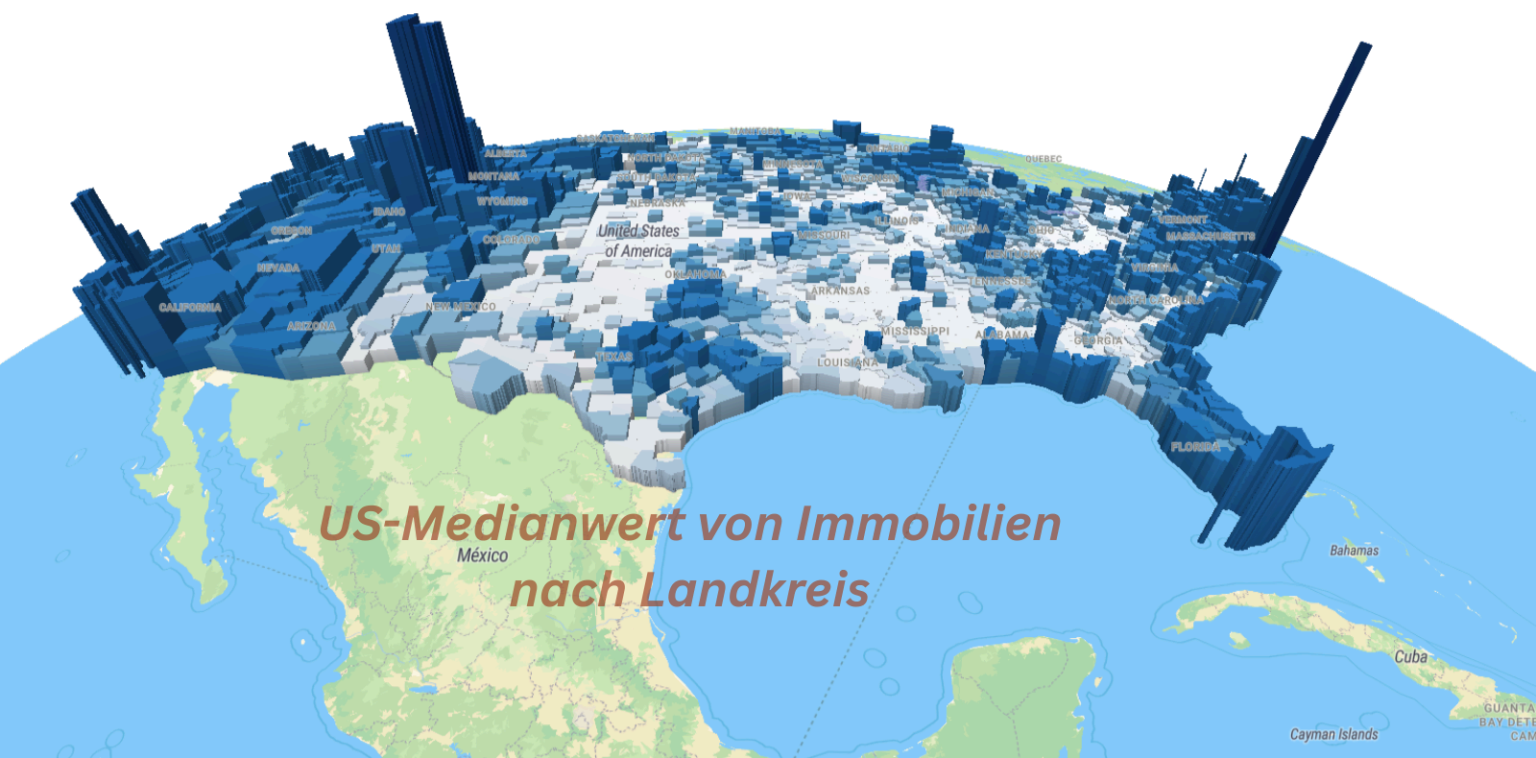


# Einführung in die GIS- Programmierung

Ein praktischer Python-Leitfaden für  
Open-Source-Geoinformatik-Tools

Qiusheng Wu



# Einführung in die GIS-Programmierung

Ein praktischer Python-Leitfaden für Open-  
Source-Geoinformatik-Tools

Qiusheng Wu  
2025

# Contents

<b>Vorwort</b>	<b>1</b>
Pendahuluan	3
Untuk Siapa Buku Ini	3
Apa yang Dicakup Buku Ini	4
Mendapatkan yang Terbaik dari Buku Ini	5
Konvensi yang Digunakan dalam Buku Ini	5
Mengunduh Contoh Kode	6
Tutorial Video	6
Hubungi Kami	7
Ucapan Terima Kasih	7
Tentang Penulis	8
Lisensi dan Hak Cipta	8
<b>I: Softwareeinrichtung</b>	<b>11</b>
<b>1. Überblick über Software-Tools</b>	<b>13</b>
1.1. Pendahuluan	13
1.2. Tujuan Pembelajaran	13
1.3. Alat-alat Perangkat Lunak Penting	13
1.4. Integrasi Alat dan Alur Kerja	15
1.5. Menjalankan Contoh Kode	16
1.6. Poin-poin Penting	16
<b>2. Einführung in das Python-Paketmanagement</b>	<b>17</b>
2.1. Pendahuluan	17
2.2. Tujuan Pembelajaran	17
2.3. Menginstal Conda (Miniconda)	18
2.4. Memahami Konsep Conda	19
2.5. Membuat Lingkungan Geospasial Pertama Anda	20
2.6. Troubleshooting Conda	21
2.7. Perintah Conda Penting	22
2.8. Memperkenalkan uv: Alternatif Cepat	26
2.9. Praktik Terbaik untuk Manajemen Paket	27
2.10. Poin-poin Penting	28
2.11. Latihan	28
<b>3. Visual Studio Code einrichten</b>	<b>30</b>
3.1. Pendahuluan	30
3.2. Tujuan Pembelajaran	30
3.3. Menginstal Visual Studio Code	31
3.4. Ekstensi Penting untuk Pemrograman Python	31
3.5. Mengkonfigurasi VS Code untuk Pengembangan Python	33
3.6. Shortcut Keyboard Penting	34
3.7. Referensi dan Pembelajaran Lebih Lanjut	36
3.8. Poin-poin Penting	36
3.9. Latihan	36
<b>4. Versionskontrolle mit Git</b>	<b>38</b>
4.1. Pendahuluan	38
4.2. Tujuan Pembelajaran	39
4.3. Mengatur Akun GitHub	39

