

# Der Python-Kurs für Ingenieure und Naturwissenschaftler

Das Praxisbuch für NumPy, SciPy und Matplotlib

# DAS INHALTS- VERZEICHNIS

» Hier geht's  
direkt  
zum Buch

# Inhalt

Materialien zum Buch .....	14
----------------------------	----

## **1 Einführung** 15

---

<b>1.1 Entwicklungsumgebungen</b> .....	16
1.1.1 IDLE .....	16
1.1.2 Thonny .....	17
1.1.3 Spyder .....	19
1.1.4 Pip .....	19
<b>1.2 Die Module von Python</b> .....	20
1.2.1 NumPy .....	20
1.2.2 Matplotlib .....	21
1.2.3 SymPy .....	22
1.2.4 SciPy .....	23
1.2.5 VPython .....	23
<b>1.3 Die Schlüsselwörter von Python</b> .....	25
<b>1.4 Ihr Weg durch dieses Buch</b> .....	26

## **2 Programmstrukturen** 29

---

<b>2.1 Lineare Programmstruktur</b> .....	29
2.1.1 Lineare Programme ohne Funktionsaufrufe .....	30
<b>2.2 Funktionen</b> .....	38
2.2.1 Eingebaute Funktionen .....	39
2.2.2 Funktionen ohne Parameter und ohne Rückgabewert .....	40
2.2.3 Funktionen mit Parametern und Rückgabe .....	42
2.2.4 Funktionen mit mehreren Rückgabewerten .....	44
2.2.5 Funktionen rufen andere Funktionen auf .....	46
<b>2.3 Verzweigungsstrukturen</b> .....	47
2.3.1 Einfachauswahl .....	48
2.3.2 Mehrfachauswahl .....	49

<b>2.4</b>	<b>Wiederholungsstrukturen</b> .....	52
2.4.1	Die while-Schleife .....	52
2.4.2	Die for-Schleife .....	59
<b>2.5</b>	<b>Datenstrukturen</b> .....	67
2.5.1	Tupel .....	67
2.5.2	Listen .....	70
2.5.3	Dictionaries .....	76
2.5.4	Sets .....	79
<b>2.6</b>	<b>Funktionaler Programmstil</b> .....	81
<b>2.7</b>	<b>Objektorientierter Programmstil</b> .....	84
2.7.1	Objekte und Klassen .....	85
2.7.2	Vererbung .....	89
<b>2.8</b>	<b>Projektaufgabe: Dimensionierung einer Welle</b> .....	91
<b>2.9</b>	<b>Aufgaben</b> .....	93

## **3 Numerische Berechnungen mit NumPy** 95

---

<b>3.1</b>	<b>NumPy-Funktionen</b> .....	95
3.1.1	Eindimensionale Arrays mit arange() und linspace() erzeugen .....	96
3.1.2	Zweidimensionale Arrays mit array() erzeugen .....	99
3.1.3	Slicing .....	101
3.1.4	Mathematische NumPy-Funktionen .....	102
3.1.5	Statistische NumPy-Funktionen .....	104
<b>3.2</b>	<b>Vektoren</b> .....	106
3.2.1	Addition von Vektoren .....	106
3.2.2	Skalarprodukt .....	109
3.2.3	Kreuzprodukt .....	110
3.2.4	Spatprodukt .....	112
3.2.5	Dyadisches Produkt .....	113
<b>3.3</b>	<b>Matrizenmultiplikation</b> .....	114
<b>3.4</b>	<b>Lineare Gleichungssysteme</b> .....	122
3.4.1	Gleichungssysteme mit reellen Koeffizienten .....	122
3.4.2	Gleichungssysteme mit komplexen Koeffizienten .....	124
<b>3.5</b>	<b>Projektaufgabe: Blitzschutzsystem</b> .....	126
<b>3.6</b>	<b>Aufgaben</b> .....	129

