

Python im Schuleinsatz

Lehrerarbeitstag des Fachkreises Mathematik, Freitag, 6. Juli 2012

Kantonsschule Zürcher Oberland

Martin Guggisberg

Departement Mathematik und Informatik
High Performance and Web Computing Group

kontakt: martin.guggisberg@unibas.ch

Überblick

Teil 1 : Einstieg in die Programmierung mit Python

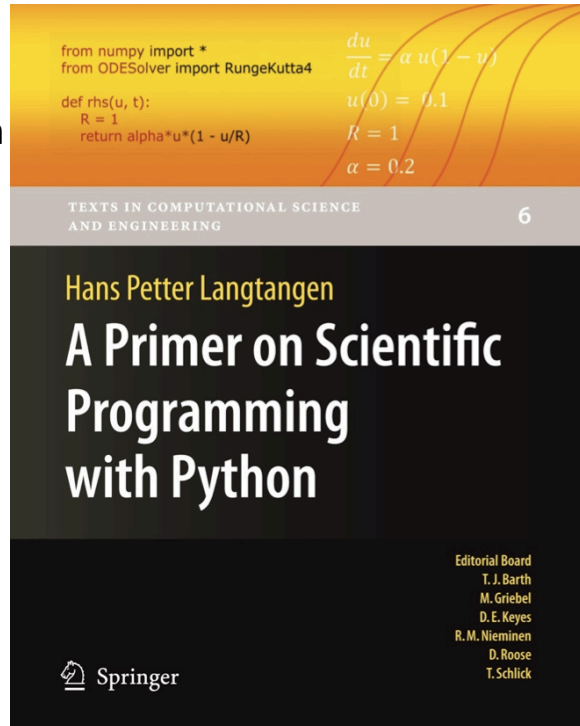
- Einführung in Python
- Programmieraufgaben mit Bezug zur Mathematik
- Laborteil – Lösen einzelner Aufgaben

Teil 2 : Anwendungen

- Populationsdynamik
- Optimierung
- Rundreise (Traveling Salesman)
- Arbeiten mit aktuellen Datensätzen (Wetter)
- Laborteil – Experimentieren mit Python

Einführung in Python

- Das Skript „Wissenschaftliches Rechnen mit Python“ soll einen schrittweisen Einstieg in die Programmierung mit Python ermöglichen.
- Es basiert auf den ersten Kapitel des Buchs „*A Primer on Scientific Programming with Python*“



Unterlagen und Quellen

- Skript und alle Beispiele zum Workshop können von der Webseite <http://mgje.github.com/Python-Mathematik-Beispiele/> bezogen und frei verwendet werden.
- Falls Sie weitere Informationen, Ideen, Inhalte oder Quellen besitzen werde ich diese gerne integrieren.
- Nehmen Sie per eMail oder Twitter Kontakt auf. Martin.Guggisberg@unibas.ch oder @mgje

Guido v. Rossum wollte ...

- eine neue Programmiersprache, die ..
 - **einsteigerfreundlich** und leicht zu lernen ist,
 - **viele Möglichkeiten** bietet ohne unübersichtlich zu werden,
 - mehr als ein Programmierparadigma unterstützt,
 - mit wenigen **Keywords** auskommt.

Everyone a programmer!

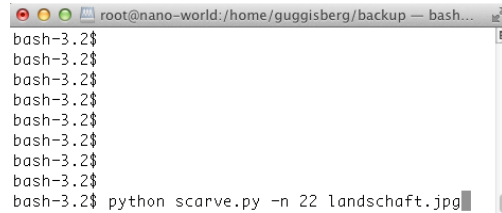
Guido v. Rossum

Python ist ...

- eine moderne Sprache
 - objektorientiert
 - skalierbar
 - OS unabhängig
 - reich an Bibliotheken
 - erweiterbar
 - kein Muss – aber konsequent
 - von kleinen Skripten bis zu grossen Systemen
 - Win , *nix , OSX, BeOS, usw.
 - Python Package Index od. Enthought
 - z.B. C/C++ Code

Python Code ausführen

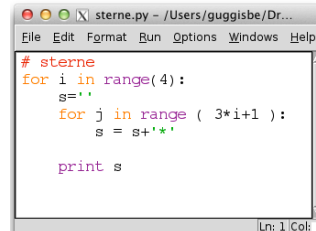
- Kommandozeile
z.B auf Win, „Start“ ->
„Ausführen“ -> cmd
python myProg.py
- IDLE – Python Shell
- Interaktiver Modus
>>> <Anweisung>
>>> <Ergebnis>



```

root@nano-world:/home/guggisberg/backup — bash...
bash-3.2$
bash-3.2$
bash-3.2$
bash-3.2$
bash-3.2$
bash-3.2$
bash-3.2$
bash-3.2$
bash-3.2$
bash-3.2$ python scarve.py -n 22 landschaft.jpg

```



```

# sterne
for i in range(4):
    s=''
    for j in range ( 3*i+1 ):
        s = s+'*'

    print s

```

```

$ python
>>> print 'Hello-World'
>>> Hello-World

```

Grundlegende Sprachelemente

- Datentypen
- Operatoren
- Zeichenketten und deren Formatierung
- Tupel und Listen
- Schleifen
- Verzweigungen
- Funktionen

Datentypen

| Typ | False Wert |
|------------------------|---------------------|
| <code>NoneType</code> | <code>None</code> |
| <code>int, long</code> | <code>0</code> |
| <code>float</code> | <code>0.0</code> |
| <code>complex</code> | <code>0 + 0j</code> |
| <code>str</code> | <code>""</code> |
| <code>list</code> | <code>[]</code> |
| <code>tuple</code> | <code>()</code> |
| <code>dict</code> | <code>{}</code> |

```
>>> type(1)
```

```
>>> <type 'int'>
```

```
>>> type(1L)
```

```
>>> <type 'long'>
```

```
>>> type(1.0)
```

```
>>> <type 'float'>
```

```
>>> type(1)
```

```
>>> <type 'complex'>
```

Operationen

- Addition `+`
- Subtraktion `-`
- Division `/`
- Integerdivision `//`
- Multiplikation `*`
- Exponentieren `**`
- Modulo `%`

- logisch (und) `and`
- logisch (oder) `or`
- logisch (nicht) `not`

Zeichenketten - Strings

```
s1 = 'Hallo Welt'
```

```
s2 = "Hallo Welt"
```

```
s3 = """ Hallo
Welt auf
mehr Zeilen """
```

| Escape-Sequenz | Erklärung |
|----------------|-------------------|
| \a | erzeugt Signalton |
| \b | Backspace |
| \f | Seitenvorschub |
| \n | Linefeed |
| \r | Carriage Return |
| \t | horizontal Tab |
| \v | vertikal Tab |
| \" | Escaping " |
| \' | Escaping ' |
| \\ | Escaping \ |

