

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                        |    |
|----------|------------------------------------------------------------------------|----|
|          | <b>Einleitung</b> .....                                                | 23 |
|          | Warum Python? .....                                                    | 23 |
|          | Python 3 .....                                                         | 23 |
|          | An wen wendet sich dieses Buch? .....                                  | 23 |
|          | Inhalt und Aufbau .....                                                | 24 |
|          | Hinweise zur Typographie .....                                         | 25 |
|          | Programmbeispiele .....                                                | 26 |
| <b>I</b> | <b>Grundlagen</b> .....                                                | 27 |
| I.1      | Was ist Programmieren? .....                                           | 27 |
| I.2      | Hardware und Software .....                                            | 28 |
| I.3      | Programm als Algorithmus .....                                         | 29 |
| I.4      | Syntax und Semantik .....                                              | 30 |
| I.5      | Interpreter und Compiler .....                                         | 30 |
| I.6      | Programmierparadigmen .....                                            | 32 |
| I.7      | Objektorientierte Programmierung .....                                 | 33 |
|          | I.7.1 Strukturelle Zerlegung .....                                     | 33 |
|          | I.7.2 Die Welt als System von Objekten .....                           | 34 |
|          | I.7.3 Objekte besitzen Attribute und beherrschen Methoden ....         | 35 |
|          | I.7.4 Objekte sind Instanzen von Klassen .....                         | 36 |
| I.8      | Hintergrund: Geschichte der objektorientierten<br>Programmierung ..... | 36 |
| I.9      | Aufgaben .....                                                         | 37 |
| I.10     | Lösungen .....                                                         | 38 |
| <b>2</b> | <b>Der Einstieg – Python im interaktiven Modus</b> .....               | 39 |
| 2.1      | Python installieren .....                                              | 39 |
| 2.2      | Python im interaktiven Modus .....                                     | 42 |
|          | 2.2.1 Start des Python-Interpreters in einem Konsolenfenster ...       | 42 |
|          | 2.2.2 Die Python-Shell von IDLE .....                                  | 43 |
|          | 2.2.3 Die ersten Python-Befehle ausprobieren .....                     | 43 |
|          | 2.2.4 Hotkeys .....                                                    | 44 |
| 2.3      | Objekte .....                                                          | 45 |

|        |                                                 |     |
|--------|-------------------------------------------------|-----|
| 2.4    | Namen .....                                     | 46  |
| 2.5    | Hintergrund: Syntax-Regeln für Bezeichner ..... | 47  |
| 2.6    | Schlüsselwörter .....                           | 48  |
| 2.7    | Anweisungen .....                               | 49  |
| 2.7.1  | Ausdrucksanweisungen .....                      | 50  |
| 2.7.2  | Import-Anweisungen .....                        | 54  |
| 2.7.3  | Zuweisungen .....                               | 56  |
| 2.7.4  | Erweiterte Zuweisungen .....                    | 59  |
| 2.7.5  | Hintergrund: Dynamische Typisierung .....       | 59  |
| 2.8    | Aufgaben .....                                  | 61  |
| 2.9    | Lösungen .....                                  | 62  |
| <br>   |                                                 |     |
| 3      | <b>Python-Skripte</b> .....                     | 65  |
| 3.1    | Skripte editieren und ausführen mit IDLE .....  | 65  |
| 3.2    | Ausführen eines Python-Skripts .....            | 66  |
| 3.3    | Kommentare .....                                | 69  |
| 3.4    | Die Zeilenstruktur von Python-Programmen .....  | 69  |
| 3.5    | Das EVA-Prinzip .....                           | 73  |
| 3.6    | Phasen der Programmentwicklung .....            | 74  |
| 3.7    | Guter Programmierstil .....                     | 75  |
| 3.8    | Hintergrund: Die Kunst des Fehlerfindens .....  | 78  |
| 3.9    | Aufgaben .....                                  | 80  |
| 3.10   | Lösungen .....                                  | 81  |
| <br>   |                                                 |     |
| 4      | <b>Standard-Datentypen</b> .....                | 83  |
| 4.1    | Daten als Objekte .....                         | 83  |
| 4.2    | Fundamentale Datentypen im Überblick .....      | 85  |
| 4.3    | Typen und Klassen .....                         | 86  |
| 4.4    | NoneType .....                                  | 87  |
| 4.5    | Wahrheitswerte – der Datentyp bool .....        | 87  |
| 4.6    | Ganze Zahlen .....                              | 88  |
| 4.7    | Gleitkommazahlen .....                          | 90  |
| 4.8    | Komplexe Zahlen .....                           | 91  |
| 4.9    | Arithmetische Operatoren für Zahlen .....       | 92  |
| 4.10   | Sequenzen .....                                 | 97  |
| 4.10.1 | Zeichenketten (Strings) .....                   | 98  |
| 4.10.2 | Bytestrings .....                               | 100 |
| 4.10.3 | Tupel .....                                     | 101 |

