



Notater

[Installasjon](#)

[Kom i gang \(print/input\)](#) • [Variabler og uttrykk](#) • [Typer](#) • [Operatorer](#) • [Betingelser \(if/else\)](#) • [Funksjoner](#) • [Minne og kodesporing](#) • [Feil og debugging](#) • [Grafikk](#)

[Løkker](#) • [Strenger](#) • [Lister](#) • [Tilfeldighet](#) • [Flerdimensjonale lister](#)

[Grafiske brukergrensesnitt](#)

[Filer og CSV](#) • [Unicode og tekstkoding](#) • [Oppslagsverk \(dict\)](#) • [Håndtere krasj](#) • [Mengder \(set\)](#)

[Moduler](#) • [Standardbiblioteket](#) • [Eksterne pakker](#)

[Numpy Arrays](#) • [Pandas Dataframes](#) • [Dataanalyse](#) • [Notatbøker](#)

[Altair](#) • [Pyplot](#)



Installasjon

I dette kurset bruker vi Python 3.11 som programmeringsspråk og Visual Studio Code som editor.

Installasjon av Python

Video (Windows)

Video (Mac)

- Last ned og installer Python 3.11 eller nyere fra <https://www.python.org/downloads/>
 - Windows: husk å markere «Add to PATH» på første skjerm i veiviseren
 - Mac: husk å kjøre *Install Certificates.command* og *Update Shell Profile.command* etter at veiviseren er ferdig.

Installasjon av Visual Studio Code

*PS: Visual Studio Code er **ikke** det samme som Visual Studio, selv om begge deler er kodeeditorer laget av Microsoft.*

- Last ned og installer VSCode (Visual Studio Code) fra <https://code.visualstudio.com/Download>
 - Mac: flytt programmet til «Applications» -mappen slik at du ikke får problemer med begrensede rettigheter senere.

Konfigurasjon av Visual Studio Code

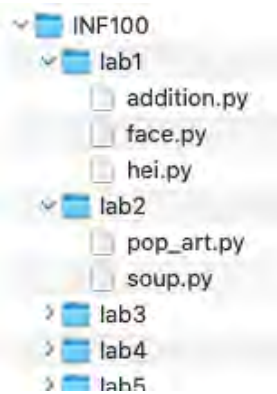
Video

- Åpne Visual Studio Code, og gå til «View -> Extensions».
- Søk etter «Python» og installer Python-utvidelsen publisert av Microsoft.
- Opprett en ny fil (f. eks. *hello.py*) og la den inneholde teksten `print("Hello World")`.
- Sjekk at VSCode finner riktig python-versjon (nede i høyre hjørne)
- Kjør programmet og se at *Hello World* skrives ut i terminalen.

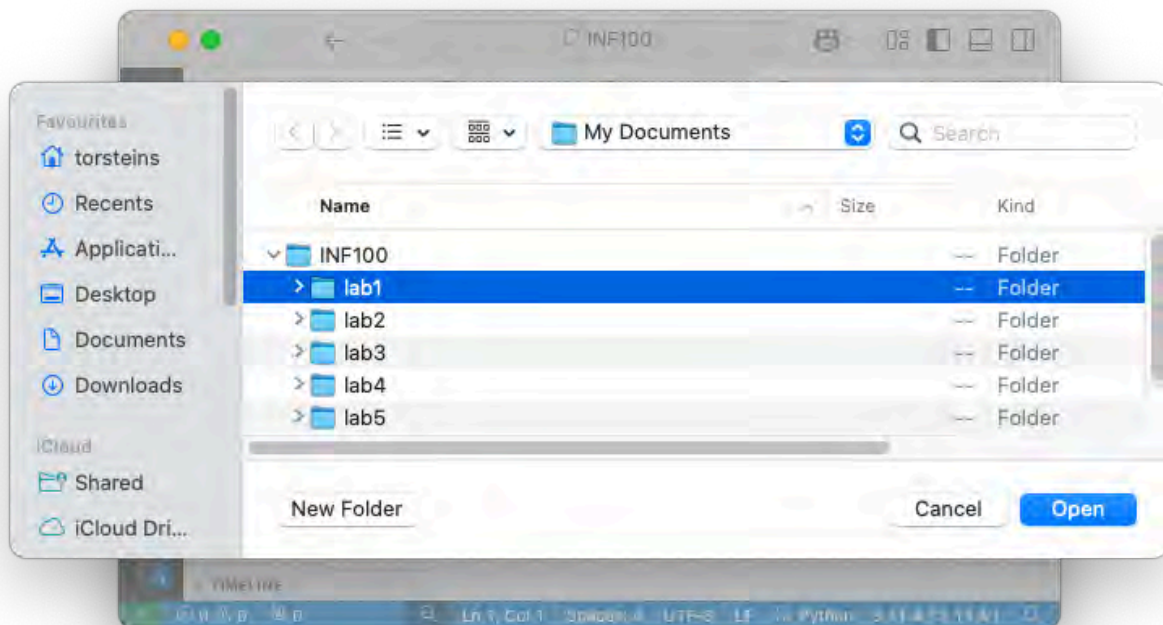
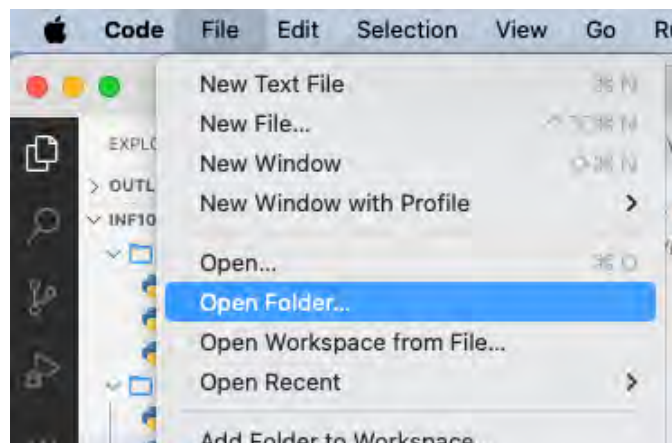
Hvordan organisere arbeidet ditt?

I dette emnet vil du etter hvert skrive *mange* Python-programmer. For å gjøre livet ditt enklest mulig, bør du organisere disse filene på en hensiktsmessig måte. Vi er her noen råd.

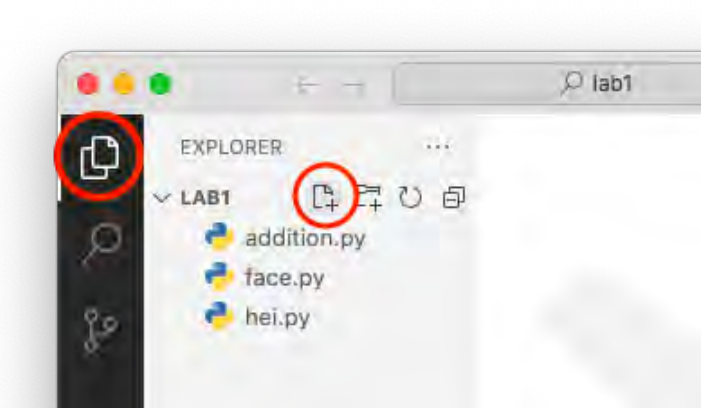
1. Opprett en mappe som heter **INF100** for alt arbeidet ditt i emnet. La mappen være et sted du kjenner godt til; gjerne et sted hvor det tas jevnlig backup (f. eks. iCloud, OneDrive, Dropbox, Dokumenter -mapper eller lignende).
2. Inne i mappen **INF100** er det lurt å ha egne mapper for hver lab.



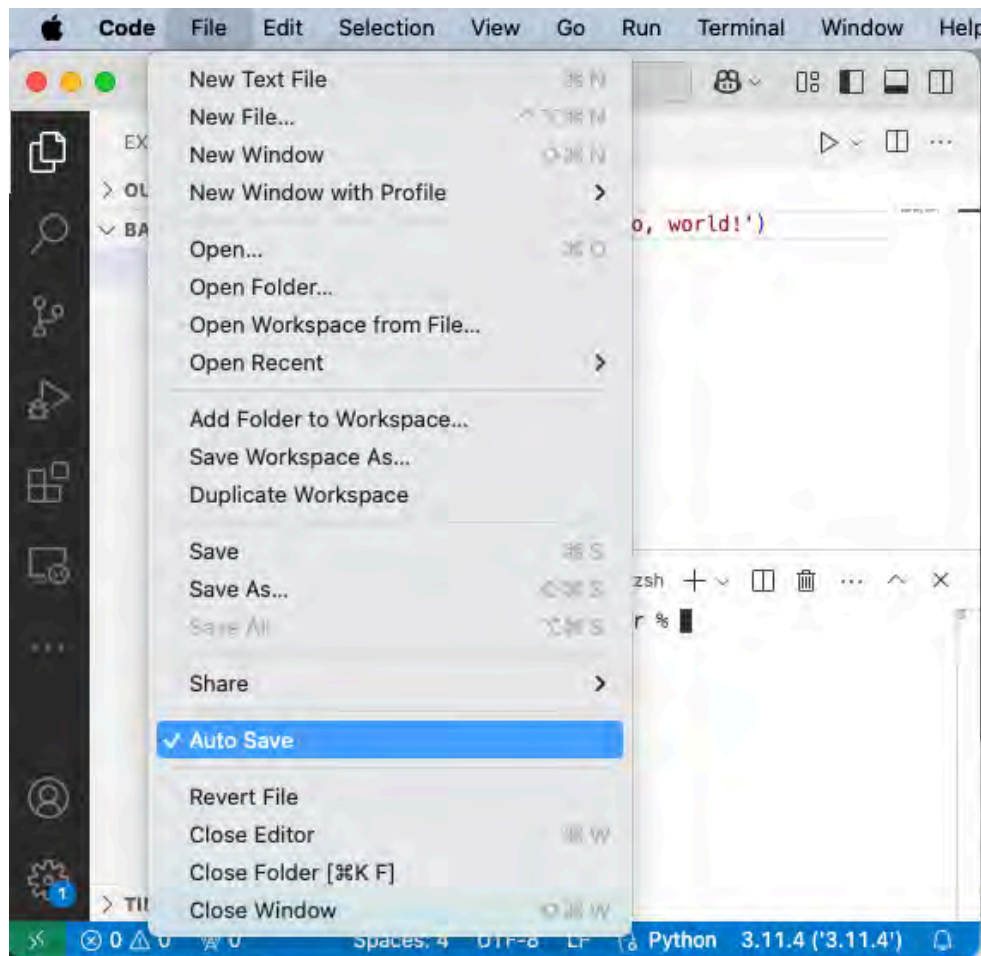
3. Når du skal jobbe med programmering, bør du åpne VSCode i en **arbeidsmappe**. De beste arbeidsmappene er *lab* -mappene (dette vil særlig vise seg når vi senere i emnet skal la programmene vi skriver jobbe med filer).



4. Når du har åpnet VSCode i en arbeidsmappe, kan du opprette nye filer ved å klikke på «ny fil» - ikonet når «explorer» -vinduet vises. Gi filen et navn (la Python-filer ha filendelsen `.py`) og trykk enter for å opprette.



- Slå på autosave: i fil-menyen, sørg for å ha autosave aktivert, da unngår du å laste opp filer med «gammelt» innhold som ikke samsvarer med hva som vises i VSCode.





Kom i gang

Hvis du ikke har gjort det enda, må du [installere](#) Python og Visual Studio Code før du fortsetter.

- [Hello World](#)
- [Kommentarer](#)
- [Utskrift til terminalen](#)
- [Python som enkel kalkulator](#)
- [Variabler](#)
- [Strenger](#)
- [Input fra terminalen](#)
- [Syntaksfeil, krasj og logiske feil](#)

Hello World

Video

Det er tradisjon for at det første programmet man skriver når man lærer seg et nytt programmeringsspråk er et program som skriver ut ordene «Hello World» til terminalen. I Python ser programmet slik ut:

```
print('Hello World')
```

Kopier

Se steg

Kjør

Ordbok: funksjonskall og argumenter

Et **funksjonskall** er en instruksjon om å utføre en bestemt oppgave. Et funksjonskall består av to deler:

- *Funksjonsnavn*. I eksempelet over er `print` navnet på funksjonen.
- *Argumenter* til funksjonen, omsluttet av parenteser. Dette er verdier vi gir til funksjonen som input. I eksempelet over er `'Hello World'` argumentet som sendes til funksjonen `print`.

Antall argumenter kan variere.

- Hvis det er to eller flere argumenter, må de skilles med komma. For eksempel er `print('Hello', 'Hello again')` et funksjonskall med to argumenter.
- Hvis det er null argumenter, må det likevel være parenteser. For eksempel er `print()` et funksjonskall uten argumenter.

Kommentarer

Kommentarer er tekst i programmet vårt som blir fullstendig ignorert av Python. Alt som kommer etter en hashtag (#) på en linje blir ignorert, og er kommentarer.

```
print('Hello World') # Her er en kommentar
# print('På denne linjen skjer det ingenting')

print('Her er # i en streng.') # Hashtag mellom 'apostrofer' telles ikke
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Utskrift til terminalen

Print-funksjonen skriver ut verdier til terminalen. Hver print skriver ut én linje hver.

```
print('Hello') # Hello
print('World') # World
print(40 + 2) # 42
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Flere ting kan skrives ut på sammen linje. Du kan

- bruke én print-setning med flere argumenter, eller
- legge til `end=' '` som argument i print-setningen. Da kommer det ikke et linjeskift på slutten når print er ferdig.

```
# Hello World 42
print('Hello', 'World', 40 + 2)

# HelloWorld42
print('Hello', end=' ')
print('World', end=' ')
print(40 + 2)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Utskrift av variabler og uttrykk med f-strenger.

```
x = 2
y = 3
print(f'Visste du at {x} + {y} er {x + y}?') # Visste du at 2 + 3 er 5?
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Hva skjer om du fjerner `f` 'en før hermetegnet i print-setningen?

Python som enkel kalkulator

Man kan bruke Python som en enkel kalkulator for å evaluere matematiske uttrykk.

```
print(2 + 2)      # Addisjon          --> 4
print(5 - 3)      # Subtraksjon       --> 2
print(2 * 3)      # Multiplikasjon    --> 6
print()

print(157 / 10)   # Divisjon          --> 15.7
print(157 // 10)  # Heltallsdivisjon (runder alltid ned) --> 15
print(157 % 10)   # Modulo (rest etter heltallsdivisjon) --> 7
print()

print(3 ** 2)     # Potens/eksponentiering --> 9
print(max(2, 3))  # Største verdi      --> 3
print(min(2, 3))  # Minste verdi       --> 2
print(abs(-3))    # Absoluttverdi      --> 3
print()

# Man kan også ha kombinerte uttrykk.
print(2 + 3 * 4)      # 14
print(max(2, 3, 199, 4, 5) + 1) # 200
print()

# Man kan bruke parenteser for å overstyre presedensen til operasjoner.
# Standard presedens (rekkefølgen operasjoner utføres i) er som i matematikk
print((2 + 3) * 4)     # 20
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Variabler

En variabel er et navn som refererer til en verdi. Etter at en variabel er angitt, kan navnet brukes i stedet for verdien den refererer til.

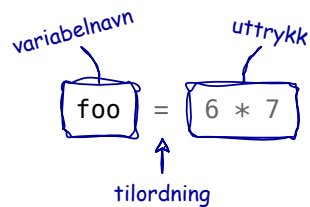
```
x = 2
y = 3
print(x + y) # 5
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
foo = 6 * 7
print(foo) # 42
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Symbolet `=` benyttes for å **tilordne verdi** til en variabel. På høyre side av `=` må det være en verdi eller et uttrykk som evaluerer til en verdi, mens venstresiden typisk er et variabelnavn.



På en slike linje med `=` skjer to ting, i denne rekkefølgen:

1. Høyresiden evalueres til en verdi (for eksempel vil `6 * 7` evaluere til `42`).
2. Variabelen på venstresiden av `=` settes til å fra nå av referere til resultatverdien (i vårt eksempel: `foo` peker fra nå av på `42`)

Vi velger selv hvilket navn vi vil gi våre variabler. Variabelnavn kan ikke inneholde mellomrom eller spesialtegn, annet enn understrek (`_`).

```
work_hours_per_week = 12
number_of_weeks = 18
hourly_salary = 200

total_hours = work_hours_per_week * number_of_weeks
total_salary = total_hours * hourly_salary

print('Totalt antall timer:', total_hours) # Totalt antall timer: 216
print('Totalt lønn:', total_salary) # Totalt lønn: 43200
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Strenger

[Video](#)

En streng er en verdi som representerer tekst. En streng består av bokstaver, tallsymboler, mellomrom, linjeskift og andre tegn.

```
print('Strenger skrives mellom apostrofer.')
print("Man kan også bruke hermetegn.")
print(Uten noen form for anførselstegn er det ikke en streng, og det krasjer)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# En streng kan lagres i en variabel.
foo = 'bar'
print('foo') # 'foo' er en streng (skriver ut: foo)
print(foo)   # foo er en variabel (skriver ut: bar)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Bakstreken \ har en spesiell betydning når man angir strenger. Den benyttes for å angi tegn man vil ha i strengen sin, men hvor selve tegnet har spesiell betydning i Python; for eksempel linjeskift og apostrof.

- \n linjeskift
- \' apostrof
- \" hermetegn
- \\ bakstrek

```
# En streng kan inneholde linjeskift (\n)
print('Denne strengen\ninneholder to\nlinjeskift')

# En streng kan inneholde apostrof (')
print('Her \'er\' det apostrof')
print("Her 'er' det apostrof") # bedre løsning: bytt typen anførselstegn

# En streng kan inneholde bakstrek (\\)
print('C:\\mappe\\script.py')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Lengden av en streng

```
# len() finner lengden til en streng
x = 'foo'
print(len(x)) # 3
print(len('foobar')) # 6
print(len('foo bar')) # 7
print(len('foo\nbar')) # 7 (linjeskift \n telles kun som 1)
print(len(' foo bar ')) # 9 (inkluderer mellomrom)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# En streng kan være «tom»
x = ''
print(len(x)) # 0
print(x) # printer en tom streng (altså ingenting) på denne linjen
print("----")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Operasjoner på strenger

```
# Strenger konkateneres (limes sammen) med pluss (+)
print('foo' + 'bar') # foobar

a = 'super'
b = 'duper'
c = a + b
```

```
print(c) # superduper
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Samme operasjon (+) fungerer ulikt på strenger og tall:

```
# Pluss med strenger: konkatenasjon
```

```
x = '12'
```

```
y = '34'
```

```
print(x + y) # 1234
```

```
# Pluss med tall: addisjon
```

```
x = 12
```

```
y = 34
```

```
print(x + y) # 46
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Strenger repeteres flere ganger med gangesymbol (*) og et tall
```

```
print('*' * 9) # **********
```

```
s = 'bar'
```

```
print(2 * s) # barbar
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

f-strenger: å putte verdier inn i en streng

Det er mulig å kombinere tekst og andre verdier med *f-strenger*. Legg merke til *f* før apostrofen.

```
# Med en f-streng kan vi fleksibelt inkludere verdier i strengen
```

```
number_of_students = 550
```

```
course_id = 'INF100'
```

```
print(f'Vi ønsker {number_of_students} studenter velkommen til {course_id}')
```

```
# Uten f får vi en logisk feil -- klarer du å forutsi hva før du trykker kjør?
```

```
print('Vi ønsker {number_of_students} studenter velkommen til {course_id}')
```

```
print()
```

```
# f-strenger kan lagres i en variabel
```

```
age = 35
```

```
message = f'Jeg er {age} år gammel.'
```

```
print(message) # Jeg er 35 år gammel.
```

```
# etter opprettelsen er f-strenger helt vanlige strenger (de er ikke magiske)
```

```
age = 40
```

```
print(message) # fremdeles «Jeg er 35 år gammel.»
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Input fra terminalen

📺 Video

```
# Les input og skriv ut en hilsen
print('Skriv ditt navn')
name = input()
print(f'Hei, {name}!')
```

📄 Kopier

👁 Se steg

Input-funksjonen returnerer alltid en *streng*, uansett hva brukeren skriver inn. Hvis vi skal bruke input fra brukeren som om det var et tall, må det konverteres til et tall med `int` (eller `float`) -funksjonen.

```
# Når input er et tall
print('Skriv et tall')
a = input() # f. eks. 4

print('Skriv et tall til')
b = input() # f. eks. 2

print('Før konvertering er a og b strenger. a + b =', a + b) # 42

# Konverterer til tall
a = int(a)
b = int(b)

print('Etter konvertering er a og b heltall. a + b =', a + b) # 6
```

📄 Kopier

👁 Se steg

Syntaksfeil, krasj og logiske feil

📺 Video

Kildekoden til et dataprogram kan inneholde tre typer feil:

- syntaksfeil,
- kjøretidsfeil (feil som fører til krasj), og
- logiske feil.

Syntaksfeil gjør at programmet vårt ikke starter i det hele tatt. Med litt øvelse er feilmeldingene om syntaks-feil som kommer fra Python ganske informative, og forteller oss nøyaktig hvor i programmet feilen er. For eksempel:

```
print('Programmet starter her') # Vi kommer ikke hit engang før krasjen
print('oj") # Syntaksfeil! (hermetegn matcher ikke apostrof rundt strengen)
print('Programmet er ferdig')

# Gir output:
#
```

```
# File "foo.py", line 2
#   print('oj")
#           ^
# SyntaxError: unterminated string literal (detected at line 2)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
print('Programmet starter her') # Vi kommer ikke hit engang før krasjen
print(hello world) # Syntaksfeil!
print('Programmet er ferdig')
```

Gir output:

```
#
# File "foo.py", line 2
#   print(hello world)
#           ^^^^^^^^^
# SyntaxError: invalid syntax. Perhaps you forgot a comma?
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Kjøretidsfeil (krasj) skjer når programmet vårt slutter å kjøre midtveis i programmet fordi man forsøker å utføre en ulovlig operasjon, for eksempel ved å referere til et variabelnavn som ikke er definert eller å dele på 0. Kjøretidsfeil kan være vanskeligere å finne enn syntaksfeil, fordi feilmeldingen ikke alltid forteller oss nøyaktig hvor i programmet selve feilen er. Eksempler på kjøretidsfeil:

```
print('Programmet starter her')
hallo = 42 # Her er feilen (skrivefeil i variabelnavn)
world = 3.14
print(hello, world) # Her krasjer programmet
print('Programmet er ferdig') # Vi kommer ikke hit
```

Gir output:

```
#
# Programmet starter her
# Traceback (most recent call last):
#   File "foo.py", line 4, in <module>
#     print(hello, world)
#           ^^^^^
# NameError: name 'hello' is not defined.
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
print('Programmet starter her') # Denne linjen utføres
print('42' + 3) # Krasj! (å legge sammen en streng og et tall er umulig)
print('Programmet er ferdig') # Vi kommer ikke hit
```

Gir output:

```
# TypeError: can only concatenate str (not "int") to str
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
print(1/0) # Krasj! (å dele på 0 er umulig)

# Gir output:
#   ZeroDivisionError: integer division or modulo by zero
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Logiske feil er den kjipeste formen for feil, fordi den er så vanskelig å oppdage. I verste fall oppdages ikke den logiske feilen før det har oppstått store kostnader et annet sted i verdikjeden (for eksempel hos en kunde).

```
x = 2
y = 3
z = x + y
print(f"{x} + {z} = {y}") # Logisk feil, vi har byttet z og y

# Gir output:
#   2 + 5 = 3
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)



Variabler og uttrykk

- [Variabler](#)
- [Tilordning](#)
- [Uttrykk og setninger](#)
- [Variabler refererer til verdier, ikke til uttrykk](#)
- [Variabelnavn](#)

Variabler

[Video](#)

En *variabel* er en referanse til en verdi. En variabel kan tilordnes verdi med symbolet `=`. Variabelen vil deretter referere til denne verdien frem til den eventuelt tilordnes en ny verdi.

```
# Vi tilordner verdien 5 til variabelen x
x = 5
print(x)      # 5
print(x + 2)   # 7
print(x)      # fremdeles 5
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Til forskjell fra matematikk slik vi vanligvis kjenner den, kan en variabel i Python endre verdi over tid.

```
y = 10      # y refererer nå til 10
y = 20      # y refererer nå til 20, forrige verdi (10) er helt glemt
print(y)    # 20
print(y)    # fremdeles 20

# Når en variabel angis, evalueres uttrykket på høyre side først; deretter
# tilordnes resultatet til variabelen angitt på venstre side

y = y + 1    # y refererer nå til 21, forrige verdi (20) er helt glemt
print(y)    # 21
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Legg merke til at uttrykket `y = y + 1` er en fullstending meningsfull setning å skrive i Python, mens det ville vært en selvmotsigelse å skrive det samme i matematikk. I Python skal setningen tolkes slik: «regn ut `y + 1`, og **deretter** tilordne denne verdien til `y`.»

Tilordning

En variabel tilordnes verdi ved bruk av tilordningsoperasjonen `=`. Det er også mulig å kombinere tilordningsoperasjonen med operasjonssymboler, slik som f. eks. `+=` og `-=`.

```
x = 5
x += 2 # det samme som x = x + 2
print(x) # 7

y = 5
y + 2 # ingen tilordnings-operasjon her
print(y) # fremdeles 5
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Tilordningsoperatøren kan kombineres med alle symbol-operasjonene.

```
x = 42

x += 2      # det samme som x = x + 2
x -= 3 - 1  # det samme som x = x - (3 - 1)
x /= 10     # det samme som x = x // 10
x **= 5 // 2 # det samme som x = x ** (5 // 2)
x *= 2 + 3  # det samme som x = x * (2 + 3)
x %= 3      # det samme som x = x % 3
x /= 3      # det samme som x = x / 3
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Når man tilordner en verdi, må venstre side av tilordningsoperatøren være variabelnavn.

```
x = 5      # OK
5 = x      # Feil (venstre side kan ikke være en verdi)
x + 2 = 7  # Feil (venstre side er kan ikke være et uttrykk)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Det er mulig å tilordne flere variabler verdi på samme linje.

```
x = y = z = 5 # alle tre variablene x, y og z refererer nå til verdien 5
print(x, y, z) # 5 5 5

a, b = 2, 3   # a refererer nå til verdien 2, b refererer nå til verdien 3
print(a, b)   # 2 3
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Ikke pensum, men kjekt å vite: fra og med python 3.8 er det også mulig å tilordne en variabel verdi i et uttrykk med bruk av `:=` («hvalross»-operatøren).

```
x = 37 + (y := 3 + 2)
print(x, y) # 42 5
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Uttrykk og setninger

[Video](#)

Et **uttrykk** er et «regnestykke» som kan evalueres til en verdi. Det består av én eller flere verdier, variabler, operasjoner og funksjoner. Her er noen eksempler på uttrykk; både svært banale uttrykk og mer komplekse (vi antar at `x`, `y` og `num_students` er variabelnavn som allerede er tilordnet verdier).

Eksempler:

- `42`
- `'Hei verden'` (enkelstående verdier er de enkleste uttrykkene)
- `x`
- `y` (variabelnavn er uttrykk som evaluerer til sin angitte verdi)
- `len(x)`
- `min(2, y)` (funksjonskall er uttrykk)
- `f'Det er {y} grader ute'` (f-strenger er uttrykk)
- `3 + 2`
- `y > 5` (uttrykk kan kombineres med operatorer)
- `(len(x) > 5) and (y < 10)`
- `y + min(0, max(len(x) - y, 100 - y))`

En **setning** er ett steg (ofte én linje) i et Python-program, og representerer en handling og ikke en verdi. For eksempel tilordningen av en verdi til en variabel.

- En linje `x = x + 1` er en setning, mens `x + 1` er et uttrykk.
- En linje `print('Hallo')` er en setning, men om vi ser på kun `'Hallo'` i den samme linjen er det et uttrykk.

Variabler referer til verdier, ikke til uttrykk

[Video](#)

Det som står på høyresiden av tilordningsoperatøren når vi tilordner verdi til en variabel er et uttrykk. Variabelen vil være en referanse til den ferdig evaluerte verdien, og vil *ikke* huske hvordan uttrykket så ut.

```
x = 5
y = x + 2
print(x) # 5
print(y) # 7

x += 10
print(x) # 15
print(y) # fremdeles 7
```

Variabelnavn



Vi bestemmer selv hva variablene skal hete, så lenge de begynner med en bokstav og ikke inneholder spesielle tegn (bortsett fra `_`).

```
num_students = 800
num_group_leaders = 42
course_code = 'INF100'
99problems = True # Krasjer, variabelnavn kan forresten ikke begynne med tall
```

Det er viktig å gi variablene våre navn som tydelig beskriver hva slags verdi de representerer (gjærne inkludert hvilken enhet det er). Dette gjør det enklere å lese og forstå koden. Gode variabelnavn gjør at koden vår blir *selvdokumenterende*.

INF100 sin stilguide for variabelnavn:

1. Bruk selvdokumenterende variabelnavn.
2. Bruk engelske variabelnavn.
3. Bruk *snake_case*: bare små bokstaver, understrek (`_`) for å skille mellom ord.
4. Ikke benytt variabelnavn som er opptatt fra før av i Python.

1. Bruk selvdokumenterende variabelnavn. Dette er det viktigste punktet ved valg av variabelnavn.

```
# Dårlig
s = 'L'
```

```
# Bra
shirt_size = 'L'
```

2. Bruk engelske variabelnavn. I og med at Python er basert på engelske nøkkelord, er koden ofte lettere å lese ved å benytte engelske variabelnavn. Dessuten gjør det koden mer tilgjengelig for kolleger som kanskje ikke forstår norsk. Til sist er de også lurt å unngå spesielle symboler som æ, ø og å i variabelnavn; hvorfor kan du lese mer om når vi kommer til [unicode og tekstkoding](#) senere i emnet. Selv om vi anbefaler engelske variabelnavn, godtar vi også variabelnavn på norsk; men vær konsekvent.

```
# Nja, vær i så fall konsekvent
antall_mennesker = 42
```

```
# Bra
number_of_people = 42
```

3. Bruk små bokstaver og bruk understrek (`_`) for å skille mellom ord, såkalt *snake_case*. Merk at du i noen eksterne pakker kanskje vil se andre konvensjoner, som `lowerCamelCase` (ansett for å være god stil i en noen andre programmeringsspråk). I INF100 holder vi oss derimot til *snake_case* for variabelnavn vi døper selv, slik den offisielle dokumentasjonen for Python anbefaler.

```
# Nja, vær i så fall konsekvent
numberOfPeople = 42
```

```
# Bra
number_of_people = 42
```

Noen ganger oppretter vi en variabel som får en fast verdi når programmet starter, og som deretter aldri skal endre verdi. Dette er en såkalt *konstant*. Det er god stil å la konstanter være skrevet i UPPER_CASE .

```
# Dårlig
minimum_age = 12
```

```
# Bra
MINIMUM_AGE = 12
```

Du kan også støte på PascalCase noen steder, for eksempel i eksterne pakker. Det er god stil å benytte denne navneformen når man skal navngi såkalte «klasser»; men dette er utenfor pensum i INF100, og du bør derfor ikke benytte denne formen når du navngir noe i dette emnet.

4. Ikke benytt et innebygd nøkkelord eller funksjonsnavn fra Python som variabelnavn.

De mest vanlige tabbene er å bruke `input` , `len` , `sum` , `abs` , `min` eller `max` som variabelnavn. Du kan se at disse ordene er spesielle fordi VSCode fargelegger dem annerledes enn andre variabelnavn. Dette er fordi de er reservert for spesielle formål i Python, og det er derfor en dårlig idé å bruke dem til andre ting.

- Nøkkelord med spesielle betydninger i Python 3 er: `False` `None` `True` `and` `as` `assert` `break` `class` `continue` `def` `del` `elif` `else` `except` `finally` `for` `from` `global` `if` `import` `in` `is` `lambda` `nonlocal` `not` `or` `pass` `raise` `return` `try` `while` `with` `yield` .
- Innebygde funksjoner i Python 3 er f. eks: `abs` `bool` `float` `input` `int` `len` `max` `min` `print` `sum` `str` `type` . For uttømmende liste, se <https://docs.python.org/3/library/functions.html> .



Typer

- [Vanlige typer](#)
- [Typen avgjør hva en operasjon betyr](#)
- [Typekonvertering](#)
- [Enkle eksempler på bruk av ulike typer](#)

Vanlige typer

Enhver verdi har en *type* (også kalt *klasse*). Det er mange ulike typer som er innebygget i Python. For å se hvilken type en verdi har, kan vi benytte en funksjon som heter `type`. Her er en oversikt over de aller viktigste typene, som vi hele tiden støter på i Python:

```
print('Noen elementære typer i Python:')
print(type('foo'))      # str      (streng/tekst)
print(type(2))          # int      (heltall)
print(type(2.2))        # float    (flyttall/desimaltall)
print(type(True))       # bool     (boolsk verdi; True eller False)
print(type(None))       # NoneType («ingenting» –verdien har egen type)
print(type([1, 2, 3, 4])) # list     (en liste av andre verdier)
print()

print('Flere viktige typer vi skal lære om senere')
print(type((1, 2, 3, 4))) # tuple
print(type({1, 2, 3, 4})) # set
print(type({1: 2, 3: 4})) # dict
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Typen avgjør hva en operasjon betyr

```
# Asterisk (*) betyr forskjellige ting (f.eks. multiplikasjon el. repetisjon)
print(3 * 2)          # 6
print(3 * 'abc')      # 'abcabcabc'
print(3 * [1, 2, 3])  # [1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3]

# Plusstegn (+) betyr forskjellige ting (f.eks. addisjon eller konkatenasjon)
print(3 + 2)          # 5
print('3' + '2')      # '32'
print([1, 2, 3] + [4, 5]) # [1, 2, 3, 4, 5]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Ikke alle operasjoner er definert for alle (kombinasjoner av) typer
```

```
print(3 + 'def')           # Krasjer med TypeError
print('abc' * 'def')       # Krasjer med TypeError
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Typekonvertering

Vi kan konvertere mellom typer ved å bruke funksjoner med samme navn som typen.

```
# Konvertering fra streng
s = '42'
i = int(s) # Konverterer fra streng til heltall
f = float(s) # Konverterer fra streng til desimaltall
a = list(s) # Konverterer fra streng til liste

print(s) # 42
print(i) # 42
print(f) # 42.0
print(a) # ['4', '2']
print()

print(type(s)) # <class 'str'>
print(type(i)) # <class 'int'>
print(type(f)) # <class 'float'>
print(type(a)) # <class 'list'>
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Konvertering flyttall -> heltall -> flyttall
x = 4.9
y = int(x) # runder av nedover (mot negativ uendelig)
z = float(y) # konverterer tilbake til flyttall

print(x) # 4.9
print(y) # 4
print(z) # 4.0

print(type(x)) # <class 'float'>
print(type(y)) # <class 'int'>
print(type(z)) # <class 'float'>
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Enkle eksempler på bruk av ulike typer

int

```
x = 5
y = -3
z = x + y
print(z) # 2
```

	Kopier Se steg Kjør
float	<pre>x = 5.0 y = -3.2 print(x + y) # 1.8</pre> Kopier Se steg Kjør
Alle heltall kan brukes som om de var flyttall.	<pre>x = 5 y = -3.2 print(x + y) # 1.8</pre> Kopier Se steg Kjør
bool	<pre>x = True y = False print(x and y) # False print(x or y) # True print(not x) # False</pre> Kopier Se steg Kjør
Når man sammenligner ting med hverandre, får vi alltid en boolsk verdi tilbake.	<pre>x = 2 < 3 y = 2 > 3 print(x) # True print(y) # False s = 'abc' print(s == 'def') # False print(s != 'def') # True</pre> Kopier Se steg Kjør
str	<pre>s = 'abc' print(s + 'def') # 'abcdef' print(s * 3) # 'abcabcabc' # Hente ut enkelt-tegn fra strengen x = s[0] print(x) # 'a' y = s[2] + s[1] print(y) # 'cb'</pre>

	KopierSe stegKjør
list	<pre>a = ['foo', 42, 3.14] print(a) # ['foo', 42, 3.14] print(type(a)) # <class 'list'> # Hente ut enkelt-element fra listen x = a[0] print(x) # foo print(type(x)) # <class 'str'> y = a[1] + a[2] print(y) # 45.14 print(type(y)) # <class 'float'> # Endre verdi til en posisjon i listen a[0] = 'bar' print(a) # ['bar', 42, 3.14] # Legger til et nytt element i listen a.append('baz') print(a) # ['bar', 42, 3.14, 'baz']</pre> KopierSe stegKjør



Operatorer

Kategori	Operatorer
Aritmetikk Aritmetikk med tall Aritmetikk med strenger Heltallsdivisjon og modulo	**
	* / // %
	+ -
Relasjoner Sammenligning av verdier Flyttall og avrundingsfeil Medlemsskap	== != < <= > >= in not in is is not
Logikk	not
	and
	or
Betingelse	if ... else

- [Presedens og assosiativitet](#)
- [Eksempler](#)

Aritmetikk med tall

Symbolene **+** **-** ***** **/** ****** utfører henholdsvis addisjon, subtraksjon, multiplikasjon, divisjon og eksponentiering med to tall.

Alle operatorene fungerer likt for både heltall (int) og flyttall (float), men merk at divisjon **/** alltid returnerer et flyttall, selv om resultatet numerisk sett er et heltall.

```
print(6 + 2) # 8
print(6 - 2) # 4
print(6 * 2) # 12
print(6 / 2) # 3.0
print(6 ** 2) # 36
print(36 ** 0.5) # 6.0 (en eksponent på 0.5 er det samme som kvadratrot)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Aritmetikk med strenger

```
# Strenger repeteres flere ganger med gangesymbol (*) og et heltall
print('bar' * 2) # barbar
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Strenger konkateneres (limes sammen) med pluss (+)
a = 'foo'
b = 'bar'
c = a + b
print(c) # foobar
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Heltallsdivisjon og modulo

Heltallsdivisjon med restverdi er den første formen for divisjon vi lærte på barneskolen. La oss si at du skal fordele 14 gullmynter på 4 pirater: da kan hver pirat få 3 gullmynter, og så blir det 2 gullmynter til overs. Vi kan uttrykke regnestykket i Python ved å benytte operatorene for heltallsdivisjon `//` og modulo `%` slik:

```
coins = 14
pirates = 4
coins_per_pirate = coins // pirates
remainder = coins % pirates

print(coins, 'gullmynter skal fordeles på', pirates, 'sjørøvere.')
print('Hver sjørøver får da', coins_per_pirate, 'gullmynter',
      'og det blir', remainder, 'mynter til overs.')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Heltallsdivisjon er som vanlig divisjon, men runder alltid *nedover* (mot negativ uendelig).

```
print('Operatøren / utfører vanlig divisjon')
print(' 7 / 4 =', (7/4)) # 1.75
print()
print('Operatøren // utfører heltallsdivisjon:')
print(' 7 // 4 =', (7//4)) # 1 (runder nedover)
print('-1 // 4 =', (-1//4)) # -1 (runder også nedover)
print('-7 // 4 =', (-7//4)) # -2 (runder også nedover)
print('Når nevneren er negativ')
print(' 7 // -4 =', (7//-4)) # -2 (runder også nedover)
print('-7 // -4 =', (-7//-4)) # 1 (runder altså alltid nedover uansett)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Modulo-operatøren `%` returnerer «resten» etter heltallsdivisjon. Tallet sier noe om hvor langt unna dividenden er å være delelig med divisoren; hvor mye man får til overs. Vi kan bruke dette for å avgjøre

om et tall er delelig med et annet (hvis resten er 0, er det delelig).

```
print(8 % 3) # 2
print(7 % 3) # 1
print(6 % 3) # 0    6 er delelig med 3, derfor må 6 % 3 være 0
print(5 % 3) # 2
print(4 % 3) # 1
print(3 % 3) # 0    3 er delelig med 3
print(2 % 3) # 2
print(1 % 3) # 1
print(0 % 3) # 0    0 er delelig med 3
print(-1 % 3) # 2
print(-2 % 3) # 1
print(-3 % 3) # 0    -3 er delelig med 3
print(-4 % 3) # 2
print(-5 % 3) # 1
print(-6 % 3) # 0    -6 er delelig med 3
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

En vanlig bruk av modulo er å finne siste siffer i et tall:

```
print(123 % 10) # 3
print(1234 % 10) # 4
print(12345 % 10) # 5
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Eller avgjøre om et tall er oddetall eller partall. Partall er som kjent delelig med 2:

```
num = 42
is_num_even = (num % 2) == 0
print(f'{num} er et partall: {is_num_even}')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

En annen vanlig bruk av modulo er for å få en verdi til å «gå i ring» innenfor et visst intervall. For eksempel, la oss si at vi ønsker at x-koordinatet til en ball alltid skal befinne seg innenfor et vindu med bredde på 400 piksler; hvis ballen faller utenfor, vil vi at den skal komme tilbake på den andre siden av vinduet. Da kan vi bruke modulo-operatoren til å «wrappe» verdien tilbake til intervallet dersom den skulle komme utenfor:

```
x = 385

...

x = (x + 10) % 400
print(x) # 395 (som forventet når vi gjør 385 + 10)

...
```

```
x = (x + 10) % 400
print(x) # tilbake til 5 i stedet for 405, fordi 405 % 400 blir 5
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Sammenligning av verdier

Relasjons-operatorene benyttes for å sammenligne to verdier, og resulterer alltid i en boolsk verdi (enten True eller False).

```
print('== sjekker om to verdier er like')
print(2 == 2) # True
print(2 == 3) # False
print(2 == 2.0) # True
print('foo' == 'foo') # True
print('foo' == 'bar') # False
print()

print('!= sjekker om to verdier er ulike')
print(2 != 2) # False
print(2 != 3) # True
print(2 != 2.0) # False
print('foo' != "foo") # False
print('foo' != 'bar') # True
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
print('< sjekker om venstre side er «mindre enn» høyre side')
print(2 < 3) # True
print(2 < 2) # False
print(2 < 1) # False
print('foo' < 'barbar') # False (sammenligner «ASCII-alfabetisk»)
print('foo' < 'foo') # False
print('barbar' < 'foo') # True
print()

print('<= sjekker om venstre side er «mindre enn eller lik» høyre side')
print(2 <= 3) # True
print(2 <= 2) # True
print(2 <= 1) # False
print('foo' <= 'barbar') # False (sammenligner «ASCII-alfabetisk»)
print('foo' <= 'foo') # True
print('barbar' <= 'foo') # True
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Operatorene `>` og `>=` fungerer likt som `<=` og `<` bare med motsatt resultat.

Flyttall og avrundingsfeil



Se også videoen [Floating point numbers](#) av Computerphile.

```
print(0.1 + 0.1 == 0.2)          # True, men...
print(0.1 + 0.1 + 0.1 == 0.3)    # False!
print(0.1 + 0.1 + 0.1)          # gir 0.30000000000000004 (oj sann!)
print((0.1 + 0.1 + 0.1) - 0.3)   # gir 5.55111512313e-17 (lite, men ikke 0!)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Derfor: Ikke bruk `==` for å sammenligne flyttall! Sjekk i stedet at de to tallene som sammenlignes er *nesten* like.

```
def almost_equals(a, b):
    epsilon = 0.0000000001
    return abs(a - b) < epsilon # abs()-funksjonen gir absolutt-verdien

print(0.1 + 0.1 + 0.1 == 0.3) # False
print(almost_equals(0.1 + 0.1 + 0.1, 0.3)) # True
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Medlemskap

Operatorene `in` og `not in` brukes for å sjekke om en verdi er medlem av en liste, tuple, mengde, streng eller en annen samling av ting.

```
# Sjekk om symboler finnes i strenger
print('a' in 'abc') # True
print('d' in 'abc') # False
print('A' in 'abc') # False ('A' og 'a' er forskjellige symboler)

print('a' not in 'abc') # False
print('d' not in 'abc') # True
print()

print('bc' in 'abc') # True ('bc' utgjør en sammenhengende del av 'abc')
print('ac' in 'abc') # False (selv om både 'a' og 'c' er i 'abc')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Sjekk om en verdi finnes i en liste eller ikke
print(1 in [1, 2, 3]) # True
print(4 in [1, 2, 3]) # False
print(1 not in [1, 2, 3]) # False
print(4 not in [1, 2, 3]) # True
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Sjekk om en verdi finnes i en tuple eller ikke
print(1 in (1, 2, 3)) # True
print(4 in (1, 2, 3)) # False
print(1 not in (1, 2, 3)) # False
print(4 not in (1, 2, 3)) # True
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Sjekk om en verdi finnes i en mengde eller ikke
print(1 in {1, 2, 3}) # True
print(4 in {1, 2, 3}) # False
print(1 not in {1, 2, 3}) # False
print(4 not in {1, 2, 3}) # True
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Logiske operatører

For å bruke boolske verdier (True og False) i logiske uttrykk, bruker vi boolske operatører. Disse operatorene er konjunksjon `and`, disjunksjon `or` og negasjon `not`.

x	not x
False	True
True	False

x	y	x or y	x and y
False	False	False	False
False	True	True	False
True	False	True	False
True	True	True	True

Uttrykk som består av boolske uttrykk og logiske operatører er en del av hva vi kaller «boolsk algebra». Bruken av `and` og `or` i slik logikk minner om det vi er vant til fra dagligtalen. Legg merke til at svaret på et spørsmål som «er du voksen *eller* er du barn?» alltid vil være `True` (med mindre du verken voksen eller barn, så klart; bare da er svaret `False`).

```
print('and returnerer True hvis begge leddene er True')
print(True and True) # True
print(True and False) # False
print(False and True) # False
print(False and False) # False
print()

print('or returnerer True hvis minst ett av leddene er True')
print(True or True) # True
print(True or False) # True
print(False or True) # True
print(False or False) # False
print()
```

```
print('not returnerer motsatt boolsk verdi')
print(not True) # False
print(not False) # True
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Det er vanlig å benytte logiske operatorer for å binde sammen flere uttrykk som hver for seg evaluerer til boolske verdier.

```
age = 2000
if (age < 0) or (age > 130):
    print(f'Litt vanskelig å tro at du er {age} år gammel...')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Uttrykk med betingelse (if else)

[Video](#)

```
# Eksempel på uttrykk med betingelse
age = 20
status = 'et barn' if age < 18 else 'en voksen'
print(f'Alder: {age}. Dette er {status}.') # Alder: 20. Dette er en voksen.

# Generelt
condition = True # or False
value_if_true = 'a'
value_if_false = 'b'
result = value_if_true if condition else value_if_false
print(result) # a
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Presedens og assosiativitet

[Video](#)

En vanlig feil er at man gjør gale antakelser om hvilken rekkefølge operatorer i et større uttrykk utføres i; hvordan de «usynlige parentesene» i uttrykket er plassert.

For aritmetikk gjelder de samme presedens-reglene som er vanlig i matematikk.

```
print('Presedens:')
print(2 + 3 * 4) # gir 14, ikke 20 ( * har høyere presedens enn + )
print(5 + 4 % 3) # gir 6, ikke 0 ( % har høyere presedens enn + )
print(2 ** 3 * 4) # gir 32, ikke 4096 (** har høyere presedens enn * )
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Presedenstabell

Vi gir her en oversikt over noen operatorer rangert fra høyeste til laveste presedens. Parenteser vil alltid overstyre presedens og assosiativitet, og er derfor øverst på listen. Alle operatører untatt `**` og relasjonene assosierer venstre-til-høyre dersom det er aktuelt.

Operatorer	
<code>()</code>	Parentes. Det som er mellom parentesene evalueres før en operator utenfor parentesen.
<code>**</code>	Eksponentiering. Assosierer høyre-til-venstre.
<code>*</code> <code>/</code> <code>//</code> <code>%</code>	Multiplikasjon, divisjon og modulo.
<code>+</code> <code>-</code>	Addisjon og subtraksjon.
<code><</code> <code><=</code> <code>></code> <code>>=</code> <code>==</code> <code>!=</code> <code>in</code> <code>not in</code> <code>is</code> <code>is not</code>	Relasjoner. Disse vil <i>ikke</i> assosiere verken til høyre eller venstre; dersom man har flere slike etter hverandre vil de <i>komponeres</i> som en konjunksjon i stedet. For eksempel, <code>-1 < 0 == False</code> gir det samme svaret som <code>(-1 < 0) and (0 == False)</code> , og altså ikke det samme som <code>(-1 < 0) == False</code> slik man ellers kunne trodd.
<code>not</code>	Logisk negasjon.
<code>and</code>	Logisk konjunksjon.
<code>or</code>	Logisk disjunksjon.
<code>if ... else</code>	Betinget verdi.

I presedenstabellen over (og også i tabellen [øverst på denne siden](#)) er operatorene sortert etter presedens. Det vil si, `**` har høyeste presedens mens `if ... else` har den laveste. Operatører i samme rad har samme presedens (for eksempel har `+` og `-` samme presedens).

Det er operatorene med høyest presedens som utføres «først» med mindre parenteser indikerer noe annet.

Assosiativitet

Dersom flere operasjoner med samme presedens forekommer i samme uttrykk, utføres de som hovedregel fra venstre til høyre.

```
print("Assosiativitet: venstre til høyre")
print(5 - 4 - 3) # det samme som (5 - 4) - 3, altså -2 (ikke 4)
print(9 // 3 // 3) # det samme som (9 // 3) // 3, altså 1 (ikke 9)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Det finnes likevel noen unntak:

- `**` er høyre-assosiativ (det vil si at `2 ** 3 ** 4` er det samme som `2 ** (3 ** 4)`)
- Relasjonene (altså `==` `!=` `<` `<=` `>` `>=` `in` `not in` `is` `is not`) assosierer hverken til høyre eller til venstre; dersom man har flere slike i et uttrykk vil de *komponeres som en*

konjunksjon i stedet. For eksempel, $-1 < 0 == \text{False}$ vil tolkes som $(-1 < 0)$ and $(0 == \text{False})$, og altså ikke som $(-1 < 0) == \text{False}$.

Parenteser

Parenteser vil alltid overstyre presedens og assosiativitet. Det er god stil å bruke parenteser for å vise hvilken rekkefølge du ønsker at operatorene utføres i, selv om det ikke alltid er nødvendig – det gjør koden din mer lesbar og mindre utsatt for feil som skyldes at du ikke husker presedenstabellen.

Eksempler

Under er det noen eksempler hvor det er fort gjort å feiltolke hvordan uttrykket evalueres fordi det ikke er angitt parenteser. Bruk reglene for presedens og assosiativitet kombinert med [presedenstabellen](#) og prøv å forutsi hva hvert uttrykk evaluerer til før du kjører koden og ser fasiten.

```
print(True or True and False)
print(not False or True)
print(not (False or True))
print()
print(2 < 3 < 4)
print(not 3 < 2 < 1)
print(not 3 < 2 and 2 < 1)
print()
print('b' in 'box')
print('b' in 'box' == True)
print('b' in 'box' == False)
print('a' and 'b' in 'box')
print('a' or 'z' in 'box')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

*Moralen i historien: **benytt parenteser** for å vise hva du mener. Det er fort gjort å huske feil rekkefølge, og du kan heller ikke forvente at dine kolleger og ditt fremtidige jeg (som senere skal vedlikeholde koden) husker den.*



Betingelser

- [If -setninger](#)
- [Betingelser](#)
- [If-else](#)
- [If-elif-else](#)
- [If-else -uttrykk](#)
- [Truthy og falsy verdier](#)
- [God stil](#)

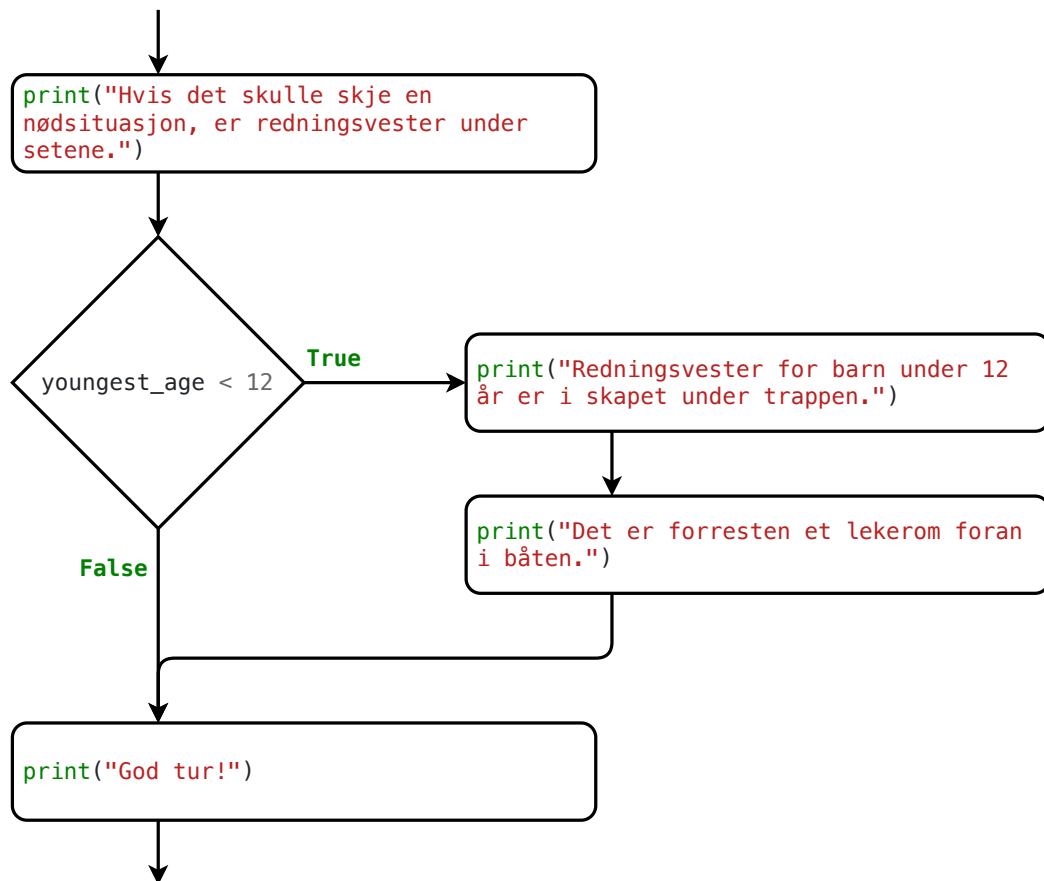
If -setninger

Man kan benytte en if-setning for å utøre en kodeblokk kun i gitte tilfeller.

```
print("Hva er alderen til den yngste reisende?")
youngest_age = int(input())

print("Velkommen om bord!")
print("Hvis det skulle skje en nødsituasjon, er redningsvester under setene.")
if youngest_age < 12:
    print("Redningsvester for barn under 12 år er i skapet under trappen.")
    print("Det er forresten et lekerom foran i båten.")
print("God tur!")
```

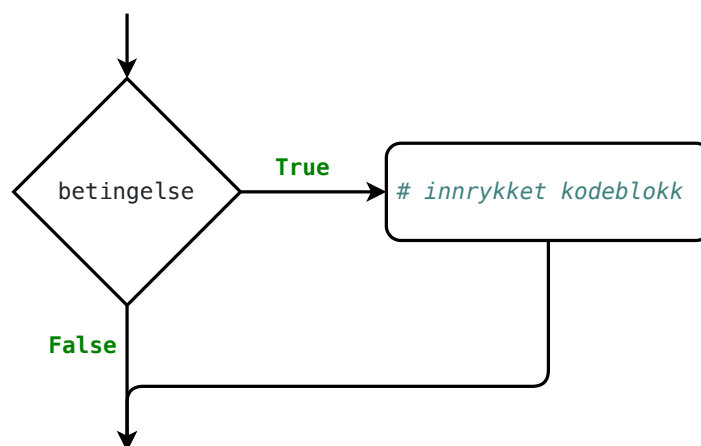
[Kopier](#)[Se steg](#)



Syntaks. For å benytte en if-setning, må vi benytte kodeordet `if` fulgt av en *betingelse*, etterfulgt av et kolon. Deretter må vi skrive koden som skal utføres dersom betingelsen er oppfylt med et *innrykk*. God stil tilsier at innrykket består av 4 mellomrom.

```

if betingelse:
    # innrykket kodeblokk
  
```



Betingelser

En betingelse er et uttrykk som evaluerer til enten `True` eller `False`. Dersom betingelsen er `True`, vil koden i kodeblokken utføres. Dersom betingelsen er `False`, vil koden i kodeblokken ikke utføres.

Alle *relasjonsoperatore*r evaluerer til `True` eller `False` (aka *boolske* verdier), og er derfor egnet til betingelser. Eksempler på relasjonsoperatore er `==`, `!=`, `<`, `>`, `<=`, `>=`, `in` og `not in` (les mer i kursnotater om [operatore](#)r). Eksempler på betingelser:

```
# Betingelser som evaluerer til True
if True:
    print("A")

x = True
if x:
    print("B")

if 2 + 2 == 4:
    print("C")

x = "yes"
if x == "yes":
    print("D")

x = 2
y = 3
if x < y:
    print("E")

# Betingelser som evaluerer til False
if False:
    print("F")

x = False
if x:
    print("G")

if 2 + 2 == 5:
    print("H")

x = 2
if x == 3:
    print("I")

x = 2
y = 3
if x > y:
    print("J")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

I tillegg er de *logiske operatorene* (`not` , `and` , `or`) nyttige for å kombinere eller negere boolske verdier (les mer i kursnotater om [operatorer](#)). Eksempler på betingelser med logiske operatoren:

```
age = 18
residency = "Norway"
if (age >= 18) and (residency == "Norway"):
    print("Du kan stemme ved fylkes- og kommunevalget.")

is_criminal = False
physical_test_score = 8
```



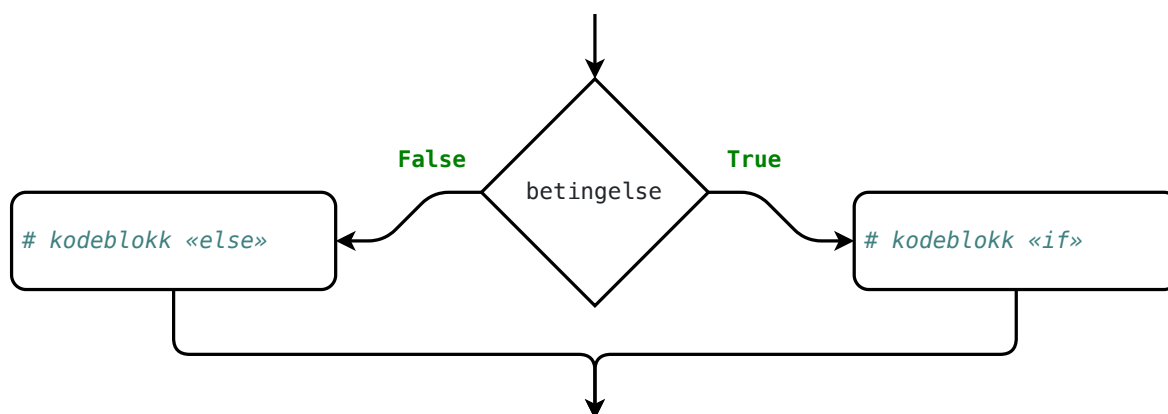
```
if (not is_criminal) and (physical_test_score >= 6):  
    print("Du kan søke på jobb i politiet.")  
  
height = 2.1  
if (height < 1.5) or (height > 2.0):  
    print("Beklager, du får ikke lov å kjøre berg-og-dal-banen.")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

If-else

I en if-else vil programflyten velge én av to mulige flyter videre gjennom programmet, før flyten samles igjen. Dersom betingelsen er `True`, vil kodeblokken etter `if`-setningen utføres, men hvis betingelsen er `False`, vil kodeblokken etter `else`-ordet utføres.

```
if betingelse:  
    # kodeblokk «if»  
else:  
    # kodeblokk «else»
```



Eksempel:

```
print("I hvilken kommune var du bostedsregistrert 30. juni i år?")  
your_municipality = input()  
  
if your_municipality == "Bergen":  
    print("På valgdagen 11. september kan du stemme i et valglokale i Bergen.")  
else:  
    print("For å avgi stemme mens du er i Bergen, må du forhåndsstemme.")  
  
print("NB! Du kan forhåndsstemme på Torgalmenningen frem til 8. september!")
```

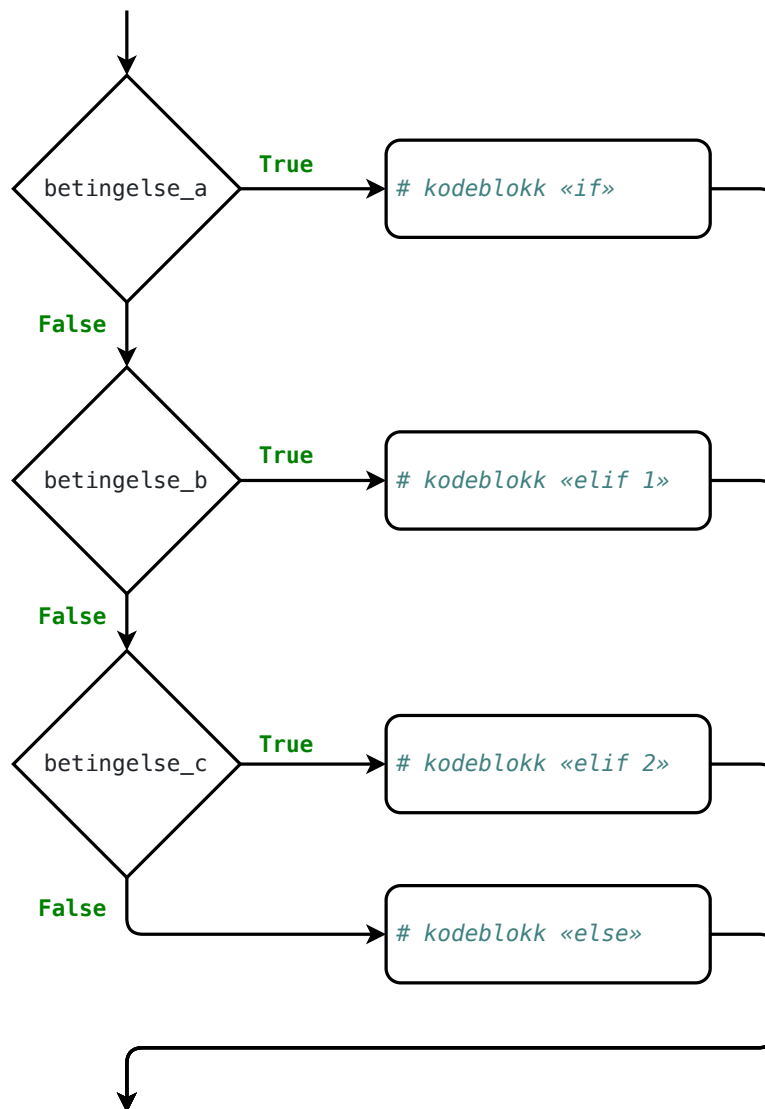
[Kopier](#)[Se steg](#)

If-elif-else

I en sekvens som begynner med en `if`-setning og som fortsetter med et valgfritt antall `elif`-setninger og som eventuelt avsluttes med en `else`, er det nøyaktig én av kodeblokkene som utføres:

første gang en betingelse evaluerer til `True` . Hvis ingen av betingelsene evaluerer til `True` , vil kodeblokken etter `else` -ordet utføres.

```
if betingelse_a:
    # kodeblokk «if»
elif betingelse_b:
    # kodeblokk «elif 1»
elif betingelse_c:
    # kodeblokk «elif 2»
else:
    # kodeblokk «else»
```



Eksempel:

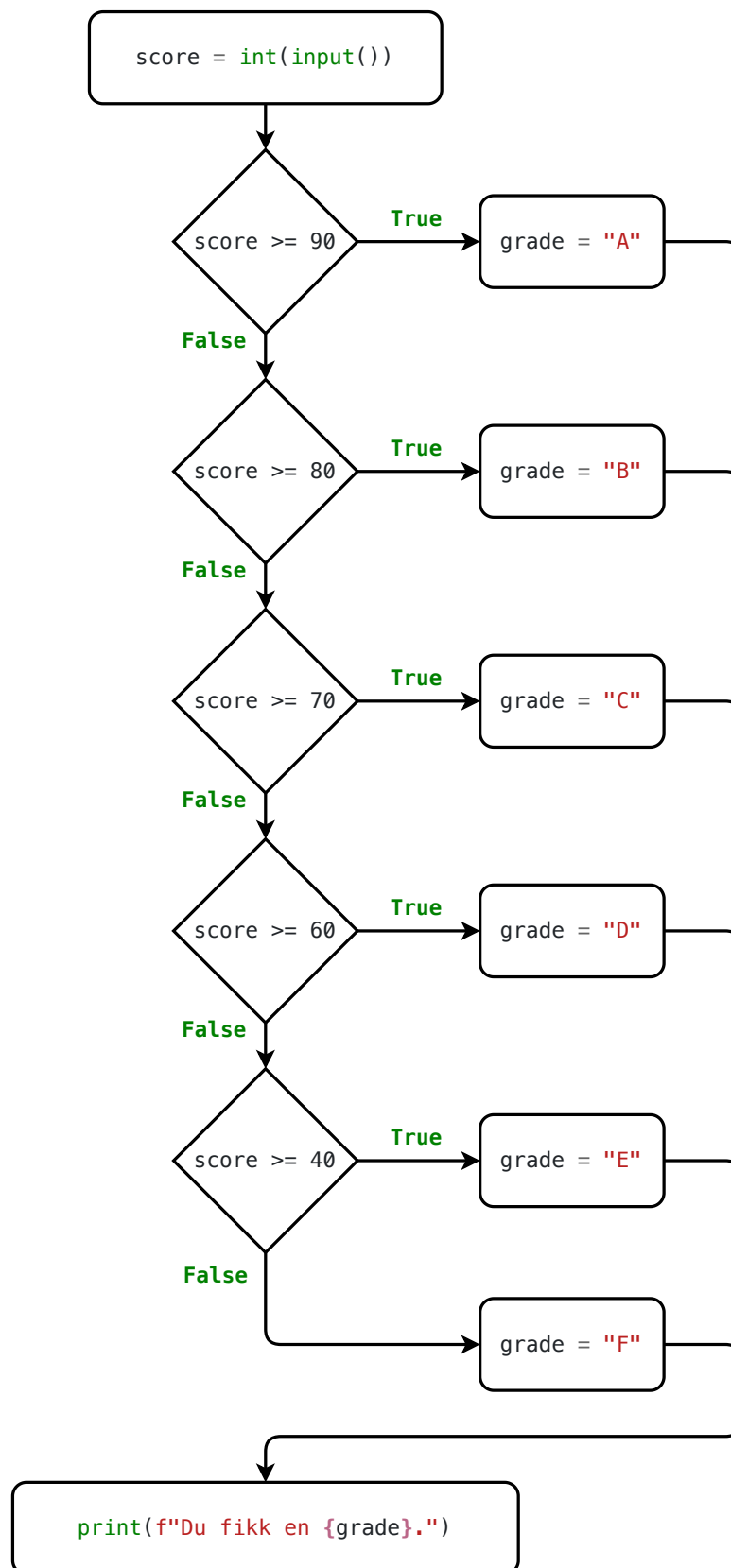
```
print("Hvor mange poeng fikk du på prøven?")
score = int(input())

if score >= 90:
    grade = "A"
elif score >= 80:
    grade = "B"
elif score >= 70:
```

```
    grade = "C"
elif score >= 60:
    grade = "D"
elif score >= 40:
    grade = "E"
else:
    grade = "F"

print(f"Du fikk en {grade}.")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)



If-else -uttrykk

```
print("Foo" if True else "Bar") # Foo
print("Foo" if False else "Bar") # Bar
print("Foo" if 1 < 2 else "Bar") # Foo
print()
```

```
x = -3
print(0 if x < 0 else x) # 0 (fordi -3 < 0 er True)
```

Se også avsnittet om uttrykk med betingelse i [operatorer](#).

Truthy og falsy verdier

Video

Dersom en betingelse ikke evaluerer til en boolsk verdi, vil den likevel *tolkes* som en enten `True` eller `False`. De fleste verdier tolkes som `True`, men det er også noen verdier som tolkes som `False`. Verdier som tolkes som `True` kalles *truthy*, mens verdier som tolkes som `False` kalles *falsy*.