Formatierung von Strings

Syntax

```
'...%n...%m...' % (Wert1, Wert2)
```

Beispiel

```
>>> '%10.2f' % 3.1415
'      3.14'
```

| Format | Erklärung |
|--------|----------------------------|
| d, i | Integer mit Vorzeichen |
| f | Float (Dezimaldarstellung) |
| g, G | Float (wiss. mit Exponent) |
| u | Integer ohne Vorzeichen |
| x | Hexzahl ohne Vorzeichen |
| o | Oktalzahl ohne Vorzeichen |
| e, E | Float (Exponentendarst.) |
| c | Zeichen (Länge 1) |
| s, r | String |

Tupel

Syntax

(Wert_1, ..., Wert_n)

kann

- nicht verändert werden
- bel. Elemente

Funktionen

- Index
- count

Beispiel

```
>>> t = (1,2,3)
>>> z = ('a','z',1)
>>> t.index(2)
1
>>> z.index('a')
0
```

Listen

Syntax

[Wert_1, ..., Wert_n]

kann

- verändert werden
- bel. Elemente
- sortiert werden

Funktionen

- index, count, append,
- insert, remove,
- reverse, sort

Beispiel

```
>>> l = [1,2,3]
>>> z = ['a', 'z', 1]
>>> l.append(4)
>>> del l[0]
>>> print l
[2,3,4]
>>> l.reverse()
>>> print l
[4,3,2]
```

Operationen zu Tupel und Listen

| Operation Erklärung | |
|-------------------------|---|
| <code>s in x</code> | prüft, ob s in x ist |
| <code>s not in x</code> | prüft, ob s nicht in x ist |
| <code>x+y</code> | Verkettung von x und y |
| <code>x*n</code> | Verkettung, so das n Kopien von x existieren |
| <code>x[n]</code> | liefert das n-te Element von x |
| <code>x[n:m]</code> | liefert eine Teilsequenz von n bis m |
| <code>x[n:m:k]</code> | liefert eine Teilsequenz von n bis m, aber nur jedes k-te Element wird berücksichtigt |
| <code>len(x)</code> | liefert die Anzahl von Elementen |
| <code>min(x)</code> | liefert das kleinste Element |
| <code>max(x)</code> | liefert das größte Element |

if-elif-else - Verzweigung

Syntax

```
if <Bedingung>:
```

```
...
```

```
elif <Bedingung>:
```

```
...
```

```
else:
```

```
...
```

Abkürzung

```
y = ( 1 if x == 'a' else 2)
```

Beispiel

```
>>> x = 1
```

```
>>> if x == 1:
```

```
...     print ("x=1")
```

```
x=1
```

for - Schleife

Syntax

for <Variable> **in** <object>:

...

range() Funktion

range(start, stop, step)

```
>>> range(1, 10, 2)
```

```
[1, 3, 5, 7, 9]
```

Beispiel

```
>>> x = ['a', 'b', 'c']
```

```
>>> count = 0
```

```
>>> for a in x:
```

```
...     count += 1
```

```
...     print a
```

```
...
```

```
a
```

```
b
```

```
c
```

```
>>> print count
```

```
3
```

while - Schleife

Syntax

while <Bedingung>:

...

else:

...

break Anweisung

while <Bedingung1>:

if <Bedingung2>:

break

Beispiel

```
>>> x = 4
```

```
>>> while x > 1:
```

```
...     print x
```

```
...     x = x - 1
```

```
... else:
```

```
...     print 'x = 1'
```

```
4
```

```
3
```

```
2
```

```
x = 1
```

Funktionen

Syntax

```
def <Name> (P1, ..., Pn):
    ...
    return <Resultat>
    ...
```

Beispiel

```
>>> def printSum(a,b) :
...     print(a+b)
>>> printSum(1,2)
3
```

Optionale Parameter

```
def test (par='Hallo') :
    print param
```

```
>>> def mult(a,b,c=3)
...     return (a*b*c)
>>> mult(2,4,3)
24
>>> mult(2,4)
24
```

Programmieraufgaben mit Bezug zur Mathematik

- Polarkoordinatendarstellung einer komplexen Zahl Ü-1.10
- Wie lange kocht ein perfektes Ei? Ü-1.7
- Kettenbruchnäherung für Pi Ü-2.15
- Länge eines Pfades Ü-3.4
- Numerisch Ableiten Ü-3.6
- Dichte der Primzahlen Dichte_Primzahlen.py
- Regression und Interpolation Regression_Interpolation.py

Grosse Zahlen

z.B. Fakultät 49

```
>>>import math
>>>math.factorial(49)
608281864034267560872252163321295376887552831379210240000000000L
>>> float(math.factorial(49))
6.082818640342675e+62

>>> format(math.pi, '.49g')
'3.141592653589793115997963468544185161590576171875'
```

Polarkoordinatendarstellung einer komplexen Zahl

Ü-1.10

```
>>> z1 = 1.0 + 1.0j
>>> abs(z1)
1.4142135623730951
>>> from cmath import phase,pi
>>> ph = phase(z1)
>>> print ph/pi*180
45.0
```

Wie lange kocht ein perfektes Ei?

Ü-1.7

$$t = \frac{M^{2/3} c \rho^{1/3}}{K \pi^2 (4\pi/3)^{2/3}} \ln \left[0.76 \frac{T_0 - T_w}{T_y - T_w} \right]$$

```
from math import log,sqrt,exp,pi
```

```
M=67.0      # Masse
rho=1.038   # Dichte
capa=3.7    # spez. Wärmekapazität
K=5.4E-3    # Termische Leitfähigkeit
```

```
TW=100.0    # Temp. kochendes Wasser
T0=4.0      # Anfangstemperatur
Ty=70       # Endtemperatur
```

```
t = (M**(2.0/3.0)*capa*rho**(1.0/3.0))/(K*pi**2*\
      (4*pi/3.0)**(2.0/3.0))*log(0.76*(T0-TW)/(Ty-TW))
```

Kettenbruchnäherung für Pi

Ü-2.15

```
from math import pi
```

```
N = 9
```

```
res = float(N**2)
```

```
for n in range(N-1,0,-1):
```

```
    res = n**2/res+2*n-1
```

```
print 'Pi berechnet ist %1.6f'%(4/res)
```

```
print 'Pi aus Math Bibliothek ist %1.6f' % pi
```

$$\frac{4}{\pi} = 1 + \frac{1^2}{3 + \frac{2^2}{5 + \frac{3^2}{7 + \frac{4^2}{9 + \frac{5^2}{\ddots}}}}}$$

Länge eines Pfades

Ü-3.4

```
from math import sqrt

def pfadlaenge(P):
    L = 0.0
    for i in range(1, len(P)):
        L = L + sqrt((P[i][0] - P[i-1][0])**2 + \
                    (P[i][1] - P[i-1][1])**2)
    return L

pfad = [[0,0], [1,0], [1,2], [0,2]]
print pfadlaenge(pfad)
```

