Eine Einführung zum numerischen Programmieren mit Matlab

Bastian Gross

Universität Trier

11. April 2011

Universität Trier

Inhaltsverzeichnis

1 Beginn und erste Schritte
- Matlab-Umgebung

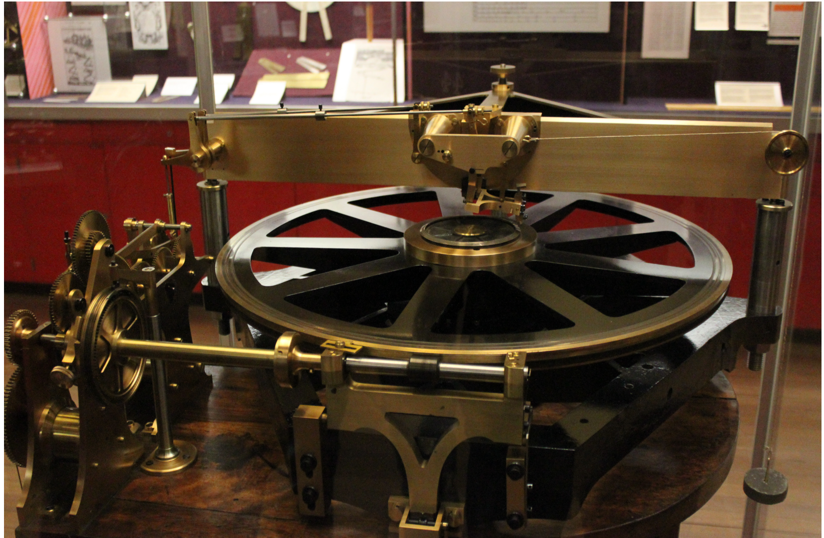
2 Variablen, Matrizen, Grafiken
- Variablen
- Grafiken

