
Coding in GIS

Nils Ratnaweera

30.09.2020

1	Einleitung zu diesem Block	3
2	Aufgabe 1: Primitive Datentypen	5
2.1	Theorie	5
2.2	Übungen	7
3	Komplexe Datentypen	9
4	Aufgabe 2: Listen	11
4.1	Theorie	11
4.2	Übungen	12
5	Aufgabe 3: Dictionaries	15
5.1	Theorie	15
5.2	Übungen	16
6	Aufgabe 4: Tabellarische Daten	19
6.1	Theorie	19
6.2	Übungen	19
7	Einleitung zu diesem Block	23
8	Conda cheat sheet	25
9	Python Modules	27
9.1	Vergleich R vs. Python	27
9.2	Python Eigenheiten	28
10	Aufgabe 5: <i>Function Basics</i>	31
10.1	Theorie	31
10.2	Übungen	32
11	Aufgabe 6: <i>Function Advanced</i>	35
11.1	Theorie	35
11.2	Übungen	37
12	Aufgabe 7: Zufallszahlen generieren	41
12.1	Theorie	41

12.2	Übungen	43
13	Aufgabe 8: Funktionen in <i>DataFrames</i>	47
13.1	Theorie	47
13.2	Übungen	48
14	Einleitung zu diesem Block	53
15	Übung: For Loops (Teil I)	55
15.1	Übung 1: Erste For-Loop erstellen	56
15.2	Übung 2: For-Loop mit <code>range()</code>	56
16	Übung: For Loops (Teil II)	57
16.1	Übung: Output aus For-Loop speichern	58
17	Übung: Zeckenstich Simulation mit Loop	59
17.1	Übung 1: Mit For-Loop <code>zeckenstiche</code> mehrfach verschieben	59
17.2	Übung 2: <i>DataFrames</i> aus Simulation zusammenführen	61
17.3	Übung 3: Simulierte Daten visualisieren	61
18	Übung: GIS in Python	63
18.1	Übung 1: <i>DataFrame</i> zu <i>GeoDataFrame</i>	64
18.2	Übung 2: Koordinatensystem festlegen	65
18.3	Übung 3: Zeckenstiche als Shapefile exportieren	66
18.4	Übung 4 (Optional): Export als Geopackage	66
19	Übung: Waldanteil berechnen	67
19.1	Übung 1: Wald oder nicht Wald?	69
19.2	Übung 2: Anteil der Punkte pro „Gruppe“	70
19.3	Übung 3: Anteil <i>im Wald</i> pro Run ermitteln	71
19.4	Übung 3: Mittelwerte Visualisieren	71
20	Basic shortcuts for Jupyter lab	73

Dieser kurze Kurs ist Bestandteil des übergreifenden Moduls „[Angewandte Geoinformatik](#)“ der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW). Er soll einen Einstieg in die Programmierwelt von Python bieten und spezifisch zeigen wie man räumliche Fragestellungen mit frei verfügbarer Software lösen kann.

Die Voraussetzung für diesen Kurs ist eine Offenheit, neue Tools und Ansätze kennen zu lernen, die Bereitschaft für lösungsorientiertes Arbeiten sowie etwas Hartnäckigkeit.

Dieses Buch auch als pdf version verfügbar

Wir empfehlen, dass ihr im Unterricht die Online Version dieser Übungsunterlagen nutzt. Diese spiegeln immer den neusten Stand, sind responsive (passen sich an Endgeräte wie Tablets usw. an) und können die Musterlösungen interaktiv darstellen (sobald diese freigeschaltet sind).

Als Doku für euch ist aber auch eine PDF Version der Unterlagen verfügbar. Speichert euch die erst am ende vom Kurs ab, damit ihr die neuste Version inkl. allen Musterlösungen habt.

- online (**empfohlen**): <https://ratnanil.github.io/codingingis>
 - pdf (nur für Doku / Notizen): <https://github.com/ratnanil/codingingis/raw/master/codingingis.pdf>
-

Noch ein paar Hinweise zur Handhabung dieses Dokumentes:

- Die Musterlösungen zu allen Aufgaben stehen bereit. Wir werden diese bald einblenden
- Wenn sich im Fliesstext (Python- oder R-) Code befindet, wird er in dieser `Festschriftart` dargestellt
- Englische Begriffe, deren Übersetzung eher verwirrend als nützlich wären, werden *in dieser Weise* hervorgehoben
- Da viele von euch bereits Erfahrung in R haben, stelle ich immer wieder den Bezug zu dieser Programmiersprache her.
- Alleinstehende Codezeilen werden folgendermassen dargestellt:

```
print("Coding in GIS!")
```

- Der gesamte Quellcode um dieses Buch zu erstellen ist in dem folgenden github-repo verfügbar: [ratnanil/codingingis](#).

Einleitung zu diesem Block

In diesem Block bekommt ihr euren ersten Kontakt mit Python und lernt dabei auch gerade JupyterLabs kennen, um mit Python zu interagieren. Um euch den Einstieg zu erleichtern müsst ihr noch nichts lokal auf euren Rechnern installieren, sondern könnt auf einem ZHAW-Server arbeiten. Ihr könnt euch mit folgendem Link und eurem ZHAW Kürzel (ohne „@students.zhaw.ch“) und Passwort einloggen:

jupyterhub01.zhaw.ch

Um die Übungen zu lösen, könnt ihr nach dem Einloggen wie folgt Vorgehen (siehe dazu auch die Vorlesungsfolien)

1. Erstellt einen neuen Ordner (z.B. „CodinginGIS“)
2. Erstellt darin ein neues Jupyter-Notebook-File (File > New > Notebook)
3. Benennt das File um (z.B. in „CodinginGIS_1.ipynb“)
4. Startet den Variable Inspector

Nun könnt ihr mit den Übungen beginnen. Ich empfehle, jede Übung mit einer „Markdown“-Zelle zu starten, um eure Lösung zu gliedern.

Übungsziele

- JupyterLabs aufstarten, kennenlernen und bei Bedarf personalisieren
 - Python kennen lernen, erste Interaktionen
 - Die wichtigsten Datentypen in Python kennen lernen (`bool`, `str`, `int`, `float`, `list`, `dict`)
 - Pandas DataFrames kennen lernen und einfache Manipulationen durchführen
-

Aufgabe 1: Primitive Datentypen

2.1 Theorie

Bei primitiven Datentypen handelt es sich um die kleinste Einheit der Programmiersprache, sie werden deshalb auch „atomare Datentypen“ genannt. Alle komplexeren Datentypen (Tabellarische Daten, Bilder, Geodaten) basieren auf diesen einfachen Strukturen. Die für uns wichtigsten Datentypen lauten: *Boolean*, *String*, *Integer* und *Float*. Das sind ähnliche Datentypen wie ihr bereits aus R kennt:

Python	R	Beschreibung	Beispiel	In Python
Boolean	Logical	Logische Werte ja / nein	Antwort auf geschlossene Fragen	regen = True
String	Character	Textinformation	Bern, Luzern	stadt = "Bern"
Integer	Integer	Zahl ohne Nachkommastelle	Anzahl Einwohner in einer Stadt	bern = 133115
Float	Double	Zahl mit Nachkommastelle	Temperatur	temp = 22.5

2.1.1 Boolean

Hierbei handelt es sich um den einfachsten Datentyp. Er beinhaltet nur zwei Zustände: Wahr oder Falsch. In Python werden diese mit `True` oder `False` definiert (diese Schreibweise muss genau beachtet werden). Beispielsweise sind das Antworten auf geschlossene Fragen.

```
regen = True # "es regnet"

sonne = False # "die Sonne scheint nicht"

type(sonne)
```

```
bool
```

Um zu prüfen, ob ein bestimmter Wert `True` oder `False` ist verwendet man `is True`. Will man also fragen ob es regnet, wird dies folgendermassen formuliert:

```
# regnet es?  
regen is True
```

```
True
```

Ob die Sonne scheint, lautet folgendermassen (natürlich müssen dazu die Variabel `sonne` bereits existieren):

```
# scheint die Sonne?  
sonne is True
```

```
False
```

2.1.2 String

In sogenannten *Strings* werden Textinformationen gespeichert. Beispielsweise können das die Namen von Ortschaften sein.

```
stadt = "Bern"  
land = "Schweiz"  
  
type(stadt)
```

```
str
```

Strings können mit `+` miteinander verbunden werden

```
stadt + " ist die Hauptstadt der " + land
```

```
'Bern ist die Hauptstadt der Schweiz'
```

2.1.3 Integer

In Integerwerten werden ganzzahlige Werte gespeichert, beispielsweise die Anzahl Einwohner einer Stadt.

```
bern_einwohner = 133115  
  
type(bern_einwohner)
```

```
int
```

2.1.4 Float

Als `Float` werden Zahlen mit Nachkommastellen gespeichert, wie zum Beispiel die Temperatur in Grad Celsius.

```
bern_flaeche = 51.62  
  
type(bern_flaeche)
```

```
float
```

2.2 Übungen

2.2.1 Übung 1.1: Variablen erstellen

Erstelle eine Variable `vorname` mit deinem Vornamen und eine zweite Variable `nachname` mit deinem Nachnamen. Was sind `vorname` und `nachname` für Datentypen?

```
# Musterlösung

vorname = "Guido"
nachname = "van Rossum"

type(vorname) # es handelt sich um den Datentyp "str", also String (Text)
```

```
str
```

2.2.2 Übung 1.2: String verbinden

„Klebe“ die beiden Variablen mit einem Leerschlag dazwischen zusammen.

```
# Musterlösung

vorname+" "+nachname
```

```
'Guido van Rossum'
```

2.2.3 Übung 1.3: Zahl ohne Nachkommastelle

Erstelle eine Variable `groesse_cm` mit deiner Körpergröße in Zentimeter. Was ist das für ein Datentyp?

```
# Musterlösung

groesse_cm = 184
type(groesse_cm) # es handelt sich hierbei um den Datentyp "integer"
```

```
int
```

2.2.4 Übung 1.4: Zahl mit Nachkommastelle

Ermittle deine Größe in Fuss auf der Basis von `groesse_cm` (1 Fuss entspricht 30.48 cm). Was ist das für ein Datentyp?

```
# Musterlösung

groesse_fuss = groesse_cm/30.48
type(groesse_fuss) # es handelt sich um den Datentyp "float"
```

```
float
```

2.2.5 Übung 1.5: Boolsche Variabeln

Erstelle eine boolsche Variable `blond` und setze sie auf `True` wenn diese Eigenschaft auf dich zutrifft und `False` falls nicht.

```
# Musterlösung  
  
blond = False
```

2.2.6 Übung 1.6: Einwohnerdichte

Erstelle eine Variable `einwohner` mit der Einwohnerzahl der Schweiz (8'603'900, per 31. Dezember 2019). Erstelle eine zweite Variable `flaeche` (ohne Umlaute!) mit der Flächengrösse der Schweiz (41'285 km²). Berechne nun die Einwohnerdichte.

```
# Musterlösung  
  
einwohner = 8603900  
flaeche = 41285  
  
dichte = einwohner/flaeche  
  
dichte
```

```
208.40256751846917
```

2.2.7 Übung 1.7: BMI

Erstelle eine Variable `gewicht_kg` (kg) und `groesse_cm` (m) und berechne aufgrund von `gewicht_kg` und `groesse_m` ein BodyMassIndex ($BMI = \frac{m}{l^2}$, m : Körpermasse in Kilogramm, l : Körpergrösse in Meter).

```
# Musterlösung  
  
gewicht_kg = 85  
groesse_m = groesse_cm/100  
  
gewicht_kg/(groesse_m*groesse_m)
```

```
25.10633270321361
```

Komplexe Datentypen

Im letzten Kapitel haben wir primitive Datentypen angeschaut. Diese stellen eine gute Basis dar, in der Praxis haben wir aber meistens nicht *einen* Temperaturwert, sondern eine Liste von Temperaturwerten. Wir haben nicht *einen* Vornamen sondern eine Tabelle mit Vor- und Nachnamen. Dafür gibt es in Python komplexere Datenstrukturen die als Gefäße für primitive Datentypen betrachtet werden können. Auch hier finden wir viele Ähnlichkeiten mit R:

Python	R	Beschreibung	Beispiel
List	(Vector)	werden über die Position abgerufen	<code>hexerei = [3,2,1]</code>
Dict	List	werden über ein Schlüsselwort abgerufen	<code>langenscheidt = { ↳ "trump": ↳ "erdichten"}</code>
DataFrame	Dataframe	Tabellarische Daten	<code>pd. ↳ DataFrame(langenscheidt)</code>

In Python gibt es noch weitere komplexe Datentypen wie *Tuples* und *Sets*. Diese spielen in unserem Kurs aber eine untergeordnete Rolle. Ich erwähne an dieser Stelle zwei häufig genannte Typen, damit ihr sie schon mal gehört habt:

- *Tuples*:
 - sind ähnlich wie *Lists*, nur können sie nachträglich nicht verändert werden. Das heisst, es ist nach der Erstellung keine Ergänzung von neuen Werten oder Löschung von bestehenden Werten möglich.
 - sie werden mit runden Klammern erstellt: `mytuple = (2,2,1)`
- *Sets*
 - sind ähnlich wie *Dicts*, verfügen aber nicht über `keys` und `values`
 - jeder Wert wird nur 1x gespeichert (Duplikate werden automatisch entfernt)
 - sie werden mit geschweiften Klammern erstellt: `myset = {3,2,2}`

Aufgabe 2: Listen

4.1 Theorie

Wohl das einfachste Gefäß, um mehrere Werte zu speichern sind Python-Listen, sogenannte *Lists*. Diese *Lists* werden mit eckigen Klammern erstellt. Die Reihenfolge, in denen die Werte angegeben werden, wird gespeichert. Das erlaubt es uns, bestimmte Werte aufgrund ihrer Position abzurufen.