```
print("Alt kan tolkes som en boolsk verdi")
print("Sann" if True else "Usann") # Sann
print("Sann" if 1 else "Usann") # Sann
print("Sann" if "Hello" else "Usann") # Sann
print("Sann" if "" else "Usann") # Sann
print("Sann" if 0 else "Usann") # Usann
print("Sann" if "" else "Usann") # Usann
print("Sann" if None else "Usann") # Usann
```

Kopier

Se steg

Kjør

For å sjekke om en verdi er *truthy* eller *falsy*, kan vi benytte funksjonen `bool` som konverterer enhver verdi til en boolsk verdi:

```
print('Alle tall bortsett fra 0 er truthy')
print(f'{bool( 2) = }') # True
print(f'{bool( 1) = }') # True
print(f'{bool(-1) = }') # True
print(f'{bool( 0) = }') # False
print()
print(f'{bool( 1.0) = }') # True
print(f'{bool(0.01) = }') # True
print(f'{bool(-0.1) = }') # True
print(f'{bool( 0.0) = }') # False
print(f'{bool(-0.0) = }') # False
print()
print('Alle strenger bortsett fra den tomme strengen er truthy')
print(f'{bool("True") = }') # True
print(f'{bool("False") = }') # True
print(f'{bool(  " ") = }') # True
print(f'{bool(   "") = }') # False
print()
print('Alle lister bortsett fra den tomme listen er truthy')
print(f'{bool([1, 2, 3]) = }') # True
print(f'{bool([0, 0, 0]) = }') # True
print(f'{bool( [False]) = }') # True
print(f'{bool(      [] ) = }') # False
print()
print('Den spesielle verdien None er falsy')
print(f'{bool(None) = }') # False
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Verdier som er falsy er:

- False
- None
- 0 0.0 (tallverdier 0)
- "" (en tom streng)
- [] {} set() (en tom liste/tuple/dict/mengde)

De fleste andre verdier er truthy. Vi kan alltid dobbeltsjekke med `bool` -funksjonen.

God stil

[Video](#)

Merk at dette avsnittet omhandler *stil* og ikke korrekthet.

Negert betingelse:

```
# Dårlig
b = True
if not b:
    print("nei")
else:
    print("ja")
```

```
# Bra
b = True
if b:
    print("ja")
else:
    print("nei")
```

Tom if -setning:

```
# Dårlig
b = True
if b:
    pass
else:
    print("nei")
```

```
# Bra
b = True
if not b:
    print("nei")
```

Unødvendig sammenligning med True / False :

```
# Dårlig
x = 2
y = 3
if (x < y) == True:
    print("ja")
```

```
# Bra
x = 2
y = 3
if x < y:
    print("ja")
```

Bruk av if i stedet for and :

```
# Mindre foretrukket
b1 = True
```

```
# Bra
b1 = True
```

```
b2 = True
if b1:
    if b2:
        print("begge")
```

```
b2 = True
if b1 and b2:
    print("begge")
```

Bruk av ekstra *if* i stedet for *else*:

```
# Dårlig
b = True
if b:
    print("ja")
if not b:
    print("nei")
```

```
# Bra
b = True
if b:
    print("ja")
else:
    print("nei")
```

Bruk av ekstra *if* i stedet for *elif*:

```
# Dårlig
x = 10
if x < 5:
    print('small')
if (x >= 5) and (x < 10):
    print('medium')
if (x >= 10) and (x < 15):
    print('large')
if x >= 15:
    print('extra large')
```

```
# Bra
x = 10
if x < 5:
    print('small')
elif x < 10:
    print('medium')
elif x < 15:
    print('large')
else:
    print('extra large')
```

Fancy bruk av Python sin «aritmetikk»:

```
# Horribelt
x = 42
y = int((42 > 0) and 99)
```

```
# Bra
x = 42
y = 99 if x > 0 else 0
```

PS! Hvis du syntes det er morsomt med uleselig kode, kan du gjerne prøve deg på [code golf](#) etterhvert som du føler deg komfortabel med grunnleggende programmering.





Funksjoner

- [Funksjonskall](#)
- [Funksjonskall med returverdi](#)
- [Funksjonskall med både returverdi og sideeffekt](#)
- [Hvorfor funksjoner?](#)
- [Vår første funksjon](#)
- [Definere egne funksjoner](#)
- [Retursetninger](#)
- [Vanlig feil: forveksle returverdi og sideeffekt](#)
- [Mer enn én returverdi](#)
- [Ordbok](#)
- [Skop](#)

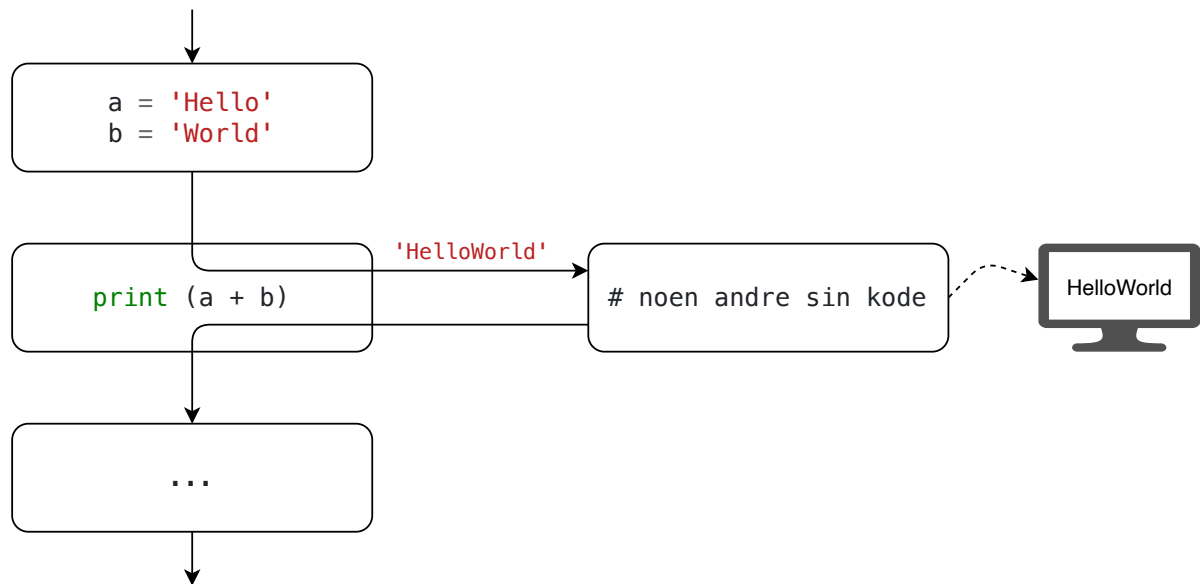
Funksjonskall

Å *kalle* en funksjon betyr at vi instruerer funksjonen til å kjøres. For eksempel gjør vi et kall til `print`-funksjonen i denne kodesnutten:

```
a = 'Hello'
b = 'World'
print(a + b)
...
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Når vi kaller en funksjon, gir vi ofte funksjonen noe informasjon som den trenger for å gjøre jobben sin. Denne informasjonen kalles et **argument**. I eksempelet over blir verdien `'HelloWorld'` gitt som argument til `print`-funksjonen (det er denne verdien uttrykket `a + b` evaluerer til).



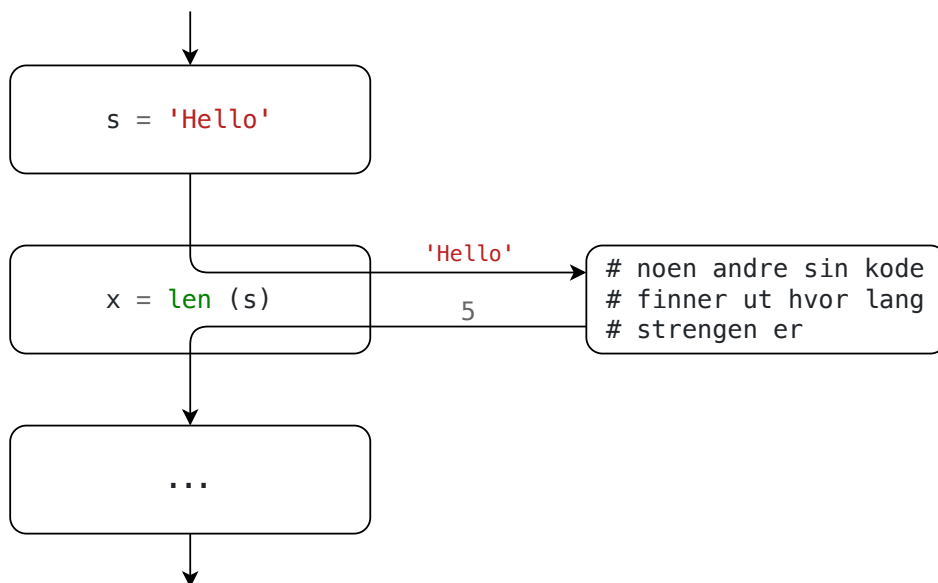
Funksjonskall med returverdi

Et annet eksempel på et funksjonskall, er kallet til `len`-funksjonen i kodesnutten under. Dette er en funksjon med en **returverdi**.

```
s = 'Hello'
x = len(s)
...
```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Her blir verdien `'Hello'` gitt som argument til `len`-funksjonen. Funksjonen *returnerer* så verdien `5`, før variabelen `x` endres til å peke på denne verdien.


[Mer om returverdier](#)

Alle funksjonskall har en returverdi. For eksempel returnerer `input`-funksjonen den strengen brukeren skriver inn. Vi kan lagre denne strengen i en variabel, og bruke den senere i programmet.

Eksempler på innebygde funksjoner i Python og deres returverdi.

```
x = max(1, 2, 3)    # x = 3
y = min(1, 2, 3)    # y = 1
z = abs(-6)         # z = 6
print(x, y, z)

s = input('Skriv noe: ') # s = 'Hallo'    (hvis brukeren skriver Hallo)
l = len(s)           # l = 5              (hvis brukeren skrev Hallo)
print(s, l)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

I disse eksemplene er det returverdien fra funksjonskallene som lagres med variablene `x`, `y`, `z`, `s` og `l`.

Print-funksjonen returnerer den spesielle verdien `None`. Det er helt meningsløst å ta vare på den, men det er teknisk sett mulig:

```
x = print('Hello') # Skriver ut Hello. Returverdien fra print lagres i x
print(x)           # None
```

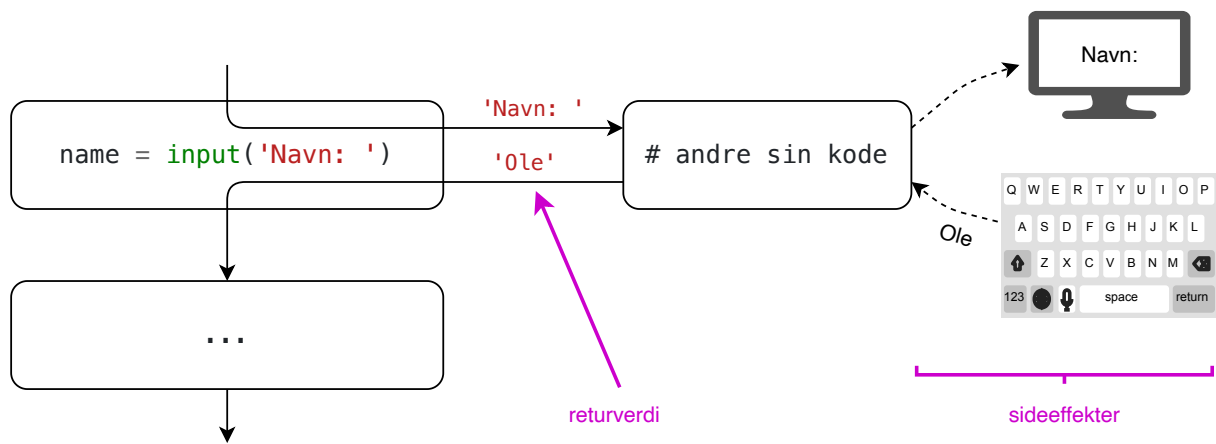
[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Alle funksjoner har **teknisk sett** en returverdi; men for noen funksjoner er returverdien alltid den spesielle verdien `None`. Hvis vi litt flåsete hevder at en funksjon ikke har en returverdi, mener vi altså egentlig at returverdien alltid er `None`.

Funksjonskall med både returverdi og sideeffekt

Et tredje eksempel på et funksjonskall vi har sett før, er input-funksjonen. Denne funksjonen har *både* sideeffekt og en returverdi. Med **sideeffekt** mener vi at noe skjer i «verden forøvrig» som følge av funksjonskallet, som ikke er en returverdi. I dette tilfellet skjer det noe på skjermen: teksten «Navn: » vises.

```
name = input('Navn: ')
...
```



Her blir strengen `'Navn: '` gitt som argument til `input`-funksjonen. Som en sideeffekt av `input`-funksjonen vises denne strengen i terminalen. Brukeren skriver inn f. eks. «Ole». Funksjonen *returner* så verdien `'Ole'` før variabelen `name` endres til å peke på denne verdien.

[Mer om sideeffekter](#)

Et funksjonskall kan ha to typer effekter:

- Returverdi
- Sideeffekter

En **returverdi** er den verdi som et funksjonskall *evalueres* til. For eksempel evalueres funksjonskallet `max(1, 2, 3)` til `3`. Returverdien kan lagres i en variabel, eller brukes som en del av et større uttrykk. Eksempler på funksjoner med en meningsfylt returverdi er `max`, `min`, `input` og `len`.

En **sideeffekt** er en endring i «verdens tilstand forøvrig» som skjer på grunn av et funksjonskall. For eksempel har `print`-funksjonen en sideeffekt i at det dukker opp tekst på skjermen. Alle tegne-funksjonene som er dokumentert i kursnotatene om [grafikk](#) er også eksempler på funksjoner med sideeffekter (de tegner figurerer som blir vist på skjermen).

Det er som regel sideeffekter sluttbrukeren til syvende og sist ønsker seg av et program: noe vises på skjermen, innholdet i en fil endrer seg eller lignende. Samtidig har funksjoner *uten* sideeffekter store fordeler: de er lettere å teste og feilsøke, og det er lettere å modularisere et program med dem.

En av de aller vanligste kildene til forvirring for ferske programmerere er forskjellen på returverdi og sideeffekt; nærmere bestemt, forskjellen mellom å returnere en verdi og å skrive ut en verdi til skjermen.

*Å skrive noe ut på skjermen er en sideeffekt, det innebærer **ikke** å returnere noe.*

Hvorfor funksjoner?

Noen har gjort et kall til `print`-funksjonen: under panseret i datamaskinen skjer det noe greier, og så «vipp!» dukker det opp tekst i terminalen. Heldigvis trenger ikke *vi* å tenke på noe av det. `print`-funksjonen bare fungerer. Vi kan gjenbruke noen andre sin genialitet uten at det koster oss en kalori.

Dette bringer oss til de viktigste hensiktene med funksjoner: å gjenbruke kode og å abstrahere bort detaljer.

📖 Hensikten med funksjoner

- **Gjenbruk av kode.** Om vi har en samling instruksjoner vi ønsker å kjøre flere ganger, kan vi legge disse instruksjonene i en funksjon, og deretter kalle funksjonen hver gang vi ønsker å kjøre instruksjonene. Da slipper vi å skrive den samme koden flere ganger. Dette gjør det enklere å endre på koden eller rette feil senere.
- **Selvdokumenterende kode.** Funksjoner har *navn* som ideelt sett beskriver hva funksjonen gjør. Dette gjør det enklere å lese koden.
- **Abstraksjon.** Funksjoner lar oss abstrahere bort detaljer som ikke er umiddelbart relevante for det vi holder på med. Ved å dele inn koden i et hierarki av mer og mer spesialiserte funksjoner, kan vi fokusere på det som er viktig for oss på det abstraksjonsnivået vi befinner oss på.

📖 Abstraksjon

Abstraksjon er å se bort fra detaljer som ikke er umiddelbart relevante for det vi holder på med.

I en tidlig fase av sommerferie-planleggingen sier vi gjerne til hverandre «først besøker vi bestemor, så drar vi til Sverige, og så drar vi en uke på hytten.» Vi trenger ikke å vite hvordan vi kommer oss til bestemor, eller hvordan vi kommer oss til Sverige – vi bare antar at det finnes en løsning på dette. Vi abstraherer altså bort detaljene, og fokuserer på det som er viktig for oss på dette «abstraksjonsnivået».

Når vi senere detaljplanlegger reisen til bestemor, sier vi til hverandre «først tar vi bussen til byen, så spiser vi lunsj på stasjonen, så tar vi toget videre til Hønefoss, så henter bestemor oss der». Vi er nå på et litt lavere abstraksjonsnivå enn før, men vi bryr oss fremdeles ikke om hvordan bussen eller toget fungerer – vi antar bare at bussen gjør som vi forventer, uten at vi trenger å ofre en tanke på trafikkregler eller bussmotorer. Vi abstraherer altså fremdeles bort detaljene, og fokuserer på det som er viktig for oss.

Når vi programmerer, er det lurt å skille fra hverandre instruksjoner som befinner seg på ulike abstraksjonsnivåer. Dette gjør vi blant annet ved å dele kode inn i **funksjoner**.

Vår første funksjon

📺 Video

En funksjon er en sekvens med kommandoer man kan referere til ved hjelp av et funksjonsnavn. Man kan utføre funksjonen flere ganger ved å kalle den flere ganger.

```
# Vi definerer en funksjon som heter `my_sample_function`  
def my_sample_function():  
    print('A')  
    print('B')  
    print('C')
```

```
# Vi kaller my_sample_function to ganger
my_sample_function()
my_sample_function()
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Funksjonskroppen (setningene som skal utføres når funksjonen kjører) må ha riktig *innrykk*. God stil tilsier at innrykket består av 4 mellomrom.

```
def hello():
    print('Skriv ditt navn:')
    name = input()
    print(f'Hei {name}') # Krasjer, mangler et mellomrom

hello()
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Definere egne funksjoner

For å definere vår egen funksjon:

- begynn med det spesielle ordet `def` fulgt av et mellomrom; så
- et valgfritt navn vi ønsker å gi funksjonen; så
- en opplisting av parametre omsluttet av paranteser; så
- et kolon; så
- selve funksjonskroppen med innrykk og eventuelt retursetninger

Funksjonskroppen er instruksjonene som skal utføres når funksjonen kalles, og må ha et innrykk i forhold til `def`-ordet. Standard innrykk er 4 mellomrom.

```
def sum_of_squares(a, b):
    square_of_a = a * a
    square_of_b = b * b
    return square_of_a + square_of_b

x = sum_of_squares(1, 1)
print(x) # 2

y = sum_of_squares(1, x)
print(y) # 5
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

En funksjon må være definert *før* den kalles.

```
sum_of_squares(1, 2) # Krasjer, funksjonen sum_of_squares er ikke definert enda

def sum_of_squares(a, b):
    square_of_a = a * a
```

```
square_of_b = b * b
return square_of_a + square_of_b
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

En setning som befinner seg inne i en funksjonskropp kan derimot kalle andre funksjoner som defineres senere i koden; så lenge den andre funksjonen er definert *når den kalles* er det tilstrekkelig.

```
def besok_bestemor():
    reis_til_bestemor()
    print('Spis kake')
    reis_hjem_fra_bestemor()

def reis_til_bestemor():
    print('Ta bussen til byen')
    print('Ta toget til Hønefoss')
    print('Bli hentet av bestemor på stasjonen')

def reis_hjem_fra_bestemor():
    print('Bli kjørt til Hønefoss av bestemor')
    print('Ta toget til byen')
    print('Ta bussen hjem')

besok_bestemor()
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

*Hva skjer hvis du gjør kallet til `besok_bestemor()` like **før** du skriver definisjonen av `reis_hjem_fra_bestemor` i stedet for etterpå? Krasjer det? Hvis ja; når og hvorfor krasjer det?*

Retursetninger

Dersom en funksjon skal returnere en verdi (som ikke er `None`), må den ha en *retursetning*. Returverdien er den verdien uttrykket i retur-setningen evaluerer til.

```
def square(x):
    return x * x

x2 = square(3)
print(x2) # 9
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Dersom en funksjon ikke har noen retursetning, eller retur-setningen ikke inneholder et uttrykk, returnerer funksjonen den spesielle verdien `None`.

```
def a():
    print('Denne funksjonen returnerer None')
```

```

    return None

return_value_a = a()
print(return_value_a) # None

def b():
    print('Denne funksjonen har en tom return-setning')
    return

return_value_b = b()
print(return_value_b) # også None

def c():
    print('Denne funksjonen har ikke return-setning')

return_value_c = c()
print(return_value_c) # også None

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Det er ikke nødvendig at en retursetning er den siste setningen i en funksjon; men når en retursetning utføres, avsluttes funksjonen umiddelbart uten å fortsette videre i funksjonskroppen. Hvis man har kode etter en retursetning, kalles dette gjerne *død kode* (og det er selvfølgelig svært dårlig stil).

```

def hello():
    print('Hello')
    return
    print('Goodbye') # død kode; utføres aldri

hello() # Hello

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Det kan ofte være nyttig å ha en tidlig retur-setninger inne i en `if`-setning, for å avslutte funksjonen tidlig under gitte betingelser.

```

def go_to_club(name, age):
    if age < 18:
        return f"Yo {name}, you're too young!"
    result = f"Hi there, {name}! It's time to party"
    result += "party"
    result += "party"
    result += "party"
    result += "party"
    return result + "!"

print(go_to_club("Ole", 14)) # Yo Ole, you're too young!
print(go_to_club("Kari", 18)) # Hi there, Kari! It's time to partyparty...

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Vanlig feil: forveksle returverdi og sideeffekt

En av de vanligste feilene ferske programmerere gjør, er å forveksle returverdi og sideeffekt. Dette er en feil som er lett å gjøre, fordi det er lett å tenke at en funksjon som skriver ut noe på skjermen, *returner* det den skriver ut. Dette er **ikke** tilfelle.

```
def cubed(x):  
    print(x**3)    # Funksjon uten retur-verdi, kun side-effekt  
  
cubed(2)          # ser ut til å virke  
print(cubed(3))   # rart (skriver også ut `None`)  
print(2*cubed(4)) # Krasj!
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Gjør det heller slik:

```
def cubed(x):  
    return x**3    # Funksjonen har retur-verdi, men ingen side-effekt  
  
cubed(2)          # ser ikke ut til å virke (hvorfor?)  
print(cubed(3))   # funker!  
print(2*cubed(4)) # funker!
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Mer enn én returverdi

Det er *teknisk sett* kun mulig å ha én returverdi i en funksjon. Men: det er mulig at returverdien er en «tuple» (en slags liste). Da kan vi for alle praktiske formål tenke på det som om funksjonen returnerer flere verdier.

```
def plus_minus(x, epsilon):  
    x_lo = x - epsilon  
    x_hi = x + epsilon  
    return x_lo, x_hi # komma for å skille verdier lager en «tuple»  
  
# Man får egentlig kun én returverdi, men den kan pakkes opp til flere  
window = plus_minus(1000, 5)  
a = window[0]  
b = window[1]  
print(a, b) # 995 1005  
  
# Python har en snarvei for å pakke opp en tuple med én gang  
a, b = plus_minus(50, 2)  
print(a, b) # 48 52
```

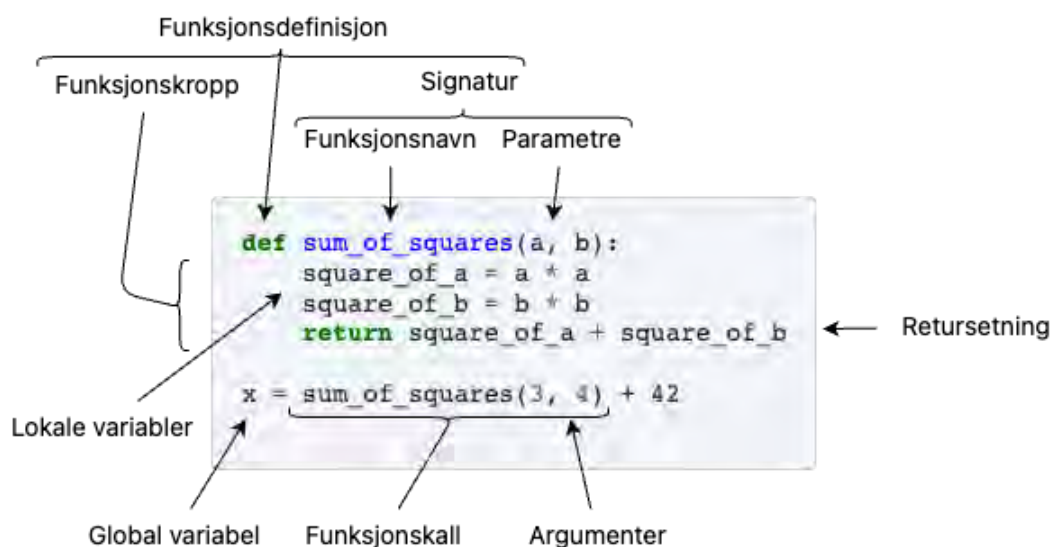
[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Man kan ha så mange elementer man vil i en tuple (men det må matche antall variabler når vi pakker opp).

```
def three_next_numbers(n):  
    return n + 1, n + 2, n + 3  
  
a, b, c = three_next_numbers(10)  
print(a, b, c) # 11 12 13  
  
a, b = three_next_numbers(10) # Krasjer: returnert tuple har 3 verdier, ikke bare 2  
print(a, b)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Ordbok

[Kjørbar og kopierbar versjon av koden i illustrasjonen](#)

```
1  def sum_of_squares(a, b):  
2      square_of_a = a * a  
3      square_of_b = b * b  
4      return square_of_a + square_of_b  
5  
6  x = sum_of_squares(3, 4) + 42  
7  
8  
9  print(x)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Funksjonsdefinisjon. En funksjonsdefinisjon forteller Python at vi ønsker å definere en ny funksjon. En funksjonsdefinisjon består av følgende komponenter:

- det spesielle ordet `def`,
- et valgfritt navn vi ønsker å gi funksjonen (funksjonsnavn),

- en opplisting av valgfritt antall parametre omsluttet av paranteser (parentesene må være med selv om det ikke er noen parametre),
- et kolon (:), og
- en funksjonskropp med innrykk. Dette er en sekvens med setninger som skal utføres når funksjonen kalles.

I eksempelet vist over utgjør linje 1-4 en funksjonsdefinisjon.

*At en funksjon defineres, betyr **ikke** at funksjonskroppen kjøres. Det er bare når funksjonen kalles at funksjonskroppen kjøres.*

Funksjonskall. Et funksjonskall er en instruksjon om å kjøre en funksjon. Et funksjonskall består av følgende komponenter:

- funksjonsnavnet, og
- en opplisting av argumenter omsluttet av paranteser. Parentesene *må* være med selv om det ikke er noen argumenter.

I eksempelet vis over utgjør `sum_of_squares(3, 4)` på linje 6 et funksjonskall.

Alle funksjonskall er uttrykk (men ikke alle uttrykk er funksjonskall). Et funksjonskall evalueres til returverdien fra funksjonen som kalles. I eksempelet over evalueres funksjonskallet `sum_of_squares(3, 4)` på linje 6 til verdien `25`.

Parameter. En parameter er en lokal variabel. Parametre får angitt hvilke verdier de refererer til når funksjonen kalles, og slutter å eksistere når funksjonskallet er ferdig/returnerer. I eksempelet over er `a` og `b` parametre til funksjonen `sum_of_squares`, og verdiene de blir angitt å referere til når funksjonen kalles er `3` og `4`.

Argument. Et argument er en verdi som gis en funksjon når den kalles. I eksempelet over er `3` og `4` argumenter ved funksjonskallet til `sum_of_squares` på linje 6. Når en funksjon kalles, vil parametrene (i utgangspunktet) referere til argumentene.

 Argumenter vs parametre

Det er fort gjort å blande sammen begrepene *argument* og *parameter*, da de på en måte beskriver to sider av samme sak; men tenk på det slik:

- Et argument er en *verdi*, f. eks. `42` eller `"01e"`.
- En parameter er en *variabel*, altså en navngitt referanse, f. eks. `age` eller `name`.

Et argument må eksistere *før* en funksjon kalles, mens en parameter er en variabel som opprettes *når* funksjonen kalles. Så vil parameteren referere til argumentet.

- En parameter kan potensielt endre hvilket objekt den referer til underveis i funksjonskallet; men hvis parameteren endres slik, så slutter den altså å referere til argumentet (det er da ikke argumentet som endrer seg, kun parameteren).

Lokal variabel. En lokal variabel er en variabel som er definert inne i en funksjonskropp. Lokale variabler eksisterer kun underveis i et funksjonskall, og slutter å eksistere når kallet er ferdig/returnerer. I eksempelet over er `square_of_a` og `square_of_b` i tillegg til parametrene `a` og `b` lokale variabler i funksjonen `sum_of_squares`.

Global variabel. En global variabel er en variabel som er definert *utenfor* en funksjonskropp. Slike variabler slettes ikke fra funksjonskall til funksjonskall, men eksisterer så lenge programmet kjører. I eksempelet over er `x` en global variabel.

Signatur. En funksjonssignatur består minimum av funksjonsnavnet og en opplisting av parametrene til funksjonen. Funksjonssignaturen i eksempelet over er altså «`sum_of_squares(a, b)`». En signatur er den informasjonen som er nødvendig å kjenne til for å kunne kalle funksjonen. I tillegg til funksjonsnavn og parametre, kan også informasjon om returverdien (f. eks. hvilke type den har) og docstring-kommentarer inngå i signaturen.

Skop

 Video

En variabel eksisterer i ett *skop* basert på hvor variabelen ble definert. Hver funksjon har sitt eget skop; variabler som er definert i dette skopet kan ikke nås utenfra.

```
def foo(x):  
    print(x)  
  
foo(2) # skriver ut 2  
print(x) # Krasjer, siden variabelen x kun var definert i foo sitt skop
```

 Kopier

 Se steg

 Kjør

```
def bar():  
    y = 42  
    print(y)  
  
bar() # skriver ut 42  
print(y) # Krasjer, siden variabelen y kun var definert i bar sitt skop
```

 Kopier

 Se steg

 Kjør

Det samme variabelnavnet kan eksistere i ulike skop. Men selv om variablene heter det samme, er de helt uavhengig av hverandre.

```
def f(x):  
    print("Vi er i f, x =", x)  
    x += 5  
    return x  
  
def g(x):  
    y = f(x*2)  
    print("Vi er i g, x =", x)
```

```
z = f(x*3)
print("Vi er i g, x =", x)
return y + z

print(g(2))
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Det kan eksistere flere skop samtidig når koden kjører.

- Det *globale* skopet opprettes når Python begynner å kjøre programmet, og fjernes ikke før Python avslutter.
 - Alle variabler som blir definert utenfor en funksjon, befinner seg i det globale skopet.
- Hver gang du kaller en funksjon, opprettes et nytt skop som tilhører dette funksjonskallet. Dette kalles et *lokalt* skop. Det slettes fullstendig når funksjonen returnerer/er ferdig.
 - Alle parameterne er variabler som hører til det lokale skopet
 - Alle variabler som opprettes i funksjonen tilhører det lokale skopet
- Siden du kan kalle én funksjon fra en annen, kan det være mange slike skop «oppå hverandre.»
- Det er teknisk sett alltid mulig å se variabler fra det globale skopet, men det er ikke en anbefalt praksis. Dersom vi har en lokal variabel med samme navn, vil den maskere den globale variabelen:

```
x = "x i globalt skop"
y = "y i globalt skop"

def f():
    y = "y i lokalt skop"
    z = "z i lokalt skop"
    print(x)
    print(y)
    print(z)

f()
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Hold tungen rett i munnen og regn ut hva svaret blir før du kjører koden under. Ta notater på papir for å holde styr på hva som foregår.

```
def f(x):
    print("Vi er i f, x =", x)
    x += 7
    return round(x / 3)

def g(x):
    x *= 10
    return 2 * f(x)

def h(x):
    x += 3
    return f(x+4) + g(x)
```

```
print(h(f(1)))
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Universitetet i Bergen



[Om siden.](#)

Fargevalg: system [lys](#) [mørk](#) [kontrast](#)



Minne og kodesporing

- [Minne](#)
- [En variabel endrer seg](#)
- [En funksjon blir kalt](#)
- [Debuggeren](#)
- [Manuell kodesporing med tabell](#)
- [Manuell kodesporing av funksjoner med tabell](#)

Å lese kode og forstå hva som vil skje om den kjøres er en helt essensiell ferdighet for en programmerer. I dette notatet skal vi forsøke å bygge en intuisjon for hva som egentlig skjer i datamaskinen når et program kjører. Å manuelt forutsi hvordan «minnet» vil endre seg steg for steg, kaller vi *kodesporing*.

Minne

Kildekoden til et program består av en sekvens av *setninger* (statements) som skal utføres én etter én i rekkefølge. Dataprogrammet som leser kildekoden og utfører setningene kalles en *fortolker*.

En fortolker inneholder i hovedsak tre bevegelige deler som vil endre tilstand for hvert steg. Dette kaller vi for *minnet* til programmet:

- En samling av *verdier* (også kalt *objekter* eller *data*).
- En samling av *variabler*. Hver variabel har et navn og refererer til en verdi.
- En referanse til neste steg som skal utføres.

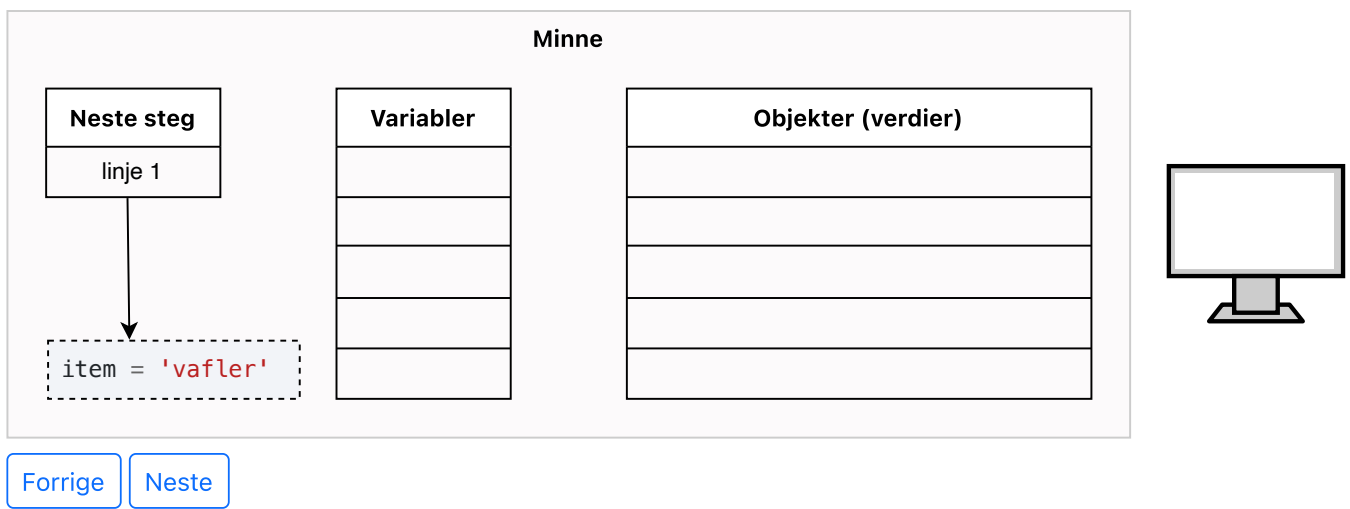
Dersom vi vet tilstanden til de tre komponentene over, er det en mekanisk prosess å beregne hvordan tilstanden vil endre seg når neste setning utføres.

La oss se på et eksempel:

1	<code>item = 'vafler'</code>
2	<code>price = 35</code>
3	<code>sold = 100</code>
4	<code>total = price * sold</code>
5	<code>result = f'Vi solgte {sold} {item} for til sammen {total} kroner'</code>
6	<code>print(result)</code>

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Programmet over består av 6 setninger, som utføres linje for linje. Vi kan følge med på hvordan tilstanden til minnet endrer seg for hver setning som utføres; klikk på neste-knappen under for å se hvordan minnet endrer seg for hvert steg.



Vi kan se en tilsvarende sekvens for alle kodeeksempler på denne nettsiden ved å klikke på «se steg»-knappene under kodeeksemplene. Der vises «neste steg» som en rød pil. Prøv det gjerne med en gang!

En variabel endrer seg

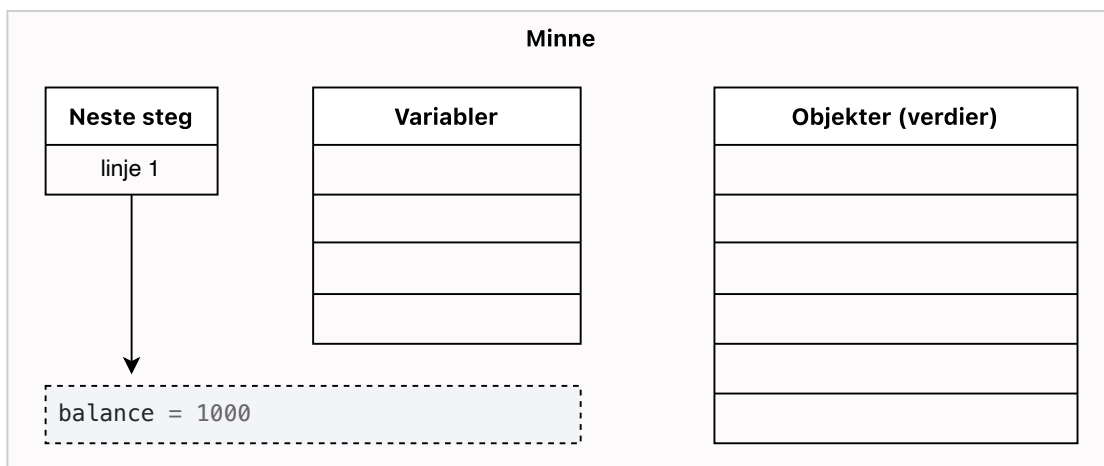
En variabel er en navngitt referanse til en verdi. Når vi tilordner en ny verdi til en variabel, endrer vi hvilket objekt variabelnavnet refererer til. Den gamle verdien kan faktisk bli liggende i minnet en stund selv uten at noen peker på den – men etter en stund vil objekter som ingen refererer til bli automatisk slettet for å frigjøre plassen til noe annet.

Vi skal benytte følgende eksempel for å illustrere hva som skjer i minnet når en variabel endrer seg. Les gjennom koden og tenk igjennom hva hensikten med koden er; kjør koden og se hva den skriver ut. Deretter kan du klikke deg gjennom steg for steg hvordan minnet endrer seg.

Tips: forsøk å forutsi hva som skjer i minnet før du klikker deg videre til neste steg.

```
1  balance = 1000
2  org_balance = balance
3
4  # Regn ut renter etter ett år (vi antar 5% rente)
5  interest = balance * 0.05
6  balance += interest
7  print(f'Etter ett år har vi {balance} kroner på konto')
8
9  # Etter to år
10 interest = balance * 0.05
11 balance += interest
12 print(f'Etter to år har vi {balance} kroner på konto')
13
14 difference = balance - org_balance
15 print(f'Vi har fått {difference} kroner i renter etter to år')
```

KopierSe stegKjør



Forrige

Neste

Legg spesielt merke til forskjellen på `balance` -variabelen før og etter at linje 6 blir utført: det opprettes en ny verdi i minnet som `balance`-variabelen nå peker på. Den gamle verdien blir værende i minnet, og `org_balance` -variabelen refererer fremdeles til den gamle verdien.

En variabel er en navngitt referanse; men hva er egentlig en referanse? I tegningene over tegner vi referanser som piler – men egentlig er det en tallverdi som angir på hvilken posisjon i listen over objekter verdien som det referes til ligger. Vi kan tenke på en referanse som en «adresse» til en posisjon i minnet hvor det befinner seg et objekt.

En funksjon blir kalt

Når en funksjon blir kalt, opprettes det en ny *funksjonsramme* i minnet. En funksjonsramme er egentlig bare en ny samling med variabler som legger seg «oppå» de gamle. Når funksjonen er ferdig, blir funksjonsrammen slettet fra minnet.

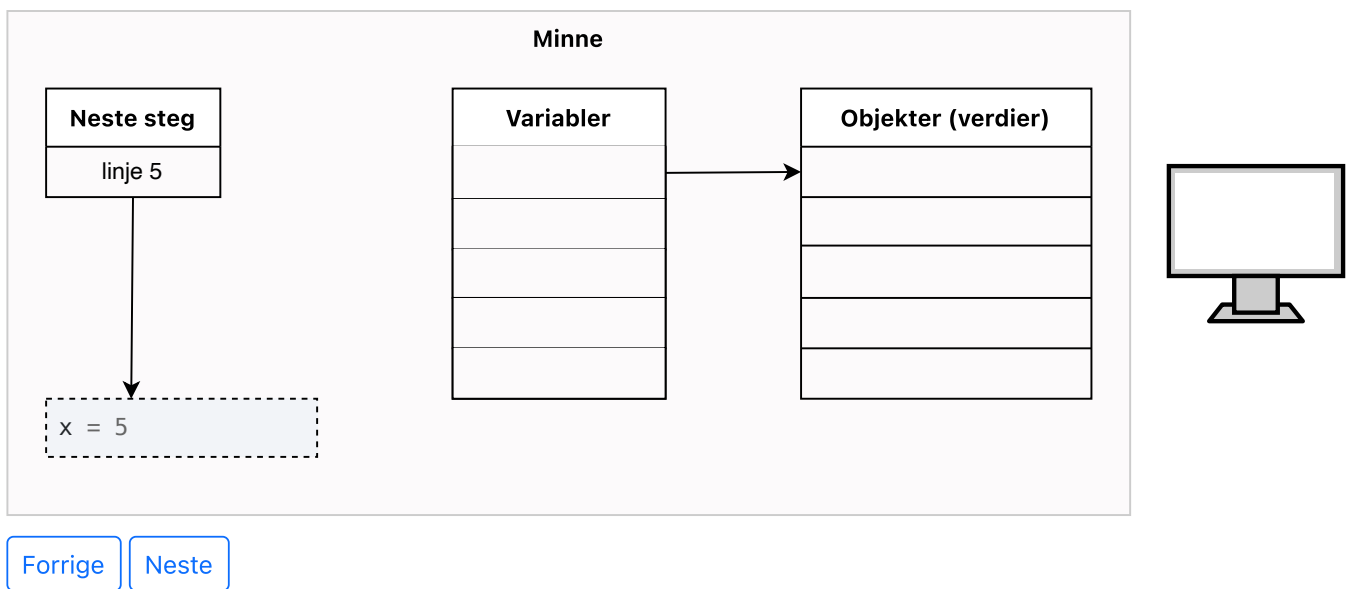
```

1  def add(a, b):
2      total = a + b
3      return total
4
5  x = 5
6  z = add(x, 2)
7  z = add(z, 1)
8  print(z) # 8
  
```

Kopier

Se steg

Kjør



Debuggeren

I VSCode (og egentlig alle gode kodeeditorer for Python) finnes det en debug-modus som tillater oss å gå gjennom vår egen kode steg for steg på lignende måte som «se steg» -knappen gjør det for oss med kodeeksempelene på denne nettsiden.

En god gjennomgang laget av Boris Paskhaver:

[Del 1: Introduksjon](#)

[Del 2: Step over](#)

[Del 3: Step into](#)

[Del 4: Eksempel](#)

Manuell kodesporing med tabell

Modellen av hva som skjer i minnet som er beskrevet i avsnittene over, gir oss en god forståelse av hva som egentlig skjer. Ulempen er at det er veldig mange tegninger å lage hvis du manuelt skal spore flere steg.

En *kodesporingstabell* er en forenklet modell av minnet som lar oss visualisere hva som skjer over flere steg på en mer kompakt måte. Denne metoden for å spore kode er som regel god nok i praksis; i hvert fall så lenge vi har den mer presise modellen i bakhodet.

Når vi sporer koden med en tabell, oppretter vi en tabell med én kolonne for hver variabel som finnes i den delen av koden vi skal spore. Den første kolonnen kan være en tidlinje som viser hvilket linjenummer i koden som skal utføres, og den siste kolonnen kan være utskrift. Deretter fyller vi ut rad for rad i tabellen nedover. Når vi kommer til et nytt steg i koden, fyller vi ut en ny rad i tabellen.

Samme eksempel som vi har sett tidligere:

1	<code>balance = 1000</code>
2	<code>org_balance = balance</code>
3	
4	<code># Regn ut renter etter ett år (vi antar 5% rente)</code>

```
5 interest = balance * 0.05
6 balance += interest
7 print(f'Etter ett år har vi {balance} kroner på konto')
8
9 # Etter to år
10 interest = balance * 0.05
11 balance += interest
12 print(f'Etter to år har vi {balance} kroner på konto')
13
14 difference = balance - org_balance
15 print(f'Vi har fått {difference} kroner i renter etter to år')
```

Kopier

Se steg

Kjør

linje	balance	org_balance	interest	difference	utskrift
1	1000				
2		1000			
5			50.0		
6	1050.0				
7					Etter ett år har vi 1050.0 kroner på konto
10			52.5		
11	1102.5				
12					Etter to år har vi 1102.5 kroner på konto
14				102.5	
15					Vi har fått 102.5 kroner i renter etter to år

- Vi hopper over blanke linjer i kildekoden. Vi kan også hoppe over linjer med utskrifter vi ikke er interessert i å spore.
- Det er ikke nødvendig å fylle ut alle cellene, bare de som endrer seg (vi vet jo at den reelle verdien til en ikke-utfylt celle vil være den nederste verdien som er fylt inn i samme kolonne).
- Hvis du har det travelt (og holder tungen rett i munnen) er det ikke nødvendig å inkludere kolonnen med linjenummer.

Manuell kodesporing av funksjoner med tabell

Et eksempel på kodesporing som inkluderer funksjonsskall:

```
1 def add(a, b):
2     total = a + b
3     return total
4
5 x = 15
6 z = add(x, 7)
```

7	<code>z = add(z, 1)</code>
8	<code>print(z) # 8</code>

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

linje	x	z	add a	add b	add total	add returverdi	utskrift
5	15						
6; 1			15	7			
6; 2					22		
6; 3			—	—	—	22	
6		22					
7; 1			22	1			
7; 2					23		
7; 3			—	—	—	23	
7		23					
8							23

- Når kode inne i et funksjonskall kjøres, er vi på en måte flere steder i koden samtidig: både ved den konkrete kodelinjen inne i funksjonen som utføres, men også på linjen hvor funksjonen ble kalt. For eksempel er vi både på linje 6 og på linje 2 når total-variabelen blir satt til 22.
- Funksjonen add blir kalt to ganger, både på linje 6 og på linje 7. Variablene a, b, total og returverdiene for disse to ulike kallene til add-funksjonen er *egentlig* helt forskjellige variabler, som ikke hører hjemme i samme kolonne; men fordi vi vet at variablene i det første kallet fjernes før det andre kallet begynner, jukser vi litt og bruker samme kolonne likevel. Vi markerer at variabelen er slettet med å skrive en strek i tabellen der variablene opphører å eksistere.





Feil og debugging

Man vil ofte oppleve å ha såkalte *bugs* i koden, som gjør at programmet vårt ikke virker. Hvis vi er heldig, krasjer programmet med en gang, slik at vi kan finne feilen ved å lese feilmeldingen. Er vi litt mindre heldig, oppdager vi at programmet ikke virker som det skal fordi vi skjønner at svarene eller oppførselen til programmet må være feil. I verste fall oppdager vi ikke feilen i det hele tatt, men lever med et program som gir oss feil data uten at vi er klar over det.

Ulike former for feil:

- [Syntaks-feil](#)
- [Krasj_\(kjøretidsfeil\)](#)
- [Logiske feil](#)

Strategier for å undersøke logiske feil

- [Assert](#)
- [Print](#)
- [Se steg med Python Tutor](#)
- [VSCode sin debugger](#)

Strategier for å unngå feil

- [Test-drevet utvikling](#)

Syntaks-feil

Hvis programmet krasjer før det i det hele tatt har begynt, har du en *syntaks*-feil. I disse tilfellene gir ofte feilmeldingen en god visuell indikasjon på hvor feilen ligger. Om du bruker en teksteditor laget for Python, vil den som regel gi beskjed om syntaksfeil i form av røde streker.

```
print('foo') # kjøres ikke
x = 1 ? 2
print('bar') # kjøres ikke
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)[Flere eksempler på syntaks-feil](#)

```
x = 3
if x < 5:
    print('hurra')

# File "/demo/demo.py", line 3
#     print('hurra')
```

```
#      ^
# SyntaxError: unterminated string literal (detected at line 3)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
x = 3
if x < 5:
    print('hurra')

#   File "/demo/demo.py", line 3
#     print('hurra')
#           ^
# SyntaxError: unmatched ')'
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
x = 3
if x < 5:
    print('hurra')

#   File "/demo/demo.py", line 3
#     print('hurra')
#     ^
# IndentationError: expected an indented block after 'if' statement on line 2
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
x = 3
if x < 5
    print('hurra')

#   File "/demo/demo.py", line 2
#     if x < 5
#           ^
# SyntaxError: expected ':'
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
x = 3
if x < 5;
    print('hurra')

#   File "/demo/demo.py", line 2
#     if x < 5;
#           ^
# SyntaxError: invalid syntax
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
3 = x
if x < 5:
```

```
print('hurra')
```

```
# File "/demo/demo.py", line 1
```

```
# 3 = x
```

```
# ^
```

```
# SyntaxError: cannot assign to literal here. Maybe you meant '==' instead of '='?
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Krasj (kjøretidsfeil)

En kjøretidsfeil (engelsk: runtime error) fører til at programmet krasjer underveis når det kjører. Vanlige kjøretidsfeil er blant annet `NameError`, `AttributeError`, `TypeError`, `IndexError`, `ZeroDivisionError` og `FileNotFoundError`

```
print('foo') # kjøres
x = '42' + 1
print('bar') # kjøres ikke
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)[Flere eksempler på kjøretidsfeil](#)

[NameError](#) • [AttributeError](#) • [TypeError](#) • [IndexError](#) • [ZeroDivisionError](#) • [FileNotFoundError](#)

NameError

```
color = 'green'
print(colour)
```

```
# File "/demo/demo.py", line 2, in <module>
```

```
# print(colour)
```

```
# NameError: name 'colour' is not defined. Did you mean: 'color'?
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
def foo(x):
    return x*x
```

```
print(bar(2))
```

```
# File "/demo/demo.py", line 4, in <module>
```

```
# print(bar(2))
```

```
# NameError: name 'bar' is not defined
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
x = 8
```

```
if x > 100:
```

```
msg = 'Huzza'
print(msg)

# File "/demo/demo.py", line 4, in <module>
#     print(msg)
# NameError: name 'msg' is not defined
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

UnboundLocalError er også en variant av NameError

```
def foo():
    y = y + 1

foo()

# File "/demo/demo.py", line 3, in foo
#     y = y + 1
# UnboundLocalError: local variable 'y' referenced before assignment
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

AttributeError

```
s = 'F00'
print(s.convert_to_lowercase())

# File "/demo/demo.py", line 3, in <module>
#     print(s.convert_to_lowercase())
# AttributeError: 'str' object has no attribute 'convert_to_lowercase'
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

TypeError

```
print('foo' + 2)

# File "/demo/demo.py", line 1, in <module>
#     print('foo' + 2)
# TypeError: can only concatenate str (not "int") to str
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
a = ['foo', 'bar']
a['zig'] = 'zag'

# File "/demo/demo.py", line 3, in <module>
#     a['zig'] = 'zag'
# TypeError: list indices must be integers or slices, not str
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

IndexError

```
a = ['foo', 'bar']
a[2] = 'zag'

# File "/demo/demo.py", line 2, in <module>
#     a[2] = 'zag'
# IndexError: list assignment index out of range
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
s = 'foo'
print(s[-4])

# File "/demo/demo.py", line 2, in <module>
#     print(s[-4])
# IndexError: string index out of range
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

ZeroDivisionError

```
x = 5
y = 0
print(x/y)

# File "/demo/demo.py", line 3, in <module>
#     print(x/y)
# ZeroDivisionError: division by zero
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

FileNotFoundError

```
filename = 'no/such/file.txt'
with open(filename, 'rt', encoding='utf-8') as f:
    content = f.read()
    print(content)

# File "/demo/demo.py", line 2, in <module>
#     with open(filename, 'rt', encoding='utf-8') as f:
# FileNotFoundError: [Errno 2] No such file or directory: 'no/such/file.txt'
```

[Kopier](#)

Logiske feil

Logiske feil oppstår når programmet kjører, men gir oss feil svar.

```
x = 2
y = 3
```



```
z = x + y
print(f'{x} + {z} = {y}') # Logisk feil, vi har byttet z og y

# Gir output:
# 2 + 5 = 3
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Assert

Ordet *assert* har flere mulige oversettelser til norsk; men de oversettelsene som passer best i vår kontekst er «å påse» eller «å forsikre om» at noe er sant.

En *assert* er en måte for oss til å *krasje programmet på egen hånd* dersom vi oppdager at noe ikke er som det skal. Dette hjelper oss å finne logiske feil så tidlig som mulig.

Hvorfor krasje programmet med vilje?

- Det er bedre å krasje enn å få feil svar.
- Hvis programmet krasjer, er det best om det krasjer så nærmt feilen som mulig.

```
everything_is_ok = True
assert everything_is_ok # Her skjer det ingen ting
...
everything_is_ok = False
assert everything_is_ok # Krasjer!

# File "/demo/demo.py", line 5, in <module>
#   assert everything_is_ok
# AssertionError
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Vi kan bruke *assert*-setninger rundt om kring i koden for å sjekke at ting er slik vi forventer.

```
def calculate_rectangle_area(width, height):
    # Forsikrer oss om at bredden og høyden ikke er negative tall
    assert width >= 0
    assert height >= 0

    # Utfører funksjonen som ellers
    return width * height

print(calculate_rectangle_area(2, 16)) # Fungerer fint
print(calculate_rectangle_area(6, -3)) # Krasjer!
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Eller vi kan bruke assert-setninger for å teste at funksjoner og hjelpefunksjoner gir de svarene vi forventer

```
def distance(x0, y0, x1, y1):  
    return ((x0 - x1)**2 + (y0 - y1)**2)**0.5  
  
assert 5 == distance(0, 3, 4, 0) # Ojsann, her oppdager vi at noe er feil!
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Fordelen med assert-setninger (i forhold til print-setninger, se under) er at en assert er helt stille og plager ingen så lenge ting fungerer som de skal; men sier i fra med én gang noe er feil. Ulempen er at de ikke gir særlig detaljert informasjon.

Print

Assert-setninger kan fortelle oss at noe er feil. Men ofte er det slik at vi ikke helt vet hva som er feil, eller hvorfor det ble feil. Da ønsker vi å spore hva koden gjør; og da er det nyttig å vite hvilke verdier som faktisk befinner seg i programmet vårt. For å se dette kan vi bruke print-setninger.

Når vi bruker print-setninger for feilsøkings-formål, kan det være nyttig å skrive ut verdien til alle variablene vi har. Dette kan gjøres med `print(locals())`, som vil skrive ut verdien til alle lokale variabler (altså variabler som er definert inne i funksjonen vi befinner oss i). Dersom du kaller `print(locals())` utenfor en funksjon, vil du få en liste over alle variablene som er definert i det globale skopet – merk at dette også inkluderer en del variabler som er definert av Python selv, og som vi ikke trenger å bry oss om.

Tips: hvis du bruker mer enn én print-setning, er det lurt å inkludere informasjon om hvor i koden du befinner deg. For eksempel `print('debug: line 3', locals())` vil skrive ut en linje som begynner med «debug: line 3» og deretter skriver ut alle lokale variabler.

[Eksempel på debugging med print-setning: innrammet tekst](#)

Dette programmet rammer inn tre linjer med tekst og skriver det ut til skjermen.

```
# DENNE KODEN HAR EN BUG (MED VILJE)  
  
def frame_border(length):  
    result = '*' * length  
    return result  
  
def frame_line(text, length):  
    extra_spaces = length - len(text) - 4  
    center_string = text + ' ' * extra_spaces  
    return '* ' + center_string + ' *'  
  
def frame_text(line1, line2, line3):  
    longest_word = max(line1, line2, line3)  
    length = len(longest_word) + 4
```

```

result = (
    frame_border(length) + '\n' +
    frame_line(line1, length) + '\n' +
    frame_line(line2, length) + '\n' +
    frame_line(line3, length) + '\n' +
    frame_border(length)
)
return result

result = frame_text('Foo', 'Hello', 'Chilibom')
print(result)

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)

Vi kjører kode over og ser at vi får følgende output (som inneholder en logisk feil):

```

*****
* Foo  *
* Hello *
* Chilibom *
*****

```

Vi ser at rammen ikke er bred nok til å omslutte det lengste ordet, som er «Chilibom.» Kan det være at noe er feil med hvordan `length` -variabelen beregnes? Vi setter inn en velplassert print-setning like etter (eller før) lengden på linjen er beregnet, slik at vi ser hvilke verdier som inngikk i å beregne den.

```

# DENNE KODEN HAR EN BUG (MED VILJE)
# Eksempel på bruk av print-setninger for å lete etter feilen

def frame_border(length):
    result = '*' * length
    return result

def frame_line(text, length):
    extra_spaces = length - len(text) - 4
    center_string = text + ' ' * extra_spaces
    return '* ' + center_string + ' *'

def frame_text(line1, line2, line3):
    longest_word = max(line1, line2, line3)
    length = len(longest_word) + 4
    print('debug: frame_text line 3', locals()) # <-- VELPLASSERT PRINT

    result = (
        frame_border(length) + '\n' +
        frame_line(line1, length) + '\n' +
        frame_line(line2, length) + '\n' +
        frame_line(line3, length) + '\n' +
        frame_border(length)
    )

```

```
return result
```

```
result = frame_text('Foo', 'Hello', 'Chilibom')  
print(result)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)

Vi får nå denne utskriften:

```
debug: frame_text line 3 {'line1': 'Foo', 'line2': 'Hello', 'line3': 'Chilibom',  
'longest_word': 'Hello', 'length': 9}  
*****  
* Foo  *  
* Hello *  
* Chilibom *  
*****
```

Vi inspiserer variablene, og finner noe urovekkende: `longest_word` er satt til `'Hello'`, selv om det lengste ordet er `'Chilibom'`. Det forklarer i det minste hvorfor lengden ikke ble riktig.

Det viser seg at `max`-funksjonen ikke gjorde som vi forventet: vi ønsket at den skulle gi oss det lengste ordet, men i stedet gav den oss det siste ordet i alfabetet. Da kan vi fikse koden ved å bruke `max`-funksjonen på en annen måte, for eksempel slik:

```
length = max(len(line1), len(line2), len(line3)) + 4
```

[Kopier](#)

Ulempen med print-setninger er at man må fjerne dem når man er ferdig med å fikse bug'en; og hvis det blir veldig mange print-setninger, kan det være krevende å lese gjennom.

Se steg med Python Tutor

Et alternativ til å bruke print-setninger for å se verdiene i programmet, er å kjøre koden i [Python Tutor sitt visualiseringsverktøy](#). Dette vil fungere så lenge koden din befinner seg kun i én fil og ikke benytter seg av eksotiske biblioteker, leser filer, bruker nettverk eller kjører parallelle prosesser; altså er det mest aktuelt for små og enkle programmer. Til gjengjeld er visualiseringen svært god, og man kan ta steg både fremover og bakover i tid.

I verktøyet kan man kopiere inn koden sin, gå gjennom koden steg for steg, og se hvordan variablene endrer seg. I kursnotatene kan man klikke på «se steg»-knappen for å laste eksempelet automatisk inn i dette verktøyet.

VSCode sin debugger

Debug-verktøyet i VSCode (og andre gode kodeeditorer) er den profesjonelle utvikleren sitt viktigste verktøy. Det fungerer nesten som Python Tutor sitt visualiseringsverktøy, men har en del flere funksjoner, og fungerer uten de begrensningene som ligger i Python Tutor. Det eneste Python Tutor

kan gjøre som ikke kan gjøres med denne debuggeren, er å gå «baklengs» i tid gjennom stegene (som riktignok er en svært hendig funksjon, og en grunn til å bruke Python Tutor hvis det ellers er egnet).

En god gjennomgang laget av Boris Paskhaver:

[Del 1: introduksjon](#)

[Del 2: step over](#)

[Del 3: step into](#)

[Del 4: eksempel](#)

Test-drevet utvikling

Test-drevet utvikling er en måte å skrive kode på hvor man kontinuerlig inkluderer tester for alle delene av koden man skriver. Typisk skrives testene som assert-setninger i en eller annen form. I større prosjekter kan man gjerne ha egne filer som kun inneholder tester for «produksjonskoden».

```
import other_file as M

assert 5 == M.distance(0, 3, 4, 0)
```

[Kopier](#)

[Se steg](#)

[Kjør](#)

I dette kurset har noen av oppgavene i labene inkludert egne assert-setninger som tester funksjonen som skal skrives. Dette er et eksempel på test-drevet utvikling, hvor vi allerede har gjort litt av jobben for dere. Dersom det ikke er ferdigskrevne tester fra før, eller testene som finnes fra før er for dårlige, bør vi skrive våre egne tester.

Noen mener at testene alltid skal skrives *før* koden. Det kan ofte være en god idé; men det er også nyttig å skrive tester like etter man (tror man) er ferdig. Da kan man oppdage feil man har gjort. En av de viktigste funksjonen ved tester er dessuten å beskytte kode mot idioter fra fremtiden (gjørne oss fremtidige selv) som ønsker å endre på koden. Hvis vi har vært flinke til å utstyre koden vår med tester, vil ødeleggende endringer som gjøres i fremtiden oppdages med én gang.



Grafikk

- [Kom i gang](#)
- [Koordinatsystemet](#)

Grunnleggende tegnefunksjoner

- [create_rectangle](#)
- [create_oval](#)
- [create_line](#)
- [create_polygon](#)
- [create_arc](#)
- [create_text](#)
- [create_image](#)

Flere muligheter

- [Farger](#)
- [Tekst i boks](#)
- [Bilde i boks](#)

Eksempler

- [Buss](#)

Kom i gang

I dette kurset benytter vi et bibliotek for å lage grafikk som heter *uib-inf100-graphics*. Dette biblioteket er en forenklet utgave av et standard grafikk-rammeverk i Python som heter *tkinter*.

- Selv om vi har gjort noen forenklinger for å komme rask i gang, gir rammeverket frihet til å være kreativ og lage et rikt utvalg av grafiske applikasjoner.
- Alt vi lærer vil være direkte anvendbart i tkinter hvis du bestemmer deg for å oppgradere til et større rammeverk senere.

! Forkrav

I dette kurset benytter vi versjon **0.4.0** av uib-inf100-graphics.

Før du kan installere uib-inf100-graphics, må du

- Ha installert Python 3.10 eller nyere, og
- Ha installert tkinter.

Tkinter følger automatisk med dersom du installerte Python med hjelp av installeren fra python.org, men fulgte ikke med hvis du installerte Python med hjelp av en pakkebehandler som

f.eks. apt eller brew. Hvis du ikke har tkinter, må du installere det før du kan installere uib-inf100-graphics.

Installasjon med script

Den letteste måten å installere *uib-inf100-graphics* er å kopiere skriptet under inn i en tom Python-fil og så kjøre den. Svar *yes* når du blir spurt om du vil installere pakken.