Numerisch Ableiten

Ü-3.6

```
from math import pi, exp, sqrt, sin, cos, tan, log

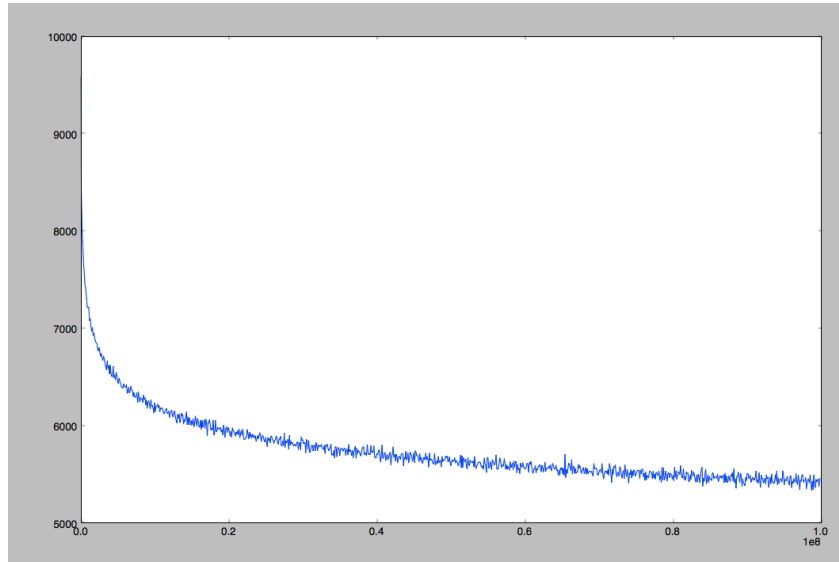
def ableitung(x, f, h=0.001):
    return (f(x+h) - f(x-h)) / (2*h)

def f1(x):
    return exp(-2*x*x)

print "Die Ableitung von y=exp(-2x^2) an der \
Stelle %g beträgt %g" % (0, ableitung(0, f1))
```

Dichte der Primzahlen

- Bereich $0 - 10^8$
- Intervall 100'000



Dichte_Primzahlen.py

```

N = 100000000    # Obere Grenze
be = 100000      # Intervall / Bereich
gestrichen = [False]*(N+1)

# Sieb des Eratosthenes
for i in range(2, N+1):
    if not gestrichen[i]:
        for j in range(2*i, N+1, i):
            gestrichen[j] = True

gestrichen[0]=True
gestrichen[1]=True

# Liste Anzahl Primzahlen pro Intervall
d=[]

```

Dichte_Primzahlen.py

```
# Zu jedem Intervall
for j in range(N/be):
    sum = 0
    # Summe der Primzahlen in diesem Intervall
    for k in range(j*be, (j+1)*be):
        if not gestrichen[k]:
            sum=sum+1
    d.append(sum)

# x-Skala gleichmaessig von 0 bis N
x = np.linspace(0, N, N/be)
y = np.array(d)
plot(x,y)
show()
```

Laborteil – Lösen einzelner Aufgaben



Fragen

- Matrizen invertieren
- Algebraisch ableiten

matrix.py

```
from numpy import matrix
from numpy import linalg
A = matrix( [[1,2,3],[11,12,13],[21,22,23]]) # Creates a matrix.
x = matrix( [[1],[2],[3]] )                # Creates a matrix
                                           # (like a column vector).
y = matrix( [[1,2,3]] )                    # Creates a matrix
                                           # (like a row vector).
A_inv = linalg.inv(A)                      # invert matrix
print A_inv
print A.T                                  # Transpose of A.
print A*x                                  # Matrix
multiplication of A and x.
print A.I                                  # Inverse of A.
print linalg.solve(A, x)                  # Solve the linear equation system.
```

Algebraisch ableiten, Symbolic Mathematics in Python

- <http://scipy-lectures.github.com/advanced/sympy.html#differentiation>

```
>>> from sympy import *
>>> from math import *
>>> diff(sin(x), x)
cos(x)
>>> diff(sin(2*x), x)
2*cos(2*x)

>>> diff(tan(x), x)
1 + tan(x)**2
```

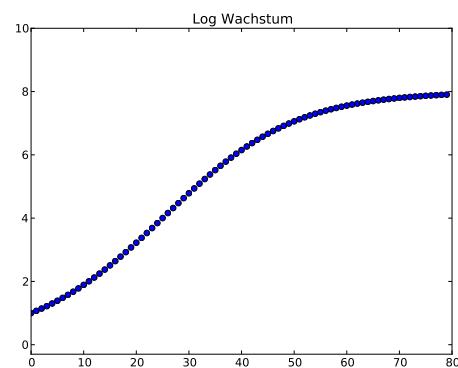
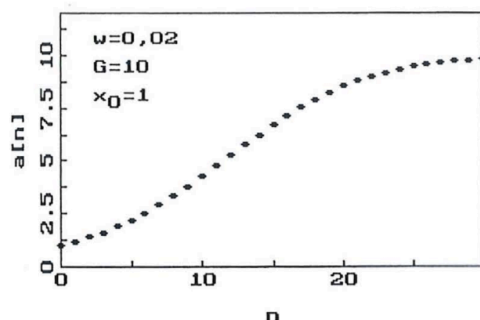
Populationsdynamik

von Henning Körner, Oldenburg

$$(3) \quad x_{n+1} - x_n = w \cdot x_n \cdot (G - x_n)$$

(Logistisches Wachstum)

Es ergibt sich der typische s-förmige Verlauf:



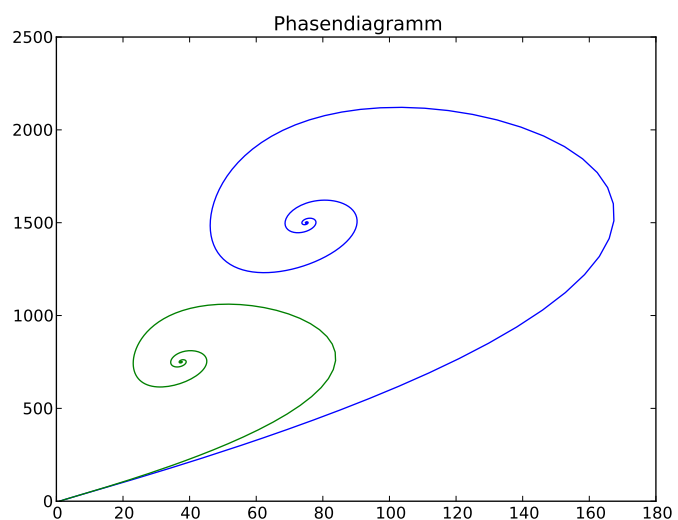
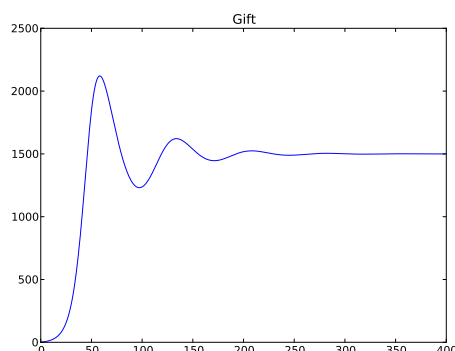
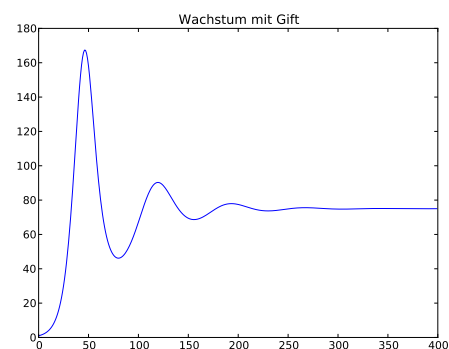
Logistisches_Wachstum.py

```
w=0.0099
G=8.0
def f(x):
    return x+w*x*(G-x)

def genPopulation(x0,n):
    x=[x0]
    # calculate 1..n-1 values
    for i in range(1,n):
        tmp = f(x[i-1])
        x.append(tmp)
    return x

popul=genPopulation(x0,80)
pp.plot(range(len(popul)),popul,'o')
```