Eine *List* wird folgendermassen erstellt:

```
hexerei = [3,1,2]
```

Der erste Wert wird in Python mit 0 (!!!) aufgerufen:

```
hexerei[0]
```

```
3
```

```
type(hexerei)
```

```
list
```

Im Prinzip sind *Lists* ähnlich wie *Vectors* in R, mit dem Unterschied das in Python-Lists unterschiedliche Datentypen abgespeichert werden können. Zum Beispiel auch weitere, verschachtelte Lists:

```
chaos = [23, "ja", [1,2,3]]
```

```
# Der Inhalt vom ersten Wert ist vom Typ "Int"  
type(chaos[0])
```

```
int
```

```
# Der Inhalt vom dritten Wert ist vom Typ "List"

type(chaos[2])
```

```
list
```

4.2 Übungen

4.2.1 Übung 2.1: Lists

1. Erstelle eine Variable `vornamen` bestehend aus einer *List* mit 3 Vornamen
2. Erstelle eine zweite Variable `nachnamen` bestehend aus einer *List* mit 3 Nachnamen
3. Erstelle eine Variable `groessen` bestehend aus einer *List* mit 3 Größenangaben in Zentimeter.

```
# Musterlösung

vornamen = ["Christopher", "Henning", "Severin"]
nachnamen = ["Annen", "May", "Kantereit"]

groessen = [174, 182, 162]
```

4.2.2 Übung 2.2: Elemente aus Liste ansprechen

Wie erhältst du den ersten Eintrag in der Variable `vornamen`?

```
# Musterlösung

vornamen[0]
```

```
'Christopher'
```

4.2.3 Übung 2.3: Liste ergänzen

Listen können durch die Methode `append` ergänzt werden (s.u.). Ergänze die Listen `vornamen`, `nachnamen` und `groessen` durch je einen Eintrag.

```
vornamen.append("Malte")
```

```
# Musterlösung

nachnamen.append("Huck")

groessen.append(177)
```


4.2.4 Übung 2.4: Summen berechnen

Ermittle die Summe aller Werte in `groesse`. Tip: Nutze dazu `sum()`

```
# Musterlösung  
sum(groessen)
```

695

4.2.5 Übung 2.5: Anzahl Werte ermitteln

Ermittle die Anzahl Werte in `groesse`. Tip: Nutze dazu `len()`

```
# Musterlösung  
len(groessen)
```

4

4.2.6 Übung 2.6: Mittelwert berechnen

Berechne die durchschnittliche Grösse aller Personen in `groesse`. Tip: Nutze dazu `len()` und `sum()`.

```
# Musterlösung  
sum(groessen) / len(groessen)
```

173.75

4.2.7 Übung 2.7: Minimum-/Maximumwerte

Ermittle nun noch die Minimum- und Maximumwerte aus `grossen` (finde die dazugehörige Funktion selber heraus).

```
# Musterlösung  
min(groessen)  
max(groessen)
```

182

Aufgabe 3: Dictionaries

5.1 Theorie

In den letzten Übungen haben wir einen Fokus auf Listen gelegt. Nun wollen wir einen besonderen Fokus auf den Datentyp *Dictionary* legen.

Ähnlich wie eine Liste, ist eine Dictionary ein Behälter, in dem mehrere Elemente abgespeichert werden können. Wie bei einem Wörterbuch bekommt jedes Element ein „Schlüsselwort“, mit dem man den Eintrag finden kann. Unter dem Eintrag „trump“ findet man im Langenscheidt Wörterbuch (1977) die Erklärung „erdichten, schwindeln, sich aus den Fingern saugen“.



In Python würde man diese *Dictionary* folgendermassen erstellen:

```
langenscheidt = {"trump": "erdichten- schwindeln- sich aus den Fingern saugen"}
```

Schlüssel (von nun an mit *Key* bezeichnet) des Eintrages lautet „trump“ und der dazugehörige Wert (*Value*) „erdichten-

schwindeln- aus den Fingern saugen“. Beachte die geschweiften Klammern (`{` und `}`) bei der Erstellung einer Dictionary.

Eine *Dictionary* besteht aber meistens nicht aus einem, sondern aus mehreren Einträgen: Diese werden Kommage-trennt aufgeführt.

```
langenscheidt = {"trump": "erdichten- schwindeln- sich aus den Fingern saugen",  
↪ "trumpery": "Plunder- Ramsch- Schund"}
```

Der Clou der *Dictionary* ist, dass man nun einen Eintrag mittels dem *Key* aufrufen kann. Wenn wir also nun wissen wollen was „trump“ heisst, ermitteln wir dies mit der nachstehenden Codezeile:

```
langenscheidt["trump"]
```

```
'erdichten- schwindeln- sich aus den Fingern saugen'
```

Um eine *Dictionary* mit einem weiteren Eintrag zu ergänzen, geht man sehr ähnlich vor wie beim Abrufen von Ein-trägen.

```
langenscheidt["trumpet"] = "trompete"
```

Ein *Key* kann auch mehrere Einträge enthalten. An unserem Langenscheidts Beispiel: Das Wort „trump“ ist zwar eindeutig, doch „trumpery“ hat vier verschiedene Bedeutungen. In so einem Fall können wir einem Eintrag auch eine *List* von Werten zuweisen. Beachte die Eckigen Klammern und die Kommas, welche die Listeneinträge voneinander trennt.

```
langenscheidt["trumpery"] = ["Plunder- Ramsch- Schund",  
                             "Gewäsch- Quatsch",  
                             "Schund- Kitsch",  
                             "billig- nichtssagend"]  
  
langenscheidt["trumpery"]
```

```
['Plunder- Ramsch- Schund',  
 'Gewäsch- Quatsch',  
 'Schund- Kitsch',  
 'billig- nichtssagend']
```

```
len(langenscheidt["trumpery"])
```

```
4
```

5.2 Übungen

5.2.1 Übung 3.1: Dictionary erstellen

Erstelle eine *Dictionary* mit folgenden Einträgen: Vorname und Nachname von (d)einer Person. Weise diese Dictionary der Variable `me` zu.

```
# Musterlösung  
  
me = {"vorname": "Guido", "nachname": "van Rossum"}
```

5.2.2 Übung 3.2: Elemente aus Dictionary ansprechen

Rufe verschiedene Elemente aus der Dictionary via dem *Key* ab.

```
# Musterlösung

me["nachname"]
```

```
'van Rossum'
```

5.2.3 Übung 3.3: Dictionary nutzen

Nutze me um nachstehenden Satz (mit **deinen Values**) zu erstellen:

```
# Musterlösung

"Mein name ist "+me["nachname"] +", "+ me["vorname"]+" "+me["nachname"]
```

```
'Mein name ist van Rossum, Guido van Rossum'
```

```
'Mein name ist van Rossum, Guido van Rossum'
```

5.2.4 Übung 3.4: Key ergänzen

Ergänze die Dictionary me durch einen Eintrag „groesse“ mit (d)einer Grösse.

```
# Musterlösung

me["groesse"] = 181
```

5.2.5 Übung 3.5: Dictionary mit List

Erstelle eine neue Dictionary people mit den Keys „vornamen“, „nachnamen“ und „groesse“ und jeweils 3 Einträgen pro Key.

```
# Musterlösung

people = {"vornamen": ["Christopher", "Henning", "Severin"], "nachnamen": ["Annen",
↪ "May", "Kantereit"], "groessen": [174, 182, 162]}
```

5.2.6 Übung 3.6: Einträge abrufen

Rufe den **ersten** Vornamen deiner Dict auf. Dazu musst du dein Wissen über Listen und Dictionaries kombinieren.

```
# Musterlösung

people["vornamen"][0]
```

```
'Christopher'
```

5.2.7 Übung 3.7: Einträge abrufen

Rufe den **dritten** Nachname deiner *Dict* auf.

```
# Musterlösung  
people["nachnamen"][2]
```

```
'Kantereit'
```

5.2.8 Übung 3.8: Mittelwert berechnen

Berechne den Mittelwert aller grössen in deiner Dict

```
# Musterlösung  
sum(people["groessen"])/len(people["groessen"])
```

```
172.66666666666666
```

Aufgabe 4: Tabellarische Daten

6.1 Theorie

Schauen wir uns nochmals die *Dictionary* `people` aus der letzten Übung an. Diese ist ein Spezialfall einer *Dictionary*: Jeder Eintrag besteht aus einer Liste von gleich vielen Werten. Wie bereits erwähnt, kann es in einem solchen Fall sinnvoll sein, die *Dictionary* als Tabelle darzustellen.

```
people = {"vornamen": ["Christopher", "Henning", "Severin"], "nachnamen": ["Annen",  
↪ "May", "Kantereit"], "groessen": [174, 182, 162]}
```

```
import pandas as pd # Was diese Zeile bedeutet lernen wir später  
  
people_df = pd.DataFrame(people)  
  
people_df
```

	vornamen	nachnamen	groessen
0	Christopher	Annen	174
1	Henning	May	182
2	Severin	Kantereit	162

6.2 Übungen

6.2.1 Übung 4.1: von einer *Dictionary* zu einer *DataFrame*

Importiere `pandas` und nutze die Funktion `DataFrame` um `people` in eine *DataFrame* umzuwandeln (siehe dazu das Beispiel oben). Weise den Output der Variable `people_df` zu und schaue es dir im *Variable Explorer* an.

```
# Musterlösung

import pandas as pd

people_df = pd.DataFrame(people)
```

6.2.2 Übung 4.2: *DataFrame* in csv umwandeln

In der Praxis kommen Tabellarische Daten meist als „csv“ Dateien daher. Wir können aus unserer eben erstellten *DataFrame* sehr einfach eine csv Datei erstellen. Führe das mit folgendem Code aus und suche anschliessend die erstellte csv-Datei.

```
people_df.to_csv("people.csv")
```

6.2.3 Übung 4.3: CSV als *DataFrame* importieren

Genau so einfach ist es eine csv zu importieren. Lade [hier die Datei „zeckenstiche.csv“](#) (Rechtsklick → Ziel speichern unter) herunter und speichere es im aktuellen Arbeitsverzeichnis ab. Importiere mit folgendem Code die Datei „zeckenstiche.csv“. Schau dir zeckenstiche nach dem importieren im „Variable Inspector“ an.

```
zeckenstiche = pd.read_csv("zeckenstiche.csv")
```

Achtung!

- Wenn du auf dem JupyterHub Server arbeitest dann ist dein Arbeitsverzeichnis ebenfalls *auf dem Server*. Das heisst, du musst „zeckenstiche.csv“ auf den Server hochladen. Dies kannst du mit dem Button „Upload Files“ im Tab „File Browser“ bewerkstelligen (s.u.).



- Der Code (`pd.read_csv("zeckenstiche.csv")`) funktioniert nur, wenn „zeckenstiche.csv“ im aktuellen Arbeitsverzeichnis (*Current Working Directory*) abgespeichert ist. Wenn du nicht sicher bist, wo dein aktuelles Arbeitsverzeichnis liegt, kannst du dies mit der Funktion `os.getcwd()` (**get current working directory**) herausfinden (s.u.).

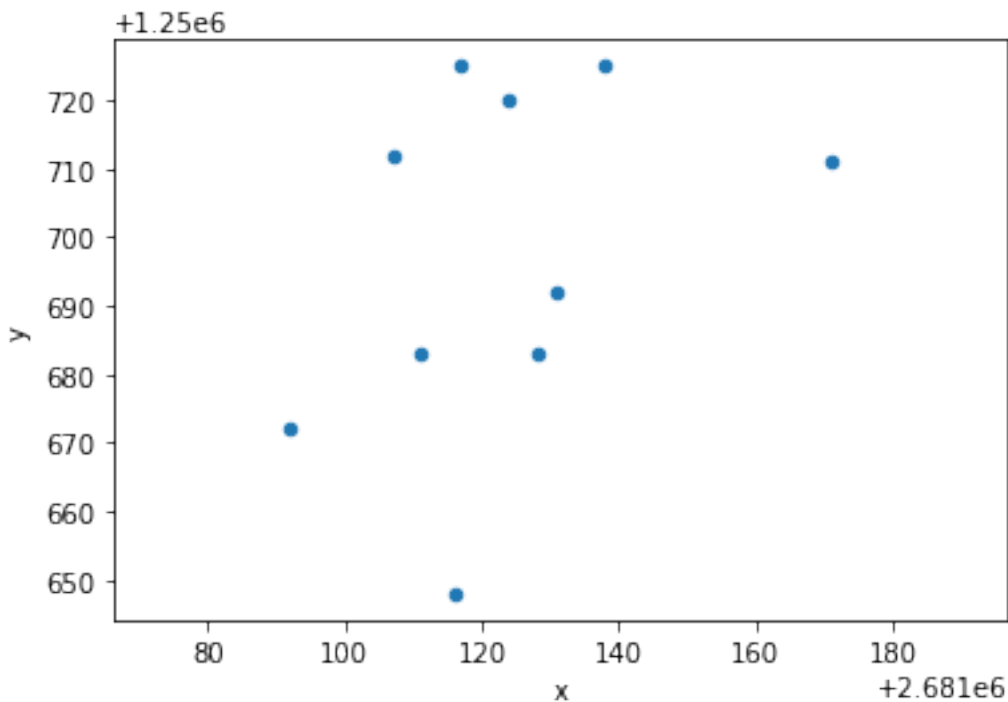
```
import os
os.getcwd()
```


6.2.4 Übung 4.4: Koordinaten räumlich darstellen

Die *DataFrame* `zeckenstiche` beinhaltet x und y Koordinaten für jeden Unfall in den gleichnamigen Spalten. Wir können die Stiche mit einem Scatterplot räumlich visualisieren. Führe dazu folgenden Code aus. Überlege dir, was die zweite Zeile bewirkt und warum dies sinnvoll ist.

```
fig = zeckenstiche.plot.scatter("x", "y")
fig.axis("equal")
```

```
(2681088.05, 2681174.95, 1250644.15, 1250728.85)
```



```
# Musterlösung

# fig.axis("equal") sorgt dafür, dass die Skala der beiden Achsen
# (x und y) gleich sind. Dies ist deshalb sinnvoll, da es sich um
# räumliche Koordinaten handelt und die Distanzen in Richtung "Nord-Süd"
# (y-Achse) sowie in "West-Ost" (x-Achse) die gleiche Skala haben (Meter)
# https://matplotlib.org/3.1.3/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.axis.html
```

6.2.5 Übung 4.5: Einzelne Spalte selektieren

Um eine einzelne Spalte zu selektieren (z.B. die Spalte „ID“), kann man gleich vorgehen wie bei der Selektion eines Eintrags in einer *Dictionary*. Probiere es aus.

```
# Musterlösung

zeckenstiche["ID"]
```

```
0    2550
1   10437
2    9174
3    8773
4    2764
5    2513
6    9185
7   28521
8   26745
9   27391
Name: ID, dtype: int64
```

6.2.6 Übung 4.6: Neue Spalte erstellen

Auch das Erstellen einer neuen Spalte ist identisch mit der Erstellung eines neuen *Dictionary* Eintrags. Erstelle eine neue Spalte „Stichtyp“ mit dem Wert „Zecke“ auf jeder Zeile (s.u.).

```
# Musterlösung
zeckenstiche["Stichtyp"] = "Zecke"
```

```
zeckenstiche
```

	ID	accuracy	x	y	Stichtyp
0	2550	439.128951	2681116	1250648	Zecke
1	10437	301.748542	2681092	1250672	Zecke
2	9174	301.748542	2681128	1250683	Zecke
3	8773	301.748542	2681111	1250683	Zecke
4	2764	301.748529	2681131	1250692	Zecke
5	2513	301.748529	2681171	1250711	Zecke
6	9185	301.748542	2681107	1250712	Zecke
7	28521	301.748542	2681124	1250720	Zecke
8	26745	301.748542	2681117	1250725	Zecke
9	27391	301.748542	2681138	1250725	Zecke

Einleitung zu diesem Block

Letzte Woche habt ihr Jupyter Labs kennen gelernt und erste Kontakte mit Python durch Jupyter Labs gehabt, dazu habt ihr *conda* verwendet. Diese Woche widmen wir etwas mehr Zeit, *conda* zu beherrschen und lernen zudem mehr über Module und Functions.