---

<b>4</b>	<b>Funktionsdarstellungen und Animationen mit Matplotlib</b>	131
<hr/>		
<b>4.1</b>	<b>2D-Funktionsplots</b>	131
4.1.1	Grundstruktur eines Funktionsplots	132
4.1.2	Gitternetzlinien	139
4.1.3	Beschriftungen	141
4.1.4	Liniestile	144
4.1.5	Achsgestaltung	146
4.1.6	Flächen einfärben	152
4.1.7	Unterdiagramme	155
4.1.8	Parameterdarstellung	162
4.1.9	Funktionsparameter interaktiv ändern	165
4.1.10	Konturplots	171
<b>4.2</b>	<b>3D-Funktionsplots</b>	174
4.2.1	Schraubenlinie	174
4.2.2	Kreisring	176
4.2.3	Kombination eines 3D-Plots mit einem Konturplot	177
<b>4.3</b>	<b>Vektoren</b>	179
4.3.1	Addition von Vektoren	180
4.3.2	Vektorfeld	181
<b>4.4</b>	<b>Figuren, Linien und Pfeile darstellen</b>	183
4.4.1	Rechtecke	183
4.4.2	Kreise und Linien	185
4.4.3	Pfeile	187
4.4.4	Polygone	188
4.4.5	Anwendungsbeispiel: Metallstab im magnetischen Feld	190
<b>4.5</b>	<b>Animationen</b>	191
4.5.1	Eine einfache Animation: Verschieben einer Sinusfunktion	193
4.5.2	Animierter schiefer Wurf	196
4.5.3	Animierte Planetenbahn	198
<b>4.6</b>	<b>Projektaufgabe: Stirling-Kreisprozess</b>	200
<b>4.7</b>	<b>Projektaufgabe: Animation eines Fadenpendels</b>	207
<b>4.8</b>	<b>Projektaufgabe: Animation eines Getriebes</b>	211
<b>4.9</b>	<b>Aufgaben</b>	215

<b>5</b>	<b>Symbolisches Rechnen mit SymPy</b>	219
<b>5.1</b>	<b>Mathematische Grundoperationen</b>	223
5.1.1	Addition	223
5.1.2	Multiplikation von Termen	225
5.1.3	Multiplikation von Linearfaktoren	226
5.1.4	Division	227
5.1.5	Potenzieren	228
5.1.6	Anwendungsbeispiel: Analyse eines elektrischen Energieübertragungssystems	228
<b>5.2</b>	<b>Matrizen multiplizieren</b>	230
5.2.1	Rechenregel	230
5.2.2	Übertragungsfunktion einer Kettenschaltung	231
<b>5.3</b>	<b>Gleichungen</b>	233
5.3.1	Lineare Gleichungssysteme	234
5.3.2	Nichtlineare Gleichungssysteme	236
<b>5.4</b>	<b>Vereinfachungen von Ausdrücken</b>	239
<b>5.5</b>	<b>Reihenentwicklung</b>	241
<b>5.6</b>	<b>Partialbrüche</b>	242
<b>5.7</b>	<b>Kettenbrüche</b>	244
<b>5.8</b>	<b>Grenzwerte</b>	248
5.8.1	Grenzwerte von Folgen	248
5.8.2	Grenzwerte von Funktionen	250
5.8.3	Differenzialquotient	251
<b>5.9</b>	<b>Differenzieren</b>	252
<b>5.10</b>	<b>Integrieren</b>	255
5.10.1	Unbestimmtes Integral	256
5.10.2	Bestimmtes Integral	257
5.10.3	Anwendungsbeispiel: Gespeicherte elektrische Energie	258
<b>5.11</b>	<b>Differenzialgleichungen</b>	260
5.11.1	Lineare DGL erster Ordnung	261
5.11.2	Allgemeine Lösung einer DGL zweiter Ordnung	265
5.11.3	Spezielle Lösung einer DGL zweiter Ordnung	268
<b>5.12</b>	<b>Laplace-Transformation</b>	270
5.12.1	Lösen von Differenzialgleichungen	270
5.12.2	Analyse von Netzwerken mit Übertragungsfunktion	275