|          |                                                          |            |
|----------|----------------------------------------------------------|------------|
| 4.10.4   | Liste .....                                              | 102        |
| 4.10.5   | Bytearray .....                                          | 103        |
| 4.10.6   | Einige Grundoperationen für Sequenzen .....              | 103        |
| 4.10.7   | Veränderbare und unveränderbare Sequenzen .....          | 106        |
| 4.11     | Mengen .....                                             | 107        |
| 4.12     | Dictionaries .....                                       | 108        |
| 4.13     | Typumwandlungen .....                                    | 108        |
| 4.13.1   | int() .....                                              | 109        |
| 4.13.2   | float() .....                                            | 110        |
| 4.13.3   | complex() .....                                          | 111        |
| 4.13.4   | bool() .....                                             | 111        |
| 4.13.5   | str() .....                                              | 111        |
| 4.13.6   | dict(), list() und tuple() .....                         | 112        |
| 4.14     | Aufgaben .....                                           | 112        |
| 4.15     | Lösungen .....                                           | 115        |
| <b>5</b> | <b>Kontrollstrukturen .....</b>                          | <b>119</b> |
| 5.1      | Einfache Bedingungen .....                               | 119        |
| 5.1.1    | Vergleiche .....                                         | 119        |
| 5.1.2    | Zugehörigkeit zu einer Menge (in, not in) .....          | 123        |
| 5.1.3    | Beliebige Ausdrücke als Bedingungen .....                | 123        |
| 5.2      | Zusammengesetzte Bedingungen – logische Operatoren ..... | 124        |
| 5.2.1    | Negation (not) .....                                     | 124        |
| 5.2.2    | Konjunktion (and) .....                                  | 125        |
| 5.2.3    | Disjunktion (or) .....                                   | 126        |
| 5.2.4    | Formalisierung von Bedingungen .....                     | 127        |
| 5.2.5    | Hinweis zum Programmierstil .....                        | 128        |
| 5.3      | Programmverzweigungen (bedingte Anweisungen) .....       | 128        |
| 5.3.1    | Einseitige Verzweigung (if) .....                        | 129        |
| 5.3.2    | Zweiseitige Verzweigung (if-else) .....                  | 129        |
| 5.3.3    | Mehrfache Fallunterscheidung (elif) .....                | 130        |
| 5.3.4    | Bedingte Ausdrücke .....                                 | 132        |
| 5.4      | Bedingte Wiederholung (while) .....                      | 132        |
| 5.4.1    | Endlosschleifen .....                                    | 133        |
| 5.5      | Iteration über eine Kollektion (for) .....               | 135        |
| 5.5.1    | Zählschleifen – Verwendung von range() .....             | 136        |
| 5.5.2    | Verschachtelte Iterationen .....                         | 137        |
| 5.5.3    | Vertiefung: Iterative Berechnung rekursiver Folgen ..... | 139        |

|          |                                                                |            |
|----------|----------------------------------------------------------------|------------|
| 5.6      | Abbruch einer Schleife mit break .....                         | 139        |
| 5.6.1    | Abbruch eines Schleifendurchlaufs mit continue .....           | 140        |
| 5.7      | Abfangen von Ausnahmen mit try .....                           | 141        |
| 5.7.1    | try...except .....                                             | 142        |
| 5.8      | Aufgaben .....                                                 | 144        |
| 5.9      | Lösungen .....                                                 | 148        |
| <b>6</b> | <b>Funktionen</b> .....                                        | <b>153</b> |
| 6.1      | Aufruf von Funktionen .....                                    | 153        |
| 6.2      | Definition von Funktionen .....                                | 156        |
| 6.3      | Schrittweise Verfeinerung .....                                | 158        |
| 6.4      | Ausführung von Funktionen .....                                | 162        |
| 6.4.1    | Globale und lokale Namen .....                                 | 162        |
| 6.4.2    | Seiteneffekte – die global-Anweisung .....                     | 165        |
| 6.4.3    | Parameterübergabe .....                                        | 166        |
| 6.5      | Voreingestellte Parameterwerte .....                           | 168        |
| 6.5.1    | Schlüsselwort-Argumente .....                                  | 170        |
| 6.6      | Funktionen mit beliebiger Anzahl von Parametern .....          | 172        |
| 6.7      | Lokale Funktionen .....                                        | 173        |
| 6.8      | Rekursive Funktionen .....                                     | 174        |
| 6.9      | Experimente zur Rekursion mit der Turtle-Grafik .....          | 176        |
| 6.9.1    | Turtle-Befehle im interaktiven Modus .....                     | 176        |
| 6.9.2    | Eine rekursive Spirale .....                                   | 177        |
| 6.9.3    | Baumstrukturen .....                                           | 179        |
| 6.9.4    | Künstlicher Blumenkohl – selbstähnliche Bilder .....           | 180        |
| 6.10     | Rekursive Zahlenfunktionen .....                               | 182        |
| 6.11     | Hintergrund: Wie werden rekursive Funktionen ausgeführt? ..... | 183        |
| 6.11.1   | Execution Frames .....                                         | 183        |
| 6.11.2   | Rekursionstiefe .....                                          | 184        |
| 6.12     | Funktionen als Objekte .....                                   | 186        |
| 6.12.1   | Hintergrund: Typen sind keine Funktionen .....                 | 187        |
| 6.13     | Lambda-Formen .....                                            | 187        |
| 6.14     | Hinweise zum Programmierstil .....                             | 188        |
| 6.14.1   | Allgemeines .....                                              | 188        |
| 6.14.2   | Funktionsnamen .....                                           | 188        |
| 6.14.3   | Kommentierte Parameter .....                                   | 189        |
| 6.14.4   | Docstrings .....                                               | 189        |

|          |                                                                            |            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.15     | Aufgaben .....                                                             | 190        |
| 6.16     | Lösungen .....                                                             | 193        |
| <b>7</b> | <b>Sequenzen, Mengen und Generatoren .....</b>                             | <b>197</b> |
| 7.1      | Gemeinsame Operationen für Sequenzen .....                                 | 197        |
| 7.1.1    | Zugriff auf Elemente einer Sequenz .....                                   | 198        |
| 7.1.2    | Slicing von Sequenzen .....                                                | 199        |
| 7.1.3    | Auspacken (unpacking) .....                                                | 200        |
| 7.2      | Vertiefung: Rekursive Funktionen für Sequenzen .....                       | 201        |
| 7.2.1    | Rekursives Summieren .....                                                 | 201        |
| 7.2.2    | Rekursive Suche .....                                                      | 201        |
| 7.3      | Tupel .....                                                                | 203        |
| 7.4      | Listen .....                                                               | 204        |
| 7.4.1    | Eine Liste erzeugen .....                                                  | 205        |
| 7.4.2    | Eine Liste verändern .....                                                 | 207        |
| 7.4.3    | Flache und tiefe Kopien .....                                              | 209        |
| 7.4.4    | Listen sortieren .....                                                     | 210        |
| 7.4.5    | Binäre Suche in einer sortierten Liste .....                               | 212        |
| 7.4.6    | Zwei Sortiervverfahren im Vergleich .....                                  | 213        |
| 7.4.7    | Modellieren mit Listen – Beispiel: die Charts .....                        | 217        |
| 7.5      | Generatoren .....                                                          | 221        |
| 7.5.1    | Generatorausdrücke .....                                                   | 222        |
| 7.5.2    | Generatorfunktionen .....                                                  | 222        |
| 7.5.3    | Iteratoren .....                                                           | 224        |
| 7.5.4    | Verwendung von Generatoren .....                                           | 225        |
| 7.6      | Mengen .....                                                               | 225        |
| 7.6.1    | Operationen für Mengen .....                                               | 227        |
| 7.6.2    | Modellieren mit Mengen – Beispiel: Graphen .....                           | 228        |
| 7.7      | Aufgaben .....                                                             | 231        |
| 7.8      | Lösungen .....                                                             | 233        |
| <b>8</b> | <b>Dictionaries .....</b>                                                  | <b>237</b> |
| 8.1      | Operationen für Dictionaries .....                                         | 237        |
| 8.2      | Wie erstellt man ein Dictionary? .....                                     | 238        |
| 8.2.1    | Definition mit einem Dictionary-Display .....                              | 238        |
| 8.2.2    | Schrittweiser Aufbau eines Dictionarys .....                               | 240        |
| 8.2.3    | Ein Dictionary aus anderen Dictionaries<br>zusammensetzen – update() ..... | 241        |