3 Schleifen
- For-Schleife
- While-Schleife
- If-Schleife

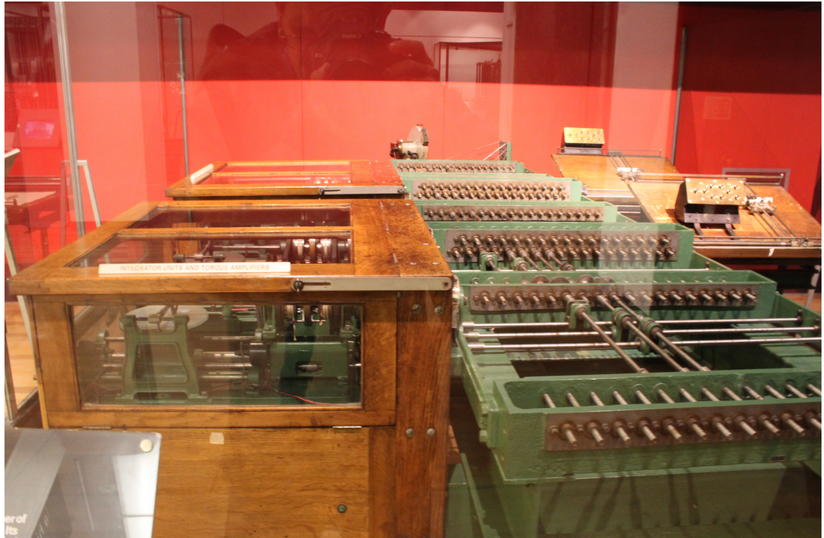
4 Funktionen
- functions

5 Effizientes Programmieren mit Matlab
- cputime
- tic-toc
- profiler

Berechnung in alten Zeiten: Divisionsmaschine



Berechnung in alten Zeiten: Differenzieren und Integrieren



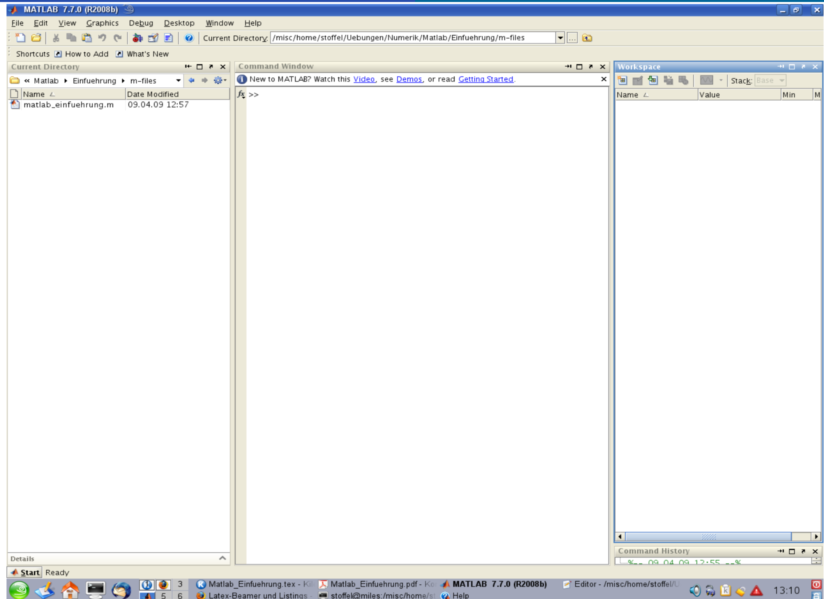
Berechnung in alten Zeiten: Grundrechenarten

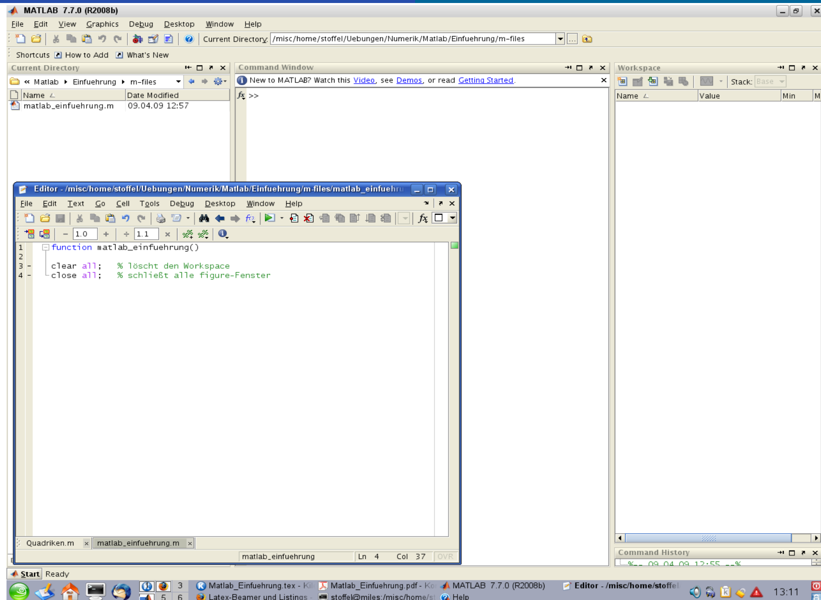
Fotos sind geschossen worden von Bastian Groß im
Science Museum London
South Kensington,
London, SW7 2DD

Am Anfang

- Matlab starten:

  Linux: Konsole öffnen und *matlab* eingeben
  Windows: über Programmme auswählen und starten
- in das gewünschte Verzeichnis wechseln
- im Editor arbeiten
- Programm als `function` schreiben
- Programm unter dem `function`-Name als m-file speichern: *dateiname.m* (meist automatisch)
  Name an Programmzweck orientieren (z.B. Eigenwertberechnung)
  Vorsicht: Keine Doppelbezeichnungen (z.B. *plot.m* als Programmname)
- alles Unnötige schließen bzw. löschen: `clear all, close all`
- Mit `%` kann im Programm kommentiert werden
- Die Matlab-Hilfe hilft wirklich!!!


