Mit der Klasse *Button* werden **Schaltflächen** erstellt.
- Die Klasse *Entry* dient zum Erstellen von **Eingabefeldern**.
- Die Klasse *Label* erzeugt Textfelder zur **Beschriftung**.
- Mit *Text* hat man einen freien **Textbereich** zur Verfügung, der bei Bedarf auch Inhalte scrollbar darstellt.

Bei der Instanziierung werden die Eigenschaften als Parameter mit Wertzuweisung angegeben, die voreingestellt sein sollen.

- **Tipp** Man kann auch nachträglich die Werte der Eigenschaften von Komponenten zuweisen. Das geht auf mehrere Arten. Eine oft genutzte Weise arbeitet mit der Methode *configure()*, um damit die Eigenschaften zu ändern.

16.4 Die Ereignisbehandlung

Oberflächenprogrammierung umfasst auch die Reaktion auf Benutzeraktionen und einige andere Ereignisse. Wenn ein Anwender etwa auf eine Schaltfläche klickt, muss im Programm hinterlegt sein, was daraufhin zu tun ist. Dabei gibt es verschiedene Modelle, wie auf Ereignisse zu reagieren ist. Aber die meisten modernen Programmiersprachen fokussieren sich auf ein ähnliches Konzept.

Wenn Ereignisse entstehen, sind das Mitteilungsobjekte. Und die müssen irgendwie ausgewertet werden. Dazu gibt es entsprechend aufgebaute Mechanismen, über die eine Reaktion

des Programms bewirkt wird. Das Auftreten eines Ereignisobjekts selbst ist also noch keine Reaktion des Programms. Es muss zu einem Auswertungsobjekt transportiert werden.

Dies funktioniert schematisch so:

- Ein Ereignis tritt bei einem Quellobjekt (dem sogenannten Event Source) auf, etwa einem Button oder einem Menüeintrag.
- Das entstandene Ereignisobjekt wird an ein Zuhörerobjekt (das nennt man in manchen Konzepten einen Event Listener oder kurz Listener oder in anderen Konzepten einen Event Handler beziehungsweise kurz Handler) weitergeleitet.
- Erst dort wird über die konkrete Ereignisbehandlung entschieden und die Reaktion auch ausgelöst.

16.4.1 Die konkrete Ereignisbehandlung in Python

Für die Ereignisbehandlung in Python gibt es die *command*-Anweisung. Diese kann entweder als Attribut beim Instanzieren eines GUI-Objekts wie ein Button angegeben werden.

Beispiel:

Beispiel

```
Button(master,text='OK',width=20,command=self.action)
```

Oder man gibt die Referenz auf eine Methode als Wertzuweisung der Eigenschaft an.

Beispiel:

Beispiel

```
self.okButton['command']=self.action
```

Die Referenz auf eine konkrete Aktion steht in dem Code über die Eigenschaft *action* bereit.

Hier ist nur ein praktisches Beispiel mit dem *grid*-Layout und einer Ereignisbehandlung (*GUI8.py*):

```
from tkinter import *

class Application(Frame):

    def __init__(self, master=None):
        Frame.__init__(self, master)
        Label(master, text="Nachname").grid(row=0)
        Label(master, text="Vorname").grid(row=1)
        Label(master, text="Die Eingabe").grid(row=2)
        self.lbl1=Label(master, bg="yellow", fg="blue")
        self.lbl1.grid(row=2, column=1)
        self.nname = Entry(master)
        self.vname = Entry(master)
```

```

Button(master, text='OK', width=20, command=self.action).grid(
    row=3, column=0)
Button(master, text='Abbrechen', width=20, command=root.destroy).
    grid(row=3, column=1)
self.nname.grid(row=0, column=1)
self.vname.grid(row=1, column=1)

def action(self):
    self.lbl1.config(text = self.vname.get() + ", " + self.nname.
        get())

root=Tk()
app=Application(master=root)
app.mainloop()

```

Wenn das Programm startet, zeigt die Oberfläche zwei Eingabefelder an, in denen ein Anwender Text eintragen kann (Abb. 16.10). Beim Klick auf die OK-Schaltfläche werden die Eingaben dann in einem Label angezeigt (Abb. 16.11).