Übungsziele

- Conda beherrschen
 - neue *Environment* erstellen
 - *Modules* in eine *Environment* installieren
 - *Jupyter Lab* in einer *Environment* nutzen
 - *Functions* kennenlernen und beherrschen
 - *Function* auf eine ganze Spalte einer DataFrame anwenden können.
-

Conda cheat sheet

In der folgenden Tabelle werden die Einzelschritte in der Verwendung von Conda näher beschrieben. Wichtig ist vor allem, wann dieser Schritt nötig ist und wie er ausgeführt wird. Um die Tabelle kompakt zu halten werden gewisse Details als Fussnote verlinkt.

Schritt	Wann ist dies nötig?	Details zum Vorgehen / Befehl für die Konsole ¹
1. Conda installieren (installiert das Programm <i>conda</i>)	einmalig (ist nicht nötig, wenn ArcGIS Pro installiert ist)	Miniconda (empfohlen) oder anaconda herunterladen und installieren
2. Systemvariable setzen (vermittelt der Konsole, wo das Programm <i>conda</i> installiert ist)	einmalig und nur, wenn folgender Befehl in der Konsole eine Fehlermeldung verursacht: <code>conda --version</code>	Pfad zur <i>conda</i> -installation ² in die Umgebungsvariable „Path“ einfügen ³
3. Virtual environment erstellen (erstellt eine neue Arbeitsumgebung)	einmal pro Projekt nötig (wobei eine environment auch wiederverwendet werden kann)	in der Konsole: <code>conda create --name <u> </u></code> → <code>codingingis</code>
4. Virtual environment aktivieren (schaltet den „Bearbeitungsmodus“ ein)	jedes mal nötig wenn ein Erweiterung installiert oder jupyter lab gestartet werden soll	in der Konsole ⁴ : <code>activate codingingis</code>
5. Jupyter lab installieren (fügt der virtuellen Umgebung diese IDE hinzu)	1x pro <i>environment</i>	in der Konsole ⁵ : <code>conda install -c conda- →forge jupyterlab</code>
6. Jupyter lab starten (startet die IDE „Jupyter Lab“)	jedes mal, wenn am Projekt gearbeitet wird	in der Konsole ⁵ : <code>jupyter lab</code>
7. Jupyter lab (JL) beenden (beendet „JupyterLab“ in der Console)	wenn ihr die Konsole wieder braucht	Während JL läuft, ist die Konsole blockiert. Um JL zu beenden und die Konsole freizugeben: Tastenkombination CTRL + C
8. weitere Module⁶ installieren (fügt der <i>environment</i> zB pandas hinzu)	jedes mal nötig, wenn ein Modul in einer Environment fehlt ⁷	in der Konsole ^{5,8} : <code>conda install -c conda- →forge pandas</code>

¹ Mit Konsole ist unter Windows *cmd* gemeint (Windowstaste > cmd). Unter Linux wird bash, auf Mac der Terminal verwendet.

² Wenn *conda* von ArcGIS Pro verwendet wird, befindet sich die *conda* installation vermutlich hier: *C:\Program Files\ArcGIS\Pro\bin\Python\Scripts*. Prüfen, ob dieser Folder existiert und dort *conda.exe* vorhanden ist.

³ Windowstaste > Umgebungsvariable für dieses Konto bearbeiten > Zeile „Path“ auswählen (doppelklick) > Neu > Pfad zur conda installation hinzufügen > mit OK bestätigen > cmd neu starten > `conda --version` nochmals eingeben.

⁴ Unter Linux: `conda activate codingingis`

⁵ Falls die richtige environment noch nicht aktiviert ist, muss dies zuerst noch erfolgen (z.B `activate codingingis`).

⁶ In Coding in GIS I - III brauchen wir die Module *pandas*, *matplotlib*, *geopandas* und *descartes*

⁷ Dies macht sich bemerkbar durch die Fehlermeldung `ModuleNotFoundError: No module named 'pandas'`

⁸ Falls Jupyter Labs läuft und dadurch die Konsole blockiert ist, gibt es folgende Möglichkeiten:

1. Jupyter Labs beenden (CTRL + C) > Modul installieren > Jupyter Lab nochmal starten
2. einen neue Konsole starten > *environment* aktivieren > Modul installieren
3. den Terminal innerhalb von Jupyter Labs verwenden (File > New > Terminal) und dort die *environment* aktivieren und Modul installieren

9.1 Vergleich R vs. Python

Der Umgang mit Modulen ist in Python in vielerlei Hinsicht ähnlich wie in R. An dieser Stelle möchten wir die Unterschiede in einem Direktvergleich beleuchten. Dafür verwenden wir **ein fiktives Modul** namens `maler`, in Anlehnung an die Analogie des Hausbauens mit Spezialisten (siehe Vorlesungsfolien). Nehmen wir an, dieses Modul existiert als Python Modul wie auch als R Library.

9.1.1 Erweiterung installieren

In R ist die Installation einer *Library* selbst ein R-Befehl und wird innerhalb von R ausgeführt. Wenn wir keine Quelle angeben, woher die Library heruntergeladen werden soll, wird eine Default-Quelle verwendet, die im System hinterlegt ist (z.B. „<https://cloud.r-project.org>“).

In Python ist dies leider etwas komplizierter, es braucht für die Installation einer Python *Library* eine Zusatzsoftware wie zum Beispiel `conda` (siehe dazu das Kapitel [Conda cheat sheet](#)). Es gibt auch noch andere Wege, wie zum Beispiel `pip`, aber diese lassen wir der Einfachheit an dieser Stelle weg.

in R*:

```
install.packages("maler")
```

In Python**:

```
conda install -c conda-forge maler
```

9.1.2 Erweiterung laden

Um eine Erweiterung nutzen zu können, müssen wir diese sowohl in R wie auch in Python in die aktuelle Session importieren. In R und Python sehen die Befehle folgendermassen aus:

in R:

```
library(maler)
```

in Python:

```
import maler
```

9.1.3 Erweiterung verwenden

Um eine Funktion aus einer *Library* in R zu verwenden, kann ich diese *Function* direkt aufrufen. In Python hingegen muss ich entsprechende Erweiterung der *Function* mit einem Punkt voranstellen.

Das ist zwar umständlicher, dafür aber weniger Fehleranfällig. Angenommen, zwei leicht unterschiedliche Funktionen heissen beide `wand_bemalen()`. Die eine stammt aus der Erweiterung `maler`, die andere aus der Erweiterung `maurer`. Wenn die Funktion in R aufgerufen wird ist nicht klar, aus welcher Library die Funktion verwendet werden soll. In Python ist im nachstehenden Beispiel unmissverständlich, dass `wand_bemalen()` aus dem Modul `maler` gemeint ist.

in R:

```
wand_bemalen()
```

in Python:

```
maler.wand_bemalen()
```

9.2 Python Eigenheiten

In Python gibt es in Bezug auf die Verwendung von Modulen ein paar Eigenheiten, die wir aus der R Welt nicht kennen. Es ist wichtig diese Eigenheiten zu kennen, denn man trifft sie immer wieder an.

9.2.1 Modul mit Alias importieren

Da es umständlich sein kann, jedesmal `maler.wand_bemalen()` voll auszuschreiben, können wir dem Modul beim Import auch einen „Alias“ vergeben. Für gewisse populäre Module haben sich solche Aliasse eingebürgert. Beispielsweise wird `pandas` meist mit dem Alias `pd` importiert. Es ist sinnvoll, sich an diese Konventionen zu halten. Übertragen auf unser `maler` beispiel sieht der Import mit einem Alias folgendermassen aus:

```
import maler as m      # importiert "maler" mit dem Alias "m"  
m.wand_bemalen()       # nun wird "m." vorangestellt statt "maler."
```


9.2.2 Einzelne *Function* importieren

Es gibt noch die Variante, explizit eine spezifische *Function* aus einem Modul zu laden. Wenn man dies macht, kann man die Funktion ohne vorangestelltes Modul nutzen (genau wie in R). Dies sieht folgendermassen aus:

```
from maler import wand_bemalen # importiert nur die Funktion "wand_bemalen"
wand_bemalen()                # das voranstellen von "maler." ist nun nicht nötig
```

9.2.3 Alle *Functions* importieren

Zusätzlich ist es möglich, **alle** *Functions* aus einem Modul so zu importieren, dass der Modulname nicht mehr erwähnt werden muss. Diese Notation wird nicht empfohlen, aber es ist wichtig sie zu kennen.

```
from maler import * # importier alle Funktionen (*) von "maler"
wand_bemalen()     # das voranstellen von "maler." ist nun nicht nötig
```

Aufgabe 5: *Function* Basics

10.1 Theorie

Ein Grundprinzip von Programmieren ist „DRY“ (*Don't repeat yourself*). Wenn unser Script sehr viele gleiche oder sehr ähnliche Codezeilen enthält ist das ein Zeichen dafür, dass man besser eine *Function* schreiben sollte. Das hat viele Vorteile: Unter anderem wird der Code lesbarer, einfacher zu warten und kürzer.

Um mit Python gut zurecht zu kommen ist das schreiben von eigenen *Functions* unerlässlich. Sie sind auch nicht weiter schwierig: Eine *Function* wird mit `def` eingeleitet, braucht einen Namen, einen Input und einen Output.

Wenn wir zum Beispiel eine Function erstellen wollen die uns grüsst, so geht dies folgendermassen:

```
def sag_hallo():  
    return "Hallo!"
```

- Mit `def` sagen wir: „Jetzt definiere ich eine Function“.
- Danach kommt der Name der *Function*, in unserem Fall `sag_hallo` (mit diesem Namen können wir die *Function* später wieder abrufen).
- Als drittes kommen die runden Klammern, wo wir bei Bedarf Inputvariablen (sogenannte Parameter) festlegen können. In diesem ersten Beispiel habe ich keine Parameter festgelegt
- Nach der Klammer kommt ein Doppelpunkt was bedeutet: „jetzt wird gleich definiert, was die Funktion tun soll“
- Auf einer neuen Zeile wird eingerückt festgelegt, was die Function eben tun soll. Meist sind hier ein paar Zeilen Code vorhanden
- Die letzte eingerückte Zeile (in unserem Fall ist das die einzige Zeile) gibt mit `return` an, was die *Function* zurück geben soll (der Output). In unserem Fall soll sie „Hallo!“ zurück geben.

Das war's schon! Jetzt können wir diese *Function* schon nutzen:

```
sag_hallo()
```

```
'Hallo!'
```

Diese *Function* ohne Input ist wenig nützlich. Meist wollen wir der *Function* etwas - einen Input - übergeben können. Beispielsweise könnten wir der *Function* unseren Vornamen übergeben, damit wir persönlich begrüßt werden:

```
def sag_hallo(vorname):  
    return "Hallo " + vorname + "!"
```

Nun können wir der Function ein Argument übergeben. In folgendem Beispiel ist `vorname` ein Parameter, „Guido“ ist sein Argument.

```
sag_hallo(vorname = "Guido")
```

```
'Hallo Guido!'
```

Wir können auch eine *Function* gestalten, die mehrere Parameter annimmt. Beispielsweise könnte `sag_hallo()` zusätzlich noch einen Parameter `nachname` erwarten:

```
def sag_hallo(vorname, nachname):  
    return "Hallo " + vorname + " " + nachname + "!"
```

```
sag_hallo(vorname = "Guido", nachname = "van Rossum")
```

```
'Hallo Guido van Rossum!'
```

10.2 Übungen

10.2.1 Übung 5.1: Erste *Function* erstellen

Erstelle eine Function, die `gruezi` heisst, einen Nachnamen als Input annimmt und per Sie grüsst. Das Resultat soll in etwa folgendermassen aussehen:

```
gruezi(nachname = "van Rossum")
```

```
'Guten Tag, van Rossum'
```

10.2.2 Übung 5.2: *Function* erweitern

Erstelle eine neue Funktion `gruezi2` welche im Vergleich zu `gruezi` einen weiteren Parameter namens `anrede` annimmt.

Das Resultat soll in etwa folgendermassen aussehen:

```
gruezi2(nachname = "van Rossum", anrede = "Herr")
```

```
'Guten Tag, Herr van Rossum'
```

10.2.3 Übung 5.3: Zahlen summieren

Erstelle eine Funktion `add` die zwei Zahlen summiert. Das Resultat sollte folgendermassen aussehen:

```
add(zahl1 = 2, zahl2 = 10)
```

```
12
```

10.2.4 Übung 5.4: Quadratzahl

Erstelle eine Funktion `square`, welche den Input quadriert (mit sich selbst multipliziert). Das Resultat sollte folgendermassen aussehen:

Tipp: Nutze `*` um zwei Zahlen zu multiplizieren.

```
square(zahl = 5)
```

```
25
```

10.2.5 Übung 5.5: Meter in Fuss konvertieren

Erstelle eine Funktion `meter_zu_fuss`, die eine beliebige Zahl von Meter in Fuss konvertiert. Zur Erinnerung: 30.48 cm ergeben 1 Fuss. Das Resultat sollte folgendermassen aussehen:

```
meter_zu_fuss(meter = 1.80)
```

```
5.905511811023622
```


Aufgabe 6: *Function* Advanced

11.1 Theorie

11.1.1 Standart-Werte

Man kann für einzelne (oder alle) Parameter auch Standardwerte festlegen. Das sind Werte die dann zum Zug kommen, wenn der Nutzer der Funktion das entsprechende Parameter leer lässt. Schauen wir dazu nochmals `sag_hallo()` an.

```
def sag_hallo(vorname):  
    return "Hallo " + vorname + "!"
```

Um diese Funktion zu nutzen müssen dem Parameter `vorname` ein Argument übergeben, sonst erhalten wir eine Fehlermeldung.

```
sag_hallo()  
  
-----  
TypeError                                 Traceback (most recent call last)  
<ipython-input-9-92896a02d815> in <module>()  
----> 1 sag_hallo()  
  
TypeError: sag_hallo() missing 1 required positional argument: 'vorname'
```

Wenn wir möchten, dass gewisse Parameter auch ohne Argument auskommen, dann können wir einen Standardwert festlegen. So wird der Parameter optional. Beispielsweise könnte `sag_hallo()` einfach *Hallo Du!* zurück geben, wenn kein Vorname angegeben wird. Um dies zu erreichen, definieren wir den Standardwert bereits innerhalb der Klammer, und zwar folgendermassen:

```
def sag_hallo(vorname = "Du"):  
    return "Hallo " + vorname + "!"
```

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

(Fortsetzung der vorherigen Seite)

```
# Wenn "vorname" nicht angegeben wird:  
sag_hallo()
```

```
'Hallo Du!'
```

Wichtig

Wenn mehrere Parameter in einer Funktion definiert werden, dann kommen die optionalen Parameter **immer zum Schluss**.