Wachstum mit Gift (optimistisch)



Gift_Wachstum_optimistisch.py

$k, m, g = 1.15, 0.95, 0.0001$
 $x_0 = 1.0$

$$(5) \quad x_{n+1} = (k - g \cdot y_n) \cdot x_n$$

$$y_{n+1} = m \cdot y_n + x_n$$

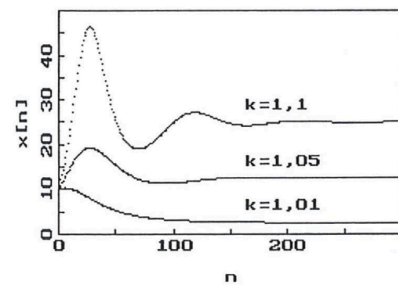
```
def f(x, y):
    return (k - g * y) * x
```

k: Wachstumsfaktor, g: Giftigkeit, m: Gift-
 abbaurrate ($0 < m < 1$)

```
def genPopulation(x0, n):
    x, y = [x0], [0]
    for i in range(1, n):
        tmp = f(x[i-1], y[i-1])
        x.append(tmp)
        tmp2 = m * y[i-1] + x[i-1]
        y.append(tmp2)
    return x, y
```

```
popul, gift = genPopulation(x0, 400)
pp.plot(range(len(gift)), gift)
```

(a) Variation von k:
 $g = 0.0002; m = 0.95; x_0 = 10; y_0 = 0$



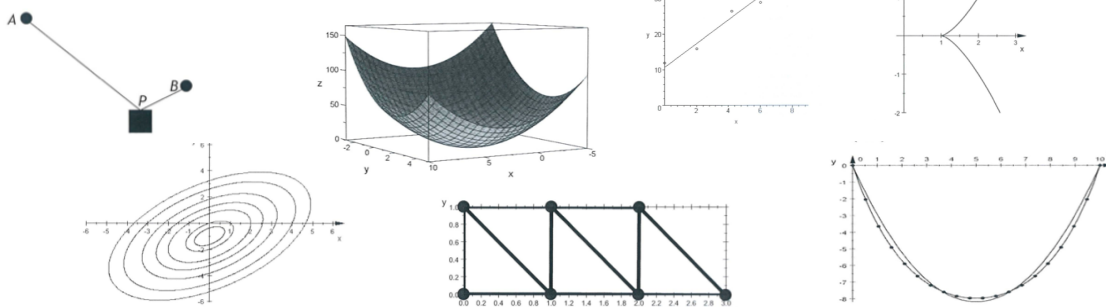
Numerische Optimierung - ein schneller Weg zu komplexer Modellbildung

von Reinhard OLDENBURG, Heidelberg

Einführung

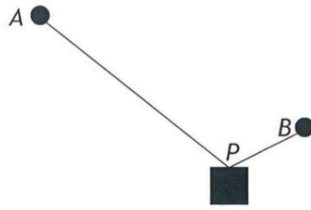
Optimierung ist ein sehr flexibles Wort. Was verbirgt sich eigentlich dahinter? Kurz gesagt: Fast alles. Einige Beispiele:

- Evolution als Optimierungsprozess
- Extremalprinzipien der Physik
- Betriebswirtschaft und Politik



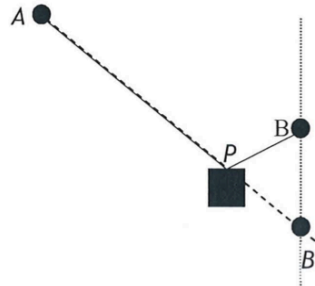
Gewicht an einem Faden

von Reinhard OLDENBURG



Wenn man nun Koordinaten für die Aufhängepunkte (z.B. $A(0, 5)$, $B(3, 2)$) und einen Wert für die Fadenlänge (z.B. $L = 8$) vorgibt, wohin rutscht dann P ? Natürlich wird die potentielle Energie minimiert, d.h. die y -Koordinate von P wird minimal unter der Nebenbedingung, dass die Strecken AP und PB zusammen die vorgegebene Länge L besitzen. Damit ist die Modellbildung abgeschlossen und wir können im Modell nach einer Lösung suchen.

- Geometrische Lösung:
- $B'(3.0, -2.416)$
- $P(2.106, -0.208)$



6.07.2012

© Martin Guggisberg

<http://mgje.github.com/Python-Mathematik-Beispiele/>

39

Energieminimierung.py

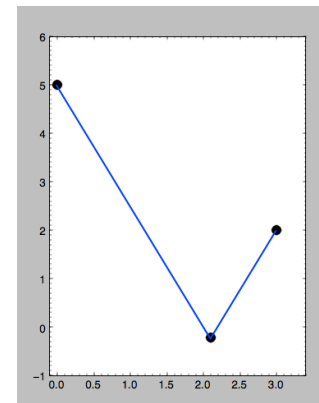
```
import scipy.optimize as optimize
from math import sqrt
```

```
P1=[0.0,5.0]          # P1 (0 | 5)
P2=[3.0,2.0]          # P2 (3 | 2)
L=8                   # Laenge
```

```
def potEnergie(X):
    e=X[1]+(L-sqrt((P1[0]-X[0])**2+(P1[1]-X[1])**2) \
    -sqrt((P2[0]-X[0])**2+(P2[1]-X[1])**2))**2*1000
    return e
```

```
x0=[2.0,2.5]
xopt = optimize.fmin(potEnergie,x0, xtol=1e-9,
disp=True)
print(xopt)
```

```
Optimization terminated successfully.
Current function value: -0.208172
Iterations: 99
Function evaluations: 191
[ 2.1067561 -0.2082447]
```