|           |                                                            |            |
|-----------|------------------------------------------------------------|------------|
| 8.3       | Zugriff auf Daten in einem Dictionary .....                | 241        |
| 8.3.1     | Vergebliche Zugriffsversuche .....                         | 241        |
| 8.4       | Praxisbeispiel: Vokabeltrainer .....                       | 242        |
| 8.5       | Typische Fehler .....                                      | 244        |
| 8.6       | Aufgaben .....                                             | 244        |
| 8.7       | Lösungen .....                                             | 247        |
| <b>9</b>  | <b>Ein- und Ausgabe .....</b>                              | <b>251</b> |
| 9.1       | Files .....                                                | 251        |
| 9.1.1     | Die Rolle der Files bei E/A-Operationen .....              | 251        |
| 9.1.2     | Was ist ein File? .....                                    | 252        |
| 9.1.3     | Ein File-Objekt erzeugen .....                             | 253        |
| 9.1.4     | Speichern einer Zeichenkette .....                         | 254        |
| 9.1.5     | Laden einer Zeichenkette aus einer Datei .....             | 255        |
| 9.1.6     | Absolute und relative Pfade .....                          | 255        |
| 9.1.7     | Zwischenspeichern, ohne zu schließen .....                 | 258        |
| 9.1.8     | Zugriff auf Files (lesen und schreiben) .....              | 258        |
| 9.1.9     | Speichern beliebiger Daten auf Files .....                 | 260        |
| 9.2       | Mehr Zuverlässigkeit durch try- und with-Anweisungen ..... | 261        |
| 9.2.1     | try...finally .....                                        | 262        |
| 9.2.2     | With-Anweisungen .....                                     | 263        |
| 9.3       | Objekte speichern mit pickle .....                         | 264        |
| 9.3.1     | Funktionen zum Speichern und Laden .....                   | 265        |
| 9.4       | Die Pseudofiles sys.stdin und sys.stdout .....             | 266        |
| 9.5       | Ausgabe von Werten mit der print()-Funktion .....          | 267        |
| 9.5.1     | Anwendung: Ausgabe von Tabellen .....                      | 269        |
| 9.6       | Kommandozeilen-Argumente (Optionen) .....                  | 269        |
| 9.7       | Übungen .....                                              | 272        |
| 9.8       | Lösungen .....                                             | 275        |
| <b>10</b> | <b>Definition eigener Klassen .....</b>                    | <b>281</b> |
| 10.1      | Klassen und Objekte .....                                  | 281        |
| 10.2      | Definition von Klassen .....                               | 283        |
| 10.3      | Objekte (Instanzen) .....                                  | 285        |
| 10.4      | Zugriff auf Attribute – Sichtbarkeit .....                 | 288        |
| 10.4.1    | Öffentliche Attribute .....                                | 288        |
| 10.4.2    | Private Attribute .....                                    | 289        |
| 10.4.3    | Properties .....                                           | 291        |
| 10.4.4    | Dynamische Erzeugung von Attributen .....                  | 293        |

|           |                                                                                |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 10.5      | Methoden .....                                                                 | 293        |
| 10.5.1    | Polymorphismus – Überladen von Operatoren .....                                | 294        |
| 10.6      | Statische Methoden .....                                                       | 298        |
| 10.7      | Abstraktion, Verkapselung und Geheimnisprinzip .....                           | 299        |
| 10.8      | Vererbung .....                                                                | 300        |
| 10.8.1    | Spezialisierungen .....                                                        | 300        |
| 10.8.2    | Beispiel: Die Klasse Konto – eine Spezialisierung<br>der Klasse Geld .....     | 301        |
| 10.8.3    | Vertiefung: Standardklassen als Basisklassen .....                             | 304        |
| 10.9      | Hinweise zum Programmierstil .....                                             | 306        |
| 10.9.1    | Bezeichner .....                                                               | 306        |
| 10.9.2    | Sichtbarkeit .....                                                             | 306        |
| 10.9.3    | Dokumentation von Klassen .....                                                | 308        |
| 10.10     | Typische Fehler .....                                                          | 308        |
| 10.11     | Aufgaben .....                                                                 | 310        |
| 10.12     | Lösungen .....                                                                 | 313        |
| <b>11</b> | <b>Klassenbibliotheken in Modulen speichern .....</b>                          | <b>319</b> |
| 11.1      | Testen einer Klasse in einem lauffähigen Stand-alone-Skript .....              | 319        |
| 11.2      | Module speichern und importieren .....                                         | 321        |
| 11.3      | Den Zugang zu einem Modul sicherstellen .....                                  | 323        |
| 11.4      | Programmierstil: Verwendung und Dokumentation von<br>Modulen .....             | 325        |
| <b>12</b> | <b>Objektorientiertes Modellieren .....</b>                                    | <b>327</b> |
| 12.1      | Phasen einer objektorientierten Software-Entwicklung .....                     | 327        |
| 12.2      | Fallstudie: Modell eines Wörterbuchs .....                                     | 328        |
| 12.2.1    | OOA: Entwicklung einer Klassenstruktur .....                                   | 328        |
| 12.2.2    | OOD: Entwurf einer Klassenstruktur für eine<br>Implementierung in Python ..... | 332        |
| 12.2.3    | OOP: Implementierung der Klassenstruktur .....                                 | 334        |
| 12.3      | Assoziationen zwischen Klassen .....                                           | 338        |
| 12.3.1    | Reflexive Assoziationen .....                                                  | 338        |
| 12.3.2    | Aggregation .....                                                              | 340        |
| 12.4      | Beispiel: Management eines Musicals .....                                      | 341        |
| 12.4.1    | OOA .....                                                                      | 341        |
| 12.4.2    | OOD .....                                                                      | 343        |
| 12.4.3    | OOP .....                                                                      | 343        |