4.4.	Menginstal Git .....	39
4.5.	Mengkonfigurasi Git .....	40
4.6.	Memahami Konsep Git .....	40
4.7.	Perintah Git Penting .....	41
4.8.	Menggunakan GitHub .....	44
4.9.	Integrasi dengan VS Code .....	45
4.10.	Praktik Terbaik untuk Proyek Geospasial .....	45
4.11.	Poin-poin Penting .....	46
4.12.	Latihan .....	47
<b>5.</b>	<b><i>Google Colab verwenden</i></b> .....	<b>49</b>
5.1.	Pendahuluan .....	49
5.2.	Tujuan Pembelajaran .....	49
5.3.	Memulai dengan Google Colab .....	49
5.4.	Mengatur Lingkungan Geospasial Anda .....	51
5.5.	Fitur Colab Penting .....	52
5.6.	Menjalankan Contoh Kode di Colab .....	53
5.7.	Poin-poin Penting .....	54
5.8.	Latihan .....	54
<b>6.</b>	<b><i>Arbeiten mit JupyterLab</i></b> .....	<b>55</b>
6.1.	Pendahuluan .....	55
6.2.	Tujuan Pembelajaran .....	55
6.3.	Menginstal dan Mengatur JupyterLab .....	55
6.4.	Memulai dengan JupyterLab .....	56
6.5.	Shortcut Keyboard Penting .....	59
6.6.	Menjalankan Contoh Kode di MyBinder .....	61
6.7.	Poin-poin Penting .....	61
6.8.	Latihan .....	61
<b>7.</b>	<b><i>Docker verwenden</i></b> .....	<b>64</b>
7.1.	Pendahuluan .....	64
7.2.	Tujuan Pembelajaran .....	64
7.3.	Menginstal Docker Desktop .....	64
7.4.	Konsep Dasar .....	66
7.5.	Menjalankan Contoh Kode di Docker .....	66
7.6.	Perintah Docker Umum .....	67
7.7.	Poin-poin Penting .....	68
7.8.	Latihan .....	69
<b>II:</b>	<b>Grundlagen der Python-Programmierung</b> .....	<b>71</b>
<b>8.</b>	<b><i>Variablen und Datentypen</i></b> .....	<b>73</b>
8.1.	Pendahuluan .....	73
8.2.	Tujuan Pembelajaran .....	73
8.3.	Variabel dalam Python .....	73
8.4.	Penamaan Variabel .....	74
8.5.	Tipe Data .....	75
8.6.	Karakter Escape .....	76
8.7.	Komentar dalam Python .....	76
8.8.	Bekerja dengan Variabel dan Tipe Data .....	77
8.9.	Operasi String Dasar .....	77
8.10.	Poin-Poin Penting .....	78

8.11. Latihan .....	78
<b>9. Python-Datenstrukturen .....</b>	<b>80</b>
9.1. Pendahuluan .....	80
9.2. Tujuan Pembelajaran .....	80
9.3. Tuple .....	80
9.4. List .....	81
9.5. Set .....	84
9.6. Dictionary .....	86
9.7. Panduan Pemilihan Struktur Data .....	89
9.8. Poin-Poin Penting .....	90
9.9. Latihan .....	90
<b>10. String-Operationen .....</b>	<b>92</b>
10.1. Pendahuluan .....	92
10.2. Tujuan Pembelajaran .....	92
10.3. Membuat dan Memanipulasi String .....	92
10.4. Metode String untuk Data Geospasial .....	94
10.5. String Formatting .....	97
10.6. Panduan Keputusan Operasi String .....	100
10.7. Poin-Poin Penting .....	101
10.8. Latihan .....	101
<b>11. Schleifen und bedingte Anweisungen .....</b>	<b>103</b>
11.1. Pendahuluan .....	103
11.2. Tujuan Pembelajaran .....	103
11.3. For Loop .....	103
11.4. While Loop .....	105
11.5. Pernyataan Kontrol: Membuat Keputusan dalam Kode Anda .....	106
11.6. Menggabungkan Loop dan Pernyataan Kontrol .....	108
11.7. Panduan Keputusan Loop dan Pernyataan Kontrol .....	110
11.8. Poin-Poin Penting .....	110
11.9. Latihan .....	110
<b>12. Funktionen und Klassen .....</b>	<b>112</b>
12.1. Pendahuluan .....	112
12.2. Tujuan Pembelajaran .....	112
12.3. Fungsi: Membangun Blok Kode yang Dapat Digunakan Ulang .....	112
12.4. Kelas: Mengorganisir Data dan Perilaku Bersama-sama .....	118
12.5. Menggabungkan Fungsi dan Kelas .....	119
12.6. Panduan Desain Fungsi dan Kelas .....	120
12.7. Poin-Poin Penting .....	120
12.8. Latihan .....	121
<b>13. Arbeiten mit Dateien .....</b>	<b>122</b>
13.1. Pendahuluan .....	122
13.2. Tujuan Pembelajaran .....	122
13.3. Membuat File Sampel .....	122
13.4. Membaca dan Menulis File .....	123
13.5. Exception Handling .....	124
13.6. Menggabungkan Penanganan File dan Exception Handling .....	126
13.7. Bekerja dengan Format File yang Berbeda .....	127
13.8. Poin-Poin Penting .....	129