Da wir ein Gitter-Layout haben, wird wieder mit dem Attribut *row* die Zeile angegeben, in der ein Element angeordnet werden soll und mit *column* die Spalte. Die Ereignisbehandlung wird mit dem *command*-Attribut bei den Schaltflächen implementiert.

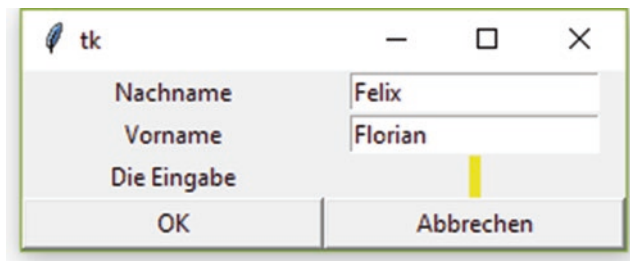


Abb. 16.10 Die Eingaben werden vorgenommen

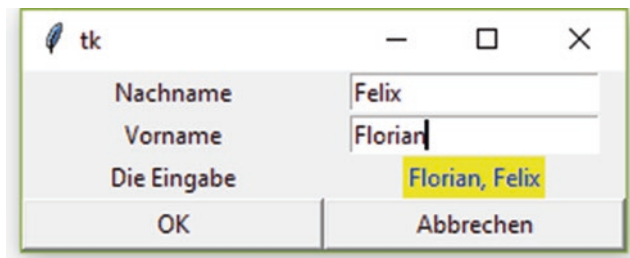


Abb. 16.11 Der OK-Button wurde angeklickt

Sie sehen da einmal eine Referenz auf die Methode *action()*, in der mit der Methode *get()* der Inhalt der beiden Texteingabefelder abgefragt und dieser mit der *config()*-Methode bei dem Label *lbl1* angezeigt wird.

Bei dem zweiten Button wird mit der *destroy()*-Methode das Wurzelement der grafischen Anwendung zerstört und damit das Programm beendet, denn die *mainloop* wurde ja dem Fenster übertragen.

16.5 Eine grafische Datenbankapplikation

Aufbauend auf den Ausführungen zur GUI-Technologie mit Python, dem Umgang mit der SQLite-Datenbank und der allgemeinen OOP soll nun zum Abschluss unseres Buches zu Python die etwas umfangreichere, folgende Aufgabe umgesetzt werden.

Wir erstellen ein Programm *Datenbankgui.py* mit einer grafischen Eingabemöglichkeit, um den Namen und Vornamen von einer Person zu erfassen und in einer SQLite-Datenbank zu speichern. Die Datenstruktur soll so sein, wie sie im Abschnitt zu Datenbanken für die Erfassung einer Person erstellt wurde, also Nachname und Vorname werden gespeichert. Dazu machen wir noch Folgendes:

- Die Datenbankfunktionalität wird in ein Modul *datenbank.py* in einem Paket *rjs* ausgelagert.
- Das Modul *datenbank.py* enthält eine Klasse *DB* mit drei Methoden:
 - Die Methoden *initDB()* dient zum Anlegen der Datenbank, wenn sie noch nicht vorhanden ist. Ein String soll Protokollmeldungen zurückgeben (Abb. 16.12).