|           |                                                                                |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 12.5      | Aufgaben .....                                                                 | 353        |
| 12.6      | Lösungen .....                                                                 | 354        |
| <b>13</b> | <b>Verarbeitung von Zeichenketten .....</b>                                    | <b>359</b> |
| 13.1      | Standardmethoden zur Verarbeitung von Zeichenketten .....                      | 359        |
| 13.1.1    | Formatieren .....                                                              | 360        |
| 13.1.2    | Schreibweise .....                                                             | 360        |
| 13.1.3    | Tests .....                                                                    | 361        |
| 13.1.4    | Entfernen und Aufspalten .....                                                 | 362        |
| 13.1.5    | Suchen und Ersetzen .....                                                      | 363        |
| 13.2      | Codierung und Decodierung .....                                                | 363        |
| 13.2.1    | Platonische Zeichen und Unicode .....                                          | 363        |
| 13.2.2    | Vertiefung: Zeichenketten durch Bytefolgen darstellen ...                      | 365        |
| 13.3      | Automatische Textproduktion .....                                              | 367        |
| 13.3.1    | Texte mit variablen Teilen – Anwendung der<br>String-Methode<br>format() ..... | 367        |
| 13.3.2    | Vertiefung: Eine Tabelle erstellen .....                                       | 370        |
| 13.3.3    | Mahnbriefe .....                                                               | 371        |
| 13.3.4    | Textuelle Repräsentation eines Objektes .....                                  | 372        |
| 13.3.5    | F-Strings .....                                                                | 374        |
| 13.4      | Analyse von Texten .....                                                       | 375        |
| 13.4.1    | Chat Bots .....                                                                | 375        |
| 13.4.2    | Textanalyse mit einfachen Vorkommenstests .....                                | 376        |
| 13.5      | Reguläre Ausdrücke .....                                                       | 378        |
| 13.5.1    | Aufbau eines regulären Ausdrucks .....                                         | 379        |
| 13.5.2    | Objekte für reguläre Ausdrücke (RE-Objekte) .....                              | 382        |
| 13.5.3    | Analyse von Strings mit match() und search() .....                             | 383        |
| 13.5.4    | Textpassagen extrahieren mit findall() .....                                   | 384        |
| 13.5.5    | Zeichenketten zerlegen mit split() .....                                       | 385        |
| 13.5.6    | Teilstrings ersetzen mit sub() .....                                           | 386        |
| 13.5.7    | Match-Objekte .....                                                            | 387        |
| 13.6      | Den Computer zum Sprechen bringen – Sprachsynthese .....                       | 389        |
| 13.6.1    | Buchstabieren .....                                                            | 391        |
| 13.6.2    | Den Klang der Stimme verändern .....                                           | 393        |
| 13.7      | Aufgaben .....                                                                 | 396        |
| 13.8      | Lösungen .....                                                                 | 399        |

|           |                                                                       |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>14</b> | <b>Systemfunktionen</b>                                               | <b>407</b> |
| 14.1      | Das Modul sys – die Schnittstelle zum Laufzeitsystem                  | 407        |
| 14.1.1    | Informationen über die aktuelle Systemumgebung                        | 408        |
| 14.1.2    | Standardeingabe und -ausgabe                                          | 409        |
| 14.1.3    | Die Objektverwaltung beobachten mit getrefcount()                     | 410        |
| 14.1.4    | Ausführung eines Skripts beenden                                      | 411        |
| 14.2      | Das Modul os – die Schnittstelle zum Betriebssystem                   | 411        |
| 14.2.1    | Dateien und Verzeichnisse suchen                                      | 412        |
| 14.2.2    | Hintergrund: Zugriffsrechte abfragen und ändern<br>(Windows und Unix) | 413        |
| 14.2.3    | Dateien und Verzeichnisse anlegen und modifizieren                    | 415        |
| 14.2.4    | Merkmale von Dateien und Verzeichnissen abfragen                      | 416        |
| 14.2.5    | Pfade verarbeiten                                                     | 417        |
| 14.2.6    | Hintergrund: Umgebungsvariablen                                       | 419        |
| 14.2.7    | Systematisches Durchlaufen eines Verzeichnisbaumes                    | 420        |
| 14.3      | Datum und Zeit                                                        | 422        |
| 14.3.1    | Funktionen des Moduls time                                            | 422        |
| 14.3.2    | Sekundenformat                                                        | 423        |
| 14.3.3    | Zeit-Tupel                                                            | 424        |
| 14.3.4    | Zeitstrings                                                           | 425        |
| 14.3.5    | Einen Prozess unterbrechen mit sleep()                                | 426        |
| 14.4      | Aufgaben                                                              | 426        |
| 14.5      | Lösungen                                                              | 427        |
| <b>15</b> | <b>Grafische Benutzungsoberflächen mit tkinter</b>                    | <b>433</b> |
| 15.1      | Ein einführendes Beispiel                                             | 434        |
| 15.2      | Einfache Widgets                                                      | 437        |
| 15.3      | Die Master-Slave-Hierarchie                                           | 438        |
| 15.4      | Optionen der Widgets                                                  | 439        |
| 15.4.1    | Optionen bei der Instanziierung setzen                                | 439        |
| 15.4.2    | Widget-Optionen nachträglich konfigurieren                            | 440        |
| 15.4.3    | Fonts                                                                 | 441        |
| 15.4.4    | Farben                                                                | 442        |
| 15.4.5    | Rahmen                                                                | 443        |
| 15.4.6    | Die Größe eines Widgets                                               | 443        |
| 15.4.7    | Leerraum um Text                                                      | 445        |
| 15.5      | Gemeinsame Methoden der Widgets                                       | 446        |