13.9. Latihan .....	130
<b>14. Datenanalyse mit NumPy und Pandas .....</b>	<b>132</b>
14.1. Pendahuluan .....	132
14.2. Tujuan Pembelajaran .....	132
14.3. Pengenalan NumPy .....	133
14.4. Pengenalan Pandas .....	143
14.5. Menggabungkan NumPy dan Pandas .....	150
14.6. Poin-Poin Penting .....	151
14.7. Bacaan Lebih Lanjut .....	152
14.8. Latihan .....	152
<b>III: Geoinformatik-Programmierung mit Python .....</b>	<b>155</b>
<b>15. Einführung in Geospatial Python .....</b>	<b>157</b>
15.1. Pendahuluan .....	157
15.2. Ekosistem Python Geospasial .....	157
15.3. Memahami Hubungan Pustaka .....	158
15.4. Menyiapkan Lingkungan Anda .....	158
15.5. Verifikasi dan Langkah Pertama .....	160
15.6. Jalur Pembelajaran dan Tinjauan Bab .....	160
15.7. Konsep Kunci untuk Diingat .....	161
15.8. Mendapatkan Bantuan dan Sumber Daya .....	162
15.9. Langkah Selanjutnya .....	162
15.10. Latihan .....	162
<b>16. Vektordatenanalyse mit GeoPandas .....</b>	<b>163</b>
16.1. Pendahuluan .....	163
16.2. Tujuan Pembelajaran .....	163
16.3. Konsep Inti .....	164
16.4. Menginstal GeoPandas .....	164
16.5. Membuat GeoDataFrames .....	164
16.6. Membaca dan Menulis Data Geospasial .....	165
16.7. Proyeksi dan Sistem Referensi Koordinat (CRS) .....	167
16.8. Pengukuran dan Analisis Spasial .....	168
16.9. Memvisualisasikan Data Geospasial .....	170
16.10. Operasi Geometris Lanjutan .....	175
16.11. Hubungan dan Query Spasial .....	178
16.12. Praktik Terbaik dan Pertimbangan Kinerja .....	179
16.13. Poin Kunci .....	180
16.14. Latihan .....	180
<b>17. Arbeiten mit Rasterdaten mit Rasterio .....</b>	<b>182</b>
17.1. Pendahuluan .....	182
17.2. Learning Objectives .....	182
17.3. Menginstal Rasterio .....	183
17.4. Membaca Data Raster .....	183
17.5. Memvisualisasikan Data Raster .....	186
17.6. Mengakses dan Memanipulasi Band Raster .....	194
17.7. Menulis Data Raster .....	195
17.8. Clipping Data Raster .....	196
17.9. Key Takeaways .....	199
17.10. Latihan .....	199

<b>18. <i>Mehrdimensionale Datenanalyse mit Xarray</i></b>	<b>202</b>
18.1. Pendahuluan	202
18.2. Tujuan Pembelajaran	202
18.3. Memahami Model Data Xarray	203
18.4. Menyiapkan Lingkungan Anda	204
18.5. Memuat dan Mengeksplorasi Data Iklim Nyata	204
18.6. Bekerja dengan DataArray	205
18.7. Seleksi dan Pengindeksan Data yang Intuitif	208
18.8. Melakukan Operasi pada Data Multi-Dimensi	208
18.9. Visualisasi Data dengan Xarray	210
18.10. Bekerja dengan Dataset: Beberapa Variabel	213
18.11. Kekuatan Operasi Berbasis Label	214
18.12. Teknik Pengindeksan Lanjutan	215
18.13. Operasi Komputasi Tingkat Tinggi	216
18.14. Input dan Output Data	219
18.15. Poin Kunci	220
18.16. Bacaan Lebih Lanjut	221
18.17. Latihan	221
<b>19. <i>Rasteranalyse mit Rioxarray</i></b>	<b>223</b>
19.1. Pendahuluan	223
19.2. Tujuan Pembelajaran	223
19.3. Menyiapkan Lingkungan Rioxarray Anda	224
19.4. Memuat dan Mengeksplorasi Data Raster yang Direferensikan Secara Geografis	224
19.5. Operasi Geospasial Fundamental	227
19.6. Bekerja dengan Dimensi Spasial dan Resolusi	229
19.7. Memvisualisasikan Data Raster Geospasial	231
19.8. Penyimpanan Data dan Manajemen File	234
19.9. Perbandingan Sistem Koordinat	236
19.10. Pengantar Matematika Band	238
19.11. Poin Kunci	242
19.12. Latihan	242
<b>20. <i>Interaktive Visualisierung mit Leafmap</i></b>	<b>244</b>
20.1. Pendahuluan	244
20.2. Tujuan Pembelajaran	245
20.3. Instalasi dan Pengaturan Leafmap	245
20.4. Membuat Peta Interaktif	246
20.5. Mengubah Basemap	249
20.6. Memvisualisasikan Data Vektor	254
20.7. Membuat Peta Choropleth	259
20.8. Memvisualisasikan Data GeoParquet	260
20.9. Memvisualisasikan PMTiles	262
20.10. Memvisualisasikan Data Raster	266
20.11. Mengakses dan Memvisualisasikan Data Terbuka Maxar	273
20.12. Poin Kunci	280
20.13. Latihan	280
<b>21. <i>Geoverarbeitung mit WhiteboxTools</i></b>	<b>284</b>
21.1. Pendahuluan	284
21.2. Tujuan Pembelajaran	284