MATLAB 7.7.0 (R2008b)
File Edit View Graphics Debug Desktop Window Help
Current Directory: /misc/home/stoffel/Uebungen/Numerik/Matlab/Einfuehrung/m-files
Shortcuts How to Add What's New
Current Directory
« Matlab ▸ Einfuehrung ▸ m-files
Name
Date Modified
matlab_einfuehrung.m
09.04.09 12:57
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
>>
Workspace
Stack: Base
Name
Value
Min
Command History
Details
Start Ready
Matlab_Einfuehrung.tex
Matlab_Einfuehrung.pdf
MATLAB 7.7.0 (R2008b)
Editor - /misc/home/stoffel/U
Latex-Beamer und Listings
stoffel@miles:/misc/home/s
Help
13:10


MATLAB 7.7.0 (R2008b)
File Edit View Graphics Debug Desktop Window Help
Current Directory: /misc/home/stoffel/Uebungen/Numerik/Matlab/Einfuehrung/m-files
Shortcuts How to Add What's New
Current Directory
Name
Date Modified
matlab_einfuehrung.m
09.04.09 12:57
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Workspace
Name
Value
Min
Editor - /misc/home/stoffel/Uebungen/Numerik/Matlab/Einfuehrung/m-files/matlab_einfuehru
File Edit Text Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
function matlab_einfuehrung()
clear all; % löscht den Workspace
close all; % schließt alle figure-Fenster
Quadriken.m
matlab_einfuehrung.m
Ln 4 Col 37
Command History
Start Ready
13:11

Help

File Edit View Go Favorites Desktop Window Help

Help Navigator

eye

Contents Index Search Results Demos

Documentation Search Results (118)

Title	Section
eye	Function
Class Input for ones, zeros, a...	Version
ipermute	Function
cellplot	Function
orth	Function
logical	Function
speye	Function
int2str	Function
hadamard	Function
getnhood	Function
all	Function
rsf2csf	Function
repmat	Function
hgtransform	Function
gallery	Function
uint8, uint16, uint32, uint64	Function
uint8, uint16, uint32, uint64	Function
uint8, uint16, uint32, uint64	Function
uint8, uint16, uint32, uint64	Function

Demo Search Results (12)

Title	Product
Thickness Control for a Steel...	Control Sy
Matrix Exponentials	MATLAB
Loop Shaping of HIMAT Pitch...	Robust Co
DC Motor Control	Control Sy
Chaotic Time-Series Prediction	Fuzzy Logi
Kalman Filter Design	Control Sy
Real Mu Analysis	Robust Co
Introduction to the Spline To...	Spline Too
Visualizing Multivariate Data	Statistics T
Control of a Two-Tank System	Robust Co
Introduction to the B-form	Spline Too
Binary Integer Programming	Optimizati

Search Support Database on Web for eye

Title: eye :: Functions (MATLAB®

MATLAB®

Provide feedback about this page

eye

Identity matrix

Syntax

```
Y = eye(n)
Y = eye(m,n)
eye([m n])
Y = eye(size(A))
eye(m, n, classname)
eye([m,n],classname)
```

Description

`Y = eye(n)` returns the n-by-n identity matrix.

`Y = eye(m,n)` or `eye([m n])` returns an m-by-n matrix with 1's on the diagonal and 0's elsewhere.

Note The size inputs m and n should be nonnegative integers. Negative integers are treated as 0.

`Y = eye(size(A))` returns an identity matrix the same size as A.

`eye(m, n, classname)` or `eye([m,n],classname)` is an m-by-n matrix with 1's of class classname on the diagonal and zeros of class classname elsewhere. classname is a string specifying the data type of the output. classname can have the following values: 'double', 'single', 'int8', 'uint8', 'int16', 'uint16', 'int32', 'uint32', 'int64', or 'uint64'.