11.1.2 Reihenfolge der Argumente

Wenn die Argumente in der gleichen Reihenfolge eingegeben werden, wie sie in der *Function*-Definiert sind, müssen die Parameter **nicht** spezifiziert werden (z.B: anrede=, nachname=).

```
def gruezi2(nachname, anrede):  
    return "Guten Tag, " + anrede + " "+nachname  
  
gruezi2("van Rossum", "Herr")
```

```
'Guten Tag, Herr van Rossum'
```

Wenn wir die Reihenfolge missachten, ist der Output unserer Funktion fehlerhaft:

```
gruezi2("Herr", "van Rossum")
```

```
'Guten Tag, van Rossum Herr'
```

Aber wenn die Parameter der Argumente spezifiziert werden, können wir sie in jeder beliebigen Reihenfolge auflisten:

```
gruezi2(anrede = "Herr", nachname = "van Rossum")
```

```
'Guten Tag, Herr van Rossum'
```

11.1.3 Globale und Lokale Variablen

Innerhalb einer *Function* können nur die Variablen verwendet werden, die der *Function* als Argumente übergeben (oder innerhalb der Funktion erstellt) werden. Diese nennt man „lokale“ Variablen, sie sind lokal in der *Function* vorhanden. Im Gegensatz dazu stehen „globale“ Variablen, diese sind Teil der aktuellen Session.

Versuchen wir das mit einem Beispiel zu verdeutlichen. Angenommen wir definieren global die Variablen nachname und anrede:

```
# Wir definieren globale Variablen  
vorname = "Guido"  
  
# Nun erstellen wir eine Function, welche diese Variablen nutzen soll:  
def sag_hallo(vorname):  
    return "Hallo " + vorname
```

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

(Fortsetzung der vorherigen Seite)

```
# Wenn wir jetzt aber die Function ausführen wollen, entsteht eine Fehlermeldung.
sag_hallo()
```

```
-----
TypeError                                 Traceback (most recent call last)
<ipython-input-17-3b9d2e26d124> in <module>
      1 # Wenn wir jetzt aber die Function ausführen wollen, entsteht eine
↳ Fehlermeldung.
----> 2 sag_hallo()

TypeError: sag_hallo() missing 1 required positional argument: 'vorname'
```

11.1.4 Lambda-Function

Mit dem Begriff `lambda` kann eine *Function* verkürzt geschrieben werden. Wir werden dies im Unterricht kaum verwenden, es ist aber doch gut davon gehört zu haben. Nachstehend wird die Funktion `sag_hallo()` in der bekannten, wie auch in der verkürzten Form definiert.

Herkömmliche Weise:

```
def sag_hallo(vorname):
    return "Hallo "+vorname
```

Verkürzt mit `lambda`:

```
sag_hallo = lambda vorname: "Hallo "+vorname
```

11.2 Übungen

11.2.1 Übung 6.1: Multiplizieren

Erstelle eine Funktion namens `times`, die zwei Zahlen miteinander multipliziert.

```
times(2,2)
```

```
4
```

11.2.2 Übung 6.2: Optionale Parameter

Die eben erstellte Funktion `times` benötigt 2 Argumente (die miteinander multipliziert werden). Wandle den einen Parameter in einen optionalen Parameter um (mit dem Defaultwert 1).

Zusatzaufgabe: Was passiert, wenn du den ersten Parameter in einen optionalen Parameter umwandelst?

```
times(3)
```

```
3
```

```
# Musterlösung
# (Zusatzaufgabe)

def times(x = 1 ,y):
    return x*y

File "<ipython-input-10-e0d2091c9b0f>", line 1
    def times(x = 1 ,y):
        ^
SyntaxError: non-default argument follows default argument
```

11.2.3 Übung 6.3: BMI

Erstelle eine Funktion namens `bmi`, die aus Grösse und Gewicht einen BodyMassIndex berechnet ($BMI = \frac{m}{l^2}$, m : Körpermasse in Kilogramm, l : Körpergrösse in Meter). Das Resultat soll etwa folgendermassen aussehen:

```
bmi(groesse_m=1.8, gewicht_kg=88)
```

```
27.160493827160494
```

11.2.4 Übung 6.4 Mittelwert

Erstelle eine Funktion `mean()`, welche den Mittelwert aus einer Liste (List) von Zahlen berechnet. Das Resultat sollte folgendermassen aussehen:

Tipp: Nutze dazu `sum()` und `len()` analog *Übung 2.6: Mittelwert berechnen*.

```
meine_zahlen = [50, 100, 550, 1000]
mean(meine_zahlen)
```

```
425.0
```

11.2.5 Übung 6.5 Grad Celsius in Fahrenheit

Erstelle eine Funktion `celsius_zu_fahrenheit`, welche eine beliebige Zahl von Grad Celsius in Grad Kelvin konvertiert. Zur Erinnerung: $Temperatur\ in\ ^\circ F = Temperatur\ in\ ^\circ C \times 1,8 + 32$.

Das Resultat sollte folgendermassen aussehen:

```
celsius_in_fahrenheit(celsius = 25)
```

```
77.0
```

11.2.6 Übung 6.7 Lambda Function

Schreibe die letzte Funktion `celsius_zu_fahrenheit` in der *lambda* Notation.

```
# Musterlösung  
  
celsius_in_fahrenheit2 = lambda celsius: celsius*1.8+32
```


Aufgabe 7: Zufallszahlen generieren

12.1 Theorie

Im Block „Datenqualität und Unsicherheit“ hattet ihr auch mit Zufallszahlen und Simulationen auseinandergesetzt. Programmiersprachen sind für eine solche Anwendung sehr gut geeignet, und deshalb werden wir in diesem Abschnitt eine Erweiterung zur Erstellung von Zufallszahlen kennenlernen. Diese Erweiterung lautet `random` und ist teil der „Python Standard Library“, was bedeutet das wir dieses Erweiterung bereits installiert ist, und wir sie nicht installieren müssen um sie zu nutzen.

```
import random
```

Innerhalb vom `random` gibt es zahlreiche Funktionen um Zufallszahlen zu generieren, je nach dem was unsere Anforderungen an die Zufallszahl ist. Zum Beispiel könnte eine Anforderung sein, dass die Zahl innerhalb von einem bestimmten Bereich liegt (z.B. „generiere eine Zufallszahl zwischen 1 und 10“). Oder aber, dass sie eine ganze Zahl sein muss. Weiter könnte die Anforderung sein, dass sie aus einer bestimmten Verteilung kommen sollte, zum Beispiel einer Normalverteilung. In diesem letzten Fall müssen wir den Mittelwert sowie die Standardabweichung unserer Verteilung angeben.

Um eine ganzzahlige Zufallszahl zwischen 0 und 10 zu generieren, können wir die Funktion `randrange()` nutzen:

```
random.randrange(start = 0, stop = 10)
```

```
0
```

```
random.randrange(start = 0, stop = 10)
```

```
1
```

```
random.randrange(start = 0, stop = 10)
```

```
1
```

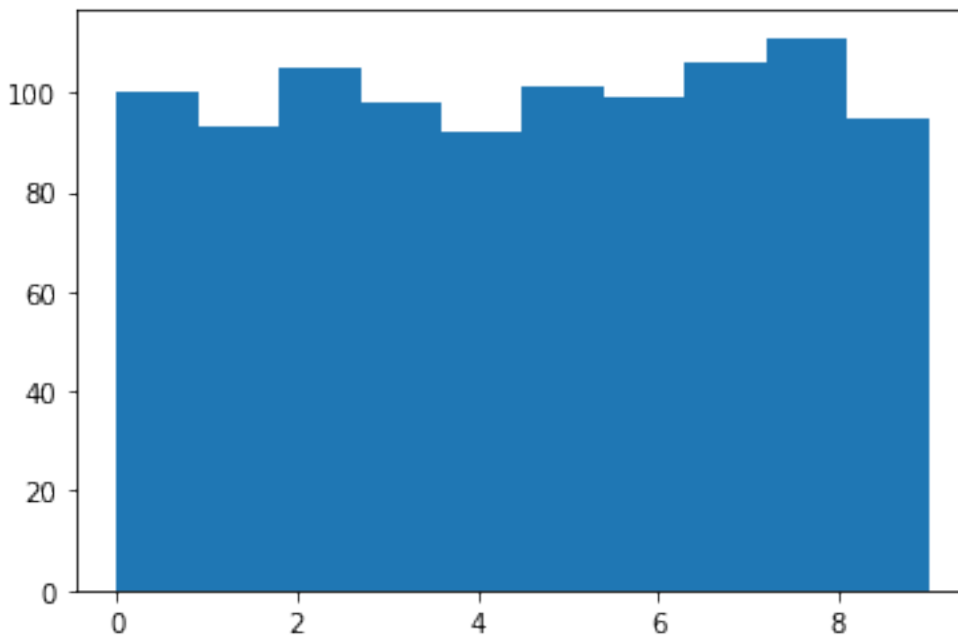
Wenn wir auf diese Weise mit `randrange()` immer wieder neue Zufallszahlen generieren fällt irgendwann auf, dass die Verteilung der Zahlen ziemlich gleichmässig ist. Es ist also gleich wahrscheinlich eine 10 zu bekommen eine 0 oder eine 5. Die Zahlen kommen also aus einer „uniformen“ Verteilung. Dies lässt sich auch sehr schön visualisieren. Ich generiere in den folgenden Codezeilen 1'000 zufallszahlen zwischen 0 und 10 mit der Funktion `randrange`.

```
from matplotlib import pyplot as plt
```

```
fig, ax = plt.subplots()
a = [random.randrange(0,10) for x in range(0,1000)]

ax.hist(a)

plt.show()
```



Die Funktion `randrange(0,10)` generiert nur ganzzahlige Zufallszahlen. Wenn wir aber eine Zufallszahl mit Nachkommastellen haben möchten, müssen wir die Funktion `uniform()` verwenden.

Um Zufallszahlen aus einer „Normalverteilung“ zu bekommen müssen wir die Funktion `normalvariate` nutzen. Hier müssen wir, wie Eingangs erwähnt, den Mittelwert und die Standardabweichung dieser Verteilung angeben. Tatsächlich können wir bei dieser Variante keine Minimum- und Maximumwerte festlegen. Theoretisch könnte der Generator jeden erdenklichen Zahlenwert rausspucken, am wahrscheinlichsten ist jedoch eine Zahl nahe am angegebenen Mittelwert.

```
# mu = Mittelwert, sigma = Standardabweichung
random.normalvariate(mu = 5, sigma = 2)
```

```
8.818586486923941
```

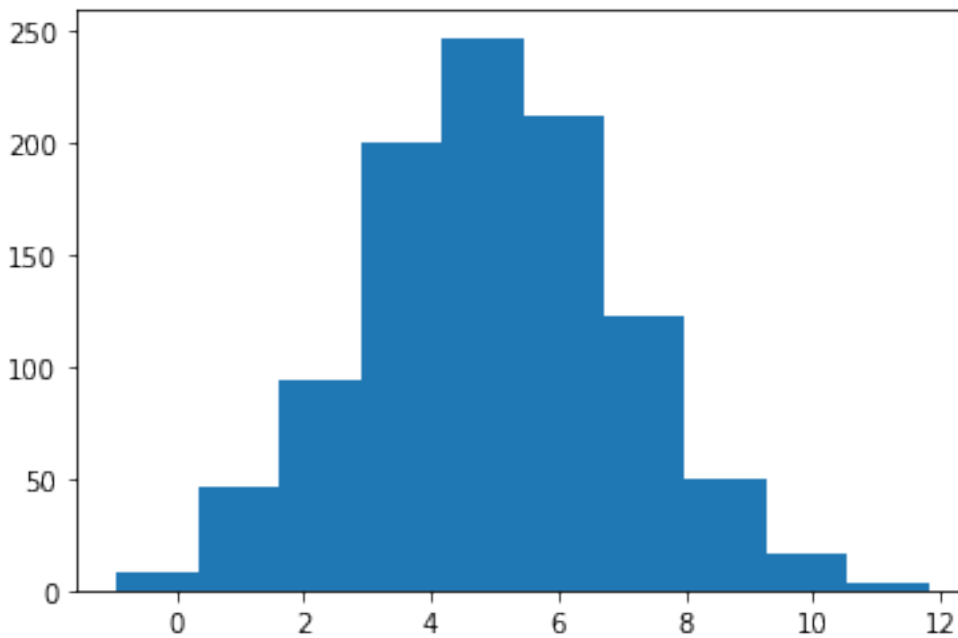
```
# mu = Mittelwert, sigma = Standardabweichung
random.normalvariate(mu = 5, sigma = 2)
```

```
4.632207532391158
```

```
# mu = Mittelwert, sigma = Standardabweichung  
random.normalvariate(mu = 5, sigma = 2)
```

```
3.3760146418651114
```

Wenn wir die obige Funktion 1000x laufen lassen und uns das Histogramm der generierten Zahlen anschauen, dann zeichnet sich folgendes Bild ab.



12.2 Übungen

Nun wollen wir diesen Zufallszahlengenerator `random` nutzen um eine Funktion zu entwickeln, welche einen beliebigen Punkt (mit einer x-/y-Koordinate) zufällig in einem definierten Umkreis verschiebt. Unser Fernziel ist es, den simulierten Datensatz aus „Datenqualität und Unsicherheit“ zu rekonstruieren (siehe unten). Der erste Schritt dorthin ist es, einen gemeldeten Punkt (rot in Abb. 12.1) in einem definierten Umkreis zu verschieben.

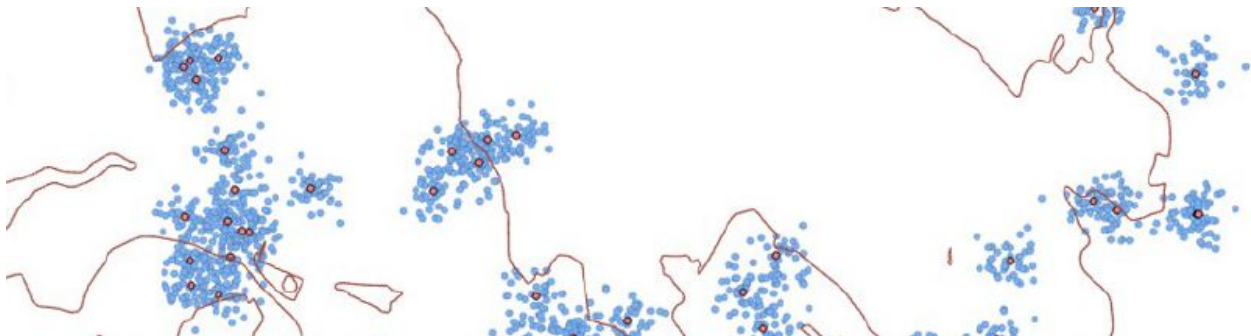


Abb. 12.1: Ausschnitt der simulierten Zeckenstiche. Der rote Punkt stellt jeweils der gemeldete Zeckenstich dar, die blaue Punktwolke drum herum sind simulierte Punkte welche die Ungenauigkeit der Daten widerspiegelt.