21.3.	Mengapa Whitebox? .....	284
21.4.	Sumber Daya Berguna untuk Whitebox .....	286
21.5.	Menginstal Whitebox .....	286
21.6.	Analisis Watershed .....	287
21.7.	Analisis Data LiDAR .....	301
21.8.	Poin Kunci .....	307
21.9.	Latihan .....	308
<b>22.</b>	<b><i>3D-Kartierung mit MapLibre</i> .....</b>	<b>311</b>
22.1.	Pendahuluan .....	311
22.2.	Tujuan Pembelajaran .....	311
22.3.	Sumber Daya Berguna .....	311
22.4.	Instalasi dan Pengaturan .....	311
22.5.	Membuat Peta Interaktif .....	312
22.6.	Menambahkan Kontrol Peta .....	314
22.7.	Menambahkan Layer .....	316
22.8.	Menggunakan MapTiler .....	318
22.9.	Pemetaan 3D .....	320
22.10.	Memvisualisasikan Data Vektor .....	327
22.11.	Memvisualisasikan Data Raster .....	337
22.12.	Menambahkan Komponen Kustom .....	338
22.13.	Memvisualisasikan PMTiles .....	346
22.14.	Menambahkan Layer DeckGL .....	351
22.15.	Mengekspor ke HTML .....	354
22.16.	Kesimpulan Utama .....	354
<b>23.</b>	<b><i>Cloud Computing mit Earth Engine und Geemap</i> .....</b>	<b>357</b>
23.1.	Pendahuluan .....	357
23.2.	Tujuan Pembelajaran .....	357
23.3.	Pengenalan Google Earth Engine .....	357
23.4.	Pengenalan Peta Interaktif dan Tools .....	360
23.5.	Katalog Data Earth Engine .....	366
23.6.	Tipe Data Earth Engine .....	368
23.7.	Data Raster Earth Engine .....	368
23.8.	Data Vektor Earth Engine .....	370
23.9.	Lebih Banyak Tool untuk Memvisualisasikan Data Earth Engine .....	373
23.10.	Pemrosesan Data Vektor .....	383
23.11.	Pemrosesan Data Raster .....	385
23.12.	Mengekspor Data Earth Engine .....	391
23.13.	Membuat Animasi Timelapse .....	394
23.14.	Charting Data Earth Engine .....	399
23.15.	Poin Utama .....	429
23.16.	Latihan .....	430
<b>24.</b>	<b><i>Hyperspektrale Datenvisualisierung mit HyperCoast</i> .....</b>	<b>432</b>
24.1.	Pendahuluan .....	432
24.2.	Tujuan Pembelajaran .....	432
24.3.	Pengaturan Environment .....	433
24.4.	Mencari Data Hiperspektral .....	433
24.5.	Mengunduh Data Hiperspektral .....	435
24.6.	Membaca Data Hiperspektral .....	436



24.7.	Memvisualisasikan Data Hiperspektral .....	436
24.8.	Membuat Kubus Citra .....	438
24.9.	Slicing Interaktif .....	439
24.10.	Thresholding Interaktif .....	441
24.11.	Poin Utama .....	442
24.12.	Latihan .....	442
<b>25.</b>	<b><i>Hochleistungs-Geospatial-Analytik mit DuckDB</i></b> .....	<b>444</b>
25.1.	Pendahuluan .....	444
25.2.	Tujuan Pembelajaran .....	444
25.3.	Instalasi dan Setup .....	445
25.4.	Dasar-dasar SQL untuk Analisis Spasial .....	447
25.5.	Integrasi API Python .....	452
25.6.	Import Data .....	454
25.7.	Ekspor Data .....	458
25.8.	Bekerja dengan Geometri .....	460
25.9.	Hubungan Spasial .....	463
25.10.	Spatial Join .....	465
25.11.	Analisis Data Skala Besar .....	469
25.12.	Poin Utama .....	476
25.13.	Latihan .....	477
<b>26.</b>	<b><i>Geospatale Datenverarbeitung mit GDAL und OGR</i></b> .....	<b>481</b>
26.1.	Pendahuluan .....	481
26.2.	Tujuan Pembelajaran .....	482
26.3.	Instalasi dan Setup .....	482
26.4.	Dataset Sampel .....	482
26.5.	Memahami Data Anda .....	483
26.6.	Transformasi Koordinat .....	483
26.7.	Konversi Format .....	484
26.8.	Clipping dan Masking .....	485
26.9.	Analisis dan Perhitungan Raster .....	486
26.10.	Konversi Antara Raster dan Vektor .....	487
26.11.	Pemrosesan Geometri .....	488
26.12.	Mengelola Field dan Layer .....	489
26.13.	Tiling dan Manajemen Data .....	490
26.14.	Pemrosesan Raster Lanjutan .....	491
26.15.	Analisis Medan .....	493
26.16.	Poin Utama .....	499
26.17.	Referensi dan Bacaan Lebih Lanjut .....	500
26.18.	Latihan .....	500
<b>27.</b>	<b><i>Interaktive Dashboards mit Voilà und Solara erstellen</i></b> .....	<b>503</b>
27.1.	Pendahuluan .....	503
27.2.	Tujuan Pembelajaran .....	504
27.3.	Menginstal Voilà dan Solara .....	504
27.4.	Pengenalan Hugging Face Spaces .....	504
27.5.	Membuat Aplikasi Voilà Dasar .....	505
27.6.	Membuat Aplikasi Web Lanjutan dengan Solara .....	511
27.7.	Poin Utama .....	516
27.8.	Latihan .....	517

<b>28. <i>Verteiltes Computing mit Apache Sedona</i></b>	<b>518</b>
28.1. Pendahuluan	518
28.2. Tujuan Pembelajaran	519
28.3. Menginstal dan Mengatur Apache Sedona	519
28.4. Mengunduh Data Sampel	521
28.5. Konsep Inti dan Struktur Data	521
28.6. Operasi dan Fungsi Spasial	524
28.7. Spatial Join dan Pengindeksan	528
28.8. Analisis Spasial Lanjutan	530
28.9. Membaca Data Vektor	532
28.10. Memvisualisasikan Data Vektor	535
28.11. Menulis Data Vektor	538
28.12. Membaca Data Raster	539
28.13. Memvisualisasikan Data Raster	540
28.14. Map Algebra Raster	541
28.15. Statistik Zonal Raster	543
28.16. Menulis Data Raster	544
28.17. Integrasi dengan GeoPandas	545
28.18. Kasus Penggunaan Dunia Nyata	547
28.19. Poin Utama	549
28.20. Referensi dan Bacaan Lebih Lanjut	550
28.21. Latihan	550

# Vorwort

## Pendahuluan

Geographic Information Systems (GIS) dan analisis geospasial telah menjadi alat fundamental di berbagai disiplin ilmu, mulai dari ilmu lingkungan dan perencanaan kota hingga analitik bisnis dan kesehatan masyarakat. Seiring dengan meningkatnya volume dan kompleksitas data geospasial secara eksponensial, kemampuan untuk memproses, menganalisis, dan memvisualisasikan data ini secara programatis telah menjadi keterampilan penting bagi peneliti, analis, dan profesional yang bekerja dengan informasi spasial.