|           |                                                                                 |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 15.6      | Die Klasse Tk .....                                                             | 447        |
| 15.7      | Die Klasse Button .....                                                         | 447        |
| 15.8      | Die Klasse Label .....                                                          | 448        |
| 15.8.1    | Dynamische Konfiguration der Beschriftung .....                                 | 448        |
| 15.8.2    | Verwendung von Kontrollvariablen .....                                          | 449        |
| 15.9      | Die Klasse Entry .....                                                          | 451        |
| 15.10     | Die Klasse Radiobutton .....                                                    | 453        |
| 15.11     | Die Klasse Checkbutton .....                                                    | 455        |
| 15.12     | Die Klasse Scale .....                                                          | 457        |
| 15.13     | Die Klasse Frame .....                                                          | 459        |
| 15.14     | Aufgaben .....                                                                  | 459        |
| 15.15     | Lösungen .....                                                                  | 461        |
| <b>16</b> | <b>Layout .....</b>                                                             | <b>467</b> |
| 16.1      | Der Packer .....                                                                | 467        |
| 16.2      | Layout-Fehler .....                                                             | 469        |
| 16.3      | Raster-Layout .....                                                             | 470        |
| 16.4      | Vorgehensweise bei der GUI-Entwicklung .....                                    | 474        |
| 16.4.1    | Die Benutzungsoberfläche gestalten .....                                        | 477        |
| 16.4.2    | Funktionalität hinzufügen .....                                                 | 480        |
| 16.5      | Aufgaben .....                                                                  | 481        |
| 16.6      | Lösungen .....                                                                  | 484        |
| <b>17</b> | <b>Grafik .....</b>                                                             | <b>495</b> |
| 17.1      | Die tkinter-Klasse Canvas .....                                                 | 495        |
| 17.1.1    | Generierung grafischer Elemente – ID, Positionierung<br>und Display-Liste ..... | 496        |
| 17.1.2    | Grafische Elemente gestalten .....                                              | 498        |
| 17.1.3    | Visualisieren mit Kreisdiagrammen .....                                         | 500        |
| 17.2      | Die Klasse PhotoImage .....                                                     | 503        |
| 17.2.1    | Eine Pixelgrafik erzeugen .....                                                 | 504        |
| 17.2.2    | Fotos analysieren und verändern .....                                           | 506        |
| 17.3      | Bilder in eine Benutzungsoberfläche einbinden .....                             | 509        |
| 17.3.1    | Icons auf Schaltflächen .....                                                   | 509        |
| 17.3.2    | Hintergrundbilder .....                                                         | 510        |
| 17.3.3    | Hintergrund: Das PPM-Format .....                                               | 512        |
| 17.4      | Die Python Imaging Library (PIL) .....                                          | 513        |
| 17.4.1    | Installation eines Moduls mit pip .....                                         | 513        |

|           |                                                           |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------|------------|
| 17.4.2    | Mit PIL beliebige Bilddateien einbinden .....             | 514        |
| 17.4.3    | Steganografie – Informationen in Bildern verstecken ..... | 515        |
| 17.5      | Aufgaben .....                                            | 517        |
| 17.6      | Lösungen .....                                            | 518        |
| <b>18</b> | <b>Event-Verarbeitung .....</b>                           | <b>523</b> |
| 18.1      | Einführendes Beispiel .....                               | 524        |
| 18.2      | Event-Sequenzen .....                                     | 526        |
| 18.2.1    | Event-Typen .....                                         | 526        |
| 18.2.2    | Qualifizierer für Maus- und Tastatur-Events .....         | 526        |
| 18.2.3    | Modifizierer .....                                        | 528        |
| 18.3      | Beispiel: Tastaturereignisse verarbeiten .....            | 528        |
| 18.4      | Programmierung eines Eventhandlers .....                  | 530        |
| 18.4.1    | Beispiel für eine Event-Auswertung .....                  | 531        |
| 18.5      | Bindemethoden .....                                       | 532        |
| 18.6      | Aufgaben .....                                            | 532        |
| 18.7      | Lösungen .....                                            | 535        |
| <b>19</b> | <b>Komplexe Benutzungsoberflächen .....</b>               | <b>541</b> |
| 19.1      | Text-Widgets .....                                        | 541        |
| 19.1.1    | Methoden der Text-Widgets .....                           | 542        |
| 19.2      | Rollbalken (Scrollbars) .....                             | 544        |
| 19.3      | Menüs .....                                               | 546        |
| 19.3.1    | Die Klasse Menu .....                                     | 546        |
| 19.3.2    | Methoden der Klasse Menu .....                            | 547        |
| 19.4      | Texteditor mit Menüleiste und Pulldown-Menü .....         | 548        |
| 19.5      | Dialogboxen .....                                         | 550        |
| 19.6      | Applikationen mit mehreren Fenstern .....                 | 554        |
| 19.7      | Aufgaben .....                                            | 557        |
| 19.8      | Lösungen .....                                            | 558        |
| <b>20</b> | <b>Threads .....</b>                                      | <b>563</b> |
| 20.1      | Funktionen in einem Thread ausführen .....                | 564        |
| 20.2      | Thread-Objekte erzeugen – die Klasse Thread .....         | 566        |
| 20.3      | Aufgaben .....                                            | 569        |
| 20.4      | Lösungen .....                                            | 570        |