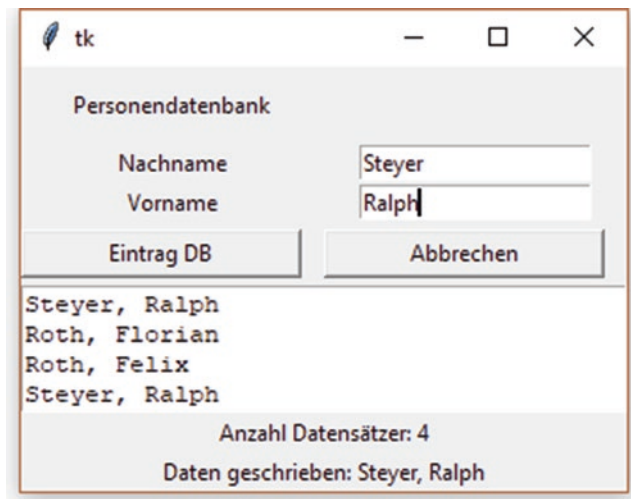


Abb. 16.12 Der grafische Datenbank-Client

- Die Methode *leseDB()* wird zum Auslesen der Werte in der Datenbank verwendet. Ein String soll im Fehlerfall eine Protokollfehlermeldung liefern. Der Rückgabetyt ist im Erfolgsfall ein sequenzieller Datentyp mit zwei Einträgen. Ein String liefert alle anzuzeigenden Daten sowie ein zweiter Wert die Anzahl der Datensätze (Abb. 16.12).
- Die Methode *schreibDB()* zum Schreiben der Werte in die Datenbank. Ein String soll im Fehlerfall eine Protokollfehlermeldung und im Erfolgsfall die geschriebenen Werte zurückgeben.
- Das grundsätzliche Layout soll wie in Abb. 16.12 aussehen und auf dem *grid*-Layout beruhen:
 - Sie haben oben eine Beschriftung „Personendatenbank“ – ein Label.
 - Darunter folgen jeweils ein Label und ein Eingabefeld von Typ *Entry* für den Nachnamen und den Vornamen.
 - Darunter befinden sich zwei Schaltflächen.
 - Mit dem ersten Button wird ein Eintrag in die Datenbank ausgelöst. Es sollen die Eingaben in den Eingabefeldern übernommen werden.
 - Mit dem zweiten Button wird die Applikation beendet.
 - Die Anzeige der Datensätze erfolgt in einem Feld vom Typ *Text*.
 - Das Feld darf nicht direkt durch den Anwender zu verändern sein. Mit der Methode *configure(state='disabled')* können Sie das einstellen.
 - Mit *configure(state='normal')* erlauben Sie die Veränderung des Felds. Das muss eingestellt werden, wenn Daten aus der Datenbank in das Feld geschrieben werden sollen.
 - Danach wird der Status wieder zurückgesetzt.
 - Unterhalb des Anzeigebereichs der Daten sind zwei Label zur Anzeige von Statusinformationen angeordnet.
- Bei Start der Applikation soll eine Datenbank erstellt werden, wenn es noch keine gibt.
- Die Anzahl der aktuellen Datensätze soll in dem ersten Statuslabel angezeigt werden.
- Im zweiten Statuslabel sollen Datenbankaktionen protokolliert werden.
- Ist die Datenbank schon vorhanden, sollen beim Start alle vorhandenen Datensätze samt deren Anzahl angezeigt werden.
- Wird ein Datensatz geschrieben, soll die Anzeige aktualisiert und eine passende Statusmeldung angezeigt werden. Außerdem muss die Anzahl der vorhandenen Datensätze aktualisiert werden.