Python telah muncul sebagai bahasa pemrograman terdepan untuk analisis geospasial, menawarkan ekosistem perpustakaan dan alat yang kaya yang membuat operasi spasial kompleks dapat diakses oleh pemula maupun ahli. Namun, perjalanan dari pemula Python menjadi programmer geospasial yang percaya diri dapat terasa menakutkan, dengan banyak perpustakaan yang harus dipelajari dan konsep yang harus dikuasai.

Buku ini menjembatani kesenjangan tersebut dengan menyediakan pendekatan terstruktur dan praktis untuk mempelajari pemrograman geospasial dengan Python. Daripada membanjiri Anda dengan teknik-teknik lanjutan dari awal, kami fokus pada membangun fondasi keterampilan penting yang kokoh yang akan melayani Anda sepanjang perjalanan pemrograman geospasial Anda. Setiap bab membangun di atas bab-bab sebelumnya, memastikan Anda mengembangkan pemahaman teoretis dan keahlian praktis.

Pendekatan yang diambil dalam buku ini bersifat langsung dan didorong oleh contoh. Anda akan bekerja dengan dataset geospasial nyata, memecahkan masalah praktis, dan membangun proyek yang mendemonstrasikan kekuatan Python untuk analisis dan visualisasi geospasial. Di akhir buku ini, Anda akan memiliki kepercayaan diri dan keterampilan untuk mengatasi tantangan pemrograman geospasial Anda sendiri.

## Untuk Siapa Buku Ini

Buku ini dirancang untuk beragam audiens pembelajar yang ingin memanfaatkan kekuatan Python untuk analisis dan visualisasi geospasial:

**Mahasiswa dan Peneliti** dalam bidang geografi, ilmu lingkungan, perencanaan kota, ilmu data, dan bidang terkait yang perlu menganalisis data spasial sebagai bagian dari studi atau penelitian mereka. Tidak ada pengalaman pemrograman sebelumnya yang diasumsikan, meskipun keakraban dasar dengan komputer dan konsep analisis data sangat membantu.

**Profesional GIS** yang saat ini menggunakan perangkat lunak GIS desktop dan ingin memperluas toolkit mereka dengan keterampilan pemrograman. Jika Anda telah bekerja dengan ArcGIS, QGIS, atau alat serupa dan ingin mengotomatisasi alur kerja atau melakukan analisis yang menantang dalam perangkat lunak GIS tradisional, buku ini akan membantu Anda membuat transisi tersebut.

**Data Scientists dan Analis** yang bekerja dengan data berbasis lokasi dan ingin menambahkan kemampuan analisis spasial ke dalam keahlian mereka. Jika Anda nyaman dengan dasar-dasar Python tetapi baru dalam konsep geospasial, buku ini akan memperkenalkan Anda pada pemikiran spasial dan alat yang Anda butuhkan.

**Pengembang Perangkat Lunak** yang tertarik membangun aplikasi yang bekerja dengan data geospasial. Baik Anda mengembangkan aplikasi pemetaan web, aplikasi mobile dengan fitur lokasi, atau pipeline pemrosesan data, buku ini menyediakan fondasi yang Anda butuhkan.

**Pembelajar Mandiri dan Perubah Karir** yang tertarik dengan bidang ilmu data geospasial yang berkembang. Buku ini tidak mengasumsikan pengetahuan sebelumnya tentang pemrograman Python maupun konsep GIS, membuatnya dapat diakses oleh pemula yang termotivasi.

**Profesional di Pemerintahan dan Industri** yang perlu memasukkan analisis spasial ke dalam pekerjaan mereka, seperti perencana kota, konsultan lingkungan, peneliti pasar, koordinator logistik, atau pejabat kesehatan masyarakat.

Persyaratan utama adalah rasa ingin tahu dan kemauan untuk belajar. Meskipun pengalaman pemrograman sangat membantu, itu tidak perlu. Kami mulai dengan dasar-dasar dan membangun secara sistematis.

## Apa yang Dicakup Buku Ini

Buku ini diorganisir menjadi tiga bagian progresif yang membawa Anda dari pengaturan perangkat lunak melalui dasar-dasar Python hingga pemrograman geospasial lanjutan:

**Pengaturan Perangkat Lunak** mempersiapkan lingkungan pengembangan Anda dengan semua yang Anda butuhkan untuk pemrograman geospasial. Anda akan belajar menginstal dan mengkonfigurasi alat-alat penting termasuk Miniconda untuk manajemen paket, VS Code untuk pengembangan, Git untuk kontrol versi, dan alternatif berbasis cloud seperti Google Colab dan JupyterLab. Bagian ini memastikan Anda memiliki fondasi yang kokoh sebelum terjun ke pemrograman.

**Dasar-dasar Pemrograman Python** membangun keterampilan pemrograman inti Anda melalui tujuh bab komprehensif. Dimulai dengan dasar-dasar Python, Anda akan menguasai variabel dan tipe data, struktur data (list, dictionary, set), operasi string, alur kontrol dengan loop dan kondisional, fungsi dan kelas, penanganan file, dan analisis data dengan NumPy dan Pandas. Keterampilan ini membentuk fondasi untuk semua tugas pemrograman geospasial.