Example:

```
x = eye(2,3,'int8');
```

Limitations

The identity matrix is not defined for higher-dimensional arrays. The assignment `y = eye([2,3,4])` results in an error.

See Also

ones, rand, randn, zeros

Provide feedback about this page

export2wsdlg ezcontour

© 1984-2008 The MathWorks, Inc. • Terms of Use • Patents • Trademarks • Acknowledgments

jar:file:////misc/usrlocal/matlabR2008b/help/techdoc/help.jar!/ref/zeros.html

Matlab_Einfuehrung.tex - Kile Firefox [2] stoffel@miles:/misc/home/sto
MPlayer Konqueror [2] Com-mathworks-util-PostV
14:01

Variablen, Vektoren, Matrizen

- Variablen können direkt ohne Speicherallocation Werte zugeordnet werden

Variablen, Vektoren, Matrizen

- Variablen können direkt ohne Speicherallocation Werte zugeordnet werden
- Variable: `x = 5`

Variablen, Vektoren, Matrizen

- Variablen können direkt ohne Speicherallocation Werte zugeordnet werden
- Variable: `x = 5`
- Vektoren und Matrizen:
  Leerzeichen oder Komma $\widehat{=}$ nächste Spalte, Semikolon $\widehat{=}$ nächste Zeile
  Zeilenvektor $v = (1, 2, 3)$: `v = [1 2 3]` oder `v = [1,2,3]`
  Spaltenvektor $v = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$: `v = [1;2;3]`
  Matrix $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{bmatrix}$: `A = [1 2 3; 4 5 6]`

Variablen, Vektoren, Matrizen

- besondere Vektoren/Matrizen
  - `ones(m,n)`: Vektor/Matrix der Dimension $m \times n$ mit nur Einsen
  - `zeros(m,n)`: Vektor/Matrix der Dimension $m \times n$ mit nur Nullen
  - `eye(m,n)`: Vektor/Matrix der Dimension $m \times n$ mit Einsen auf den Diagonalelementen, sonst Nullen

Variablen, Vektoren, Matrizen

- besondere Vektoren/Matrizen
  - `ones(m,n)`: Vektor/Matrix der Dimension $m \times n$ mit nur Einsen
  - `zeros(m,n)`: Vektor/Matrix der Dimension $m \times n$ mit nur Nullen
  - `eye(m,n)`: Vektor/Matrix der Dimension $m \times n$ mit Einsen auf den Diagonalelementen, sonst Nullen
- Zugriff auf Elemente
  - `v(3)`: der dritte Eintrag des Vektors v, also v_3
  - `v(2:4)`: die Einträge 2 bis 4 des Vektors v, also v_2, v_3, v_4
  - `A(2,3)`: das 2,3-Element der Matrix $A = [a_{ij}]$, also a_{23}
  - `A(:,1)`: die erste Spalte von A
  - `A(3,:)`: die dritte Zeile von A
  - `A(2:3,2:4)`: Teilmatrix von A

Vektoren, Matrizen

- Vektor/Matrixoperationen (siehe auch: `help arith, help matfun`)
  - `+`: Matrix-Addition (auf Dimension achten)
  - `*`: Matrix-Multiplikation (auf Dimension achten)
  - `.*`: Elementweise Matrix-Multiplikation
  - `'`: Transponieren
  - `\` bzw. `/`: Left bzw. Right-Devision: `x = A\b` löst $Ax = b$ bzw. analog
  - `inv(A)`: Inverse von A (bei hohen Dimensionen nicht zu empfehlen)
  - `[m,n] = size(A)`: bestimmen der Dimension von A
  - `[V,D] = eig(A)`: bestimmen der Orthogonal- und der Diagonalmatrix von A
  - `det(A)`: bestimmen der Determinanten von A
  - Matlab Funktionen können einfach auf den ganzen Vektor/die ganze Matrix angewandt werden: z.B. `sin(A), cos(A), exp(A), log(A)`: bestimmen der Funktionswerte von Einträgen der Matrix A und geben wiederum diese als Matrix aus

Ausgabe

- Anweisungen, die nicht mit einem Semikolon abgeschlossen werden, werden im Kommandofenster ausgegeben.
- `disp('Text');` → gibt den Text im Kommandofenster aus.