```
import sys
from subprocess import run

package_name = 'uib-inf100-graphics'

# Sjekk at Python-versjonen er 3.10 eller nyere
if ((sys.version_info[0] != 3) or (sys.version_info[1] < 10)):
    raise Exception(f'{package_name} requires Python 3.10 or later. '
        + 'Your current version is: '
        + f'{sys.version_info[0]}.{sys.version_info[1]}')

# Spør brukeren om å installere pakken
ans = input(f'\n\nType yes to install {package_name}: ')
if ((ans.lower() == 'yes') or (ans.lower() == 'y')):
    print()

    # Oppdater pip
    cmd_pip_update = f'{sys.executable} -m pip install --upgrade pip'
    print(f'Attempting to update pip with command: {cmd_pip_update}')
    run(cmd_pip_update.split())
    print()

    # Installer pakken
    cmd_install = f'{sys.executable} -m pip install {package_name}'
    print(f'Attempting to install {package_name} with command: {cmd_install}')
    run(cmd_install.split())
else:
    print(f'Did not attempt to install {package_name} now')
print('\n')
```

 Kopier

Installasjon med terminal

Åpne terminalen (Windows: PowerShell). Skriv inn følgende kommando for å oppdatere pip:

```
python -m pip install --upgrade pip
```

Skriv deretter denne kommandoen for å installere *uib-inf100-graphics*:

```
python -m pip install uib-inf100-graphics
```

Dersom du får en feilmelding om at python-kommandoen ikke finnes, prøv å erstatte `python` med `python3`, `python3.11` eller `py` i stedet.

For å sjekke at installasjonene var vellykket, opprett en ny Python-fil og skriv inn følgende:

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display

canvas.create_rectangle(100, 50, 300, 150, outline='red')
canvas.create_text(200, 100, text='Hei, grafikk!', font='Arial 20 bold')

display(canvas)
```

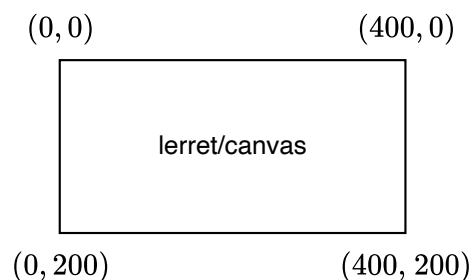
 Kopier

Når du kjører filen skal du se et vindu som ser omtrent slik ut:

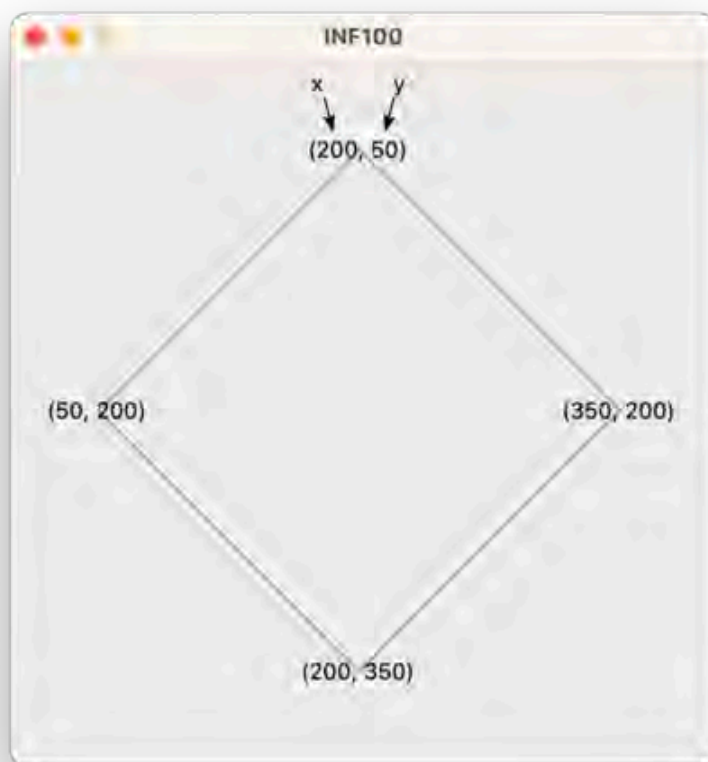


Koordinatsystemet

Ulikt det vi er vant til fra matematikken på skolen, vokser y-aksen *nedover* istedet for oppover. Dermed er $((0, 0))$ punktet til venstre øverst på lerretet, mens punktet $((\text{width}, \text{height}))$ er punktet til høyre nederst. For et lerret med bredde 400 og høyde på 200, får hjørnene koordinatene under:



I eksempelet under har vi tegnet noen punkter på lerretet for å illustrere koordinatsystemet. Vindusstørrelsen ved bruk av `uib_inf100_graphics.simple` er 400x400 som standard.



[Kildekode for programmet vist over](#)

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display

# polygon defined by four (x, y) coordinates (the corners)
canvas.create_polygon(200, 50,
                     350, 200,
                     200, 350,
                     50, 200,
                     outline='gray',
                     fill='')

# draw labels on the same points as corners of polygon
canvas.create_text(200, 50, text='(200, 50)')
canvas.create_text(350, 200, text='(350, 200)')
canvas.create_text(200, 350, text='(200, 350)')
canvas.create_text(50, 200, text='(50, 200)')

# x-label with arrow
canvas.create_text(180, 20, text='x', anchor='se')
canvas.create_line(180, 20, 185, 40, arrow='last')

# y-label with arrow
canvas.create_text(220, 20, text='y', anchor='sw')
canvas.create_line(220, 20, 215, 40, arrow='last')
```

```
display(canvas)
```

[Kopier](#)

create_rectangle

Påkrevde parametre (*x1, y1, x2, y2*).

- De første to parametrene *x1* og *y1* er koordinatene til ett av rektangelets hjørner, mens de neste to parametrene *x2* og *y2* er koordinatene til det motsatte hjørnet. Konvensjon tilsier at (*x1, y1*) er hjørnet til venstre øverst, mens (*x2, y2*) er hjørnet til høyre nederst.

Valgfrie parametre (*outline, fill, width, ...*).

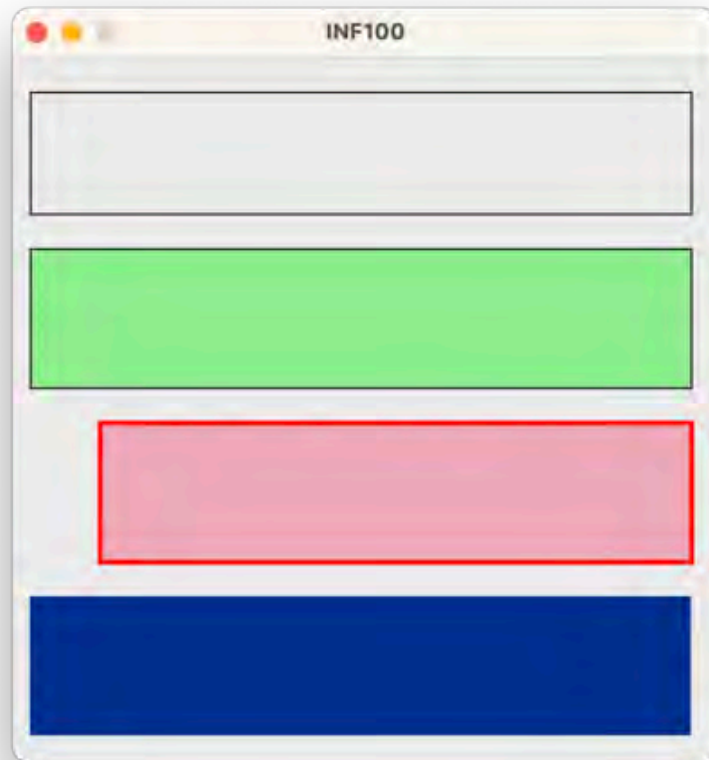
- Som standard tegnes rektangelet med en svart strek og uten farge i midten. Dette kan endres ved å angi farge-verdier til valgfrie parametrene *outline* og *fill*. Parameteren *width* kan benyttes for å angi tykkelsen (i antall piksler) til streken som tegnes.

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display

canvas.create_rectangle(10, 20, 390, 90)
canvas.create_rectangle(10, 110, 390, 190, fill='lightGreen')
canvas.create_rectangle(50, 210, 390, 290, fill='#eeaabb',
                        outline='red', width=3)
canvas.create_rectangle(10, 310, 390, 390, fill='#00308f', width=0)

display(canvas)
```

[Kopier](#)



create_oval

Påkrevde parametre ($x1$, $y1$, $x2$, $y2$).

- Plasseringen til en oval spesifiseres ved å angi koordinater som beskriver et tenkt rektangel som omslutter ovalen. De første fire parameterne skal være koordinatene til to motstående hjørner i dette rektangelet.

Valgfrie parametre (*outline*, *fill*, *width*, ...).

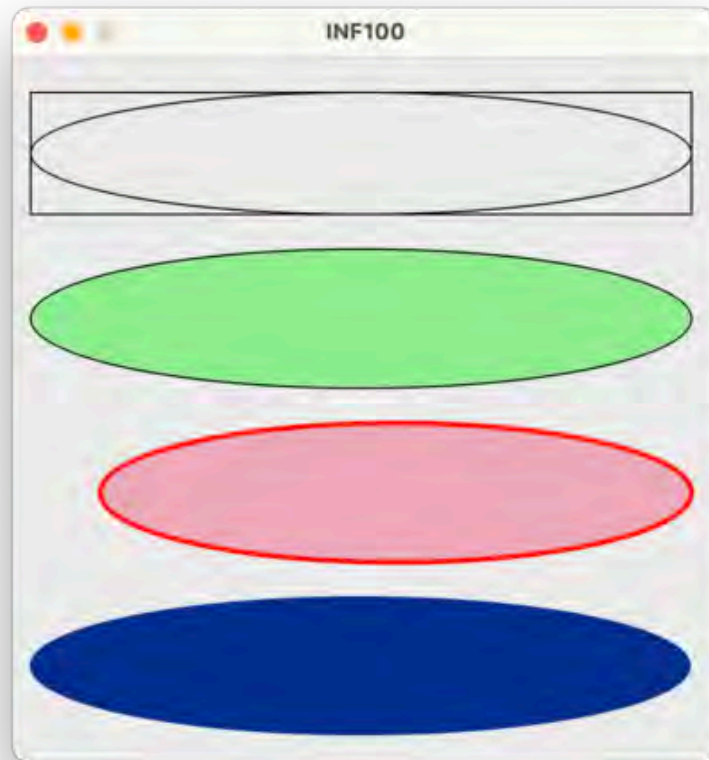
- Som standard tegnes ovalen med en svart strek og uten farge i midten. Dette kan endres ved å angi farge-verdier til valgfrie parametrene *outline* og *fill*. Parameteren *width* kan benyttes for å angi tykkelsen (i antall piksler) til streken som tegnes.

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display

canvas.create_oval(10, 20, 390, 90)
canvas.create_rectangle(10, 20, 390, 90)

canvas.create_oval(10, 110, 390, 190, fill='lightGreen')
canvas.create_oval(50, 210, 390, 290, fill='#eeaabb', outline='red', width=3)
canvas.create_oval(10, 310, 390, 390, fill='#00308f', width=0)

display(canvas)
```



create_line

Påkrevde parametre ($x1, y1, x2, y2, \dots$).

- For å tegne en linje, må vi oppgi koordinatene til to (eller flere) punkter. De første to parameterne er koordinatene til det første punktet, mens de neste to parameterne er koordinatene til det andre punktet (og de to neste er koordinatene til det tredje punktet, og så videre).
- Det er mulig å angi punktene som en liste med koordinater i stedet for én og én koordinat.

Valgfrie parametre (*fill, width, arrow, smooth, ...*).

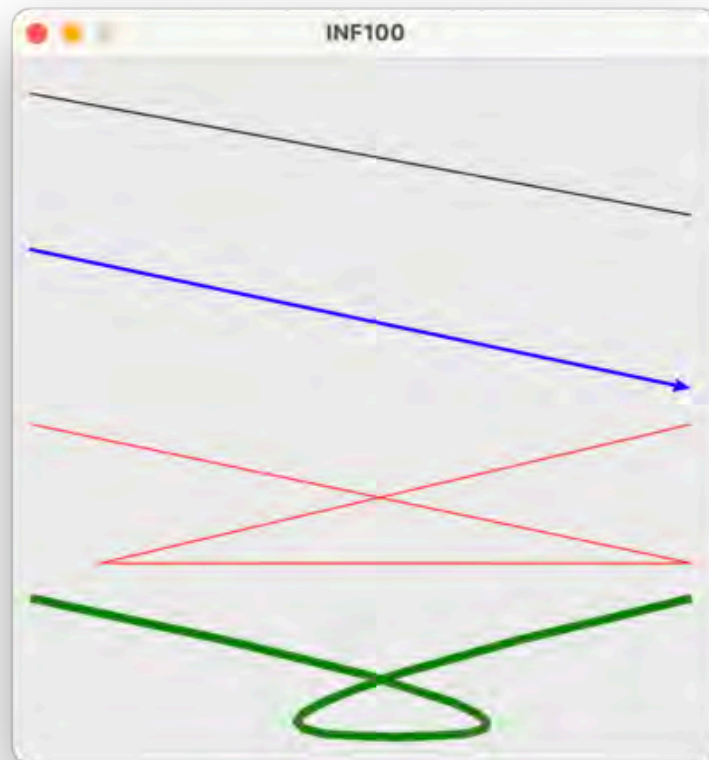
- Som standard tegnes linjen med en svart strek. Dette kan endres ved å angi farge-verdier til valgfrie parametrene `fill`. Parameteren `width` kan benyttes for å angi tykkelsen (i antall piksler) til streken som tegnes.
- Det er mulig å angi at streken skal starte eller slutte som en pil ved å angi `arrow="first"`, `arrow="last"` eller `arrow="both"` (standard er `arrow="none"`).
- Det er mulig å angi at streken skal tegnes med en glattere kurve ved å angi `smooth=True`.

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display

canvas.create_line(10, 20, 390, 90)
canvas.create_line(10, 110, 390, 190, fill='blue', width=2, arrow='last')
canvas.create_line(10, 210, 390, 290, 50, 290, 390, 210, fill='red')

points = [(10, 310), (390, 390), (50, 390), (390, 310)]
canvas.create_line(points, fill='green', width=5, smooth=True)
```

```
display(canvas)
```

[Kopier](#)

create_polygon

Påkrevde parametre ($x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, \dots$).

- For å tegne en polygon, må vi oppgi koordinatene til tre eller flere punkter. De første to parameterne er koordinatene til det første punktet, mens de neste to parameterne er koordinatene til det andre punktet, og de to neste er koordinatene til det tredje punktet, og så videre. Dette ligner på å tegne en linje, men hvor den siste linjen for å lukke polygonen tegnes automatisk.
- Det er mulig å angi punktene som en liste med koordinater i stedet for én og én koordinat.

Valgfrie parametre (*fill, outline, width, smooth, ...*).

- Som standard tegnes polygonen uten at linjen tegnes, men med en svart fyllfarge. Dette kan endres ved å angi farge-verdier til valgfrie parametrene `fill` og `outline`. Parameteren `width` kan benyttes for å angi tykkelsen (i antall piksler) til streken som tegnes.
- Det er mulig å angi at streken skal tegnes med en glattere kurve ved å angi `smooth=True`.

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display

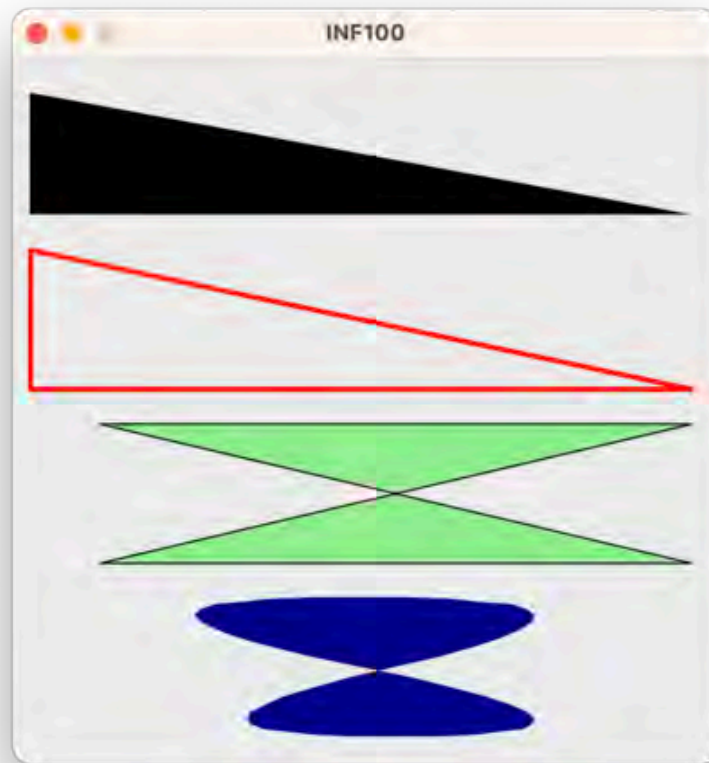
canvas.create_polygon(10, 20, 390, 90, 10, 90)
canvas.create_polygon(10, 110, 390, 190, 10, 190,
                     fill='', outline='red', width=3) # fill='' -> no fill

points = [50, 210, 390, 290, 50, 290, 390, 210]
```

```
canvas.create_polygon(points, fill='lightGreen', outline='black', width=1)

points = [(10, 310), (390, 390), (50, 390), (390, 310)]
canvas.create_polygon(points, fill='darkblue', smooth=True)

display(canvas)
```

[Kopier](#)

create_arc

Påkrevede parametre ($x1$, $y1$, $x2$, $y2$).

- For å tegne en bue, må vi oppgi koordinatene til to motstående hjørner i et rektangel som omslutter den ovalen buen er en del av. De første to parameterne er koordinatene til det første hjørnet, mens de neste to parameterne er koordinatene til det andre hjørnet. Konvensjon tilsier at ($x1$, $y1$) er hjørnet til venstre øverst, mens ($x2$, $y2$) er hjørnet til høyre nederst.

Valgfrie parametre (*start*, *extent*, *fill*, *outline*, *width*, *style*, ...).

- Det er mulig å angi at buen skal starte på en annen vinkel enn 0 grader ved å angi *start* (standard er *start=0*). Verdien skal oppgis i grader.
- Det er mulig å angi hvor stor andel av ovalen buen skal dekke ved å angi *extent* (standard er *extent=90*). Verdien skal oppgis i grader.
- Som standard tegnes buen med en svart strek og uten farge i midten. Dette kan endres ved å angi farge-verdier til valgfrie parametrene *fill* og *outline*. Parameteren *width* kan benyttes for å angi tykkelsen (i antall piksler) til streken som tegnes.

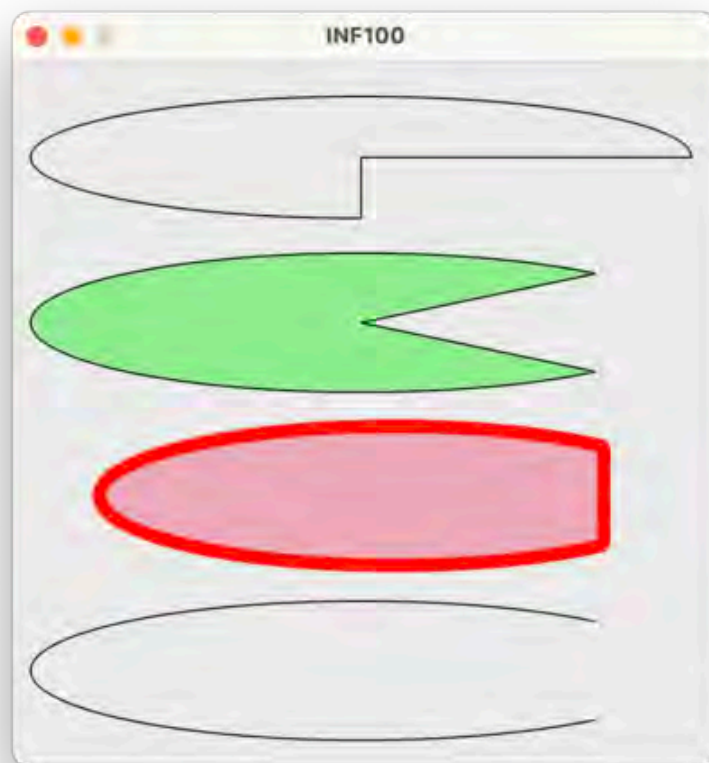
- Hvordan buen knyttes sammen i endepunktene kan endres ved å angi `style`. Mulige verdier er `'pieslice'` (standard), `'chord'` og `'arc'`.

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display

canvas.create_arc(10, 20, 390, 90, extent=270)
canvas.create_arc(10, 110, 390, 190, start=45, extent=270, fill='lightGreen')
canvas.create_arc(50, 210, 390, 290, start=45, extent=270, style='chord',
                  fill='#eeaabb', outline='red', width=8)
canvas.create_arc(10, 310, 390, 390, start=45, extent=270, style='arc')

display(canvas)
```

 Kopier



create_text

Påkrevde parametre (*x*, *y*).

- For å skrive tekst, må vi oppgi koordinatene til hvor teksten skal være. Dette punktet kalles for *ankeret* til teksten.

Valgfrie parametre (*text*, *anchor*, *font*, *fill*, *angle*, *width*, *justify*, ...).

- Selve teksten som skal skrives oppgis ved å angi `text`.
- Som standard plasseres teksten slik at ankeret er i midten av teksten. Dette kan endres ved å angi `anchor`. Mulige verdier er `'n'`, `'ne'`, `'e'`, `'se'`, `'s'`, `'sw'`, `'w'`, `'nw'` og `'center'`

(standard er 'center'). Hvis for eksempel ankeret er 'sw' , vil teksten plasseres slik at ankerpunktet havner ved det sør-vestlige (nede til venstre) hjørnet av teksten.

- Det er mulig å angi hvilken font som skal brukes ved å angi font .

[Mer om fonter](#)

Det er flere gyldige formater å angi fonter på. Eksempler:

'TkFixedFont' er et eksempel på en *navngitt* font.

- Avhengig av hvilket operativsystem du er på, kan den samme navngitte fonten se forskjellig ut. På Windows er for eksempel 'TkFixedFont' en font som heter *Courier*, mens på Mac er den en font som heter *Monaco*.
- Disse navngitte fontene er garantert tilgjengelig: 'TkDefaultFont', 'TkTextFont', 'TkFixedFont', 'TkMenuFont', 'TkHeadingFont', 'TkCaptionFont', 'TkSmallCaptionFont', og 'TkIconFont'.
- Avhengig av operativsystem kan det finnes flere navngitte fonter. For å finne ut hvilke navngitte fonter som er tilgjengelige på ditt operativsystem, kan du kjøre følgende kode:

```
from tkinter import Tk, font

Tk().withdraw()
print(font.names())
```

[Kopier](#)

- Standard font dersom ingenting er spesifisert eller den spesifiserte fonten ikke blir funnet er 'TkDefaultFont'.

('Times new roman', 12, 'italic bold') er et eksempel på en *tupel* som beskriver en font.

- Denne tupelen består av tre elementer: navnet på fontfamilien, størrelsen på fonten, og en streng som beskriver hvilke *attributter* fonten skal ha.
- Mulige attributter: *italic*, *bold*, *underline* og *overstrike* (kan kombineres med mellomrom). Om du ikke ønsker noen av dem, angi en tom streng ' ' .
- En font spesifisert på denne måten ser lik ut på alle operativsystemer, såfremt font-familien er installert på den aktuelle maskinen.
- Hvilke font-familier som er tilgjengelige på ulike datamaskiner varierer.
 - Disse familiene er nesten alltid tilgjengelig: 'Helvetica', 'Arial', 'Times', 'Times new roman', 'Courier' og 'Courier new'.
 - Disse familiene er ofte tilgjengelige (ikke alltid på Linux): 'Symbol', 'Verdana', 'Georgia', 'Comic Sans MS', 'Trebuchet MS', 'Arial Black', 'Impact'.
 - Andre fonter kan virke på din maskin, men ikke regn med at det virker alle andre steder.
- For å se en komplett liste av font-familier tilgjengelig på din maskin, kan du kjøre følgende kode:

```
from tkinter import Tk, font
```



```
Tk().withdraw()  
print(font.families())
```

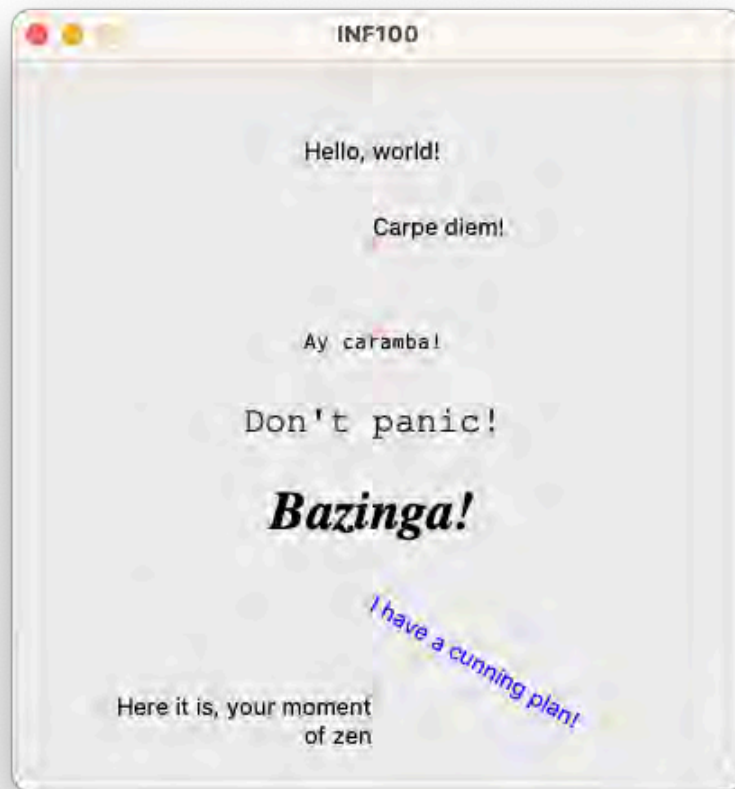
[Kopier](#)

'Arial 20' er et eksempel på en *streng* som beskriver en font basert på fontfamilie og størrelse. Merk at fontfamilien ikke kan inneholde mellomrom, så om du ønsker å bruke en font-familie som består av flere ord, må du bruke en font-tupel som beskrevet over.

'Arial 20 italic underline' er et annet eksempel på en streng som beskriver en fontfamilie, størrelse og attributter. Merk at fontfamilien ikke kan inneholde mellomrom, så om du har behov for det må du bruke en font-tupel som beskrevet over.

- Farge angis med `fill`.
- Det er mulig å angi at teksten skal roteres ved å angi `angle`. Verdien skal oppgis i grader.
- For å angi maksimal bredde på et avsnitt og bryte teksten over flere linjer automatisk, kan du angi `width`. Tekst som går over flere linjer kan sidejusteres med `justify` (left/center/right).

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display  
  
ax, ay = 200, 50  
canvas.create_oval(ax - 5, ay - 5, ax + 5, ay + 5, fill='pink', outline='')  
canvas.create_text(ax, ay, text='Hello, world!')  
  
ax, ay = 200, 100  
canvas.create_oval(ax - 5, ay - 5, ax + 5, ay + 5, fill='pink', outline='')  
canvas.create_text(ax, ay, text='Carpe diem!', anchor='sw')  
  
ax, ay = 200, 150  
canvas.create_oval(ax - 5, ay - 5, ax + 5, ay + 5, fill='pink', outline='')  
canvas.create_text(ax, ay, text='Ay caramba!', anchor='n', font='TkFixedFont')  
  
ax, ay = 200, 200  
canvas.create_text(ax, ay, text="Don't panic!", font=('Courier new', 20, ''))  
  
ax, ay = 200, 250  
canvas.create_text(ax, ay, text='Bazinga!', font=('Times', 30, 'italic bold'))  
  
ax, ay = 200, 300  
canvas.create_oval(ax - 5, ay - 5, ax + 5, ay + 5, fill='pink', outline='')  
canvas.create_text(ax, ay, text='I have a cunning plan!', fill='blue',  
                    anchor='w', angle=-30)  
  
ax, ay = 200, 350  
canvas.create_oval(ax - 5, ay - 5, ax + 5, ay + 5, fill='pink', outline='')  
canvas.create_text(ax, ay, text='Here it is, your moment of zen',  
                    anchor='ne', justify='right', width=150)  
  
display(canvas)
```



create_image

Påkrevde parametre (*x*, *y*).

- For å tegne et bilde, må vi oppgi koordinatene til hvor bildet skal være. Dette punktet kalles for *ankeret* til bildet.

Valgfrie parametre (*pil_image*, *anchor*, ...).

- Bildet som skal tegnes oppgis ved å angi *pil_image*. Dette kan være et bilde som er lastet inn med hjelp av *load_image* eller *load_image_http* -funksjonen fra pakken *uib_inf100_graphics.helpers*.
- Som standard plasseres bildet slik at ankeret er i midten av bildet. Dette kan endres ved å angi *anchor*. Mulige verdier er 'n', 'ne', 'e', 'se', 's', 'sw', 'w', 'nw' og 'center' (standard er 'center'). Hvis for eksempel ankeret er 'sw', vil bildet plasseres slik at ankerpunktet havner ved det sør-vestlige (nede til venstre) hjørnet av bildet.

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http, scaled_image

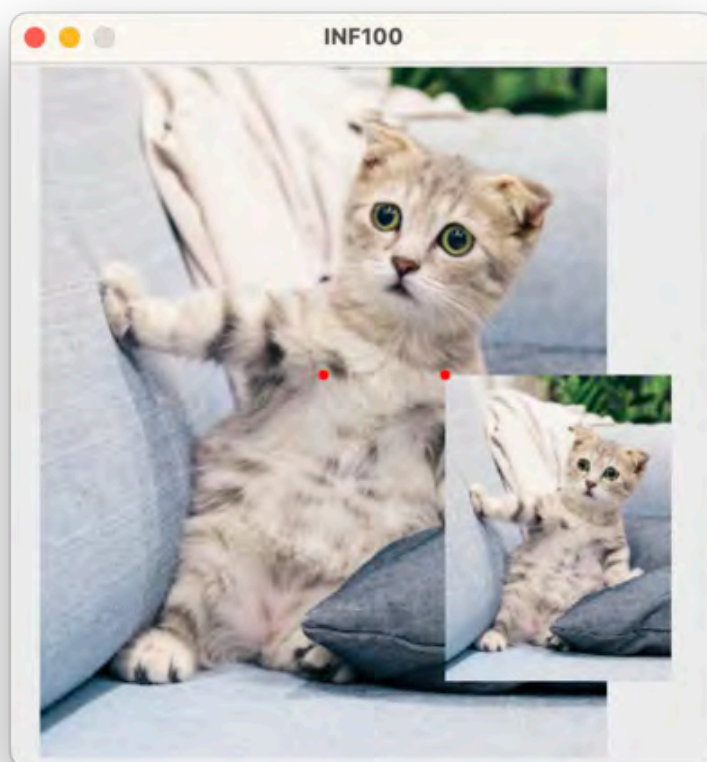
# Image credits: unsplash.com/@tranmautritam
image = load_image_http('https://tinyurl.com/inf100kitten-png')

canvas.create_image(180, 180, pil_image=image)
canvas.create_oval(180 - 3, 180 - 3, 180 + 3, 180 + 3, fill='red', outline='')
```

```
smaller_image = scaled_image(image, 0.4)
canvas.create_image(250, 180, pil_image=smaller_image, anchor='nw')
canvas.create_oval(250 - 3, 180 - 3, 250 + 3, 180 + 3, fill='red', outline='')

display(canvas)
```

 Kopier



Farger

Et par farger er innebygget, som demonstrert i eksemplene over: 'black' 'white' 'gray' 'red' 'green' 'blue' 'lightGreen' 'rosyBrown', samt en hel del andre spenstige farger som du finner i [dokumentasjonen til tkinter](#). Vi er imidlertid ikke begrenset til kun disse fargene.

 Bakgrunn: piksler og farger som RGB

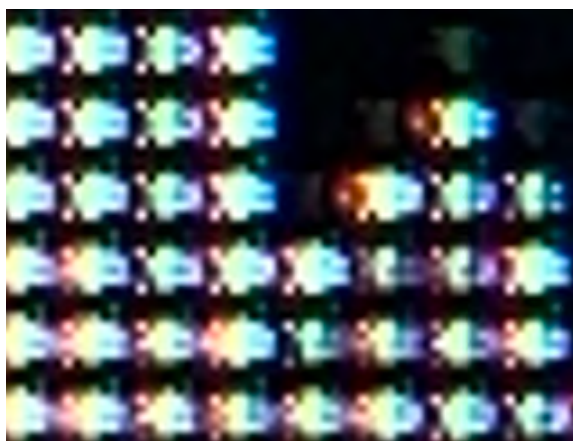
Piksel

I en LED-skjerm (som er en vanlig dataskjerm) tegnes bildet på skjermen ved at hver enkelt *piksel* (liten prikk på skjermen) får en bestemt farge. Inne i selve skjermen sitter det tre lamper inne i hver piksel: en rød lampe, en grønn lampe og en blå lampe. Når alle tre lampene lyser med maksimal intensitet, ser vi hvitt lys komme ut av pikselen. Dersom ingen av lampene lyser, er pikselen svart. Alle fargene skjermen kan produsere, blir laget av en kombinasjon av lysintensiteter i de tre pikslene.

Hvis man zoomer inn svært tett på dataskjermen, kan man skimte at en hvit piksel ikke faktisk er helt hvit, men består egentlig av en rød, grønn og blå lampe ved siden av hverandre som lyser. Her er et bilde jeg har tatt av musenpekeren min på skjermen:



Om vi zoomer litt inn på bildet, kan vi skimte at hver piksel består av tre lamper: en rød, en grønn og en blå.

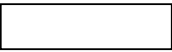
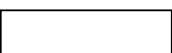
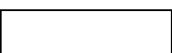
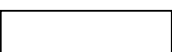
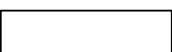
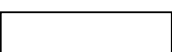
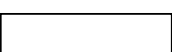
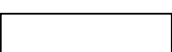


Fordi menneskets øye bare er i stand til å registrere lyssignaler på rød, grønn og blå frekvens, vil en blanding av røde, grønne og blå lyssignaler være tilstrekkelig for å simulere alle oppfattelser av farge et menneskeøye kan gi. Når menneskeøyet får utslag på alle tre fargekanalene, vil vi oppfatte det som hvitt lys; selv om det egentlig bare er en blanding av rødt, grønt og blått lys, og strengt tatt ikke er en blanding av alle mulige slags lysfrekvenser («ekte» hvitt lys).

Når man kjøper en LED-skjerm på butikken, finnes det ulike *fargedypder* eller man får oppgitt *antall farger* skjermen kan vise. Denne spesifikasjonen bestemmes av i hvor mange «trinn» man kan justere intensiteten til hver av de fargede lampene i en piksel. Det har lenge vært vanlig at man bruker 256 slike trinn. En farge i dette systemet kan derfor sees på som tre tall (r, g, b), der hver av r, g og b er et tall mellom 0 og 255.

Selv om nyere og dyre skjermer teknisk sett kan ha flere trinn, bruker som regel software som ikke er rettet spesielt mot high-end bildebehandling fremdeles dette systemet som standard.

Alle farger har en *RGB*-verdi. I tabellen ser vi at hver farge har en gitt styrke av rød (R), grønn (G) og blå (B), som er et tall mellom 0 og 255. Denne RGB-verdien kan også skrives i heksadesimalt format (se kolonnen *Hex*), hvor de to første tegnene etter hashtag representerer styrken på rød, de to neste representerer grønn, og de to siste representerer blå sin styrke.

Farge	R	G	B	Hex	Kallenavn
	0	0	0	#000000	black
	255	0	0	#ff0000	red
	0	255	0	#00ff00	green1
	0	0	255	#0000ff	blue
	255	255	0	#ffff00	yellow
	0	255	255	#00ffff	cyan
	255	0	255	#ff00ff	magenta
	255	255	255	#ffffff	white
	128	128	128	#808080	gray
	128	0	0	#800000	maroon
	255	140	0	#ff8c00	dark orange
	224	227	206	#e0e3ce	-
	248	249	245	#f8f9f5	-

For flere farger, se for eksempel [listen over farger \(A-F\)](#) på Wikipedia, eller prøv [RGB-kalkulatoren til w3schools.com](#).

Vårt rammeverk for grafikk kan tolke alle RGB-verdier skrevet i hex-format.

Tekst i boks

For enkelhets skyld har vi laget en hjelpefunksjon som kan brukes til å tegne tekst midt i et rektangel, og som også gjør teksten så stor som mulig innenfor rektangelet. Denne funksjonen heter `text_in_box` og må importeres fra pakken `uib_inf100_graphics.helpers`.

Påkrevde parametre (*canvas*, *x1*, *y1*, *x2*, *y2*, *text*).

- `canvas` er lerretet som skal tegnes på.
- `x1`, `y1` er koordinatene til det øverste venstre hjørnet i rektangelet.
- `x2`, `y2` er koordinatene til det nederste høyre hjørnet i rektangelet.
- `text` er strengen som skal skrives.

Valgfrie parametre (*font*, *fit_mode*, *padding*, *min_font_size*, *justify*, *align*, *fill*, ...).

- `font` er fonten som skal benyttes. Merk at størrelsen på fonten vil bli ignorert, men må likevel spesifiseres. Les mer om fonter i avsnittet om [create_text](#) over.
- `fit_mode` er en streng som angir hvordan teksten skal tilpasses rektangelet. Mulige verdier er 'contain' (standard), 'fill', 'height' og 'width'.

- `padding` er minimum antall piksler som skal være mellom teksten og kanten av rektangelet (standard 0).
- `min_font_size` er minimum størrelse på fonten som skal brukes. Dersom teksten ikke får plass med denne fontstørrelsen, vil teksten gå utenfor området sitt (standard 1).
- `justify` er en streng som angir hvordan teksten skal justeres horisontalt innenfor rektangelet. Mulige verdier er `'left'`, `'center'` (standard) og `'right'`.
- `align` er en streng som angir hvordan teksten skal justeres vertikalt innenfor rektangelet. Mulige verdier er `'top'`, `'center'` (standard) og `'bottom'`.
- `fill` er fargen teksten skal ha.

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display
from uib_inf100_graphics.helpers import text_in_box

text = 'Hello, world!'

# First example
canvas.create_rectangle(100, 20, 300, 70)
text_in_box(canvas, 100, 20, 300, 70, text)

# Named font and padding.
canvas.create_rectangle(100, 120, 300, 170)
text_in_box(canvas, 100, 120, 300, 170, text,
            font='TkFixedFont',
            justify='left',
            padding=15)

# System installed font family name, fill color and fit_mode.
canvas.create_rectangle(100, 200, 300, 270)
text_in_box(canvas, 100, 200, 300, 270, text,
            font=('Times new roman', 1, ''),
            fit_mode='height', # fit_mode='height' ignores width of rectangle
            fill='blue')

# Multiline text, font style, justification.
multiline_text = text+'\n'+text+' '+text+'\n'+text
canvas.create_rectangle(100, 320, 300, 370)
text_in_box(canvas, 100, 320, 300, 370, multiline_text,
            font='Arial 42 bold italic overstrike underline',
            justify='right', # justify is 'left', 'center' or 'right'
            padding=5)

display(canvas)
```



Bilde i boks

For enkelhets skyld har vi laget en hjelpefunksjon som kan brukes til å tegne et bilde midt i et rektangel, og som også skalerer bildet slik at det passer innenfor rektangelet. Denne funksjonen heter `image_in_box` og må importeres fra pakken `uib_inf100_graphics.helpers`.

Påkrevde parametre (*canvas*, *x1*, *y1*, *x2*, *y2*, *pil_image*).

- `canvas` er lerretet som skal tegnes på.
- `x1`, `y1` er koordinatene til det øverste venstre hjørnet i rektangelet..
- `x2`, `y2` er koordinatene til det nederste høyre hjørnet i rektangelet
- `pil_image` er bildet som skal tegnes. Dette kan være et bilde som er lastet inn med hjelp av `load_image` eller `load_image_http` -funksjonen fra pakken `uib_inf100_graphics.helpers`.

Valgfrie parametre (*fit_mode*, *antialias*).

- `fit_mode` er en streng som angir hvordan bildet skal tilpasses rektangelet. Mulige verdier er 'contain' (standard), 'fill', 'crop' og 'stretch'.
- `antialias` er en boolsk verdi som angir om bildet skal antialiaseres (standard `True`). Antialiasing er en teknikk som gjør at bildet ser skarpere ut når det skaleres ned, men bruker mer tid/prosessorkraft.

```
from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http, image_in_box

# Image credits: unsplash.com/@tranmautritam
image = load_image_http('https://tinyurl.com/inf100kitten-png')
```

```

image_in_box(canvas, 20, 40, 180, 180, image)
canvas.create_rectangle(20, 40, 180, 180, outline='red', width=2)
canvas.create_text(100, 35, text="fit_mode='contain'", anchor='s')

image_in_box(canvas, 20, 220, 180, 360, image, fit_mode='crop')
canvas.create_rectangle(20, 220, 180, 360, outline='red', width=2)
canvas.create_text(100, 215, text="fit_mode='crop'", anchor='s')

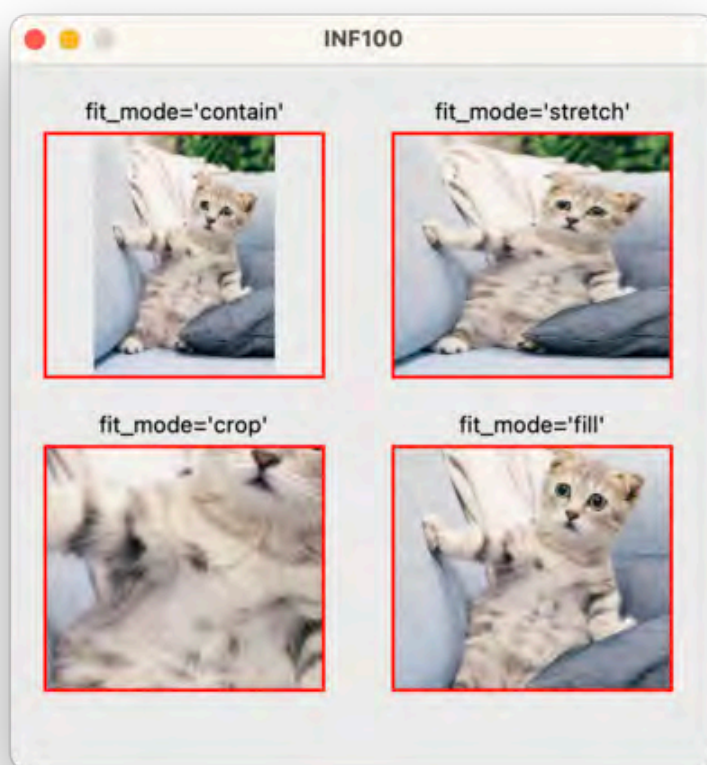
image_in_box(canvas, 220, 40, 380, 180, image, fit_mode='stretch')
canvas.create_rectangle(220, 40, 380, 180, outline='red', width=2)
canvas.create_text(300, 35, text="fit_mode='stretch'", anchor='s')

image_in_box(canvas, 220, 220, 380, 360, image, fit_mode='fill')
canvas.create_rectangle(220, 220, 380, 360, outline='red', width=2)
canvas.create_text(300, 215, text="fit_mode='fill'", anchor='s')

display(canvas)

```

[Kopier](#)



Eksempel: buss

[Video](#)

I videoen vises litt av tankeprosessen for å tegne en enkel buss. Her er koden som blir skrevet:

```

from uib_inf100_graphics.simple import canvas, display

```



```
# Body
canvas.create_rectangle(100, 100, 300, 200, fill='yellow')

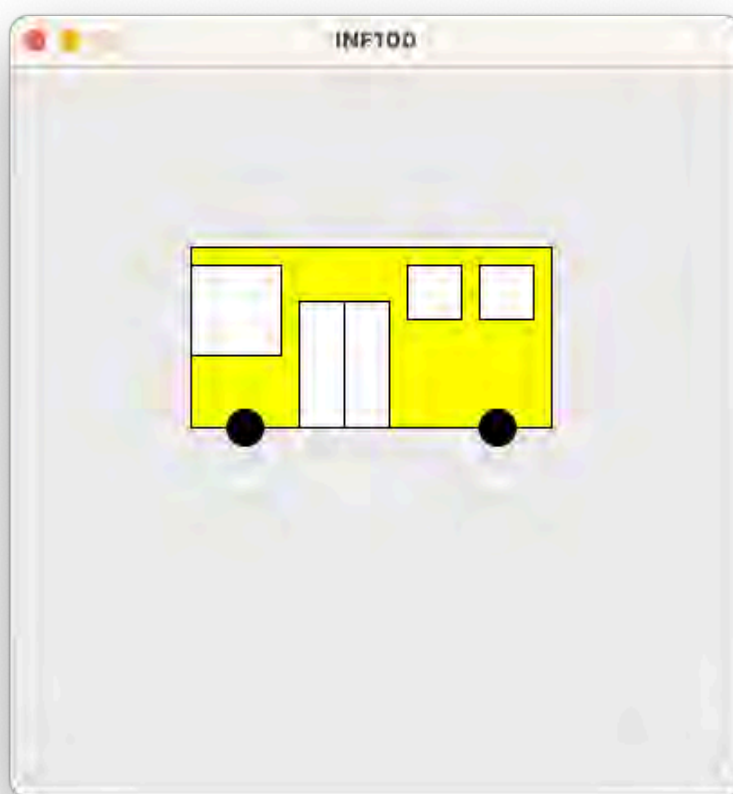
# Windows
canvas.create_rectangle(100, 110, 150, 160, fill='white')
canvas.create_rectangle(260, 110, 290, 140, fill='white')
canvas.create_rectangle(220, 110, 250, 140, fill='white')

# Door
canvas.create_rectangle(160, 130, 210, 200, fill='white')
canvas.create_line(185, 130, 185, 200)

# Wheels
canvas.create_oval(120, 190, 140, 210, fill='black')
canvas.create_oval(260, 190, 280, 210, fill='black')

display(canvas)
```

 Kopier





Løkker

- [While-løkker](#)
- [Uendelig løkke](#)
- [Break](#)
- [Continue](#)
- [For-løkker over range](#)
- [Nøstede løkker](#)
- [Printall](#)
- [Stil](#)

Hjelp, programmet mitt avsluttes ikke! For å avbryte en evig løkke, trykk `ctrl + c` når fokuset er på terminalen hvor koden kjøres.

While-løkker

Video

For å utføre en blokk med kode flere ganger, kan man benytte en while-løkke. Koden inne i løkken utføres så lenge betingelsen evaluerer til True.

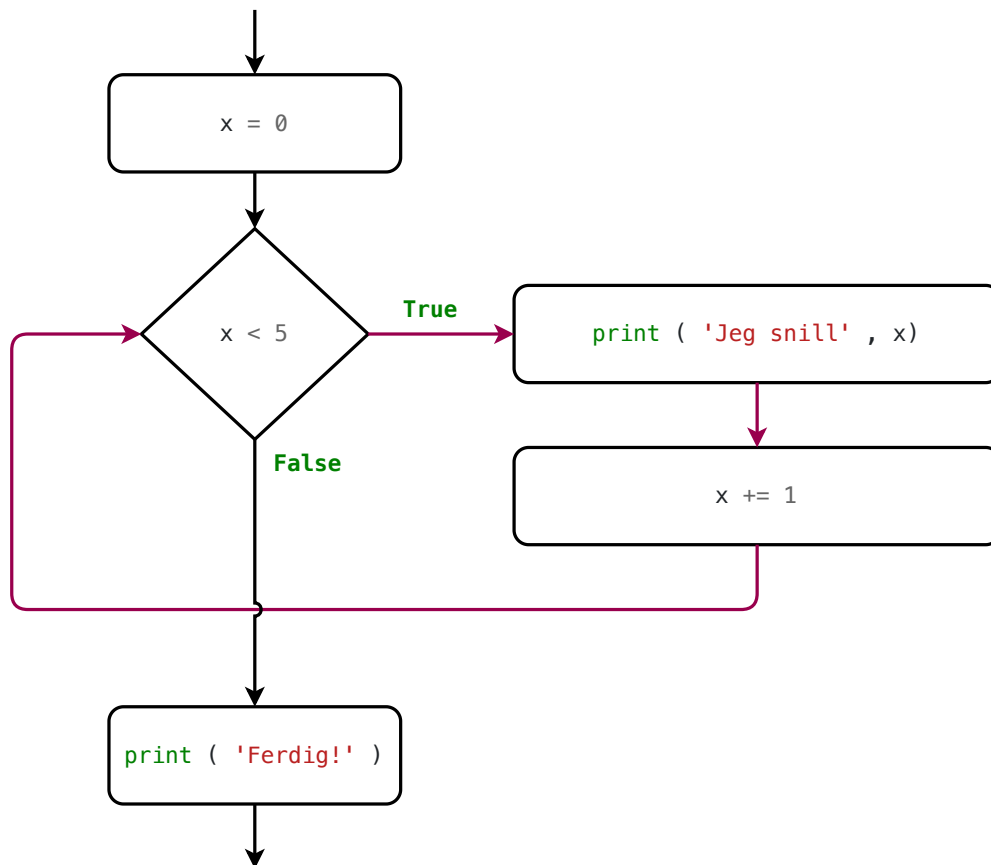
```
x = 0
while x < 5:
    print('Jeg snill', x)
    x += 1

print('Ferdig!')
```

Kopier

Se steg

Kjør



En *iterasjon* er en gjennomkjøring av kodeblokken inni en løkke. I eksempelet over utføres koden fem ganger, og vi sier at løkken har fem iterasjoner.

While-løkker er spesielt godt egnet for tilfeller der vi ønsker å gjenta en sekvens med operasjoner, men vi vet ikke på forhånd hvor mange ganger. For eksempel kan vi ønske å finne det minste heltallet n slik at n^2 er større enn 1000. Ved hjelp av en løkke kan vi prøve alle mulige positive heltall helt til vi finner det vi leter etter:

```
n = 1
while n * n <= 1000:
    n += 1
print(n, 'er laveste heltall slik at n^2 er større enn 1000')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Et irriterende program.¹

```
name = ''
while name != 'your name':
    print('Please type your name.')
    name = input()
print('Thank you!')
```

[Kopier](#)

Et program for å telle antall siffer i et tall.

```
x = 222222

part_of_x = abs(x)
count = 0

while part_of_x > 0:
    count += 1
    part_of_x = part_of_x // 10

print(f'Det er {count} siffer i {x}.')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Uendelig løkke

[Video](#)

Når man skriver en while-løkke, kan man risikere at løkken varer evig dersom betingelsen alltid blir tilfredsstilt.

```
x = 1
while x < 10:
    print(x)
    x + 1      # Glemt tilordning; variabelen (x) endres ikke
```

[Kopier](#)[Se steg](#)

For å avbryte en evig løkke, trykk `ctrl + c` når fokuset er på terminalen hvor koden kjøres.

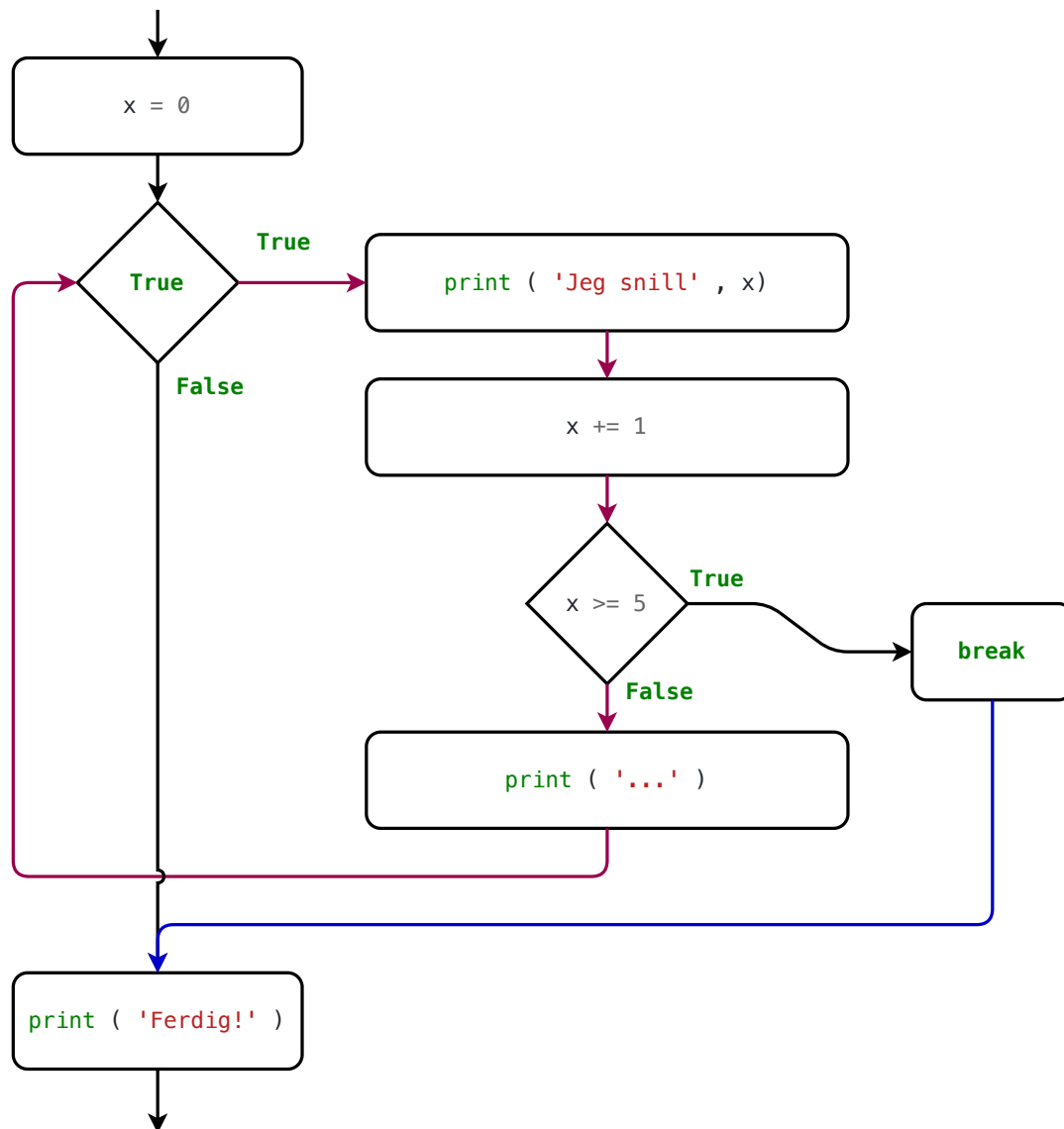
Break

[Video](#)

Break kan benyttes for å bryte ut av en løkke umiddelbart.

```
x = 0
while True:
    print('Jeg snill', x)
    x += 1
    if x >= 5:
        break
    print('...') # kjøres ikke siste iterasjon
print('Ferdig!')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)



Et irriterende program (som tidligere), skrevet med `break` i stedet for en betingelse:

```
while True:
    print('Please type your name.')
    name = input()
    if name == 'your name':
        break
print('Thank you!')
```

Kopier

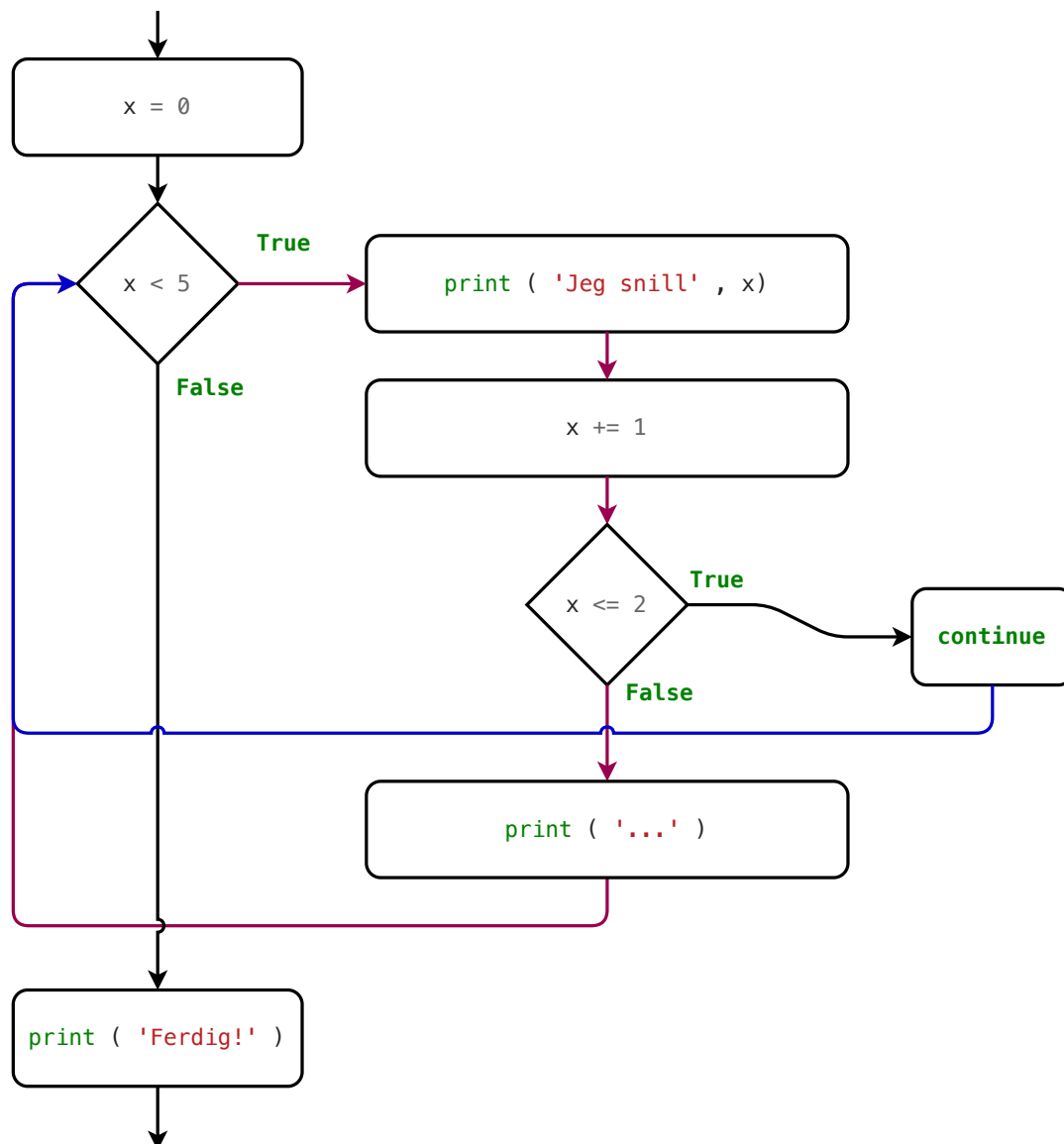
Kjør

Mange nybegynnere syntes det er lettere å forstå kombinasjonen av `while True` og `break` (som vist over) enn andre typer løkker. Denne måten å skrive løkker på er svært fleksibel, og er en fin strategi for å bli vant til å skrive løkker. En `while`-løkke med en betingelse er imidlertid mer kompakt, og kommuniserer ofte tydeligere hvilke omstendigheter som gjør at løkken kjøres eller termineres.

Continue

Continue benyttes for å hoppe over resten av kodeblokken i løkken og gå direkte tilbake til begynnelsen (neste steg blir å sjekke betingelsen på nytt).

```
x = 0
while x < 5:
    print('Jeg snill', x)
    x += 1
    if x <= 2:
        continue
    print('...') # hoppes over når x <= 2
print('Ferdig!')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Eksempel med både `break` og `continue`:

```
while True:
    print("Brukernavn: ", end="")
    username = input()

    if username == "":
```

```
break # Avbryter løkken

if username != "admin":
    print(f"Fant ikke bruker {username}")
    continue # Avbryter resten av iterasjonen

print(f"Passord for {username}: ", end="")
password = input()
if password == "42":
    print("Du er nå logget inn")
    print("Bla bla bla")
    print("Du er nå logget ut igjen")

print("Slår av maskinen nå.")
```

[Kopier](#)

For-løkker over range

[Video](#)

Det er ofte at vi vet før løkken starter hvor mange ganger vi ønsker at løkken skal kjøres (f. eks. om vi har en variabel som inneholder dette). Da bør vi benytte en *for*-løkke over en *range* – også kalt en «vanlig» for-løkke. En for-løkke er kortere å skrive enn en while-løkke, og reduserer faren for feil og bugs.

For-løkke over range:

```
for i in range(5):
    print('Jeg snill', i)

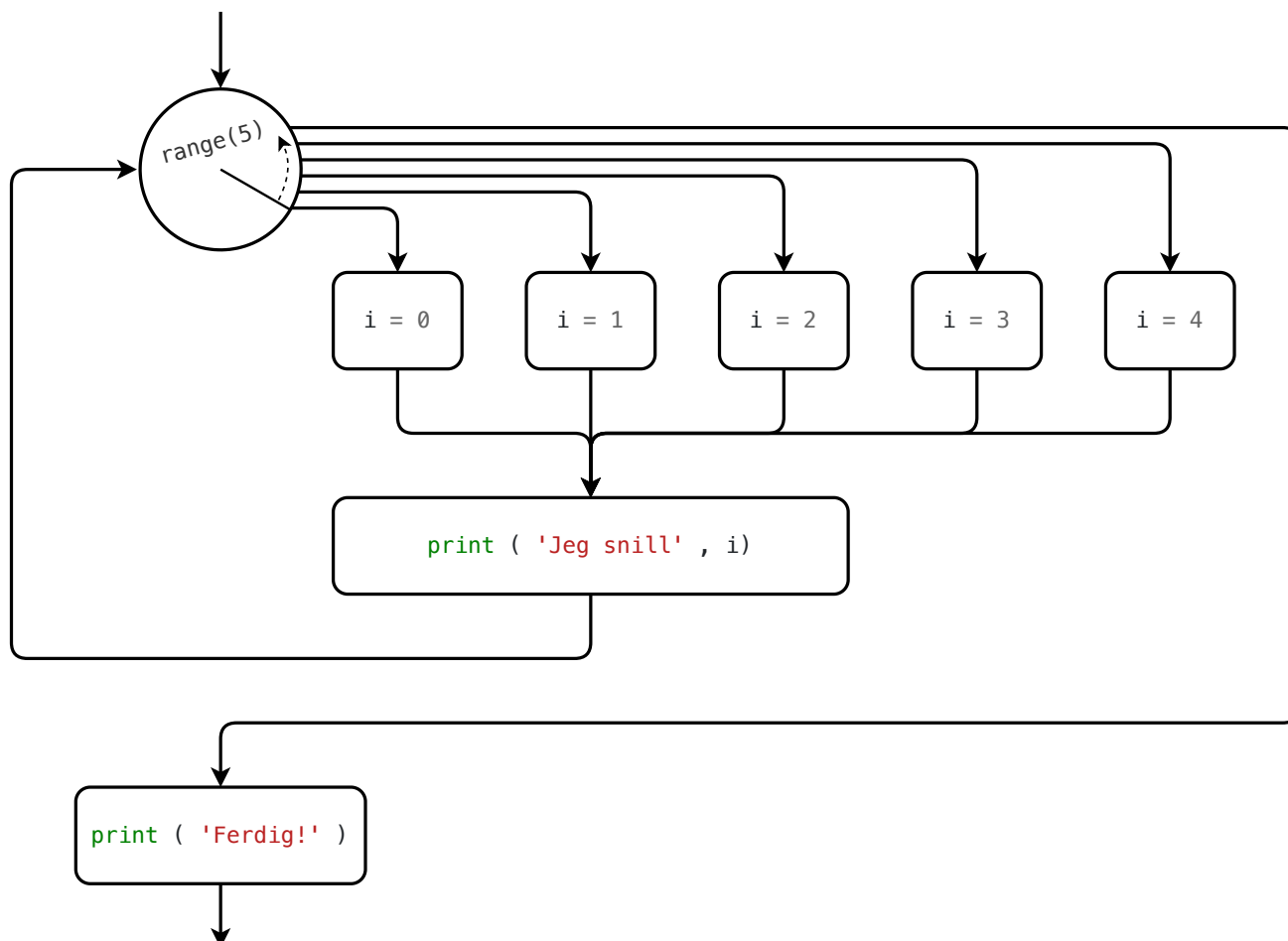
print('Ferdig!')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Til sammenligning: while-løkke.

```
i = 0
while i < 5:
    print('Jeg snill', i)
    i += 1
print('Ferdig!')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)



Legg merke til at vi i for-løkken ikke trenger å opprette en variabel `i` på en egen linje før løkken starter. Variabelen `i` blir i stedet automatisk opprettet av for-løkken. Denne variabelen kalles en **iterand** (eller iterasjonsvariabel). Vi kan gi iteranden hvilket navn vi selv ønsker (etter samme regler som andre variabelnavn).

I hver iterasjon av løkken får iteranden en ny verdi hentet fra range-objektet. I eksempelet over:

- første gang løkken kjøres, får iteranden `i` verdien 0,
- andre gang løkken kjøres, får iteranden `i` verdien 1,
- tredje gang løkken kjøres, får iteranden `i` verdien 2,
- og så videre.

Den femte og siste gangen løkken kjøres i eksempelet over, får iteranden `i` verdien 4. Etter dette avsluttes løkken, fordi iteranden har nådd slutten av range-objektet.

En **range** i Python tilsvarer det vi i matematikken kaller en *endelig aritmetisk følge*: altså en endelig sekvens med tall som starter på et gitt tall, og øker med en fast verdi for hvert ledd. For eksempel er 2, 5, 8, 11, 14, 17 en endelig aritmetisk følge med startverdi 2 og økning 3. I Python kan vi skrive denne følgen som `range(2, 20, 3)`.

- Det første argumentet (2) er startverdien (inklusiv),
- det andre argumentet (20) er sluttverdien (eksklusiv), og
- det tredje argumentet (3) er den faste økningen.

Med for-løkke over range:

Til sammenligning: while-løkke.


```
for x in range(2, 20, 3):  
    print(x)
```

```
x = 2  
while x < 20:  
    print(x)  
    x += 3
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

En `range` kan opprettes med både ett, to og tre argumenter.

- Ett argument: startverdi er 0, sluttverdi er det gitte argumentet, og økningen er 1. For eksempel er `range(4)` det samme som `range(0, 4, 1)`, og gir følgen 0, 1, 2, 3.
- To argumenter: startverdi er det første argumentet, sluttverdi er det andre argumentet, og økningen er 1. For eksempel er `range(2, 5)` det samme som `range(2, 5, 1)`, og gir følgen 2, 3, 4.
- Tre argumenter: startverdi er det første argumentet, sluttverdi er det andre argumentet, og økningen er det tredje argumentet. For eksempel er `range(2, 20, 3)` en følge med startverdi 2, sluttverdi 20, og økning 3. Denne følgen er 2, 5, 8, 11, 14, 17.

Eksempel: skriv ut alle tallene mellom a og b (inkludert både a og b).

Med `for`-løkke over `range`:

Til sammenligning: `while`-løkke.

```
a = 3  
b = 10  
  
for i in range(a, b + 1):  
    print(i)
```

```
a = 3  
b = 10  
  
i = a  
while i <= b:  
    print(i)  
    i += 1
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Eksempel: negativ økning.

```
# Hopp kan også være negativ.  
# Eksempel: 10 9 8 7 6  
for i in range(10, 5, -1):  
    print(i, end=" ")  
print()
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Eksempel: en `range` kan være tom

```
for i in range(0):  
    print(i, end=" ")  
print("----")
```

```
for i in range(-4):
    print(i, end=" ")
print("----")

for i in range(3, 3):
    print(i, end=" ")
print("----")

for i in range(19, 3):
    print(i, end=" ")
print("----")

for i in range(5, 10, -1):
    print(i, end=" ")
print("----")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

En range er en *samling* med tall. En streng er en samling med bokstaver. En for-løkke kan brukes for å iterere over alle typer samlinger – altså både strenger, ranges, lister eller en annen type samling.

```
s = "foo"
for letter in s:
    print(letter)
print()

for x in ["en", "liste", "med", "strenger"]:
    print(x)
print()
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Nøstede løkker

[Video](#)

```
# Vi kan ha løkker inni løkker
rows = 3
cols = 5

for row in range(rows):
    for col in range(cols):
        print(f"({row}, {col})", end=" ")
    print()
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Hvilken figur tegner vi her?
height = 5
```

```
for row in range(height):
    for col in range(row):
        print("*", end="")
    print()
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Stil

Benytt alltid en for-løkke hvis det er naturlig. Dette gjør det lettere å forstå koden, og er mindre utsatt for bugs som gjør at programmet blir sittende fast i en uendelig løkke.