**Pemrograman Geospasial dengan Python** terdiri dari empat belas bab khusus yang mengubah Anda menjadi programmer geospasial yang percaya diri:

- **Pengenalan Python Geospasial** - Konsep inti dan ekosistem Python geospasial
- **Analisis Data Vektor dengan GeoPandas** - Bekerja dengan titik, garis, dan poligon
- **Data Raster dengan Rasterio** - Memproses citra satelit dan dataset grid
- **Analisis Data Multi-dimensi dengan Xarray** - Menangani dataset ilmiah kompleks
- **Analisis Raster dengan Rioxarray** - Pemrosesan dan analisis raster lanjutan
- **Visualisasi Interaktif dengan Leafmap** - Membuat peta dinamis dan interaktif
- **Geoprocessing dengan WhiteboxTools** - Operasi analisis spasial lanjutan
- **Pemetaan 3D dengan MapLibre** - Membangun visualisasi tiga dimensi
- **Cloud Computing dengan Earth Engine dan Geemap** - Memanfaatkan Google Earth Engine untuk analisis skala besar
- **Visualisasi Data Hiperspektral dengan HyperCoast** - Bekerja dengan data hiperspektral
- **Analitik Geospasial Berkinerja Tinggi dengan DuckDB** - Pemrosesan data spasial berkinerja tinggi
- **Pemrosesan Data Geospasial dengan GDAL dan OGR** - Bekerja dengan berbagai format data geospasial
- **Membangun Dashboard Interaktif dengan Solara** - Membuat dashboard interaktif untuk aplikasi geospasial
- **Komputasi Terdistribusi dengan Apache Sedona** - Memproses dataset geospasial besar dalam lingkungan terdistribusi

Setiap bab mengikuti struktur yang konsisten:

- Penjelasan konsep yang jelas dengan konteks dunia nyata
- Contoh kode langkah demi langkah dengan anotasi detail
- Latihan langsung menggunakan dataset geospasial autentik

- Panduan jebakan umum dan pemecahan masalah
- Referensi ke sumber daya tambahan dan bacaan lebih lanjut

Progresi dirancang dengan hati-hati sehingga setiap bab membangun di atas konsep sebelumnya sambil memperkenalkan kemampuan baru, memastikan Anda mengembangkan keluasaan dan kedalaman dalam pemrograman geospasial.

## Mendapatkan yang Terbaik dari Buku Ini

Untuk memaksimalkan pengalaman belajar Anda dengan buku ini, pertimbangkan rekomendasi berikut:

**Siapkan Lingkungan Pengembangan yang Tepat:** Instal Python dan perpustakaan yang diperlukan seperti yang dijelaskan di bagian pertama buku. Lingkungan yang dikonfigurasi dengan baik akan menghemat waktu dan frustrasi Anda sepanjang perjalanan belajar. Pertimbangkan menggunakan conda atau uv untuk mengelola paket Python Anda, karena ini menyederhanakan instalasi perpustakaan geospasial.

**Ikuti Contoh Kode:** Buku ini dirancang untuk interaktif. Jangan hanya membaca kode—ketik, jalankan, dan bereksperimen dengan modifikasi. Pemahaman datang melalui praktik, dan setiap contoh membangun keterampilan yang Anda butuhkan nanti.

**Kerjakan Latihan:** Setiap bab menyertakan latihan yang dirancang untuk memperkuat konsep yang telah Anda pelajari. Ini bukan tambahan opsional—mereka adalah bagian integral dari proses pembelajaran. Mulai dengan latihan terpandu, kemudian tantang diri Anda dengan proyek Anda sendiri.

**Gunakan Data Nyata:** Meskipun buku menyediakan dataset untuk contoh dan latihan, cobalah menerapkan teknik pada data dari bidang atau minat Anda sendiri. Ini akan membantu Anda memahami bagaimana konsep diterapkan pada skenario dunia nyata dan membangun kepercayaan diri dalam kemampuan Anda.

**Bangun Proyek:** Saat Anda maju melalui buku, pertimbangkan bekerja pada proyek pribadi yang menarik bagi Anda. Ini bisa menganalisis data dari penelitian Anda, membuat peta untuk komunitas Anda, atau memecahkan masalah yang Anda temui dalam pekerjaan Anda.

**Bersabar pada Diri Sendiri:** Pemrograman bisa frustrasi, terutama saat Anda belajar. Berharap untuk menghadapi kesalahan, menghabiskan waktu debugging, dan sesekali merasa terjebak. Ini normal dan merupakan bagian dari proses pembelajaran. Istirahat saat diperlukan, dan ingat bahwa keahlian berkembang secara bertahap melalui latihan yang konsisten. Jika Anda terjebak, jangan ragu untuk meminta bantuan di repositori GitHub buku.

**Terus Berlatih:** Keterampilan dalam buku ini memerlukan latihan reguler untuk mempertahankan dan mengembangkan. Sisihkan waktu secara teratur untuk bekerja pada proyek pemrograman geospasial, bahkan jika proyek-proyek kecil.

## Konvensi yang Digunakan dalam Buku Ini

Buku ini menggunakan beberapa konvensi untuk membantu Anda menavigasi konten dan memahami contoh kode:

**Pemformatan Kode:** Semua kode Python muncul dalam font monospaced dalam blok kode. Ketika kode muncul dalam teks biasa, diformat seperti ini. Nama file dan direktori juga diformat dalam font monospaced.