<b>5.13</b>	<b>Projektaufgabe: Sprungantwort einer Kettenschaltung</b> .....	279
<b>5.14</b>	<b>Projektaufgabe: Durchbiegung eines einseitig eingespannten Balkens</b> ...	281
5.14.1	Flächenmoment 2. Grades .....	281
5.14.2	Gleichung der Biegelinie .....	283
<b>5.15</b>	<b>Projektaufgabe: Reaktionskinetik</b> .....	287
<b>5.16</b>	<b>Projektaufgabe: Zweimassenschwinger</b> .....	291
<b>5.17</b>	<b>Aufgaben</b> .....	294

## **6 Numerische Berechnungen und Simulationen mit SciPy** 297

---

<b>6.1</b>	<b>Nullstellen numerisch berechnen</b> .....	298
<b>6.2</b>	<b>Optimierungen</b> .....	300
<b>6.3</b>	<b>Interpolationen</b> .....	302
<b>6.4</b>	<b>Numerisches Differenzieren</b> .....	304
6.4.1	Methoden der numerischen Differenziation .....	304
6.4.2	Tangentensteigung zeichnen .....	306
6.4.3	Ableitung einer Sinusfunktion .....	307
6.4.4	Anwendungsbeispiel: freier Fall .....	309
<b>6.5</b>	<b>Numerisches Integrieren</b> .....	312
6.5.1	Methoden der numerischen Integration .....	312
6.5.2	Bestimmtes Integral .....	314
6.5.3	Eine Konstante integrieren .....	316
6.5.4	Anwendungsbeispiel: Freier Fall .....	318
6.5.5	Uneigentliches Integral .....	320
6.5.6	Bogenlängen berechnen .....	322
6.5.7	Volumen und Oberflächen von Rotationskörpern .....	323
6.5.8	Zweifachintegrale .....	324
6.5.9	Dreifachintegrale .....	326
<b>6.6</b>	<b>Differenzialgleichungen numerisch lösen</b> .....	327
6.6.1	Numerische Lösung von Differenzialgleichungen .....	328
6.6.2	Lineare DGL erster Ordnung .....	332
6.6.3	Lineare DGL zweiter Ordnung .....	335
6.6.4	Nichtlineare DGL zweiter Ordnung .....	339
6.6.5	DGL-System zweiter Ordnung: Gekoppeltes Federpendel .....	343
6.6.6	Nichtlineares DGL-System zweiter Ordnung: Doppelpendel .....	346

<b>6.7</b>	<b>Diskrete Fourier-Transformation</b> .....	349
6.7.1	Grundsätzliche Verwendung der FFT .....	351
6.7.2	Frequenzspektren von nicht sinusförmigen periodischen Signalen .....	351
6.7.3	Verrauschtes Signal rekonstruieren .....	354
<b>6.8</b>	<b>Schreiben und Auslesen von Sounddateien</b> .....	356
6.8.1	Signale erzeugen und abspeichern .....	357
6.8.2	Signale auslesen und darstellen .....	358
<b>6.9</b>	<b>Signalverarbeitung</b> .....	359
6.9.1	Frequenzgang eines Butterworth-Tiefpasses .....	359
6.9.2	Frequenzgang einer Frequenzweiche .....	362
6.9.3	Signale filtern .....	363
<b>6.10</b>	<b>Projektaufgabe: Simulation eines Wälzlagerschadens</b> .....	365
<b>6.11</b>	<b>Projektaufgabe: Räuber-Beute-Modell</b> .....	368
6.11.1	Exponentielles Wachstum .....	369
6.11.2	Logistisches Wachstum .....	369
6.11.3	Räuber-Beute-Beziehung für exponentielles Wachstum .....	370
6.11.4	Räuber-Beute-Beziehung für logistisches Wachstum .....	370
<b>6.12</b>	<b>Projektaufgabe: Simulation einer Epidemie</b> .....	373
<b>6.13</b>	<b>Aufgaben</b> .....	375
<b>7</b>	<b>3D-Grafik und Animationen mit VPython</b> .....	379
<hr/>		
<b>7.1</b>	<b>Das Koordinatensystem</b> .....	380
<b>7.2</b>	<b>Grundkörper, Punkte und Linien</b> .....	382
7.2.1	Zylinder .....	383
7.2.2	Quader .....	385
7.2.3	Punkte .....	387
7.2.4	Linien .....	389
7.2.5	Kugel .....	391
7.2.6	Durchdringung .....	394
7.2.7	Zusammengesetzte Körper .....	395
<b>7.3</b>	<b>Körper bewegen sich</b> .....	397
7.3.1	Senkrechte Bewegung .....	397
7.3.2	Waagerechte Bewegung .....	398
7.3.3	Bewegung im Raum .....	400
7.3.4	Zusammengesetzte Bewegung .....	402