```
# Dårlig
repetitions = 5
x = 0
while x < repetitions:
    print("Jeg skal være snill", x)
    x += 1
```

```
# Bra
repetitions = 5
for x in range(repetitions):
    print("Jeg skal være snill", x)
```

1. Fra [Automate the Boring Stuff with Python](#). Al Sweigart, CC BY-NC-SA 3.0. [↩](#)



Strenger

- [Basics](#)
- [Fire måter å skrive strenger](#)
- [Linjeskift og escape-sekvenser](#)
- [Konvertering til strenger](#)
- [Konvertering og formatering med f-strenger](#)
- [Operasjoner og metoder](#)
 - [Grunleggende operasjoner](#)
 - [Metoder](#)
 - [Split og join](#)
 - [Søking i strenger](#)
- [Indeksering og beskjæring](#)
- [Løkker over strenger](#)
- [Palindromer](#)
- [Representasjon i minnet](#)
- [Lese og skrive til fil](#)
 - [Hjelp, filen blir ikke funnet](#)

Basics

Se notatene fra [kom i gang](#) om strenger.

Fire måter å skrive strenger

```
# I kildekoden kan streng-verdier oppgis på fire ulike måter
print('apostrof')
print("hermetegn")
print('\'trippel-apostrof\'')
print('\'\'\'trippel-hermetegn\'\'\'')

# Hvilken variant som brukes har absolutt ingenting å si
print('foo' == "foo") # True

# Så hvorfor ha flere varianter?
# Svar 1: kompatibilitet
# Svar 2: for å enklere skrive hermetegn og apostrof
print("Her er 'apostrof'")
print('Her er "hermetegn"')
print('\'\'\'Her er både "hermetegn" og \'apostrofer\'\'\'')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
print("Hvis vi kun bruker "hermetegn" går det galt")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Linjeskift og escape-sekvenser

```
# Et tegn med en bakstrek foran seg, som \n, er en escape-sekvens.  
# Selv om det ser ut som to tegn, er det bare ett tegn når Python er  
# ferdig med å lese kildekoden. I tilfellet \n er dette et linjeskift.  
  
# Merk at de to setningene under gjør det samme  
print("abc\ndef") # \n er ett enkelt linjeskift  
print("""abc  
def""") # Trippel-hermetegn/apostrof tillater linjeskift uten escape-sekvens  
  
print('''\  
Du kan bruke bakstrek på slutten av en linje for å ekskludere  
et påfølgende linjeskiftet i kildekoden. Dette er svært sjeldent  
brukt, men et anvendelsesområde er som i dette eksempelet, på  
starten av en lengre streng over flere linjer. På den måten kan  
hele strengen bli skrevet inn med samme innrykk (inkludert første  
linje).  
''')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Flere escape-sekvenser:

```
print("Hermetegn i hermetegn-streng: \")  
print("Bakstrek: \\")  
print("Linjeskift: [\n]")  
print("Tab: [\t]")  
print()  
  
print("Denne teksten er skilt av tab'er, 3 per linje:")  
print("abc\tdef\tg\nhi\tj\\\tk\n---")  
print()  
  
# En escape-sekvens telles som ett tegn  
s = "a\\b\"c\\td"  
print("s =", s)  
print("len(s) =", len(s))
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Konvertering til strenger

Verdier som ikke er strenger kan konverteres til en streng-representasjon med bruk av funksjonene `str` og `repr`. Kjør programmet under for å se forskjellen:

```
def print_string_conversion(x):  
    print('klasse:', type(x))  
    print('  str:', str(x))
```

```

print(' repr:', repr(x))
print()

print('Vanligvis konverteres verdier til streng med str-funksjonen')
print('Å bruke repr-funksjonen gir for mange vanlige klasser samme resultat')
print_string_conversion(10)
print_string_conversion(True)
print_string_conversion(2/11)

print('Men for strenger, viser repr oss whitespace og escape-sekvenser.')
print_string_conversion('Litt tekst')
print_string_conversion('Tekst med spesielle symobler, som \t og \\ ')

# Generelt vil `repr` vise mer detaljert informasjon enn `str`.
# Hensikten med `str` er at resultatet skal være leselig, hensikten
# med `repr` er å gi oss presis informasjon.

print('For andre typer kan forskjellen være stor')
import datetime
today = datetime.datetime.now()
print_string_conversion(today)

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Generelt vil `repr` vise mer detaljert informasjon enn `str`. Hensikten med `str` er at resultatet skal være leselig på en pen måte, mens hensikten med `repr` er å være presis.

Konvertering og formatering med f-strenger

F-strenger lar oss konvertere til en streng i kontekst av en større streng. Man angir en f-streng ved å sette bokstaven `f` foran hermetegnet som angir at den større kontekst-strengen begynner; deretter kan vi angi hvilke variabler/uttrykk vi vil konvertere til streng ved å bruke `{}` inne i kontekst-strengen. Vises best med et eksempel:

```

name = 'Eva'
age = 23
print(f'{name} er {age} år gammel') # Eva er 23 år gammel

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

F-strenger kan også brukes til å formatere verdier – for eksempel kan man spesifisere hvor lang strengen skal være, eller hvor mange desimaler som skal vises for et flyttall. Formatering spesifiseres ved å legge til et kolon `:` og en formaterings-spesifikasjon etter selve variabelnavnet/uttrykket inne i krøllparentesene `{}`. Her er noen eksempler:

Minimum bredde

- Spesifiserer `5` for å konvertere til streng med minst fem tegn, `10` for å konvertere til streng med minst ti tegn, osv.
- Hvis strengen er kortere enn spesifikasjonen, vil den ledige plassen fylles med mellomrom.

- Tall er høyrejustert som standard, strenger er venstrejustert. Dette kan endres ved å legge til `>`, `<` eller `^` før bredden.

```
x = 10
s = 'abc'
pi = 3.141592653589793

print('Standard-justert')
print(f'** {x:10} **') # **          10 **
print(f'** {s:10} **') # ** abc          **
print(f'** {pi:10} **') # ** 3.141592653589793 ** (pi er mer enn 10 tegn)
print()

print('Høyrejustert')
print(f'** {x:>10} **') # **          10 **
print(f'** {s:>10} **') # **          abc **
print()

print('Venstrejustert')
print(f'** {x:<10} **') # ** 10          **
print(f'** {s:<10} **') # ** abc          **
print()

print('Sentrert')
print(f'** {x:^10} **') # **      10      **
print(f'** {s:^10} **') # **      abc      **
print()

print('Fyll med nuller')
print(f'** {x:010} **') # ** 0000000010 **
```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Antall desimaler i et flyttall

- Spesifiseres med `.2f` for å vise to desimaler, `.3f` for å vise tre desimaler, osv.
- Kan kombineres med minimum bredde, f. eks. `{pi:10.3f}` for å vise pi med tre desimaler og minimum bredde 10.

```
x = 10
pi = 3.141592653589793

print('Nøyaktig 3 desimaler (.3f)')
print(f'x er ca {x:.3f}') # x er ca 10.000
print(f'pi er ca {pi:.3f}') # pi er ca 3.142
print()

print('Minimum bredde 10 og 3 desimaler (10.3f)')
print(f'{"x":3} er ca {x:10.3f}') # x er ca 10.000
print(f'{"pi":3} er ca {pi:10.3f}') # pi er ca 3.142
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Snarvei for å vise både uttrykk og evaluering

Der er relativt vanlig å ønske å se verdien av en variabel eller et uttrykk samtidig som man ønsker å skrive ut hvilket uttrykk/variabel det faktisk er snakk om. Til dette har f-strenger en snarvei ved å avslutte uttrykket med `=`.

```
# Noen variabler
x = 10
y = 42

# Uten bruk av snarvei! (ulempe: vi gjentar samme uttrykk flere ganger; da er
# det fort gjort å endre kun ett av dem senere, som kan føre til logiske feil)
print('x =', x)          # x = 10
print('x + y =', x + y)  # x + y = 52

# BRA! (vi bruker f-strenger til å skrive ut både uttrykk og evalueringsverdi)
print(f'{x = }')         # x = 10
print(f'{x + y = }')     # x + y = 52
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Konstanter

```
import string
print(string.ascii_letters)  # abcdefghijklmnopqrstuvwxyzABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
print(string.ascii_lowercase) # abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
print('-----')
print(string.ascii_uppercase) # ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
print(string.digits)         # 0123456789
print('-----')
print(string.punctuation)    # '!"#$%&\'()*+,-./:;<=>?@[\\]^_`{|}~'
print(string.printable)      # siffer + bokstaver + tegn + whitespace
print('-----')
print(string.whitespace)     # mellomrom + tab + linjeskift etc....
print('-----')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Operasjoner og metoder

Grunnleggende operasjoner

```
print('abc' + 'def') # Konkatenasjon
print('abc' * 3)     # Repetisjon
print(len('abc'))    # Lengde
print()

# Medlemskap (sjekk om venstresiden finnes som substrang av høyresiden)
print('a' in 'abc')  # True
```



```
print('bc' in 'abc') # True
print('ac' in 'abc') # False, 'ac' er ikke sammenhengende i 'abc'
print('A' in 'abc') # False, 'A' er ikke det samme som 'a'
print('' in 'abc') # True, den tomme strenger er alltid en substreng
```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Metoder

En *metode* er en funksjon som kalles «på» et objekt. Kallet utføres ved hjelp av et punktum mellom objektet og metode-navnet (se eksempler under). Ulike klasser har ulike metoder tilgjengelig; strenger (`str`) har for eksempel en metode `lower` som returnerer en kopi av strengen der alle store bokstaver gjøres små.

```
# .upper og .lower lager en kopi av teksten med bare store eller små bokstaver
s = 'FooBar'
s_low = s.lower()
s_upp = s.upper()
print(s)
print(s_low) # foobar
print(s_upp) # FOOBAR
print('----')
```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Noen flere eksempler på metoder. Dette er bare et lite utvalg, se den [offisielle dokumentasjonen](#) for fullstendig oversikt.

Beskrivelse	Eksempel	
	Kall	Returverdi
replace Opprett kopi av strengen hvor enkelte deler er erstattet med noe annet.	<code>'Foo'.replace('o', 'op')</code>	<code>'Fopop'</code>
	<code>'hahahaha'.replace('hah', 'l')</code>	<code>'lala'</code>
	<code>'hahah'.replace('a', '')</code>	<code>'hhh'</code>
strip Opprett kopi av strengen som ikke inkluderer whitespace (mellomrom, linjeskift etc.) i begynnelsen og slutten.	<code>'Foo\n'.strip()</code>	<code>'Foo'</code>
	<code>' bar !'.strip()</code>	<code>'bar !'</code>

Split og join

Split kan brukes for å klippe opp en streng i biter, mens join kan brukes for å lime sammen biter til én streng.

```
# .split() deler opp en streng i biter, og legger bitene i en liste
names = 'Marshall,Rubble,Chase,Rocky,Zuma,Sky'
names_list = names.split(',')
print(names)
print(names_list) # ['Marshall', 'Rubble', 'Chase', 'Rocky', 'Zuma', 'Sky']
print('----')

# .join() limer sammen strenger med en limestreng
print(''.join(names_list)) # MarshallRubbleChaseRockyZumaSky
print(', '.join(names_list)) # Marshall, Rubble, Chase, Rocky, Zuma, Sky
print('-+-'.join('ABC')) # A--B--C
print('----')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Søking i strenger

```
print('Dette er et ran'.count('et')) # 2
print('Dette er ETT ran'.count('et')) # 1
print('-----')
print('Hunder og katter'.startswith('Hun')) # True
print('Hunder og katter'.startswith('Hun der')) # False
print('-----')
print('Hunder og katter'.endswith('er')) # True
print('Hunder og katter'.endswith('mer')) # False
print('-----')
print('Hunder og katter'.find('og')) # 7
print('Hunder og katter'.find('eller')) # -1
print('-----')
print('Hunder og katter'.index('og')) # 7
print('Hunder og katter'.index('eller')) # Krasj!
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Indeksering og beskjæring

Indeksering

```
s = 'abcdefgh'
print(s)
print(s[0]) # a
print(s[1]) # b
print(s[2])
print()

length = len(s)
print(s[length - 1])
```

```
print(s[length]) # Krasjer (string index out of range)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Negative indekser

```
s = 'abcdefgh'
print(s)
print(s[-1]) # Snarvei for s[len(s) - 1]
print(s[-2])
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Beskjæring (engelsk: slicing)

```
# Beskjæring er som å indeksere, men vi kan hente ut mer enn ett tegn
#
# For en streng s vil s[<start>:<slutt>] evaluere til en streng som
# begynner med tegnet på indeks <start> i s og går opp til men ikke
# inkludert tegnet på indeks <slutt>.
#
# Minner dette om range(a, b)?

s = 'abcdefgh'
print(s)      # abcdefgh
print(s[0:3]) # abc
print(s[1:3]) # bc
print()

print(s[2:3]) # c
print(s[3:3]) #          (ingenting -- dette er den tomme strengen (''))
print('----')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Beskjæring med default-verdier

```
s = 'abcdefgh'
print(s)      # abcdefgh
print(s[3:])   # defgh
print(s[:3])   # abc
print(s[:])    # abcdefgh
print('----')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Beskjæring med steg

```
# Dette er ikke vanlig, men illustrerer slektskapet med range()
```

```
#
# For en streng s vil s[<start>:<slutt>:<steg>] beskjære strengen
# ved å begynne med tegnet på indeks <start>, og gå opp til og ikke
# inkludert <slutt> med avstand på <steg>
```

```
s = 'abcdefgh'
print(s)           # abcdefgh
print(s[1:7:2])    # bdf
print(s[1:7:3])    # be
print('----')
print(s[0:len(s):2]) # aceg
print(s[::2])      # aceg
print(s[1::2])     # bdfh
print('----')
print(s[3:0:-1])   # dcb
print('----')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Å reversere en streng

```
s = 'abcdefgh'

print(' Dette virker, men er forvirrende:')
print(s[::-1])

print(' Dette virker også, men er fremdeles forvirrende:')
print(''.join(reversed(s)))

print(' Beste løsning: skriv funksjon med selvforklarende navn.')
def reversed_string(s):
    return s[::-1]

print(reversed_string(s)) # klart og tydelig!
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Løkker over strenger

Uten indeksering

```
s = 'abcd'
# For-løkke over s. Iteranden er et symbol i strengen.
for c in s:
    print(c)

# a
# b
# c
# d
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Med indeksering

```
s = 'abcd'
# For-løkke over lengden til s. Iteranden er en indeks til strengen.
for i in range(len(s)):
    c = s[i]
    print(i, c)

# 0 a
# 1 b
# 2 c
# 3 d

print('----')
# For-løkke med enumerate. Både indeks og symbolet er iterander.
for i, c in enumerate(s):
    print(i, c)

# 0 a
# 1 b
# 2 c
# 3 d
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Oppdeling med split

```
names = 'Marshall,Rubble,Chase,Rocky,Zuma,Sky'
for name in names.split(','):
    print(name)

# Marshall
# Rubble
# Chase
# Rocky
# Zuma
# Sky

# Med indeksering
for i, name in enumerate(names.split(',')):
    print(i, name)

# 0 Marshall
# 1 Rubble
# 2 Chase
# 3 Rocky
# 4 Zuma
# 5 Sky
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Oppdeling med `splitlines`

```
quotes = '''\
Dijkstra: Simplicity is prerequisite for reliability.
Knuth: If you optimize everything, you will always be unhappy.
Dijkstra: Perfecting oneself is as much unlearning as it is learning.
Knuth: Beware of bugs in the above code; I have only proved it correct, \
not tried it.
Dijkstra: Computer science is no more about computers than astronomy is \
about telescopes.
'''

for line in quotes.splitlines():
    if line.startswith('Knuth'):
        print(line)

# Knuth: If you optimize everything, you will always be unhappy.
# Knuth: Beware of bugs in the above code; I have only proved it correct, not tried it
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Oppdeling med `splitlines` hvor man også inkluderer selve linjeskift-symbolet

```
paragraph = '''\
Denne strengen
inneholder linjeskift.
'''

for line in paragraph.splitlines(keepends=True):
    print('Line:', repr(line))

# Line: 'Denne strengen\n'
# Line: 'inneholder linjeskift.\n'
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Palindromer

Et palindrom er en streng som er lik fremlengs og baklengs.

```
# Det er mange måter å skrive en is_palindrome(s) -funksjon
# Her er flere. Hvilken er best?

def reversed_string(s):
    return s[::-1]

def is_palindrome1(s):
    return (s == reversed_string(s))
```

```

def is_palindrome2(s):
    for i in range(len(s)):
        if (s[i] != s[len(s)-1-i]):
            return False
    return True

def is_palindrome3(s):
    for i in range(len(s)):
        if (s[i] != s[-1-i]):
            return False
    return True

def is_palindrome4(s):
    while (len(s) > 1):
        if (s[0] != s[-1]):
            return False
        s = s[1:-1]
    return True

def is_palindrome5(s):
    if len(s) <= 1:
        return True
    if s[0] != s[-1]:
        return False
    return is_palindrome5(s[1:-1])

print(is_palindrome1('abcba'), is_palindrome1('abca'))
print(is_palindrome2('abcba'), is_palindrome2('abca'))
print(is_palindrome3('abcba'), is_palindrome3('abca'))
print(is_palindrome4('abcba'), is_palindrome4('abca'))
print(is_palindrome5('abcba'), is_palindrome5('abca'))

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Representasjon i minnet

En streng representeres fysisk i datamaskinen (som alt annet) med en rekke av høye og lave spenninger vi kan tenke på som en sekvens av 1'ere og 0'ere. Hvordan en slik sekvens med 1'ere og 0'ere oversettes til ulike meningsbærende tegn og symboler avgjøres først og fremst av hvilken *enkoding* som brukes. Under panseret benytter Python faktisk flere ulike enkodings, men de har alle til felles at de er i overenkomst med *unicode*-standarden. *Unicode* er en standard som tilordner hvert enkelt tegn med en såkalt *ordinal*-verdi som er et heltall mellom 0 og 1 111 998. I skrivende stund er det 149 186 av disse tallverdiene som faktisk har symboler knyttet til seg.

Vi kan se en oversikt over en del vanlige tegn og deres unicode-verdi på [wikipedia](#). Vi kan for eksempel lese i tabellen at tegnet A har verdien 65 (i desimal), mens symbolet a har verdien 97.

```

# For å finne unicode-verdien (ordinal) til et tegn
c1 = 'A'
u1 = ord(c1)
print(c1, u1)

```

```
# For å konvertere en ordinal tilbake til et tegn (character)
u2 = 97
c2 = chr(u2)
print(c2, u2)

# Skriv ut alfabetet
for i in range(ord('A'), ord('Z') + 1):
    print(chr(i), end='')
print()
```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Når man sammenligner to strenger, sammenlignes egentlig ordinal-verdien til tegnene i de to strengene. På grunn av rekkefølgen de engelske bokstavene har i unicode-tabellen, vil denne sammenligningen være «alfabetisk» dersom det ikke blandes mellom store og små bokstaver

```
print("'A' < 'a':", 'A' < 'a') # True, siden 65 < 97 er True
print("'a' < 'A':", 'a' < 'A') # False
print()

def compare_lt(s1, s2):
    print(f'{repr(s1)} < {repr(s2)}: {s1 < s2}')

compare_lt('abc', 'abx') # True, siden c har lavere ordinal enn liten x
compare_lt('abc', 'abX') # False, siden c ikke har lavere ordinal enn stor X
compare_lt('abc', 'abc') # False, når verdiene er like vil ikke < gi True
compare_lt('ab', 'abc') # True, den første strengen er prefiks for den andre
compare_lt('ac', 'abc') # False, c har ikke lavere ordinal enn b
```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Eksempel på bruk av ordinaler: simpel kryptering.

```
# Vi kan utnytte ordinalene for å kryptere en melding
def encode(message, shift):
    message = message.upper()
    result = ''
    for c in message:
        ordinal = ord(c) - ord('A')
        ordinal = (ordinal + shift) % (ord('Z') - ord('A') + 1)
        result += chr(ord('A') + ordinal)
    return result

def decode(message, shift):
    return encode(message, -shift)

# Eksempel på kryptering
print(encode('ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ', 3))
print(encode('HELLOCRYPTO', 5))

# Eksempel på dekryptering
```



```
print(decode('DEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZABC', 3))
print(decode('MJQTHWDUYT', 5))
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Lese og skrive til fil

```
# Vi kan benytte Path fra 'pathlib' for å lese og skrive filer
from pathlib import Path

# Skrive til fil
contents_to_write = 'Dette er en test!\nDet er bare en test!'
name_of_file = 'foo.txt'
Path(name_of_file).write_text(contents_to_write, encoding='utf-8')

# Lese fra fil
name_of_file = 'foo.txt'
content = Path(name_of_file).read_text(encoding='utf-8')
```

[Kopier](#)

Funksjonene for å lese og skrive filer vil tolke filnavn/fil-stier relativt til den mappen skriptet blir **startet** fra – merk at dette ikke nødvendigvis er samme mappe hvor skriptet **ligger**. Når du kjører koden gjennom VSCode er start-mappen den mappen hvor du har åpnet VSCode, og ikke nødvendigvis den mappen hvor filen ligger (f. eks. dersom filen ligger i en undermappe).

Hjelp, filen blir ikke funnet

Når du kjører et Python-program, kjører programmet «i» en mappe som kalles *current working directory* (cwd). Du kan se hvilken mappe dette er med koden:

```
from pathlib import Path
cwd = Path.cwd()
print(cwd)
```

[Kopier](#)

Denne mappen blir bestemt av hvilket program som *starter* python. F. eks. hvis du bruker VSCode for å starte python, vil cwd være samme mappe som VSCode er åpnet i (som altså ikke har noen sammenheng med hvilken mappe filen som kjøres ligger i).

Når python får beskjed om å åpne en fil, vil den tolke filstien som blir oppgitt *relativt til* cwd. For eksempel, hvis filstien er kun et filnavn, antas det at filen ligger i cwd.

La oss si at du bruker funksjonskallet `Path('foo.txt').read_file(encoding='utf-8')` og ønsker å åpne filen *foo.txt*, som ligger i samme mappe som python-filen du kjører, la oss si mappen *labX*. La oss videre tenke oss at *labX* i sin tur ligger i mappen *inf100*, og det er i den sistnevnte mappen du har åpnet VSCode. Da vil programmet krasje med en *FileNotFoundError*.

For å klare å åpne filen *foo.txt* ved å kjøre Python fra VSCode, kan du gjøre ett av fire tiltak:

- flytte *foo.txt* til den mappen du har åpnet VSCode i (altså *inf100* -mappen i vårt eksempel), eller
- åpne VSCode i den mappen *foo.txt* ligger i (altså *labX* -mappen i vårt eksempel), eller
- endre funksjonskallet til `Path('labX/foo.txt').read_file(encoding='utf-8')`, eller
- (for terminal-brukere) bruk terminalen til å starte Python i stedet for å bruke run-knappen i VSCode: naviger først til mappen *labX* med `cd` -kommandoen, og start så programmet derfra (e.g. en av kommandoene `python <filnavn>`, `py <filnavn>` eller `python3 <filnavn>`).

Det er teknisk sett mulig å endre cwd til å bli samme mappe som filen som kjøres ligger i programmatisk:

```
import os
directory_of_current_file = os.path.dirname(__file__)
os.chdir(directory_of_current_file) # endrer cwd
```

 Kopier

*Dette kan kanskje gjøre ting lettere i utviklingsfasen og for raske og enkle formål, men er sannsynligvis **ikke** noe en erfaren programmerer ville ønsket seg; siden man da må flytte selve kildekodefilene bare fordi man vil bruke programmet i en annen mappe.*



Lister

- [Lister ABC](#)
- [Hva en liste er \(egentlig\)](#)
- [Alias og mutasjon](#)
- [Alias og funksjonsparametre \(destruktive funksjoner\)](#)
- [Opprette lister](#)
- [Funksjoner og operasjoner](#)
- [Indeksering og beskjæring](#)
- [Mutasjon og alias](#) (reprise)
- [Kopiering av lister](#)
- [Destruktive funksjoner](#)
- [Leting etter elementer](#)
- [Legge til elementer](#)
- [Fjerne elementer](#)
- [Løkker over lister](#)
- [Sortering og reversering](#)
- [Pakke ut en liste i variabler](#)
- [Tupler](#)
- [Listebygging / list comprehension \(løkker inni lister\)](#)
- [Konvertering mellom lister og strenger \(split/join\)](#)

Lister ABC

En liste er en ordnet samling med andre verdier. De viktigste operasjonene er:

```
# Opprette en liste
a = ['foo', 'bar', 42]
print(a) # ['foo', 'bar', 42]
print(len(a)) # 3 (lengden på listen)

# Se på enkelt-element med indeksering (første element har index 0)
x = a[0]
y = a[2]
z = a[-1] # negativ indeks begynner bakfra
print(x, y, z) # foo 42 42

# Bruk en løkke for å se på alle elementene i listen
for element in a:
    print(element, end=' ') # foo bar 42
print()

# Bruk en løkke for å gå gjennom alle indeksene til listen
for i in range(len(a)):
    print(i, end=' ') # 0 1 2
print()
```

```
# Sjekk om et element er i listen med `in` -operatoren
if 'bar' in a:
    print('bar er i listen') # bar er i listen
else:
    print('bar er ikke i listen')

# Legge til et element på slutten av listen med .append (PS: muterende)
a.append(99)
print(a) # ['foo', 'bar', 42, 99]

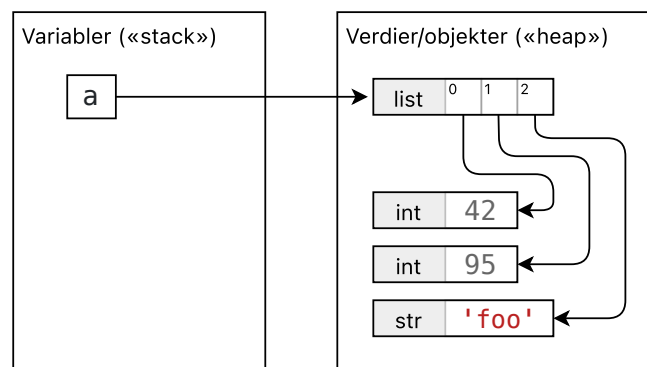
# Endre på en posisjon i listen ved indeksering (PS: muterende)
a[1] = 3.14
print(a) # ['foo', 3.14, 42, 99]
```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Hva en liste er (egentlig)

Til vanlig tenker vi på en liste som en samling av verdier; men egentlig bør vi tenke på det som en samling av *referanser* til verdier. Under viser vi en illustrasjon av minnet til datamaskinen etter at vi har opprettet en liste med tre elementer.

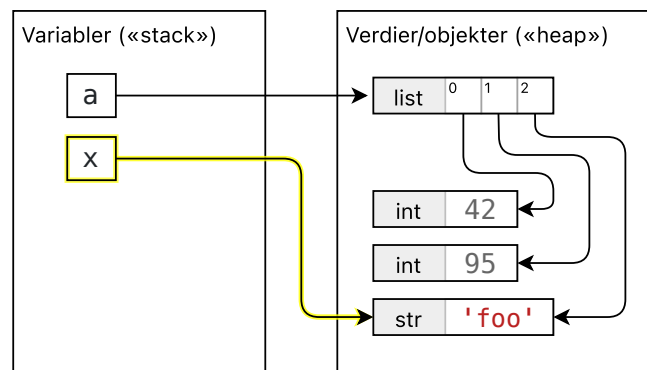
```
# Oppretter en liste a med tre elementer
a = [42, 95, 'foo']
```



Vi kan hente ut enkelt-verdier fra en liste ved å slå opp i listen med indeksering. Indeksering starter på 0, så første element i listen har indeks 0, andre element har indeks 1, osv.

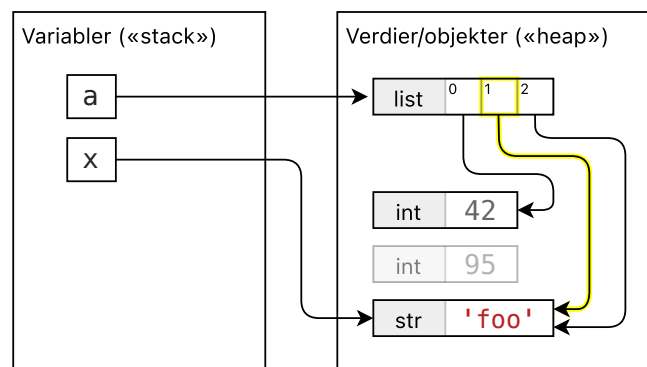
Hvis vi henter ut en enkelt-verdi fra listen *a* ved å benytte indeksering (f. eks. *a*[2]) vil uttrykket evaluere til verdien som pekes på. Eksempel: uttrykket *a*[2] vil i eksempelet over evaluere til verdien 'foo' . Hvis vi angir at *a*[2] er verdien til en ny variabel *x*, vil minnet endres som vist under:

```
x = a[2]
```



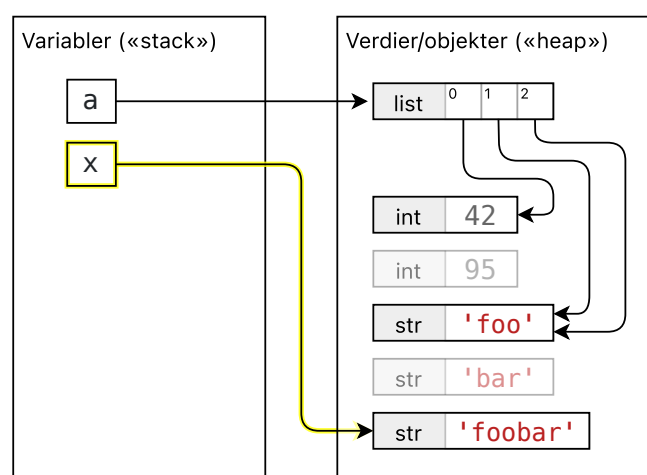
I motsetning til de verdi-typene vi har sett tidligere i emnet, er det mulig å endre en liste *uten* å opprette et helt nytt objekt i minnet. Dette kalles å *mutere* en liste. Eksempel: hvis vi angir at verdien til `a[1]` skal settes til verdien av `x`, vil minnet endres som vist under:

```
a[1] = x
```



Til sammenligning: om vi endrer verdien av `x` (en streng) ved å konkatinere mer tekst, vil det opprettes en helt ny verdi i minnet – strengen `'foo'` som `x` opprinnelig pekte på blir ikke endret:

```
x += 'bar'
```



Strenger kan nemlig *ikke* muteres.

[Hele programmet over](#)

```
a = [42, 95, 'foo']
x = a[2]
```

```
a[1] = x
x += 'bar'

print(a) # [42, 'foo', 'foo']
print(x) # foobar
```

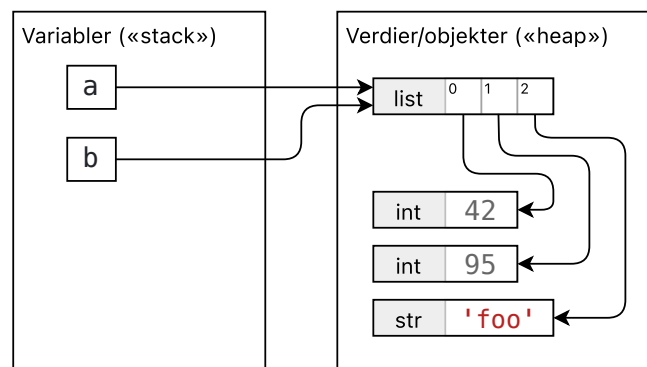
[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Alias og mutasjon

I motsetning til datatyper vi har sett tidligere, er det (som vist i avsnittet over) mulig å *endre* på en liste uten å opprette en ny verdi i minnet. Dette kaller vi å *mutere* listen. Dette gjør at vi må være forsiktige dersom to variabler peker på samme liste. Dersom vi muterer listen via den ene variabelen, vil endringen også gjelde for den andre variabelen.

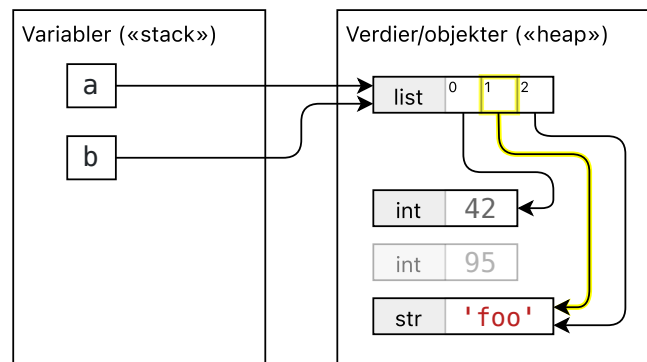
Hvis to variabler peker på samme liste, kaller vi dem *aliaser* for hverandre.

```
a = [42, 95, 'foo']
b = a          # b er nå et alias for a
```



Om vi muterer listen gjennom `a` vil altså `b` påvirkes (og vice versa).

```
a[1] = 'foo'    # vi muterer a
```



Komplett eksempel:

```
a = [42, 95, 'foo']
b = a          # b er nå et alias for a
```

```

print(a) # [42, 95, 'foo']
print(b) # [42, 95, 'foo']

a[1] = 'foo'      # vi muterer a
b[0] = 95         # vi muterer b

# Begge mutasjoner reflekteres i begge aliasene
print(a) # [95, 'foo', 'foo']
print(b) # [95, 'foo', 'foo']

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Alias og funksjonsparametre (destruktive funksjoner)

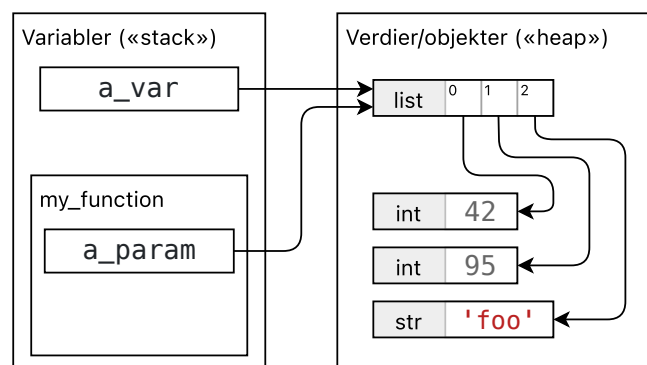
En av de vanligste typen alias vi har, opplever vi dersom vi kaller en funksjon med et enkelt variabeluttrykk som argument. Da vil parameteren og det opprinnelige variabelen være aliaser.

```

def my_function(a_param):
    ... # a_var og a_param er aliaser når vi kommer hit

a_var = [42, 95, 'foo']
my_function(a_var)

```



Dersom funksjonen muterer parameteren, vil det også påvirke den opprinnelige variabelen (aliaset). Vi kaller slike funksjoner for *destruktive* funksjoner, siden de «ødelegger» (muterer) verdiene den blir gitt som argument. Dette noen ganger er ønskelig, og andre ganger ikke (avhengig av situasjonen). Det er viktig å være bevisst på om en funksjon er destruktiv eller ikke, ellers kan det oppstå feil i programmet som er krevende å debugge.

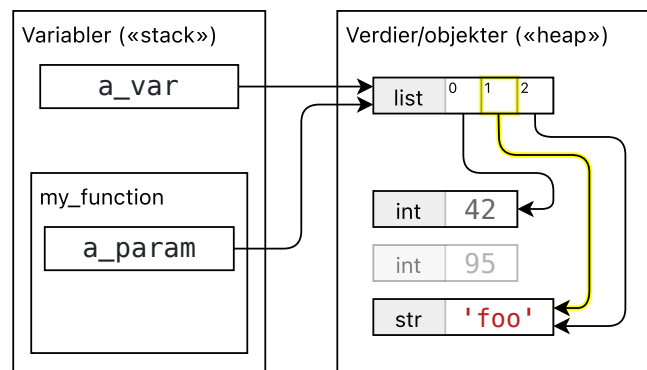
```

def my_function(a_param):
    a_param[1] = 'foo' # muterer a_param

a_var = [42, 95, 'foo']
my_function(a_var)
print(a_var) # [42, 'foo', 'foo']

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)



Opprette lister

Tomme lister

```
# To standard måter å opprette tomme lister på
a = []
b = list()

print(a) # []
print(b) # []
print(a == b) # True

# Lengden til en liste
print(len(a)) # 0

# Typen til en liste
print(type(a)) # <class 'list'>
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Lister med ett element

```
a = ['foo']
b = [42]

print(a) # ['foo']
print(b) # [42]
print(len(a)) # 1
print(len(b)) # 1
print(a == b) # False
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Lister med flere elementer

```
a = [2, 3, 5, 7, 11]
b = list(range(5))
c = ['foo', 42, True, None, '']

print(len(a), a) # 5 [2, 3, 5, 7, 11]
print(len(b), b) # 5 [0, 1, 2, 3, 4]
```



```
print(len(c), c) # 5 ['foo', 42, True, None, '']
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Lister med et variabel antall elementer

```
n = 5
a = ['foo'] * n
b = [7, 99] * n
c = list(range(n))

print(len(a), a) # 5 ['foo', 'foo', 'foo', 'foo', 'foo']
print(len(b), b) # 10 [7, 99, 7, 99, 7, 99, 7, 99, 7, 99]
print(len(c), c) # 5 [0, 1, 2, 3, 4]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Funksjoner og operasjoner

```
a = [2, 3, 5, 3, 7]
print('a = ', a)
print('len =', len(a)) # 5
print('min =', min(a)) # 2
print('max =', max(a)) # 7
print('sum =', sum(a)) # 20

# Et par forskjellige lister
b = [2, 3, 5, 3, 7] # lik til a
c = [2, 3, 5, 3, 8] # forskjellig fra a
d = [2, 3, 5]      # prefix for a

print('a =', a)
print('b =', b)
print('c =', c)
print('d =', d)

print('-----')
print('a == b', (a == b)) # True
print('a == c', (a == c)) # False
print('a == d', (a == d)) # False

print('-----')
print('a < c', (a < c)) # True (sammenligning skjer basert på første ulike element)
print('d < a', (d < a)) # True
print('d > a', (d > a)) # False
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Konkatenering
a = [3, 4]
```

```
b = [8, 9]
print('a      =', a)
print('b      =', b)
print('a + b =', a + b) # [3, 4, 8, 9]

# Repetisjon
print('a * 3 =', a * 3) # [3, 4, 3, 4, 3, 4]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Indeksring og beskjæring

```
# Indeksring og beskjæring fungerer på samme måte som for strenger
a = [2, 3, 5, 7, 11, 13]
print('a      =', a)

# Indeksring. Første indeks er 0.
print('a[0]    =', a[0]) # 2
print('a[2]    =', a[2]) # 5

# Negative indekser
print('a[-1]   =', a[-1]) # 13
print('a[-3]   =', a[-3]) # 7

# Beskjæring a[start:slutt] eller a[start:slutt:steg]
print('a[0:2]   =', a[0:2]) # [2, 3]
print('a[1:4]   =', a[1:4]) # [3, 5, 7]
print('a[1:6:2] =', a[1:6:2]) # [3, 7, 13]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Mutasjon og alias

I motsetning til datatyper vi har sett hittil, kan vi endre på en liste *uten* å opprette en ny verdi i minnet. Dette kaller vi å *mutere* listen.

```
# Opprett en liste
a = [2, 3, 4]

# La b være en variabel som referer til samme liste som a. Siden a og b
# er variabler som refererer til det samme muterbare objekt, kaller vi
# a og b for aliaser.
b = a

# Mutasjon (endring) av listen
a[0] = 99
b[1] = 42
print(a) # [99, 42, 4]
print(b) # [99, 42, 4]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Dersom to variabler refererer til samme muterbare objekt, kalles de for *aliaser*. Funksjonsparametre er eksempler på aliaser.

```
# Når en funksjon muterer en liste via et alias har funksjonen en
# sideeffekt
def f(my_list_parameter):
    my_list_parameter[0] = 42

a = [2, 3, 5, 7]
print(a) # [2, 3, 5, 7]
f(a)
print(a) # [42, 3, 5, 7]
print("----")

# Alias kan bli brutt ved å endre variabelen
def foo(a):
    a[0] = 99
    a = [5, 2, 0] # aliaset blir brutt her
    a[0] = 42

a = [3, 2, 1]
print(a) # [3, 2, 1]
foo(a)
print(a) # [99, 2, 1]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Vi kan benytte `is` og `is not` -operatorene for å sjekke om to variabler er aliaser for samme objekt.

```
# Opprett en liste
a = [2, 3, 5, 7]

# Opprett et alias for listen
b = a

# Opprett en ny liste med de samme elementene
c = [2, 3, 5, 7]

# a og b er referanser til (/aliaser for) DEN SAMME listen
# c er en referanse til en annen, men LIK liste

print("først:")
print("    a:", a)
print("    b:", b)
print("    c:", c)
print("== -operatoren forteller hvorvidt to verdier er LIKE")
print("  a == b:", a == b) # True
print("  a == c:", a == c) # True
print("is -operatoren forteller hvorvidt to verdier er DEN SAMME")
print("  a is b:", a is b) # True
print("  a is c:", a is c) # False
print("\n")
```

```
# Mutasjon av a endrer også b (DEN SAMME listen) men ikke c (en annen liste)
a[0] = 42
print("etter mutasjonen a[0] = 42")
print("    a:", a) # [42, 3, 5, 7]
print("    b:", b) # [42, 3, 5, 7]
print("    c:", c) # [2, 3, 5, 7]
print("  a == b:", a==b) # True
print("  a == c:", a==c) # False
print("  a is b:", a is b) # True
print("  a is c:", a is c) # False
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Kopiering av lister

*# Vi må være forsiktig ved kopiering av lister, slik at vi ikke kommer i
skade for å muterer en liste av vanvare gjennom et alias.*

```
import copy

a = [2, 3]

# To kopier
b = a          # Ikke en kopi, bare et alias
c = copy.copy(a) # Ekte kopi

# I begynnelsen ser kopiene tilforlatelig like ut
print("Først...")
print("  a =", a) # [2, 3]
print("  b =", b) # [2, 3]
print("  c =", c) # [2, 3]

# Så muterer vi a[0]
a[0] = 42
print("Etter mutasjonen a[0] = 42")
print("  a =", a) # [42, 3]
print("  b =", b) # [42, 3]
print("  c =", c) # [2, 3]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Andre måter å kopiere

```
import copy

a = [2, 3]

b = a
c = copy.copy(a)
d = a[:]
e = a + []
f = list(a)
```

```

g = a.copy()
*h, = a

li = []
for element in a:
    li.append(element)

print("Først...")
print(a, b, c, d, e, f, g, h, li)
a[0] = 42

print("Etter mutering a[0]") # Klarer du å gjette hvilke «kopier» som blir mutert?
print(a, b, c, d, e, f, g, h, li)

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Destruktive funksjoner

En funksjon er *destruktiv* dersom den har sideeffekter som muterer en parameter (eller hvis den muterer en global variabel).

```

# En destruktiv funksjon er skrevet for å mutere en liste. Den trenger ikke
# returnere noe, siden den som kaller også har et alias til listen.
def fill(a, value):
    for i in range(len(a)):
        a[i] = value

a = [1, 2, 3, 4, 5]
print("Først, a =", a) # [1, 2, 3, 4, 5]
fill(a, 42)
print("Etter fill(a, 42), a =", a) # [42, 42, 42, 42, 42]

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

En *ikke-destruktiv* funksjon vil ikke ha sideeffekter, og vi benytter oss av returverdien i stedet.

```

import copy

def destructive_remove_all(a, value):
    while value in a:
        a.remove(value)

def non_destructive_remove_all(a, value):
    # Vanligvis skriver vi ikke-destruktive funksjoner ved å opprette
    # en ny liste fra scratch, og så muterer vi den nye listen
    result = []
    for element in a:
        if element != value:
            result.append(element)
    return result # ikke-destruktive funksjoner MÅ returnere svaret!

def alternate_non_destructive_remove_all(a, value):

```

```

# Vi kan også skrive en ikke-destruktiv funksjon ved å først bryte
# aliaset, og deretter benytte en destruktiv tilnærming
a = copy.copy(a)
destructive_remove_all(a, value)
return a # ikke-destruktive funksjoner må uansett returnere!

a = [1, 2, 3, 4, 3, 2, 1]
print("Først")
print("  a =", a) # [1, 2, 3, 4, 3, 2, 1]

destructive_remove_all(a, 2)
print("Etter destructive_remove_all(a, 2)")
print("  a =", a) # [1, 3, 4, 3, 1]

b = non_destructive_remove_all(a, 3)
print("Etter b = non_destructive_remove_all(a, 3)")
print("  a =", a) # [1, 3, 4, 3, 1]
print("  b =", b) # [1, 4, 1]

c = alternate_non_destructive_remove_all(a, 1)
print("Etter c = alternate_non_destructive_remove_all(a, 1)")
print("  a =", a) # [1, 3, 4, 3, 1]
print("  c =", c) # [3, 4, 3]

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Leting etter elementer

```

# Inneholder listen min verdi?
a = [2, 3, 5, 2, 6, 2, 2, 7]
print("a      =", a)
print("2 in a =", (2 in a)) # True
print("4 in a =", (4 in a)) # False

# eller ikke?
print("2 not in a =", (2 not in a)) # False
print("4 not in a =", (4 not in a)) # True

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

```

# Hvor mange ganger opptrer min verdi?
a = [2, 3, 5, 2, 6, 2, 2, 7]
print("a      =", a)
print("a.count(1) =", a.count(1)) # 0
print("a.count(2) =", a.count(2)) # 4
print("a.count(3) =", a.count(3)) # 1

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

```

# Hvor i listen befinner verdien seg, da?

```

```
# a.index(element) eller a.index(element, start)
a = [2, 3, 5, 2, 6, 2, 2, 7]
print("a          =", a)
print("a.index(6)  =", a.index(6)) # 4
print("a.index(2)  =", a.index(2)) # 0
print("a.index(2,1) =", a.index(2,1)) # 3
print("a.index(2,4) =", a.index(2,4)) # 6
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Oj! Krasjer dersom elementet ikke er der
a = [2, 3, 5, 2]
print("a          =", a)
print("a.index(9) =", a.index(9)) # krasjer!
print("Vi kom visst ikke så langt...")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Løsning: benytt (element in liste) først.
a = [2, 3, 5, 2]
print("a =", a)
if 9 in a:
    print("a.index(9) =", a.index(9))
else:
    print("9 er ikke der", a)
print("Hurra, ingen krasj!")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Legge til elementer

Destruktive metoder for å legge til elementer:

```
# Vi oppretter en liste og gir den et alias. Alle endringer vi gjør her
# reflekteres i aliaset, hvilket betyr at endringene er destruktive
a = [2, 3]
alias = a

# Legg til på slutten med .append
a.append(7)
print(a) # [2, 3, 7]

# Legg til på en bestemt posisjon med .insert
a.insert(2, 42)
print(a) # [2, 3, 42, 7]

# Utvid listen med flere elementer på en gang med .extend eller '+='
b = [100, 200]
a.extend(b)
print(a) # [2, 3, 42, 7, 100, 200]
a += b
```

```
print(a) # [2, 3, 42, 7, 100, 200, 100, 200]
print()

print(alias) # [2, 3, 42, 7, 100, 200, 100, 200]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Ikke-destruktive operasjoner for å legge til elementer:

```
a = [2, 3]

# Legg til på slutten med +
b = a + [13, 17]
print(a)
print(b)

# Legg til midt inne i listen med beskjæring
c = a[:1] + [42] + a[1:]
print(a)
print(c)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Destruktiv vs. ikke-destruktiv utvidelse

```
print("Destruktiv:")
a = [2, 3]
b = a          # lager alias
a += [4]
print(a)
print(b)

print("Ikke-destruktiv:")
a = [2, 3]
b = a          # lager alias
a = a + [4]    # bryter aliaset med b, a er nå referanse til ny liste
print(a)
print(b)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Fjerne elementer

Destruktive metoder for å fjerne elementer

```
a = [2, 3, 5, 3, 7, 6, 5, 11, 13]
print("a =", a)

# Fjerne første opptreden av et bestemt element
a.remove(5)
```



```
print("Etter a.remove(5), a=", a)
a.remove(5)
print("Etter enda en a.remove(5), a=", a)

# Fjerne det siste elementet i listen
item = a.pop()
print("Etter item = a.pop()")
print("    item =", item)
print("    a =", a)

# Fjerne et element på en bestemt indeks
item = a.pop(3)
print("Etter item = a.pop(3)")
print("    item =", item)
print("    a =", a)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Ikke-destruktive operasjoner for å fjerne elementer

```
a = [2, 3, 5, 3, 7, 5, 11, 13]
print("a =", a)

# Ikke-destruktiv fjerning av elementene mellom indeks 2 og 3
b = a[:2] + a[3:]
print("Etter b = a[:2] + a[3:]")
print("    a =", a)
print("    b =", b)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Løkker over lister

```
# Iterasjon med indeks
a = [2, 3, 5, 7]
for index in range(len(a)):
    print(f"a[{index}] =", a[index])

print("----")

for index, item in enumerate(a):
    print(f"a[{index}] =", item)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Iterasjon uten indeks, såkalt for-hver-løkke (engelsk: foreach)
# Lister og strenger er begge samlinger, såkalte «itererbare» typer.
# Det betyr at vi kan benytte en for-løkke på dem direkte
a = [2, 3, 5, 7]
for item in a:
```

```
print(item)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# IKKE FJERN ELLER LEGG TIL ELEMENTER TIL SAMME LISTE DU GÅR GJENNOM
# MED EN FOR-LØKKE! INDEKSER KRØLLER SEG TIL!(dette er ikke et problem
# for strenger, siden de ikke kan muteres)
a = [2, 3, 5, 3, 7]
print("a =", a)

# Mislykket forsøk på å fjerne alle 3'erne
for index in range(len(a)):
    if (a[index] == 3): # vi krasjer her etter en stund
        a.pop(index)

print("Hit kommer vi ikke")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# IKKE MUTER EN LISTE INNI EN FOR-HVER -LØKKE!
# Vil ikke krasje, men gjør heller ikke som vi forventer
a = [3, 3, 2, 3, 4]
print("Først, a =", a)

# Mislykket forsøk på å fjerne alle 3'erne
def should_be_removed(x):
    return x == 3

for item in a:
    if should_be_removed(item):
        a.remove(item)

print("Etter, a =", a) # [2, 3, 4]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Bedre: mutering i en while-løkke.
# Her har vi full kontroll på hvordan indeks endrer seg.
a = [3, 3, 2, 3, 4]
print("Først, a =", a)

# Vellykket forsøk på å fjerne alle 3'erne
def should_be_removed(x):
    return x == 3

index = 0
while (index < len(a)):
    value = a[index]
    if (should_be_removed(value)):
        a.pop(index)
    else:
```

```
index += 1
```

```
print("Huzza! a =", a) # [2, 4]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Enda en annen variant som virker tilfeldigvis for akkurat å fjerne alle 3'ere
a = [3, 3, 2, 3, 4]
while 3 in a:
    a.remove(3)
print("a =", a)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Sortering og reversering

Destruktiv sortering og reversering

```
# Sortering
a = [7, 2, 5, 3, 5, 11, 7]
print("Først, a =", a)
a.sort()
print("Etter a.sort(), a =", a)
print("----")

# Reversering
a = [2, 3, 5, 7]
print("Først, a =", a)
a.reverse()
print("Etter a.reverse(), a =", a)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Ikke-destruktiv sortering og reversering

```
# Sortering
a = [7, 2, 5, 3, 5, 11, 7]
print("Først, a =", a)
b = sorted(a)
print("Etter b = sorted(a)")
print("    a =", a)
print("    b =", b)
print("----")

# Reversering
a = [2, 3, 5, 7]
print("Først, a =", a)
b = reversed(a)
c = list(reversed(a))
print("Etter b = reversed(a) og c = list(reversed(a))")
print("    a =", a)
```

```

print("    b =", b)
print("    c =", c)
print("Her er elementene i b:")
for x in b:
    print(x, end=" ")
print()

print("Her er elementene i b en gang til (men hæ???):")
for x in b:
    print(x, end=" ")
print()
print("----")

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Pakke ut en liste i variabler

Gitt en liste kan du «pakke ut» verdiene i variabler.

```

a = ["Florida", 15.4, "2022-09-16"]

place, temp, date = a
print(f"{place = }", f" {temp = }", f" {date = }", sep="\n")

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Hvis listen er lang, kan du pakke opp kun de par første verdiene og la resten bli en ny liste. Operasjonen er ikke-destruktiv.

```

a = ["Florida", 15.2, 13.5, 17.2, 13.6, 14.2]

place, *temps = a
print(f"{a=}")
print(f"{place=}")
print(f"{temps=}")

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

eller de par første og de par siste. Variabelen med `*` foran plukker opp resten i en ny liste.

```

a = ["Florida", "not interested", 15.2, 13.5, 17.2, 13.6, 14.2, "OK"]

place, _, *temps, last_temp, status = a

print(f"{a          = }")
print(f"{place      = }")
print(f"{_          = }")
print(f"{temps       = }")
print(f"{last_temp   = }")
print(f"{status      = }")

```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Ved å sette `*` foran en liste, kan vi pakke opp elementene i listen og bruke dem som om vi bare skilte verdiene med komma uten at de var i en liste. For eksempel kan vi bruke elementene som argumenter til et funksjonskall.

```
def add(x, y):  
    return x + y  
  
a = [2, 2]  
result = add(*a)  
print(result)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Eller vi kan kombinere to lister ikke-destruktivt:

```
a = [1, 2]  
b = [3, 4]  
c1 = [a, b] # En liste av lister -- en 2-dimensjonell liste  
c2 = [*a, *b] # En liste med verdiene fra to lister -- en "flat" liste  
print(a, b, c1, c2, sep="\n")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

En funksjon kan akseptere et ukjent antall argumenter ved å pakke dem inn i en liste

```
def multiply(*nums):  
    # nums er en liste som inneholder alle argumentene  
    result = 1  
    for num in nums:  
        result *= num  
    return result  
  
print(multiply(2, 2))  
print(multiply(2, 2, 3))
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Eller kreve et minimums antall argumenter ved å bare pakke inn bare de siste argumentene i en liste.

```
def multiply(first_num, second_num, *rest):  
    result = first_num * second_num  
    for num in rest:  
        result *= num  
    return result  
  
print(multiply(2, 2, 3))
```

```
print(multiply(2, 2))
print(multiply(2)) # krasjer, ikke nok argumenter
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Tupler

En *tuple* er en slags liste som ikke kan muteres.

```
t = (1, 2, 3)
print(type(t), len(t), t)

a = [1, 2, 3]
t = tuple(a)
print(type(t), len(t), t)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Tupler kan ikke muteres
t = (1, 2, 3)
print(t[0])

t[0] = 42 # Krasj!
print(t[0])
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Parallell tilordning av verdier
(x, y) = (1, 2)
print(x)
print(y)

# Parallell tilordning er nyttig for bytting av verdier
(x, y) = (y, x)
print(x)
print(y)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Tuple med kun ett element
t = (42)
print(type(t), t*5) # oj, det var visst ikke en tuple likevel

t = (42,) # bruk komma for å lage en tuple med ett element
print(type(t), t*5)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Tupler fungerer på samme måte som lister, men de kan ikke muteres. For å endre på tupler må man bruke ikke-destruktive funksjoner. Ikke-destruktive funksjoner for lister og for tupler er de samme og pleier å ha identisk syntaks.

En vanlig bruk av tupler er å returnere flere verdier fra samme funksjon:

```
# Bruk en tuple til å returnere flere verdier
def positive_and_negative_of(x):
    return (x, -x)

# Pakk ut resultatet til flere variabler (variablene skilles med ,)
hi, lo = positive_and_negative_of(5)
print(f"{hi} {lo}")

# Behold resultatet som en tuple (én variabel på venstresiden av =)
hilo = positive_and_negative_of(7)
print(f"{hilo}")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Listebygging / list comprehension (løkker inni lister)

I Python er det mulig å opprette lister med en løkke. Dette kalles for *list comprehension* på engelsk og *listebygging* på norsk (noen steder også kalt *listeinkludsjon* eller *listekomprehensjon*).

```
# Den lange måten
a = []
for i in range(10):
    a.append(i + 1)
print(a)

# Med listebygging
a = [i + 1 for i in range(10)]
print(a)

# For de ambisiøse: listebygging med betingelser
a = [i + 1 for i in range(20) if i % 2 == 0]
print(a)

# Listebygging for å ikke-destruktivt filtrere en liste
def divisible_by_3(x):
    return x % 3 == 0
b = [x for x in a if divisible_by_3(x)]
print(b)

# Listebygging for å ikke-destruktivt anvende en funksjon på
# hvert element i en liste
def square(x):
    return x * x
c = [square(x) for x in b]
print(c)
```

Konvertering mellom lister og strenger (split/join)

```
# bruk list(s) for å konvertere en streng til liste med tegn
a = list("hurra!")
print(a) # ['h', 'u', 'r', 'r', 'a', '!']

# bruk s1.split(s2) for å konvertere en streng s1 til en liste
# med strenger, klippet opp langs s2'er inne i s1
a = "Hva holder du på med?".split(" ")
print(a) # ['Hva', 'holder', 'du', 'på', 'med?']

# bruk "".join(a) for å lime sammen/konkatenere en liste med strenger
print("".join(a)) # Hvaholderdupåmed?

# s.join(a) for å lime sammen med s som lime-streng
print(" ".join(a)) # Hva holder du på med?
print("--".join(a)) # Hva--holder--du--på--med?
```




Tilfeldighet

- [Tilfeldige verdier](#)
- [Frø](#)
- [Flere muligheter](#)

Tilfeldige verdier

Python kan brukes for å generere «pseudo-tilfeldige» verdier. Med dette mener vi verdier som fremstår som tilfeldige, men som egentlig er generert basert på tidspunktet programmet starter. Om du startet det samme programmet på to ulike maskiner *akkurat* samtidig, ville begge programmene altså generert den samme verdien.

```
import random

x = random.random() # et flyttall slik at 0.0 <= x < 1.0
print(x)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
import random

x = random.randrange(10) # et heltall slik at 0 <= x < 10
print(x)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
import random

dice_roll = random.randrange(1, 7) # et heltall slik at 1 <= x < 7
print(dice_roll)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
import random

character = random.choice('abcdef') # en bokstav fra strengen
print(character)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
import random
```

```
options = ['heads', 'tails']
coin_flip = random.choice(options) # et element i listen
print(coin_flip)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Frø

Når man skal feilsøke noe, er det en fordel om programmet oppfører seg helt likt hver gang man kjører programmet. Introduksjonen av tilfeldige verdier gjør dette i utgangspunktet vanskelig; men siden verdiene er *pseudo*-tilfeldige, finnes det en løsning. For å late som vi starter programmet på akkurat samme tidspunkt hver gang det kjøres (slik at det alltid blir de samme «tilfeldige» verdiene som blir generert), kan vi manuelt sette «frøet» (engelsk: seed) til tilfeldighetsgeneratoren. Det er denne verdien som ellers ville blitt bestemt av starttidspunktet.

```
import random
random.seed(42) # vi setter frøet til 42 (kan være hva som helst)

x = random.random()
print(x)

x = random.random()
print(x)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Selv om vi får ulike verdien innad i én kjøring av programmet, vil det være de samme verdiene som genereres hver gang man kjører programmet på nytt. Prøv å endre frøet i programmet over; observer at du får de samme verdiene fra generatoren så lenge frøet er likt.

Flere muligheter

Random-modulen har massevis av mer avanserte muligheter også, for eksempel å velge tilfeldige tall fra en rekke ulike fordelinger (uniform, normal, gammavariat, etc.). Det finnes også funksjoner for å velge flere tilfeldige elementer fra en samling med og uten tilbakelegging (henholdsvis `random.choices` og `random.sample`), samt for å blande en samling (med `random.shuffle`). Se [offisiell dokumentasjon](#) for mer informasjon.



Flerdimensjonale lister

- [Opprette 2D-lister og indeksering](#)
- [Opprette 2D-lister med dynamisk størrelse](#)
- [Dimensjonene til en 2D-liste](#)
- [Løkker over 2D-lister](#)
- [Hente ut rader og koloner](#)
- [Grunne og dype kopier](#)
- [3D-lister](#)

Opprette 2D-lister og indeksering

```
# Opprett en 2D-liste med gitte verdier (statisk opprettelse)
a = [[2, 3, 4], [5, 6, 7]]
print(a)
print(a[0])      # Element nr 0 i a er en vanlig 1D-liste    --> [2, 3, 4]
print(a[0][1])   # Subliste nr 0, element nr 1 i sublisten --> 3
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Opprett en 2D-liste
my_table = [
    ['a', 'b', 'c', 'd', 'e'],
    ['f', 'g', 'h', 'i', 'j'],
    ['k', 'l', 'm', 'n', 'o'],
    ['p', 'q', 'r', 's', 't'],
]

# Indeksering med to indekser; første indeks -> rad, andre indeks -> kolonne
print(my_table[0][0]) # a
print(my_table[0][1]) # b
print(my_table[0][2]) # c
print()
print(my_table[1][0]) # f
print(my_table[2][0]) # k
print(my_table[3][0]) # p
print()
print(my_table[1][4]) # gjett selv før du sjekker
print(my_table[3][2]) # gjett selv før du sjekker
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Opprette 2D-lister med dynamisk størrelse

Vær forsiktig når du oppretter 2D-lister med dynamisk størrelse. Det er lett å gjøre feil. Se eksempelet under. For å få en god forståelse for *hvorfor* det blir feil her, er det lurt å benytte «se steg» -knappen.

```
# MISLYKKET forsøk på å opprette 2D-liste med dynamisk størrelse
rows = 3
cols = 2

a = [[0] * cols] * rows # Oppretter en «grunn» (overfladisk) kopi
                        # Oppretter én unik rad, resten er aliaser

print("Dette VIRKER SOM det er ok. I begynnelsen:")
print("  a =", a) # [[0, 0], [0, 0], [0, 0]]

a[0][0] = 42
print("MEN, hva skjer etter at vi muterer a[0][0]=42?")
print("  a =", a) # [[42, 0], [42, 0], [42, 0]]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# RIKTIG måte å opprette en 2D-liste med dynamisk størrelse
rows = 3
cols = 2

a = []
for _ in range(rows):
    a.append([0] * cols)

print("Dette ER ok. I begynnelsen:")
print("  a =", a) # [[0, 0], [0, 0], [0, 0]]

a[0][0] = 42
print("Etter at vi muterer a[0][0]=42")
print("  a =", a) # [[42, 0], [0, 0], [0, 0]]
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Alternativ RIKTIG måte å opprette en 2D-liste med dynamisk størrelse
# Her benytter vi listebygging (engelsk: list comprehension)
rows = 3
cols = 2

a = [[0] * cols for _ in range(rows)]

print("Dette ER ok. I begynnelsen:")
print("  a =", a) # [[0, 0], [0, 0], [0, 0]]

a[0][0] = 42
print("Etter at vi muterer a[0][0]=42")
print("  a =", a) # [[42, 0], [0, 0], [0, 0]]
```

Dimensjonene til en 2D-liste

En 2D-liste er en liste av lister. Selv om det ikke er påkrevd fra Python sin side, er det vanlig at alle de «innerste» listene er like lange; da kaller vi listen for et *rutenett*. Hver av de innerste listene representerer én rad, mens den ytterste listen inneholder alle radene.

```
# a er 2D-liste som representerer et rutenett (alle rader er like lange)
a = [
    [2, 3, 5],
    [1, 4, 7],
]
print("a = ", a)

# La oss finne dimensjonene til rutenettet
rows = len(a)
cols = len(a[0])
print("rows =", rows) # 2
print("cols =", cols) # 3
```

Løkker over 2D-lister

```
# a er 2D-liste som representerer et rutenett (alle rader er like lange)
a = [
    [2, 3, 5],
    [1, 4, 7],
]
print("Først: a =", a)

# Vi finner dimensjonene til rutenettet
rows = len(a) # 2
cols = len(a[0]) # 3

# En løkke over hvert element i listen
# I eksempelet under øker vi verdien til hver celle i rutenettet med 1
for row in range(rows):
    for col in range(cols):
        # Koden her inne kjøres rows*cols ganger, én gang for hver
        # kombinasjon av verdier for row og col (altså én gang for hver «celle»)
        a[row][col] += 1

# Til slutt, utskrift av resultatet
print("Etter: a =", a)
```

Hente ut rader og kolonner

Få tilgang til en hel rad.

```
# Et alias, ikke en kopi! Ingen ny liste opprettes!
a = [[2, 3, 5], [1, 4, 7]]
row = 1
row_list = a[row]
print(row_list)
```

 Kopier

 Se steg

 Kjør

Få tilgang til en hel kolonne.

```
# IKKE et alias, men en kopi! Ny liste opprettes!
a = [[2, 3, 5], [1, 4, 7]]
col = 1
col_list = []
for row in range(len(a)):
    col_list.append(a[row][col])
print(col_list)
```

 Kopier

 Se steg

 Kjør

Få tilgang til en hel kolonne med listebygging.

```
# IKKE et alias, men en kopi! Ny liste opprettes!
a = [[2, 3, 5], [1, 4, 7]]
col = 1
col_list = [a[row][col] for row in range(len(a))]
print(col_list)
```

 Kopier

 Se steg

 Kjør

Grunne og dype kopier

Først, et mislykket forsøk på å kopiere en 2D-liste. Du vil (dessverre) få samme oppførsel uansett hvilken variant av kopiering fra [kursnotatene om 1D-lister](#) du bruker.

Problemet med å lage en kopi av flerdimensjonell liste, er at innholdet i lister egentlig er *referanser* til verdier, og ikke er verdier i seg selv. Så om du kopierer en referanse – da får vi et alias.