**Contoh Kode:** Sebagian besar contoh kode lengkap dan dapat dijalankan. Mereka menyertakan komentar yang menjelaskan konsep dan teknik kunci yang ditunjukkan. Nomor baris mungkin disertakan untuk referensi dalam teks yang menyertainya.

```
# Ini adalah contoh blok kode
import leafmap
m = leafmap.Map()
m.add_basemap("OpenTopoMap") # tambahkan basemap ke peta
m
```

**Instruksi Command Line:** Perintah yang akan dimasukkan di command line atau terminal ditampilkan dengan prompt \$ :

```
pip install leafmap
python script.py
```

## Mengunduh Contoh Kode

Semua contoh kode, dataset, dan materi tambahan untuk buku ini tersedia gratis di GitHub:

<https://github.com/giswqs/intro-gispro>

Untuk mengunduh materi, Anda dapat menggunakan salah satu metode berikut:

- **Clone repositori** (jika Anda telah menginstal Git):

```
git clone https://github.com/giswqs/intro-gispro.git
```

- **Unduh sebagai ZIP** (jika Anda lebih suka tidak menggunakan Git):
  - ▶ Kunjungi halaman repositori GitHub
  - ▶ Klik tombol hijau **Code**
  - ▶ Pilih **Download ZIP**
  - ▶ Ekstrak file ke lokasi yang Anda inginkan
- **Jelajahi file individual** secara online melalui antarmuka GitHub jika Anda hanya membutuhkan contoh tertentu

Repositori diperbarui secara berkala dengan koreksi, perbaikan, dan contoh tambahan. Periksa kembali secara berkala untuk pembaruan, atau **watch** repositori di GitHub untuk diberi tahu tentang perubahan.

Jika Anda menemukan kesalahan dalam kode atau memiliki saran untuk perbaikan, silakan buka issue atau kirim pull request di GitHub. Kontribusi komunitas membantu membuat sumber daya ini lebih baik untuk semua orang.

## Tutorial Video

Melengkapi konten tertulis, buku ini didukung oleh serangkaian tutorial video komprehensif yang membahas konsep kunci dan menyediakan contoh tambahan:

<https://tinyurl.com/intro-gispro-videos>

Video dirancang untuk melengkapi, bukan mengganti, materi tertulis. Mereka sangat membantu untuk:

- Pelajar visual yang mendapat manfaat dari melihat kode ditulis dan dieksekusi
- Memahami konsep kompleks melalui penjelasan berganda
- Belajar tentang alur kerja pengembangan dan praktik terbaik
- Melihat bagaimana mendekati masalah dan men-debug issue

Playlist diorganisir untuk mengikuti struktur buku. Anda dapat menontonnya secara berurutan saat Anda maju melalui buku, atau langsung ke topik tertentu sesuai kebutuhan.

Video dibuat pada musim gugur 2024 ketika saya mengajar kursus **Introduction to GIS Programming**<sup>1</sup> di University of Tennessee. Meskipun kursus telah selesai, video tetap relevan dan dapat digunakan sebagai referensi untuk buku. Video tambahan akan ditambahkan di masa depan.

## Hubungi Kami

Saya menyambut umpan balik, pertanyaan, dan saran dari pembaca. Masukan Anda membantu meningkatkan buku dan membuatnya lebih berguna untuk komunitas pemrograman geospasial.

### Untuk pertanyaan dan diskusi terkait buku:

- GitHub Issues: <https://github.com/giswqs/intro-gispro/issues>
- GitHub Discussions: <https://github.com/giswqs/intro-gispro/discussions>

### Jenis umpan balik yang sangat membantu:

- Kesalahan atau penjelasan yang tidak jelas dalam teks atau kode
- Saran untuk contoh tambahan atau kasus penggunaan
- Ide untuk topik atau bab baru
- Laporan masalah kompatibilitas dengan sistem operasi atau versi perpustakaan yang berbeda
- Cerita sukses tentang bagaimana Anda telah menerapkan teknik dari buku

## Ucapan Terima Kasih

Buku ini tidak akan mungkin tanpa kontribusi dan dukungan dari banyak individu dan komunitas geospasial open-source yang lebih luas.

**Komunitas Open-Source:** Buku ini membangun di atas karya luar biasa dari pengembang open-source yang tak terhitung banyaknya yang telah menciptakan dan memelihara ekosistem Python geospasial. Terima kasih khusus kepada pengembang dan pemelihara NumPy, Pandas, GeoPandas, Rasterio, Xarray, Rioxarray, Folium, ipyleaflet, MapLibre, GDAL, dan banyak perpustakaan lain yang membuat pemrograman geospasial dapat diakses.

**Mahasiswa dan Kolega:** Pertanyaan, tantangan, dan wawasan dari mahasiswa dalam kursus pemrograman geospasial saya di University of Tennessee telah membentuk pendekatan dan konten buku ini. Umpan balik mereka tentang apa yang berhasil dan apa yang tidak telah sangat berharga dalam menciptakan materi yang benar-benar melayani pembelajar.

**Kolaborator Penelitian:** Kolega dan kolaborator dalam komunitas penelitian geospasial telah menyediakan kasus penggunaan dunia nyata, dataset, dan skenario masalah yang menginformasikan contoh praktis di seluruh buku.

---

<sup>1</sup><https://geog-312.gishub.org>



**Keluarga dan Teman:** Menulis buku teknis memerlukan waktu dan fokus yang signifikan. Saya bersyukur atas kesabaran dan dukungan keluarga dan teman yang memahami banyak malam dan akhir pekan yang didedikasikan untuk proyek ini.

**Komunitas GIS yang Lebih Luas:** Bidang geospasial dibangun di atas fondasi berbagi pengetahuan dan alat. Buku ini adalah bagian dari tradisi tersebut, dan saya merasa terhormat untuk berkontribusi pada sumber daya yang tersedia untuk mempelajari pemrograman geospasial.

Buku ini ditulis menggunakan [MyST Markdown](https://mystmd.org)<sup>2</sup> dan dikompilasi menggunakan [Typst](https://github.com/typst/typst)<sup>3</sup> dengan template [min-book](https://github.com/mayconfmelo/min-book)<sup>4</sup>. Penghargaan kepada pengembang dan pemelihara proyek Typst dan MyST Markdown. Terima kasih khusus kepada [Maycon F. Melo](https://github.com/mayconfmelo)<sup>5</sup> untuk template min-book dan bantuan mereka dalam menyesuaikan template untuk buku ini.