Ausgabe

- Anweisungen, die nicht mit einem Semikolon abgeschlossen werden, werden im Kommandofenster ausgegeben.
- `disp('Text');` → gibt den Text im Kommandofenster aus.
- `fprintf('Text_1 %1.6f Text_2 %2.3e Text_3\n',a,b);` → gibt den angegebenen Text mit den Variablen `a` und `b` im Kommandofenster aus. Dabei sind `%1.6f` bzw. `%2.2e` die Platzhalter mit entsprechenden Format für `a` bzw. `b`. `\n` bewirkt einen Zeilenumbruch.
  Die Ausgabe lautet also (mit `a` = 2.2 und `b` = 0.00123):

```
Text_1 2.200000 Text_2 1.230e-03 Text_3
```

Ausgabe

- in Datei schreiben:

```
fid = fopen('Dateiname.txt','w');
 ... Anweisungen ...
 fprintf(fid,'Text_1 %1.6f Text_2 %2.3e Text_3\n',a,b);
 ... Anweisungen ...
fclose(fid);
```

Durch diese Anweisungen wird der Text in die Datei *Dateiname.txt* geschrieben. Dabei wird einmal am Anfang die Datei mit entsprechenden Rechten geöffnet. Dazwischen kann in die Datei geschrieben werden. Am Ende wird einmal die Datei geschlossen.

Grafiken

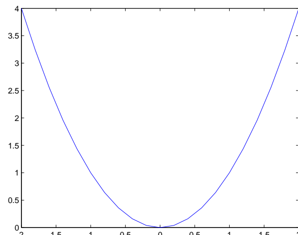
Mit den Befehlen `plot, plot3, surf, contour` etc. lassen sich Grafiken zeichnen. Weitere hilfreiche Befehle für Grafiken sind `meshgrid, surfc, isosurface`.
Das folgende Beispiel zeichnet die Funktion $y = x^2$ im Intervall $[-2, 2]$ mit Stützstellenweite 0.2, d.h es wird der Vektor x gegen den Vektor y geplottet, also die Punkte: $(x(1), y(1)); (x(2), y(2));$ usw.

```
x = [-2:0.2:2];
y = x.^2;
plot(x,y);
```

Grafiken

Mit den Befehlen `plot, plot3, surf, contour` etc. lassen sich Grafiken zeichnen. Weitere hilfreiche Befehle für Grafiken sind `meshgrid, surfc, isosurface`.
Das folgende Beispiel zeichnet die Funktion $y = x^2$ im Intervall $[-2, 2]$ mit Stützstellenweite 0.2, d.h es wird der Vektor x gegen den Vektor y geplottet, also die Punkte: $(x(1), y(1)); (x(2), y(2))$; usw.

```
x = [-2:0.2:2];
y = x.^2;
plot(x,y);
```



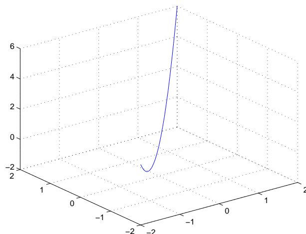
Grafiken

```
x = [-2:.2:2];
y = [-2:.2:2];
z = x.^2+y;
plot3(x,y,z)
grid on
```

```
x = [-2:.2:2];
y = [-2:.2:2];
[X,Y] = meshgrid(x,y);
Z = X.^2+Y;
surf(X,Y,Z);
```