```
# MISLYKKET forsøk på å kopiere en 2D-liste
import copy
a = [[1, 2, 3], [4, 5, 6]]

b = copy.copy(a) # Fra kursnotatene om 1D-lister

print("Dette VIRKER SOM det er ok. I begynnelsen:")
print("  a =", a)
print("  b =", b)
```

```
a[0][0] = 42
print("MEN, hva skjer etter at vi muterer a[0][0]=42?")
print("  a =", a)
print("  b =", b)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# RIKTIG måte å kopiere en 2D-liste
import copy
a = [[1, 2, 3], [4, 5, 6]]

b = copy.deepcopy(a)

print("Dette ER er ok. I begynnelsen:")
print("  a =", a)
print("  b =", b)

a[0][0] = 42
print("Etter at vi muterer a[0][0]=42")
print("  a =", a)
print("  b =", b)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

3D-lister

En 2D-liste er bare en liste av lister. Det er selvsagt mulig å ha en liste av 2D-lister. Dette blir da en 3D-liste. En liste med 3D-lister blir en 4D-liste, og så videre.

```
a = [
    [
        [1, 2],
        [3, 4],
    ],
    [
        [5, 6, 7],
        [8, 9],
    ],
    [
        [10],
    ],
]

for i in range(len(a)):
    for j in range(len(a[i])):
        for k in range(len(a[i][j])):
            print(f'a[{i}][{j}][{k}] = {a[i][j][k]}')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)



Grafiske brukergrensesnitt

- [Første eksempel: tell antall tastetrykk](#)
- [Model-View-Controller](#)
- [Identifisering av tastetrykk](#)
- [Flytte en prikk med piltastene](#)
- [Flytte en prikk med museklikk](#)
- [Flytte en prikk med timer](#)
- [Endre hastighet for timer](#)
- [Sette timer på pause](#)
- [Brudd med MVC](#)
- [Bilder](#)

-
- [Eksempel: legg til og fjern prikker](#)
 - [Eksempel: sprettende figur](#)
 - [Eksempel: museklikk i rutenett](#)
 - [Eksempel: knapper](#)

-
- [Oversikt over kontroller-funksjoner](#)
 - [Appendiks](#): enda flere muligheter med uib_inf100_graphics
-

Et *grafisk brukergrensesnitt* er et dataprogram som lar brukeren interagere med programmet ved å klikke på knapper, benytte tastaturet, flytte på musen eller andre handlinger uten å primært forholde seg til terminalen.

Det finnes flere ulike rammeverk som tilbyr funksjonalitet for å lage grafiske brukergrensesnitt. I dette emnet skal vi benytte oss av `uib_inf100_graphics`, som er en forenklet versjon av rammeverket `tkinter` som er en del av standardbiblioteket i Python. Om du har fulgt emnet har du allerede installert rammeverket på din datamaskin (se kursnotatene om [grafikk](#) for instruksjoner om installasjon).

Vi beveger oss nå videre fra subpakken «simple» som vi lærte om tidligere, og skal i stedet benytte subpakken «event_app» som gir oss mulighet til å lage interaktive grafiske applikasjoner. Selve funksjonene for å tegne på canvas vil fungere på samme måte som før; forskjellen er at vi nå også kan skrive kode som reagerer på brukerens handlinger.

Første eksempel: tell antall tastetrykk

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    # app_started: kjøres én gang når programmet starter.
```

```

# Her oppretter vi variabler i `app` og gir dem initiell verdi.
app.counter = 0

def key_pressed(app, event):
    # key_pressed: kjøres hver gang en tast trykkes.
    # Vi kan endre variabler i `app` her.
    app.counter += 1

def redraw_all(app, canvas):
    # redraw_all: kode for å tegne noe på skjermen. Kjøres vanligvis
    # flere ganger i sekundet.
    # Vi kan benytte (se på) variablene i `app` her, men ikke endre dem.
    canvas.create_text(
        app.width/2, app.height/2,
        text=f'{app.counter} tastetrykk',
        font='Arial 30 bold'
    )

run_app(width=300, height=100)

```

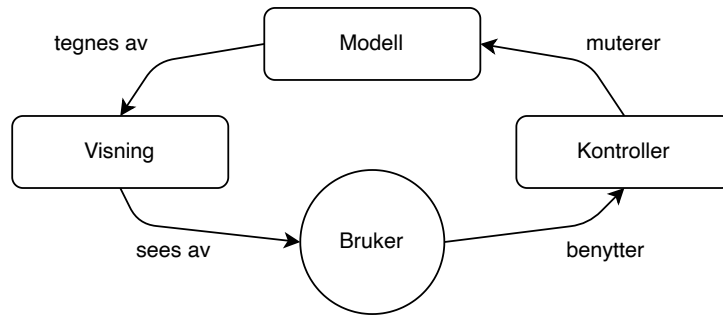
Kopier



Model-View-Controller

Når man skriver programmer med grafiske brukergrensesnitt, kan koden fort bli rotete og uoversiktlig. For å hjelpe oss å skrive oversiktlig kode det er mulig å feilsøke, benytter vi oss av et prinsipp som kalles *model-view-controller* (MVC). I dette paradigmet er det tre sentrale begreper:

- **Modell.** En modell er en samling med variabler og data som representerer tilstanden til programmet. I eksempelet over er objektet `app` modellen, og funksjonen `app_started` er ansvarlig for å opprette variablene i den.
- **Visning.** Funksjoner for å tegne noe på skjermen, fortrinnsvis basert på variablene og dataen i modellen. I eksempelet over er det funksjonen `redraw_all` som er visningen.
- **Kontroller.** Funksjoner som responderer på tastetrykk, museklikk, klokkeslag/timer eller andre hendelser og oppdaterer modellen på bakgrunn av dette. I eksempelet over er funksjonen `key_pressed` en kontroller, men det finnes også mange andre (for eksempel `mouse_pressed` og `timer_fired` som introduseres litt senere).



I vårt MVC-baserte rammeverk `uib_inf100_graphics` må koden vi skriver forholde seg til følgende kjøreregler:

- Aldri gjør et kall til en kontroller-funksjon (f. eks. `key_pressed`, `mouse_pressed`, `timer_fired`) eller til `redraw_all` på egen hånd. Rammeverket gjør dette for deg automatisk. I eksempelet over, legg merke til at det eneste funksjonskallet vi gjør selv er til `run_app`.
- Kontroller-funksjonene skal kun oppdatere modellen (*app*), de skal *ikke* oppdatere visningen.
- Visningen skal kun tegne ting på skjermen, den skal *ikke* endre på noe i modellen (*app*).
- Variabler i modellen (*app*) opprettes første gang i funksjonen `app_started`.

Dersom du bryter noen av disse reglene, kalles det *brudd med MVC* (engelsk: MVC violation). Hvis rammeverket vårt oppdager et slikt brudd, vil det umiddelbart stoppe programmet og vise en feilmelding.

PS: Bruk av rammeverket vårt hjelper deg å følge MVC, men gir ingen garantier. Med andre ord, det er fullt mulig å bryte MVC med vårt rammeverk uten å få en feilmelding. Å bryte MVC er dårlig stil og gjør koden din uoversiktlig og vanskelig å feilsøke; så ikke gjør det selv om det teknisk sett er mulig.

Identifisering av tastetrykk

Tastetrykk kan være forskjellige. Vi kan se hvilken tast som ble trykket ved å se på verdien `event.key` som er en streng som beskriver tasten. Under er et program som lar oss se hvilken streng dette er når vi trykker på en tast.

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.message = 'Press any key'

def key_pressed(app, event):
    app.message = f"event.key == '{event.key}'"

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 40, text=app.message,
                      font='Arial 20 bold')

key_names_text = '''\
Here are the legal event.key names:
* Keyboard key labels (letters, digits, punctuation)
```

```
* Arrow directions ('Up', 'Down', 'Left', 'Right')
* Whitespace ('Space', 'Enter', 'Tab', 'BackSpace')
* Other commands ('Delete', 'Escape')'''
```

```
canvas.create_text(
    app.width/2, 80,
    text=key_names_text,
    anchor="n",
    font='Arial 16'
)
```

```
run_app(width=500, height=250)
```

 Kopier



Flytte en prikk med piltastene

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.cx = app.width/2
    app.cy = app.height/2
    app.r = 40

def key_pressed(app, event):
    if (event.key == 'Left'):
        app.cx -= 10
    elif (event.key == 'Right'):
        app.cx += 10

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text='Flytt med piltaster høyre/venstre')
    canvas.create_oval(app.cx-app.r, app.cy-app.r,
                      app.cx+app.r, app.cy+app.r,
                      fill='lightblue')
```

```
run_app(width=300, height=200)
```

[Kopier](#)

```
# I denne versjonen kan ikke ballen flytte seg ut av lerretet

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.cx = app.width/2
    app.cy = app.height/2
    app.r = 40

def key_pressed(app, event):
    if (event.key == 'Left'):
        app.cx -= 10
        if (app.cx - app.r < 0):
            app.cx = app.r
    elif (event.key == 'Right'):
        app.cx += 10
        if (app.cx + app.r > app.width):
            app.cx = app.width - app.r

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text='Flytt med piltaster høyre/venstre')
    canvas.create_text(app.width/2, 40,
                       text='Ballen kan ikke kan flytte seg ut av vinduet')
    canvas.create_oval(app.cx-app.r, app.cy-app.r,
                      app.cx+app.r, app.cy+app.r,
                      fill='lightblue')

run_app(width=300, height=200)
```

[Kopier](#)

```

# I denne versjonen kommer ballen tilbake på motsatt side

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.cx = app.width/2
    app.cy = app.height/2
    app.r = 40

def key_pressed(app, event):
    if (event.key == 'Left'):
        app.cx -= 10
        if (app.cx + app.r <= 0):
            app.cx = app.width + app.r
    elif (event.key == 'Right'):
        app.cx += 10
        if (app.cx - app.r >= app.width):
            app.cx = 0 - app.r

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text='Flytt med piltaster høyre/venstre')
    canvas.create_text(app.width/2, 40,
                       text='Ballen kommer rundt på motsatt side')
    canvas.create_oval(app.cx-app.r, app.cy-app.r,
                      app.cx+app.r, app.cy+app.r,
                      fill='lightblue')

run_app(width=300, height=200)

```

 Kopier

```

# I denne versjonen kan ballen bevege seg i to dimensjoner

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.cx = app.width/2
    app.cy = app.height/2
    app.r = 40

def key_pressed(app, event):
    if (event.key == 'Left'):    app.cx -= 10
    elif (event.key == 'Right'): app.cx += 10
    elif (event.key == 'Up'):    app.cy -= 10
    elif (event.key == 'Down'):  app.cy += 10

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text='Flytt med piltaster høyre/venstre/opp/ned')
    canvas.create_oval(app.cx-app.r, app.cy-app.r,
                      app.cx+app.r, app.cy+app.r,
                      fill='lightblue')

```

```
run_app(width=300, height=200)
```

[Kopier](#)

Flytte en prikk med museklikk

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.cx = app.width/2
    app.cy = app.height/2
    app.r = 40

def mouse_pressed(app, event):
    app.cx = event.x
    app.cy = event.y

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text='Flytt ved å klikke med musen')
    canvas.create_oval(app.cx-app.r, app.cy-app.r,
                      app.cx+app.r, app.cy+app.r,
                      fill='lightblue')

run_app(width=300, height=200)
```

[Kopier](#)

Flytte en prikk med timer

Funksjonen `timer_fired` demonstrert her regnes som en kontroller, selv om det ikke strengt tatt er brukerens handling som gjør at metoden kalles; i stedet er det rammeverket `uib_inf100_graphics` selv som «opptrer som en bruker» ved å periodisk kalle denne funksjonen med et fast intervall.

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.cx = app.width/2
    app.cy = app.height/2
    app.r = 40

def timer_fired(app):
    app.cx -= 10
    if (app.cx + app.r <= 0):
        app.cx = app.width + app.r

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text='Prikken flytter seg automatisk')
    canvas.create_oval(app.cx-app.r, app.cy-app.r,
                      app.cx+app.r, app.cy+app.r,
```

```
fill='lightblue')

run_app(width=300, height=200)
```

[Kopier](#)

Endre hastighet for timer

Som standard kalles funksjonen `timer_fired` med et intervall på 100 millisekunder (dvs. 10 ganger i sekundet). Vi kan endre dette ved å endre på variabelen `app.timer_delay`. Vi kan endre variabelens verdi i `app_started` eller (for å dynamisk endre hastigheten) i en kontroller-funksjon.

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.timer_delay = 128 # milliseconds
    app.cx = app.width/2
    app.cy = app.height/2 + 15
    app.r = 40

def key_pressed(app, event):
    if event.key == "Up":
        app.timer_delay *= 2
        app.timer_delay = max(app.timer_delay, 1)
    elif event.key == "Down":
        app.timer_delay //= 2

def timer_fired(app):
    app.cx -= 10
    if (app.cx + app.r <= 0):
        app.cx = app.width + app.r

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text=f"{app.timer_delay}")
    canvas.create_text(app.width/2, 40,
                       text=f"Trykk pil opp/ned for å doble/halvere delay")
    canvas.create_oval(app.cx-app.r, app.cy-app.r,
                      app.cx+app.r, app.cy+app.r,
                      fill='lightblue')

run_app(width=300, height=200)
```

[Kopier](#)

Legg merke til at hastigheten på animasjonen ikke endres vesentlig når vi kommer ned til delay-verdier i nærheten av 0. Det er fordi det på en vanlig datamaskin med moderne spesifikasjoner fremdeles tar et par millisekunder å faktisk tegne skjermbildet, og da betyr ventetiden vi har mellom hvert kall mindre og mindre.

Timeren i `uib_inf100_graphics` fungerer omtrent slik: først kalles `timer_fired`, og umiddelbart etter kallet er ferdig, kalles `redraw_all`. Når kallet til `redraw_all` er ferdig, venter timeren i `app.timer_delay` millisekunder, og begynner deretter på nytt. Tiden det tar mellom hvert nye kall til `timer_fired` kan derfor grovt sett regnes ut som

- tiden det tar å kalle `timer_fired`, pluss
- tiden det tar å kalle `redraw_all`, pluss
- antall millisekunder definert i `app.timer_delay`.

Ventetiden kan også påvirkes av andre forhold, slik som prosessorbelastningen din datamaskin er utsatt for av andre kontroller-funksjoner eller til og med av andre programmer som kjøres samtidig på datamaskinen.

Sette timer på pause

Nyttig for feilsøking av animasjoner!

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.cx = app.width/2
    app.cy = app.height/2 + 15
    app.r = 40
    app.paused = False

def timer_fired(app):
    if not app.paused:
        do_step(app)

def do_step(app):
    app.cx -= 10
    if (app.cx + app.r <= 0):
        app.cx = app.width + app.r

def key_pressed(app, event):
    if event.key == 'p':
        app.paused = not app.paused
    elif event.key == 'Space' and app.paused:
        do_step(app)

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text='Prikken flytter seg automatisk')
    canvas.create_text(app.width/2, 40,
                       text='Trykk p for å sette på pause')
    canvas.create_text(app.width/2, 60,
                       text='Trykk mellomrom for å ta steg i pausen')
    canvas.create_oval(app.cx-app.r, app.cy-app.r,
                      app.cx+app.r, app.cy+app.r,
                      fill='lightblue')

run_app(width=300, height=200)
```

Brudd med MVC

Vi kan ikke endre modellen i `redraw_all`.

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.x = 42

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text='Et brudd med MVC')

    app.x = 10 # Her er bruddet! Ikke lov å endre modellen i visningen

run_app(width=300, height=200)
```

Kopier

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.x = [42, 43]

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text='Også et brudd med MVC')

    app.x[0] = 99 # Her er bruddet! Ikke lov å mutere noe i modellen her

run_app(width=300, height=200)
```

Kopier

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.x = [42, 43]

def key_pressed(app, event):
    mutany(app) # Det er ikke MVC-brudd når mutany kalles fra en kontroller

def mutany(app):
    app.x.append(42) # Her skjer selve MVC-bruddet

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
```

```
        text='Enda et brudd med MVC!')
canvas.create_text(app.width/2, 40,
                   text='Trykk på en tast et par ganger')
canvas.create_text(app.width/2, 60,
                   text=f'{app.x=}')

if len(app.x) == 5:
    mutany(app) # Under dette kallet skjer det et MVC-brudd

run_app(width=300, height=200)
```

 Kopier

Legg merke til at feilmeldingen (se under) ikke spesifiserer i hvilken funksjon bruddet skjer (nemlig i *mutany* -funksjonen), bare at det skjedde under utførelsen av *redraw_all*. Når du får en slik feilmelding, må du altså også undersøke at ingen av hjelpefunksjonene som benyttes muterer modellen.

```
Traceback (most recent call last):
  No traceback available. Error occurred in redraw_all.
Exception: MVC Violation: you may not change the app state (the model) in redraw_all (
```

Det er noen brudd med MVC rammeverket vårt ikke vil avsløre, men som likevel er brudd med MVC som *må* unngås for å beholde god kodelstil. For eksempel:

- Skrive til en global variabel i visningen (*redraw_all*), eller
- Skrive til en ekstern ressurs i visningen (*redraw_all*): for eksempel bruk av filer eller kommunikasjon med andre prosesser eller nettverkskommunikasjon. Alt slikt skal skje i kontroller-funksjoner for å unngå brudd med MVC.

Bilder

Du kan benytte alle de samme metodene og hjelpefunksjonene for å laste og vise bilder som vi kjenner fra [kursnotatene om grafikk](#), men:

- **Ikke last inn bildet i *redraw_all*.** Dette vil føre til at bildet lastes inn på nytt hver gang skjermen tegnes på nytt; fordi lasting av bilder (både fra fil og fra internett) er svært tidkrevende, vil dette føre til at programmet ditt blir tregt og lite responsivt.

I stedet bør du laste inn alle bildene du trenger i *app_started*. Da vil bildene lastes inn én gang, og deretter kan du bruke dem som du vil i *redraw_all*.

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http

def app_started(app):
    # Laster alle bilder vi kan tenke oss å bruke
    app.image_yellow = load_image_http('https://tinyurl.com/inf100yellowghost')
    app.image_black = load_image_http('https://tinyurl.com/inf100blackghost')

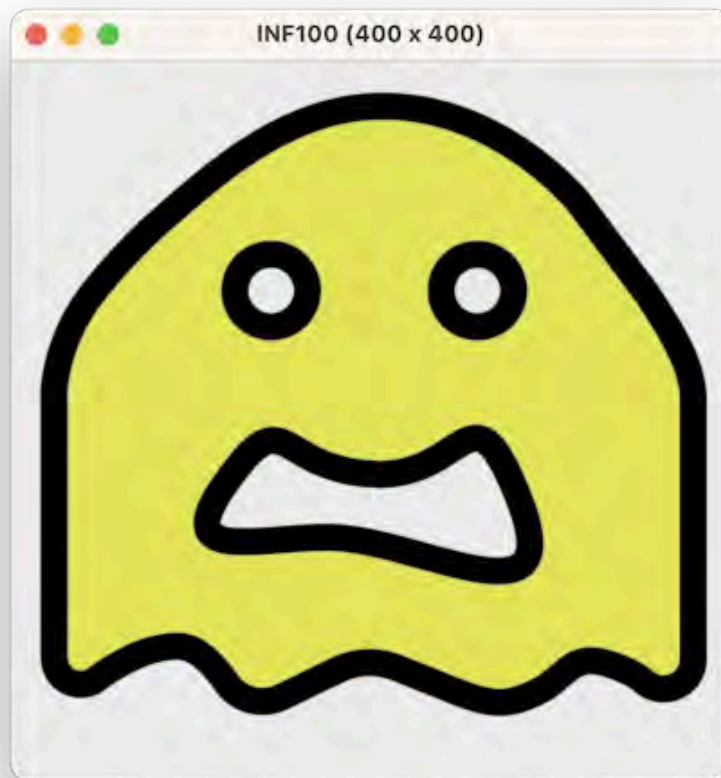
    # Selve modellen
```

```
app.use_yellow_image = True

def key_pressed(app, event):
    app.use_yellow_image = not app.use_yellow_image

def redraw_all(app, canvas):
    image = app.image_yellow if app.use_yellow_image else app.image_black
    canvas.create_image(
        app.width / 2,
        app.height / 2,
        pil_image=image,
    )

run_app(width=400, height=400)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Eksempel: legg til og fjern prikker

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.circle_centers = [ ]

def mouse_pressed(app, event):
    new_circle_center = (event.x, event.y)
    app.circle_centers.append(new_circle_center)
```

```

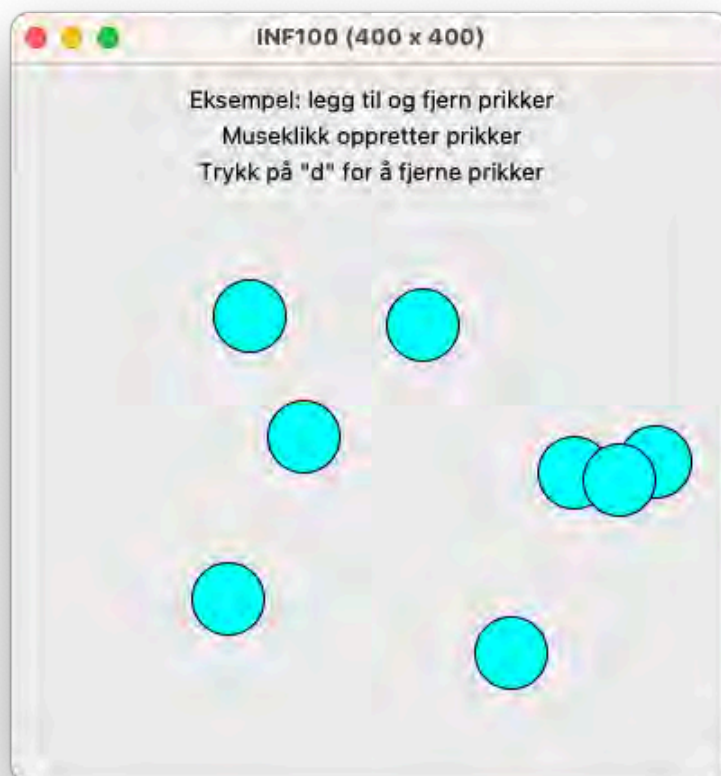
def key_pressed(app, event):
    if (event.key == 'd'):
        if (len(app.circle_centers) > 0):
            app.circle_centers.pop(0)
        else:
            print('Ingen flere prikker å fjerne!')

def redraw_all(app, canvas):
    # tegn prikkene
    for circle_center in app.circle_centers:
        (cx, cy) = circle_center
        r = 20
        canvas.create_oval(cx-r, cy-r, cx+r, cy+r, fill='cyan')
    # tegn teksten
    canvas.create_text(app.width/2, 20,
                       text='Eksempel: legg til og fjern prikker')
    canvas.create_text(app.width/2, 40,
                       text='Museklikk oppretter prikker')
    canvas.create_text(app.width/2, 60,
                       text='Trykk på "d" for å fjerne prikker')

run_app(width=400, height=400)

```

Kopier



Eksempel: sprettende figur

```

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

```

```

def app_started(app):
    app.square_left = app.width//2
    app.square_top = app.height//2
    app.square_size = 25
    app.dx = -4
    app.dy = 5
    app.is_paused = False
    app.timer_delay = 25 # millisekunder

def key_pressed(app, event):
    if event.key == "p":
        app.is_paused = not app.is_paused
    elif event.key == "s":
        do_step(app)

def timer_fired(app):
    if not app.is_paused:
        do_step(app)

def do_step(app):
    # Flytt horisontalt
    app.square_left += app.dx

    # Sjekk om firkanten har gått utenfor lerretet, og hvis ja, snu
    # retning; men flytt også firkanten til kanten (i stedet for å gå
    # forbi). Merk: det finnes andre, mer sofistikerte måter å håndtere
    # at rektangelet går forbi kanten...
    if app.square_left < 0:
        # snu retningen!
        app.square_left = 0
        app.dx = -app.dx
    elif app.square_left > app.width - app.square_size:
        app.square_left = app.width - app.square_size
        app.dx = -app.dx

    # Flytt vertikalt på samme måte
    app.square_top += app.dy
    if app.square_top < 0:
        # snu retningen!
        app.square_top = 0
        app.dy = -app.dy
    elif app.square_top > app.height - app.square_size:
        app.square_top = app.height - app.square_size
        app.dy = -app.dy

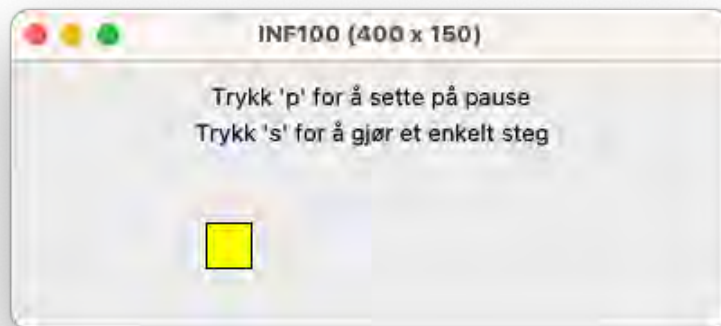
def redraw_all(app, canvas):
    # tegn firkanten
    canvas.create_rectangle(
        app.square_left,
        app.square_top,
        app.square_left + app.square_size,
        app.square_top + app.square_size,
        fill="yellow",
    )

```

```
# tegn teksten
canvas.create_text(
    app.width/2, 20,
    text="Trykk 'p' for å sette på pause",
)
canvas.create_text(
    app.width/2, 40,
    text="Trykk 's' for å gjør et enkelt steg",
)

run_app(width=400, height=150)
```

Kopier



Eksempel: museklikk i rutenett

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.rows = 5
    app.cols = 8
    app.margin = 50 # margin rundt rutenettet
    app.selection = (-1, -1) # (row, col) for valgt rute, (-1,-1) for ingen

def point_in_grid(app, x, y):
    # returner True hvis piksel-koordinatet (x, y) er på innsiden av
    # rutenettet slik det blir tegnet i visningen.
    return ((app.margin <= x <= app.width-app.margin) and
            (app.margin <= y <= app.height-app.margin))

def get_cell(app, x, y):
    # "visning-til-modell"
    # returnerer (row, col) for ruten hvor piksel-koordinatet (x, y) hører
    # hjemme, eller (-1, -1) hvis koordinatet er utenfor rutenettet
    if (not point_in_grid(app, x, y)):
        return (-1, -1)
    grid_width = app.width - 2*app.margin
    grid_height = app.height - 2*app.margin
    cell_width = grid_width / app.cols
    cell_height = grid_height / app.rows
```

```

# Merk: vi trenger å konvertere til int her; det er ikke
# tilstrekkelig å benytte //, siden x, y, eller app.margin kan
# være flyttall, og da vil også // returnere flyttall
row = int((y - app.margin) / cell_height)
col = int((x - app.margin) / cell_width)

return (row, col)

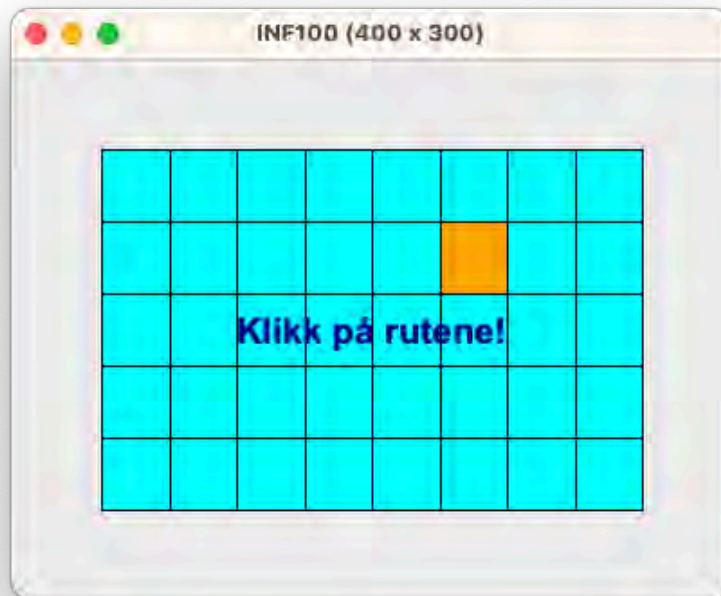
def get_cell_bounds(app, row, col):
    # "modell-til-visning"
    # returnerer (x0, y0, x1, y1), piksel-koordinater for hjørnene til
    # den gitte ruten
    grid_width = app.width - 2*app.margin
    grid_height = app.height - 2*app.margin
    column_width = grid_width / app.cols
    row_height = grid_height / app.rows
    x0 = app.margin + col * column_width
    x1 = app.margin + (col+1) * column_width
    y0 = app.margin + row * row_height
    y1 = app.margin + (row+1) * row_height
    return (x0, y0, x1, y1)

def mouse_pressed(app, event):
    (row, col) = get_cell(app, event.x, event.y)
    # velg denne ruten med mindre den allerede er valgt
    if (app.selection == (row, col)):
        app.selection = (-1, -1)
    else:
        app.selection = (row, col)

def redraw_all(app, canvas):
    # tegn alle rutene
    for row in range(app.rows):
        for col in range(app.cols):
            (x0, y0, x1, y1) = get_cell_bounds(app, row, col)
            fill = "orange" if (app.selection == (row, col)) else "cyan"
            canvas.create_rectangle(x0, y0, x1, y1, fill=fill)
    canvas.create_text(app.width/2, app.height/2, text="Klikk på rutene!",
                        font="Arial 20 bold", fill="darkBlue")

run_app(width=400, height=300)

```

Eksempel: knapper

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

#####
## Modellen ##
#####

def app_started(app):
    app.count = 0
    app.buttons = [
        # [x1, y1, x2, y2, "Navn på knapp", funksjon]
        [30, 30, 130, 60, "Opp", increase],
        [150, 30, 250, 60, "Ned", decrease]
    ]

#####
## Kontrollere ##
#####

def increase(app):
    app.count += 1

def decrease(app):
    app.count -= 1

def point_in_rectangle(x1, y1, x2, y2, x, y):
    return (min(x1, x2) <= x <= max(x1, x2)
            and min(y1, y2) <= y <= max(y1, y2))

def execute_button_action_if_clicked(app, button, mouse_x, mouse_y):
    x1, y1, x2, y2, label, func = button
```

```

    if point_in_rectangle(x1, y1, x2, y2, mouse_x, mouse_y):
        func(app)

def mouse_pressed(app, event):
    for button in app.buttons:
        execute_button_action_if_clicked(app, button, event.x, event.y)

#####
## Visning ##
#####

def redraw_all(app, canvas):
    # tegn knappene
    for button in app.buttons:
        draw_button(canvas, button)
    # tegn telleren
    canvas.create_text(app.width/2, app.height*2/3, text=f"{app.count}",
                       font="Arial 20")

def draw_button(canvas, button):
    x1, y1, x2, y2, label, func = button
    canvas.create_rectangle(x1, y1, x2, y2, fill="lightgray")
    mid_x = (x1 + x2) / 2
    mid_y = (y1 + y2) / 2
    canvas.create_text(mid_x, mid_y, text=label)

#####
## Kjør programmet ##
#####

run_app(width=280, height=140)

```

Kopier



Oversikt over kontroller-funksjoner

Rammeverket `uib_inf100_graphics.event_app` gir spesiell betydning til følgende funksjoner hvis de er definert i samme fil som `run_app` kalles i:

- `redraw_all(app, canvas)` en spesiell funksjon som kalles når skjermen skal tegnes på nytt. Denne funksjonen er ikke en kontroller-funksjon, men representerer visningen. Det vil være et brudd med MVC å endre på modellen i denne funksjonen.

I tillegg til `redraw_all`, gis det spesiell betydning til følgende funksjoner, som er knyttet til «kontroller»-funksjonalitet i programmet. I disse funksjonene kan vi endre på modellen (variabler i `app`) basert på brukerens handlinger:

Kontroller-funksjon	Beskrivelse
<code>app_started(app)</code>	Kjøres én gang når programmet starter. Det er her man bør opprette variablene i modellen første gang og gi dem initiell verdi.
<code>app_stopped(app)</code>	Kjøres én gang når programmet avsluttes.
<code>key_pressed(app, event)</code>	Kjøres hver gang en tast trykkes ned. Hvilken tast som ble trykket finnes i <code>event.key</code> .
<code>key_released(app, event)</code>	Kjøres hver gang en tast slippes opp. Hvilken tast som ble sluppet finnes i <code>event.key</code> .
<code>mouse_pressed(app, event)</code>	Kjøres hver gang musen trykkes <i>ned</i> . Musen posisjon på lerretet finnes i <code>event.x</code> og <code>event.y</code> .
<code>mouse_released(app, event)</code>	Kjøres hver gang musen slippes <i>opp</i> . Musen posisjon på lerretet finnes i <code>event.x</code> og <code>event.y</code> .
<code>mouse_dragged(app, event)</code>	Kjøres hver gang musen flyttes mens museknappen er trykket ned. Musen posisjon på lerretet finnes i <code>event.x</code> og <code>event.y</code> .
<code>mouse_moved(app, event)</code>	Kjøres hver gang musen flyttes uten at noen museknapp er trykket ned. Musen posisjon på lerretet finnes i <code>event.x</code> og <code>event.y</code> .
<code>timer_fired(app)</code>	Kjøres med jevne mellomrom. Intervallet funksjonen kalles med er definert av <code>app.timer_delay</code> (oppgitt i antall millisekunder).

Appendiks

Fant du ikke det du letet etter? Du kan også se [appendiks til grafiske brukergrensesnitt](#) for flere eksempler og mer informasjon om hvordan du kan lage grafiske brukergrensesnitt i Python ved hjelp av `uib_inf100_graphics`.



Appendiks til grafiske brukergrensesnitt

Innholdet på denne siden vil ikke komme på eksamen. Vi publiserer det her slik at dem som ønsker får se flere muligheter som finnes i `uib_inf100_graphics.event_app` -rammeverket.

Denne siden er appendiks til notatene om [grafiske brukergrensesnitt](#).

- [Innebygde tastaturlbindinger](#)
- [Brukerhendelser \(kontroller-funksjoner\)](#)
- [Dialogbokser og popup](#)
- [Bilder](#)
- [Animerte bilder](#)
- [Modus \(ulike skjermer\)](#)
- [Scrolling](#)
- [Spille av lyder](#)

Innebygde tastaturlbindinger

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.counter = 0

def timer_fired(app):
    app.counter += 1

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(200, 40, text='Tastaturlbindinger', font='Arial 20')
    canvas.create_text(200, 80, text='Trykk ctrl-p for pause')
    canvas.create_text(200, 120, text='Trykk ctrl-s for å ta skjermbilde')
    canvas.create_text(200, 260, text='Trykk ctrl-q for å lukke')
    canvas.create_text(200, 200, text='Trykk ctrl-x for å avslutte alt')
    canvas.create_text(200, 240, text=f'{app.counter}')

run_app(width=400, height=300) # ctrl-q fortsetter videre, ctrl-x gjør ikke
run_app(width=600, height=400)
```

[Kopier](#)



Brukerhendelser (kontroller-funksjoner)

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

def app_started(app):
    app.messages = ['app_started']

def app_stopped(app):
    app.messages.append('app_stopped')
    print('app_stopped!')

def key_pressed(app, event):
    app.messages.append('key_pressed: ' + event.key)

def key_released(app, event):
    app.messages.append('key_released: ' + event.key)

def mouse_pressed(app, event):
    app.messages.append(f'mouse_pressed {(event.x, event.y)}')

def mouse_released(app, event):
    app.messages.append(f'mouse_released {(event.x, event.y)}')

def mouse_moved(app, event):
    app.messages.append(f'mouse_moved {(event.x, event.y)}')

def mouse_dragged(app, event):
    app.messages.append(f'mouse_dragged {(event.x, event.y)}')
```

```

def size_changed(app):
    app.messages.append(f'size_changed {(app.width, app.height)}')

def redraw_all(app, canvas):
    font = 'Arial 20 bold'
    canvas.create_text(app.width/2, 30, text='Brukerhendelser', font=font)
    n = min(10, len(app.messages))
    i0 = len(app.messages) - n
    for i in range(i0, len(app.messages)):
        canvas.create_text(
            app.width / 2,
            100 + 50 * (i - i0),
            text=f'#{i}: {app.messages[i]}',
            font=font
        )

run_app(width=600, height=600)

```

 Kopier

Dialogbokser og popup

Rammeverket *uib_inf100_graphics* bygger på og er en forenklet versjon av *tkinter*. Dette gjør det er mulig å integrere komponenter som for eksempel [dialogbokser](#) og [meldingsbokser](#) fra *tkinter*.

```

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from tkinter import simpledialog, messagebox

def app_started(app):
    app.message = 'Klikk med musen for å starte!'
    app.count = 0

def timer_fired(app):
    app.count += 1

def mouse_pressed(app, event):
    name = simpledialog.askstring('Navn', 'Hva heter du?', parent=app._root)
    if name is None:
        app.message = 'Du avbrøt!'
    else:
        messagebox.showinfo('Info her', 'Du skrev: ' + name, parent=app._root)
        app.message = f'Hei, {name}!'

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(200, 30, text=app.message)
    canvas.create_text(200, 70, text=f'{app.count}')

run_app(width=400, height=200)

```

 Kopier



Bilder

```
# Vis et bilde hentet fra internett

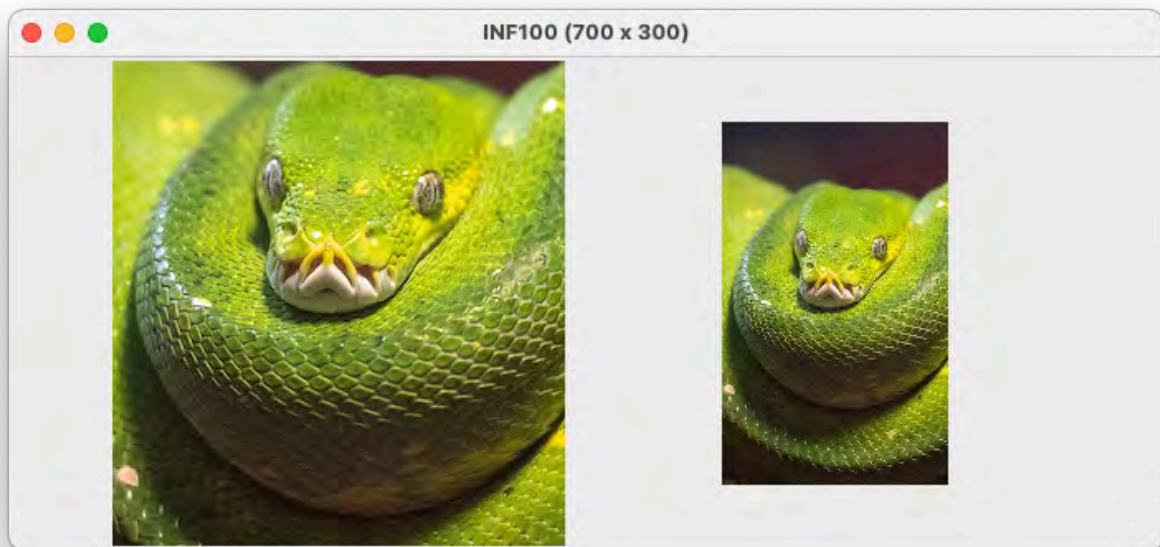
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http, scaled_image

def app_started(app):
    url = 'https://tinyurl.com/inf100logo-png'
    app.image1 = load_image_http(url)
    app.image2 = scaled_image(app.image1, 0.5)

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_image(200, 150, pil_image=app.image1)
    canvas.create_image(500, 150, pil_image=app.image2)

run_app(width=700, height=300)
```

 Kopier



For å vise et bilde lagret lokalt på datamaskinen, husk at filstien til bildet er relativ til mappen programmet kjøres fra, en mappe som ikke nødvendigvis er den samme mappen hvor programmet ligger. For å kjøre eksempelkode under, last ned [greensnake.png](#). Resultatet blir akkurat som over, men koden vil også fungere uten internett-tilgang.

```
# Vis et bilde lagret lokalt på datamaskinen

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image, scaled_image

def app_started(app):
    app.image1 = load_image('greensnake.png')
    app.image2 = scaled_image(app.image1, 0.5)

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_image(200, 150, pil_image=app.image1)
    canvas.create_image(500, 150, pil_image=app.image2)

run_app(width=700, height=300)
```

 Kopier

```
# Ankeret bestemmer hvor bildet tegnes i forhold til koordinatet (x, y)

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http, scaled_image

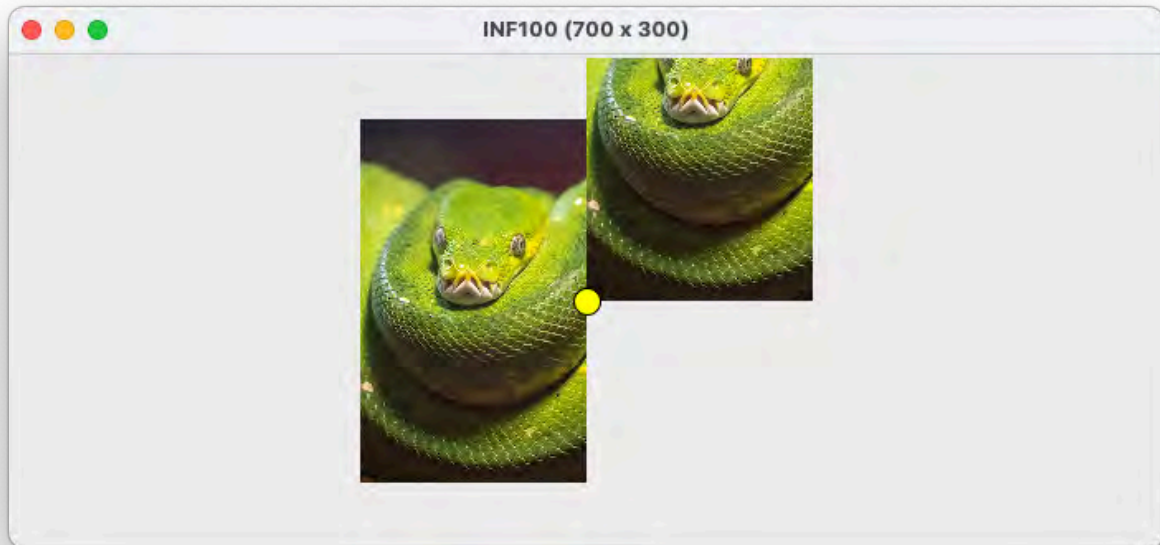
def app_started(app):
    url = 'https://tinyurl.com/inf100logo-png'
    app.image1 = load_image_http(url)
    app.image2 = scaled_image(app.image1, 0.5)
```



```
def redraw_all(app, canvas):
    x, y = app.width/2, app.height/2
    # Prøv ulike verdier for anchor:
    # 'n', 's', 'e', 'w', 'ne', 'nw', 'se', 'sw', 'center'
    canvas.create_image(x, y, pil_image=app.image2, anchor='e')
    canvas.create_image(x, y, pil_image=app.image2, anchor='sw')
    canvas.create_oval(x-8, y-8, x+8, y+8, fill='yellow')

run_app(width=700, height=300)
```

Kopier



```
# Finn bildet sin størrelse

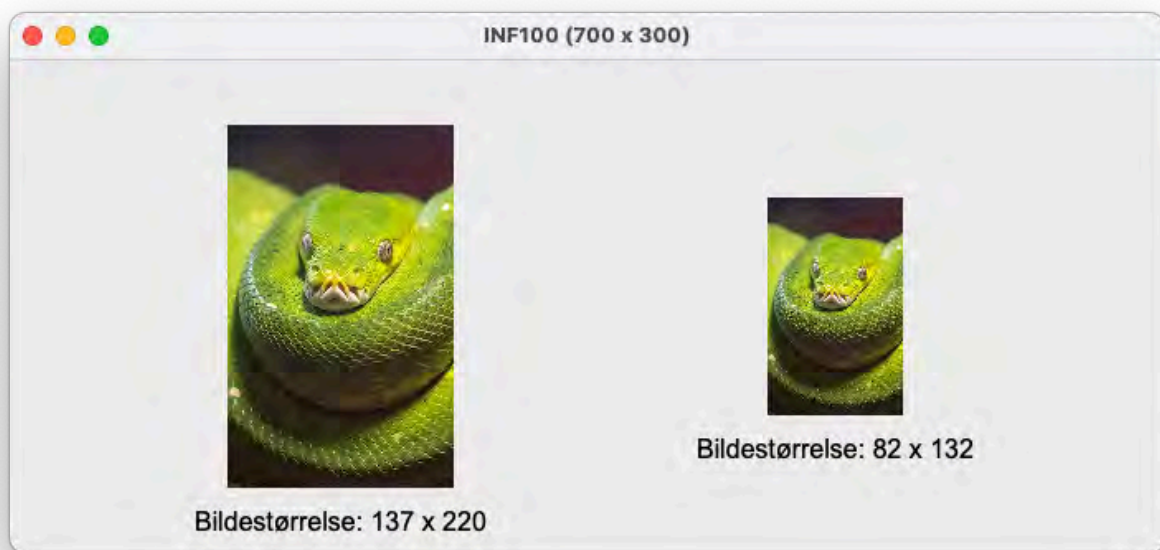
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http, scaled_image

def app_started(app):
    url = 'https://tinyurl.com/inf100logo-png'
    app.image1 = load_image_http(url)
    app.image2 = scaled_image(app.image1, 0.5)
    app.image3 = scaled_image(app.image1, 0.3)

def draw_image_with_size_below_it(app, canvas, image, cx, cy):
    canvas.create_image(cx, cy, pil_image=image)
    image_width, image_height = image.size
    msg = f'Bildestørrelse: {image_width} x {image_height}'
    canvas.create_text(cx, cy + image_height/2 + 20, text=msg, font='Arial 16')

def redraw_all(app, canvas):
    draw_image_with_size_below_it(app, canvas, app.image2, 200, 150)
    draw_image_with_size_below_it(app, canvas, app.image3, 500, 150)

run_app(width=700, height=300)
```



```
# Bruk transpose-metoden for å snu eller flippe et bilde

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http, scaled_image
from PIL import Image

def app_started(app):
    url = 'https://tinyurl.com/inf100logo-png'
    org_image = load_image_http(url)
    org_image = scaled_image(org_image, 1/5)

    # Rotere et bilde 90 grader
    rotated_image = org_image.transpose(Image.ROTATE_90)
    app.images = [org_image, rotated_image]

    # Flere måter å rotere/flippe et bilde på
    app.images += [org_image.transpose(tp_method) for tp_method in (
        Image.ROTATE_180,
        Image.ROTATE_270,
        Image.FLIP_LEFT_RIGHT,
        Image.TRANSPOSE,
        Image.FLIP_TOP_BOTTOM,
        Image.TRANSVERSE,
    )]

def redraw_all(app, canvas):
    allocated_width_per_image = app.width / len(app.images)
    for i, img in enumerate(app.images):
        x = (i + 0.5) * allocated_width_per_image
        y = app.height / 2
        canvas.create_image(x, y, pil_image=img)
```

```
run_app(width=700, height=200)
```

Kopier



```
# Hent farger med getpixel, og manipulér eller tegn nye bilder med putpixel

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http
from PIL import Image

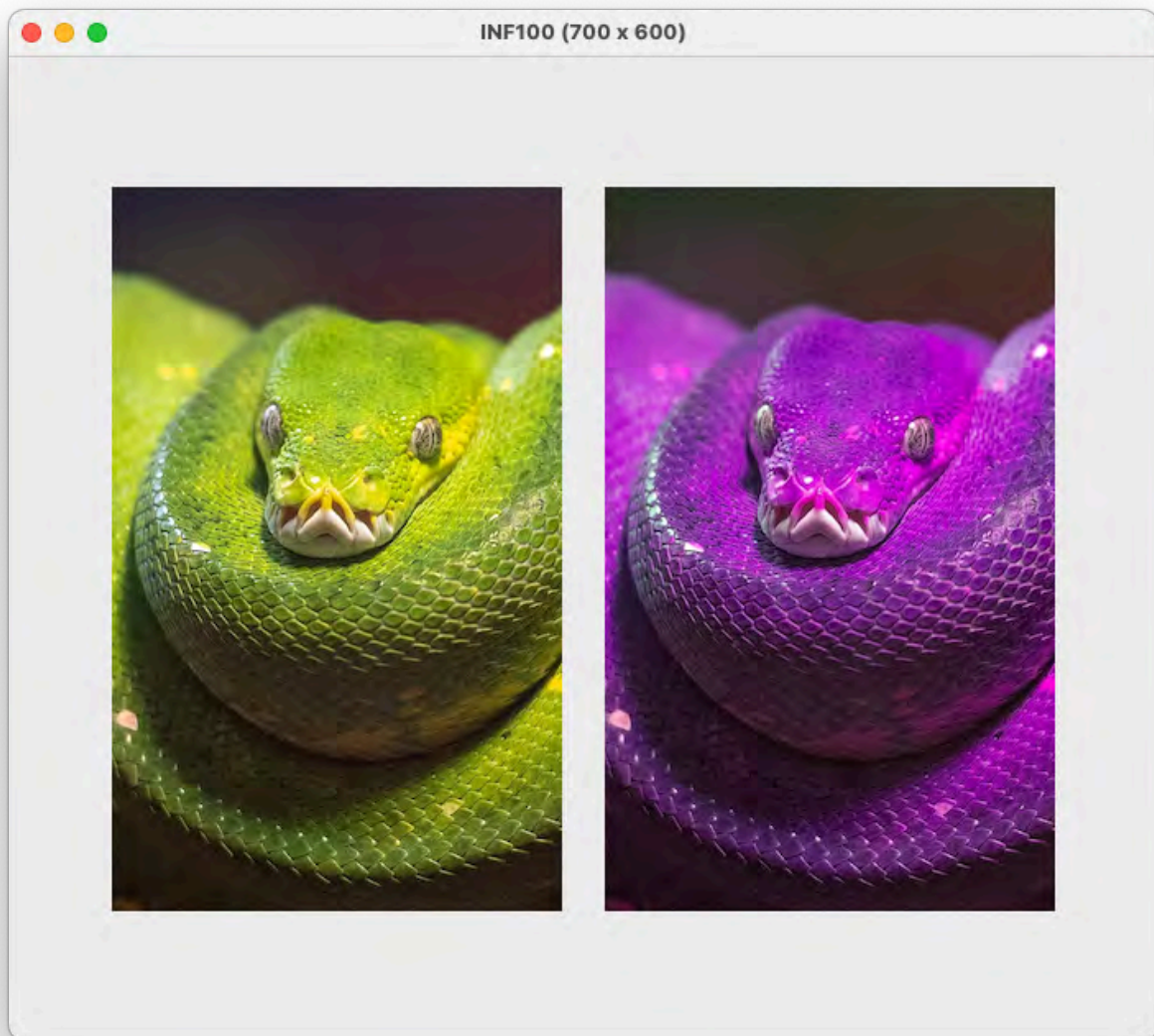
def app_started(app):
    url = 'https://tinyurl.com/inf100logo-png'
    app.image1 = load_image_http(url)

    # la oss lage en kopi som bytter om blå og grønn -verdier
    app.image1 = app.image1.convert('RGB')
    app.image2 = Image.new(mode='RGB', size=app.image1.size)
    for x in range(app.image2.width):
        for y in range(app.image2.height):
            r, g, b = app.image1.getpixel((x, y))
            app.image2.putpixel((x, y), (r, b, g)) # merk: b og g byttet plass

def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_image(200, 300, pil_image=app.image1)
    canvas.create_image(500, 300, pil_image=app.image2)

run_app(width=700, height=600)
```

Kopier



```
# Bruk ImageDraw for å lage nye bilder og tegne på dem

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import scaled_image
from PIL import Image, ImageDraw

def app_started(app):
    image_width, image_height = app.width//3, app.height//2
    bg_color = (0, 255, 255) # cyan
    app.image1 = Image.new('RGB', (image_width, image_height), bg_color)

    # Nå som vi har laget et nytt bilde, bruk ImageDraw for å tegne i det
    # Se https://pillow.readthedocs.io/en/stable/reference/ImageDraw.html
    draw = ImageDraw.Draw(app.image1)
    draw.line((0, 0, image_width, image_height), width=10, fill=(255, 0, 0))
    draw.line((0, image_height, image_width, 0), width=10, fill=(0, 0, 255))

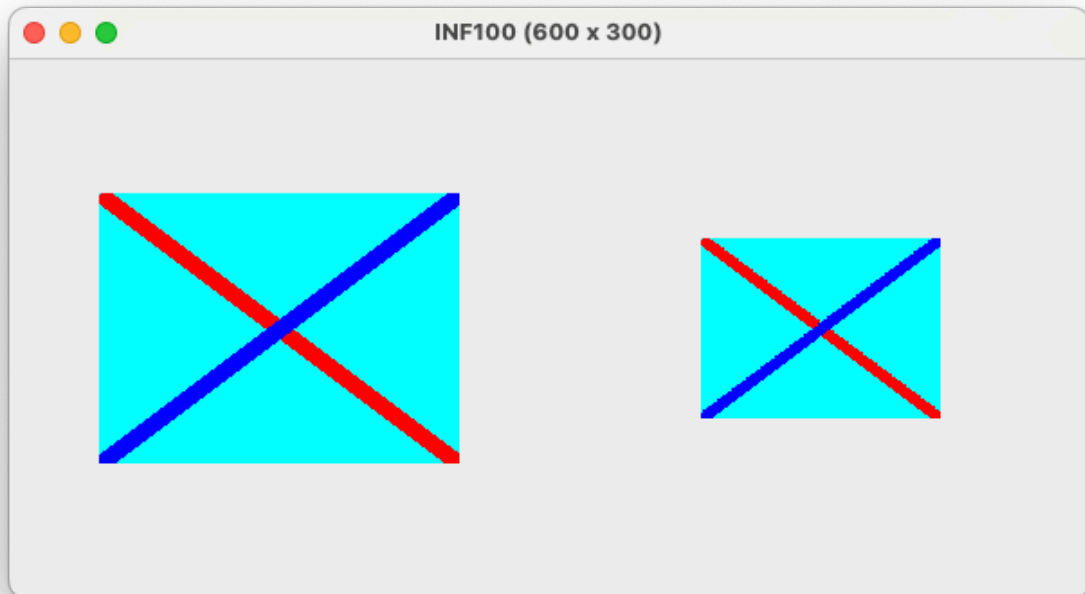
    # Så lager vi en skalert kopi for å vise at dette er et helt vanlig bilde
    app.image2 = scaled_image(app.image1, 2/3)

def redraw_all(app, canvas):
```

```
canvas.create_image(app.width/4, app.height/2, pil_image=app.image1)
canvas.create_image(app.width*3/4, app.height/2, pil_image=app.image2)

run_app(width=600, height=300)
```

 Kopier



```
# Bruk get_snapshot og save_snapshot for å ta bilde av programmet
# Merk: dette er litt ustabil på noen operativsystemer, og kan
# kreve at du gir programmet spesiell tilgang for å ta screenshot

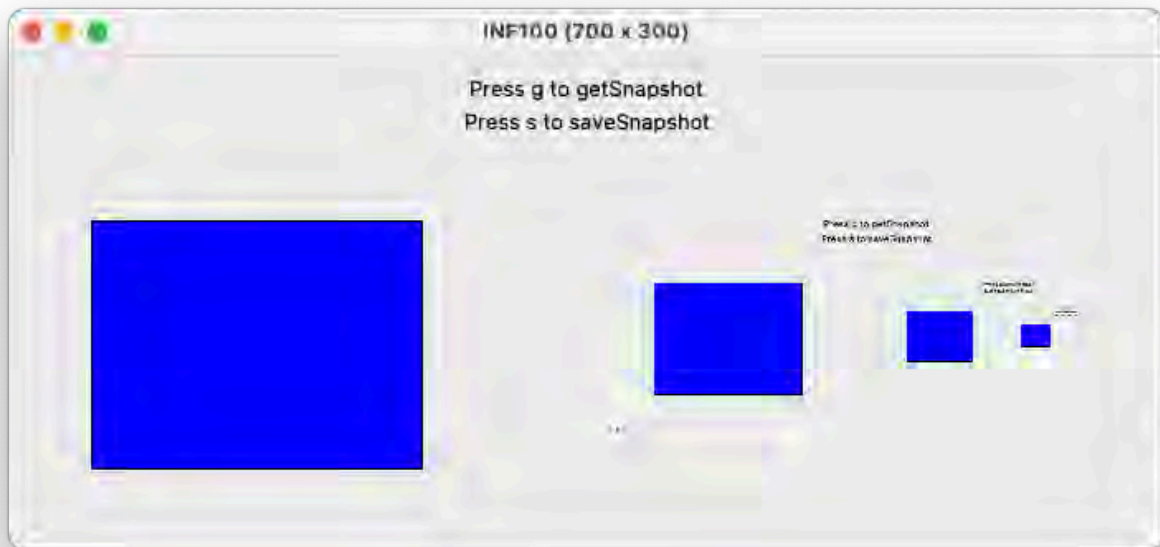
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import scaled_image

def app_started(app):
    app.image = None

def key_pressed(app, event):
    if (event.key == 'g'):
        snapshotImage = app.get_snapshot()
        app.image = scaled_image(snapshotImage, 0.45)
    elif (event.key == 's'):
        app.save_snapshot()

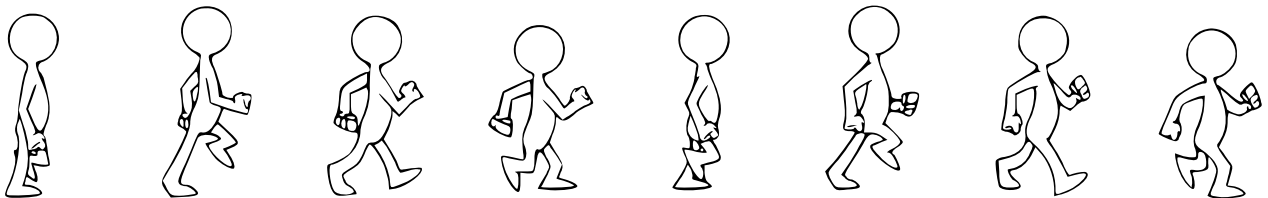
def redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(350, 20, text='Press g to get_snapshot', fill='black')
    canvas.create_text(350, 40, text='Press s to save_snapshot', fill='black')
    canvas.create_rectangle(50, 100, 250, 250, fill='blue')
    if app.image is not None:
        canvas.create_image(525, 160, pil_image=app.image)

run_app(width=700, height=300)
```

Animerte bilder

En *sprite* er et bilde/en tegning som representerer et objekt som utgjør en (liten) del av skjermbildet. I sammenheng med dataspill vil en sprite typisk være knyttet til et logisk element i spillet, slik som en figur, et hus, en fiende, en energidrikk, et stykke med gress eller lignende. Det er vanlig at sprites er animert; for eksempel en animasjon av at figuren går. En slik animasjon består av en sekvens med bilder som spilles av i ring. Under er et eksempel på en bildefil som representerer en animert figur.



Bilde: CC0, Walkin man figure av JayNick, via freesvg.org.

For å animere denne spriten, klipper vi opp bildet i 8 like store biter, og viser dem frem etter hverandre i et sirkulært mønster.

```
# En demo for å animere sprites med bruk av Pillow/PIL
# crop-metoden klipper ut en del av bildet
# Se her for flere detaljer:
# https://pillow.readthedocs.io/en/stable/reference/Image.html

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http

def app_started(app):
    # Bilde av JayNick, CC0, https://freesvg.org/walking-man-figure
    url = 'https://tinyurl.com/inf100-strekmann-png'
    spritestrip = load_image_http(url)
```

```

# Vi lager en liste som inneholder hvert av de 8 bildene separat
app.sprites = []
image_width, image_height = spritestrip.size
sprite_width = image_width / 8
for i in range(8):
    left_x = i * sprite_width
    right_x = left_x + sprite_width
    sprite = spritestrip.crop((left_x, 0, right_x, image_height))
    app.sprites.append(sprite)
app.sprite_counter = 0

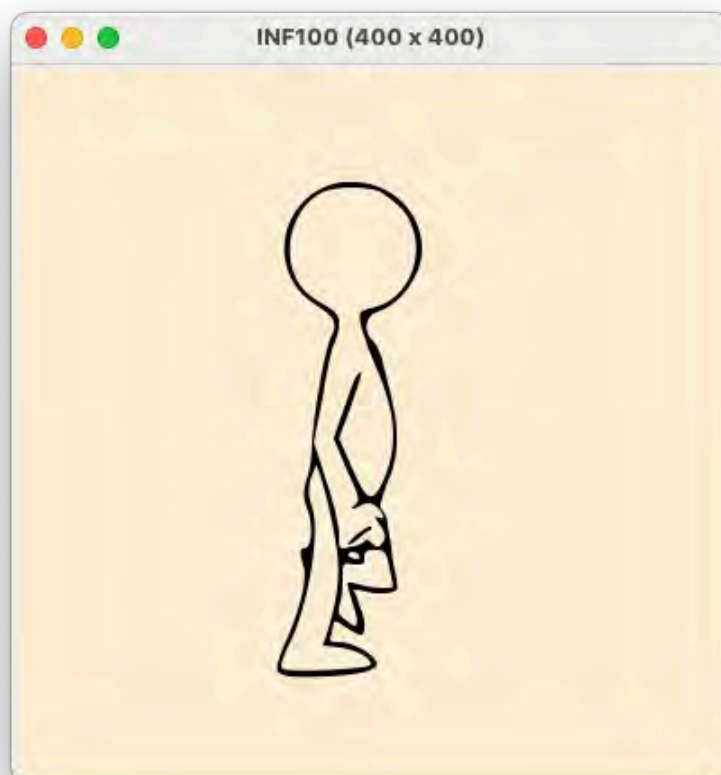
def timer_fired(app):
    # Gå til neste bilde i bilde-sekvensen
    app.sprite_counter = (1 + app.sprite_counter) % len(app.sprites)

def redraw_all(app, canvas):
    # Bakgrunnsfarge
    bg = 'papaya whip'
    canvas.create_rectangle(0, 0, app.width, app.height, fill=bg, outline='')
    # Tegn strekmann
    sprite = app.sprites[app.sprite_counter]
    canvas.create_image(200, 200, pil_image=sprite)

run_app(width=400, height=400)

```

 Kopier



Gif er en type bilder som er animert i utgangspunktet, slik som bildet under. Vi kan bruke animerte gif'er for å lage en animert sprite. Det er mulig å hente ut timing-informasjon for hvert stillbilde i gif'en, men det krever en del omtanke å få programmet ditt til å vise gif'en med riktig timing (det skjer ikke automatisk).