Setiap kesalahan atau kelalaian dalam buku ini tetap menjadi tanggung jawab saya. Saya berkomitmen untuk mengatasi masalah dan meningkatkan konten berdasarkan umpan balik pembaca.

## Tentang Penulis

Dr. Qiusheng Wu adalah Associate Professor dan Director of Graduate Studies di Department of Geography & Sustainability, University of Tennessee, Knoxville. Dia juga bertugas sebagai Amazon Scholar. Penelitian Dr. Wu berfokus pada ilmu data geospasial dan pengembangan perangkat lunak open-source, dengan penekanan pada pemanfaatan big data geospasial dan cloud computing untuk mempelajari perubahan lingkungan, khususnya dinamika air permukaan dan inundasi lahan basah. Dia adalah pencipta beberapa paket Python open-source yang banyak digunakan, termasuk [geemap](https://geemap.org)<sup>6</sup>, [leafmap](https://leafmap.org)<sup>7</sup>, [segment-geospatial](https://samgeo.gishub.org)<sup>8</sup>, dan [geoai](https://opengeoai.org)<sup>9</sup>, yang mendukung analisis geospasial lanjutan dan visualisasi interaktif. Karya open-source-nya tersedia di [Open Geospatial Solutions](https://github.com/opengeos)<sup>10</sup> di GitHub.

## Lisensi dan Hak Cipta

Buku ini menganut prinsip-prinsip sains terbuka dan pendidikan terbuka. Untuk mendukung transparansi, pembelajaran, dan penggunaan kembali, **contoh kode** dalam buku ini dirilis di bawah lisensi [Creative Commons Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Ini berarti Anda bebas untuk menyalin, memodifikasi, dan mendistribusikan kode, bahkan untuk tujuan komersial, selama kredit yang tepat diberikan.

Silakan atribusikan penggunaan kode dengan mengutip buku atau menautkan ke repositori GitHub:

Wu, Q. (2025). *Introduction to GIS Programming: A Practical Python Guide to Open Source Geospatial Tools*. <https://gispro.gishub.org>

---

<sup>2</sup><https://mystmd.org>

<sup>3</sup><https://github.com/typst/typst>

<sup>4</sup><https://github.com/mayconfmelo/min-book>

<sup>5</sup><https://github.com/mayconfmelo>

<sup>6</sup><https://geemap.org>

<sup>7</sup><https://leafmap.org>

<sup>8</sup><https://samgeo.gishub.org>

<sup>9</sup><https://opengeoai.org>

<sup>10</sup><https://github.com/opengeos>

Meskipun kode tersedia secara bebas, **teks, gambar, dan citra** dalam buku ini **berhak cipta** oleh penulis dan tidak boleh direproduksi, didistribusikan ulang, atau dimodifikasi tanpa izin eksplisit. Ini termasuk semua konten tertulis, diagram khusus, dan visualisasi tertanam kecuali dinyatakan lain.

Jika Anda ingin menggunakan kembali atau mengadaptasi materi non-kode dari buku—misalnya, untuk pengajaran, presentasi, atau publikasi—silakan hubungi penulis untuk meminta izin.

Pendekatan lisensi ganda ini membantu menyeimbangkan akses terbuka ke materi pembelajaran dengan perlindungan karya kreatif asli. Terima kasih telah menghormati ketentuan ini dan mendukung komunitas geospasial open-source.

# Einführung in die GIS-Programmierung

## Ein praktischer Python-Leitfaden für Open-Source-Geoinformatik-Tools

Da die Nachfrage nach räumlicher Datenanalyse in verschiedenen Disziplinen – von Umweltwissenschaften und Stadtplanung bis hin zu öffentlicher Gesundheit und Wirtschaft – stetig wächst, steigt auch der Bedarf an zugänglichen und skalierbaren Werkzeugen, die mit der Komplexität geospatialer Daten umgehen können. Einführung in die GIS-Programmierung mit Python ist Ihr praktischer Leitfaden zur Beherrschung der räumlichen Analyse.

Ob Studentin, GIS-Fachkraft, Datenanalystin oder Entwickler\*in – dieses praxisorientierte Buch bietet einen strukturierten und einsteigerfreundlichen Einstieg in die geoinformatische Programmierung mit Python. Sie beginnen mit den Grundlagen von Python und arbeiten sich schrittweise zu fortgeschrittener räumlicher Analyse und interaktiver Visualisierung vor – unter Nutzung leistungsstarker Open-Source-Bibliotheken wie GeoPandas, Rasterio, Leafmap, Geemap und GDAL.

Was dieses Buch besonders auszeichnet, ist sein beispielorientierter Ansatz: Sie arbeiten mit echten Datensätzen, lösen reale Probleme und erstellen aussagekräftige Ergebnisse – von statischen Karten bis hin zu dynamischen Webanwendungen. Jedes Kapitel ist sorgfältig aufgebaut, um Ihre Fähigkeiten Schritt für Schritt zu entwickeln – mit einer Kombination aus Theorie, kommentiertem Code, praxisnahen Übungen und hilfreichen Tipps zur Fehlerbehebung.

### Was Sie lernen werden:

- **Wie Sie Ihre Entwicklungsumgebung mit conda, VS Code, Git, Docker und Cloud-Computing-Tools einrichten**
- **Zentrale Python-Programmierkenntnisse – von Variablen und Datenstrukturen bis hin zu Datei-Ein-/Ausgabe und Pandas**
- **Verarbeitung von Vektor- und Rasterdaten, interaktive Kartierung, 3D-Visualisierung und Geoprozessierung**
- **Cloudbasierte Geodatenverarbeitung mit Google Earth Engine sowie fortgeschrittene Themen wie hyperspektrale Datenanalyse und räumliches SQL**



Scannen Sie den QR-Code, um  
die Buch-Website zu besuchen  
und die Codebeispiele von  
<https://gispro.gishub.org>  
herunterzuladen