Das Ziel dieser Übung ist es also, dass wir eine Funktion entwickeln, die uns einen zufälligen Punkt in der Nähe eines

Ursprungspunktes vorschlägt. Unser Vorgehen: Wir addieren jedem Koordinatenwert (x/y) des Ursprungspunktes einen Zufallswert, zum Beispiel zwischen -100 bis +100.

12.2.1 Übung 7.1: Zufallszahlen aus Uniformverteilung

Bevor wir mit Koordinaten arbeiten wollt ihr euch zuerst mit dem Modul `random` vertraut machen. Importiere das Modul `random` und generiere eine Zufallszahl zwischen -100 und +100 aus einer uniformen Verteilung sowie aus einer Normalverteilung mit Mittelwert 100 und Standardabweichung 20.

12.2.2 Übung 7.2: Dummykoordinaten erstellen

Nun wollen wir uns den Koordinaten zuwenden. Erstelle als erstes zwei Dummykoordinaten `x_start` und `y_start` mit jeweils dem Wert 0. Diese sollen als „Ursprungskordinaten“ dienen.

12.2.3 Übung 7.3: Zufallswerte generieren

Generiere nun eine Zufallszahl, die aus einer Normalverteilung stammt und die *in etwa* zwischen -100 und +100 liegt. Weise diese Zahl der Variabel `x_offset` zu. Generiere danach eine zweite Zufallszahl (auf die gleiche Art) und weise diese `y_offset` zu.

Tipp: Überlege dir, welcher *Mittelwert* Sinn macht um Werte zwischen -100 und +100 zu bekommen. Welche Zahl liegt zwischen -100 und +100?

Überlege dir als nächstes, welche Standardabweichung sinnvoll wäre. Zur Erinnerung: Etwa 68% der Werte liegen innerhalb von ± 1 Standardabweichung (SD), 95% innerhalb von ± 2 SD, 99% innerhalb von 3 SD (siehe unten):

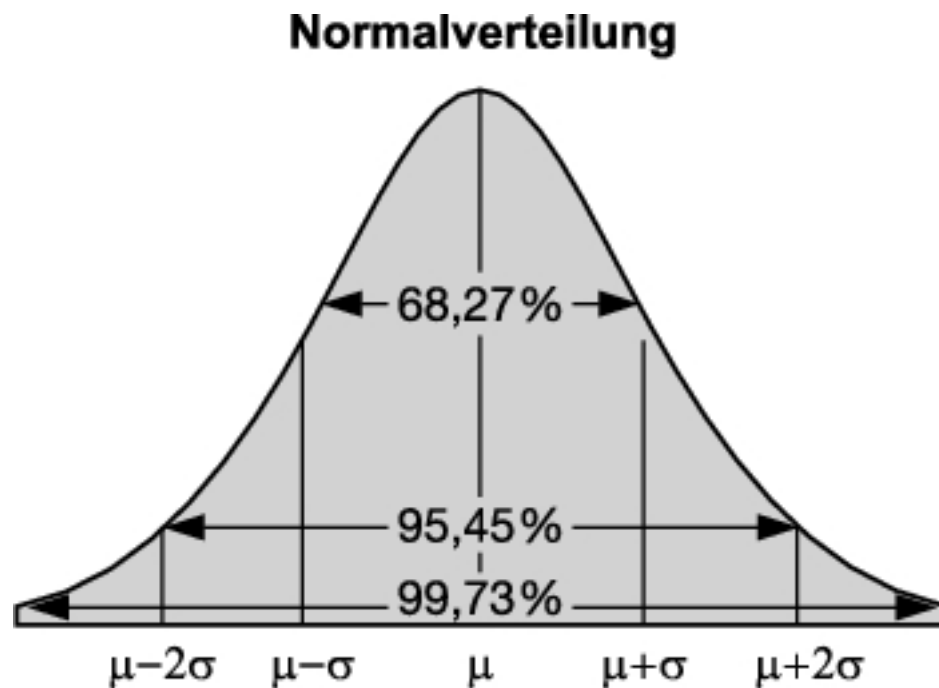


Abb. 12.2: Normalverteilung und die Anteile innerhalb von 1 Standardabweichung (Mittelwert μ minus Standardabweichung σ), 2 Standardabweichungen ($\mu - 2 \times \sigma$) und 2 Standardabweichungen ($\mu + 2 \times \sigma$). Quelle: [cobocards](#)

12.2.4 Übung 7.4: Zufallswerte addieren

Addiere nun die Zufallszahlen `x_offset` und `y_offset` **jeweils** zu den Dummykoordinaten `x_start` und `y_start` und weise diese neuen Koordinaten `x_neu` und `y_neu` zu. Die neuen Werte stellen die leicht verschobenen Ursprungskoordinaten dar. In meinem Fall sind diese um 10.2 Meter nach Osten (positiver Wert) bzw. 4.4 Meter nach Süden (negativer Wert) verschoben worden.

`x_neu`

10.246170309600945

`y_neu`

-4.443904000288846

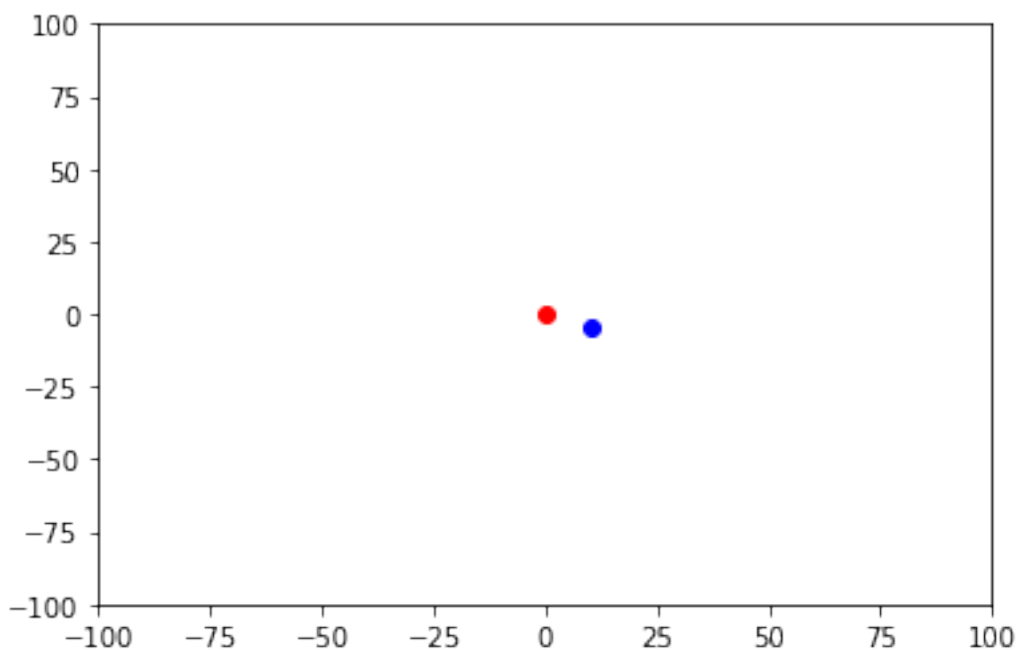
Visuell betrachtet sieht das folgendermassen aus:

```
from matplotlib import pyplot as plt
import pandas as pd

plt.scatter(x_start, y_start, color = "red") # ursprung
plt.scatter(x_neu, y_neu, color = "blue")   # neu

plt.gca().set_xlim([-100,100])
plt.gca().set_ylim([-100,100])
```

(-100.0, 100.0)



12.2.5 Übung 7.5: Arbeitsschritte in eine *Function* verwandeln

Nun haben wir das zufällige Verschieben eines Einzelpunktes am Beispiel einer Dummykoordinaten (0/0) durchgespielt. In der nächsten Aufgabe (*Aufgabe 8: Funktionen in DataFrames*) werden wir *alle* unsere Zeckenstichkoordinaten auf diese Weise zufällig verschieben um einen Simulierten Zeckenstichdatensatz ähnlich wie Abb. 12.1 zu erhalten.

Dafür brauchen wir die eben erarbeiteten Einzelschritte als Funktion, um diese auf alle Zeckenstiche anwenden zu können. **Erstelle jetzt eine Funktion namens `offset_coordinate` welche als Input eine *x* oder *y*-Achsenwert annimmt und eine leicht verschobene Wert zurück gibt.** Integriere die Distanz der Verschiebung als optionalen Parameter mit einem Standartwert von 100.

12.2.6 Übung 7.6: Output visualisieren

Nun ist es wichtig, dass wir unser Resultat visuell überprüfen. Im Beispiel unten wende ich die in der letzten Übung erstellte Funktion `offset_coordinate()` 1'000x auf die Dummykoordinate an. Nutze *deine* Funktion `offset_coordinate` um eine Visualisierung gemäss unten stehendem Beispiel zu machen.

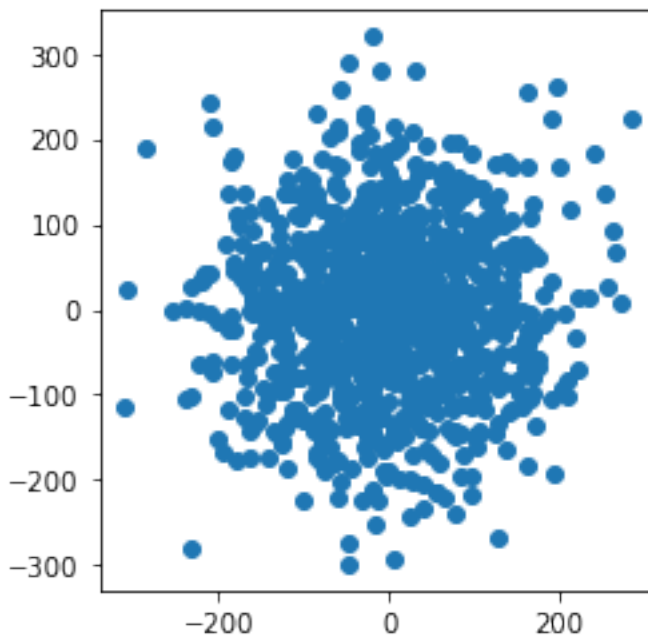
```
from matplotlib import pyplot as plt
import pandas as pd

x_neu_list = [offset_coordinate(x_start, 100) for i in range(1,1000)]
y_neu_list = [offset_coordinate(y_start, 100) for i in range(1,1000)]

fig = plt.scatter(x_neu_list,y_neu_list)

plt.axis("scaled")
```

```
(-339.3112339631146, 313.4578571880634, -329.62891111590625, 351.0638838736822)
```



Aufgabe 8: Funktionen in *DataFrames*

13.1 Theorie

In dieser Aufgabe haben wir das Ziel, die in der letzten Aufgabe (*Aufgabe 7: Zufallszahlen generieren*) erstellte Funktion `offset_coordinate()` auf alle Zeckenstich-Koordinaten anwenden. Bildlich gesprochen: Wir nehmen unsere Zeckenstichdatensatz und schütteln ihn **einmal** durch. So erhalten wir einen Datensatz ähnlich wie in *Abb. 12.1* mit dem Unterschied, dass jede Zeckenstichmeldung nicht eine *Wolke* von simulierten Punkten enthält, sondern nur einen einzelnen Punkt.

Nutze hier die Datei „zeckenstiche.csv“ von letzter Woche (du kannst auch sie [hier erneut runterladen](#), Rechtsklick -> Ziel speichern unter). Erstelle ein neues Notebook und nutze nachstehenden Code um die nötigen Module und Functions zu haben:

```
import pandas as pd

def offset_coordinate(old, distance = 100):
    import random
    new = old + random.normalvariate(0,distance)

    return (new)

zeckenstiche = pd.read_csv("zeckenstiche.csv")

zeckenstiche
```

	ID	accuracy	x	y
0	2550	439.128951	2681116	1250648
1	10437	301.748542	2681092	1250672
2	9174	301.748542	2681128	1250683
3	8773	301.748542	2681111	1250683
4	2764	301.748529	2681131	1250692
5	2513	301.748529	2681171	1250711
6	9185	301.748542	2681107	1250712

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

(Fortsetzung der vorherigen Seite)

7	28521	301.748542	2681124	1250720
8	26745	301.748542	2681117	1250725
9	27391	301.748542	2681138	1250725

13.2 Übungen

13.2.1 Übung 8.1: Spalten selektieren

Mache dich nochmals damit vertraut, einzelne Spalten zu selektieren. Schau dir [Aufgabe 4: Tabellarische Daten](#) nochmals an wenn du nicht mehr weisst wie das geht.

13.2.2 Übung 8.2: Neue Spalten erstellen

Mache dich nochmals damit vertraut, wie man neue Spalten erstellt. Schau dir [Aufgabe 4: Tabellarische Daten](#) nochmals an wenn du nicht mehr weisst wie das geht. Erstelle ein paar neue Spalten nach dem Beispiel unten um die Hangriffe zu üben. Lösche die Spalten im Anschluss wieder mit `del zeckenstiche['test1']` etc.

```
zeckenstiche
```

	ID	accuracy	x	y	test1	test2	test3
0	2550	439.128951	2681116	1250648	test1	10	1
1	10437	301.748542	2681092	1250672	test1	10	2
2	9174	301.748542	2681128	1250683	test1	10	3
3	8773	301.748542	2681111	1250683	test1	10	4
4	2764	301.748529	2681131	1250692	test1	10	5
5	2513	301.748529	2681171	1250711	test1	10	6
6	9185	301.748542	2681107	1250712	test1	10	7
7	28521	301.748542	2681124	1250720	test1	10	8
8	26745	301.748542	2681117	1250725	test1	10	9
9	27391	301.748542	2681138	1250725	test1	10	10

13.2.3 Übung 8.3: apply

pandas kennt eine ganze Familie von Methoden, um Spalten zu Manipulieren und Daten zu Aggregieren (`apply`, `map`, `mapapply`, `assign`). Es würde den Rahmen von diesem Kurs sprengen, die alle im Detail durch zu gehen, es lohnt sich aber sehr sich mit diesen zu befassen wenn man in sich näher mit Python befassen möchte.