|           |                                                                     |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>21</b> | <b>Fehler finden und vermeiden</b>                                  | <b>575</b> |
| 21.1      | Testen von Bedingungen                                              | 575        |
| 21.1.1    | Ausnahmen (Exceptions)                                              | 575        |
| 21.1.2    | Testen von Vor- und Nachbedingungen mit assert                      | 576        |
| 21.1.3    | Vertiefung: Programmabstürze ohne Fehlermeldung                     | 579        |
| 21.2      | Debugging-Modus und optimierter Modus                               | 581        |
| 21.3      | Ausnahmen gezielt auslösen                                          | 582        |
| 21.4      | Selbstdokumentation                                                 | 583        |
| 21.5      | Dokumentation eines Programmlaufs mit Log-Dateien                   | 585        |
| 21.5.1    | Grundfunktionen                                                     | 585        |
| 21.5.2    | Beispiel: Logging in der GUI-Programmierung                         | 586        |
| 21.6      | Vertiefung: Professionelles Arbeiten mit Logging                    | 587        |
| 21.6.1    | Logging-Levels                                                      | 587        |
| 21.6.2    | Logger-Objekte                                                      | 592        |
| 21.6.3    | Das Format der Logging-Meldungen konfigurieren                      | 592        |
| 21.7      | Debugging                                                           | 594        |
| 21.8      | Aufgabe                                                             | 595        |
| 21.9      | Lösung                                                              | 596        |
| <br>      |                                                                     |            |
| <b>22</b> | <b>CGI-Programmierung</b>                                           | <b>597</b> |
| 22.1      | Wie funktionieren CGI-Skripte?                                      | 597        |
| 22.2      | Wie spät ist es? Aufbau eines CGI-Skripts                           | 599        |
| 22.2.1    | Ein einfacher HTTP-Server                                           | 602        |
| 22.2.2    | Hintergrund: CGI-Skripte auf einem Host im Internet<br>installieren | 603        |
| 22.3      | Kommunikation über interaktive Webseiten                            | 604        |
| 22.3.1    | Aufbau eines HTML-Formulars                                         | 605        |
| 22.3.2    | Eingabekomponenten in einem HTML-Formular                           | 606        |
| 22.4      | Verarbeitung von Eingabedaten in einem CGI-Skript                   | 608        |
| 22.5      | Sonderzeichen handhaben                                             | 610        |
| 22.6      | CGI-Skripte debuggen                                                | 611        |
| 22.7      | Objektorientierte CGI-Skripte – Beispiel: ein Chatroom              | 612        |
| 22.8      | CGI-Skripte mit Cookies                                             | 618        |
| 22.9      | Aufgaben                                                            | 621        |
| 22.10     | Lösungen                                                            | 623        |
| <br>      |                                                                     |            |
| <b>23</b> | <b>Internet-Programmierung</b>                                      | <b>629</b> |
| 23.1      | Was ist ein Protokoll?                                              | 629        |

|           |                                                                 |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 23.2      | Übertragung von Dateien mit FTP .....                           | 630        |
| 23.2.1    | Das Modul ftplib .....                                          | 631        |
| 23.2.2    | Navigieren und Downloaden .....                                 | 632        |
| 23.2.3    | Ein Suchroboter für FTP-Server .....                            | 634        |
| 23.3      | Zugriff auf Webseiten mit HTTP .....                            | 638        |
| 23.3.1    | Automatische Auswertung von Webseiten .....                     | 640        |
| 23.4      | E-Mails senden mit SMTP .....                                   | 642        |
| 23.5      | Aufgaben .....                                                  | 645        |
| 23.6      | Lösungen .....                                                  | 647        |
| <b>24</b> | <b>Datenbanken</b> .....                                        | <b>653</b> |
| 24.1      | Was ist ein Datenbanksystem? .....                              | 653        |
| 24.2      | Entity-Relationship-Diagramme (ER-Diagramme) .....              | 654        |
| 24.3      | Relationale Datenbanken .....                                   | 655        |
| 24.4      | Darstellung von Relationen als Listen oder Dictionaries .....   | 656        |
| 24.5      | Das Modul sqlite3 .....                                         | 657        |
| 24.5.1    | Eine Tabelle anlegen .....                                      | 657        |
| 24.5.2    | Anfragen an eine Datenbank .....                                | 659        |
| 24.5.3    | SQL-Anweisungen mit variablen Teilen .....                      | 660        |
| 24.5.4    | SQL-Injections .....                                            | 661        |
| 24.6      | Online-Redaktionssystem mit Datenbankanbindung .....            | 662        |
| 24.6.1    | Objektorientierte Analyse (OOA) .....                           | 664        |
| 24.6.2    | Objektorientierter Entwurf des Systems (OOD) .....              | 664        |
| 24.6.3    | Hintergrund: Authentifizieren mit MD5-Fingerprints .....        | 666        |
| 24.6.4    | Implementierung des Redaktionssystems<br>mit Python (OOP) ..... | 667        |
| 24.7      | Aufgaben .....                                                  | 676        |
| 24.8      | Lösungen .....                                                  | 677        |
| <b>25</b> | <b>Testen und Tuning</b> .....                                  | <b>681</b> |
| 25.1      | Automatisiertes Testen .....                                    | 681        |
| 25.2      | Testen mit Docstrings – das Modul doctest .....                 | 682        |
| 25.3      | Praxisbeispiel: Suche nach dem Wort des Jahres .....            | 684        |
| 25.4      | Klassen testen mit doctest .....                                | 691        |
| 25.4.1    | Wie testet man eine Klasse? .....                               | 691        |
| 25.4.2    | Normalisierte Whitespaces – doctest-Direktiven .....            | 692        |
| 25.4.3    | Ellipsen verwenden .....                                        | 692        |
| 25.4.4    | Dictionaries testen .....                                       | 693        |