Hier wäre eine mögliche Lösung:

```
from rjs.datenbank import *
from tkinter import *

class Application(Frame):

    def __init__(self, master=None):
        Frame.__init__(self, master)
```

```

self.grid(padx=20, pady=20)
Label(master, text="Personendatenbank").grid(row=0, column=0)
Label(master, text="").grid(row=0, column=1)

Label(master, text="Nachname").grid(row=1)
Label(master, text="Vorname").grid(row=2)

self.nname = Entry(master)
self.vname = Entry(master)
Button(master, text='Eintrag DB', width=20, command=self.action).
    grid(row=3, column=0, sticky=W, pady=4)

Button(master, text='Abbrechen', width=20, command=root.destroy).
    grid(row=3, column=1, sticky=W, pady=4)

self.nname.grid(row=1, column=1)
self.vname.grid(row=2, column=1)
self.anzeige = Text(master, height=4, width=40)
self.status=Label(master, text="")
self.status.grid(row=6, columnspan=2)

db = DB()

self.status['text']=db.initDB()
result = db leseDB()
self.anzeige.insert(END, result[0])
self.anzeige.grid(row=4, columnspan=2)
self.anzeige.configure(state='disabled')
self.datensaetze=Label(master, text="")
self.datensaetze.grid(row=5, columnspan=2)
self.datensaetze['text'] = "Anzahl Datensätze: " + result[1]

def action(self):
    db = DB()
    self.status['text'] =
    db.schreibDB(self.nname.get(), self.vname.get())
    self.anzeige.configure(state='normal')
    result = db leseDB()
    self.anzeige.delete(1.0, END)
    self.anzeige.insert(END, result[0])
    self.anzeige.configure(state='disabled')
    self.datensaetze['text'] = "Anzahl Datensätze: " + result[1]

root=Tk()
app=Application(master=root)
app.mainloop()

```

Das ist das Datenbankmodul (*datenbank.py*):

```
import sqlite3
import os.path

class DB:
    def initDB(self):
        if not os.path.exists('sqldb.db'):
            connection=sqlite3.connect('sqldb.db')
            cursor=connection.cursor()
            cursor.execute(
                '''CREATE TABLE personen(name TEXT, vorname TEXT)'''
            )
            return "Datenbank erstellt"
        else:
            return "Datenbank vorhanden"

    def leseDB(self):
        dbString=""
        counter = 0
        if os.path.exists('sqldb.db'):
            connection=sqlite3.connect('sqldb.db')
            cursor=connection.cursor()
            cursor.execute('''SELECT * FROM personen''')
            rows=cursor.fetchall()
            for row in rows:
                counter += 1
                dbString += row[0] + ", " + row[1] + "\n"
            connection.close()
            return [dbString,str(counter)]
        else:
            return "Datenbank nicht vorhanden"

    return dbString

    def schreibDB(self,n,v):
        if os.path.exists('sqldb.db'):
            connection=sqlite3.connect('sqldb.db')
            cursor=connection.cursor()
            cursor.execute(
                '''INSERT INTO personen VALUES(?,?)''', (n,v)
            )
            connection.commit()
            connection.close()
            return "Daten geschrieben: " + n + ", " + v
        else:
            return "Datenbank nicht vorhanden"
```

Stichwortverzeichnis

A

Abbruchbedingungsrekursion 105
abc 176
abc.py 176
abs() 45, 67
Absolutwert 45
Abstract Base Classes. *Siehe* abc
Abstraktion 145
__add__ 150
add() 134, 135
Addition 73
Add Python 3.6 to PATH 9
Ad-hoc-Konvertierungen 69
Aggregationen 146
Amoeba 5
and 78
Anführungszeichen
 Maskierung 68
 Maskierung eines doppelten 68
Anweisung 53
 leere 56
Anweisungsblock 54, 88
Anzahl der Elemente 120
API 3
append() 127
Application Programming Interface. *Siehe* API
Argument 37, 100
Array 116
 assoziatives 129
as 190
assert 193
AssertionError 193
Assoziation 146

Attribut 126, 146
 statisches 151
AttributeError 169
Ausdruck 71
 regulärer 198
Ausdrucksanweisung 55
Ausdrucksbewertung 85
Ausgabe 211
Ausgabestrom 35
Ausnahme
 Reihenfolge 189
 werfen 182
Ausnahmebehandlung 181
Ausnahmeklasse, eigene 193
Ausnahmeobjekt auswerten 190