6.07.2012

© Martin Guggisberg

<http://mgje.github.com/Python-Mathematik-Beispiele/>

40

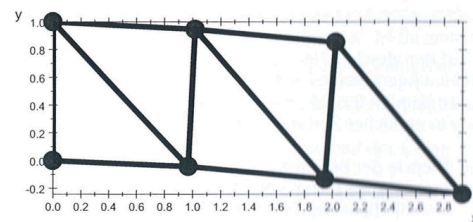
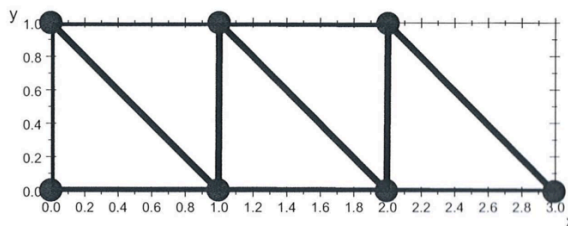
Kranausleger

von Reinhard OLDENBURG

Stahlträger verhalten sich nahezu wie elastische Federn - zumindest solange sie nicht übermäßig belastet werden. Das bedeutet, dass sie eine Spannenergie besitzen, die proportional ist zum Quadrat der Abweichung der aktuellen Länge von der

Ruhelänge: $E = \frac{1}{2} \cdot k \cdot (l - l_0)^2$ (dabei ist k die Hooke'sche Federkonstante).

Interessant ist die Frage, wie sich der Ausleger verformt, wenn man ein Gewicht anhängt. Als Minimierungsproblem ist das leicht formuliert: Gesucht sind die Koordinaten x_i, y_i der Federendpunkte, die zum Minimum der Gesamtenergie (bestehend aus der Summe der Spannenergien aller Federn und der potentiellen Energie der angehängten Last) führen.



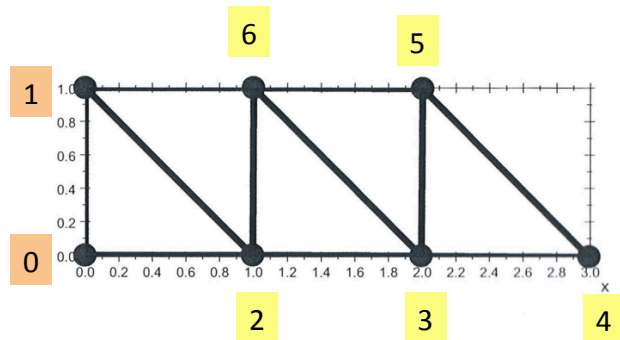
Kranausleger.py

...

```
def feder(i,j,K,L,X):
    """Input Knoten i,j ; Federkonstante K ;
    Laenge L
    Rueckgabe Energie in der Feder"""
    xi = 2*i
    xj = 2*j
    return 0.5*K*(L-sqrt((X[xi]-X[xj])**2\
        +(X[xi+1]-X[xj+1])**2))**2
```

Kranausleger.py II

```
def gesEnergie(x,x_fix,m):
    ...
    #Horizontal unten
    e=feder(0,2,100.0,1.0,x)
    e+=feder(2,3,100.0,1.0,x)
    e+=feder(3,4,100.0,1.0,x)
    #Horizontal oben
    e+=feder(1,6,100.0,1.0,x)
    e+=feder(6,5,100.0,1.0,x)
    #Vertikal
    e+=feder(6,2,100.0,1.0,x)
    e+=feder(5,3,100.0,1.0,x)
    #Schraeg
    e+=feder(1,2,100.0,1.414,x)
    e+=feder(6,3,100.0,1.414,x)
    e+=feder(5,4,100.0,1.414,x)
    e+=9.81*m*x[7]
    return e
```

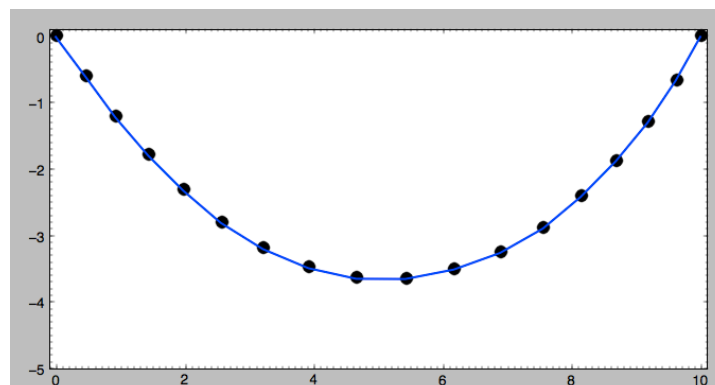


Die hängende Kette

von Reinhard OLDENBURG

Dies ist ein weiteres klassisches Problem und experimentell ebenfalls leicht zugänglich (möglichst feingliedrige, nicht zu leichte Kette verwenden). Nachdem bereits bei der Brachistochrone diskretisiert wurde, ist es nicht überraschend, dass das hier nach dem gleichen Schema läuft. Man stellt sich die Kette vor als Polygonzug mit Stützstellen (x_i, y_i) , $i = 0, \dots, n$. Minimiert werden soll die potentielle Energie

$$\tilde{f} = \sum_{i=0}^{n-1} \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2} \cdot \frac{y_i + y_{i+1}}{2} + \mu \cdot \left(L - \sum_{i=0}^{n-1} \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2} \right)$$



Kette.py

```
N=17
lg = 12.0/N
...
def potEnergie(X):
    ...
    #Sum pot energy of every element
    sum=0.0
    for i in range(N):
        x=2*i
        y=2*i+1
        # ll calculated length, lg correct length
        ll =sqrt((w[x]-w[x+2])**2+(w[y]-w[y+2])**2)
        sum+=ll*(w[y]+w[y+2])/2.0+70*(lg-ll)**2

    return sum
```

Optimierungsprobleme

- Häufig in Alltagssituationen anzutreffen (z.B. Kauf eines Gerätes)
- Optimierungsprobleme (OPs) sind Probleme, die i.A. viele **zulässige** Lösungen besitzen
- Jeder Lösung ist ein bestimmter Wert (**Zielfunktionswert, Kosten**) zugeordnet
- **Optimierungsalgorithmen** suchen in der Menge aller zulässigen Lösungen, diejenige mit dem **optimalen** Wert
- **Heuristiken** sind Algorithmen, die irgendeine Lösung berechnen

Rundreiseproblem (TSP)

- Planung einer kürzesten Rundreise durch Europa (50 Städte):
 - jeder Ort muss einmal besucht werden
 - am Ende muss ich wieder zum Startort zurück

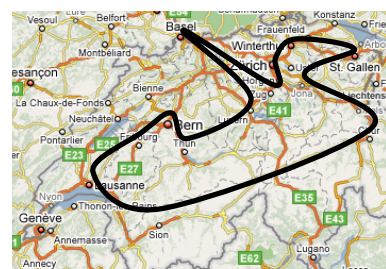


Rundreiseproblem: Mathematisches Modell

- Gegeben:** Graph $G = (V, E)$ mit $c : E \rightarrow \mathbb{R}^+$
 - Jeder Ort v_i wird zu einem Knoten
 - Verbindungsstrecke zwischen zwei Orten zu einer Kante
- Gesucht:**
 - Kostenminimale Rundreise: z.B. v_1, \dots, v_n, v_1