Grafiken

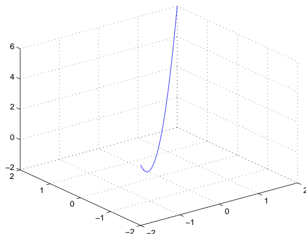
```
x = [-2:.2:2];
y = [-2:.2:2];
z = x.^2+y;
plot3(x,y,z)
grid on
```



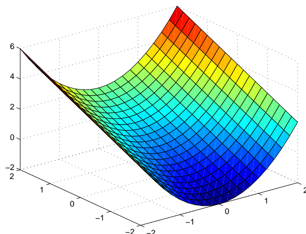

```
x = [-2:.2:2];
y = [-2:.2:2];
[X,Y] = meshgrid(x,y);
Z = X.^2+Y;
surf(X,Y,Z);
```

Grafiken

```
x = [-2:.2:2];
y = [-2:.2:2];
z = x.^2+y;
plot3(x,y,z)
grid on
```




```
x = [-2:.2:2];
y = [-2:.2:2];
[X,Y] = meshgrid(x,y);
Z = X.^2+Y;
surf(X,Y,Z);
```



for-Schleife

Bei einer for-Schleife wird eine Gruppe von Anweisungen (Block) mit einer bestimmten Anzahl von Wiederholungen ausgeführt. Dabei wird die Zählvariable häufig in den Anweisungen integriert. (Vorsicht: eventuell lange Laufzeiten)

Beispiele:

```
for i = 1:100
  x(i) = 1;
end
```

In dieser Schleife wird dem i-ten Eintrag des Vektors x der Wert 1 zugeordnet. Die Schleife bewirkt das selbe wie `x = ones(1,100)`.

for-Schleife

```
for i = 1:100
  x(i) = i;
end
```

In dieser Schleife wird dem i-ten Eintrag des Vektors x der Wert i zugeordnet. Die Schleife erzeugt den Vektor $x = (1, 2, 3, \ldots, 99, 100)$.

```
x = 0;
for i = [2,3,5,10]
  x = x+i;
end
```

In diese Schleife wird zu der Variablen x, die mit 0 initialisiert ist, nacheinander die Werte 2,3,5,10 addiert. Das Endergebnis ist x = 20.

while-Schleife

Bei einer while-Schleife wird ein Block von Anweisungen so oft wiederholt bis die Abbruchbedingung erfüllt ist. Dabei ist das Kriterium eine logische (boolsche) Bedingung (wahr oder falsch).

Beispiel:

```
x = 0;
while x < 100
  x = x+1;
end
```

Bei dieser Schleife wird zu x solange 1 addiert, bis x größer gleich 100 ist, also 100 Wiederholungen.

Andere logische Bedingungen sind: `>, >=, <=, ==`.

Zwei wichtige Überlegungen bei einer while-Schleife:

- Wird das Eintrittskriterium der while-Schleife erfüllt, d.h. wird überhaupt in die Schleife reingegangen?
- Wenn man in der while-Schleife ist, kommt man auch wieder raus, d.h. wird das Abbruchkriterium irgendwann erfüllt?

if-else

Bei einem if-else-Konstrukt werden logische Bedingungen überprüft und entsprechende Anweisungen ausgeführt.
Beispiel:

```
if x < 0
 Betragx = -x;
elseif x > 0
 Betragx = x;
else
 Betragx = 0;
end
```

Dieses if-else Konstrukt berechnet umständlich den Betrag von x.

Bei mehreren logischen Bedingungen oder bei Fallunterscheidungen eignet sich oft der Befehl `switch...case`.

functions

Funktionen werden definiert, um Anweisungsblöcke, die häufiger oder mit verschiedenen Werten benutzt werden, nur einmal zu programmieren. Einmal geschrieben, können die Funktionen mit ihren Funktionsnamen in dem eigentlichen Programm immer wieder aufgerufen werden (Vorsicht bei Doppelbenennung). Funktionen werden benutzt, um Programmabschnitte zu entkoppeln.