B

Backslashmaskierung 68
Backspacemaskierung 68
bases-Attribut 170
Basisklasse 171
Baxception 189
Beispieledownload 2
Beschriftung 242
Bezeichner 49
Binäroperator 80
Blattklasse 171
Blockanweisung 54, 88
bool 62
bool() 62
Boolesche Operatoren 77
Boolesche Werte 62

break 97
Built-in-Functions 33, 34
Button 242
Byte-Arrays 116

C

calendar 226
Call-by-Object 101
Call-by-reference 100
Call-by-Sharing 101
Call-by-value 100, 101
CamelCase-Notation 58
Camelnotation 58
case-sensitiv 40
Casting 43, 60, 68, 69
catch 183
class 147
@classmethod 158
clear() 131, 135
close() 213, 220
Closures 107
cmd 20
Code
 unerreichbarer 114
 unreachable 114
collections.deque 129
column 244
command 243
commit() 221
compile() 209
Compiler 2
complex 63
configure() 242
connect() 220
continue 98
copy() 130, 135, 215
cursor() 220

D

data stream 211
Datei binär öffnen 212
Dateiende 212
Dateierweiterung
 Python 27
Dateimodus 212
Dateizugriff 211
Daten 57

Datenbankapplikation
 grafisch 245
Datenbankzugriff 211, 219
Datenkapselung 151
 Closures 108
Datenstrom 211
Datenträgerzugriff 211
Datentypen 59
datetime 226
datetime.now() 227
datetime.strptime() 227
Datum 225
Datumsobjekt erstellen 227
Debugging 181
def 99
Defaultkonstruktor 148
Default-Parameter 112
Deklaration 34
 Funktionen 99
Deklarationsanweisung 55
del 130
 __del__ 165
Deserialisierung von Objekten 217
destroy() 245
Destruktor 147, 165
Dezimalpunkt 49
Dezimalsystem 44
__dict__ 152, 167
dict-Attribut 170
Dictionaries 129
dict_keys 131, 132
difference() 135
difference_update() 135
Direktiven
 Datum und Zeit 227
discard() 135
Division 73
Dot-Notation 126
Download
 Python 7
Downstream 211
Dualsystem 44
dump() 218

E

Eclipse 31
Eigenschaft 126, 146
Einfachvererbung 171

- Eingabe 211
- Eingabeaufforderung
 - Python 21
- Eingabefeld 242
- Eingabestrom 42
- Einheit, imaginäre 65
- Einrücktiefe 54
- Einrückung 54
- Einrückungen 19
- Element, statisches 145
- elif 89
- else 88
 - try ... except 189
- Elternklasse 171
- Endlosschleife 94
 - Beispiel 97
- End of File 212
- Entry 242
- Entscheidungsanweisung 88
- EOF 212
- EOFError 212
- Epoch 225
- Ereignisbehandlung 242
- Eric Python IDE 31
- Erzeugung, literale 147
- Escape-Darstellung 67
- Escape-Sequenz 42
- eval() 45
- Event
 - Handler 243
 - Listener 243
- except 183
- Exception-Handling 181
- Exceptionsstandard 188
- execute() 220
- exit() 24
- Exponential-Schreibweise 64

F

- Fakultätsberechnung 105
- False 62
- fechtall() 221
- Fehler
 - syntaktischer 181
 - typografischer 181
- Fehlermeldung 125
- Fehlersituationensbehandlung 181
- Feld 146

- FIFO 128
- FileExistsError 217
- FileNotFoundError 217
- FILO 104, 127
- Finalisierungsaktion 184
- finally 184
- First in last out. *Siehe* FILO
- float 63
- float() 66, 70
- Floating Point-Zahlen 64
- format()
 - Strings 197
- Format Specification
 - Mini-Language 196
- Formfeed 68
- Formularvorschubsmaskierung 68
- for-Schleife 96
- Frame 235
- from 178
- Frozensets 134
- Funktion
 - anonyme 108, 168
 - aufrufen 101
 - deklarieren 99
 - innere 107
 - Rückgabewert 101
 - vorinstallierte 34
 - was ist 33
- Funktionsaufruf, rekursiver 104
- Funktionsparameter 100
- Funktionsreferenz 108