7.3.5	Rotationsbewegungen .....	404
7.3.6	Zufällige Bewegung von Körpern .....	409
<b>7.4</b>	<b>Animation von Schwingungen .....</b>	<b>411</b>
7.4.1	Fadenpendel .....	411
7.4.2	Federpendel .....	413
<b>7.5</b>	<b>Ereignisverarbeitung .....</b>	<b>416</b>
<b>7.6</b>	<b>Projektaufgabe: Animation eines gekoppelten Federpendels .....</b>	<b>419</b>
<b>7.7</b>	<b>Projektaufgabe: Animation von zwei gekoppelten Fadenpendeln .....</b>	<b>422</b>
<b>7.8</b>	<b>Aufgaben .....</b>	<b>425</b>
<b>8</b>	<b>Rechnen mit komplexen Zahlen .....</b>	<b>427</b>
<b>8.1</b>	<b>Mathematische Operationen .....</b>	<b>428</b>
<b>8.2</b>	<b>Die eulersche Formel .....</b>	<b>430</b>
<b>8.3</b>	<b>Rechnen mit komplexen Widerständen .....</b>	<b>432</b>
<b>8.4</b>	<b>Funktionsplots mit komplexen Größen .....</b>	<b>435</b>
8.4.1	Komplexer Frequenzgang eines Reihenschwingkreises .....	435
8.4.2	Ortskurven .....	437
<b>8.5</b>	<b>Projektaufgabe: Elektrisches Energieübertragungssystem .....</b>	<b>439</b>
<b>8.6</b>	<b>Aufgaben .....</b>	<b>445</b>
<b>9</b>	<b>Statistische Berechnungen .....</b>	<b>447</b>
<b>9.1</b>	<b>Messwerte erzeugen, abspeichern und auslesen .....</b>	<b>449</b>
9.1.1	Messwerte erzeugen .....	449
9.1.2	Messreihe in eine Tabelle umwandeln .....	451
9.1.3	Messwerte in eine Datei schreiben .....	452
9.1.4	Messwerte aus einer Datei auslesen .....	453
<b>9.2</b>	<b>Häufigkeitsverteilung .....</b>	<b>454</b>
9.2.1	Häufigkeitstabellen .....	454
9.2.2	Histogramme .....	456
<b>9.3</b>	<b>Lageparameter .....</b>	<b>457</b>
9.3.1	Arithmetischer Mittelwert .....	458
9.3.2	Modus, Median, harmonischer und geometrischer Mittelwert .....	459



<b>9.4</b>	<b>Streuungsparameter</b> .....	461
<b>9.5</b>	<b>Normalverteilung</b> .....	465
9.5.1	Grafische Darstellung der Dichtefunktion .....	466
9.5.2	Wahrscheinlichkeitsverteilung .....	467
<b>9.6</b>	<b>Schiefe</b> .....	468
<b>9.7</b>	<b>Regressionsanalyse</b> .....	470
9.7.1	Berechnung der Regressionsparameter .....	471
9.7.2	Darstellung des Streudiagramms und der Regressionsgeraden .....	474
<b>9.8</b>	<b>Projektaufgabe: Simulation einer Qualitätsregelkarte</b> .....	475
<b>9.9</b>	<b>Aufgaben</b> .....	480