Bilde: CC0, «Traffic light» fra EditableGIFs.com

```
# En demo for å vise animert gif/apng sprites

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http
from datetime import datetime, timedelta

def app_started(app):
    animation = load_image_http('https://files.stromme.me/inf100/traffic.gif')
    app.frames = extract_frames(animation)
    app.frame_index = 0
    app.last_frame_switch = datetime.now()

def extract_frames(multiframe_image):
    '''Given an image with multiple frames (such as a gif), return a list of
    individual frames. The frames will be tagged with their original duration
    in the 'duration' property of the 'info' dictionary.'''
    frames = []
    i = 0
    while True:
        try:
            multiframe_image.seek(i)
        except EOFError:
            break
        duration = multiframe_image.info['duration']
        frames.append(multiframe_image.copy())
        frames[-1].info['duration'] = duration
        i += 1
    return frames

def timer_fired(app):
    maintain_animation(app)

def maintain_animation(app):
    '''Ensure that the animation is displayed at the intended speed.
    This method interprets the duration as a minimum display time for
    the frame, and will hence drift over time.'''
    current_frame = app.frames[app.frame_index]
    current_time = datetime.now()
    min_display_time = timedelta(milliseconds=current_frame.info['duration'])
    time_since_last_frame_switch = current_time - app.last_frame_switch
    if min_display_time < time_since_last_frame_switch:
```



```

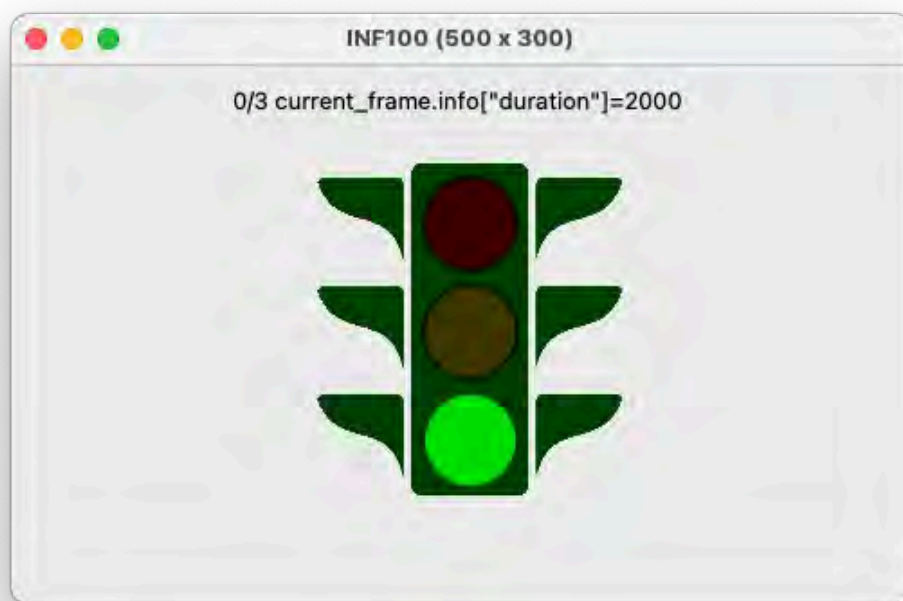
# Go to next frame
app.frame_index = (1 + app.frame_index) % len(app.frames)
app.last_frame_switch = current_time

def redraw_all(app, canvas):
    current_frame = app.frames[app.frame_index]
    canvas.create_image(app.width/2, app.height/2, pil_image=current_frame)
    canvas.create_text(app.width/2, 20, text=(
        f'{app.frame_index}/{len(app.frames)} '
        f'{current_frame.info["duration"]}= '
    ))

run_app(width=500, height=300)

```

 Kopier



Modus (ulike skjermer)

```

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_graphics.helpers import load_image_http, scaled_image
import random

#####
# Splash-skjerm -modus
#####

def splash_screen_mode_redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_image(
        app.width / 2,
        app.height / 2,
        pil_image=app.splash_image,

```

```

)
canvas.create_text(
    app.width / 2,
    app.height / 2,
    text=(
        'Demo av en modal applikasjon!\n'
        'Dette er en modal skjerm!\n'
        'Trykk en tast for å starte!'
    ),
    font=app.default_font,
    justify='center',
)

def splash_screen_mode_key_pressed(app, event):
    app.mode = 'game_mode'

#####
# Spill -modus
#####

def game_mode_redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(
        app.width / 2,
        10,
        text=(
            f'Poeng: {app.score}\n'
            'Klikk på rundingen!\n'
            'Trykk h for hjelpe-skjerm\n'
            'Trykk v for å bryte MVC'
        ),
        font=app.default_font,
        justify='center',
        anchor='n',
    )
    draw_dot(canvas, app.x, app.y, app.r, app.color)
    if app.make_MVC_violation:
        app.ohNo = 'Gjør et brudd med MVC skjer her!'

def game_mode_timer_fired(app):
    move_dot(app)

def game_mode_mouse_pressed(app, event):
    d = ((app.x - event.x)**2 + (app.y - event.y)**2)**0.5
    if d <= app.r:
        app.score += 1
        randomize_dot(app)
    elif app.score > 0:
        app.score -= 1

def game_mode_key_pressed(app, event):
    if event.key == 'h':
        app.mode = 'help_mode'
    elif event.key == 'v':
        app.make_MVC_violation = True

```

```
#####
# Hjelpeskjerm -modus
#####

def help_mode_redraw_all(app, canvas):
    canvas.create_text(
        app.width / 2,
        app.height / 2,
        text=(
            'Her er hjelpeskjermen!\n'
            '(hjelpsom melding her)\n'
            'Trykk en tast for å snu'
        ),
        font=app.default_font,
        justify='center',
    )

def help_mode_key_pressed(app, event):
    app.mode = 'game_mode'

#####
# Felles hjelpefunksjoner
#####

def randomize_dot(app):
    app.x = random.randrange(20, app.width - 20)
    app.y = random.randrange(20, app.height - 20)
    app.r = random.randrange(10, 20)
    app.color = random.choice(['red', 'orange', 'yellow', 'green', 'blue'])
    app.dx = random.choice([+1, -1]) * random.randrange(3, 7)
    app.dy = random.choice([+1, -1]) * random.randrange(3, 7)

def move_dot(app):
    app.x += app.dx
    if (app.x < 0) or (app.x > app.width):
        app.dx = -app.dx
    app.y += app.dy
    if (app.y < 0) or (app.y > app.height):
        app.dy = -app.dy

def draw_dot(canvas, x, y, r, color):
    canvas.create_oval(x - r, y - r, x + r, y + r, fill=color)

#####
# Oppstart av applikasjonen
#####

def app_started(app):
    splash_img_url = 'https://files.stromme.me/inf100/splashbox-alpha.png'
    app.splash_image = load_image_http(splash_img_url)
    app.splash_image = scaled_image(app.splash_image, 0.85)
    app.default_font = 'Arial 20'
    app.mode = 'splash_screen_mode'
    app.score = 0
    app.timer_delay = 50
```

```
app.make_MVC_violation = False
randomize_dot(app)

run_app(width=500, height=250)
```

 Kopier



Scrolling

```
# Sidelengs scrolling (hele verden beveger seg):

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
import random

def app_started(app):
    app.scroll_x = 0
    app.dots = []
    for _ in range(50):
        x = random.randrange(app.width)
        y = random.randrange(60, app.height)
        app.dots.append((x, y))

def key_pressed(app, event):
    if event.key == 'Left':
        app.scroll_x -= 5
    elif event.key == 'Right':
        app.scroll_x += 5

def redraw_all(app, canvas):
    # Tegn spilleren (som alltid er midt på skjermen)
    draw_dot(canvas, app.width/2, app.height/2, 10, 'cyan')

    # Tegn prikkene, sideforskjøvet med et offset scroll_x
    for (cx, cy) in app.dots:
        cx -= app.scroll_x # <-- Her sideforskyver vi prikkene på lerretet
```

```
draw_dot(canvas, cx, cy, 10, 'lightGreen')
```

```
# Tegn x- og y-aksen
```

```
x = app.width/2 - app.scroll_x # <-- Her sideforskyver vi
```

```
y = app.height/2
```

```
canvas.create_line(x, 0, x, app.height)
```

```
canvas.create_line(0, y, app.width, y)
```

```
# Tegn instruksjoner og debug-informasjon
```

```
x = app.width/2
```

```
canvas.create_text(x, 20, text='Bruk piltaster for å flytte spilleren')
```

```
canvas.create_text(x, 40, text=f'{app.scroll_x = }')
```

```
def draw_dot(canvas, x, y, r, color):
```

```
    canvas.create_oval(x - r, y - r, x + r, y + r, fill=color)
```

```
run_app(width=300, height=300)
```

Kopier



```
# Sidelengs scrolling når figuren er på vei ut av skjermen
```

```
from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
```

```
import random
```

```
def app_started(app):
```

```
    app.scroll_x = -app.width/2 # Initiell scroll slik at x=0 er sentrert
```

```
    app.scroll_margin = 50
```

```
    app.player_x = 0 # spillerens initielle posisjon
```

```
    app.dots = [(random.choice(range(-app.width//2, app.width//2)),  
                 random.choice(range(60, app.height))) for _ in range(50)]
```

```

def make_player_visible(app):
    # scroll skjermen så mye som nødvendig for at spilleren vises
    if (app.player_x < app.scroll_x + app.scroll_margin):
        app.scroll_x = app.player_x - app.scroll_margin
    if (app.player_x > app.scroll_x + app.width - app.scroll_margin):
        app.scroll_x = app.player_x - app.width + app.scroll_margin

def move_player(app, dx, dy):
    app.player_x += dx
    make_player_visible(app)

def key_pressed(app, event):
    if (event.key == "Left"):    move_player(app, -5, 0)
    elif (event.key == "Right"): move_player(app, +5, 0)

def redraw_all(app, canvas):
    # Tegn spilleren, sideforskjøvet med et offset scroll_x
    cx, cy, r = app.player_x, app.height/2, 10
    cx -= app.scroll_x # <-- Her sideforskyver vi spilleren
    canvas.create_oval(cx-r, cy-r, cx+r, cy+r, fill='cyan')

    # Tegn prikkene, sideforskjøvet med et offset scroll_x
    for (cx, cy) in app.dots:
        cx -= app.scroll_x # <-- Her sideforskyver vi prikkene
        canvas.create_oval(cx-r, cy-r, cx+r, cy+r, fill='lightGreen')

    # Tegn x- og y-aksen
    x = -app.scroll_x # <-- Her sideforskyver vi y-aksen
    y = app.height/2
    canvas.create_line(x, 0, x, app.height)
    canvas.create_line(0, y, app.width, y)

    # Tegn instruksjoner og debug-informasjon
    x = app.width/2
    canvas.create_text(x, 20, text='Use arrows to move left or right',
                       fill='black')
    canvas.create_text(x, 40, text=f'app.scroll_x = {app.scroll_x}',
                       fill='black')

run_app(width=300, height=300)

```

Kopier

```

# Sidelengs scrolling når figuren er på vei ut av skjermen
# Kollisjonsdeteksjon for spilleren

```

```

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app

```

```

def app_started(app):
    # Scrolling
    app.scroll_margin = 50
    app.scroll_x = -app.scroll_margin
    app.scroll_y = -app.height / 2

```

```

# Spiller – koordinate for hjørnet til venstre nederst
app.player_x = 0
app.player_y = 0
app.player_width = 10
app.player_height = 20

# Murer
app.walls = 5
app.wall_points = [0]*app.walls
app.wall_width = 20
app.wall_height = 40
app.wall_x_positions = [90 * (i + 1) for i in range(app.walls)]
app.current_wall_hit = -1 # -1 når ingen mur er truffet

def get_player_bounds(app):
    # returnerer absolutt-posisjon til spiller på et uendelig lerret
    # tar ikke hensyn til scrolling
    (x0, y1) = (app.player_x, app.player_y)
    (x1, y0) = (x0 + app.player_width, y1 - app.player_height)
    return (x0, y0, x1, y1)

def get_wall_bounds(app, wall):
    # returnerer absolutt-posisjon til en mur på et uendelig lerret
    # tar ikke hensyn til scrolling
    (x0, y1) = (app.wall_x_positions[wall], 0)
    (x1, y0) = (x0 + app.wall_width, y1 - app.wall_height)
    return (x0, y0, x1, y1)

def get_wall_hit(app):
    # returnerer hvilken mur spilleren er over for øyeblikket
    # merk: i større spill bør denne funksjonen optimeres til å kun
    # sjekke de objektene som er synlige.
    player_bounds = get_player_bounds(app)
    for wall in range(app.walls):
        wall_bounds = get_wall_bounds(app, wall)
        if bounds_intersect(app, player_bounds, wall_bounds):
            return wall
    return -1

def bounds_intersect(app, bounds_a, bounds_b):
    # return l2<=r1 and t2<=b1 and l1<=r2 and t1<=b2
    (ax0, ay0, ax1, ay1) = bounds_a
    (bx0, by0, bx1, by1) = bounds_b
    return ((ax1 >= bx0) and (bx1 >= ax0) and
            (ay1 >= by0) and (by1 >= ay0))

def check_for_new_wall_hit(app):
    # sjekk om vi treffer en ny mur for første gang
    wall = get_wall_hit(app)
    if (wall != app.current_wall_hit):
        app.current_wall_hit = wall
        if (wall >= 0):
            app.wall_points[wall] += 1

def make_player_visible(app):

```

```

# scroll for å gjøre spilleren synlig
m = app.scroll_margin
if (app.player_x < app.scroll_x + m):
    app.scroll_x = app.player_x - m
if (app.player_x > app.scroll_x + app.width - m - app.player_width):
    app.scroll_x = app.player_x - app.width + m + app.player_width
if (app.player_y < app.scroll_y + m + app.player_height):
    app.scroll_y = app.player_y - m - app.player_height
if (app.player_y > app.scroll_y + app.height - m):
    app.scroll_y = app.player_y - app.height + m

def move_player(app, dx, dy):
    app.player_x += dx
    app.player_y += dy
    make_player_visible(app)
    check_for_new_wall_hit(app)

def size_changed(app):
    make_player_visible(app)

def mouse_pressed(app, event):
    app.player_x = event.x + app.scroll_x - app.player_width/2
    app.player_y = event.y + app.scroll_y + app.player_height/2
    make_player_visible(app)
    check_for_new_wall_hit(app)

def key_pressed(app, event):
    if (event.key == "Left"):    move_player(app, -5, 0)
    elif (event.key == "Right"): move_player(app, +5, 0)
    elif (event.key == "Up"):    move_player(app, 0, -5)
    elif (event.key == "Down"):  move_player(app, 0, +5)

def redraw_all(app, canvas):
    sx = app.scroll_x
    sy = app.scroll_y

    # Tegn x-aksen
    line_y = -sy
    line_height = 5
    canvas.create_rectangle(0, line_y, app.width, line_y+line_height,
                           fill="black")

    # Tegn murene
    # (Merk: kan optimiseres til å kun tegne synlige murer)
    for wall in range(app.walls):
        (x0, y0, x1, y1) = get_wall_bounds(app, wall)
        fill = "orange" if (wall == app.current_wall_hit) else "pink"
        canvas.create_rectangle(x0-sx, y0-sy, x1-sx, y1-sy, fill=fill)
        (cx, cy) = ((x0+x1)/2 - sx, (y0 + y1)/2 - sy)
        canvas.create_text(cx, cy, text=str(app.wall_points[wall]),
                           fill='black')

        cy = line_y + 5
        canvas.create_text(cx, cy, text=str(wall), anchor=N, fill='black')

    # Tegn spilleren
    (x0, y0, x1, y1) = get_player_bounds(app)

```



```

canvas.create_oval(x0 - sx, y0 - sy, x1 - sx, y1 - sy, fill="cyan")

# Tegn instruksjonene
msg = "Bruk pilene eller musen for å flytte"
canvas.create_text(app.width/2, 20, text=msg, fill='black')

run_app(width=300, height=300)

```

 Kopier

Spille av lyder

For å spille av lyder må du først installere *pygame*, og så laste ned [uib_inf100_music.py](#) og legge den i samme mappe som python-filen du kjører. For å installere pygame:

- bruk kommandoen `pip install pygame` i terminalen (eksakt kommando kan variere litt mellom ulike operativsystem og hvordan python er installert på maskinen. Du kan også benytte samme skript du brukte for installasjon i [grafikk](#), men bytt ut *uib-inf100-graphics* med *pygame*)

For at eksempelet under skal virke, må du også laste ned [button.mp3](#) og [music.mp3](#) i samme mappe programmet kjøres fra (som ikke nødvendigvis er samme mappe hvor programmet ligger).

```

from uib_inf100_graphics.event_app import run_app
from uib_inf100_music import load_sound_effect, load_looping_sound, stop_all_sounds

def app_started(app):
    app.sound_effect = load_sound_effect('button.mp3')
    app.background_music = load_looping_sound('music.mp3')

def app_stopped(app):
    stop_all_sounds()

def key_pressed(app, event):
    match event.key:
        case 'b':
            # toggle background music
            if app.background_music.is_playing():
                app.background_music.stop()
            else:
                app.background_music.play()
        case 'e':
            # play sound effect
            app.sound_effect.play()
        case 's':
            # stop all sounds
            stop_all_sounds()
        case _ if event.key.isdigit():
            # set volume
            new_volume = float(event.key)/9
            app.background_music.set_volume(new_volume)

def redraw_all(app, canvas):
    text = (

```

```
f'{app.background_music.is_playing()=}\n'  
f'{app.background_music.get_volume()=}\n\n'  
'Trykk b for å starte/stoppe bakgrunnslyd\n'  
'Trykk e for å spille en lydeffekt\n'  
'Trykk s for å stoppe alle lyder\n'  
'Trykk 0-9 for å sette volum for bakgrunnslyd'  
)  
canvas.create_text(app.width/2, app.height/2, text=text, font='Arial 20')  
  
run_app(width=600, height=300)
```

 Kopier



Filer og CSV

Tekstfiler generelt

- [Skrive til og lese fra fil](#)
- [Hjelp, filen blir ikke funnet](#)

Komma-separerte verdier (CSV)

- [Enkel CSV -håndtering](#)
- [CSV som 2D-liste eller liste av oppslagsverk](#)
- [CSV-modulen](#)

Skrive til og lese fra fil

Den enkleste måten å lese og skrive filer er ved å bruke den innbygde modulen *pathlib*. Dette virker i Python 3.4 og nyere, og er den metoden vi anbefaler for de fleste tilfeller.

```
from pathlib import Path

# Skrive til en fil
content_string_a = 'Hei, verden!'
Path('minfil.txt').write_text(content_string_a, encoding='utf-8')

# Lese fra en fil
content_string_b = Path('minfil.txt').read_text(encoding='utf-8')
print(content_string_b) # Skriver ut 'Hei, verden!'
```

[Kopier](#)

Den navngitte parameteren `encoding=` bør alltid spesifiseres, ellers kan du få problemer når programmet kjøres på et annet operativsystem. Dersom du skriver til en fil, bør du alltid spesifisere `encoding='utf-8'`. Dersom du leser fra en fil, må du benytte samme koding som ble brukt da filen ble skrevet. Les mer i kursnotater om [unicode](#).

💡 Alternativ: `with open('myfile.txt', mode) as f`

Det er fremdeles mange som benytter `with ... as ...`-strukturen sammen med funksjonen `open` i stedet for å benytte *pathlib*-modulen for å lese og skrive til filer. Fordeler med denne metoden er at den er mer fleksibel for ekspert-bruk, og du trenger ikke å importere noe for å bruke den. Ulempen er at den er litt mer kompleks og tar større plass å skrive.

Open-funksjonen tar inn et filnavn/sti til en fil samt en *modus* og returnerer et «filobjekt». Filobjektet kan vi bruke for å lese fra eller skrive til filen. For å skrive til filen bruker vi modus `'wt'`

og metoden `write` på filobjektet, mens for å lese fra filen bruker vi modus `'rt'` og metoden `read` på filobjektet.

```
# Skrive til en fil
with open('minfil.txt', 'wt', encoding='utf-8') as fileobj:
    fileobj.write('Hei, verden!')

# Lese fra en fil
with open('minfil.txt', 'rt', encoding='utf-8') as fileobj:
    content = fileobj.read()
print(content) # Skriver ut 'Hei, verden!'
```

 Kopier

Noen vanlige moduser for filobjektet er:

- `'r'` : åpner filen for lesing (read)
- `'w'` : åpner filen for skriving (write). Hvis filen ikke eksisterer, opprettes den. Hvis filen eksisterer, overskrives den.
- `'a'` : åpner filen for skriving (append). Hvis filen ikke eksisterer, opprettes den. Hvis filen eksisterer, legges det nye innholdet til på slutten av filen.
- `'x'` : åpner filen for skriving (exclusive). Hvis filen ikke eksisterer, opprettes den. Hvis filen eksisterer fra før, krasjer programmet.

I tillegg kan vi spesifisere om filen skal åpnes i tekstmodus eller binærmodus ved å legge til `'t'` eller `'b'` i modus-strengen. For eksempel `'wt'` eller `'wb'`.

- `'t'` : åpner filen i tekstmodus (text). Dette er standard, og trenger derfor egentlig ikke å spesifiseres. Benytt denne modusen hvis du skal lese eller skrive tekst, som f. eks. `.txt`, `.csv`, `.json`, `.html`, `.xml`, `.py` etc.
- `'b'` : åpner filen i binærmodus (binary). Dette er nødvendig hvis du skal lese eller skrive binære filer (f. eks. bilder, lyd, video, etc.).

Hjelp, filen blir ikke funnet

Når du kjører et Python-program, kjører programmet «i» en mappe som kalles *current working directory* (cwd). Du kan se hvilken mappe dette er med koden:

```
from pathlib import Path
cwd = Path.cwd()
print(cwd)
```

 Kopier

Denne mappen blir bestemt av programmet som *starter* Python. For eksempel hvis du bruker VSCode for å starte Python, vil terminalen være i den samme mappen som VSCode er åpnet i (den som er nevnt med STORBOKSTAVER i filutforskeren til venstre). Cwd har altså ikke noen sammenheng med hvilken mappe filen som kjøres ligger i.

Når Python får beskjed om å åpne en fil, vil den tolke filstien som blir oppgitt *relativt til* cwd. For eksempel, hvis filstien er kun et filnavn, antas det at filen ligger i cwd.

💡 Eksempel: filen lagres uventet sted

La oss si at vi har følgende filstruktur:

```
topfolder/  
  foo.txt  
  subfolder/  
    myscript.py  
    qux.txt
```

I skriptet *myscript.py* har vi følgende kode:

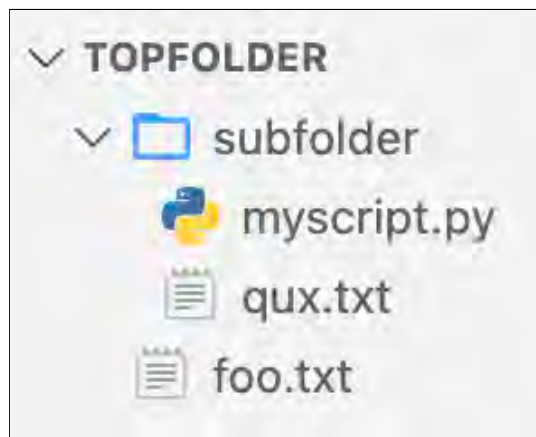
```
Path('bar.txt').write_text('Hello from bar.txt!', encoding='utf-8')
```

Kopier

Hvor vil da filen *bar.txt* bli opprettet? Svaret er: **det kommer an på**.

- Hvis du kjører *myscript.py* fra *topfolder* (altså hvis cwd er *topfolder*), vil filen *bar.txt* bli opprettet i *topfolder*.
- Hvis du kjører *myscript.py* fra *subfolder* (altså hvis cwd er *subfolder*), vil filen *bar.txt* bli opprettet i *subfolder*.

Dersom du kjører programmet fra VSCode, vil cwd være den mappen du har åpnet VSCode i. Hvis vi har åpnet VSCode i *topfolder*, ser filutforskeren i VSCode slik ut:



Da vil filen *bar.txt* bli opprettet i mappen *topfolder* – til tross for at kildekoden befinner seg i mappen *subfolder*.

💡 Eksempel: finner ikke filen som skal leses

La oss si at vi har følgende filstruktur:

```
inf100/
```

```
lab5/  
lab6/  
lab7/  
    check_valid_word.py  
    wordlist.txt
```

I skriptet *check_valid_word.py* har vi følgende kodelinje:

```
content = Path('wordlist.txt').read_text(encoding='utf-8')
```

 Kopier

Programmet krasjer med følgende feilmelding:

```
Traceback (most recent call last):  
  File "/path/to/inf100/lab7/check_valid_word.py", line 2, in <module>  
    content = Path('wordlist.txt').read_text(encoding='utf-8')  
              ~~~~~  
  File "/Users/torsteins/.pyenv/versions/3.11.4/lib/python3.11/pathlib.py", line 1  
    with self.open(mode='r', encoding=encoding, errors=errors) as f:  
         ~~~~~  
  File "/Users/torsteins/.pyenv/versions/3.11.4/lib/python3.11/pathlib.py", line 1  
    return io.open(self, mode, buffering, encoding, errors, newline)  
           ~~~~~  
FileNotFoundError: [Errno 2] No such file or directory: 'wordlist.txt'
```

Hva er feilen? Svaret er sannsynligvis: du kjører programmet fra feil mappe (cwd er altså ikke */path/to/inf100/lab7*). Kan det for eksempel være at du kjører programmet fra *inf100* -mappen?

Feilsøkingsteg:

- Sjekk hva cwd er ved å legge til følgende linje øverst i programmet: `print(Path.cwd())`
- Hvis cwd ikke er */path/to/inf100/lab7*: åpne VSCode i *lab7* -mappen (File -> Open Folder -> velg *lab7* -mappen) og kjør programmet nå.
- Alternativt kan du navigere til *lab7* -mappen med kommandoer i terminalen og kjøre programmet derfra.

Det er *mulig* å programmatisk endre cwd til å bli samme mappe som filen som kjøres ligger i:

```
import os  
directory_of_current_file = os.path.dirname(__file__)  
os.chdir(directory_of_current_file) # endrer cwd
```

 Kopier

Dette kan kanskje gjøre ting lettere i utviklingsfasen og for raske og enkle formål, men er sannsynligvis *ikke* noe en erfaren programmerer ville ønsket seg, siden man da må flytte hele programmet hvis man vil bruke det i en annen mappe.

Enkel CSV -håndtering

En CSV-fil er en tekstfil som inneholder tabell-data. CSV står for «comma separated values», og det er nettopp det det er: en tekstfil hvor hver linje inneholder en rekke verdier som er separert med komma (eller et annet symbol). Hver linje i filen representerer en rad i tabellen, og skille-symbolet indikerer hvor skillet mellom de ulike kolonnene i tabellene er.

Regneark i Microsoft Excel eller Google Sheets kan lagres som CSV-filer. Dette er et vanlig format for å utveksle data mellom ulike programmer.

Innholdet i en CSV-fil ([people.csv](#)) kan se slik ut:

```
Navn,Alder,Høyde
Ola,20,1.80
Kari,19,1.65
Per,21,1.73
Oda,20,1.74
```

Det finnes en modul i standardbiblioteket som er spesielt laget for å lese CSV-filer (se avsnitt lengre nede), men i *dette* avsnittet skal vi vise hvordan vi kan lese dem helt selv. En CSV-fil er nemlig bare en tekstfil, og vi kan lese den på akkurat samme måte som vi leser andre tekstfiler.

```
from pathlib import Path

#####
### LESE INPUT OG OPPRETTE DATASTRUKTUR ###
#####

# Les inn innholdet i filen 'people.csv' som en streng
content_string = Path('people.csv').read_text(encoding='utf-8')

# .splitlines klipper opp strengen ved linjeskift, og gir oss en
# liste med bitene som er igjen; altså radene i tabellen
content_lines = content_string.splitlines()

# Vi oppretter en 2D-liste (en liste av lister) som skal inneholde
# tabellen vår
table = []
for line in content_lines:
    # .split(',') klipper opp strengen ved komma, og gir oss en
    # liste med bitene som er igjen
    row = line.split(',')
    table.append(row)

# Vi kan nå aksessere enkeltverdier i tabellen vår ved å bruke
# indeksering på samme måte som vi gjør med andre 2D-lister
print(table[0][1]) # Alder
print(table[1][0]) # Ola
print(table[3][2]) # 1.73

# Ofte gir det mening å ha overskriftene og selve dataene i separate
# variabler.
```

```

headers = table[0] # første rad
data = table[1:] # alle rader unntatt den første

#####
### UTFØR SELVE DATABASEHANDLINGEN VI ØNSKER ###
#####

# Et år har passert! Øk alle aldre med 1 i datasettet.
for row in data:
    row[1] = 1 + int(row[1]) # PS: dette endrer typen fra string til int

#####
### PRESENTER RESULTATET ###
#####

result_headers = headers
result_headers_string = ','.join(result_headers)
result_lines = [result_headers_string]
for row in data:
    string_row = [str(x) for x in row]
    line_string = ','.join(string_row)
    result_lines.append(line_string)
result_string = '\n'.join(result_lines) + '\n'

Path('people_one_year_later.csv').write_text(result_string, encoding='utf-8')

```

 Kopier

CSV som 2D -liste eller liste av oppslagsverk

Når vi skal representere tabell-data i våre Python-programmer, finnes det i hovedsak to muligheter som ofte brukes. Vi illustrerer ved eksempel. La oss anta at vi har følgende tabell:

Navn	Alder	Høyde
Ola	20	1.80
Per	21	1.73
Eva	20	1.74

Vi kan representere tabellen som en CSV-fil:

```

'Navn', 'Alder', 'Høyde'
'Ola', 20, 1.80
'Per', 21, 1.73
'Eva', 20, 1.74

```

I Python -programmet vårt kan vi representere samme data som en 2D-liste:

```
table = [
```



```
['Navn', 'Alder', 'Høyde'],  
['Ola', 20, 1.80],  
['Per', 21, 1.73],  
['Eva', 20, 1.74],  
]
```

eller (mer hensiktsmessig) en 2D-liste med data pluss en vanlig liste med overskriftene:

```
headers = ['Navn', 'Alder', 'Høyde']  
data = [  
    ['Ola', 20, 1.80],  
    ['Per', 21, 1.73],  
    ['Eva', 20, 1.74],  
]
```

Den siste representasjonen vi vil vise, er å representere innholdet som en liste av oppslagsverk:

```
headers = ['Navn', 'Alder', 'Høyde']  
data = [  
    {'Navn': 'Ola', 'Alder': 20, 'Høyde': 1.80},  
    {'Navn': 'Per', 'Alder': 21, 'Høyde': 1.73},  
    {'Navn': 'Eva', 'Alder': 20, 'Høyde': 1.74},  
]
```

I mange tilfeller er det denne sistnevnte representasjonen som er å foretrekke. Denne representasjonen er lettere å lese og mer robust for endringer. Det er litt knotete (men slett ikke umulig) å konvertere en string til dette formatet på egen hånd; men vi kan også bruke csv-modulen fra Python sitt standardbibliotek.

CSV -modulen

*Grunnleggende håndtering av enkle CSV-filene kan vi gjøre med `.split` og `.join` som vi viser i notatene om enkel CSV-håndtering over. Men i noen tilfeller kan det bli mer komplisert: for eksempel når innholdet i en celle inkluderer selve **skillesymbolet** (komma). For å løse dette, blir innholdet i en celle som inneholder skillesymbolet omsluttet av et **sitattegn** for å angi hvor en celle begynner og slutter. Og hva om innholdet i cellen også inneholder selve sitattegnet? Dette løses ved å la to sitattegn på rad regnes som selve sitattegn-symbolet. Uansett: koden for å tolke slike kompliserte CSV-filer blir nokså komplisert. Heldigvis finnes `csv`-modulen som en del standardbiblioteket i Python, slik at vi slipper å forholde oss til detaljene*

Når vi tolker en CSV-fil må vi ta hensyn til at følgende parametre er konfigurert riktig:

- `delimiter`: Skilletegnet mellom cellene. Standard er komma (,). Semikolon, mellomrom og tabulator er også vanlige.
- `quotechar`: Sitattegn som brukes for å omslutte celler som inneholder skilletegnet. Standard er anførselstegn ("). Noen ganger brukes apostrof.
- `lineterminator`: Skilletegnet mellom radene. Standard er `\r\n` for skrivning, og enten `\r\n` eller `\n` for lesing.

Merk at parametrene *delimiter*, *quotechar* og *lineterminator* skal angis når «leseobjektet» (eller «skriveobjektet») opprettes. Dersom de ikke angis, benyttes standardverdiene som nevnt over.

CSV <—> Liste med oppslagsverk

```
# Fra CSV-formattert streng til liste med oppslagsverk
import csv
import io

# Eksempelstreng
my_string = '''\
'Navn','Alder','Høyde'
'Ola',20,1.80
'Per',21,1.73
'Eva',20,1.74
'''

# Konvertering til liste av oppslagsverk
reader = csv.DictReader(io.StringIO(my_string), delimiter=',', quotechar='"')
headers = reader.fieldnames
data = list(reader)

# headers = ['Navn', 'Alder', 'Høyde']
# data = [
#     {'Navn': 'Ola', 'Alder': '20', 'Høyde': '1.80'},
#     {'Navn': 'Per', 'Alder': '21', 'Høyde': '1.73'},
#     {'Navn': 'Eva', 'Alder': '20', 'Høyde': '1.74'},
# ]

# PS: merk at alle nøkler og verdier alle er strenger
```

 Kopier

```
# Fra liste med oppslagsverk til CSV-formattert streng
import csv
import io

# Eksempeldata
headers = ['Navn', 'Alder', 'Høyde']
data = [
    {'Navn': 'Ola', 'Alder': 20, 'Høyde': 1.80},
    {'Navn': 'Per', 'Alder': 21, 'Høyde': 1.73},
    {'Navn': 'Eva', 'Alder': 20, 'Høyde': 1.74},
]

# Konvertering til CSV-streng
output = io.StringIO()
writer = csv.DictWriter(output, fieldnames=headers, lineterminator='\n')
writer.writeheader()
writer.writerows(data)
my_string = output.getvalue()

# my_string = 'Navn,Alder,Høyde\nOla,20,1.8\nPer,21,1.73\nEva,20,1.74\n'
```

CSV <—> 2D-liste

```
# Fra CSV-formattert streng til 2D-liste
import csv
import io

# Eksempelstreng
my_string = '''\
'Navn','Alder','Høyde'
'Ola',20,1.80
'Per',21,1.73
'Eva',20,1.74
'''

# Konvertering til 2D-liste
reader = csv.reader(io.StringIO(my_string), delimiter=',', quotechar='"')
table = list(reader)
headers = table[0]
data = table[1:]

# headers = ['Navn', 'Alder', 'Høyde']
# data = [
#     ['Ola', '20', '1.80'],
#     ['Per', '21', '1.73'],
#     ['Eva', '20', '1.74'],
# ]

# PS: merk at alle verdier alle er strenger
```

```
# Fra 2D-liste til CSV-formattert streng
import csv
import io

# Eksempeldata
headers = ['Navn', 'Alder', 'Høyde']
data = [
    ['Ola', 20, 1.80],
    ['Per', 21, 1.73],
    ['Eva', 20, 1.74],
]

# Konvertering til CSV-streng
output = io.StringIO()
writer = csv.writer(output, delimiter='&', lineterminator='\n')
writer.writerow(headers)
writer.writerows(data)
my_string = output.getvalue()
```

```
# my_string = 'Navn&Alder&Høyde\n01a&20&1.8\nPer&21&1.73\nEva&20&1.74\n'
```

 Kopier

Universitetet i Bergen



[Om siden.](#)

Fargevalg: system [lys](#) [mørk](#) [kontrast](#)



Unicode og tekstkoding

- [Unicode og ordinaler](#)
- [Tekstkoding](#)
- [Sammenblanding av tekstkodinger](#)

Unicode og ordinaler

Som alle andre datatyper i Python er også strenger *egentlig* representert under panseret som en sekvens av **0** og **1**. For eksempel representeres bokstaven 'A' som `1000001` og bokstaven 'B' som `1000010`. Hvis vi i stedet for å tolke sekvensen av 0 og 1 som en *bokstav* later som sekvensen er et *tall* i total-systemet, får vi henholdsvis 65 for 'A' og 66 for 'B'.

På denne måten er hvert eneste symbol (bokstav og tegn, emoji og andre symboler som kan opptre i en streng) knyttet til et tall. Dette tallet kalles en **ordinal** for symbolet. Hvordan symboler matcher ordinaler gjøres i Python på en standardisert måte som kalles *Unicode*. Unicode er med andre ord en matching mellom ordinal og symbol. Under viser vi et lite utdrag.

Ordinal	Symbol	Ordinal	Symbol	Ordinal	Symbol
65	'A'	97	'a'	9	'\t' (tab)
66	'B'	98	'b'	10	'\n' (linjeskift)
67	'C'	99	'c'	32	' ' (mellomrom)
...	...	...	...	33	'!'
90	'Z'	122	'z'	48	'0'
198	'Æ'	230	'æ'	49	'1'
216	'Ø'	248	'ø'	50	'2'
197	'Å'	229	'å'	128013	'🐷'

For å finne ordinalen til et symbol kan vi bruke funksjonen `ord` :

```
symbol = 'A'
ordinal = ord(symbol)
print('Ordinal til', symbol, 'er' , ordinal) # Ordinal til A er 65
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

For å konvertere fra ordinal til symbol («character») kan vi bruke funksjonen `chr` :

```
ordinal = 97
symbol = chr(ordinal)
print('Ordinal', ordinal, 'har symbol', symbol) # Ordinalen 97 har symbol a
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Tekstkoding

Ett symbol kan representeres som ett tall, som vist i forrige avsnitt. Men hva om det er flere symboler etter hverandre, som i en streng eller en fil med tekst? Fordi det ikke eksisterer noe naturlig «mellomrom» i noe som representeres som en sekvens av **0** og **1**, må vi bestemme oss for noen regler for å skille hvor ett symbol slutter fra hvor det neste starter.

Det finnes flere ulike strategier for dette, som vi kaller *koding* av en streng (engelsk: *encoding*). Kodinger som støtter alle Unicode-symboler begynner med «UTF» (Unicode Transformation Format).

Eksempler på kodinger:

ASCII

ASCII er en gammel standard som Unicode-ordinalene er bakoverkompatibel med. Den deler opp sekvensen av 0'er og 1'ere i blokker på akkurat 8 biter, og så tolker den hver blokk som en ordinal oppgitt i totallsystemet. Hver blokk begynner alltid med 0. Eksempler noen ulike symboler og hvordan de kodes i ASCII:

Symbol	Unicode	Koding i ASCII
\n	10	00001010
A	65	01000001
B	66	01000010
Æ	198	ikke støttet
🐍	128013	ikke støttet

Den delen av kodingen som er markert i gult over er selve ordinalen (i totallsystemet). Nullene som kommer foran dette bare fyller opp plassen slik at blokken får størrelse på 8 bit.

- Fordeler med ASCII: lett å forstå og implementere. Bruker lite lagringsplass. Støttes også av svært gamle systemer.
- Ulemper med ASCII: Støtter kun symboler med unicode-ordinal under 128. Altså ingen støtte for norske bokstaver æ, ø og å.

UTF-32

UTF-32 er en koding som er enkel å forstå (men som i praksis er lite brukt). Den deler opp sekvensen av 0'er og 1'ere i blokker på akkurat 32 biter, og så tolker den hver blokk som en ordinal

oppgitt i totallsystemet (akkurat som ASCII, altså, men tar større plass). Eksempler noen ulike symboler og hvordan de kodes i UTF-32:

Symbol	Unicode	Koding i UTF-32
\n	10	000000000000000000000000001010
A	65	0000000000000000000000001000001
B	66	0000000000000000000000001000010
Æ	198	00000000000000000000000011000110
🐍	128013	000000000000000011111010000001101

Den delen av kodingen som er markert i gult over er selve ordinalen (i totallsystemet). Nullene som kommer foran dette bare fyller opp plassen slik at blokken får størrelse på 32 bit.

- Fordeler med *UTF-32*: lett å forstå og implementere. Man kan raskt finne ut hvilken bokstav som er i en gitt posisjon. Støtter alle Unicode-symboler.
- Ulemper med *UTF-32*: bruker mye unødvendig lagringsplass. Ikke bakoverkompatibel med ASCII.

📖 UTF-8

UTF-8 er den vanligste unicode-kodingen. Den deler opp sekvensen av 0'ere og 1'ere i blokker på 8 biter; de vanligste symbolene bruker bare én slik blokk, mens de mer sjeldne bruker flere blokker. Eksempler på hvordan noen ulike symboler blir kodet i UTF-8:

Symbol	Unicode	Koding i UTF-8
\n	10	00001010
A	65	01000001
B	66	01000010
Æ	198	11000011 10000110
🐍	128013	11110000 10011111 10010000 10001101

Den delen av kodingen som er markert i gult over er selve ordinalen (i totallsystemet). Den delen av kodingen som er markert i rødt inneholder informasjon som UTF-8 bruker for å avgjøre hvor mange blokker symbolet består av. De øvrige nullene bare fyller opp plassen slik at hver blokk får en størrelse på 8 bit.

Fordeler med *UTF-8*

- Bakoverkompatibel med den eldre standarden ASCII.
- Bruker i praksis mye mindre lagringsplass enn UTF-32.
- Støtter alle Unicode-symboler.

- Er de facto standard på internett (HTTP).

📖 Computerphile: characters, symbols and the Unicode miracle

📖 cp1252 (og latin-1/iso-8859-1)

Tekstkodingen **cp1252** (også kalt *Windows-1252* og noen ganger upresist referert til som *ISO 8859-1* eller *Latin 1*) er en tekstkoding som (dessverre) er standard i noen Microsoft-produkter på Windows fremdeles. Enkodingen er i likhet med UTF-8 bakoverkompatibel med ASCII, men er likevel *ikke* basert på unicode 🙄. Selv om den støtter noen flere symboler enn ASCII (som f. eks. de norske bokstavene æ, ø og å), har den likevel et svært begrenset utvalg av mulige symboler i forhold til unicode-baserte tekstkodinger.

Et symbol i cp1252 er kodet som en sekvens av 0'er og 1'ere i blokker på akkurat 8 biter. Eksempler på hvordan noen ulike symboler blir kodet i cp1252:

Symbol	Ordinal	Koding i cp1252
\n	10	00001010
A	65	01000001
B	66	01000010
Æ	198	11000110
🐸	128013	ikke støttet

Fordeler med *cp1252*

- Bakoverkompatibel med ASCII.
- Bruker lite lagringsplass.
- Støtter de norske bokstavene æ, ø og å.

Ulemper med *cp1252*

- Er ikke basert på unicode; for eksempel er ordinalen for € (euro-tegnet) 128 i cp1252, mens det i unicode er 8364.
- Det er kun støtte for 256 ulike symboler (dobbelt så mange som ASCII, men likevel veldig lite i forhold til unicode-baserte tekstkodinger).

Forskjellen på cp1252 og latin-1/iso-8859-1 er minimal, men cp1252 er bakoverkompatibel med latin-1 og støtter noen få ekstra symboler, for eksempel skråstilte anførselstegn.

Når man leser eller skriver en tekstfil, må man velge hvilken koding man skal benytte.

- For å **skrive** til fil er valget enkelt: du bør alltid velge **UTF-8** med mindre du har helt spesielle grunner til å gjøre noe annet (f. eks. kompatibilitet med et gammelt system).
- For å **lese** fra en fil må du vite hvilken koding som ble brukt da filen ble lagret. Med 80% sannsynlighet er dette UTF-8, men av og til kan det være noe annet – for eksempel er cp1252 ikke helt uvanlig hvis filen ble opprettet på en Windows-maskin av noen som ikke visste helt hva de

gjorde. Hvis du ikke vet hva tekstkodingen er, må du dessverre gjette deg frem eller spørre den som har laget filen. Hvis du får rare tegn i stedet for norske bokstaver, er det sannsynligvis fordi du har gjettet feil. Da kan du prøve å gjette på en annen koding.

Hvis du ikke vet hvilken koding som er brukt, prøv disse tekstkodingene først:

- *UTF-8* (anbefalt)
- *latin-1* (også kalt *ISO-8859-1*)
- *cp1252* (også kalt *Windows-1252*)
- *UTF-16*
- *UTF-32*

Hvis teksten er på et spesielt språk og ingen av unicode-kodingene (utf-XX) fungerer, kan du også søke på internett etter kodinger som er vanlige for språket. Det er en stor jungel av tekstkodinger tilpasset symboler fra forskjellige språk: for eksempel er *cp1251* (også kalt *Windows-1251*) et alternativ til *cp1252* som er tilpasset kyrillisk tekst (russisk etc.), mens *cp865* (også kalt *IBM865*) er et sjeldent benyttet alternativ som er spesielt tilpasset norsk og dansk. Liste over alle tekstkodinger som støttes av Python finner du [her](#).

```
# Eksempel på å skrive til en fil
writing_text = 'Dette er en tekst. Den har æøå og 🐸 i seg.'
with open('myfile.txt', 'w', encoding='utf-8') as f:
    f.write(writing_text)

# Eksempel på å lese fra en fil
with open('myfile.txt', 'r', encoding='utf-8') as f:
    reading_text = f.read()
print(reading_text) # Dette er en tekst. Den har æøå og 🐸 i seg.
```

 Kopier

Dersom du ikke angir noe for `encoding=` vil Python bruke standarden for ditt operativsystem. Dette er vanligvis `utf-8` på Mac og Linux, og `cp1252` på Windows, men kan også variere basert på «locale»-konfigurasjonen av operativsystemet (språk, etc.). Det er derfor lurt å alltid spesifisere `encoding=` når du skriver til/leser fra filer, slik at du ikke får problemer når du bytter datamaskin.

Sammenblanding av tekstkodinger

Dersom man åpner en fil med feil tekstkoding, vil innholdet tolkes feil, eller det kan oppstå feilmeldinger.

Anta at vi har tekstfiler [sample_utf8.txt](#) og [sample_cp1252.txt](#) som begge inneholder samme innhold, men er lagret med ulike tekstkodinger (høyreklikk på link og velg «lagre link som» eller lignende for å laste ned). Innholdet i filene er identisk:

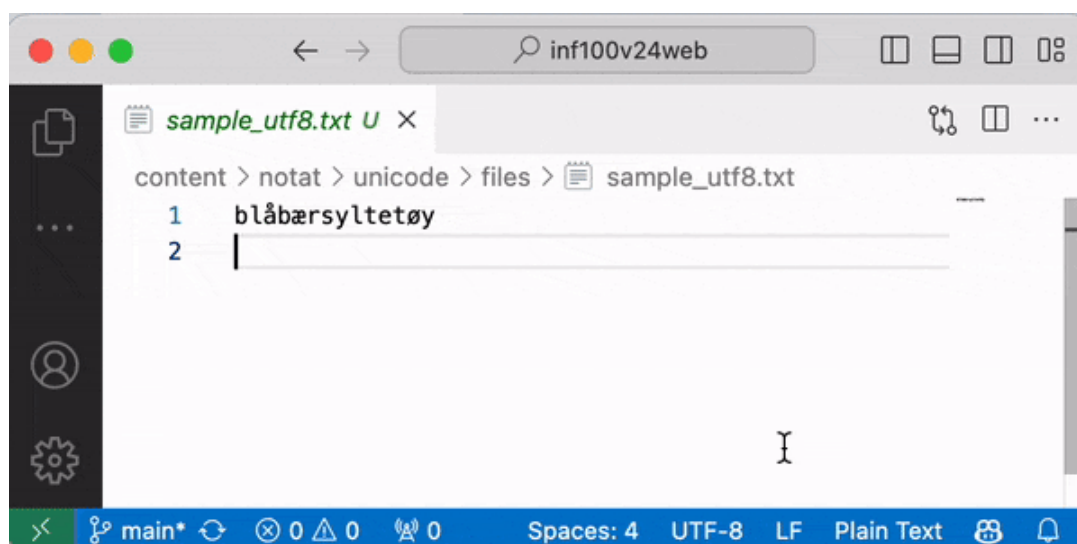
blåbærsyltetøy

Avhengig av hvilken tekstkoding vi bruker når vi *Leser* filene, vil vi få ulike resultater (kan avvike noe avhengig av hvilket program du benytter for å lese filene):

	Lest med UTF-8	Lest med cp1252
Fil lagret med UTF-8	blåbærsyltetøy	blÃ¸bÃ¸rsyltetÃ¸y
Fil lagret med cp1252	bl���rsyltet��y	blåbærsyltetøy

Prøv å lese begge filene over i nettleseren (klikk på linkene over på vanlig måte uten å laste dem ned). Hvilken av filene ser riktig ut? Hvilken ser feil ut? Hvorfor? Hvilken tekstkoding benytter nettleseren når den leser filene?

Dersom du åpner en tekstfil i VSCode vil programmet vise på linjen nederst til høyre hvilken tekstkoding som benyttes for å lese filen som vises (f. eks. UTF-8 eller Windows-1252). Om du klikker der, kan du velge å åpne eller lagre filen med en annen tekstkoding.



Tips: for best mulig kompatibilitet, bør du alltid velge UTF-8 når du lager nye filer. Hvis du ser at filen din ser riktig ut i en annen tekstkoding, anbefaler jeg å velge «Save with encoding» og lagre filen på nytt med UTF-8. Dette gjelder også kildekoden til Python-filer du skriver.

Når vi i våre Python-program leser filer og spesifiserer feil tekstkoding, får vi akkurat samme problemer som vi ser over. Merk:

- å lese med cp1252 en fil som egentlig er kodet i utf-8 krasjer ikke, men vil feile i stillhet;
- å lese med utf-8 en fil som egentlig er kodet i cp1252 vil ofte (men ikke alltid) resultere i at programmet krasjer.

```
with open('sample_utf8.txt', 'r', encoding='utf-8') as f:
    print(f.read()) # blåbærsyltetøy

with open('sample_utf8.txt', 'r', encoding='cp1252') as f:
    print(f.read()) # blÃ¸bÃ¸rsyltetÃ¸y
```

```
with open('sample_cp1252.txt', 'r', encoding='utf-8') as f:
    print(f.read()) # krasjer (filen har ugyldig utf-8)

with open('sample_cp1252.txt', 'r', encoding='cp1252') as f:
    print(f.read()) # blåbærsyltetøy
```

[Kopier](#)

Fordi både UTF-8, cp1252 og latin-1 er bakoverkompatible med ASCII, vil filer som kun inneholder ASCII-symboler være helt identiske enten de er lagret med UTF-8 eller cp1252 eller latin-1. Dette er grunnen til at man av og til ønsker å begrense seg til å kun bruke ASCII-symboler såfremt det ikke medfører noen andre ulemper.





Oppslagsverk

- [Basics](#)
- [Enkle eksempler](#)
- [Opprette oppslagsverk](#)
- [Egenskaper ved oppslagsverk](#)
- [Operatorer, funksjoner og metoder](#)
- [Løkker over oppslagsverk](#)

Se også [offisiell dokumentasjon](#) for dict .

Basics

Et oppslagsverk (engelsk: *dictionary*) er en datastruktur hvor man kan slå opp på nøkkelverdier («keys») og hente ut en verdi som tidligere har blitt knyttet til denne nøkkelverdien. Tenk på nøkkelverdi som et slags «variabelnavn» og på et oppslagsverk som en samling med variabler.

```
# Opprett et tomt oppslagsverk
d = dict()          # kan også skrives som:  d = {}

# Legg til nøkler og verdier
d['my key'] = 'my value'
d['name'] = 'Arnoldus'
d['age'] = 42

# Hent ut verdiene
print(d['my key'])    # my value
print(d['name'])      # Arnoldus
print(d['age'])       # 42
print(d['age'] + 53)  # 95

# Hente ut verdiene, med default-verdi dersom nøkkel ikke eksisterer
print(d.get('age', 9)) # 42
print(d.get('foo', 9)) # 9   ('foo' er ikke en nøkkel i d)

# Endre på en verdi
d['age'] += 1         # kan også skrives som:  d['age'] = d['age'] + 1

# Verdien er endret
print(d['age'])       # 43
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Statisk opprettelse av oppslagsverk
d = { 'key': 'value', 'foo': 42, 95: 'McQueen', 99: 200 }
```

```
print(d['key'])           # value
print(d['foo'])           # 42
print(d[95])              # McQueen
print(d[99])              # 200
print(d['key_does_not_exist']) # Krasjer
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Enkle eksempler

```
# Oppretter oppslagsverket
country_map = {
    'Oslo': 'Østlandet',
    'Bergen': 'Vestlandet',
    'Drammen': 'Østlandet',
    'Stavanger': 'Vestlandet',
    'Kristiansand': 'Sørlandet',
}

# Ber bruker om navnet på en by og skriver ut hvor byen ligger
city = input('Skriv inn navnet på en by: ')
if city in country_map:
    print(f'{city} er på {country_map[city]}')
else:
    print(f'Unnskyld, jeg aner ikke hvor {city} er')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Oppretter et oppslagsverk
counts = dict()

# Ber brukeren om å skrive tall, og forteller så brukeren hvor mange ganger
# tallet er sett før.
while True:
    user_input = input('Skriv inn et tall (eller ingenting for å avslutte): ')
    if (user_input == ''):
        break
    n = int(user_input)
    if n in counts:
        counts[n] += 1
    else:
        counts[n] = 1
    print('Jeg har nå sett tallet', n, 'totalt', counts[n], 'ganger.')
print('Ferdig, counts:', counts)
```

[Kopier](#)

Opprette oppslagsverk

```
# Opprett et tomt oppslagsverk
```

```

d1 = dict()
print(d1) # {}

d2 = {}
print(d2) # {}

# Opprett oppslagsverk statisk
d3 = {'foo': 'bar', 42: 99}
print(d3) # {'foo': 'bar', 42: 99}

d4 = dict(foo='bar', baz=[1, 2, 3])
print(d4) # {'foo': 'bar', 'baz': [1, 2, 3]}

# Opprett oppslagsverk fra en liste med tupler på størrelse 2
a = [('ku', 5), ('hund', 98), ('katt', 1)]
d5 = dict(a)
print(d5) # {'ku': 5, 'hund': 98, 'katt': 1}

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Egenskaper ved oppslagsverk

Oppslagsverk knytter nøkler til verdier.

```

ages = dict()
key = 'fred'
value = 38
ages[key] = value # 'fred' er nøkkelen, 38 er verdien
print(ages[key])

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

En nøkkel er unik, og er tilknyttet kun én verdi.

```

d = dict()
d[2] = 100 # ny nøkkel 2 peker på verdien 100
d[2] = 200 # endrer nøkkel 2 til å peke på verdien 200
d[2] = 400 # endrer nøkkel 2 til å peke på verdien 400
print(d) # { 2: 400 }

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Rekkefølge betyr egentlig ingenting; men ved iterasjon er det den rekkefølgen nøklene ble først opprettet som teller.

```

d1 = dict()
d1['a'] = 'foo' # Oppretter nøkkelen 'a' først i d1
d1['b'] = 'B'
d1['a'] = 'A' # Selv om vi endrer på 'a' igjen, er den fremdeles først
print(d1) # {'a': 'A', 'b': 'B'}

```

```
d2 = {'b':'B', 'a':'A'} # Nøkkelen 'b' kommer først i d2
print(d2)              # {'b':'B', 'a':'A'}

print(d1 == d2) # True, rekkefølge betyr ingenting for likhet
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Et oppslagsverk kan *muteres*.

```
d1 = { 'foo': 42 }
d2 = d1

d2['foo'] = 95
print(d1['foo']) # 95
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Nøklene i et oppslagsverk kan være mange forskjellige slags typer; men de kan *ikke* være av en muterbar type. Verdiene i et oppslagsverk kan være hva som helst, inkludert muterbare verdier.

```
d = dict()

d['this key is a string'] = 42
d[95] = 'this value has an int as key'
d[('this key', 'is', 'a tuple')] = ['this', 'value', 'is', 'a', 'list']
d[False] = 'booleans are also fine as keys'
d[None] = 'even None is OK'

# Hent ut noen verdier
print(d['this key is a string']) # 42
print(d[False])                 # booleans are also fine as keys

# Prøver å bruke en liste (altså en muterbar verdi) som nøkkel
a = ['trying', 'to', 'use', 'list', 'as', 'key']
d[a] = 'foo' # Krasjer
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Oppslagsverk er *svært* effektive.

```
# Vi kan bruke en liste av tupler som om det var et oppslagsverk
# Prøv å endre på n (hvor mye data vi har) og se effekten på kjøretiden
n = 200
trails = 100
a = [(i, i) for i in range(n)] + [("foo", 42), ("bar", 95)]

# La oss sammenligne hvor effektivt det er i forhold til et oppslagsverk
d = dict(a)
```

```

# Operasjonen vi skal sammenligne:
# Sjekk om vi et gitt et (key, value) -par eksisterer i samlingen
def contains_key_value_pair_list(a, key, value):
    return (key, value) in a

def contains_key_value_pair_dict(d, key, value):
    return key in d and value == d[key]

# Ta tiden på listen først
import time
time_before_start = time.time()
result = []
for _ in range(trails):
    val = contains_key_value_pair_list(a, "foo", 42)
time_when_done = time.time()
time_taken_list = (time_when_done - time_before_start) * 1000
print(f"Tid for oppslag på ('foo', 42) med liste: {time_taken_list:.0f}ms")

# Så det samme men med et oppslagsverk
time_before_start = time.time()
for _ in range(trails):
    val = contains_key_value_pair_dict(d, "foo", 42)
time_when_done = time.time()
time_taken_dict = (time_when_done - time_before_start) * 1000
print(f"Tid for oppslag på ('foo', 42) med oppslagsverk: {time_taken_dict:.0f}ms")
ratio = time_taken_list / time_taken_dict
print(f"For {n=} er oppslagsverk {ratio:.1f} ganger raskere enn lister")
print(f"Prøv med høyere verdi av n for å se større forskjeller")

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Operatorer, funksjoner og metoder

Funksjoner og operatorer

```

d = { 'a' : 1, 'b' : 2, 'c' : 3 }

print(len(d))      # Antall nøkler i oppslagsverket

print('a' in d)     # True
print(2 in d)       # False (in -operatoren sjekker kun nøkler)
print(2 not in d)   # True
print('a' not in d) # False

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Metoder for å mutere oppslagsverk

```

d = { 'a' : 1, 'b' : 2, 'c' : 3, 'd' : 4}

# Fjern en nøkkel (og tilhørende verdi)

```



```

d.pop('d')          # Fjerner nøkkelen uten å bry seg om verdien
value = d.pop('b')   # Fjerner nøkkelen og tar vare på verdien
print(value)         # 2
print(d)             # {'a': 1, 'c': 3}

# Fjern en nøkkel og returner default-verdi dersom nøkkelen ikke finnes
print(d.pop('x', 42)) # 42
print(d.pop('c', 42)) # 3
print(d)             # {'a': 1}

# Legg til en nøkkel eller endre dens verdi
d['e'] = 5
d.update({'f': 6})
print(d) # {'a': 1, 'e': 5, 'f': 6}

# Slå sammen to oppslagsverk
d2 = {'f': 106, 'g': 107}
d.update(d2)
print(f'{d=}') # d bli mutert. Verdier fra d2 overskriver verdier fra d.
print(f'{d2=}') # d2 er urørt

```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Løkker over oppslagsverk

```

d = {'foo': 42, 'bar': 25, 'baz': 95}

# Løkke over nøklene (foo bar baz)
for key in d:
    print(key, end=' ')
print()

# Alternativ løkker over nøklene (foo bar baz)
for key in d.keys():
    print(key, end=' ')
print()

# Løkke over kun verdiene (42, 25, 95)
for value in d.values():
    print(value, end=' ')
print()

# Løkke over både nøkler og verdier (foo:42 bar:25 baz:95)
for key in d:
    value = d[key]
    print(f'{key}:{value}', end=' ')
print()

# Alternativ løkke over både nøkler og verdier (foo:42 bar:25 baz:95)
for key, value in d.items():
    print(f'{key}:{value}', end=' ')
print()

```





Håndtere krasj

Krasj av programmet en *bra* ting, fordi vi ønsker å vite at noe er feil så fort som mulig. Men i noen tilfeller ønsker vi at programmet skal håndtere krasjen selv; dette gjelder egentlig bare når vi vet på forhånd hva slag krasj som kan oppstå, og er *ikke* et lurt triks å bruke dette for å skyve problemer under teppet.

Generelt vil jeg anbefale å være sparsom med bruken av try og except; hvis det kan håndteres uten på en enkel og grei måte, er det som oftest å foretrekke. Kode som er basert på mye try og except i kontrollflyten er litt mer utfordrende å feilsøke. Samtidig, dersom å bruke try/except sparer mye omstendelig kode kan det være å foretrekke likevel.

- [Krasjhåndtering med try/except](#)
- [Stilguide for krasjhåndtering](#)
- [Krasje på egen hånd](#)

Krasjhåndtering med try/except

```
# Håndtere en krasj
# -- Prøv å gi programmet noe som ikke er et tall
# -- Prøv å gi programmet et tall som er for stort
# Se: programmet krasjer ikke selv om brukeren gir dårlig input svar!

animals = ["katt", "hund", "kanin", "hamster", "krokodille"]
user_input = input(f"Velg ett tall [0-{len(animals) - 1}]:")

try:
    i = int(user_input)
    animal = animals[i]
except:
    # Kjøres dersom try-blokken krasjet
    print("Ugyldig valg!")
else:
    # Kjøres dersom try-blokken gikk bra
    print("Gratulerer, du fikk en ny", animal)

print("Nå er programmet ferdig")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Bruk krasjhåndtering (try/except) med varsomhet. Å bruke mye krasjhåndtering kan gjøre koden din litt vanskeligere å feilsøke.

```
# FARE!! bruk av except: håndterer for mange krasjer --> vanskelig å feilsøke!
# -- Prøv nå å gi programmet en GYLDIG tall som input
```

```
# Se: programmet krasjer ikke, men gjør i stedet en logisk feil! FYFYFY!

animals = ["katt", "hund", "kanin", "hamster", "krokodille"]
user_input = input(f"Velg ett tall [0-{len(animals) - 1}]:")

try:
    i = int(user_input)
    animal = animal[i] # Skrivefeil (s mangler)! Vi VIL krasje her med NameError!
except:
    print("Ugyldig valg!") # Oops! Kommer hit selv om input er gyldig
else:
    print("Gratulerer, du fikk en ny", animal)

print("Nå er programmet ferdig")
```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Man bør alltid spesifisere *hvilken type krasj* man håndterer.

```
# Spesifiser hvilken type krasj du håndterer
#
# -- Prøv å gi programmet en GYLDIG tall som input (se: krasjer)
# -- Fiks kodefeilen (skrivefeilen) ved å rette koden der det krasjer
# -- Prøv nå å gi programmet et tall som er for stort
# -- Prøv nå å gi programmet noe som ikke er et tall

animals = ["katt", "hund", "kanin", "hamster", "krokodille"]
user_input = input(f"Velg ett tall [0-{len(animals) - 1}]:")

try:
    i = int(user_input)
    animal = animal[i] # Skrivefeil (s mangler) -- men nå krasjer vi! YAY!
except ValueError:
    print("Ugyldig valg, du må oppgi et tall!")
except IndexError:
    print("Tallet du oppgav er ugyldig!")
else:
    print("Gratulerer, du fikk en ny", animal)

print("Nå er programmet ferdig")

# NameError blir ikke fanget av except nå,
# så vi oppdager det nå hvis variabler har feil navn.
```

[Kopier](#)
[Se steg](#)
[Kjør](#)

Stilguide for krasjhåndtering

- Bruk krasjhåndtering for å håndtere **andre** sine feil; ikke for å skjule **egne** feil i koden.
 - Eksempler på andre sine feil: en bruker skriver inn ugyldig input, filen du prøver å lese fra finnes ikke eller har feil innhold, nettverket er nede, etc.

- *Eksempler på egne feil: du har skrevet feil variabelnavn, du har gitt feil argumenter til en funksjon, du utfører en beregning på gal måte etc.*
- *Hvis du enkelt kan løse problemet uten try/except, er det ofte en bedre løsning.*
 - *For eksempel: benytt if-setninger for å håndtere hjørnetilfeller som er enkle å sjekke.*
- *Ha **minst mulig** kode i try-blokken.*
 - *Flytt så mye kode som mulig utenfor try-blokken: enten før try-blokken begynner eller inn i else-blokken.*
- *Alltid angi **hvilken type** feil du håndterer.*

Krasje på egen hånd

Kodeordet `raise` brukes for å krasje på egen hånd. Dette kan brukes for å krasje med en feilmelding som gir mer detaljert informasjon enn ellers, eller for å krasje programmet så tidlig som mulig dersom noe er galt.

Å krasje med `raise` gir noenlunde samme funksjonalitet som å skrive `assert False` (se kursnotater om [feil og debugging](#)). Forskjellen ligger primært i at du kan lage flere ulike **typer** feil med `raise`. En krasj forårsaket av `assert False` vil alltid krasje med typen `AssertionError`.

```
# Krasj programmet dersom input ikke er gyldig
food = input()
if food not in ["salat", "tomat", "agurk", "paprika"]:
    raise ValueError(f"Maten '{food}' er ikke akseptabel.")

print("Takk for maten!")
```

 Kopier

 Se steg

 Kjør

```
# Krasj programmet dersom argumenter ikke er gyldige

def process_payment(amount, card_number):
    if amount <= 0:
        raise ValueError("Cannot process payment for amount <= 0")
    if len(card_number) != 16:
        raise ValueError("Card number must be 16 digits long")

    ... # do the actual payment processing here
    print("Payment processed successfully")

process_payment(-40, "1234567890123456")
```

 Kopier

 Se steg

 Kjør

Kan brukes for å gi ekstra informasjon ved krasj

```
def foo(i, j):  
    y = j  
    for x in range(i, j):  
        try:  
            y += abs(y/x)  
        except ZeroDivisionError as err: # err variabel som 'husker' krasjen  
            # Skriver ut debug-informasjon  
            print("Divisjon med 0")  
            print("Lokale variabler: ", locals())  
            raise err # Kaster samme krasj på nytt  
    return x  
  
print(foo(-5, 10))
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)



Mengder

- [Enkelt eksempel](#)
- [Opprette mengder](#)
- [Egenskaper ved mengder](#)
- [Operasjoner på mengder](#)
- [Frozenset](#)

Se også [offisiell dokumentasjon](#) for `set`.

Enkelt eksempel

En *mengde* (engelsk: `set`) er en datastruktur som kan holde på mange verdier (i likhet med lister, tupler og oppslagsverk). Det er noen forskjeller:

- verdiene i en mengde har ikke en posisjon, og er derfor ikke tilknyttet en indeks eller nøkkel, og
- det er ikke mulig å ha flere like verdier i en mengde.

Med en mengde kan man i hovedsak gjøre fire ting:

- legge en verdi inn i mengden
- fjerne en verdi fra mengden
- spørre om en verdi er i mengden (veldig effektivt!), og
- se gjennom verdiene i mengden.

```
# Opprett en mengde
s = {2, 3, 5}

# Legg til en verdi i mengden (muterer mengden)
s.add(6)

# Antall elementer i mengden
print(len(s)) # 4

# Spør om en verdi er i mengden
print(3 in s) # True
print(4 in s) # False

# Se gjennom verdiene i mengden
for x in s:
    print(x, end=' ') # 2 3 5 6
print()

# Fjern en verdi fra mengden (muterer mengden)
s.discard(3)
print(s) # {2, 5, 6}
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Opprette mengder

```
# Opprett en tom mengde
s = set()
print(s)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# PS: MISLYKKET forsøk på å opprette en tom mengde:
s = {} # dette oppretter et oppslagsverk, ikke en mengde!
print(type(s))
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Opprett en mengde statisk (med verdier angitt direkte i kildekoden)
s = {2, 3, 5}
print(s)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Opprett en mengde fra en liste (eller annen samling med elementer)
# Legg merke til at mengden kun inneholder hvert element én gang
a = [2, 3, 3, 5]
s = set(a)
print(s) # {2, 3, 5}

greeting = 'hello'
required_letters = set(greeting)
print(required_letters) # {'h', 'e', 'l', 'o'}
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Mengdebygging.
# Vi tar utgangspunkt i en annen samling (her a), og bruker deretter
# benytte en mengdebygger-for-løkke mellom krølleparentesene
a = ['foo', 'bar', 'baz', 'qatchita']
myset = {s[0] for s in a}
print(myset) # {'f', 'b', 'q'}

# Vi kan også legge til en betingelse for inklusjon etter 'if'
myset = {s[0] for s in a if len(s) <= 3}
print(myset) # {'f', 'b'}
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Egenskaper ved mengder

Elementene i en mengde har ingen rekkefølge. Når du går igjennom elementene i en mengde med en for-løkke eller du printer ut mengden vil det selvfølgelig være en eller annen rekkefølge, *men*: du kan ikke gjøre noen antakelser om hvilken rekkefølge dette er. Den kan variere fra maskin til maskin og Python-versjon til Python-versjon og fra kjøring til kjøring.

To mengder er ansett for å være like dersom de inneholder de samme elementene, uavhengig av hvilken rekkefølge elementene ble lagt til i mengdene.

```
s = set()
s.add(2)
s.add(44)
s.add(11)
s.add(5)
s.add(33)

for e in s:
    print(e, end=' ') # Rekkefølgen kan være ulik fra maskin til maskin
print()

print({2, 3, 5} == {5, 3, 2}) # True
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Elementer er unike (én verdi finnes bare én gang i mengden).

```
# Duplikater blir borte
s = set([2, 2, 2])
print(s)          # {2}
print(len(s))     # 1
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Mengder kan muteres.

```
s = {2, 3, 5}
alias = s

s.add(9)
print(s) # {2, 3, 5, 9}
print(alias) # {2, 3, 5, 9}
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Elementene i en mengde må *ikke* være mulig å mutere.¹

```
s = set()
s.add(42)      # int OK
s.add('foo')   # str er OK
```

```
s.add(False)    # bool er OK
s.add(1.4)      # float er OK
s.add((2, 3))   # tupler er OK
print(s)

s.add([2, 3])   # Krasj! lister er IKKE OK (lister kan muteres)
s.add({2, 3})   # Ville også krasjet! (mengder kan også muteres)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Mengder er svært effektive.

```
# En liste kan brukes for samme formål som en mengde. La oss sammenligne
# hvor effektive de er til oppgaven «spør om en verdi er tilstede»
n = 2000
trails = 1000 # Flere forsøk utjevner forskjeller som skyldes forstyrrelser
a = list(range(n))
s = set(range(n))

import time
time_before = time.time()
for _ in range(trails):
    does_contain_minus_one = -1 in a
time_after = time.time()
elapsed_a = (time_after - time_before) * 1000
print(f'Det tok {elapsed_a:.0f}ms å sjekke listen {trails} ganger')

time_before = time.time()
for _ in range(trails):
    does_contain_minus_one = -1 in s
time_after = time.time()
elapsed_s = (time_after - time_before) * 1000
print(f'Det tok {elapsed_s:.0f}ms å sjekke mengden {trails} ganger')
ratio = elapsed_a/elapsed_s
print(f'Mengder var {ratio:.1f} ganger raskere enn lister for {n=}')
print('Prøv større verdi for `n` for å se større forskjeller')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Operasjoner på mengder

Det finnes flere måter å manipulere mengder på. For hver av operasjonene her finnes det destruktive metoder som muterer mengden vår, i tillegg finnes også ikke-destruktive alternativer som oppretter en helt nytt objekt i minnet. Det destruktive alternativet vil ofte være mer effektivt med tanke på minnebruk og kjøretid – samtidig er det av og til nødvendig for korrektheten i programmet ditt for øvrig at du benytter en ikke-destruktiv variant.

Se mer detaljer om operasjoner på mengder i den [offisielle dokumentasjonen](#).