G

- Ganzzahldivision 73, 81
- Garbage Collection 165
- Generalisieren 146
- Geometry Manager 235
- get() 130, 245
- Getter 162
- Gleitkommaarithmetik 65
- Gleitkommaliteral 64
- Gleitkommazahl 64
- Gleitpunktzahl. *Siehe*
 - Gleitkommazahlen
- global 105
 - Variablen 104
- gmtime() 227
- graphical user interface 233

grid 237
Größer als 77
 oder gleich 77
group() 207, 208
groups() 207, 208
GUI 233
 Python 10

H

Häufigkeit der regulären Ausdrücke 204
Handler 243
Hash 129
Haufen. *Siehe* Heap
Heap 104
help() 25, 34
Hervorhebungssyntax 37
Hexadezimalsystem 44
Hilfemodus 25
Hintergrundfarbe
 tkinter 240
Höckerschrift 58

I

Identifizier 49
Identifikator 151
Identitätsoperator 80
IDLE 10, 28
 Run 51
if 88
if-Anweisung, verschachtelte 90
Imaginärteil 65
import 177
in 79, 138
 Membership-Operator 118
Indexbereich 122
IndexError 122
Information Hiding 151, 161
Inheritance 171
 __init__ 149, 150
 Paketdatei 178
input() 36, 41
Installationsort
 Python 10
Instanz 126, 145
Instanzeigenschaft 151
Instanzelement 145
int 63

int() 43, 66, 70
Integerlitterale 40
Interaktivmodus 19
Interfaces 175
Interpreter 2
 Python 10
intersection() 135
IOError 212, 215
is 80
isdisjoint() 135
is not 80
issubset() 135
issuperset() 135
Iterationsanweisung 94
Iterator 140

J

Java 144
JSON 130, 167

K

Kapselung 151
KeyError 130, 135
keys() 131, 133, 138
Key-Sharing-Dictionaries 169
Key-Value-Paare 129
keywords 25
Kindklasse 171
Klammer 49
Klasse 126, 146
 abgeleitete 171
 abstrakte 146, 175
 generische 146
 leere 148
 object 172
Klassen 145
Klassenbaum 171
Klasseneigenschaft 151, 154
Klassenelement 145
Klassenmethode 157
Klassenobjekt 158
Kleiner als 77
 oder gleich 77
Komma 49
Kommandozeile 10
 Python 19
Kommentar 49

Konstruktor 147
 parametrisierter 149
Kontrollflussanweisung 55
Konvertierungsfunktion 70
Kopie 130

L

Label 242
lambda 168
lambda-Ausdruck 108
lambda-Operator 108
Laufzeitfehler 181
Launcher
 Python 9
Layout-Manager 235
leaf class 171
Leerzeichen 48
len() 120, 123, 124, 128, 140, 197
Lesemodusdatei 212
Lesezugriff 163
Library Reference 180
Lisp 143
Liste
 dynamische 124
 Länge 120
 Methoden 125
Listener 243
Listingsdownload 2
Literal 22, 49
Lizenz
 Python 5
load() 218
Logo 143
long() 63, 70
long integer literal 63
Löschen von Objekten 165
loose typing 59
lose Typisierung 59
lowerCamelCase 58

M

mainloop 234, 235
Map 129
Mapping 129
Markenrechte
 Python 5
Maschinencode 2

Maskieren 42, 202
match() 208
Match-Objekte
 reguläre Ausdrücke 206
max() 140
Mehrfachvererbung 171, 172
Membership-Operator 79, 118, 132, 138
Menge 134
 Differenz 135
 Schnittmenge 135
Metacharakter 202
Metaklasse 169
Meta-Zeichen
 reguläre Ausdrücke 202
Methode 126, 146
 magische 149
 statische 157
min() 140
Mitgliedschaftsoperator 79
mktime() 227
Modifikator
 Reguläre Ausdrücke 200
Modul 177
 random 218
 re 198
 tkinter 234
Modularisierung 34
Modulo 73
 Gleitkommazahlen 74
move() 215
Multiplikation 73