Im unseren Fall brauchen wir lediglich die Methode `apply` um die Funktion `offset_coordinate()` auf die Zeckenstichkoordinaten anzuwenden. Dabei gehen wir wie folgt for:

```
zeckenstiche["x"].apply(offset_coordinate)
# \_____1_____/ \_2_\_____3_____/

# 1. Spalte selektieren (["x"])
# 2. Methode "apply" aufrufen
# 3. Function übergeben
```

0	2.681030e+06
1	2.680937e+06

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

(Fortsetzung der vorherigen Seite)

```

2    2.681126e+06
3    2.681079e+06
4    2.681048e+06
5    2.681061e+06
6    2.681168e+06
7    2.681007e+06
8    2.681239e+06
9    2.681112e+06
Name: x, dtype: float64

```

Verwende dieses Schema um auch `offset_coordinate` auf die `y` Spalte anzuwenden und speichere den Output dieser beiden Operationen als neue Spalten `x_sim` sowie `y_sim`. Die *DataFrame* `zeckenstiche` sollte danach wie folgt aussehen:

```
zeckenstiche
```

	ID	accuracy	x	y	x_sim	y_sim
0	2550	439.128951	2681116	1250648	2.681074e+06	1.250552e+06
1	10437	301.748542	2681092	1250672	2.681045e+06	1.250748e+06
2	9174	301.748542	2681128	1250683	2.681084e+06	1.250521e+06
3	8773	301.748542	2681111	1250683	2.681163e+06	1.250674e+06
4	2764	301.748529	2681131	1250692	2.681196e+06	1.250746e+06
5	2513	301.748529	2681171	1250711	2.681233e+06	1.250735e+06
6	9185	301.748542	2681107	1250712	2.680861e+06	1.250658e+06
7	28521	301.748542	2681124	1250720	2.680969e+06	1.250761e+06
8	26745	301.748542	2681117	1250725	2.681035e+06	1.250735e+06
9	27391	301.748542	2681138	1250725	2.681245e+06	1.250737e+06

13.2.4 Übung 8.4: Zusätzliche Parameter

In *Übung 8.3: apply* haben wir unsere Funktion `offset_coordinate` aufgerufen, ohne den Parameter `distance` zu spezifizieren. Dies war möglich, weil wir für `distance` einen Defaultwert festgelegt hat (100 Meter). Wir können aber auch zusätzliche Parameter kommagetrennt nach der Funktion angeben. Dies sieht folgendermassen aus:

```
zeckenstiche["x"].apply(offset_coordinate,distance = 200)
```

```

0    2.681354e+06
1    2.680846e+06
2    2.680734e+06
3    2.681271e+06
4    2.680950e+06
5    2.680963e+06
6    2.681050e+06
7    2.681596e+06
8    2.680637e+06
9    2.680970e+06
Name: x, dtype: float64

```

Nutze diese Möglichkeit, um die den Offset (`distance`) auf lediglich etwa 10 Meter zu reduzieren.

13.2.5 Übung 8.5: Simulation visualisieren

Um die Original x/y-Werte sowie die Simulierten Daten im gleichen Plot darzustellen, wird folgendermassen vorgegangen: Der erste Datensatz wird mit `.plot()` visualisiert, wobei der Output einer Variabel (z.B. `basemap`) zugewiesen wird. Danach wird der zweite Datensatz ebenfalls mit `.plot()` visualisiert, wobei auf den ersten Plot via dem Argument `ax` verwiesen wird.

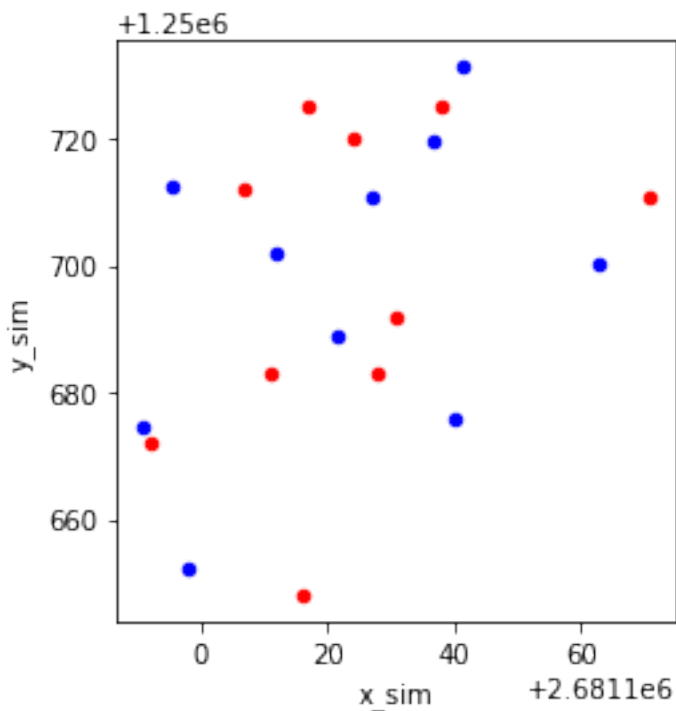
Bei den roten Punkten handelt es sich um die Original-Zeckenstiche, bei den blauen um die simulierten (leicht verschoben) Zeckenstiche. Visualisiere deine eigenen Zeckenstiche auf diese Weise.

```
from matplotlib import pyplot as plt
```

```
basemap = zeckenstiche.plot.scatter("x", "y", color = "red")
zeckenstiche.plot.scatter("x_sim", "y_sim", ax = basemap, color = "blue")

plt.axis("scaled")

plt.show()
```



13.2.6 Übung 8.6: Genauigkeitsangaben der Punkte mitberücksichtigen.

In *Übung 8.4: Zusätzliche Parameter* haben wir alle Punkte um etwa die gleiche Distanz (± 10 m) verschoben. Wenn wir unsere *DataFrame* „zeckenstiche“ genau anschauen, steht uns eine Genauigkeitsangabe pro Punkt zur Verfügung: Die Spalte `accuracy`. Diese Spalte ist eine Genauigkeitsangabe über den gemeldeten Zeckenstich. Sie sagt etwas darüber aus, wie sicher der/die Nutzer*in bei der Standortsangabe war (z.B. „Diese Meldung ist etwa auf 300 Meter genau“). Wir können diese Genauigkeitsangabe auch nutzen um den offset *pro Punkt* zu bestimmen.

Nutze die Spalte `accuracy` als Argument des Parameters `distance` in der Funktion `offset_coordinate` um genau dies zu erreichen. Visualisiere nun die Daten. Was ist hier passiert?

zeckenstiche

	ID	accuracy	x	y	x_sim	y_sim
0	2550	439.128951	2681116	1250648	2.681098e+06	1.250652e+06
1	10437	301.748542	2681092	1250672	2.681091e+06	1.250675e+06
2	9174	301.748542	2681128	1250683	2.681121e+06	1.250689e+06
3	8773	301.748542	2681111	1250683	2.681112e+06	1.250702e+06
4	2764	301.748529	2681131	1250692	2.681140e+06	1.250676e+06
5	2513	301.748529	2681171	1250711	2.681163e+06	1.250700e+06
6	9185	301.748542	2681107	1250712	2.681095e+06	1.250713e+06
7	28521	301.748542	2681124	1250720	2.681141e+06	1.250731e+06
8	26745	301.748542	2681117	1250725	2.681127e+06	1.250711e+06
9	27391	301.748542	2681138	1250725	2.681137e+06	1.250720e+06

Einleitung zu diesem Block

Heute wollen wir uns weiter mit den Zeckenstichdaten befassen. Wir werden im Wesentlichen ein Teil der Übung aus „Datenqualität und Unsicherheit“ in Python rekonstruieren.

In der Übung geht es um folgendes: Wir wissen das die Lagegenauigkeit der Zeckenstichmeldungen mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind. Um die Frage „Welcher Anteil der der Zeckenstiche befinden sich im Wald?“ unter Berücksichtigung dieser Unsicherheit beantworten zu können, führen wir eine (Monte Carlo) Simulation durch. In dieser Simulation verändern wir die Position der Zeckenstichmeldungen zufällig und berechnen den Anteil der Zeckenstiche im Wald. Das zufällige Verschieben und berechnen wiederholen wir beliebig lange und bekommen für jede Wiederholung einen leicht unterschiedlichen Prozentwert. Die Verteilung dieser Prozentwerte ist die Antwort auf die ursprüngliche Frage („Welcher Anteil...“) unter Berücksichtigung der Unsicherheit.

Um eine solche, etwas komplexere Aufgabe lösen zu können müssen wir sie in einfachere Einzelschritte aufteilen. Diese bearbeiten wir in dieser und der kommenden Woche:

- Schritt 1: Einen Einzelpunkt zufällig verschieben
- Schritt 2: Alle Punkte einer DataFrame zufällig verschieben (1 „Run“)
- Schritt 3: Alle Punkte einer DataFrame mehrfach zufällig verschieben (z.B. 50 „Runs“)
- Schritt 4: Anteil der Punkte im Wald pro „Run“ ermitteln

Übungsziele

- Ihr kennt For-Loops und könnt sie anwenden
 - Ihr verwendet eure erste räumliche Operation «Spatial Join» und wisst, dass es hier eine ganze Palette an weiteren Operatoren gibt
 - Ihr könnt eine (Geo-) DataFrame nach Gruppe Zusammenfassen
 - Ihr lernt weitere Visualisierungstechniken kennen
-

Übung: For Loops (Teil I)

Nirgends ist der Aspekt der Automatisierung so sichtbar wie in For Loops. Loops sind «Schleifen» wo eine Aufgabe so lange wiederholt wird, bis ein Ende erreicht worden ist. Auch For-Loops sind im Grunde genommen sehr einfach:

```
for platzhalter in [0,1,2]:  
    print("Iteration",platzhalter)
```

```
Iteration 0  
Iteration 1  
Iteration 2
```

- `for` legt fest, dass eine For-Loop beginnt
- Nach `for` kommt eine Platzhalter-Variabel, die ihr beliebig benennen könnt. Im obigen Beispiel lautet diese `platzhalter`
- Nach dem Platzhalter kommt der Begriff `in`
- Nach `in` wird der „Iterator“ festgelegt, also worüber der For-Loop iterieren soll (hier: über eine `List` mit den Werten `[0, 1, 2]`).
- Danach kommt ein Doppelpunkt `:` der Zeigt: „Nun legen wir gleich fest was im For-Loop passieren soll“ (dies erinnert an die Konstruktion einer *Function*)
- Auf einer neuen Zeile wird eingerückt festgelegt, was in der For-Loop passieren soll. In unserem Fall wird etwas Nonsense in die Konsole ausgespuckt. Achtung: `return()` gibt's in For-Loops nicht.

15.1 Übung 1: Erste For-Loop erstellen

Erstelle eine For-Loop, die über eine Liste von 3 Namen iteriert, und jede Person in der Liste grüsst (Output in die Konsole mittels `print`).

15.2 Übung 2: For-Loop mit `range()`

Im Beispiel der Einführung iterieren wir über eine *List* mit den Werten `[0, 1, 2]`. Wenn wir aber über viele Werte iterieren wollen, ist es zu mühsam händisch eine Liste mit allen Werten zu erstellen. Mit `range(n)` erstellt Python ein Iterator mit den Zahlen 0 bis n. Repliziere den For-Loop aus der Einführung und ersetze `[0, 1, 2]` mit `range(3)`.

KAPITEL 16

Übung: For Loops (Teil II)

Bis jetzt haben wir lediglich Sachen in die Konsole herausgeben lassen, doch wie schon bei Functions ist der Zweck einer For-Loop meist, dass nach Durchführung etwas davon zurückbleibt. `return()` gibt es wie bereits erwähnt bei *For-Loops* nicht. Nehmen wir folgendes Beispiel:

```
for schlagwort in ["bitch", "lover", "child", "mother", "sinner", "saint"]:  
    liedzeile = "I'm a " + schlagwort  
    print(liedzeile)
```

```
I'm a bitch  
I'm a lover  
I'm a child  
I'm a mother  
I'm a sinner  
I'm a saint
```

Der Output von dieser For-Loop sind zwar sechs Liederzeilen, wenn wir die Variabel `liedzeile` anschauen ist dort nur das Resultat aus der letzten Durchführung gespeichert. Das gleiche gilt auch für die variabel `schlagwort`.

`liedzeile`

`"I'm a saint"`

`schlagwort`

`'saint'`

Das verrät uns etwas über die Funktionsweise des *For-Loops*: Bei jedem Durchgang werden die Variablen immer wieder überschrieben. Wenn wir also den Output des ganzen For-Loops abspeichern wollen, müssen wir dies etwas vorbereiten. Dafür erstellen wir unmittelbar vor dem For-Loop einen leeren Behälter, zum Beispiel eine leere Liste (`strophe = []`). Nun können wir innerhalb des *Loops* `append()` nutzen, um den Output von einem Durchgang dieser Liste hinzu zu fügen.

```
strophe = []

for schlagwort in ["bitch", "lover", "child", "mother", "sinner", "saint"]:
    liedzeile = "I'm a " + schlagwort
    strophe.append(liedzeile)

strophe
```

```
["I'm a bitch",
 "I'm a lover",
 "I'm a child",
 "I'm a mother",
 "I'm a sinner",
 "I'm a saint"]
```

16.1 Übung: Output aus For-Loop speichern

Erstelle einen *For-Loop*, wo in jeder Iteration einen Output in einer Liste gespeichert wird.

Übung: Zeckenstich Simulation mit Loop

Nun geht es weiter mit unserer Zeckenstich Monte-Carlo Simulation. Schritte 1 und 2 haben wir bereits erledigt. Nun packen wir Schritt 3 an:

- Schritt 1: Einen Einzelpunkt zufällig verschieben ✓
- Schritt 2: Alle Punkte einer DataFrame zufällig verschieben (1 „Run“) ✓
- **Schritt 3: Alle Punkte einer DataFrame mehrfach zufällig verschieben (z.B. 50 „Runs“)**
- Schritt 4: Anteil der Punkte im Wald pro „Run“ ermitteln

Ladet dafür die nötigen Module (pandas und random), holt euch die Funktion `offset_point()` und importiert den Datensatz `zeckenstiche.csv`. Tipp: Importiert mit `head(5)` nur die ersten 5 Zeile aus dem csv, das macht die die Entwicklung des Loops leichter.

```
import pandas as pd
import random

def offset_coordinate(old, distance = 100):
    new = old + random.normalvariate(0,distance)
    return new

zeckenstiche = pd.read_csv("zeckenstiche.csv")
```

17.1 Übung 1: Mit For-Loop `zeckenstiche` mehrfach verschieben

Um euer Gedächtnis etwas aufzufrischen: Letzte Woche hatten wir mit `apply()` sowie unserer eigenen *Function* `offset_coordinate` alle Koordinaten einer *DataFrame* verschoben und die neuen Daten als eine neue *DataFrame* abgespeichert.

```
zeckenstiche_sim = pd.DataFrame()

zeckenstiche_sim["ID"] = zeckenstiche["ID"]
```

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

Abb. 17.1: Quelle [twitter.com](#)

(Fortsetzung der vorherigen Seite)

```
zeckenstiche_sim["x"] = zeckenstiche["x"].apply(offset_coordinate)
zeckenstiche_sim["y"] = zeckenstiche["y"].apply(offset_coordinate)
zeckenstiche_sim
```

	ID	x	y
0	2550	2.681173e+06	1.250577e+06
1	10437	2.681240e+06	1.250663e+06
2	9174	2.681143e+06	1.250688e+06
3	8773	2.681001e+06	1.250625e+06
4	2764	2.681080e+06	1.250665e+06
5	2513	2.681214e+06	1.250637e+06
6	9185	2.681060e+06	1.250537e+06
7	28521	2.681159e+06	1.250778e+06
8	26745	2.681307e+06	1.250711e+06
9	27391	2.681006e+06	1.250826e+06

Kombiniere dies nun mit deinem Wissen über Loops, um die Punkte der *DataFrame* nicht einmal, sondern 5 mal zu verschieben. Dazu brauchst du vor dem Loop eine leere Liste (z.B. `monte_carlo = []`) damit du den Output aus jedem Loop mit `append()` abspeichern kannst. Erstelle auch eine neue Spalte `Run_Nr` mit der Nummer der Durchführung (die du vom Platzhalter erhältst).