Beispiel:

```
A = [1 2; 3 4];
b = [1;1];
loesung = Funktionsname(A,b);
%--------------------------------
function [x] = Funktionsname(A,b)
  x = A\b;
```

Dieses Funktion löst das Problem $Ax = b$.

Funktionen können als Unterprogramme in einem Programm integriert werden. Dazu definiert man diese hinter die Anweisungen des eigentlichen Programms, also ganz am Ende der Datei.
Ebenso können Funktionen auch extern als m-file gespeichert werden und mit entsprechendem Funktionsname aufgerufen werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Funktion im selben Verzeichnis wie das aufrufende Programm gespeichert ist.

cputime

Zum Messen der Programmlaufzeit sind zwei verschiedene Ansätze möglich.
Zuerst wollen wir sehen wie `cputime` funktioniert
Beispiel:

```
t = cputime;
---Anweisung---
Time = cputime - t;
```

Dieses Funktion ergibt mit der Variable `Time` die Computerlaufzeit für die Anweisung.

tic-toc

Ein weiterer Ansatz ist der Matlab Befehl `tic; toc;`.
Beispiel:

```
tic;
---Anweisung---
toc;
```

Dieses Funktion gibt die Computerlaufzeit für die Anweisung als `Elapsed time is xxxx.xxxx seconds.` aus.

Matlab bedeutet MATrix LABoratory. Diese Programmiersprache ist darauf spezialisiert, Matrizen und damit auch Vektoren schnell und effizient zu berechnen. Daher sollte man, wann auch immer möglich auf Schleifen (`for, if, while, case`) verzichten und diese versuchen vektorweise zu programmieren. Wie effizent das sein kann werden wir auf der nächsten Folie an einem einfachen Beispiel sehen. Dafür sind folgende Matrixfunktionen enorm wichtig:

- `+`: Matrix-Addition
- `.*`: Elementweise Matrix-Multiplikation
- `.^`: Elementweise Matrix-Potenzierung
- `./`: Elementweise Matrix-Division
- Matlab Funktionen können einfach auf den ganzen Vektor/die ganze Matrix angewandt werden: z.B. `sin(A), cos(A), exp(A), log(A)`: bestimmen der Funktionswerte von Einträgen der Matrix A und geben wiederum diese als Matrix aus

Dieses Beispiel berechnet den `sin` für einen Vektor `A` der die ganzen Zahlen zwischen `-100` und `100` enthält.
Zuerst berechnen wir dies mittels der `for`-Schleife und lassen uns zusätzlich die Computerlaufzeit ausgeben. Beispiel:

```
A=[-100:1:100];
tic;
for i=1:1:200
    B(i)=sin(A(i));
end
toc;

Elapsed time is 0.004290 seconds.
```

Dieses Berechnung braucht die Computerlaufzeit für die Anweisung von
`Elapsed time is 0.004290 seconds.`.
Nun vergleichen wir diese Zeit mit der Computerlaufzeit für die vektorweise Berechnung.

Dieses Beispiel berechnet den `sin` für einen Vektor `A` der die ganzen Zahlen zwischen `-100` und `100` enthält.
Jetzt berechnen wir dies mittels der vektorweisen Eingabe. Beispiel:

```
A=[-100:1:100];
tic;
B=sin(A);
toc;

Elapsed time is 0.000070 seconds.
```

Dieses Berechnung braucht die Computerlaufzeit für die Anweisung von `Elapsed time is 0.000070 seconds.`.
Also ist -wie erwartet- die vektorweise Berechnung deutlich schneller!

profiler

Ein weiterer Ansatz zur Ausgabe der Computerlaufzeit ist der Matlab Befehl `profile`.