## **10 Boolesche Algebra** 483

---

<b>10.1</b>	<b>Logische Verknüpfungen</b> .....	484
10.1.1	Konjunktion .....	484
10.1.2	Disjunktion .....	485
10.1.3	Negation .....	486
<b>10.2</b>	<b>Gesetze der booleschen Algebra</b> .....	488
10.2.1	Einfache Postulate .....	488
10.2.2	Die demorganschen Gesetze .....	488
10.2.3	Distributivgesetz .....	489
<b>10.3</b>	<b>Schaltungssynthese</b> .....	490
10.3.1	Vereinfachen von Logikfunktionen durch Ausklammern .....	491
10.3.2	Vereinfachung mit der disjunktiven Normalform .....	492
10.3.3	Vereinfachung mit der konjunktiven Normalform .....	494
<b>10.4</b>	<b>Projektaufgabe: Siebensegmentcodierung</b> .....	495
<b>10.5</b>	<b>Aufgaben</b> .....	498

## **11 Interaktive Programmierung mit Tkinter** 501

---

<b>11.1</b>	<b>Interaktionen mit Befehlsschaltflächen, Textfeldern und Bezeichnungsfeldern</b> .....	503
11.1.1	Bezeichnungsfelder .....	503
11.1.2	Textfelder und Befehlsschaltflächen .....	504

---

<b>11.2</b>	<b>Der Layout-Manager von Tkinter</b> .....	505
11.2.1	Die pack-Methode .....	506
11.2.2	Die grid-Methode .....	509
11.2.3	Zusammenfassung .....	511
<b>11.3</b>	<b>Auswahl mit Radiobutton</b> .....	512
<b>11.4</b>	<b>Slider</b> .....	514
<b>11.5</b>	<b>Die Zeichenfläche Canvas</b> .....	515
11.5.1	Linien darstellen .....	515
11.5.2	Funktionsplots .....	517
11.5.3	Mauskoordinaten abfragen .....	519
<b>11.6</b>	<b>Projektaufgabe: Drehfrequenzregelung eines fremderregten Gleichstrommotors</b> .....	521
<b>11.7</b>	<b>Aufgaben</b> .....	534

## **Anhang** .....

---

<b>A.1</b>	<b>Glossar: Grundbegriffe der praktischen Informatik</b> .....	535
<b>A.2</b>	<b>Ableitungen elementarer Funktionen</b> .....	536
<b>A.3</b>	<b>Stammfunktionen elementarer Funktionen</b> .....	537
<b>A.4</b>	<b>Fourier-Reihen wichtiger elektrotechnischer Spannungsverläufe</b> .....	538
<b>A.5</b>	<b>Korrespondenztabelle wichtiger inverser Laplace-Transformationen</b> .....	539
<b>A.6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	540
	<b>Index</b> .....	543

# Materialien zum Buch

Auf der Webseite zu diesem Buch stehen folgende Materialien für Sie zum Download bereit:

- ▶ **Musterlösungen zu den Übungsaufgaben**
- ▶ **Python-Code der Beispiele**
- ▶ **Beispielgrafiken in Farbe**

Gehen Sie auf [www.rheinwerk-verlag.de/5624](http://www.rheinwerk-verlag.de/5624). Klicken Sie auf den Reiter MATERIALIEN. Sie sehen die herunterladbaren Dateien samt einer Kurzbeschreibung des Dateiinhalts. Klicken Sie auf den Button HERUNTERLADEN, um den Download zu starten. Je nach Größe der Datei (und Ihrer Internetverbindung) kann es einige Zeit dauern, bis der Download abgeschlossen ist.