$\mathbb{R}^+ \ni c_{ij} :=$ Reisekosten zwischen Ort i und Ort j

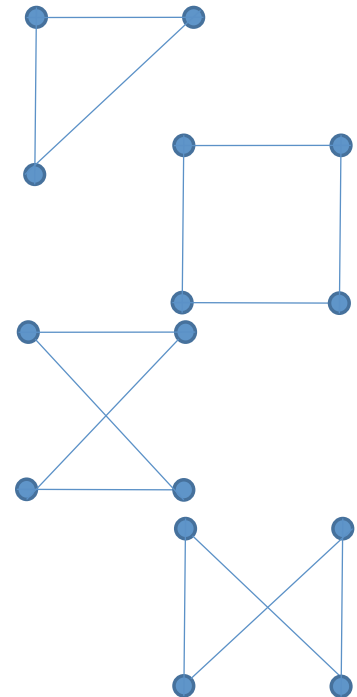
$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & \dots & c_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & \dots & c_{nn} \end{pmatrix}$$



Was macht diese Probleme NP - schwierig ?

- Bsp.: Rundreiseproblem

| Anzahl Orte | Anzahl mögliche Touren |
|-------------|------------------------|
| 3 | 1 |
| 4 | 3 |
| 5 | 12 |
| 6 | 60 |
| 7 | 360 |
| 8 | 2.520 |
| 9 | 20.160 |
| 10 | 181.440 |
| 11 | 1.814.400 |
| 12 | 19.958.400 |
| n | $(n-1)! / 2$ |



Rundreiseproblem: Rechenzeit

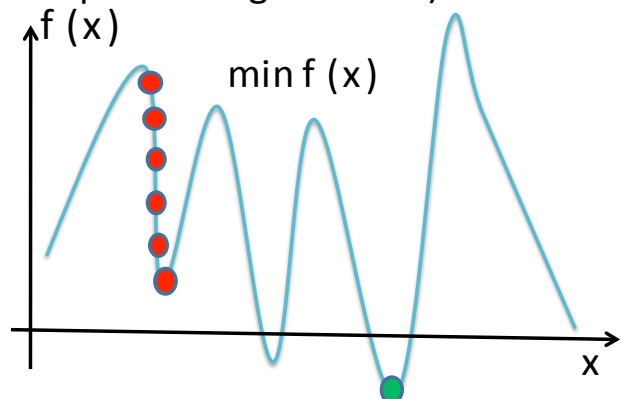
- Annahme: Rechner schafft 40 Mio. Touren in einer Sekunde

| n | Anzahl Touren | Zeit |
|----|---------------|-----------------|
| 10 | 181.440 | 0.045 Sek. |
| 17 | ca. 10^{13} | 3 Tage |
| 19 | ca. 10^{15} | 2.5 Jahre |
| 20 | ca. 10^{17} | 48 Jahre |
| 25 | ca. 10^{23} | 10^8 Jahre |
| 60 | ca. 10^{81} | 10^{66} Jahre |

Anzahl Atome im Weltall: ca. 10^{80} Atome

- Einfache lokale Suche ist in der Praxis sehr beliebt: deutliche Verbesserung innerhalb kurzer Zeit
- Problem: man bleibt relativ schnell in lokale Optima hängen, die relativ weit von Optimallösung entfernt sind, da nur bessere Lösungen akzeptiert werden
- Daher z.B. Metaheuristiken (naturinspirierte Algorithmen):

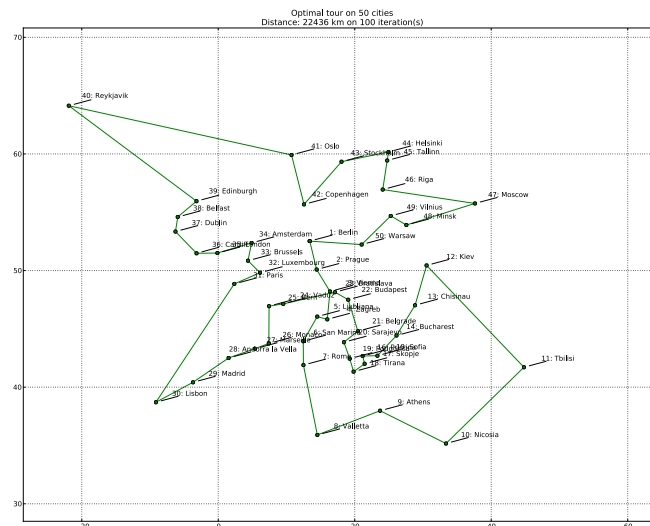
- Evolutionäre Algorithmen
- Simulated Annealing
- Ameisenalgorithmen
- Tabu Suche
- ...



51

```
python Rundreise.py input [plot] [iterations] [nb_cities] [c_factor]
[t start] [t end] [r seed]
```

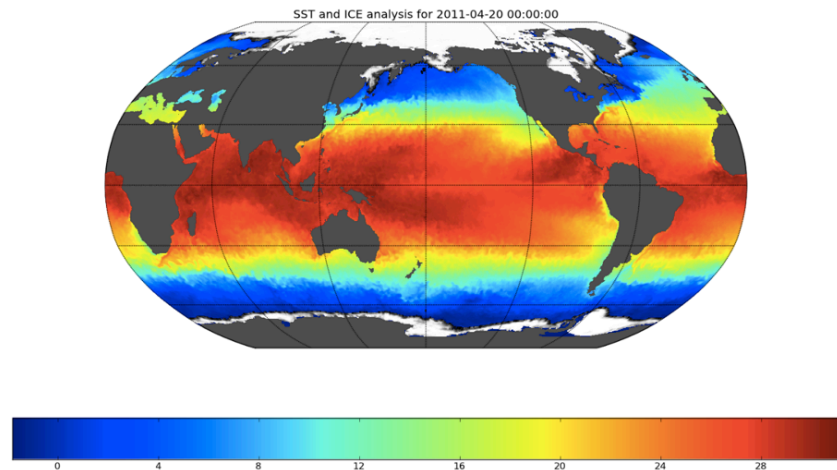
```
$ python Rundreise.py cities.csv save 100 -1 0.93 1600 .5 -1
```



52

Arbeiten mit aktuellen Datesätzen

- Messdaten auf Karte darstellen
- Datensätze aus dem Internet beziehen
- Wissenschaftliche selbstbeschreibende Daten Modelle
 - NETCDF 4
 - OPeNDAP



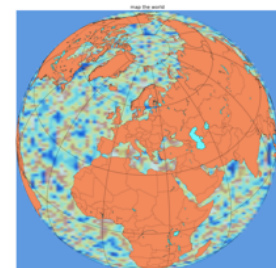
Visualize a calculated measurement I

```
from netCDF4 import Dataset
import matplotlib.pyplot as plt
from mpl_toolkits.basemap import Basemap, cm
import numpy as np

root_grp = Dataset('test.nc')
temp = root_grp.variables['temp']
lons = root_grp.variables['longitude'][:]
lats = root_grp.variables['latitude'][:]
nx=len(lats)
ny=len(lons)

fig=plt.figure(figsize=(16,20))
```