Anweisungen für die `profile`-Umgebung:

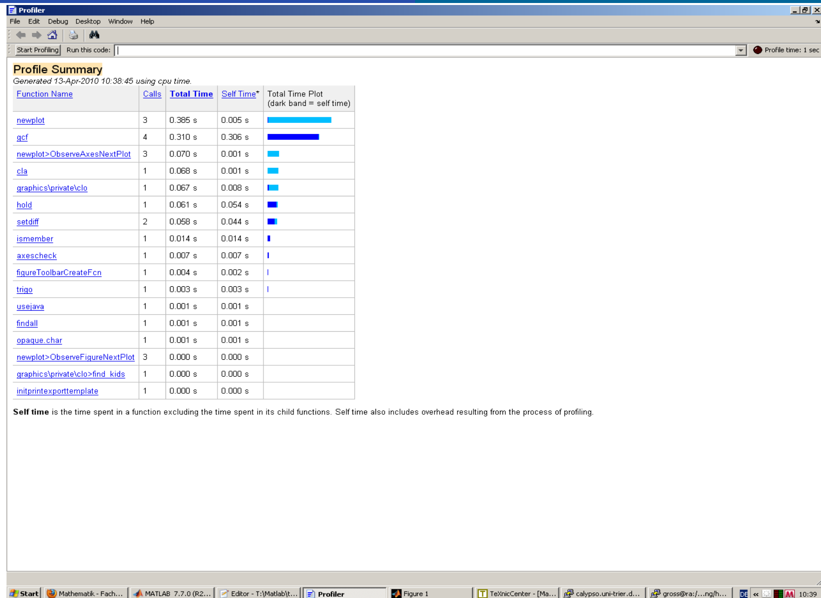
```
profile on;
profile off;
profile clear;
profile report;
```

Die `profile` Umgebung bietet einen detailierten Bericht über die Laufzeiten und die Anzahl der Funktionsaufrüfe.

profiler

Beispiel für die `profile`-Umgebung:

```
function [sinx, cosx, fx] = trigo(x)
sinx = sin(x);
cosx = cos(x);
fx   = (cos(x.^2).*sin(x))./exp(-x);
%----------------------------------------
profile on; profile clear;
x=pi*[-5:0.01:5];
[sinx, cosx, fx] = trigo(x);
plot(x,sinx,'b-'); hold on;
plot(x,cosx,'r.-');
plot(x,fx,'g-*');
profile report;
```



Profile Summary

Generated 13-Apr-2010 10:38:45 using cpu time.

Function Name	Calls	Total Time	Self Time*	Total Time Plot (dark band = self time)
newplot	3	0.385 s	0.005 s	
gcf	4	0.310 s	0.306 s	
newplot>ObserveAxesNextPlot	3	0.070 s	0.001 s	
cla	1	0.068 s	0.001 s	
graphics\private\clo	1	0.067 s	0.008 s	
hold	1	0.061 s	0.054 s	
setdiff	2	0.058 s	0.044 s	
ismember	1	0.014 s	0.014 s	
axescheck	1	0.007 s	0.007 s	
figureToolbarCreateFcn	1	0.004 s	0.002 s	
trigo	1	0.003 s	0.003 s	
usejava	1	0.001 s	0.001 s	
findall	1	0.001 s	0.001 s	
opaque.char	1	0.001 s	0.001 s	
newplot>ObserveFigureNextPlot	3	0.000 s	0.000 s	
graphics\private\clo>find_kids	1	0.000 s	0.000 s	
initprintexporttemplate	1	0.000 s	0.000 s	

Self time is the time spent in a function excluding the time spent in its child functions. Self time also includes overhead resulting from the process of profiling.

Zusammenfassung

- Programmieren ist nicht schlimm, sondern sehr hilfreich!!!
- Matlab-Hilfe bzw. Internet hilft bei vielen Problemen!!!
- Learning by Doing!!!

Informationen: www.mathematik.uni-trier.de/ gross/
grossb@uni-trier.de

-wird fortgesetzt-