|           |                                                                             |            |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 25.5      | Gestaltung von Testreihen mit unittest .....                                | 693        |
| 25.5.1    | Einführendes Beispiel mit einem Testfall .....                              | 693        |
| 25.5.2    | Klassen des Moduls unittest .....                                           | 695        |
| 25.5.3    | Weiterführendes Beispiel .....                                              | 697        |
| 25.6      | Tuning .....                                                                | 701        |
| 25.6.1    | Performance-Analyse mit dem Profiler .....                                  | 701        |
| 25.6.2    | Praxisbeispiel: Auswertung astronomischer<br>Fotografien .....              | 703        |
| 25.6.3    | Performance-Analyse und Tuning .....                                        | 709        |
| 25.7      | Aufgaben .....                                                              | 710        |
| 25.8      | Lösungen .....                                                              | 712        |
| <b>26</b> | <b>XML und JSON .....</b>                                                   | <b>719</b> |
| 26.1      | Was ist XML? .....                                                          | 719        |
| 26.2      | XML-Dokumente .....                                                         | 720        |
| 26.3      | Ein XML-Dokument als Baum .....                                             | 722        |
| 26.4      | DOM .....                                                                   | 723        |
| 26.5      | Das Modul xml.dom.minidom .....                                             | 726        |
| 26.5.1    | XML-Dokumente und DOM-Objekte .....                                         | 726        |
| 26.5.2    | Die Basisklasse Node .....                                                  | 728        |
| 26.5.3    | Die Klassen Document, Element und Text .....                                | 730        |
| 26.6      | Attribute von XML-Elementen .....                                           | 732        |
| 26.7      | Anwendungsbeispiel 1: Eine XML-basierte Klasse .....                        | 732        |
| 26.8      | Anwendungsbeispiel 2: Datenkommunikation mit XML .....                      | 735        |
| 26.8.1    | Überblick .....                                                             | 736        |
| 26.8.2    | Das Client-Programm .....                                                   | 737        |
| 26.8.3    | Das Server-Programm .....                                                   | 740        |
| 26.9      | JSON .....                                                                  | 744        |
| 26.9.1    | JSON-Texte decodieren .....                                                 | 745        |
| 26.9.2    | Decodierungsfehler .....                                                    | 746        |
| 26.9.3    | Ein Dictionary als JSON-Objekt speichern:<br>Kompakt oder gut lesbar? ..... | 746        |
| 26.9.4    | Projekt: Verarbeitung von Wetterdaten .....                                 | 749        |
| 26.10     | Aufgaben .....                                                              | 752        |
| 26.11     | Lösungen .....                                                              | 753        |
| <b>27</b> | <b>Modellieren mit Kellern, Schlangen und Graphen .....</b>                 | <b>755</b> |
| 27.1      | Stack (Keller, Stapel) .....                                                | 755        |

|           |                                                         |            |
|-----------|---------------------------------------------------------|------------|
| 27.2      | Queue (Schlange) .....                                  | 758        |
| 27.3      | Graphen .....                                           | 759        |
| 27.4      | Aufgaben .....                                          | 769        |
| 27.5      | Lösungen .....                                          | 771        |
| <b>28</b> | <b>Benutzungsoberflächen mit Qt .....</b>               | <b>775</b> |
| 28.1      | Was bietet PyQt5? .....                                 | 775        |
| 28.1.1    | PyQt5 erkunden .....                                    | 776        |
| 28.2      | Wie arbeitet PyQt? Applikation und Fenster .....        | 776        |
| 28.3      | Eine objektorientierte Anwendung mit PyQt5 .....        | 777        |
| 28.4      | Ein Webbrowser .....                                    | 778        |
| 28.5      | Interaktive Widgets .....                               | 781        |
| 28.6      | Label – Ausgabe von Text und Bild .....                 | 783        |
| 28.7      | Signale .....                                           | 784        |
| 28.8      | Checkboxes und Radiobuttons .....                       | 785        |
| 28.9      | Auswahlliste (ComboBox) .....                           | 788        |
| 28.10     | Gemeinsame Operationen der Widgets .....                | 790        |
| 28.11     | Spezielle Methoden eines Fensters .....                 | 791        |
| 28.12     | Events .....                                            | 793        |
| 28.13     | Fonts .....                                             | 794        |
| 28.14     | Stylesheets .....                                       | 796        |
| 28.15     | Icons .....                                             | 799        |
| 28.16     | Messageboxen .....                                      | 799        |
| 28.17     | Timer .....                                             | 800        |
| 28.18     | Das Qt-Layout unter der Lupe .....                      | 802        |
| 28.18.1   | Absolute Positionierung und Größe .....                 | 803        |
| 28.18.2   | Raster-Layout .....                                     | 804        |
| 28.18.3   | Form-Layout .....                                       | 805        |
| 28.19     | Browser für jeden Zweck .....                           | 807        |
| 28.19.1   | Die Klasse QWebEngineView .....                         | 808        |
| 28.20     | Ein Webbrowser mit Filter .....                         | 808        |
| 28.21     | Surfen mit Geschichte – der Verlauf einer Sitzung ..... | 810        |
| 28.22     | Aufgaben .....                                          | 812        |
| 28.23     | Lösungen .....                                          | 813        |
| <b>29</b> | <b>Multimediaanwendungen mit Qt .....</b>               | <b>819</b> |
| 29.1      | Kalender und Textfeld – ein digitales Tagebuch .....    | 819        |
| 29.1.1    | Programmierung .....                                    | 820        |