17.2 Übung 2: DataFrames aus Simulation zusammenführen

Schau dir die Outputs an.

- Mit `type()`:
 - Was für ein Datentyp ist `zeckenstiche_sim`?
 - Was für ein Datentyp ist `monte_carlo`?
- Mit `len()`:
 - Wie vielen Elemente hat `zeckenstiche_sim`?
 - Wie viele Elemente hat `monte_carlo`?

```
type(zeckenstiche)
```

```
pandas.core.frame.DataFrame
```

```
type(monte_carlo)
```

```
list
```

```
len(zeckenstiche)
```

```
10
```

```
len(monte_carlo)
```

```
5
```

Worauf ich hinaus will: `zeckenstiche_sim` ist eine *DataFrame* und `monte_carlo` ist eine Liste von *DataFrames*. Glücklicherweise kann man eine Liste von ähnlichen *GeoDataFrames* (ähnlich im Sinne von: gleiche Spaltennamen und -typen) mit der Funktion `concat()` aus `pandas` zu einer einzigen *DataFrame* zusammenführen. Führe die Funktion aus und speichere den Output als `monte_carlo_df`.

```
monte_carlo_df = pd.concat(monte_carlo)
```

17.3 Übung 3: Simulierte Daten visualisieren

Exploriere nun `monte_carlo_df`. Was ist es für ein Datentyp? Was hat es für Spalten? Visualisiere den Datensatz räumlich mit `monte_carlo_df.plot.scatter()`.

Übung: GIS in Python

Bis jetzt haben wir noch nicht mit eigentlich Geodaten gearbeitet. Die x / y Werte der Zeckenstiche repräsentieren zwar Zeckenstiche in der Schweiz (sie sind also im Schweizer Koordinatensystem), dies ist aber nur uns bewusst (Python weiss davon nichts). Der Raumbezug fehlt noch, und den stellen wir an dieser Stelle her. Warum? Weil wir im nächsten Schritt unserer Todo Liste (s.u.) berechnen müssen, wie viele Zeckenstiche sich im Wald befinden. Das ist eine räumliche Abfrage, die sich ohne räumliche Objekte nicht bewerkstelligen lässt.

- Schritt 1: Einen Einzelpunkt zufällig verschieben ✓
- Schritt 2: Alle Punkte einer DataFrame zufällig verschieben (1 „Run“) ✓
- Schritt 3: Alle Punkte einer DataFrame mehrfach zufällig verschieben (z.B. 50 „Runs“) ✓
- **Schritt 4: Anteil der Punkte im Wald pro „Run“ ermitteln**

Um mit Geodaten in Python arbeiten zu können, müssen wir ein neues Modul importieren. Im Grunde genommen sind Vektordaten nicht mehr als Tabellen mit einer zusätzlichen „Geometrie“-Spalte. Dementsprechend müssen wir pandas nur ein bisschen erweitern um mit Vektordaten arbeiten zu können, und diese „Geo“-Erweiterung lautet: geopandas.

```
# Vorbereitung der Arbeitsumgebung
# (nur wenn ihr in einer neuen Session startet)

import pandas as pd
import random
zeckenstiche = pd.read_csv("zeckenstiche.csv")

def offset_coordinate(old, distance = 1000):
    new = old + random.normalvariate(0,distance)
    return(new)

monte_carlo = []
for i in range(5):
    zeckenstiche_sim = pd.DataFrame()

    zeckenstiche_sim["ID"] = zeckenstiche["ID"]
```

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

(Fortsetzung der vorherigen Seite)

```

zeckenstiche_sim["x"] = zeckenstiche["x"].apply(offset_coordinate)
zeckenstiche_sim["y"] = zeckenstiche["y"].apply(offset_coordinate)
zeckenstiche_sim["Run_Nr"] = i
monte_carlo.append(zeckenstiche_sim)

monte_carlo_df = pd.concat(monte_carlo)

```

18.1 Übung 1: *DataFrame* zu *GeoDataFrame*

Wie erwähnt sind die Zeckenstichdaten bisher lediglich als tabellarische Daten vorhanden. In ArcGIS Terminologie müssen wir die Operation „*XY Table to Point*“ durchführen. In Python heisst das: Wir wandeln eine *DataFrame* in eine *GeoDataFrame* um. Zuerst erstellen wir eine Geometrie-Spalte aus den xy-Koordinaten mit der Funktion `points_from_xy` aus dem Modul `geopandas`.

```

import geopandas as gpd

monte_carlo_df["geometry"] = gpd.points_from_xy(monte_carlo_df.x, monte_carlo_df.y)

```

```

/opt/hostedtoolcache/Python/3.7.9/x64/lib/python3.7/site-packages/geopandas/_compat.
↳py:88: UserWarning: The Shapely GEOS version (3.8.0-CAPI-1.13.1 ) is incompatible_
↳with the GEOS version PyGEOS was compiled with (3.8.1-CAPI-1.13.3). Conversions_
↳between both will be slow.
shapely_geos_version, geos_capi_version_string

```

```
type(monte_carlo_df)
```

```
pandas.core.frame.DataFrame
```

Der Datensatz `monte_carlo_df` hat jetzt aber noch nicht begriffen, dass es jetzt eine *GeoDataFrame* ist. Dies müssen wir dem Objekt erst noch mitteilen:

```

monte_carlo_df = gpd.GeoDataFrame(monte_carlo_df)

type(monte_carlo_df)

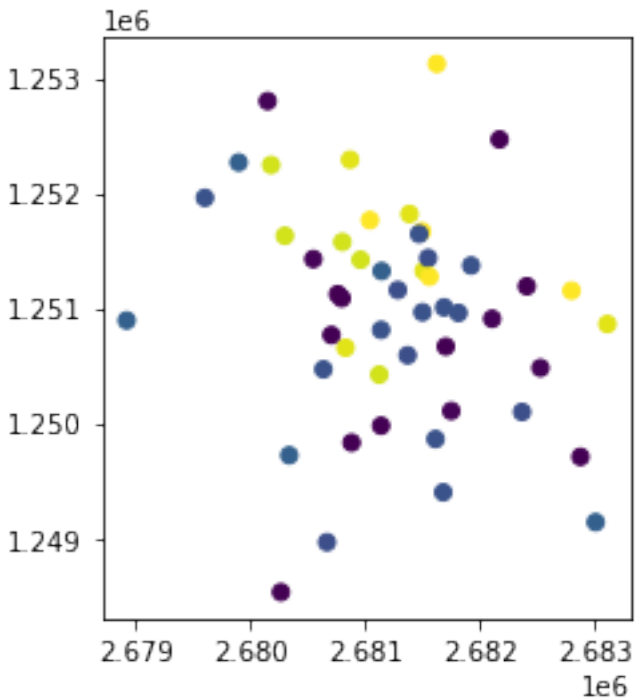
```

```
geopandas.geodataframe.GeoDataFrame
```

Jetzt, wo `zeckenstiche` eine *GeoDataFrame* ist, gibt es einen einfachen weg die Punkte räumlich zu visualisieren:

```
monte_carlo_df.plot(column = "ID")
```

```
<AxesSubplot:>
```



18.2 Übung 2: Koordinatensystem festlegen

Wir wissen zwar, dass unsere *GeoDataFrame* in Schweizer Landeskoordinaten (CH1903 LV95) zu verstehen ist, aber dies haben wir noch nirgends festgehalten. Das Koordinatensystem (Coordinate Reference System, CRS) können wir über das Attribut `crs` der *GeoDataFrame* festhalten. Das Koordinatensystem CH1903 LV95 hat den EPSG Code 2056, demnach muss das CRS folgendermassen festgelegt werden:

```
monte_carlo_df = monte_carlo_df.set_crs(epsg = 2056)
```

Nun ist das Koordinatensystem (CRS) als Attribut der *GeoDataFrame* gespeichert:

```
monte_carlo_df.crs
```

```
<Projected CRS: EPSG:2056>
Name: CH1903+ / LV95
Axis Info [cartesian]:
- E[east]: Easting (metre)
- N[north]: Northing (metre)
Area of Use:
- name: Europe - Liechtenstein and Switzerland
- bounds: (5.96, 45.82, 10.49, 47.81)
Coordinate Operation:
- name: Swiss Oblique Mercator 1995
- method: Hotine Oblique Mercator (variant B)
Datum: CH1903+
- Ellipsoid: Bessel 1841
- Prime Meridian: Greenwich
```

18.3 Übung 3: Zeckenstiche als Shapefile exportieren

Zum Schluss exportieren wir unser Datensatz in ein Shapefile, damit wir das nächste Mal direkt mit einer *GeoDataFrame* arbeiten können. Genau wie wir in einer vorherigen Übung eine pandas DataFrame mit `.to_csv` in eine csv exportiert haben, gibt es für GeoDataFrames die Methode `.to_file`. Exportiere zeckenstiche mit dieser Methode in eine Shapefile.

18.4 Übung 4 (Optional): Export als Geopackage

Shapefiles sind ein ganz schreckliches Format (siehe switchfromshapefile.org). Viel praktischer sind an dieser Stelle zum Beispiel *Geopackages*. Ihr könnt `monte_carlo_df` auch mit folgender Codezeile als *Geopackage* exportieren.

```
monte_carlo_df.to_file("monte_carlo_df.gpkg", layer = "monte_carlo_simulation", driver_  
↳= "GPKG")
```

Übung: Waldanteil berechnen

Nun sind wir so weit, dass wir 50 Simulation der Zeckenstiche mit zufällig verschobenen Punkten vorbereitet haben. Wir haben also die gleiche Ausgangslage, mit der ihr den Themenblock „Datenqualität und Unsicherheiten“ gestartet habt. In der Todo-Liste sind wir nun bei Schritt 4:

- Schritt 1: Einen Einzelpunkt zufällig verschieben ✓
- Schritt 2: Alle Punkte einer DataFrame zufällig verschieben (1 „Run“) ✓
- Schritt 3: Alle Punkte einer DataFrame mehrfach zufällig verschieben (z.B. 50 „Runs“) ✓
- **Schritt 4: Anteil der Punkte im Wald pro „Run“ ermitteln 1. Für jeden Simulierten Punkt zu bestimmen ob er innerhalb oder ausserhalb des Waldes liegt 2. Den Anteil der Punkte im Wald pro Simulation zu bestimmen**

Lade dafür den Datensatz „wald.gpkg“ von Moodle herunter und verschiebt es in eure *Working directory*. Importiere „wald.gpkg“ mit `pd.read_file()` und speichere es als Variable `wald`.

```
import pandas as pd
import geopandas as gpd

monte_carlo_df = gpd.read_file("monte_carlo_df.gpkg") # oder .shp, je nach dem wie
↳ ihr es gespeichert habt

wald = gpd.read_file("wald.gpkg")

wald
```

```
/opt/hostedtoolcache/Python/3.7.9/x64/lib/python3.7/site-packages/geopandas/_compat.
↳ py:88: UserWarning: The Shapely GEOS version (3.8.0-CAPI-1.13.1 ) is incompatible
↳ with the GEOS version PyGEOS was compiled with (3.8.1-CAPI-1.13.3). Conversions
↳ between both will be slow.
  shapely_geos_version, geos_capi_version_string
```

```

      Wald      Shape_Leng      Shape_Area Wald_text \
0      0  947316.853401  2.380876e+08      nein
1      1  921225.341854  7.963237e+07      ja

                                geometry
0  MULTIPOLYGON Z (((2692100.000 1256542.253 276....
1  MULTIPOLYGON Z (((2689962.355 1245335.250 644....

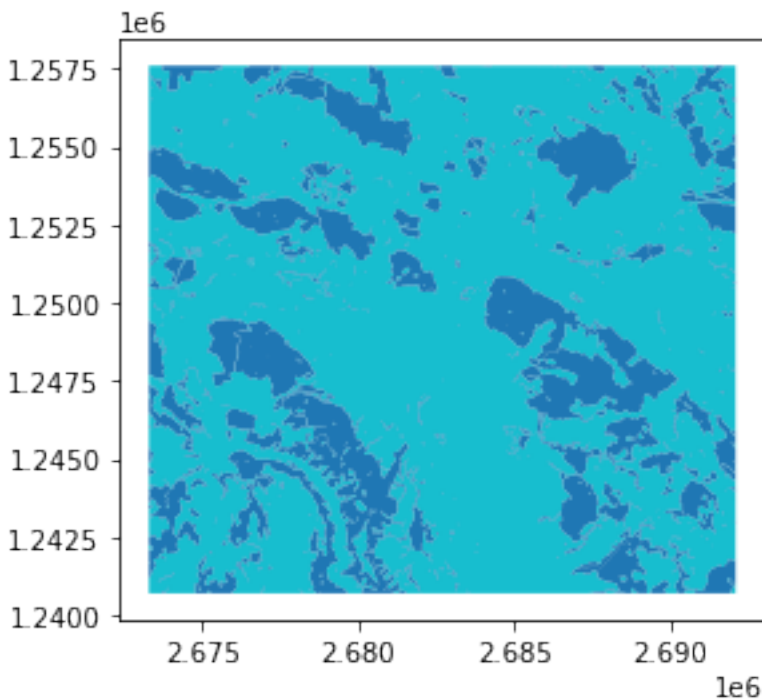
```

```

# hierfür braucht ihr das modul "descartes"
wald.plot(column = "Wald_text")

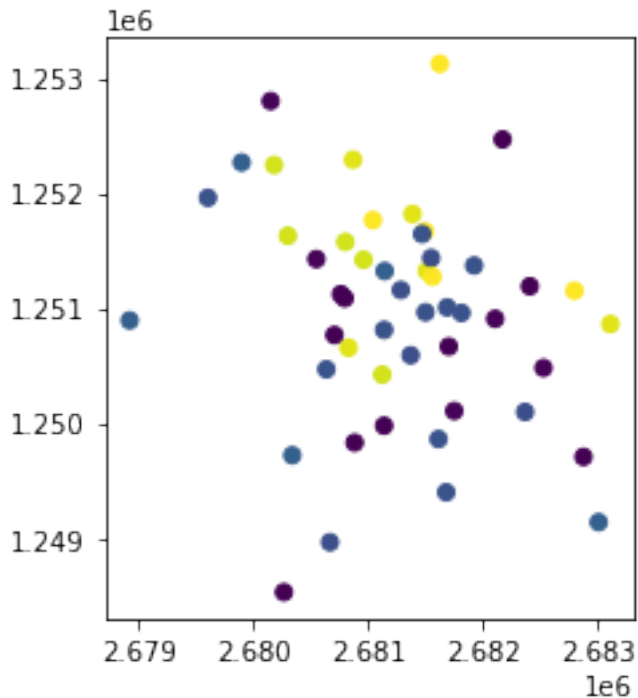
```

```
<AxesSubplot:>
```



```
monte_carlo_df.plot(column = "ID")
```

```
<AxesSubplot:>
```

19.1 Übung 1: Wald oder nicht Wald?