Load_Show_NETCDF_Data_Map.py



Visualize the calculated measurement II

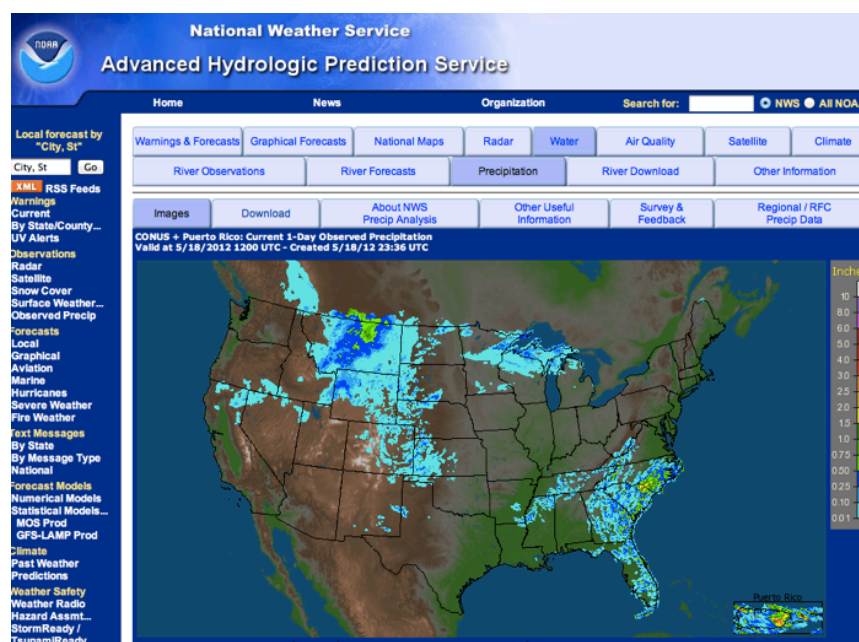
```
fig=plt.figure(figsize=(16,20))
map =
Basemap(projection='ortho',lat_0=45,lon_0=20,resolution='l')
map.drawcoastlines(linewidth=0.25)
map.drawcountries(linewidth=0.25)
map.fillcontinents(color='coral',lake_color='aqua')
map.drawmeridians(np.arange(0,360,30))
map.drawparallels(np.arange(-90,90,30))

topodat = map.transform_scalar(temp[0],lons,lats,nx,ny)
im = map.imshow(topodat,cm.GMT_haxby,alpha=0.85)

c = plt.colorbar(im,orientation='horizontal')
plt.title('map the world')
plt.savefig('contour1.png')
```

Rain Data from NOAA

- <http://water.weather.gov/precip/>



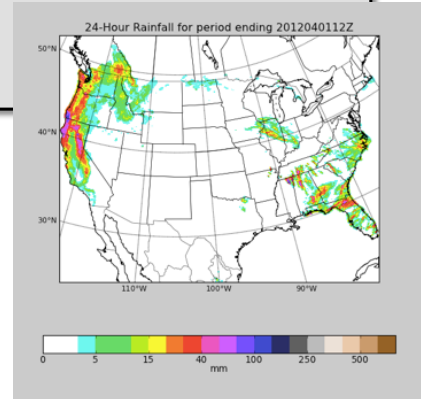
Rain Data USA

```

• ...
• nc = NetCDFFile('nws_precip_conus_20120401.nc')
• # data from http://water.weather.gov/precip/
• prcpvar = nc.variables['amountofprecip']
• data = 0.01*prcpvar[:]
• latcorners = nc.variables['lat'][:]
• loncorners = -nc.variables['lon'][:]
• ...

```

Show_RainData_USA.py



Acronyms for different data repositories

- Live Access Server (LAS)
- OPeNDAP Open-Source Project for a Network Data Access Protocol (DAP)
- The Global Change Master Directory (GCMD)
- <http://gcmd.gsfc.nasa.gov/>
- Grid Analysis and Display System (GrADS)
- GrADS Data Server (GDS)
- Global Forecast System (GFS)
- Global Data Assimilation System (GDAS)
- Thematic Realtime Environmental Distributed Data Services (THREDDS)
- Dataset Descriptor Structure (DDS)

OPeNDAP

- OPeNDAP is a data server architecture that allows users to use data files that are stored on remote computers with their favorite analysis and visualization client software.
- OPeNDAP URL :
 - <http://test.opendap.org/dap/data/nc/sst.mnmean.nc.gz>
- Dataset Descriptor Structure:
 - <http://test.opendap.org/dap/data/nc/sst.mnmean.nc.gz.dds>
- OPeNDAP provides an info service:
 - <http://test.opendap.org/dap/data/nc/sst.mnmean.nc.gz.info>
- Peeking at Data:
 - [http://test.opendap.org/dap/data/nc/sst.mnmean.nc.gz.asc?time\[0:6\]](http://test.opendap.org/dap/data/nc/sst.mnmean.nc.gz.asc?time[0:6])
 - [http://test.opendap.org/dap/data/nc/sst.mnmean.nc.gz.asc?sst\[0:1\]\[13:16\]\[103:105\]](http://test.opendap.org/dap/data/nc/sst.mnmean.nc.gz.asc?sst[0:1][13:16][103:105])
- Data Sources
 - <http://opendap.nmdc.eu/> (Climate)
 - <http://nomad2.ncep.noaa.gov> (Meteo / Climate)
 - <http://opendap.deltares.nl/> (EarthScience)
 - http://docs.opendap.org/index.php/Dataset_List

GrADS Data Server

```

• ...
• data=Dataset("http://nomad2.ncep.noaa.gov:9090/dods/
gdas/rotating/gdas"+YYYYMMDDHH+".grib2")

• # read lats,lons.
• lats = data.variables['lat'][:]
• lons1 = data.variables['lon'][:]
• nlats = len(lats)
• nlons = len(lons1)
• # read tmax 2m (K)
• tmax2m = data.variables['tmax2m'][0]-273.15
• # shift data so lons go from -180 to 180
• prms1,lons1 = shiftgrid(180.,prms1,lons1,start=False)
• ...