|           |                                                          |            |
|-----------|----------------------------------------------------------|------------|
| 29.2      | Kamerabilder .....                                       | 825        |
| 29.3      | Dialoge .....                                            | 827        |
| 29.3.1    | Projekt Ansichtskarte .....                              | 829        |
| 29.4      | Videoplayer .....                                        | 833        |
| 29.4.1    | Ein einfacher Videoplayer .....                          | 833        |
| 29.4.2    | Videoplayer mit Playlist .....                           | 837        |
| 29.4.3    | Regeln zur Änderung der Größe (Size Policy) .....        | 840        |
| 29.4.4    | Das Dashboard bei Mausbewegungen einblenden .....        | 841        |
| 29.5      | Aufgaben .....                                           | 844        |
| 29.6      | Lösungen .....                                           | 848        |
| <b>30</b> | <b>Rechnen mit NumPy .....</b>                           | <b>857</b> |
| 30.1      | NumPy installieren .....                                 | 857        |
| 30.2      | Arrays erzeugen .....                                    | 857        |
| 30.2.1    | Arrays .....                                             | 858        |
| 30.2.2    | Matrizen und Vektoren .....                              | 860        |
| 30.2.3    | Zahlenfolgen .....                                       | 860        |
| 30.2.4    | Zufallsarrays .....                                      | 861        |
| 30.2.5    | Spezielle Arrays .....                                   | 862        |
| 30.3      | Indizieren .....                                         | 863        |
| 30.4      | Slicing .....                                            | 864        |
| 30.5      | Arrays verändern .....                                   | 865        |
| 30.6      | Arithmetische Operationen .....                          | 867        |
| 30.7      | Funktionen, die elementweise ausgeführt werden .....     | 868        |
| 30.8      | Einfache Visualisierung .....                            | 869        |
| 30.9      | Matrizenmultiplikation mit dot() .....                   | 870        |
| 30.10     | Array-Funktionen und Achsen .....                        | 871        |
| 30.11     | Projekt: Diffusion .....                                 | 873        |
| 30.12     | Vergleiche .....                                         | 876        |
| 30.13     | Projekt: Wolken am Himmel .....                          | 876        |
| 30.14     | Projekt: Wie versteckt man ein Buch in einem Bild? ..... | 879        |
| 30.15     | Datenanalyse mit Histogrammen .....                      | 882        |
| 30.16     | Wie funktioniert ein Medianfilter? .....                 | 885        |
| 30.17     | Rechnen mit SciPy .....                                  | 888        |
| 30.17.1   | Lineare Gleichungssysteme lösen .....                    | 888        |
| 30.17.2   | Integration .....                                        | 890        |
| 30.18     | Aufgaben .....                                           | 891        |
| 30.19     | Lösungen .....                                           | 894        |

|           |                                                                    |            |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>31</b> | <b>Messdaten verarbeiten</b>                                       | <b>899</b> |
| 31.1      | Messwerte in einem Diagramm darstellen – Matplotlib und<br>tkinter | 899        |
| 31.1.1    | Basisprojekt                                                       | 899        |
| 31.1.2    | Erweiterung: Den letzten Wert löschen                              | 903        |
| 31.1.3    | Das Aussehen eines Diagramms gestalten                             | 905        |
| 31.2      | Messwerte aus einem Multimeter lesen und darstellen                | 908        |
| 31.2.1    | Vorbereitung                                                       | 908        |
| 31.2.2    | Werte auslesen                                                     | 909        |
| 31.2.3    | Welche Ziffern zeigt das Display des Multimeters?                  | 912        |
| 31.3      | Anzeige der Temperatur                                             | 916        |
| 31.4      | Messreihen aufzeichnen                                             | 918        |
| 31.5      | Aufgabe                                                            | 921        |
| 31.6      | Lösung                                                             | 921        |
| <b>32</b> | <b>Parallele Datenverarbeitung</b>                                 | <b>925</b> |
| 32.1      | Was sind parallele Programme?                                      | 925        |
| 32.2      | Prozesse starten und abbrechen                                     | 926        |
| 32.3      | Funktionen in eigenen Prozessen starten                            | 927        |
| 32.4      | Prozesse zusammenführen – join()                                   | 929        |
| 32.5      | Wie können Prozesse Objekte austauschen?                           | 929        |
| 32.5.1    | Objekte als Argumente übergeben                                    | 929        |
| 32.5.2    | Objekte über eine Pipe senden und empfangen                        | 930        |
| 32.5.3    | Objekte über eine Queue austauschen                                | 931        |
| 32.6      | Daten im Pool bearbeiten                                           | 932        |
| 32.6.1    | Mit dem Pool geht's schneller – ein Zeitexperiment                 | 933        |
| 32.6.2    | Forschen mit Big Data aus dem Internet                             | 934        |
| 32.7      | Synchronisation                                                    | 937        |
| 32.8      | Produzenten und Konsumenten                                        | 940        |
| 32.8.1    | Sprücheklopfer                                                     | 940        |
| 32.9      | Aufgaben                                                           | 942        |
| 32.10     | Lösungen                                                           | 943        |
| <b>A</b>  | <b>Anhang</b>                                                      | <b>947</b> |
| A.1       | Zeichencodierung                                                   | 947        |
| A.1.1     | Codierung von Sonderzeichen in HTML                                | 947        |
| A.2       | Quellen im WWW                                                     | 947        |
| A.3       | Standardfunktionen und Standardklassen                             | 948        |

|       |                                                      |     |
|-------|------------------------------------------------------|-----|
| A.4   | Mathematische Funktionen .....                       | 950 |
| A.4.1 | Das Modul math .....                                 | 950 |
| A.4.2 | Das Modul random .....                               | 951 |
| B     | <b>Glossar</b> .....                                 | 953 |
| C     | <b>Download der Programmbeispiele</b> .....          | 965 |
| D     | <b>Ein Python-Modul veröffentlichen: PyPI</b> .....  | 967 |
| D.1   | Bei PyPI und TestPyPI registrieren .....             | 968 |
| D.2   | Ein Paket für die Veröffentlichung vorbereiten ..... | 969 |
| D.2.1 | Die Programmdatei setup.py .....                     | 969 |
| D.2.2 | Die Lizenz .....                                     | 970 |
| D.2.3 | Die Datei README.txt .....                           | 971 |
| D.2.4 | Die Datei __init__.py .....                          | 972 |
| D.3   | Das Paket auf PyPI veröffentlichen .....             | 972 |
| D.3.1 | Das Paket aktualisieren .....                        | 973 |
|       | <b>Stichwortverzeichnis</b> .....                    | 975 |