Als erstes stellt sich die Frage, welche Punkte sich innerhalb eines Wald-Polygons befinden. In GIS Terminologie handelt es sich hier um einen *Spatial Join*.

Spatial Join ist als Funktion im Modul `geopandas` mit dem Namen `sjoin` vorhanden. Wie auf [der Hilfeseite](#) beschrieben, müssen wir dieser *Function* zwei *GeoDataFrames* übergeben, die ge-joined werden sollen. Es können weitere, optionale Parameter angepasst werden, doch bei uns passen die Default werte.

Führe `gpd.sjoin()` auf die beiden Datensätze `monte_carlo_df` und `wald` aus. Beachte, dass die Reihenfolge, mit welchen du die beiden *GeoDataFrames* der Funktion übergibst eine Rolle spielt. Versuche beide Varianten und wähle die korrekte aus. Stelle dir dazu die Frage: Was für ein Geometrietyp (Punkt / Linie / Polygon) soll der Output haben? Speichere den Output als `monte_carlo_sjoin`. Hinweis: Allenfalls müssen das Koordinatensystem der beiden *GeoDataFrames* nochmals explizit gesetzt werden (z.B. mit `wald.set_crs(epsg = 2056, allow_override = True)`)

```
monte_carlo_sjoin = gpd.sjoin(monte_carlo_df, wald)
monte_carlo_sjoin.head()
```

	ID	x	y	Run_Nr	geometry \
0	2550	2.680796e+06	1.251085e+06	0	POINT (2680796.080 1251084.634)
3	8773	2.680668e+06	1.248964e+06	0	POINT (2680668.078 1248963.773)
5	2513	2.682170e+06	1.252465e+06	0	POINT (2682170.165 1252465.281)
7	28521	2.682796e+06	1.251151e+06	0	POINT (2682796.242 1251150.680)
8	26745	2.680961e+06	1.251419e+06	0	POINT (2680960.505 1251419.240)
	index_right	Wald	Shape_Leng	Shape_Area	Wald_text
0	0	0	947316.853401	2.380876e+08	nein
3	0	0	947316.853401	2.380876e+08	nein

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

(Fortsetzung der vorherigen Seite)

5	0	0	947316.853401	2.380876e+08	nein
7	0	0	947316.853401	2.380876e+08	nein
8	0	0	947316.853401	2.380876e+08	nein

19.2 Übung 2: Anteil der Punkte pro „Gruppe“

Jetzt wirds etwas knifflig. Um die Anzahl Punkte innerhalb / ausserhalb vom Wald zu zählen, brauchen wir die `groupby` und `size` aus der Pandas Bibliothek. Es würde den Rahmen von diesem Kurs sprengen, euch die Einzelschritte im Detail zu erläutern, deshalb gebe ich euch den fertigen Code den ihr auf euren Datensatz anwenden könnt.

```
anteile = monte_carlo_sjoin.groupby(["Run_Nr", "Wald_text"]).size().to_frame("Anzahl")
anteile
```

Run_Nr	Wald_text	Anzahl
0	ja	5
	nein	5
1	ja	3
	nein	7
2	ja	3
	nein	7
3	ja	3
	nein	7
4	ja	4
	nein	6

Wir sehen in der obigen Tabelle für jeden Run (Spalte „Run_Nr“) die Anzahl Werte im Wald („ja“) und ausserhalb („nein“). Beachte

- das die Summe aus „ja“ + „nein“ pro Run gleich gross ist, da wir ja immer gleich viele Zeckenstiche pro Run haben.
- das auch alle Zeckenstiche in einer Gruppe landen können (also alle innerhalb oder alle ausserhalb des Waldes)

Im Nächsten Schritt „pivotiere“ ich die Tabelle so, dass „ja“ und „nein“ einzelne Spalten sind.

```
anteile_pivot = anteile.pivot_table(index = "Run_Nr", columns = "Wald_text", values =
↳ "Anzahl", fill_value = 0)
# mit fill_value = 0 spezifiziere ich, dass der Wert "0" sein soll wenn
# in einem Run kein Wert in "ja" oder "nein" vorhanden sind
# (sprich: wenn alle Stiche entweder innerhalb oder ausserhalb
# des Waldes gelandet sind)

anteile_pivot
```

Run_Nr	ja	nein
0	5	5
1	3	7
2	3	7
3	3	7
4	4	6

19.3 Übung 3: Anteil *im Wald* pro Run ermitteln

Berechnet den Anteil im Wald indem du die die Spalte „ja“ mit der Summe aus den Spalten „Ja“ + „Nein“ dividierst. Nutze dafür die Eckigen Klammern ([/]) sowie die Splatennamen. Speichere den Output als `anteil_ja`.

```
anteil_ja = anteile_pivot["ja"]/(anteile_pivot["ja"]+anteile_pivot["nein"])
anteil_ja
```

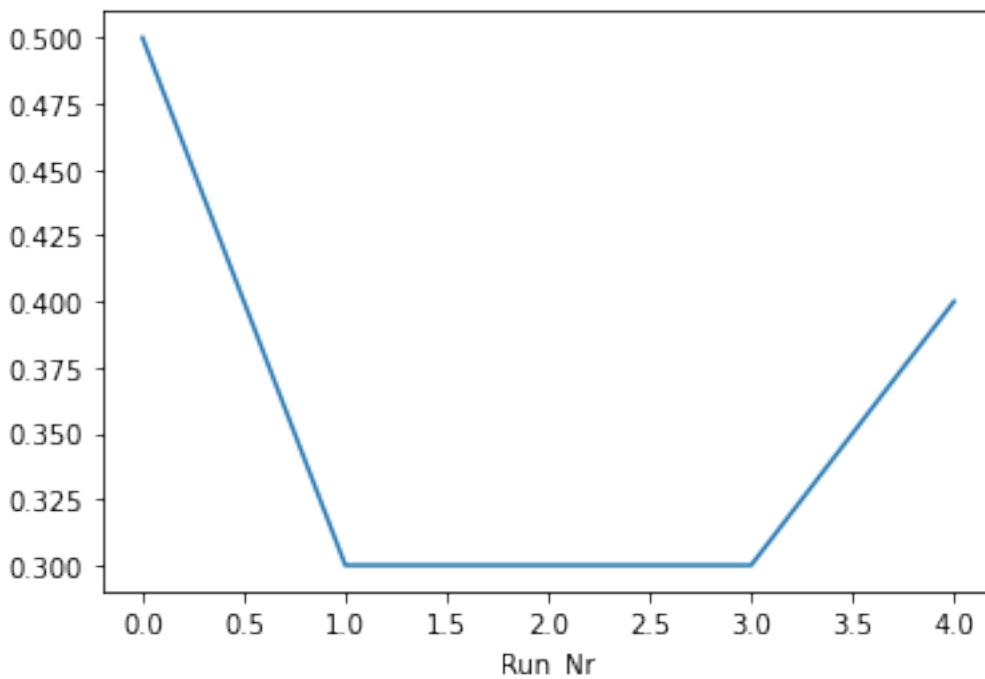
```
Run_Nr
0      0.5
1      0.3
2      0.3
3      0.3
4      0.4
dtype: float64
```

19.4 Übung 3: Mittelwerte Visualisieren

Gratuliere! Wenn du an diesem Punkt angekommen bist hast du eine ganze Monte Carlo Simulation von A bis Z mit Python durchgeführt. Von hier an steht dir der Weg frei für noch komplexere Analysen. Zum Abschluss kannst du die Mittelwerte wir nun auf einfache Weise visualisieren. Versuche dabei die Methods `plot()` und `plot.box()` sowie `plot.hist()`.

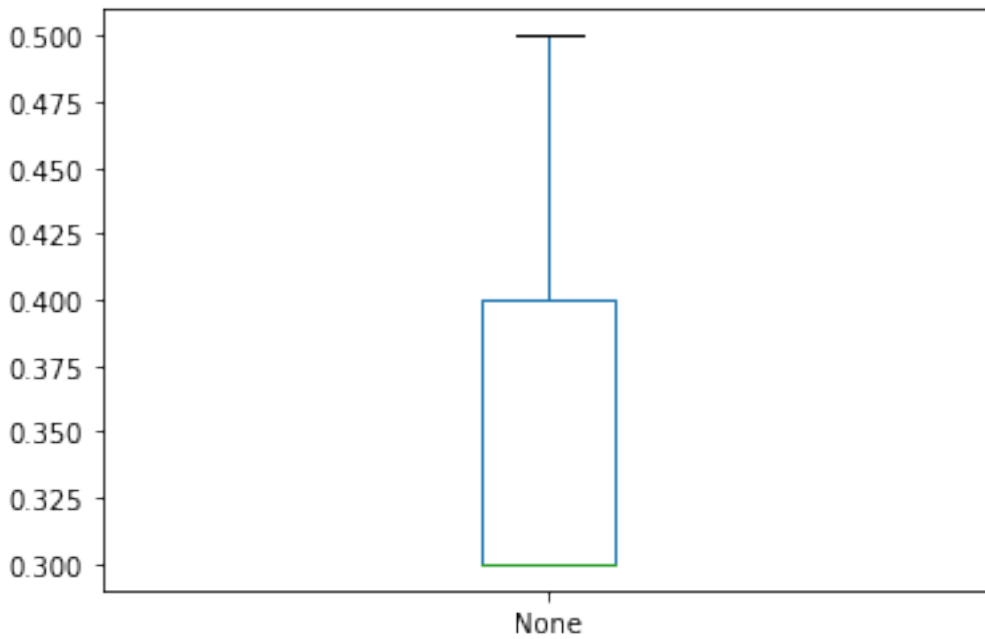
```
anteil_ja.plot()
```

```
<AxesSubplot:xlabel='Run_Nr'>
```



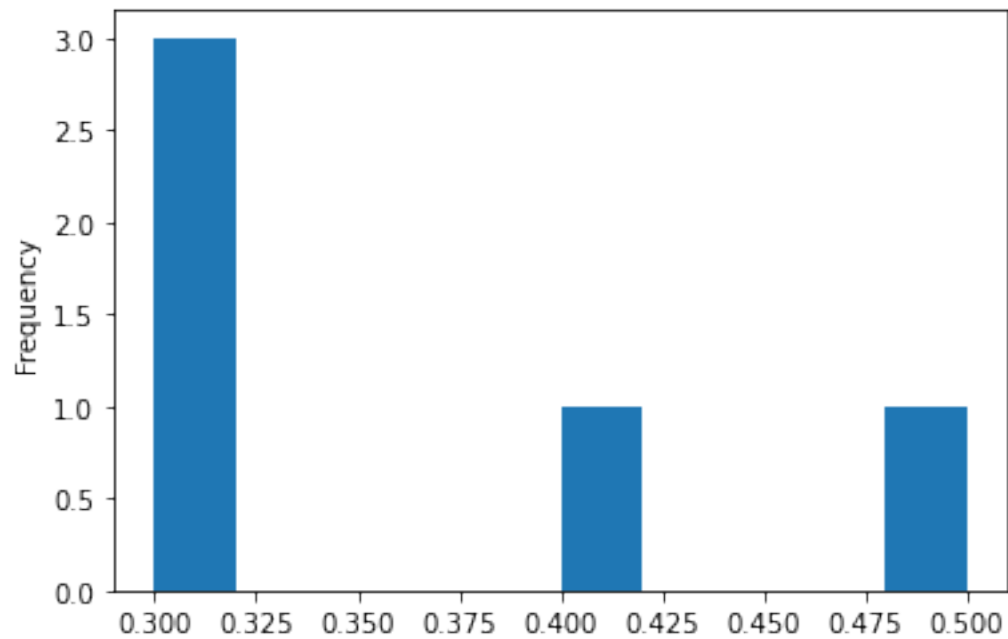
```
anteil_ja.plot.box()
```

```
<AxesSubplot:>
```



```
anteil_ja.plot.hist()
```

```
<AxesSubplot:ylabel='Frequency'>
```



Basic shortcuts for Jupyter lab

- **Alt + Enter:** Run current cell
- **ESC:** takes users into command mode view while ENTER takes users into cell mode view.
- **A:** inserts a cell above the currently selected cell. Before using this, make sure that you are in command mode (by pressing ESC).
- **B:** inserts a cell below the currently selected cell. Before using this make sure that you are in command mode (by pressing ESC).
- **D + D:** Pressing D two times in a quick succession in command mode deletes the currently selected cell.
- **M:** to change current cell to a markdown cell,
- **Y:** to change it to a code cell and R to change it to a raw cell.
- **CTRL + B:** Jupyter lab has two columns design. One column is for launcher or code blocks and another column is for file view etc. To increase workspace while writing code, we can close it. CTRL + B is the shortcut for toggling the file view column in the Jupyter lab.
- **SHIFT + M:** merges multiple selected cells into one cell.
- **CTRL + SHIFT + -:** It splits the current cell into two cells from where your cursor is.
- **SHIFT+J or SHIFT + DOWN:** It selects the next cell in a downward direction. It will help in making multiple selections of cells.
- **SHIFT + K or SHIFT + UP:** It selects the next cell in an upwards direction. It will help in making multiple selections of cells.
- **CTRL + /:** It helps you in either commenting or uncommenting any line in the Jupyter lab. For this to work, you don't even need to select the whole line. It will comment or uncomment line where your cursor is. If you want to do it for more than one line then you will need to first select all the line and then use this shortcut.