Legg til elementer (add/update/union/ |)

```
# Legg til elementer
# destruktivt (ved mutasjon)
myset = {1, 2}
alias = myset

myset.add(6)          # ett
myset.update([2, 8])  # flere
myset |= {1, 2, 9}    # flere

print(myset) # {1, 2, 6, 8, 9}
print(alias) # {1, 2, 6, 8, 9}
```

Kopier

Se steg

Kjør

```
# Legg til elementer
# ikke-destruktivt (nytt objekt)
myset = {1, 2}
alias = myset

myset = myset.union([2, 8])
myset = myset | {1, 2, 9}

print(myset) # {1, 2, 8, 9}
print(alias) # {1, 2}
```

Kopier

Se steg

Kjør

Fjerne elementer (remove/discard/difference/ - /mengdebygging)

```
# Fjern elementer
# destruktivt (ved mutasjon)
myset = {1, 2, 3, 4, 5}
alias = myset

# 'remove' fjerner ett element
# (ikke funnet -> krasjer)
myset.remove(1)

# 'discard' fjerner ett element
# (ikke funnet -> ignorer)
myset.discard(2)
myset.discard(42)

# difference_update/ -= fjerner
# flere elementer hvis de finnes
myset.difference_update([4, 6])
myset -= {5, 7, 9}

print(myset) # {3}
print(alias) # {3}
```

Kopier

Se steg

Kjør

```
# Fjern elementer
# ikke-destruktivt (nytt objekt)
myset = {1, 2, 3, 4, 5}
alias = myset

# Mengdebygging med betingelse
myset = {x for x in myset if x != 2}
myset = {x for x in myset if x != 42}

# difference/- fjerner elementer
# hvis de finnes
myset = myset.difference([4, 6])
myset = myset - {5, 7, 9}

print(myset) # {1, 3}
print(alias) # {1, 2, 3, 4, 5}
```

Kopier

Se steg

Kjør

Beholde elementer (intersection/ &)

```
# Behold kun elementer som er
# i begge mengdene.
# destruktivt (ved mutasjon)
myset = {1, 2, 3, 4, 5}
alias = myset

a = [3, 4, 5, 6, 7]
myset.intersection_update(a)
# myset er nå {3, 4, 5}

myset &= {1, 3, 5, 7, 9}
```

```
# Behold kun elementer som er
# i begge mengdene.
# ikke-destruktivt (nytt objekt)
myset = {1, 2, 3, 4, 5}
alias = myset

a = [3, 4, 5, 6, 7]
myset = myset.intersection(a)
# myset er nå {3, 4, 5}

myset = myset & {1, 3, 5, 7, 9}
```

```
print(myset) # {3, 5}
print(alias) # {3, 5}
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
print(myset) # {3, 5}
print(alias) # {1, 2, 3, 4, 5}
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Symetrisk forskjell (symmetric_difference/ ^)

```
# Behold kun elementer som er
# i akkurat én av mengdene
# destruktivt (ved mutasjon)
myset = {1, 2, 3, 4, 5}
alias = myset

a = [3, 4, 5, 6, 7]
myset.symmetric_difference_update(a)
# myset er nå {1, 2, 6, 7}

myset ^= {1, 3, 5, 7, 9}

print(myset) # {2, 3, 5, 6, 9}
print(alias) # {2, 3, 5, 6, 9}
```

[Kopier](#)

```
# Behold kun elementer som er
# i begge mengdene.
# ikke-destruktivt (nytt objekt)
myset = {1, 2, 3, 4, 5}
alias = myset

a = [3, 4, 5, 6, 7]
myset = myset.symmetric_difference(a)
# myset er nå {1, 2, 6, 7}

myset = myset ^ {1, 3, 5, 7, 9}

print(myset) # {2, 3, 5, 6, 9}
print(alias) # {1, 2, 3, 4, 5}
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Frozenset

Det finnes en type mengder som ikke kan muteres, kalt `frozenset`. De fungerer nøyaktig som `set`, men operasjonene som ville mutert `set` vil nå enten opprette et nytt objekt eller det vil krasje.

Fordelen med `frozenset` er at de kan brukes som nøkler i oppslagsverk, eller de kan legges som elementer i andre mengder (siden de ikke kan muteres, tilfredstiller de kravet).

```
# Opprett et frozenset
myset = frozenset({2, 3, 5})
alias = myset

myset |= {42, 43} # muterer ikke, men oppretter nytt objekt

print(myset) # {2, 3, 5, 42, 43}
print(alias) # {2, 3, 5}

myset.discard(2) # Krasjer
```

[Kopier](#)

1. Det er ikke *heelt* sant at elementene i en mengde ikke kan muteres, men det er en hvit løgn vi lever godt med i INF100. [↩](#)



Moduler

- [Ordbok: modul, pakke, bibliotek og rammeverk](#)
- [Importere moduler](#)
- [Egne moduler](#)
- [Hovedfil og modul](#)

Ordbok: modul, pakke, bibliotek og rammeverk

- En *modul* er en samling med relaterte funksjoner og variabler man kan importere. For eksempel `random` og `math` som vi har vært borti tidligere i kurset. Du kan tenke på en modul som én «fil» med kode.
- En *pakke* er en samling av moduler (og av og til andre, mindre pakker) som er relatert til hverandre. Du kan tenke på en pakke som en slags «mappe» med relatert kode.
- Et *bibliotek* er egentlig bare en kjempestor pakke. Det er teknisk sett ingen forskjell på et bibliotek og en pakke, men dersom pakken blir veldig stor og generell, kalles det ofte et bibliotek. Hvor grensen går mellom pakke og bibliotek er litt opp til øyet som ser.
- Et relatert begrep er et *rammeverk*. Et rammeverk kan ta form av alt fra en modul til et bibliotek, men har den egenskapen at det legger «rammene» for hvordan koden skal skrives; for eksempel er `uib_inf100_graphics` ikke bare en pakke men også et rammeverk, siden vi er nødt til å strukturere koden vår på en spesiell måte for å bruke det. Et rammeverk kan kjennes igjen ved at andre sin kode kaller på funksjonene vi skriver, og ikke bare omvendt.

Importere moduler

Det finners flere måter å importere en modul på.

```
# Standard import
# For å bruke ting fra modulen, skriver vi modulnavn.navnpåting
import math
print(math.ceil(1.1))
print(math.pi)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Import med nytt navn
# Kjekt hvis man vil bruke modulnavnet til et annet formål, eller
# hvis man har lyst på et kortere kallenavn på modulen
import math as ma
math = 42
print(ma.ceil(1.1))
print(ma.pi)
```

```
print(math)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Import av kun spesifikke ting
# Man slipper bruke modulnavn først
# Man kan gi kallenavn til hver enkelt ting med `as`
from math import ceil as round_up, pi
print(round_up(1.1))
print(pi)
print(math.floor(1.9)) # Krasjer
print(floor(1.9)) # Ville også krasjet
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

```
# Import av alle tingene i math.
# FARE! DETTE BØR IKKE GJØRES! MAN HAR INGEN KONTROLL PÅ HVA MAN IMPORTERER!
# PLUTSELIG KAN FUNKSJONER HA FÅTT EN HELT NY BETYDNING VI IKKE FORVENTER!
from math import *
print(ceil(1.1))
print(pi)
print(floor(1.9))
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Egne moduler

Å lage sin egen modul er så enkelt som å lagre en python-fil. For eksempel, vi kan ha to python-filer *foo.py* og *bar.py*, hvor sistnevnte importerer førstnevnte som modul:

```
# foo.py
def hello():
    return "Hello there"
```

[Kopier](#)

```
# bar.py
import foo
print(foo.hello())
```

[Kopier](#)

For at dette skal virke, er det viktig at *foo.py* og *bar.py* ligger i samme mappe. Det er også mulig å importere moduler som er lagret i undermapper. Dersom vi flytter *foo.py* inn i en mappe *lib* slik at *bar* ligger i samme mappe som *lib*, kan vi importere *foo* slik:

```
# bar.py
import lib.foo
```

```
print(lib.foo.hello())
```

[Kopier](#)

eller

```
# bar.py
from lib import foo
print(foo.hello())
```

[Kopier](#)

Hovedfil og modul

Når en modul importeres, kjøres all koden som er i filen. For eksempel,

```
# foo.py
def hello():
    return "Hello there"

print("Tester hello i foo:", hello())
```

[Kopier](#)

```
# bar.py
from foo import hello # Oops, skriver ut 'Tester hello i foo: Hello there'
print(hello())
```

[Kopier](#)

Det kan være praktisk at en modul kan benyttes som en selvstendig enhet, men også kan importeres uten at det da kommer utskrift til terminalen eller andre merkelige sideeffekter. Til dette kan vi sjekke om en spesiell variabel som heter `__name__` har den spesielle verdien `"__main__"`:

```
# foo.py
def hello():
    return "Hello there"

if __name__ == "__main__":
    # Denne koden kjøres når foo.py blir kjørt som hovedfil, men ikke
    # når foo.py blir importert som modul
    print("Tester hello i foo:", hello())
```

[Kopier](#)

[b001 forklarer if __name__ == '__main__'](#)



Standardbiblioteket

Python har mange moduler som er innebygget i selve språket, men som likevel ikke er umiddelbart tilgjengelig uten at vi importer dem først. Slike moduler er en del av Python sitt *standardbibliotek*, og inkluderer moduler som `math`, `random`, `copy`, `time`, `datetime`, `csv`, `decimal`, `sys`, `os` og mange andre. Se docs.python.org/3/library for en fullstendig oversikt.

For å bruke en modul fra python sitt standardbibliotek, holder det å skrive `import <modulnavn>`. Konvensjon tilsier at dette gjøres øverst i filen.

Under viser vi frem et par eksempler fra noen utvalgte moduler fra Python sitt standardbibliotek.

Matematikk

- [math](#)
- [random](#)

Dato og tid

- [time](#)
- [datetime](#)

Håndtere vanlige filformater

- [csv](#)
 - Konvertere mellom CSV-fil og 2D-liste
 - DictReader og DictWriter: data som liste av oppslagsverk
 - DictReader med CSV-formattede strenger
- [json](#)

Interaksjon med operativsystemet og filstrukturen

- [sys](#)
- [os og shutil](#)

math

<https://docs.python.org/3/library/math.html>

```
import math

# Noen utvalgte konstanter
print(math.pi)           # 3.141592653589793
print(math.e)            # 2.718281828459045
print(math.inf)          # uendelig
print(-math.inf)         # minus uendelig
print()
```

```
# Noen utvalgte funksjoner
print(math.ceil(3.22))      # 4, runder alltid av oppover
print(math.floor(3.9))      # 3, runder alltid av nedover
print(math.radians(180))    # 3.14..., konverter grader til radianer
print(math.degrees(math.pi/2)) # 90.0, konvertere radianer til grader
print(math.cos(math.pi))    # -1.0, cosinus-funksjonen
print(math.factorial(4))    # 24, faktorial-funksjonen (24 = 1*2*3*4)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

random

<https://docs.python.org/3/library/random.html>

```
import random

# Et tilfeldig flyttall mellom 0 og 1
x = random.random()
print(x)

# Et tilfeldig element fra en liste/samling
a = ['foo', 'bar', 'baz']
s = random.choice(a)
print(s)

# Et tilfeldig tall mellom 0 og 9
y = random.randrange(10) # ca det samme som random.choice(range(10))
print(y)
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Ved å sette et «frø» kan vi få samme sekvens av «tilfeldige» tall hver gang vi kjører programmet. Dette kan være nyttig for testing og debugging, eller hvis du ønsker å kunne gjenskape et eksperiment. Som standard er frøet satt til [systemtiden](#): antall nanosekunder siden 1. januar 1970 delt på 100.

```
import random
random.seed(42) # Vi setter frøet til 42 (kan være hva som helst)

# Kjør programmet mange ganger og observer: de samme valgene gjentar
# seg hver gang man kjører programmet på nytt med samme frø.
a = ['foo', 'bar', 'quz']
print(random.choice(a))
print(random.choice(a))
print(random.choice(a))
print(random.choice(a))
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Random-modulen har massevis av mer avanserte muligheter også, for eksempel å velge tilfeldige tall fra en rekke ulike fordelinger (uniform, normal, gammavariat, etc.). Det finnes også funksjoner for å

velge flere tilfeldige elementer fra en samling med og uten tilbakelegging (henholdsvis `random.choices` og `random.sample`), samt for å blande en samling (med `random.shuffle`). Se [offisiell dokumentasjon](#) for mer informasjon.

time

<https://docs.python.org/3/library/time.html>

```
import time

print(time.time()) # Antall sekunder siden 1. januar 1970 som flyttall
```

Kopier

Se steg

Kjør

datetime

<https://docs.python.org/3/library/datetime.html>

```
from datetime import datetime, timedelta

# Et datetime -objekt representerer et bestemt tidspunkt
lecture_starts = datetime(2024, 3, 22, 12, 15, 00)
print(f"{lecture_starts = }")
print(f"{lecture_starts.year = }, {lecture_starts.month = }")
print(f"Ukedag: {lecture_starts.weekday()} (0=Mandag, 6=Søndag)")
print()

# Et timedelta -objekt representerer en gitt varighet
lecture_duration = timedelta(hours=1, minutes=45)
print(f"{lecture_duration = }")

# Forholdstall mellom varigheter kan brukes for å telle hvor mange
# dager/timer/sekunder/millisekunder det er i en varighet.
minute = timedelta(minutes=1)
print(f"{lecture_duration / minute = }") # Antall minutter totalt
hour = timedelta(hours=1)
print(f"{lecture_duration / hour = }") # Antall timer
print()

# Tidspunkt + varigheter gir et nytt tidspunkt
lecture_ends = lecture_starts + lecture_duration
print(f"{lecture_ends = }")
print()

# Tidspunktet akkurat nå
now = datetime.now()
print(f"{now = }")

# Tidspunkt minus tidspunkt gir varighet
time_since_lecture_started = now - lecture_starts
print(f"{time_since_lecture_started = }")
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

Et datetime-objekt kan være bevisst eller ubevisst på hvilken tidssone tidspunktet tilhører. I eksempel over var vi *ubevisst*. I eksempelet under er vi *bevisst* på hvilken tidssone tidspunktene vi opererer med tilhører; vi må derfor angi hvilken tidssone tidspunktet tilhører når vi oppretter datetime-objekter.

```
from datetime import datetime, timedelta, timezone

# Tidspunkt i UTC (Universal Coordinated Time)
# UTC er den eneste tidssonen som er innbygget i Python fra før.
now_utc = datetime.now(timezone.utc)

# CEST (Central European Summer Time) er UTC+2
timezone_cest = timezone(timedelta(hours=2), name='CEST')
now_cest = datetime.now(timezone_cest)

print(f'{now_utc = }')
print(f'{now_cest = }')

# Forskjellen mellom to samtidige tidspunkt er 0.
difference = now_cest - now_utc
print(f'{difference = }')

# For å opprette bevisste datetime-objekter, må vi angi tzinfo-parameteren
lecture_time = datetime(2024, 4, 5, 12, 15, 00, tzinfo=timezone_cest)
print(f'{lecture_time = }')
```

[Kopier](#)[Se steg](#)[Kjør](#)

💡 Konvertering mellom tidssoner

```
from datetime import datetime, timedelta, timezone

# Ubevisst tidspunkt
lecture_time_unaware = datetime(2024, 3, 22, 12, 15, 00)
print(f'{str(lecture_time_unaware) = }')

# Konvertere fra ubevisst datetime til bevisst datetime, med bruk av
# den lokale tidssonen som var gjeldende den aktuelle datoen.
lecture_time_local = lecture_time_unaware.astimezone()
print(f'{str(lecture_time_local) = }')

# Noen tidssoner
tz_utc = timezone.utc # Universal Coordinated Time
tz_cet = timezone(timedelta(hours=1), name='CET') # Central European Time
tz_est = timezone(timedelta(hours=-5), name='EST') # Eastern Standard Time
tz_edt = timezone(timedelta(hours=-4), name='EDT') # Eastern Daylight Time
tz_pst = timezone(timedelta(hours=-8), name='PST') # Pacific Standard Time

# Konvertere til en annen tidssone kan gjøres på to måter:
#
# new_datetime = old_datetime.replace(tzinfo=new_timezone)
```

```
#      endrer tidssonen uten å endre klokkeslettet/dato. For eksempel hvis
#      klokkeslettet var 12:15 i CET, vil det nye tidspunktet være 12:15 i
#      UTC.
#
#      new_datetime = old_datetime.astimezone(new_timezone)
#      endrer tidssonen og klokkeslett/dato slik at det nye klokkeslettet
#      tilsvarer samme punkt i tid, bare oppgitt i en annen tidssone. For
#      eksempel hvis klokkeslettet var 12:15 i CET, vil det nye tidspunktet
#      være 10:15 i UTC.

lecture_time_replace_est = lecture_time_local.replace(tzinfo=tz_est)
print(f'{str(lecture_time_replace_est) = }')

lecture_time_astimezone_est = lecture_time_local.astimezone(tz_est)
print(f'{str(lecture_time_astimezone_est) = }')

# Dersom old_datetime er ubevisst, vil både replace og astimezone fungere
# som replace, og vil da endre tidssonen uten å røre klokkeslett og dato.
```

 Kopier

CSV

<https://docs.python.org/3/library/csv.html>

De enkleste CSV-filene er det lett å håndtere med bruk av `.split` og `.join`, slik vi viser i notatene om [filer](#). Men for noen CSV-filer kan det bli komplisert: for eksempel når innholdet i en celle selv inneholder komma. Da er det bedre å bruke `csv`-modulen, som løser slike problemer for oss.

Når man tolker en CSV-fil er det noen parametre som er viktige å kjenne til:

- `delimiter`: Skilletegnet mellom cellene. Standard er komma (,), men semikolon (;) og tabulator (\t) er også vanlige.
- `quotechar`: Tegnet som brukes for å omslutte celler som inneholder skilletegnet. Standard er anførselstegn ("), men noen ganger brukes apostrof (') eller andre tegn.
- `quoting`: Hvordan omslutningstegnet (`quotechar`) skal brukes.
 - `csv.QUOTE_MINIMAL` (standard - omslutt celler kun hvis nødvendig),
 - `csv.QUOTE_ALL` (alle celler omsluttet), eller
 - `csv.QUOTE_NONNUMERIC` (alle celler som ikke er tall omsluttet).

CSV-modulen tillater at vi angir våre egne verdier for disse parametrene dersom de avviker fra standardverdiene.

 [Konvertere mellom CSV-fil og 2D-liste](#)

```
import csv
# Du kan kopiere funksjonene for å lese/skrive csv-filer og bruke dem
# som du ønsker uten å sitere.

def read_csv_file(path, encoding="utf-8", **kwargs):
    r''' Reads a csv file from the provided path, and returns its
```

```

content as a 2D list. The default encoding is utf-8, the default
column delimiter is comma and the default quote character is the
double quote character ("), though this can be overridden with
named parameters "delimiter" and "quotechar".'''
with open(path, "rt", encoding=encoding, newline='') as f:
    return list(csv.reader(f, **kwargs))

def write_csv_file(path, table_content, encoding='utf-8', **kwargs):
    r""" Given a file path and a 2D list representing the content, this
    method will create a csv file with the contents formatted as csv.
    By default the delimiter is a comma and the quote character is
    the double quote, but this can be overridden with named parameters
    "delimiter" and "quotechar". """
    with open(path, "wt", encoding=encoding, newline='') as f:
        writer = csv.writer(f, **kwargs)
        for row in table_content:
            writer.writerow(row)

# Eksempler på bruk. Først, en 2D-liste med innholdet i tabellen.
org_content = [
    ["Name", "Age"],
    ["Ola", 74],
    ["Kari", "73"],
]
print("Original 2D-liste:", org_content)

# Eksempel 1: standard parametre (se resultat i foo.csv)
write_csv_file("foo.csv", org_content)
with open("foo.csv", encoding='utf-8') as f:
    print("write_csv_file, standard parametre:", repr(f.read()))
readback_content = read_csv_file("foo.csv")
print("read_csv_file, standard parametre:", readback_content)

# Eksempel 2: eksempel på bruk av navngitte parametre (se resultat i bar.csv)
# delimiter="|" endrer skillesymbolet til vertikal strek
# quoting=csv.QUOTE_NONNUMERIC gjør at alt unntatt tall-verdier omslutes
# av hermetegn; og ved lesing, at tall uten hermetegn konverteres til float.
write_csv_file("bar.csv", org_content, delimiter="|",
               quoting=csv.QUOTE_NONNUMERIC)
with open("bar.csv", encoding='utf-8') as f:
    print("write_csv_file, med egne parametre:", repr(f.read()))
readback_content = read_csv_file("bar.csv", delimiter="|",
                                quoting=csv.QUOTE_NONNUMERIC)
print("read_csv_file, med egne parametre:", readback_content)

```

 Kopier

 [DictReader og DictWriter: data som liste av oppslagsverk](#)

CSV-biblioteket har innbygd funksjonalitet for å konvertere mellom CSV-filer og lister av oppslagsverk (dict). Da benyttes `csv.DictReader` og `csv.DictWriter` istedet for `csv.reader` og `csv.writer`.

```

import csv
from pathlib import Path

# Kopier gjerne funksjonene csv_dict_reader og csv_dict_writer herfra

def csv_dict_reader(path, encoding='utf-8', delimiter=',',
                    quotechar='"', quoting=csv.QUOTE_MINIMAL, **kwargs):
    '''Read a CSV file and return the headers as a list and the data as
    a list of dictionaries. Typical usage example:

    >>> headers, data = csv_dict_reader('foo.csv', delimiter=';')
    >>> headers
    ['Name', 'Age']
    >>> data
    [{'Name': 'Ola', 'Age': '74'}, {'Name': 'Kari', 'Age': '73'}]

    Args:
        path (str): The path to the CSV file.
        encoding (str, optional): The encoding of the CSV file. Default
            is 'utf-8'.
        delimiter (str, optional): The delimiter between cells used in
            the CSV file. Default is ','.
        quotechar (str, optional): The quote character used in the CSV
            file. Default is '"'.
        quoting (int, optional): The quoting style used in the CSV
            file. Default is csv.QUOTE_MINIMAL. Some other useful
            options are csv.QUOTE_ALL and csv.QUOTE_NONNUMERIC. See
            https://docs.python.org/3/library/csv.html#csv.QUOTE\_ALL
            for more information.
        **kwargs: Additional keyword args to pass to csv.DictReader.

    Returns:
        headers (list): The headers of the CSV file.
        data (list): The data of the CSV file as a list of dictionaries.
    '''
    with Path(path).open('rt', encoding=encoding, newline='') as f:
        reader = csv.DictReader(f, delimiter=delimiter, quotechar=quotechar,
                                quoting=quoting, **kwargs)
        headers = reader.fieldnames
        data = list(reader)
    return headers, data

def csv_dict_writer(path, headers, data, encoding='utf-8', delimiter=',',
                    quotechar='"', quoting=csv.QUOTE_MINIMAL, **kwargs):
    '''Write a CSV file with the specified headers and data. Typical
    usage example:

    >>> headers = ['Name', 'Age']
    >>> data = [
    ...     {'Name': 'Ola', 'Age': 74},
    ...     {'Name': 'Kari', 'Age': 73},
    ... ]
    >>> csv_dict_writer('foo.csv', headers, data, delimiter=';')

```


Args:

`path (str)`: The path to the CSV file.
`headers (list)`: The headers of the CSV file.
`data (list)`: The data of the CSV file as a list of dictionaries.
`encoding (str, optional)`: The encoding of the CSV file. Default is 'utf-8'.
`delimiter (str, optional)`: The delimiter between cells used in the CSV file. Default is ','.
`quotechar (str, optional)`: The quote character used in the CSV file. Default is '"'.
`quoting (int, optional)`: The quoting style used in the CSV file. Default is `csv.QUOTE_MINIMAL`. Some other useful options are `csv.QUOTE_ALL` and `csv.QUOTE_NONNUMERIC`. See https://docs.python.org/3/library/csv.html#csv.QUOTE_ALL for more information.
****kwargs**: Additional keyword args to pass to `csv.DictWriter`.

Returns:

None

'''

```
with Path(path).open('wt', encoding=encoding, newline='') as f:
    writer = csv.DictWriter(f, fieldnames=headers, delimiter=delimiter,
                           quotechar=quotechar, quoting=quoting)
    writer.writeheader()
    writer.writerows(data)
```

Eksempel på bruk:

```
org_headers = ['Name', 'Age']
org_data = [
    {'Name': 'Ola', 'Age': 74},
    {'Name': 'Kari', 'Age': 73},
]
```

Skriv til fil med ulike innstillinger med csv_dict_writer

```
csv_dict_writer('default.csv', org_headers, org_data)
csv_dict_writer('semicolon.csv', org_headers, org_data, delimiter=';')
csv_dict_writer('quotenonnumeric.csv', org_headers, org_data,
               quotechar="'", quoting=csv.QUOTE_NONNUMERIC)
```

Les de produserte filene som rå tekst (plain text)

```
raw_csv_default = Path('default.csv').read_text(encoding='utf-8')
raw_csv_semicolon = Path('semicolon.csv').read_text(encoding='utf-8')
raw_csv_quotenumeric = Path('quotenonnumeric.csv').read_text(encoding='utf-8')
```

Les de produserte filene tilbake med csv_dict_reader

```
rb_default_headers, rb_default_data = csv_dict_reader('default.csv')
rb_semicolon_headers, rb_semicolon_data = csv_dict_reader(
    'semicolon.csv', delimiter=';'
)
rb_quotenumeric_headers, rb_quotenumeric_data = csv_dict_reader(
    'quotenonnumeric.csv', quotechar="'", quoting=csv.QUOTE_NONNUMERIC
)
```

```
print('Raw file content')
print('default:      ', repr(raw_csv_default))
```

```

print('semicolon: ', repr(raw_csv_semicolon))
print('quotenumeric:', repr(raw_csv_quotenumeric))
# default:      'Name,Age\n0la,74\nKari,73\n'
# semicolon:    'Name;Age\n0la;74\nKari;73\n'
# quotenumeric: "'Name','Age'\n'0la',74\n'Kari',73\n"

print()
print('Readback headers')
print('default: ', rb_default_headers)
print('semicolon: ', rb_semicolon_headers)
print('quotenumeric:', rb_quotenumeric_headers)
# rb_default:    ['Name', 'Age']
# rb_semicolon:  ['Name', 'Age']
# rb_quotenumeric: ['Name', 'Age']

print()
print('Readback data')
print('default: ', rb_default_data)
print('semicolon: ', rb_semicolon_data)
print('quotenumeric:', rb_quotenumeric_data)
# default:      [{'Name': '0la', 'Age': '74'}, {'Name': 'Kari', 'Age': '73'}]
# semicolon:    [{'Name': '0la', 'Age': '74'}, {'Name': 'Kari', 'Age': '73'}]
# quotenumeric: [{'Name': '0la', 'Age': 74.0}, {'Name': 'Kari', 'Age': 73.0}]

```

 Kopier

DictReader med CSV-formattede strenger

Å benytte DictReader med strenger i stedet for filer er dessverre litt knotete. Vi må en liten omvei via `io.StringIO` fra `io`-modulen i standardbiblioteket.

```

import csv
import io

csv_string = '''\
Name;Age
0la;74
Kari;73
'''

# Leser fra en streng med DictReader
reader = csv.DictReader(io.StringIO(csv_string), delimiter=';')
headers = reader.fieldnames
data = list(reader)

print(headers) # ['Name', 'Age']
print(data)   # [{'Name': '0la', 'Age': '74'}, {'Name': 'Kari', 'Age': '73'}]

```

 Kopier

json

<https://docs.python.org/3/library/json.html>

JSON er et filformat basert på ren tekst som i sin struktur er nesten nøyaktig som et oppslagsverk hvor alle nøklene er strenger. På samme måte som for CSV er det enkelte detaljer som gjør at import og eksport av JSON likevel gjøres best med en egnet modul.

```
import json

# Eksempel på innholdet i en JSON-fil som en streng (såkalt JSON-streng)
sample_json_string = """\
{
    "name": "Kari",
    "is_alive": true,
    "age": 27,
    "address": {
        "street": "Gateveien 1234",
        "city": "En 'by'",
        "postal_code": "5000"
    },
    "phone_numbers": [
        {
            "type": "home",
            "number": "12345678"
        },
        {
            "type": "office",
            "number": "23456789"
        }
    ]
}
"""

# For å konvertere fra JSON-streng til oppslagsverk
d = json.loads(sample_json_string)
print(type(d)) # dict
print(d["name"], "har telefonnummer", d["phone_numbers"][0]["number"])
print()

# For å konvertere fra oppslagsverk til JSON-streng
d["age"] += 42 # Liten endring først
s1 = json.dumps(d) # Kompakt JSON-streng, bra for nedlasting/datamaskiner
s2 = json.dumps(d, indent=2) # Pen og leselig JSON-streng, bra for mennesker
print(s1)
print(str(d)) # Legg merke til at s1 ligner på str(d). Ser du forskjellene?
print(s2)
```

 Kopier

 Se steg

 Kjør

sys

<https://docs.python.org/3/library/sys.html>

```
import sys

# Avslutt python umiddelbart
sys.exit()
print("Vi kommer aldri hit")
```

 Kopier

os og shutil

<https://docs.python.org/3/library/os.html>

<https://docs.python.org/3/library/os.path.html>

<https://docs.python.org/3/library/shutil.html>

`os` er en modul med mange avanserte funksjoner, men også et par funksjoner som er greie å ha for å navigere filsystemet lokalt på datamaskinen. `shutil` er en modul som også jobber med filer, gjerne mer enn én om gangen.

For å testekoden under, lim den inn i en fil og kjør filen på din lokale maskin.

```
import os
import shutil

# os er en modul med mange avanserte funksjoner, men også et par funksjoner
# som er greie å ha for å navigere filsystemet lokalt på datamaskinen.
# shutil er en modul som også jobber med filer, gjerne mer enn én om gangen.

# Vis `current working directory` (cwd). Dette er den mappen python
# vil bruke som utgangspunkt for å se etter filstier.
full_folder_path = os.getcwd() # en streng
print("Current working directory er:\n", full_folder_path)

print("Oppretter nå en fil foo.txt med innhold: 'woof\nbark\n'")
with open("foo.txt", "wt", encoding='utf-8') as f:
    f.write("woof\nbark\n")
print("Foo.txt ble opprettet i mappen:\n", os.getcwd())

# Komplette filsti for filen foo.txt vi nettopp opprettet. Dette er bedre enn
# `os.getcwd() + "/foo.txt"` fordi det virker både for Windows og Mac.
full_file_path = os.path.join(os.getcwd(), "foo.txt")
print("Filsti (path) for foo.txt:", full_file_path)
print("Sjekk at filen foo.txt ble opprettet i denne mappen")
input("Trykk enter for å fortsette")
print()

print("Oppretter nå mappen bar inne i en mappen egg, inne i en mappen temp")
os.makedirs(os.path.join("temp", "egg", "bar"))
print("Sjekk at mappene temp/egg/bar ble opprettet i ", os.getcwd())
input("Trykk enter for å fortsette")
print()

def print_contents_of_folder(path_to_folder):
```

```

print("Ser på alle ting i mappen", path_to_folder)
# os.listdir returnerer en liste med strenger
for subpath in sorted(os.listdir(path_to_folder)):
    # subpath er navnet til fil/mappe som er i mappen folder_path
    full_subpath = os.path.join(path_to_folder, subpath)
    subpath_is_file = os.path.isfile(full_subpath)
    print("file      " if subpath_is_file else "folder  ", end="")
    print(subpath)

print_contents_of_folder(full_folder_path)
input("Trykk enter for å fortsette")
print()

print("Endrer cwd (current working directory) til mappen temp/egg/bar")
os.chdir(os.path.join(full_folder_path, "temp", "egg", "bar"))
print("Nå er os.getcwd() =", os.getcwd())
print("Oppretter filer xi.txt, tau.txt, alpha.txt")
for filename in ["xi.txt", "tau.txt", "alpha.txt"]:
    with open(filename, "wt", encoding='utf-8') as f:
        f.write("hiha")
print_contents_of_folder(os.getcwd())
input("Trykk enter for å fortsette")
print()

print("Endrer cwd ved å gå til mappen på nivået over tre ganger")
for _ in range(3):
    os.chdir(os.path.dirname(os.getcwd()))
    print("cwd er nå", os.getcwd())
input("Trykk enter for å fortsette")
print()

temp_folder_path = os.path.join(os.getcwd(), "temp")
print("Sjekker om stien eksisterer:", temp_folder_path)
print(os.path.exists(temp_folder_path))
print("Går igjennom alt innhold uansett dypbe:", temp_folder_path)
for dirpath, dirnames, filenames in os.walk(temp_folder_path):
    print(dirpath, dirnames, filenames)
input("Trykk enter for å fortsette")
print()

os.remove(full_file_path)
print("Fjernet foo.txt")
input("Trykk enter for å fortsette")
print()

import shutil
shutil.rmtree(temp_folder_path)
print("Fjernet temp-mappen inkludert alt innhold")
print("Ferdig!")

```




Eksterne pakker

- [Enkel installasjon](#)
- [Installasjon med pip](#)

Eksempler på eksterne pakker

- [Requests: last ned ting fra internett](#)
- [Matplotlib: visualisering av data](#)
 - [Enkle plot](#)
 - [Scatterplot](#)
- [Andre vanlige pakker](#)

Enkel installasjon (fungerer av og til)

Installasjon av eksterne moduler trenger man bare gjøre én gang for hver python-installasjon. Under finner du en kodesnutt du kan forsøke å kjøre som prøver å installere noen moduler.

```
import sys

libs = ['matplotlib', 'numpy', 'pandas', 'requests']
cmd = f"{sys.executable} -m pip install --user {' '.join(libs)}"

ans = input(f"\n\nType 'yes' to try direct install of {libs}: ")
if ans == "yes":
    from subprocess import run
    run(cmd.split())
else:
    print("copy this line into the terminal:\n")
    print(cmd)
    print()
```

[Kopier](#)

Installasjon med pip

For å installere eksterne pakker og moduler, bruker vi et program som heter [pip](#). Dette er et program som ble installert sammen med python. Dersom du har flere versjoner av python installert på din datamaskin (for eksempel fordi en gammel versjon av python var installert fra før), har du også flere versjoner av pip installert på maskinen din. Når du installerer programmer med pip er det viktig at du bruker den versjonen av pip som matcher den versjonen av python du bruker.

For å installere noe med pip, bruker vi Terminalen og skriver kommandoen:

```
<python-sti> -m pip install <pakkenavn>
```

(det er også mulig å skrive `<pip-sti> install <pakkenavn>`, men den metoden dekker vi ikke her).
Et par punkter å passe på:

- `<pakkenavn>` skal erstattes med navnet på pakken som skal installeres.
- `<python-sti>` skal erstattes med en sti til den python-versjonen du skal installere pakken for. Dette kan være så enkelt som å skrive `python`, `py` eller `python3`, eller det kan være du må skrive ned fullstendig sti til den python-fortolkeren du bruker. For å sjekke hvilken sti dette er, kan du kopiere dette programmet inn i en Python-fil og kjøre filen:

```
import sys
print(f"{sys.executable}")
```

 Kopier

- Dersom filstien inneholder mellomrom, kan det være du må skrive den inn med hermetegn rundt.
- Med Windows PowerShell må ta med `&` helt i begynnelsen av kommandoen, altså `& <python-sti> -m pip install <pakkenavn>`.
- I noen tilfeller kan det kreves administrator-rettigheter for å installere. På Mac/Linux kan man da legge til `sudo` helt i begynnelsen av kommandoen og så skrive inn passordet for datamaskinen. På Windows kan PowerShell åpnes som administrator ved å høyreklikke på PowerShell i startmenyen og velge «kjør som administrator».

Requests: last ned ting fra internett

<https://requests.readthedocs.io/>

Requests-pakken kan benyttes dersom man ønsker å laste ned informasjon fra internett (via http/https) som skal brukes i et python-program.

```
import requests
# Pakke for å laste ned data fra internett

url = "https://tinyurl.com/foo-txt" # Nettsiden som skal lastes ned
headers = {
    # Noen nettsider krever at 'User-Agent' har fått en verdi
    # for at man skal få respons.
    'User-Agent': 'inf100.ii.uib.no abc123', # Noe som forteller hvem du er
}

webpage = requests.get(url, headers=headers)
print(webpage.content) # Innholdet på nettsiden før dekoding: 'byte-streng'

webpage_content = webpage.content.decode('utf-8')
print(webpage_content) # Etter dekoding: en vanlig streng
```

 Kopier

Matplotlib: visualisering av data

<https://matplotlib.org/>

Matplotlib er et stort bibliotek med utallige muligheter for å visualisere data på ulike måter. Under viser vi bare et helt enkelt eksempel; se igjennom dokumentasjonen på matplotlib sin hjemmeside for å lære om flere muligheter.

- [Enkle plot](#)
- [Scatterplot](#)

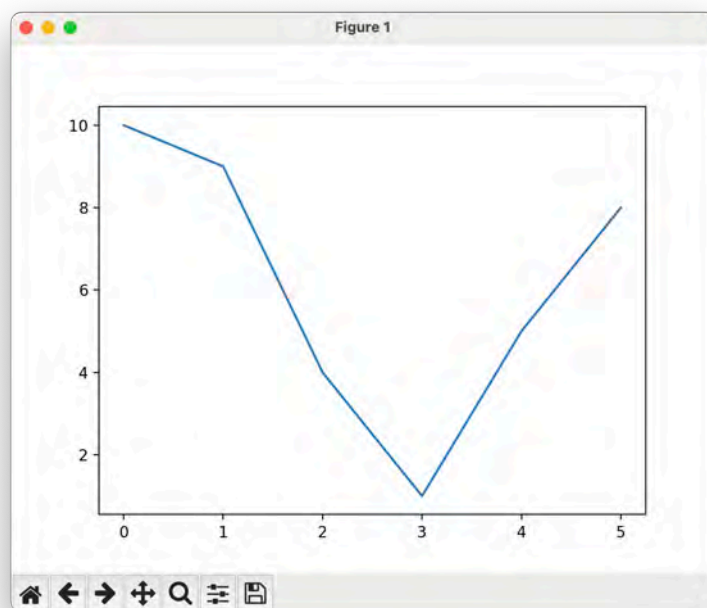
Enkle plot

```
from matplotlib import pyplot as plt

x_values = [0, 1, 2, 3, 4, 5]
y_values = [10, 9, 4, 1, 5, 8]

plt.plot(x_values, y_values)
plt.show()
```

Kopier



```
from matplotlib import pyplot as plt

x_values_a = [0, 1, 2, 3, 4, 5]
y_values_a = [10, 9, 4, 1, 5, 8]
plt.plot(
    x_values_a, y_values_a,
    color='red',
    marker='o',
    linestyle='dashed',
    linewidth=2,
    markersize=12,
```

```

    label='A',
)

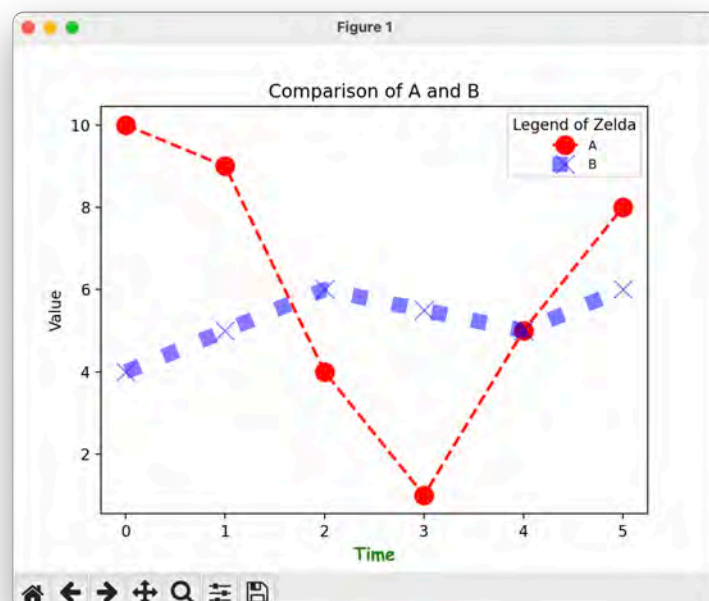
x_values_b = [0, 1, 2, 3, 4, 5]
y_values_b = [4, 5, 6, 5.5, 5, 6]
plt.plot(
    x_values_b, y_values_b,
    color='blue',
    marker='x',
    linestyle='dotted',
    linewidth=10,
    markersize=12,
    alpha=0.5,
    label='B',
)

plt.xlabel(
    'Time',
    fontsize='large',
    fontweight='bold',
    fontname='Comic Sans MS',
    color='green',
)
plt.ylabel('Value')
plt.title('Comparison of A and B')
plt.legend(
    title='Legend of Zelda',
    loc='upper right',
    fontsize='small',
)

plt.show()

```

[Kopier](#)



```

from matplotlib import pyplot as plt
from math import sin, cos

# Eksempeldata som skal visualiseres
# liste med x-verdier
xs = [n / 10 for n in range(101)]
# 2 ulike lister med y-verdier
ys_1 = [sin(x) for x in xs]
ys_2 = [3 * cos(x) for x in xs]

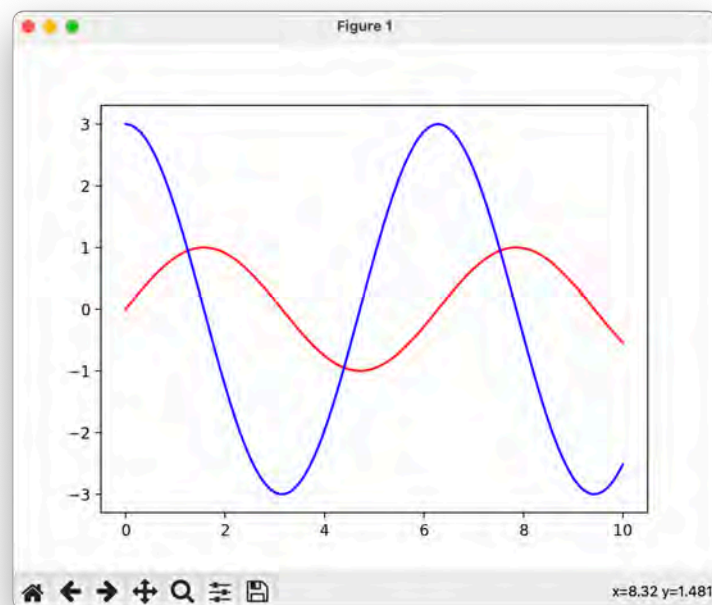
# Opprette et plot
plt.plot(xs, ys_1, "r")
plt.plot(xs, ys_2, "b")

# savefig lagrer filene
plt.savefig("my_plot.svg") # SVG vektorgrafikk (bra format for figurer!)
plt.savefig("my_plot.pdf") # PDF
plt.savefig("my_plot.png") # PNG er egentlig bedre egnet for foto enn for
                           # figurer, men har høy kryss-kompatibilitet

# interaktivt vindu
plt.show()

```

Kopier



Scatterplot

```

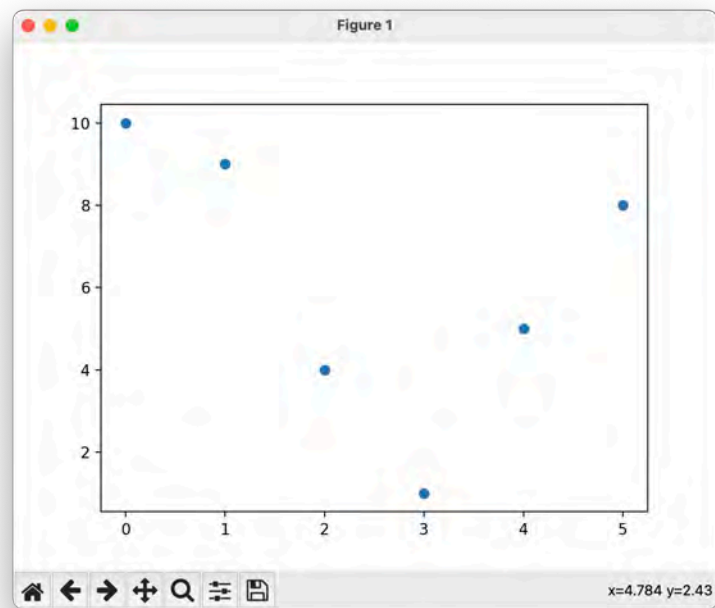
from matplotlib import pyplot as plt

x_values = [0, 1, 2, 3, 4, 5]
y_values = [10, 9, 4, 1, 5, 8]

plt.scatter(x_values, y_values)

```

```
plt.show()
```

[Kopier](#)

Kombinerte scatterplott og linjediagram, med farge og størrelse og diverse andre innstillinger:

```
from matplotlib import pyplot as plt

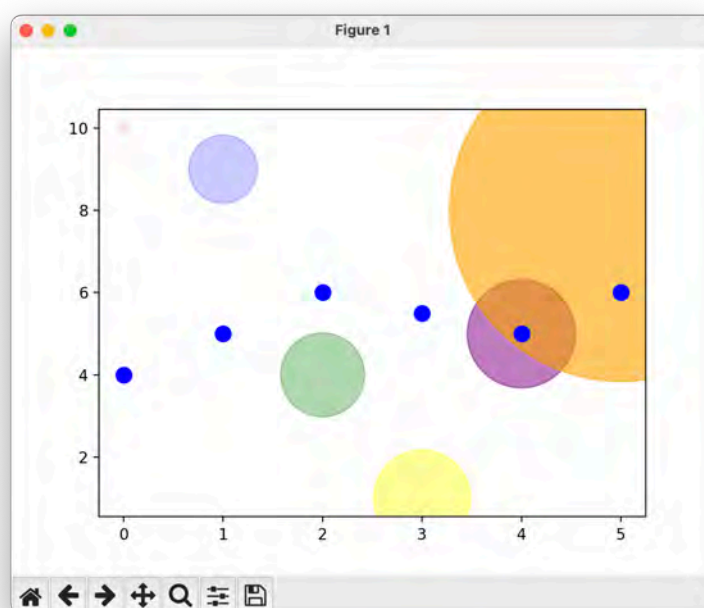
x_values_a = [0, 1, 2, 3, 4, 5]
y_values_a = [10, 9, 4, 1, 5, 8]
sizes_a = [50, 2000, 3000, 4000, 5000, 50000]
colors_a = ['red', 'blue', 'green', 'yellow', 'purple', 'orange']
alpha_a = [0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6]

plt.scatter(
    x_values_a, y_values_a,
    s=sizes_a,
    c=colors_a,
    alpha=alpha_a,
)

x_values_b = [0, 1, 2, 3, 4, 5]
y_values_b = [4, 5, 6, 5.5, 5, 6]

plt.plot(
    x_values_b, y_values_b,
    color='blue',
    marker='o', # ligner også på et scatterplot
    linestyle='none', # ligner også på et scatterplotx
    markersize=10,
)

plt.show()
```



Andre vanlige pakker

Numpy

<https://numpy.org/>

Numpy er sammen med matplotlib et av de mest brukte eksterne bibliotekene til databehandling. En av grunnene til numpy sin store popularitet, er at den kan behandle store datamengder svært raskt. Dette gjøres i bunn og grunn ved å omgå noen av Python sine mekanismer for å beskytte utviklere mot seg selv; men samtidig er numpy designet for å gjøre det enkelt å bedrive lineær algebra, hvor datatypene ofte er vektorer og matriser.

Pandas

<https://pandas.pydata.org/>

Pandas er et slags avansert «excel» for Python, som bygger på numpy og som er integrert med matplotlib. Med dette biblioteket kan man håndtere regneark og andre former for databaser (alt fra csv til json, sql, xlm osv), og utføre en rekke analyser av disse dataene.



NumPy Arrays

- [What is NumPy array?](#)
- [Indexes and slices](#)
- [Attributes of np.ndarray](#)
- [Reshaping arrays](#)
- [Operations with arrays](#)

Introduction

NumPy (Numerical Python) is an open source Python library that's widely used in science and engineering. It allows programmers to work with multidimensional array data structures, known as the homogeneous, **N-dimensional arrays** (or `numpy.ndarray`), as well as with a large library of functions that operate efficiently on these data structures. It also became a dependance for a lot of packages in machine learning (like scikit-learn, TensorFlow, Keras), visualisations (Matplotlib, Seaborn, Altair), and many others. Long story short: if you will proceed with programming in Python, you most probably will meet numpy in your life.

Today, we're going to learn basisc of `numpy` and will try to understand why it became so popular.

Why Numpy after all?

Technically, you can do everything with Python alone. After all, we're in programming: there's no such thing as a single right solution.

However, in real-world, as data grows, computations become slow and inefficient. `numpy` provides optimized, vectorized operations that leverage low-level `C` implementations, making it the proper way to scale element-wise computations. Whether you're handling large datasets, performing scientific calculations, or working in machine learning, you'll get faster execution (in most of cases), lower memory usage, and cleaner code compared to native Python structures ([src](#) for example below).

```
import time      # timings would be different on different machines
N = 1_000_000

# initialization
%time v1_l = [1 for i in range(N)]      # 25.1 ms
%time v1_n = np.ones(N)                 # 0.8 ms
print('\n')

# square
%time v2_l = [i**2 for i in range(N)]    # 38.7 ms
%time v2_n = np.array([i**2 for i in range(N)]) # 59.9 ms
print('\n')

# maximum
```

```
%time max(v1_l) # 6.44 ms
%time np.max(v1_n) # 0.17 ms
```

[Kopier](#)

Additionally, it's just more expressive. Can you agree that it is so natural to expect multiplying all values in an array by 2 when trying to multiply an array by 2?

```
list_example = [1, 2, 3]
print(list_example + list_example) # [1, 2, 3, 1, 2, 3]

array_example = np.array([1, 2, 3])
print(array_example + array_example) # [2 4 6]
```

[Kopier](#)

And remember, friends: the whole point of numpy is to avoid manual manipulation of individual elements in arrays. So, if you don't want to face unexpected results:

DON'T USE NUMPY ARRAYS WITHIN LOOPS!

```
# dot production
N = 1_000_000
arr1 = np.random.rand(N)
arr2 = np.random.rand(N)

%time with_loops = [arr1[i]*arr2[i] for i in range(N)] # 124 ms
%time with_numpy = np.dot(arr1,arr2) # 0.4 ms
```

[Kopier](#)

Basics

NumPy's main object is the **array** that is **multidimensional** and **homogeneous**. Let's decompose this definition:

- **array** - in computer programming, an array is a structure for storing and retrieving data. We often talk about an array as if it were a grid in space, with each cell storing one element of the data. In Python, we call it **sequence** (but honestly these terms are interchangeable). Previously covered datatypes, such as `list` and `tuple` can also be considered as sequences (did you know that Python has its own `array.array` type?..).
- **multidimensional** - the idea behind numpy arrays is generalized to an arbitrary number of dimensions.
- **homogeneous** - all elements of the array must be of the same type of data.

```
# load the package (if ModuleNotFoundError: pip install numpy)
```

```
import numpy as np

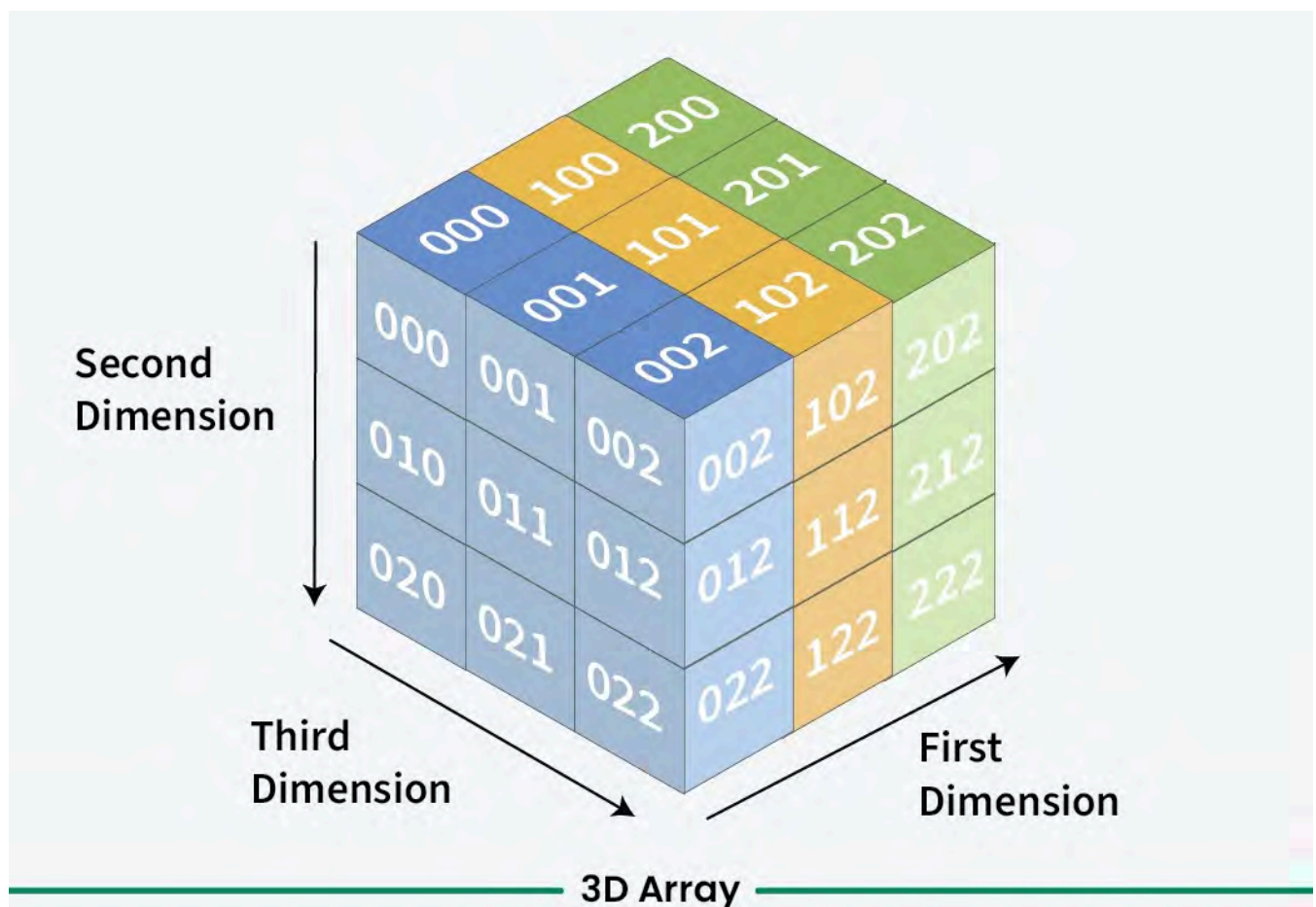
# the most basic way to create an array is to pass a list
nothing = np.array([])
something = np.array([1, 2, 3, 4, 5]) # all elements are int
print(something, type(something))    # [1 2 3 4 5] <class 'numpy.ndarray'>

# note that there always has to be a *single* object within the np.array function
try:
    np.array([1, 2, 3], [4, 5, 6])    # 2 lists
except TypeError as e:
    print("Error:", e)                # Error: Field elements must be 2- or 3-tuples
```

Kopier

Let's stop on the multidimensionality. For example, picture below shows a model of 3D-array (just because we as human beings are unable to visualise more than three dimensions):

- If it would be a 1D-array, we would only have dark elements of a single color (e.g. 000, 001, 002, an array with 3 values), meaning that we can put them in a simple non-nested data container.
- With 2D-array we will cover all values in blue square, making 3 arrays with 3 values each. Data tables are common example of two-dimensional arrays (but more on that later).
- By adding 3rd dimension, we're expanding our model to an volumetric cube, as it now 3 arrays of 3 arrays of 3 values each.
- And we can add more and more dimensions...




```

# 2D array (remember: we don't name variables with numbers!)
two_d_array = np.array(
    [[1, 2, 3],
     [4, 5, 6],
     [7, 8, 9]]
)
print(two_d_array, '\n', type(two_d_array), '\n') # <class 'numpy.ndarray'>
# here and below '\n's are for better output readability

# 3D array
three_d_array = np.array(
    [
        [
            [1, 2, 3, 4],
            [5, 6, 7, 8],
            [9, 10, 11, 12]
        ],
        [
            [13, 14, 15, 16],
            [17, 18, 19, 20],
            [21, 22, 23, 24]
        ]
    ]
)
print(three_d_array, '\n', type(three_d_array)) # <class 'numpy.ndarray'>

```

 Kopier

Sometimes we don't have or need data to fill ndarray, but we have know what shape of an array we need. To create **basic arrays** with stated shape, we can use following functions:

```

# shape as an argument

zeros = np.zeros((2,2,2))          # [[[0. 0.]
print(f"Zeros array:\n{zeros}\n") # [0. 0.]
                                   # [0. 0.]
                                   # [0. 0.]]

ones = np.ones((4, 5))             # [[1. 1. 1. 1. 1.]
print(f"Ones array:\n{ones}\n")   # [1. 1. 1. 1. 1.]
                                   # [1. 1. 1. 1. 1.]
                                   # [1. 1. 1. 1. 1.]]

# there's a predefined function for Pi!
filled = np.full((3,3), np.pi)    # [[3.14159265 3.14159265 3.14159265]
print(f"Filled array with Pi:\n{filled}\n") # [3.14159265 3.14159265 3.14159265]
                                           # [3.14159265 3.14159265 3.14159265]]

# sequence of numbers

arange_seq = np.arange(0, 10, 1)    # start, stop, step (analogue of `rang
print(f"Arange sequence:\n{arange_seq}\n") # [0 1 2 3 4 5 6 7 8 9]

```

```
linspace_seq = np.linspace(0, 1, 11)          # start, stop, number of elements (step)
print(f"Linspace sequence:\n{linspace_seq}\n") # [0.  0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8
```

 Kopier

You can also copy existing arrays. Note that assignment doesn't create a new array per se: it creates a new variable that points to already existing object:

```
new_filled = filled          # no new object is created
new_filled[0, 0] = 0         # change the first element in the new array
print(new_filled is filled) # True: two names for the same ndarray object, even though

copy_arange_seq = arange_seq.copy()    # new object is created
copy_arange_seq[0] = 1000               # change the first element in the new array
print(copy_arange_seq is arange_seq)   # False: two different ndarray objects
```

 Kopier

And, of course, you can edit existing values by adding, removing, and sorting elements:

```
arange_seq_1 = np.arange(1, 10, 2)          # [1 3 5 7 9]
arange_seq_2 = np.arange(0, 11, 2)          # [0 2 4 6 8 10]

# concatenation - flattened
total_seq = np.concatenate((arange_seq_1, arange_seq_2))
print(f"Concatenated sequence:\n{total_seq}\n") # [1 3 5 7 9 0 2 4 6 8 10]

# dropping values
total_seq = np.delete(total_seq, -1) # drop the first element
print(f"Sequence with dropped last value:\n{total_seq}\n") # [1 3 5 7 9 0 2 4 6 8]

# sort sequence
sorted_seq = np.sort(total_seq) # different sorting functions are available for different
print(f"Sorted sequence:\n{sorted_seq}\n") # [0 1 2 3 4 5 6 7 8 9]
```

 Kopier

Indexes and slices

In general case, indexing with ndarray s works just like with (nested) lists:

```
# Indexing and slicing for 1D array works just like with lists:
arange_seq = np.arange(0, 10, 1)          # [0 1 2 3 4 5 6 7 8 9]
print("First element:", arange_seq[0], end = '\n\n') # 0
print("Last element:", arange_seq[-1], end = '\n\n') # 9
print("Elements from 3rd to 5th:",          # including both
      arange_seq[2:5], end = '\n\n')       # [2 3 4]
```

```
# Multidimensional arrays can have one index per axis:
two_d_array = np.array([[1, 2, 3], [4, 5, 6], [7, 8, 9]])
print("First row of 2D array <- [0]:", two_d_array[0], sep = '\n', end = '\n\n')
print("First element of the first row <-[0][0]:", two_d_array[0, 0], sep = '\n', end = '\n\n')

# bonus: getting only last values
print(f"Last columns of 2D array:\n{two_d_array[..., -1]}")      # [3 6 9]
```

 Kopier

You can also index with boolean array - usually it's called **mask** or masking:

```
print(f'This is original array:\n{two_d_array}\n')
print(f'This is mask for even numbers:\n{two_d_array % 2 ==0 }\n')
# [[False  True False]
#  [ True False  True]
#  [False  True False]]

boolean_mask = two_d_array % 2 == 0      # filtered out by boolean mask
print(f'This is filtered by mask array:\n{two_d_array[boolean_mask]}\n') # [2 4 6 8]
```

 Kopier

Attributes

Several attributes might be useful to get an information on current array's dimensions, size, and data types within:

```
print(three_d_array, "\n")
# [[[ 1  2  3  4]
#    [ 5  6  7  8]
#    [ 9 10 11 12]]
#
#    [[13 14 15 16]
#     [17 18 19 20]
#     [21 22 23 24]]]

three_d_shape = three_d_array.shape
print(".shape: Shape of the array -", three_d_shape)      # (2, 3, 4) - this tuple

three_d_ndim = three_d_array.ndim
print(".ndim: Number of dimensions -", three_d_ndim)      # 3

three_d_size = three_d_array.size
print(".size: Total number of elements -", three_d_size)  # 24 (rows * columns)

three_d_dtype = three_d_array.dtype
print(".dtype: Data type of elements -", three_d_dtype)   # int64

three_d_itemsize = three_d_array.itemsize
```



```
# multiplication (element-wise)
print("Multiplication:\n", a * b, end='\n\n')    # [[ 5 12]
                                                # [21 32]]
```

[Kopier](#)

```
# aggregate operations
print(f"Sum of all values: {three_d_array.sum()}") # 300
print(f"Minimum value: {three_d_array.min()}")    # 1
print(f"Maximum value: {three_d_array.max()}")    # 24

print(f"Mean of values: {three_d_array.mean()}")  # 12.5
print(f"Median of values: {np.median(three_d_array)}") # 12.5
print(f"Standard deviation of values: {three_d_array.std()}") # 6.922...
```

[Kopier](#)

```
# bonus: sorting arrays
unsorted = np.array(
    [[6, 5, 4],
     [3, 2, 1]]
)

# Axis along which to sort. Default is -1, which means sort along the last axis.
print("Original array:")
print(unsorted)

unsorted.sort(axis=1)
print("\nArray sorted along the second axis (columns):")
print(unsorted)
```

[Kopier](#)

```
# element-wise operations
print(f"Element-wise division by 10:\n{three_d_array / 10}\n") # [[[0.1, 0.2, 0.3,...
print(f"Element-wise addition by 10:\n{three_d_array + 10}\n") # [[[11, 12, 13,...

# pairwise operations
print(f"Pairwise multiplication:\n{three_d_array * three_d_array}\n") # [[[1, 4, 9,...
```

[Kopier](#)

You can also perform matrix / dot production:

Dot Product

$$\begin{bmatrix} a & b \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = [ax + by]$$

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax + by \\ cx + dy \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w & x \\ y & z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} aw + bx & ax + bz \\ cw + dx & cx + dz \end{bmatrix}$$

(src: [algebra1course](#))

```
another = np.array([[1, 0],
                    [-1, 2],
                    [2, 1]])

print(f'Dot product of \n\n{two_d_array} \n\nand \n\n{another} \n\nis \n\n{two_d_array
```

 Kopier

Final Notes

This notes should give you a basic understanding of possibilities with `numpy`. It's very important tool for any large-scale calculations, and it's being used among different fields.

Here, we covered only basics of `np.ndarray`, but there's a lot more to learn about the package. For this purpose, I suggest you to visit extensive and well-written [Numput doc website](#).





Pandas Dataframes

- [Basics of dataframes](#)
- [Indexes and Subsets](#)
- [Joining two dataframes](#)
- [Operations with dataframes](#)
- [Grouping](#)

Introduction

Humanity generates an enormous amount of data daily. Every time you tap the screen, enter the bus, pay for a lunch, or just walk by the city centre - you're making data, that is stored somewhere and in a certain format. The most common way to imagine data for us is data **tables**: where the rows represent observations and the columns represent attributes for those observations.

When it comes to working with data tables via computers, Excel, Sheets or R are first tools that come to mind. They all decent, but none of them provide as much great scalability, support from community, and versatility of opportunities for further work with the data at the same time.

What if we want to **analyse tabular data in Python**? The answer is **Pandas** package! It is suited for different formats, such as:

- Tabular data stored in relational databases with heterogeneously-typed columns, as in an SQL table or Excel spreadsheet.
- Ordered and unordered time series and **panel data** (which gave the name to pandas)
- Arbitrary matrix data
- Any other form of observational / statistical data sets



(designed by Nerdy Vogue)

Basics

Data table in pandas is called `DataFrame`. It's a 2-dimensional, size-mutable, potentially heterogeneous tabular data. You can think about it as a `dict`, where keys are variable names, and values are data in the dataframe. Moreover, this is exactly how we can create a dataframe from scratch:

```
# load the package (if ModuleNotFoundError: pip install pandas)
import pandas as pd

## option 1: from a dictionary with key as column name and values as column values
gene_data = {
    "Gene": [          # column name
```

```

        "BRCA1",    # column values
        "TP53",
        "MYC"
    ],
    "Level": [150, 320, 210]
}

df = pd.DataFrame(gene_data)
print(df, "\n\n", type(df)) # <class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
#      Gene  Level
# 0  BRCA1   150
# 1   TP53   320
# 2    MYC   210

## option 2. from a 2D list of data plus a regular list with the headers
colnames = ["Gene", "Level"]
values = [
    ["BRCA1", 150],
    ["TP53", 320],
    ["MYC", 210]]
df = pd.DataFrame(values, columns = colnames)
print(df, "\n\n", type(df)) # <class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
#      Gene  Level
# 0  BRCA1   150
# 1   TP53   320
# 2    MYC   210

```

 Kopier

However, usually we're working with already gathered dataframes. They might be stored in different formats, most popular of them are `.csv`, `.xls` and `.json`. One of the most famous datasets from training is [iris](#) - let's play with it:

```

import csv
import requests
import io
csv_url = 'https://raw.githubusercontent.com/mwaskom/seaborn-data/master/iris.csv'

## option 1: load a CSV file from the internet, convert it to dict, pass to DataFrame

# Download the CSV file from Github
response = requests.get(csv_url) # Download the CSV file
response.raise_for_status() # optional: Ensure we got the file successfully
data_string = response.text

# Read csv file just like we did it last week!
reader = csv.DictReader(io.StringIO(data_string), delimiter=',', quotechar='"')
headers = reader.fieldnames
data = list(reader)

iris = pd.DataFrame(data)
print(iris.head(5)) # display the N rows

```



```
## option 2: use the read_csv method (don't use it on the exam!)

iris2 = pd.read_csv(csv_url,
                    dtype={'sepal_length': float,
                           'sepal_width': float,
                           'petal_length': float,
                           'petal_width': float,}) # , index_col=0
print(iris2.head()) # (5 is a default)

## both will return:

#   sepal_length  sepal_width  petal_length  petal_width  species
# 0         5.1         3.5         1.4         0.2    setosa
# 1         4.9         3.0         1.4         0.2    setosa
# 2         4.7         3.2         1.3         0.2    setosa
# 3         4.6         3.1         1.5         0.2    setosa
# 4         5.0         3.6         1.4         0.2    setosa

iris = iris2
```

 Kopier

And just like with dictionaries, we can create new columns in dataframes by assigning to new columnname that wasn't existing in dataframe before.

```
import random
print('Before appending new column:', iris.shape) # (150, 5) - 150 rows, 5 columns
random_values = [round(random.random(), 2) for i in range(len(iris))] # make sure that

# create new column
iris['nonsense_random_floats'] = random_values
print('After appending:', iris.shape) # (150, 6) - new column appeared

# delete existing column
iris = iris.drop(columns=['nonsense_random_floats'])
print('After dropping:', iris.shape) # (150, 5) - bye bye column!
```

 Kopier

Besides `.head()` and `.tail()` methods that allow you to see first and last N rows, we can also **view** dataframe's columns, and convert it back to numpy's ndarray :

```
print(iris.head(2), '\n\n') # display the first 2 rows
print(iris.tail(2), '\n\n') # display the last 2 rows
print(iris.columns, '\n\n') # display the column names: ['sepal_length', 'sepal_width'
print(iris.index, '\n\n')   # display the row indexes (just a range if not specified)
print(iris.to_numpy()[0:3]) # convert the DataFrame to a numpy array
```

Indexes and Subsets

Just like any data container in Python, dataframes allow one to have an access to particular data. However, due to the nature of `pd.Series` (a datatype of a 1D array from a `pd.DataFrame`, basically *np.ndarray with axis labels*), we can use **both keys** (column names) and **indexes** (row labels) to access pieces of data:

```
# extracting columns
species_column = iris['species'] # just like with dicts
species_column2 = iris.species   # or like an attribute
assert species_column.equals(species_column2) # True
print(species_column, "\n\n", type(species_column)) # <class 'pandas.core.series.Series'>
                                                    # 0      setosa
                                                    # 1      setosa
                                                    # 2      setosa
                                                    # ...
                                                    # 149    virginica
                                                    # Name: species, dtype: object

# extracting rows
row = iris.loc[2] # 3rd obs/row (with index 2)
print(row, "\n\n", type(row)) # <class 'pandas.core.series.Series'>
                                # sepal_length      4.7
                                # sepal_width      3.2
                                # petal_length      1.3
                                # petal_width      0.2
                                # species          setosa
                                # Name: 2, dtype: object
```

In both scenarios we got a `pd.Series` object - a 1D array. But in the first print we displayed the entire "Gene" column, whereas in the second one we outputted the last row of the dataframe.