N

\n 42
name-Attribut 170
NameError 102, 110, 113
Namen 49
Namensraum 148
Negation 73
NetBeans 31
Neue Zeile (New line) 68
new 149
__new__ 149, 150
New line
 Maskierung 68
NEWLINE 56
Nicht, logisches 78
None 61

not 78
Notepad++, 31
not in 79, 138

O

Oberfläche, grafische 233
Oberklasse 171
Objekt 126, 145, 150
 aktuelles 148
 dynamisch erweitern 167
 löschen 165
 serialisieren und deserialisieren 217
Objektorientierung
 Kernkonzept 145
Objektyp 145, 147
oct() 43
Oder, logisches 78
Oktalдарstellung 44
Oktalsystem 44
OOP 125
open() 212
Operand 49, 71
Operation 72
 leere 72
Operator 49, 71
 arithmetischer 72
 bitweiser 80
 boolescher 77
 logischer 78
 mathematischer 72
Operatorassoziativität 86
Operatorenpriorität 85
Operatorvorrang 85
Option für reguläre Ausdrücke 204
or 78
os.path 220
os.path.exists() 221
Overloading 175
Overriding 173

P

pack 237
Paket 177, 178
Parameter 37, 99
 optionaler 112
 variable Anzahl 112
parametrisierter Konstruktor 149

Parser 47
PascalCase 58
pass 56, 90, 148
Path 9
Pattern 199
 Reguläre Ausdrücke 200
PermissionError 217
Pflichtfeld 200
pickle 217
pickle.load() 218
place 237
Plausibilisierung 199
Plusoperator 75
Polymorphie 173
pop() 127, 130, 135
popitem() 130
Potenz 73, 74
print() 34, 36
Priorität des Operators 85
Prioritätenreihenfolge des Operators 75
Programmfluss 54, 87
Programmiersprache, strukturierte 54
Programmierung, objektorientierte 125
Prompt 21
Properties 164
property() 164
protected 161
Prozedur 101
PSF 5
public 161
Punkt 49
Punktnotation 126, 151, 152
Punkt-vor-Strich-Regel 72
PyCharm 31
PyDev 31
Python
 3000 5
 Dateierweiterung 27
 Download 7
 Eingabeaufforderung 21
 GUI 10
 Installationsort 10
 Kommandozeile 10, 19
 laden und installieren 5
 Lizenz und Markenrechte 5
 Package Index 3
 Referenzversion 5
 Shell 10, 19
 Software Foundation (*Siehe* (PSF))

Python-Editor
 IDLE 29
Python's Integrated Development Environment.
 Siehe IDLE
Python-Software-Foundation-Lizenz 5

Q

Quantifizierer
 reguläre Ausdrücke 204
Quellcode 2, 27
Quelltext 27
Queue 128
quit() 24

R

raise 98, 191
randint() 218
random
 Modul 218
random.randint() 218
Range 122
Raw-Strings 205
re
 Modul 198, 205
read() 214
readlines() 214
RecursionError 105
Referenzbetriebssystem 4
Referenzübergabe 100
Regex 205
regular expressions. *Siehe* Reguläre Ausdrücke
Reihenfolge
 Ausnahmen 189
Rekursion 104
remove() 127, 135, 215
Restwertberechnung 73
return 68, 98, 101
rmdir() 215
root class 171
round() 65, 67
row 244
rstrip() 214
Rückgabewert 42, 101
 bedingter 102
Rückschritt 68
Run 38
 Module 38