```

Aktuelle_Temp_2M.py

Tmax2m ** 2 m above ground maximum temperature [k]

GrADS Data

<http://nomad2.ncep.noaa.gov:9090/dods/gdas/rotating/gdas2012051900.grib2>

OPeNDAP/DODS Data URL: <http://nomad2.ncep.noaa.gov:9090/dods/gdas/rotating/gdas2012051900.grib2>

Description: GDAS 00Z19may2012 downloaded May 19 07:04 UTC

Documentation: (none provided)

Longitude: 0.0000000000°E to 359.0000000000°E (360 points, avg. res. 1.0°)
Latitude: -90.0000000000°N to 90.0000000000°N (181 points, avg. res. 1.0°)
Altitude: 1000.0000000000 to 10.0000000000 (26 points, avg. res. 39.6)
Time: 00Z19MAY2012 to 06Z19MAY2012 (2 points, avg. res. 0.25 days)

Variables: (total of 18 variables)
 absvprs ** (1000 925 900.. 70 50 30 20 10) absolute vorticity [1/s]
 no4lftxsfc ** (4 layer) lifted index [k]
 no5wava500r ** 5-wave geopotential height anomaly [gpm]
 tcdcccll ** convective cloud layer total cloud cover [%]
 tmax2m ** 2 m above ground maximum temperature [k]
 tmin2m ** 2 m above ground minimum temperature [k]
 tmpclt ** low cloud top level temperature [k]
 tmpmclt ** middle cloud top level temperature [k]
 tmphclt ** high cloud top level temperature [k]
 tmpsfc ** surface temperature [k]
 tmpprs ** (1000 975 950 925 900.. 70 50 30 20 10) temperature [k]
 tmp_1829m ** 1829 m above mean sea level temperature [k]
 tmp_2743m ** 2743 m above mean sea level temperature [k]
 tmp_3658m ** 3658 m above mean sea level temperature [k]

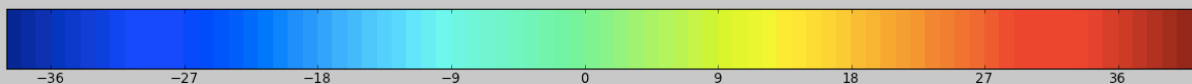
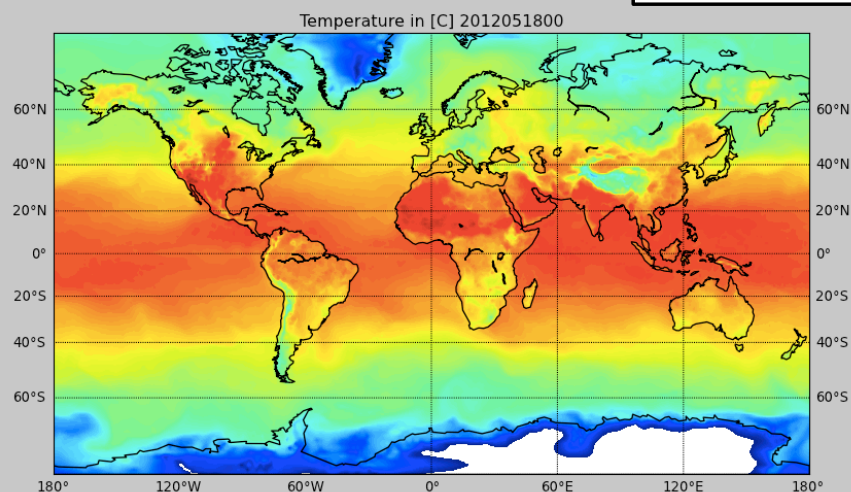
© Martin Guggisberg

<http://mgje.github.com/Python-Mathematik-Beispiele/>

61

2 m above ground maximum temperature

Aktuelle_Temp_2M.py

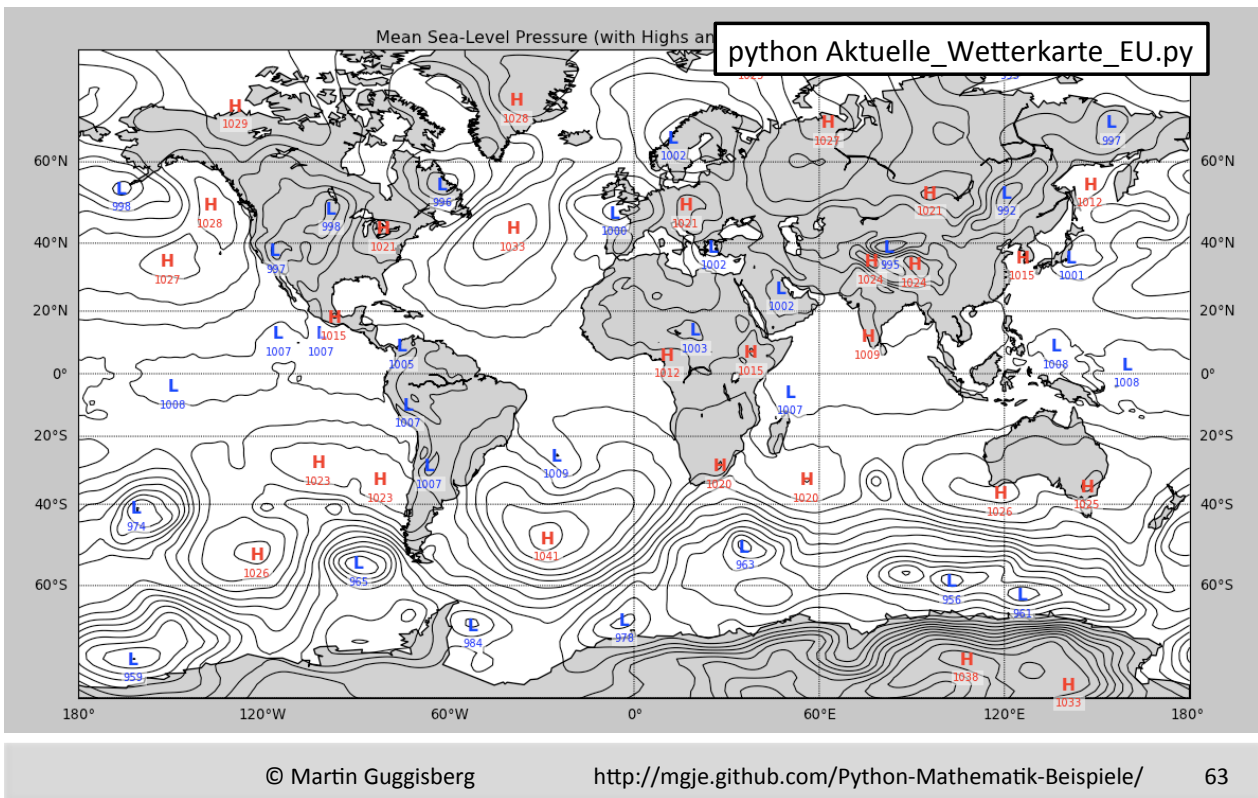


© Martin Guggisberg

<http://mgje.github.com/Python-Mathematik-Beispiele/>

62

mean sea level pressure reduced to msl [pa]



Datenquellen

- <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>
- <http://acdisc.sci.gsfc.nasa.gov/opendap/>
- <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>
- <http://supersites.earthobservations.org/>
- <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/docs/netcdf.html>
- <http://www.unidata.ucar.edu/software/IDV/index.html>
- <http://netcdf4-python.googlecode.com/svn/trunk/docs/netCDF4-module.html>

Laborteil – Experimentieren mit Python