If you want to edit a single cell's value, you can rewrite it just with assignment operator:

```
print(iris.iloc[5, 2]) # 1.7
iris.iat[5, 2] = 1.8   # change the value of the 6th row and 3rd column to 1.8
```

We can also create **subset** of a dataframe in 2 ways:

- by specifying which columns and rows should be **selected** as a part of a dataframe (remember to put double square brackets, as we accessing dataframe's subset (e.g. `data[]`) with several columns written as list (e.g. `['col1', 'col2']`)),
- by **filtering** our dataframe by boolean masks. Just like we did it with numpy arrays: create a logical condition, and pass it inside square brackets under the dataframe.

Example of filtering:



(src: [pandas tutorials](#))

```
# creating a subset without filters
irises_sepals_data = iris[['sepal_length', 'sepal_width', 'species']] # select only
half_of_irises_sepals_data = irises_sepals_data.sample(frac=0.5)      # bonus: get r
print(half_of_irises_sepals_data.head())                             # display the l

#      sepal_length  sepal_width    species
# 127           6.1         3.0  virginica
#  84           5.4         3.0  versicolor
# 130           7.4         2.8  virginica
# 114           5.8         2.8  virginica
# 100           6.3         3.3  virginica...
```

Kopier

```
# Filter rows where sepal_width is greater than 3
more_than_3_mask = iris['sepal_width'].astype(float) > 3 # filter rows by a conditio
print(more_than_3_mask, '\n') # Boolean mask
# 0      True
# 1     False
# 2      True
# ...

# Keep only rows where the condition is True
print(iris[more_than_3_mask], '\n') # Filtered rows
# # [67 rows x 5 columns]

# Or shortly in 1 line (reverse condition):
print(iris[iris['sepal_width'].astype(float) <= 3]) # Filtered rows with reverse cond.
# [83 rows x 5 columns]
```

Kopier

Joining two dataframes

Sometimes, we need to **merge** two sources of data to make a single analysis on a new dataframe. For this purpose, we can do:

- **concat** - just stick a series / dataframe to another, just like with numpy arrays;

- **merge** - join operations similar to relational databases like SQL: it combines two tables based on a common key, aligning rows where keys match.

Let's split iris dataframe and then join it back together:

```
# split iris dataframe in two halves
iris1 = iris.iloc[:75] # first half
iris2 = iris.iloc[75:] # second half

# concatenate two dataframes
iris_combined = pd.concat([iris1, iris2], axis=0) # axis=0 means rows

# create a new Series with sizes of the flowers by observational description (how we call them)
sizes = pd.Series({'virginica': 'big', 'versicolor': 'medium', 'setosa': 'small'}, name='size')
iris = iris.merge(sizes, left_on='species', right_index=True, how='left') # merge iris with sizes
print(iris.sample(3)) # display random rows
```

 Kopier

Operations with Dataframes

Dataframe objects inherited some of attributes from `np.ndarray` class, so you can freely check `.size`, `.shape` and `.dtypes` of the data.

When it comes to methods (which are pandas functions that can be applied after the dataframe, like `data.head()`), we got a bunch of new and useful functions to play with.

```
# get shape of the DataFrame
print("\nShape of DataFrame:", iris.shape) # (150, 5)

# get data types of each column
print("\nData types of each column:\n", iris.dtypes, sep = "")
# sepal_length    float64
# sepal_width     float64
# petal_length    float64
# petal_width     float64
# species         object
```

 Kopier

But the biggest advantage is that you can calculate **summary statistics** of the dataframe right on place. For this purpose, you need to make sure that all columns of your dataframe are of the correct datatype:

```
iris.info()
```

 Kopier

```
summary = iris.describe() # summary statistics
print("Summary statistics on Gene data:\n", summary.transpose(), sep = "") # for readability

# Summary statistics on Gene data:
#          count      mean      std  min  25%   50%   75%  max
# sepal_length  150.0  5.843333  0.828066  4.3  5.1  5.80  6.4  7.9
# sepal_width   150.0  3.057333  0.435866  2.0  2.8  3.00  3.3  4.4
# petal_length  150.0  3.758000  1.765298  1.0  1.6  4.35  5.1  6.9
# petal_width   150.0  1.199333  0.762238  0.1  0.3  1.30  1.8  2.5
```

Kopier

Grouping

This statistics can also be calculated by each Species - that's what's called grouping, or **group by**. This usually refers to a process involving one or more of the following steps:

- Splitting the data into groups based on some criteria
- Applying a function to each group independently
- Combining the results into a data structure



(inspired by [pandas doc](#))

```
grouped_medians = iris.groupby('species')['petal_length'].median() # group by species
print("Grouped Summary Statistics by Species:\n", grouped_medians)
```

Kopier



Intro to Data Analysis

- [Meet the Data](#)
- [Data Overview](#)
- [Data Cleaning](#)
- [Correlations](#)

Once we got a brief introduction to both `numpy` and `pandas`, it is time to start our first Data Analysis project.

💡 You don't have to remember everything :)

There are so many technologies out there so it might become overwhelming to expect yourself to remember all new methods and functions. The truth is: no one knows them all. Even data scientists with 900 light years of experience constantly google stuff or read docs. Our goal here is to show you, how using `numpy` and `pandas` can build a flowing narrative in data science project, so you can return to these notes any time you'll need to refresh something.

The best definition for data analysis would be **trying to answer a question using data**. And it really is just this, in a nutshell. But, as it always have been, devil in the details. It's all the specificities of the context of the field you're working in and generally accepted approaches to solve that kind of questions in that particular field that makes data analysis so difficult to generalise - even for a definition.

Just as an illustration: all examples below are using data analysis to answer their questions, from daily tasks to space research:

- **Bioinformatics** 🧬 : Can we identify genes that are differentially expressed in lung cancer patients compared to healthy individuals? [source](#)
- **Music Taste** 🎧 : What songs do I listen the most? [source](#)
- **Personal Time Management** ⌚ : Which daily habits correlate with high productivity? [source](#)
- **Environmental Sciences** 🌱 : How can we predict earthquakes better? [source](#)
- **Real Estate Market** 🏠 : What is the current trend in Bergen real estate market? [source](#)
- **Winter Sports Medicine** 🏂 : What biomechanical factors contribute to ACL injuries in skiers? [source](#)
- **Space Sciences** 🌌 : Can gravitational waves help reveal black holes origin? [source](#)
- **Pokemons** 🐾 : "What are the different Pokemons types?" [source](#)

Lets meet our data

Today, we're going to work with the dataframe about **Hawks**. The data was collected during bird capture sessions by students and faculty at Cornell College in Mount Vernon, Iowa, USA. The dataset include birds of the following species: Red-tailed, Sharp-shinned, and Cooper's hawks:



(images from wikipedia and allaboutbirds.org)

```
import pandas as pd
import numpy as np
hawks = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/vincentarelbundock/Rdatasets/re
hawks.head()
```

 Kopier

First, for a proper data analysis, we need to have some kind of goal, some question to be answered. Usually it is dictated by the project you're doing, like your job or subject, as analysis can be descriptive, diagnostic, or predictive. We're going to investigate this question:

How different hawk species are differs based on their physical characteristics?

To effectively analyze this question, we need to break it into smaller, manageable steps. This means:

- exploring the data,
- checking for patterns,
- determining which variables contribute most to species differentiation.

Dependent and independent variables

- In this research question, the **dependent variable** (a.k.a. response, predicted, explained, and [all other synonyms](#)) is the hawk species because we are examining how different species vary based on their physical characteristics.
- Since Species is a **categorical variable** (one of three species), the analysis would likely involve comparisons between groups or even classification techniques.
- All other variables will be **explanatory / independent variables**, that we will analyse answering our question.

It is always important to understand what data you're going to analyse is about. Variable descriptions usually helps with this ([src](#)):

Column	Description
Month	8 September to 12 December
Day	Date in the month
Year	Year: 1992-2003
CaptureTime	Time of capture (HH:MM)
ReleaseTime	Time of release (HH:MM)
BandNumber	ID band code
Species	CH=Cooper's, RT=Red-tailed, SS=Sharp-shinned
Age	A=Adult or I=Immature
Sex	F=Female or M=Male
Wing	Length (in mm) of primary wing feather from tip to wrist it attaches to
Weight	Body weight (in gram)
Culmen	Length (in mm) of the upper bill from the tip to where it bumps into the fleshy part of the bird
Hallux	Length (in mm) of the killing talon
Tail	Measurement (in mm) related to the length of the tail (invented at the MacBride Raptor Center)
StandardTail	Standard measurement of tail length (in mm)
Tarsus	Length of the basic foot bone (in mm)
WingPitFat	Amount of fat in the wing pit
KeelFat	Amount of fat on the breastbone (measured by feel)
Crop	Amount of material in the crop, coded from 1=full to 0=empty

Overview of the data

The first step when working with any dataset is to get a high-level overview of its structure and content:

```
hawks.info()
# Index: 908 entries, 1 to 908
# Data columns (total 19 columns):
#  #   Column          Non-Null Count  Dtype
# ---  -
# 0   Month           908 non-null    int64
# 1   Day             908 non-null    int64
# 2   Year            908 non-null    int64
# 3   CaptureTime     908 non-null    object
# 4   ReleaseTime     907 non-null    object
# 5   BandNumber      908 non-null    object
# 6   Species         908 non-null    object
# 7   Age             908 non-null    object
# 8   Sex             332 non-null    object
# 9   Wing            907 non-null    float64
# 10  Weight          898 non-null    float64
# 11  Culmen          901 non-null    float64
# 12  Hallux          902 non-null    float64
# 13  Tail            908 non-null    int64
# 14  StandardTail    571 non-null    float64
# 15  Tarsus          75 non-null     float64
```



```
# 16 WingPitFat    77 non-null    float64
# 17 KeelFat      567 non-null   float64
# 18 Crop         565 non-null   float64
# dtypes: float64(9), int64(4), object(6)
# memory usage: 141.9+ KB
```

 Kopier

It's crucial to explore summary statistics (like mean, median, and range) grouped by species to identify key differences in physical traits. This helps reveal patterns, such as whether one species tends to be larger or heavier than another.

We start with counting how many observations do we have by each species. *Note: one eagle can be observed several times.*

```
# count how many times on average a single bird was observed
print((hawks['BandNumber'].value_counts().sort_values(ascending=False)), "\n")

# leave only distinct rows by bandnumber
hawks_unique = hawks.drop_duplicates(subset=['BandNumber'], keep='last') # keep last
# count by species
print(hawks_unique['Species'].value_counts().sort_values())
# Species
# CH      69
# SS     261
# RT     577
```

 Kopier

Let's look at some summary statistics by species - first for numerics, then for factors. For the simplicity, let's convert some of the columns in different units.

```
hawks['Weight_kg'] = hawks['Weight'] / 1000 # convert weight to kg
hawks['Culmen_cm'] = hawks['Culmen'] / 10   # convert culmen to cm
hawks['Hallux_cm'] = hawks['Hallux'] / 10   # convert hallux to cm
hawks['Wing_cm'] = hawks['Wing'] / 10       # convert wing to cm

print(hawks[['Wing_cm', 'Weight_kg', 'Culmen_cm', 'Hallux_cm', 'Species']].groupby('Species')
#      Wing_cm  Weight_kg  Culmen_cm  Hallux_cm
# Species
# CH          24.41      0.42       1.76       2.28
# RT          38.33      1.09       2.70       3.20
# SS          18.49      0.15       1.15       1.50
```

 Kopier

Also, instead of manually deriving all metrics we're interested in, we can use `.describe` method:

```
print(hawks.describe())
```

[Kopier](#)

Summary statistics are useful, but they don't always tell the full story:

- **Some columns don't need them.** For example, `Month`, `Day`, and `Year` represent dates, so calculating an average doesn't really make sense. Similarly, `BandNumber` is just an ID and isn't meant to be analyzed with numbers.
- **Outliers can mess things up.** In the `Weight` column, the smallest value is 56g, and the largest is 2030g—that's a huge difference! A few extreme values like this can throw off the average, making it look higher or lower than it should be. That's why sometimes the **median** (the middle value) gives a better idea of what's typical. It's always a good idea to check for unusual values before making conclusions.

But what about categorical variables?

```
# print object dtype columns
print(hawks.select_dtypes(include='object').sample(10))
```

[Kopier](#)

What conclusions can we make from here?

Data Cleaning

There are two things we can notice from this output:

1. our data already converted into **correct datatypes**, which makes data analysis process a bit easier.

This is great news for us now, because we don't need to spend our time inspecting column by column to check which datatype should we convert it into. However, it is common situations where we need to do this – check out pandas' notes and iris dataframe, we have this issue there.

2. there are 908 observations in total, but some variables have **missing values** (NaN, doesn't contain any values).

The second point might be the problem. *Dataframes operations in general exclude missing data*, but some of them might bring undesired returns:

```
try:
    hawks['Weight_int'] = hawks['Weight'].astype('int')
except ValueError as e:
    print("IntCastingNaError:", e)
# IntCastingNaError: Cannot convert non-finite values (NA or inf) to integer
```

[Kopier](#)

So, we need to deal somehow with missing values. There are several strategies:

0. leave it as it is :)

1. **dropping** missing data - just deleting columns / rows entirely.

- this works fine when a lot of values are missing for a certain feature/observation, otherwise you just going to lose too much information.

2. filling with **fixed values** - means, medians, whatever you think makes sense.

- okay, if variation of the data is not big enough, and there are only couple missing values.

3. **interpolation** - filling values by guessing (or predicting) from a range of observed data

4. **predicting** missing values (e.g. with linear regression)

```
columns_to_fill = ['Weight', 'Wing', 'Tail']           # important with not s
columns_to_drop = ['Tarsus', 'WingPitFat']           # not so important with
columns_to_interpolate = ['StandardTail', 'KeelFat', 'Crop'] # something between
```

 Kopier

```
# 1. dropping values
hawks = hawks.drop(columns=columns_to_drop)           # droppin a variable out of analysis
# or
bad_rows = hawks[hawks.isna().sum(axis=1) > 3].index  # identifying observations with
hawks = hawks.drop(index=bad_rows)                   # dropping that observations

# 3. interpolation
for column in columns_to_interpolate:
    hawks[column] = hawks[column].interpolate(method='linear') # interpolate missing
```

 Kopier

```
# 2. filling with fixed value
for column in columns_to_fill:
    columns_mean = hawks[column].mean()               # calculate mean of the column
    hawks[column] = hawks[column].fillna(columns_mean) # fill missing values with mean

# more correct way to fill with means would be
# to calculate the mean of the species - specific means
hawks = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/vincentarelbundock/Rdatasets/master/csv/mammals/2010_hawks.csv')

for column in columns_to_fill:
    species_means = hawks.groupby('Species')[column].transform('mean') # calculate species means
    hawks[column] = hawks[column].fillna(species_means) # fill missing values with species means
```

 Kopier

Correlations

Correlation measures both the strength and direction of the linear relationship between two numeric variables. In its simplest form, it refers to the connection between two variables. We measure correlations between -1 and 1. Let's look at some examples:

- Exercises and calories: exercising more will burn more calories, and thus exercising and burning calories are **positively** correlated (as one variable increases, so does the other variable).
- The higher you climb the mountain, the less oxygen would be in the air. This is an example of **negative** correlation: as one variable increases, the other variable decreases.
- Whistling and solar storm frequencies. Nonsense, right? This is an example of **no correlation**: there's no relationship between two variables.

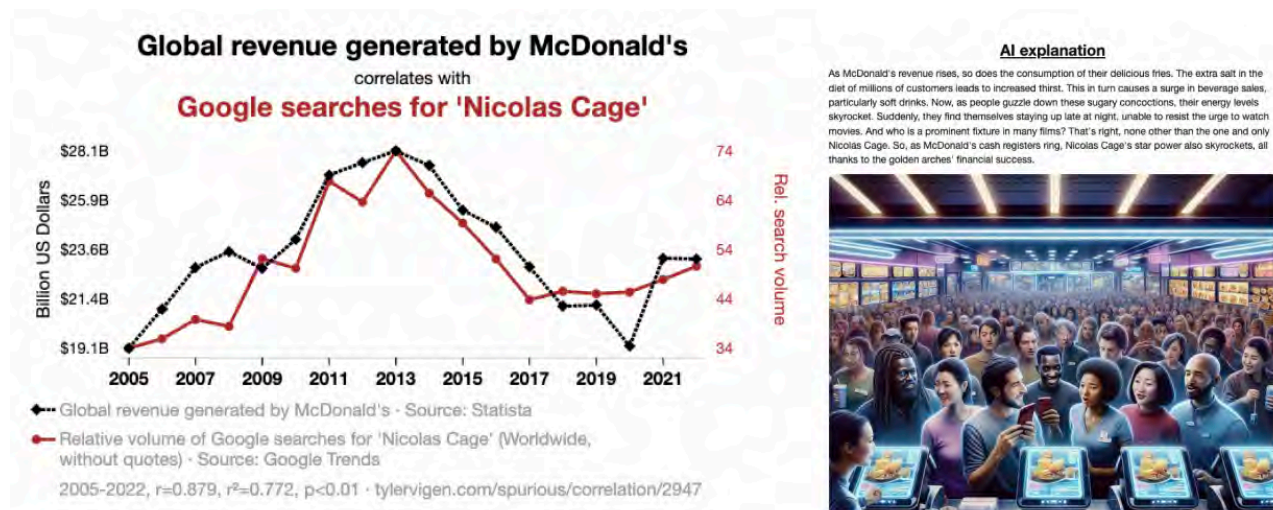
Let's calculate correlations between numeric variables in the dataframe:

```
# Let's calculate correlations between numeric variables in the dataframe:  
hawks.select_dtypes(include='float').corr().round(2)
```

 Kopier

Correlation and Causation

There is a well known principle in statistics that **correlation does not imply causation**. This means that even if two things change in a similar way, it doesn't necessarily mean that one is causing the other. Just because two variables are related doesn't mean one is influencing the other directly—they might be connected by something else or just coincidentally moving together. I attach my favourite example below, but you can see more funny stuff on <https://tylervigen.com/spurious-correlations> :



What's next?

While all these statistics are mega interesting and informative, it's hard to build full understanding of what's going on here just by looking at numbers. Like, look at this correlation matrixes: we need to spend several minutes trying to elicit insights that we can use to answer our research questions, it requires too much cognitive power, concentration, and might just be *boring*.

But don't worry: next week's lecture will be about data visualisations, and we're gonna build cool plots that tells this story for you. Stay tuned!

Universitetet i Bergen



Om siden.

Fargevalg: system lys mørk kontrast

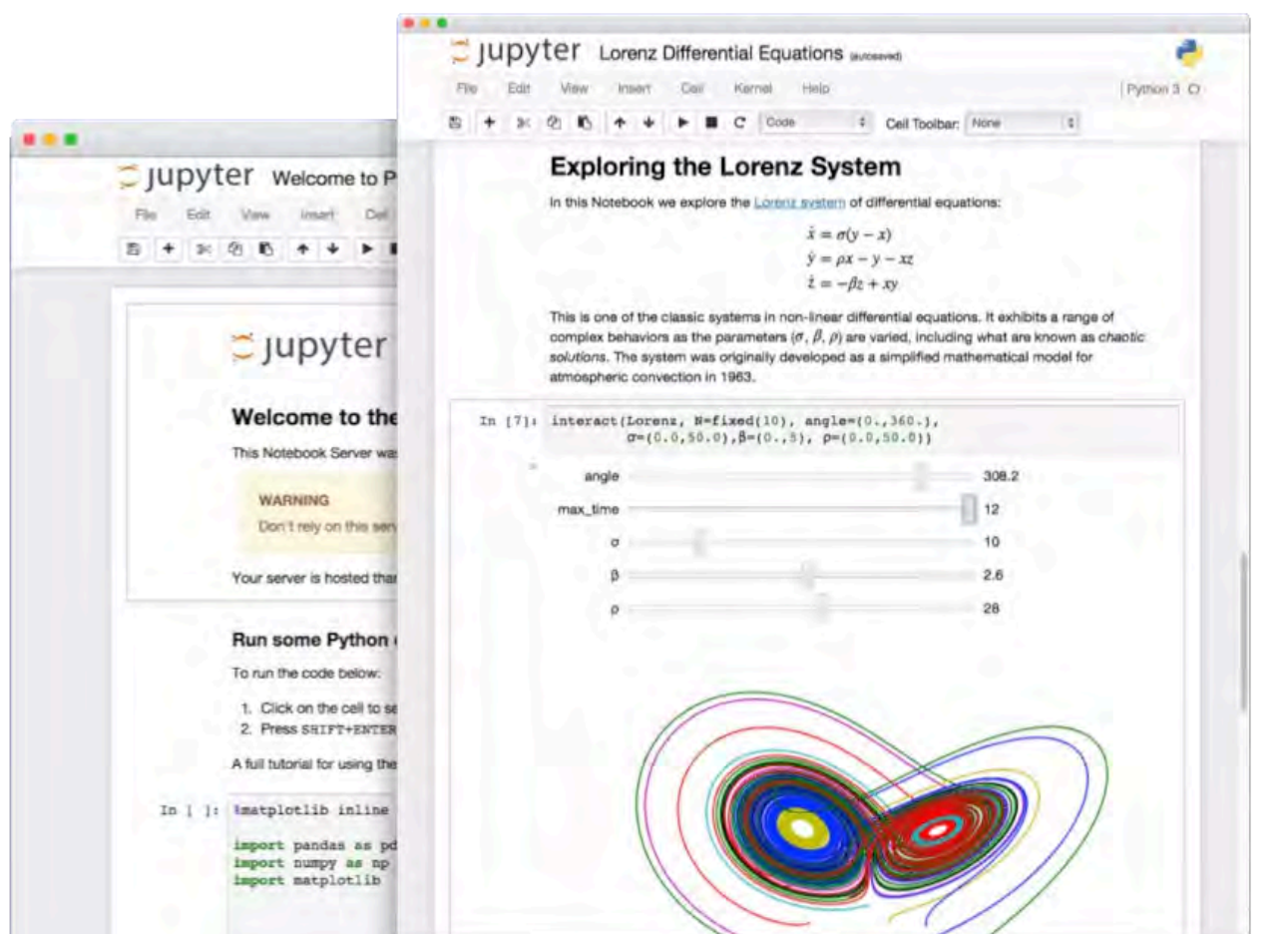


Notebooks

Introduction

As for now, we mostly worked with `.py` files - regular python script files with a plain text containing the code. This is a golden standart of Python development that can be met everywhere: from software development (web, games, and so on) to machine learning and AI stuff.

That being said, this is not the only file format to work with Python. Today we will briefly introduce you to **Notebooks**, specifically - `.ipynb` **Jupyter Notebooks**.



(src: [jupyter project site](https://jupyter.org/project))

What is and Why Notebooks?

[tl;dr:](#)

Advantages of Notebooks:

- ✓ Great for data analysis, visualization, and documentation.
- ✓ Supports markdown, making it easy to explain code.
- ✓ Can execute code step-by-step - no need to rerun the whole script!

Disadvantages of Notebooks:

- ✗ Hidden state creates serious barriers for novice programmers.
- ✗ Harder to maintain, manage dependencies and version control.
- ✗ Overall considered as non convenient for project development.

.py

Imagine: You enjoy Python and working with data, so you write scripts to automate a routine analysis. It works well - check results as you go, or show your results to someone unfamiliar with your analysis? In this way, scripts are not the most convenient way to organise the code.

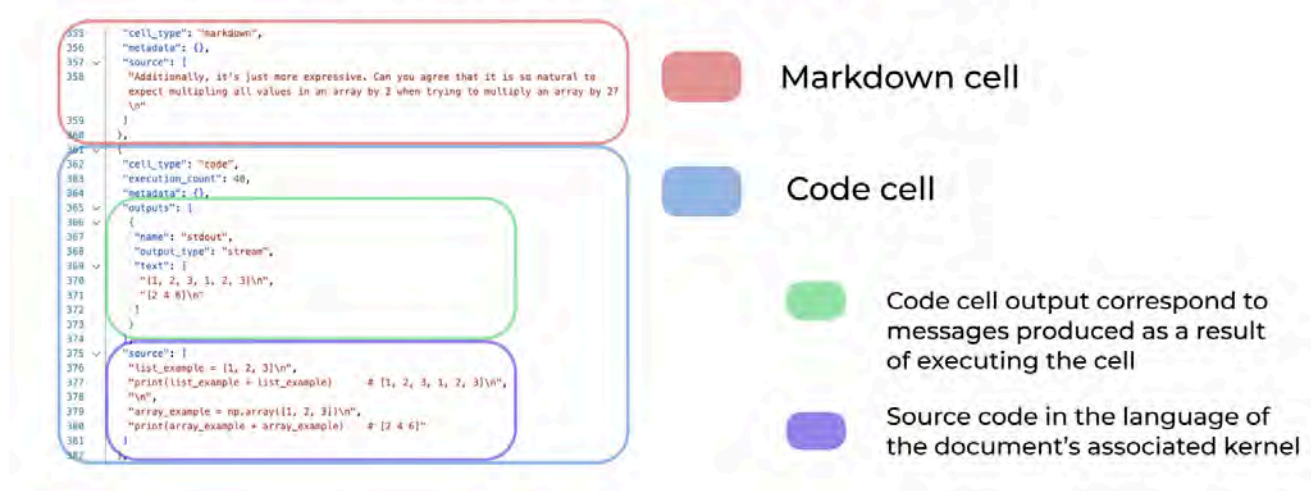
.ipynb

On the other hand, Notebooks are documents that contain both computer code (not only Python!) and rich text elements (paragraph, equations, figures, links, etc). Combining code with visual output **adds valuable context** for the reader. Since code is usually read more often than it's written, having explanations and charts will make it **easier to understand** your thought process - even weeks later. This is especially important for working with real-world data, where data specificity shapes your code, and presenting your outcomes.

At the highest level, a Jupyter notebook is a dictionary with a few keys:

- metadata (dict)
- nbformat (int)
- nbformat_minor (int)
- cells (list)

Anatomy of .ipynb file



However, usage of Notebooks is pretty limited. To put it simply: they're **a maintainability nightmare**. You copypaste code from cell to cell, making it difficult to debug and modularize. The files size is bigger (especially with images), jsons are harder for version control. Another thing that can create unnecessary barriers is **hidden state**: because users can run code in any order, this can sometimes lead to inconsistencies: where the recorded output no longer matches the actual results when running cells in sequence, or calling variable before defining it.

To sum up: it's more of a sharing/ presentation tool than anything else. But it's great for that.

How to Run Jupyter Notebook

There are multiple ways how you can try out working with Notbooks.

1. Web-Based Jupyter Notebook IDEs (Easiest)

Work on your project **without any setup** or specific hardware, but you'll be **tied to proprietary software**. Popular options:

- Google Colab
- JupyterLab (Online)

2. Using Anaconda (GUI-Based).

A beginner-friendly way to run Jupyter locally. For this you need to:

1. Install Anaconda distribution platform for Python
2. Open Anaconda Navigator.
3. Click Launch on Jupyter Notebook.

💡 What is anaconda?

- A **distribution platform** is a pre-packaged collection of software, libraries, and tools that make it easier to set up and manage a programming environment. By default, Python comes with its own distribution, which includes essential tools like `pip` for **python package management** (you use it while doing `pip install things`).
- However, there are other distributions designed for specific use cases. **Anaconda** is a popular alternative, especially for data science and machine learning, as it comes with many pre-installed libraries (like `NumPy`, `Pandas`, and `Jupyter`) and a user-friendly **system package manager** (`conda`). If you're working with data-heavy projects (especially with other programming languages besides python), Anaconda can simplify installation and dependency management, reducing the hassle of setting up everything manually.

3. Using VS Code extentions

Great for integrating notebooks into a comfortable coding environment.

- Install Python and Jupyter extensions.
- Open a `.ipynb` file and run cells directly.

4. Using Terminal or Command Prompt A more flexible approach, requiring manual installation.

1. Install Jupyter: `pip install jupyter`
2. Start Jupyter: `jupyter notebook`



Hello, Altair!

There are many Python libraries we can use to visualize data. Here, we will explore how you can visually explore data using two popular libraries, `pandas` and [Vega-Altair](#). By the end of this module, you will be able to:

- [Import Altair](#) to use in your code
- [Load Dataframe](#) using `pandas` (more on `pandas` in [Dataanalyse](#) and [Pandas Dataframe](#))
- Create a [Chart object](#)
- Apply [marks and channels](#) to this chart
- [Aggregate data](#), use [color and interaction](#), and create [repeating charts](#)
- [Save](#) this visualization

What is Altair?

Altair is a declarative statistical visualization library for Python. It is based on Vega-Lite, a high-level grammar of interactive graphics.

And by declarative, we mean that you can provide a high-level specification of what you want the visualization to include, in terms of data, graphical marks, and encoding channels. You don't have to implement the visualization using for-loops, low-level drawing commands, etc.

The key idea is that you declare links between data fields and visual encoding channels such as the x-axis, y-axis, color. The other details of the plot are handled automatically. As a result, a surprising range of simple to sophisticated visualizations can be created using a concise grammar.

Using Altair, you have a friendly Python API (Application Programming Interface) for generating visual specifications in interactive environments like Jupyter Notebooks or in a regular Python file that are rendered in the web browser.



Image credit: Screenshot from Vega-Altair

Import Altair

To begin, we need to import the libraries needed to use their functions: `pandas` for dataframes and `altair` for visualization. We will assign short aliases `pd` for `pandas` and `alt` for `altair` that we will refer to throughout our code.

```
import pandas as pd
import altair as alt
```

[Kopier](#)

Load Dataframe

Data in Altair is built around the pandas dataframe, which consists of a table of rows and data columns. These rows are often referred to as data items or entries, and columns as data attributes, fields, or variables.

As in the Data Analysis lecture notes, we load our dataset as a dataframe using a built-in function from pandas: `read_csv()`. Let's read in the Hawks dataset from that lecture!

Note: First install Altair with `pip install altair`

```
hawks = pd.read_csv('https://raw.githubusercontent.com/vincentarelbundock/Rdatasets/re
hawks.head()
```

[Kopier](#)[Output](#)

	Month	Day	Year	CaptureTime	ReleaseTime	BandNumber	Species	Age	Sex	Wing	Weight	Culmen	Hallux	Tail
rownames														
1	9	19	1992	13:30	NaN	877-76317	RT	I	NaN	385.0	920.0	25.7	30.1	219
2	9	22	1992	10:30		877-76318	RT	I	NaN	376.0	930.0	NaN	NaN	221
3	9	23	1992	12:45		877-76319	RT	I	NaN	381.0	990.0	26.7	31.3	235
4	9	23	1992	10:50		745-49508	CH	I	F	265.0	470.0	18.7	23.5	220
5	9	27	1992	11:15		1253-98801	SS	I	F	205.0	170.0	12.5	14.3	157

The Chart Object

In Python, objects are special variables that contain not only data, but also their own set of functions and methods that can be used to manipulate data.

The fundamental object in Altair is the **Chart**. We can call this Chart object from the Altair library by writing `alt.Chart()`. This object accepts a dataframe as a single argument inside its parenthesis, such as the Hawks dataset that we have stored in the variable `hawks`.

```
alt.Chart(hawks)
```

[Kopier](#)[Output](#)

```

SchemaValidationError                                Traceback (most recent call last)
File /opt/homebrew/lib/python3.11/site-packages/altair/vegalite/v5/api.py:2975, in Chart.to_dict(self, validate, format, ignore, context)
    2971     copy.data = core.InlineData(values=[]) # type: ignore[assignment]
    2972     return super(Chart, copy).to_dict(
    2973         validate=validate, format=format, ignore=ignore, context=context
    2974     )
-> 2975 return super().to_dict(
    2976     validate=validate, format=format, ignore=ignore, context=context
    2977 )

File /opt/homebrew/lib/python3.11/site-packages/altair/vegalite/v5/api.py:961, in TopLevelMixin.to_dict(self, validate, format, ignore, context)
    956 context["top_level"] = False
    958 # TopLevelMixin instance does not necessarily have to_dict defined
    959 # but due to how Altair is set up this should hold.
    960 # Too complex to type hint right now
-> 961 vegalite_spec = super(TopLevelMixin, copy).to_dict( # type: ignore[misc]
    962     validate=validate, ignore=ignore, context=dict(context, pre_transform=False)
    963 )
    965 # TODO: following entries are added after validation. Should they be validated?
    966 if is_top_level:
    967     # since this is top-level we add $schema if it's missing

File /opt/homebrew/lib/python3.11/site-packages/altair/utils/schemapi.py:979, in SchemaBase.to_dict(self, validate, ignore, context)
    972     self.validate(result)
    ...
    980 return result

SchemaValidationError: '{"data": {"name": "data-d4a9bba45c32d287d4740339ad7f98a4"}}' is an invalid value.
'mark' is a required property

```

Yet, defining a `Chart` object alone does not produce a chart. What else do we need to tell Altair to draw the data?

Marks and Channels

Once we have defined the `Chart()` object and passed it our hawks dataframe, we can now specify how we would like the data in the chart to be visualized.

We introduce the role of **marks** and **channels** as we start to specify charts with Altair. A **mark** is the geometric shape that we use to represent data elements in our graph. **Channels** are the visual styling/characteristics that we assign to each of our marks. This includes how and where we position the mark, or the color that we assign.

Here, we first indicate what kind of graphical mark we want to use to represent the data. We can set the mark attribute of the chart object using `mark_*` methods.

For example, we can show the data as a line using by `mark_tick()`.

```
alt.Chart(hawks).mark_tick()
```

Kopier

Output

|

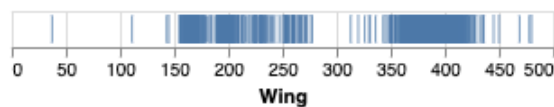
Why is this code only showing us one vertical line? Here, the chart is drawing one tick per row in the dataset. They are plotted directly on top of each other because we have not specified positions for these ticks yet.

To visually separate the points, we can map encoding channels, or channels for short, to data columns in the dataset. For example, we could encode the field `Wing` using the X channel, which represents

the x-axis or horizontal position of the ticks. To specify this, we use the `encode()` method and chain this function after the `mark_tick()` method.

The `encode()` method builds a mapping between visual encoding channels (such as X, Y, color, shape, size, etc.) to fields in the dataset, accessed by field name. Altair provides construction methods for defining encoding channels, using a method syntax e.g., `alt.X("FieldName")`.

```
alt.Chart(hawks).mark_tick().encode(  
    alt.X("Wing")  
)
```

[Kopier](#)[Output](#)

And now all of our tick marks are spread out along the x-axis of our chart, where each tick mark indicates a given hawk's wing length. Through this simple visualization, we can also get a sense of how wing lengths are distributed among the hawks in our dataset.

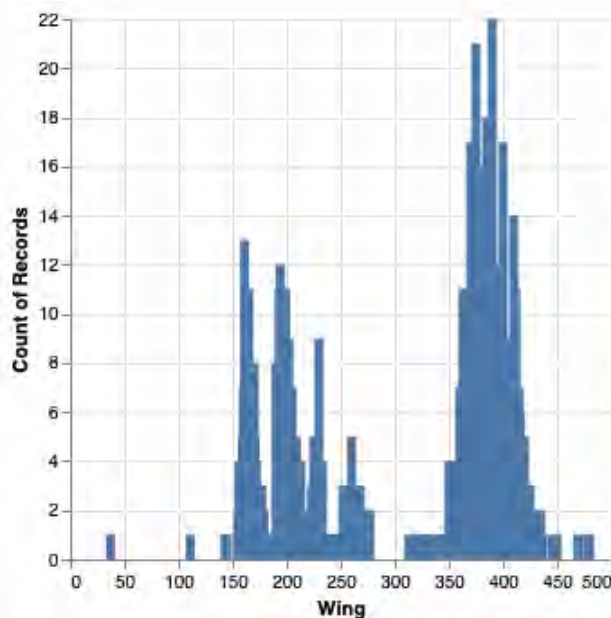
Aggregating Data

Though we've separated the data by "Wing", we still have multiple data points overlapping (i.e., there are many birds with the same wing length and we cannot tease them apart easily in the previous graphic).

We can further separate these by using a Y encoding channel, which represents the y-axis or vertical position of the circles. We can map the Y axis to the total number of hawks with the same or similar wing lengths. To do so, we need to combine and aggregate our passenger values in some way. For this, let's use bars, `mark_bar`, as our marks of choice.

```
alt.Chart(hawks).mark_bar().encode(  
    alt.X("Wing"),  
    alt.Y("count()")  
)
```

[Kopier](#)[Output](#)



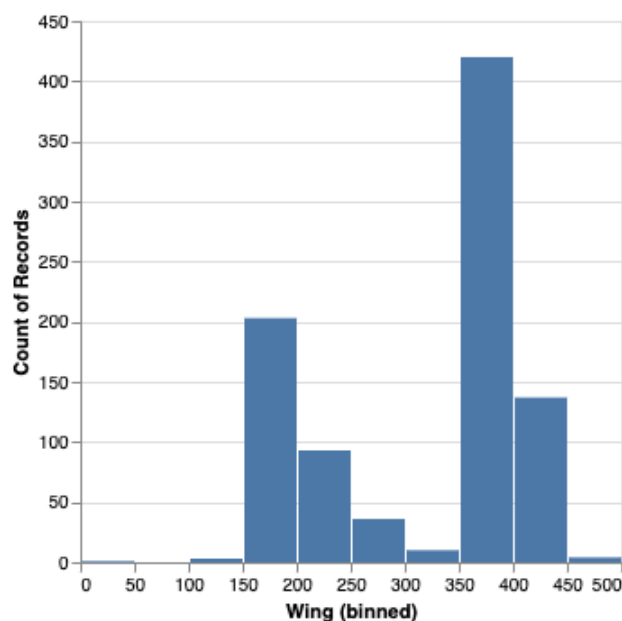
The most straightforward way to aggregate this information uses `count()`. This method counts the total number of hawks for every “Wing” value that appears in the dataset. Then, we can group these values so there aren’t so many, and to make it easier to see coarser age groupings—this is called **binning**. Luckily, there is a parameter `bin=True` we can easily add in `altair` to do this.

With this code, we have created a **histogram**, a type of bar chart that can be used to summarize continuous data and conveniently shows the distribution of data.

```
alt.Chart(hawks).mark_bar().encode(
    alt.X("Wing", bin=True),
    alt.Y("count()")
)
```

[Kopier](#)

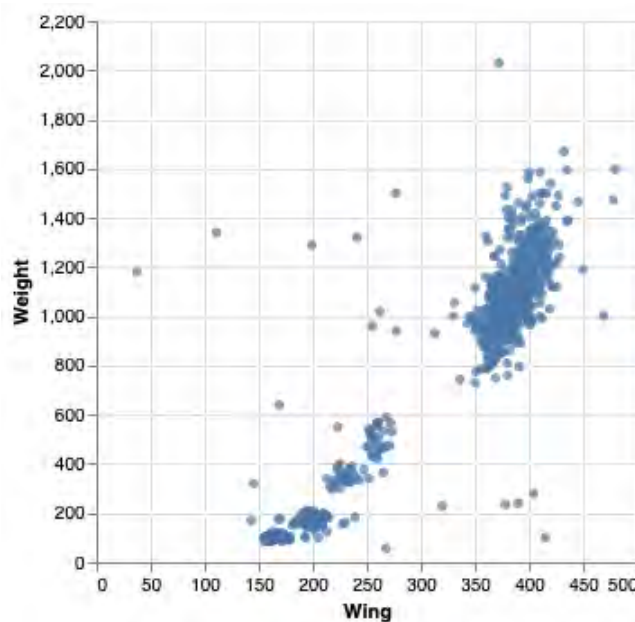
[Output](#)



Color and Interaction

We can also map the Y encoding channel to a completely different field, such as "Weight". This will allow us to see the spread of hawks according to their weight against their wing length. For this, let's use circles, `mark_circle`, as our marks of choice.

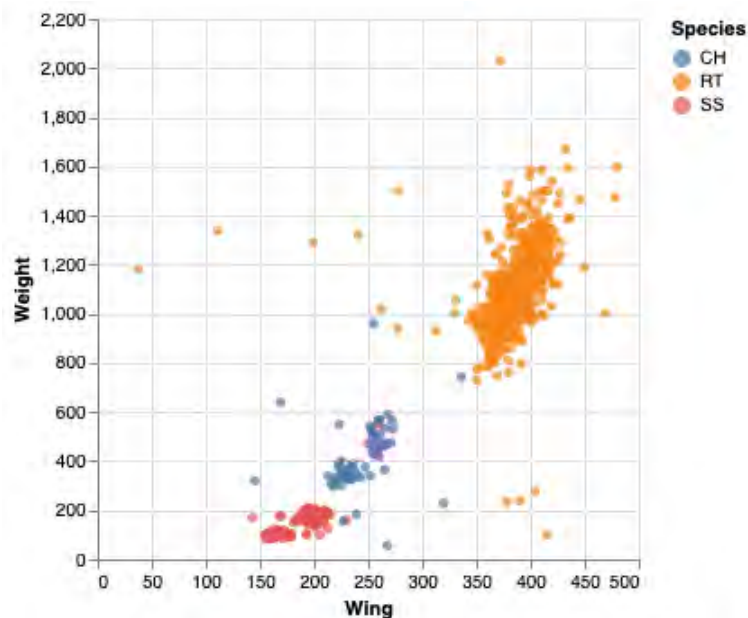
```
alt.Chart(hawks).mark_circle().encode(  
    alt.X("Wing"),  
    alt.Y("Weight")  
)
```

[Kopier](#)[Output](#)

Through this visualization, we can see that there seem to be two or three clusters of data – what could be causing these clusters? Could it have something to do with the hawk species? We can check our hypothesis by color coding the data points by hawk species. We do this by linking the `color` channel with the "Species" data column.

```
alt.Chart(hawks).mark_circle().encode(  
    alt.X("Wing"),  
    alt.Y("Weight"),  
    color="Species"  
)
```

[Kopier](#)[Output](#)



With this static graphic, we now have a sense of the overall trends between weight, wing length, and species in our dataset. We still have the choice to look at individual data points in detail, for example, by making the chart **interactive**. Altair offers an easy and convenient way to zoom into and pan around the vast amount of data: `interactive()`

```
alt.Chart(hawks).mark_circle().encode(  
    alt.X("Wing"),  
    alt.Y("Weight"),  
    color="Species"  
)  
.interactive()
```

[Kopier](#)

We can also customize chart elements on a whole throughout the chart, for example, using a color that better relates to the dataset (e.g., using brown color for hawks). Or changing the opacity of marks to show the density of the data points. Or simply for personal preference.

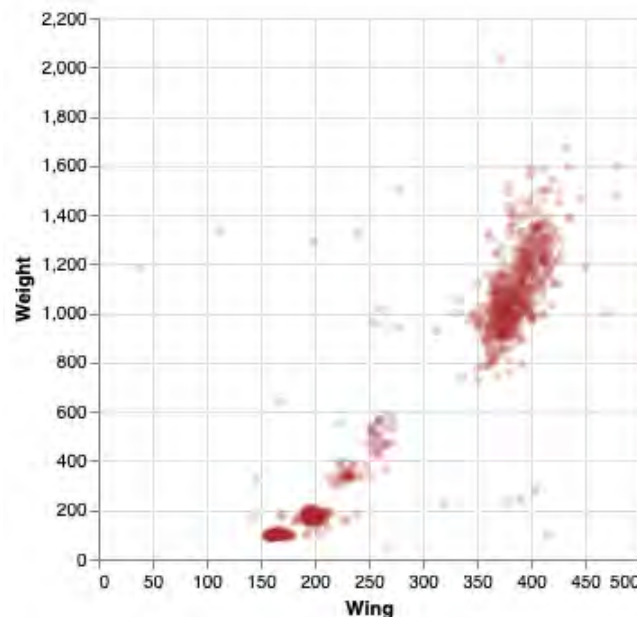
There are two ways to customize marks: inside `mark_*` directly or inside `encode()` through a channel such as `color` or `opacity`. Both of these code snippets will create the same chart!

```
alt.Chart(hawks).mark_circle(color="brown", opacity=0.2).encode(  
    alt.X("Wing"),  
    alt.Y("Weight")  
)
```

[Kopier](#)

```
alt.Chart(hawks).mark_circle().encode(  
    alt.X("Wing"),  
    alt.Y("Weight"),  
    color=alt.value("brown"),  
    opacity=alt.value(0.2)  
)
```


💡 Output from either code snippets



Repeating Charts

With Altair, we can also combine multiple charts together in a visualization. We'll show one example of a multi-view chart called a `scatterplot matrix`, used to visually show correlations in the data.

For example, if we wanted to visually analyze the weight, wing length and tail length in a large chart...

How would we do this manually? Create individual charts, stack individual charts horizontally in a row, and then stack those rows vertically into columns.

```
base = alt.Chart().mark_circle().encode(
    color='Species'
)

chart = alt.vconcat(data=hawks)
for y_encoding in ['Weight', 'Wing', 'Tail']:
    row = alt.hconcat()
    for x_encoding in ['Weight', 'Wing', 'Tail']:
        row |= base.encode(x=x_encoding, y=y_encoding) #create individual charts and s
    chart &= row # stack rows vertically into columns
chart
```

Or...

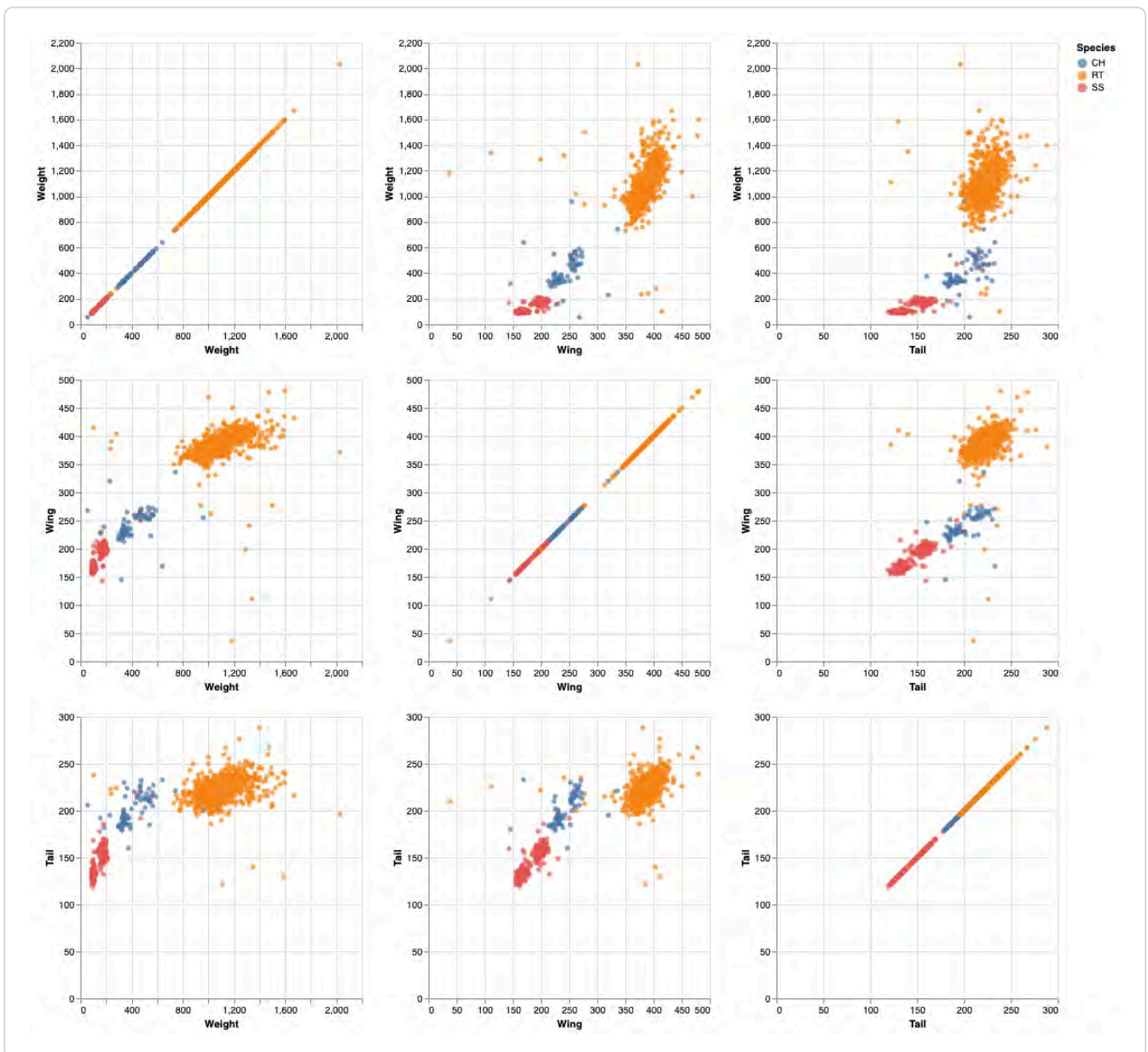
We can use the `repeat()` method from Altair to specify a set of encodings for the row and column – the attributes/columns we want to visualize and find relationships between.

The repeater ties a channel to the row or column within a repeated chart - repeating rows `alt.repeat("column")` and columns `alt.repeat("row")` are assigned to the X and Y-axes of our visualization.

```
alt.Chart(hawks).mark_circle().encode(
  alt.X(alt.repeat("column"), type='quantitative'),
  alt.Y(alt.repeat("row"), type='quantitative'),
  color='Species'
).repeat(
  row=["Weight", "Wing", "Tail"],
  column=["Weight", "Wing", "Tail"]
)
```

[Kopier](#)

[Output from either code snippets](#)



Saving the Chart

Once you have visualized your data, perhaps you would like to publish it somewhere on the web. Here we are assigning a Chart object to a variable `chart` and generating a stand-alone HTML document for it using the `Chart.save()` method:

```
chart = alt.Chart(hawks).mark_circle().encode(
    alt.X("Wing"),
    alt.Y("Weight"),
    color="Species"
)

chart.save("hawks.html") # or any file name/path of choice
```

[Kopier](#)

You can open this HTML file in a web browser (e.g., Safari, Google Chrome) to view the visualization that you've made!



Hello, Pyplot!

[Altair](#) is not the only Python library that we can use to visualize data.

[Matplotlib](#) is a comprehensive library for creating static, animated, and interactive visualizations. Within Matplotlib is Pyplot or `matplotlib.pyplot`, a collection of functions that make matplotlib work like MATLAB. Each `pyplot` function makes some change to a figure, such as creating a figure and its plotting area, plotting some lines, decorating the plot with labels, etc.

In this lecture note, we will demonstrate *very briefly* what `pyplot` can do to show how it is different from Altair.

- [Import Pyplot](#)
- [Load Dataframe](#) with pandas
- [Plotting](#) basic charts

Interactivity, animation, mathematical operations, etc. and other things you can do in Matplotlib will not be discussed in INF100. However, you may find this Python library incredibly useful for scientific publication, data science work, and more, so feel free to explore a more [detailed tutorial of Pyplot](#) in your own time!

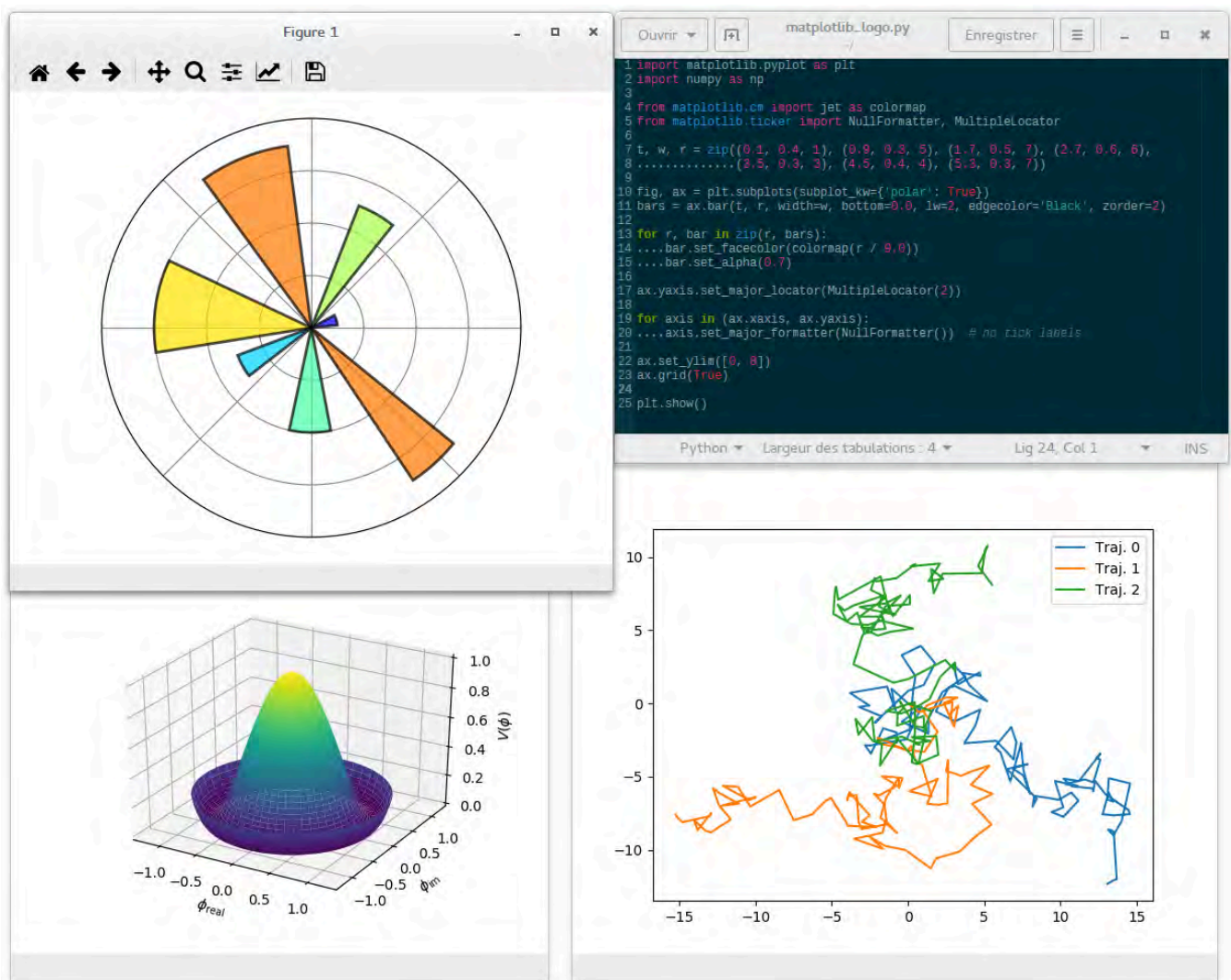


Image credit: Wikimedia - Adrien F Vincent

Import Pyplot

To begin, we need to import the libraries needed to use their functions: `pandas` for dataframes and `matplotlib.pyplot` for visualization.

Note: First you will need to pip install pandas and matplotlib in the terminal

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

 Kopier

Load Dataframe

As in the Data Analysis lecture notes, we load in our dataset as a dataframe using a built-in function from pandas: `read_csv()`. Let's read in the Hawks dataset from that lecture!

```
hawks = pd.read_csv('http://raw.githubusercontent.com/vincentarelbundock/Rdatasets/ref')
hawks.head()
```

Output

	Month	Day	Year	CaptureTime	ReleaseTime	BandNumber	Species	Age	Sex	Wing	Weight	Culmen	Hallux	Tail
rownames														
1	9	19	1992	13:30	NaN	877-76317	RT	I	NaN	385.0	920.0	25.7	30.1	219
2	9	22	1992	10:30		877-76318	RT	I	NaN	376.0	930.0	NaN	NaN	221
3	9	23	1992	12:45		877-76319	RT	I	NaN	381.0	990.0	26.7	31.3	235
4	9	23	1992	10:50		745-49508	CH	I	F	265.0	470.0	18.7	23.5	220
5	9	27	1992	11:15		1253-98801	SS	I	F	205.0	170.0	12.5	14.3	157

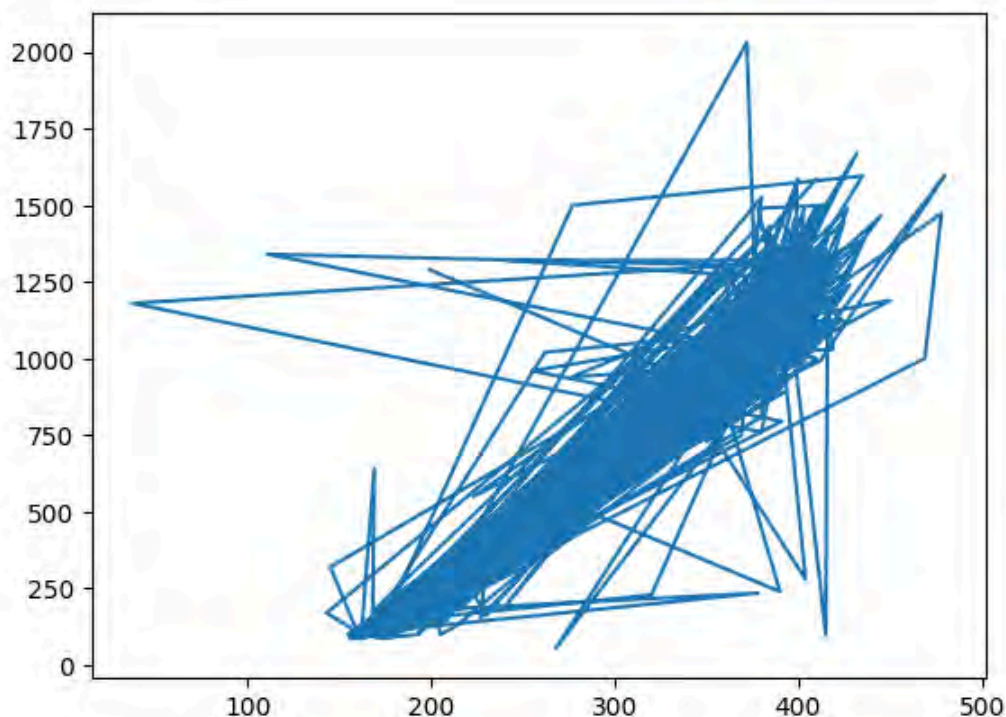
Plotting

Generating visualizations with pyplot is very quick. We run a pyplot method called `plot()` which plots y-values against x-values as lines and/or markers. This method takes in the data attributes you want to plot e.g., the `Wing` and `Weight` columns in the `hawks` dataframe.

Then, we use a pyplot method called `show()` to display the chart.

```
plt.plot(hawks.Wing, hawks.Weight) # plot(x,y)
plt.show()
```

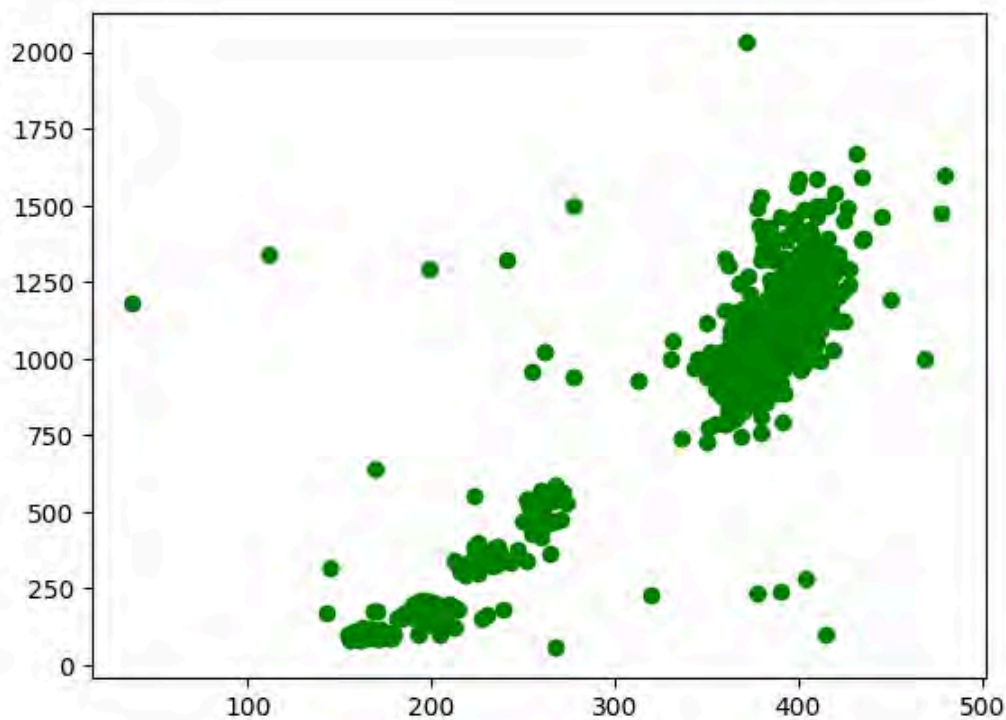
Output



So...by default, `plot()` will generate a blue line chart. In our case, a line chart is a rather chaotic way to visualize the relationship between `Wing` and `Weight`, which are two quantitative/continuous variables. *Note: a line chart is more suitable for showing trends between 1 quantitative variable and 1 ordinal (ordered categorical) variable, such as income over years.*

A scatterplot is a better way to go about showing the trends between two quantitative variables. We can turn the line chart into a scatterplot by adding more arguments into `plot()` to customize the visualization's marks and channels. For example, `'o'` tells pyplot to use circle marks. And adding a `"g"` in `'go'` makes these circles green.

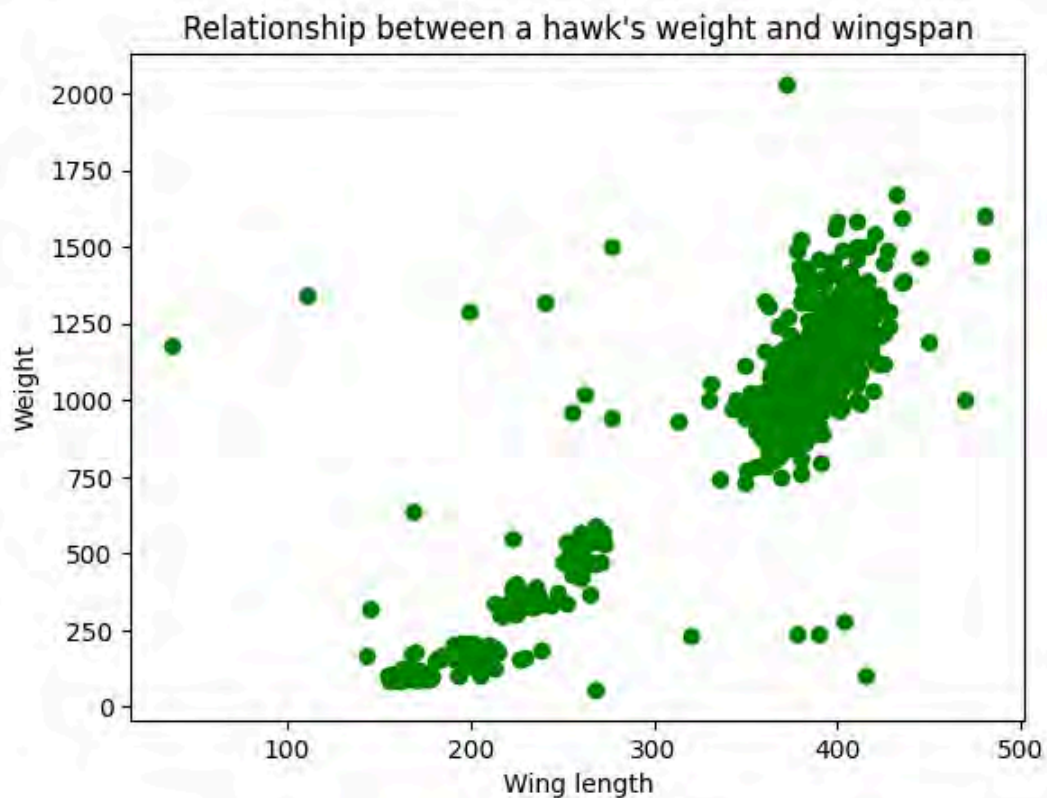
```
plt.plot(hawks.Wing, hawks.Weight, 'go')  
plt.show()
```

[Kopier](#)[Output](#)

We can customize this chart even more, say adding x-axis and y-axis labels to the chart! And of course, we can't forget a title!

```
plt.plot(hawks.Wing, hawks.Weight, 'go')  
plt.ylabel("Weight")  
plt.xlabel("Wing length")  
plt.title("Relationship between a hawk's weight and wingspan")  
plt.show()
```

[Kopier](#)[Output](#)



Instead of customizing a chart manually, we can also plot a variety of chart types like scatterplots, bar charts, correlations, and histograms using methods more specific than `plot()`. For example, `scatter()`, `bar()`, `xcorr()` and `hist()`.

We can do more than plot just a single chart too. If we want to combine multiple charts into one figure, we can first create a layout using `figure()`. Then, we use [subplot\(\)](#) to position each individual chart in the figure. For example:

```
plt.figure(figsize=(9,3)) # Create a 9x3 inch figure

plt.subplot(1, 2, 1) # The figure will have 1 row and 2 columns. Place scatterplot 1st
plt.scatter(hawks.Wing, hawks.Weight)

plt.subplot(1, 2, 2) # Place histogram 2nd from the left.
plt.hist(hawks.Wing)

plt.show()
```

[Kopier](#)

[Output](#)