Runde
 Gleitkommazahlen 65
Rundungsproblem 65, 73, 74

S

Save
 IDLE 38
Save as
 IDLE 38
Save Copy As
 IDLE 38
Schaltfläche 242
Schleife 94
 verschachteln 94
Schlüssel-Objekt-Paare 129
Schlüsselwörter 25, 49
Schnittstelle 146, 175
Schreibzugriff 163
search() 208
Selbstaufruf 104
self 148, 152
Semikolon
 Python 39
sep
 print() 40
Separator
 print() 40
Sequenz 53
Serialisierung von Objekten 217
set 134
set() 134
Setter 162
SheBang 50, 52
Shell
 Python 10, 19
Sicherheit, private 161
Sichtbarkeit 151, 161
__slots__ 168
Slots 168
Smalltalk 143
Softwarequalität 145
Sourcecode 27
Spalten 19
Speichermanagement 165
Spezialisierung 146, 171
split() 207
Sprunganweisung 96
SQL 219

SQLite 219
sqlite3 220
sqlite3.Error 223
Stack 104, 127
Standardausgabe 211
Standardausnahme 188
Standardeingabe 211
Standardmodul 180
Standard Query Language 219
Stapel 127. *Siehe auch* Stack
stdin 211
stdout 211
Steuerzeichen
 reguläre Ausdrücke 202
__str__ 166
str() 70, 75
Stream 211
strptime() 227
string index out of range 122
String-Konstante 196
Stringliteral 22
String-Methode 197
Strings 67
String-Verkettung 136
String-Verkettungsoperator 75
String-Verknüpfung 75
Strom 211
strptime() 227
Structured Query Language 219
__sub__ 150
Subklasse 171
Subtraktion 73
Suchmuster 199. *Siehe auch* Pattern
Suchpfad 9
super() 172, 174
Superklasse 171
Syntaxhervorhebung 37
Systemdatum 227

T

Tabulatormaskierung 68
Terminierungsaktion 184
Text 242
Textbereich 242
The Epoch 225
this 148
time 226
time.gmtime() 227

time.mktime() 227
time.strptime() 227
Tk 234
tkinter
 Modul 234
Token 47, 72
Traceback 125
Trennzeichen 48
True 62
try 183
Tupel 116
 verschachtelte 117
tuple index out of range 122
Typ. *Siehe* Datentypen
type() 68, 157, 169
TypeError 111
Typisierung 59
Typkonvertierung 69
typsicher 61
Typumwandlung 43, 60, 68
Typumwandlung, explizite 69

U

Übereinstimmungsobjekt 206
Üergabewert 37
Üergabewerte 100
Überladen 173, 175
Üerschreiben 173
Üersetzung, zweistufige 2
UnboundLocalError 113
Und, logisches 78
Ungleichheit 77
Unit-Testing 193
Unixzeit 225
unreachable Code 189
Unterklasse 171
Unterprogramm 34
Unterstrich, doppelter 161
Untitled 38
update() 131
UpperCamelCase 58
Upstream 211

V

ValueError 183, 186
values() 133, 138
 Dictionary 131, 132

van Rossum
 Guido 5
Variable 42, 57
 lokale 100, 110
 verdeckte 111
Verallgemeinerung 171
Vererbung 146, 170
Vergleichsoperator 77
Verkettung der Strings 75
Verschiebungsoperator 80
Vielgestaltigkeit 146
Visual Studio 31
Voraussetzung 4
Vordergrundfarbe
 tkinter 240
Vorgabewerte
 Parameter 112

W

Wagenrücklauf 68
Warteschlange 128
Wertübergabe 100
while-Schleife 94
Wiederverwendbarkeit 144
winreg 180

write() 213
write-only 163
Wurzelberechnung 74
Wurzelklasse 171

Z

Zählvariable 94
Zahlensystem 44
Zahl, komplexe 65
Zeichenkette 67
 sequenzielle Datentypen 115
Zeichenliteral 67
Zeile, logische 56
Zeilenumbruch 42
Zeit 225
Zeitnullpunkt 225
ZeroDivisionError 186
Zufallszahlen 218
Zugriff
 read-only 163
Zustand 151
Zuweisungsoperator 57, 75
Zuweisungsoperator, arithmetischer 75
Zweig der Entscheidungsanweisung 87
Zwischencode 2

