Kompakte Einführung in GNU Octave

Torsten Krüger
Jörg Frohne

Stand: 27. September 2012

Allgemeine Informationen zu `octave`

Was ist `octave`?

- Interaktive Skriptsprache z. B. für numerische Berechnungen, größtenteils kompatibel zu `matlab`
- Freie Software für alle gängigen Systeme
- Kommandozeilenbasiert

Nützliche Links

- `http://www.gnu.org/software/octave`
- `http://www.gnu.org/software/octave/doc/interpreter`
- `http://math.jacobs-university.de/oliver/teaching/tuebingen/octave/octave/index.html`

Eingabekonventionen

- Kommentare werden in `octave` durch ein `%` eingeleitet
- Als Rechenoperatoren werden wie gewohnt `+`, `-`, `*`, `/` verwendet
- Als Zuweisungsoperator dient `=`
- Trennung von Befehlen in einer Zeile durch `,`
- Trennung von Befehlen in einer Zeile und Unterdrückung der Ausgabe durch `;`
- Für einen Zeilenumbruch innerhalb eines Befehls `...` am Zeilenende verwenden
- Achtung: Groß- und Kleinschreibung werden berücksichtigt!

Mathematische Operationen

Arithmetische Operationen

```
> x=1;y=2;                    % Wertzuweisung
> x+y,x-y,x*y,x/y             % Eingabe der Befehle
ans =  3                      % Ausgabe, die Befehle wurden
ans = -1                      % durch ein Komma getrennt
ans =  2
ans =  0.50000
```

Quadratwurzel und Absolutbetrag

```
> abs(-1)+sqrt(x+y)           % x und y von oben
ans =  2.7321
```

Mathematische Operationen

Trigonometrische und hyperbolische Funktionen

```
> sin(x*y), sinh(x*y),...    % Zeilenumbruch mit ...
> z=asin(sin(x*y))           % Umkehrfunktionen
```

Exponentialfunktion, Logarithmus, Potenzen

```
> exp(x), x^y, log(y)        % Natürlicher Logarithmus
> log2(x), log10(y)          % zur Basis 2 und 10
```

Zahlen in Octave

Reelle Zahlen werden durch Gleitkommazahlen repräsentiert.

Beispiel

$1/\sqrt{2}$ in verschiedenen Formaten.

```
> format short                %Standardformat
0.70711
> format short e              %Exponentialdarstellung
7.0711e-01
> format long
0.70710678118654
> format long e
7.07106781186547e-01
```

Das Format `long e` entspricht in etwa der Gleitkommadarstellung, die im Computer hinterlegt ist.

Zahlen in Octave

Komplexe Zahlen können wie üblich als Kombination zweier reeller Zahlen bzw. Gleitkommazahlen `x` und `y` in der Form `x+i*y` oder `x+j*y` dargestellt werden.

Beispiele

```
>z=x+i*y
z =  1 + 2i
>w=x+j*y
w =  1 + 2i
> i*i
ans = -1
>log(x-y)
ans =  0.00000 +  3.14159i
```

Hinterlegte Konstanten

In `octave` sind einige wichtige mathematische Konstanten hinterlegt:

Beispiele

```
> e,pi,i,e^(i*pi)
ans =  2.7183
ans =  3.1416
ans =  0 + 1i
ans = -1.0000e+00 + 1.2246e-16i
```

An der letzten Ausgabe erkennt man, dass das Rechnen mit Gleitkommazahlen immer mit Ungenauigkeiten verbunden ist.

Eine spezielle Konstante ist `eps`. In ihr ist die Genauigkeit der Rechnungen in `octave` hinterlegt.

Erstellung von Matrizen

Kleine Matrizen können direkt eingegeben werden

```
> A=[1 2 3;4,5,6;7 8 9]
 A =
    1    2    3
    4    5    6
    7    8    9
```

Die Eingabe erzeugt die Matrix `A`, darunter ist die Bildschirmausgabe zu sehen. Nach Verwendung des Zuweisungsoperators = ist für `octave` in dieser Variable die Matrix hinterlegt. Zeilen werden durch „;“, Spalten durch Kommas oder Leerzeichen voneinander getrennt.

Rechnen mit Matrizen

Wir erzeugen eine weitere 3 $\times$ 3-Matrix durch

```
> B=[1 1 1;1 -1 1;1 0 1];
```

Die Bildschirmausgabe wird durch das Semikolon unterdrückt. Jetzt können wir mit diesen Matrizen rechnen.

Beispiel

```
> S=A+B;
> D=A-B;
> P=A*B;
> P
 P =
     6    -1     6
    15    -1    15
    24    -1    24
```

Zugriff auf Teile einer Matrix

Der Zugriff auf einzelne Bereiche einer Matrix `A` erfolgt allgemein über `A(Zeile,Spalte)`.

Beispiele

```
> A(1,2)=A(1,3)+B(3,1)
A =
    1    4    3
    4    5    6
    7    8    9
```

```
> A(3,[1 3])
ans =
    7    9
> A(:,1)
ans =
    1
    4
    7
```

Mit dem Doppelpunkt wird eine ganze Zeile bzw. Spalte ausgewählt.

Transponierte/Adjungierte Matrix

Das Hochkomma ’ liefert für Matrizen die adjungierte Matrix.
Für Matrizen über $\mathbb{R}$ entspricht dies der Transponierten.

Beispiele

```
> C = [1 2 3; 9 8 7];
> C'
ans =
   1   9
   2   8
   3   7
```

```
> D = [i 5 3+i; 4*j 2+7*i 2];
> D'
ans =
   0 - 1i   0 - 4i
   5 - 0i   2 - 7i
   3 - 1i   2 - 0i
```

Wie man sieht, werden komplexe Einträge komplex konjugiert.
Ansonsten liefert `transpose(A)` die transponierte der Matrix `A`.

Elementweise Operationen

Soll eine Operation elementweise ausgeführt werden, so wird dies durch einen Punkt erreicht.

Beispiel: Multiplikation

```
> A=[1 2;3 4;5 6]
A =
   1   2
   3   4
   5   6
```

```
> A.*A
ans =
    1    4
    9   16
   25   36
```

Der Versuch `A*A` zu berechnen liefert eine Fehlermeldung, da die Dimensionen für eine Matrixmultiplikation nicht zusammenpassen.

Lineare Gleichungssysteme

Lineare Gleichungssysteme der Form $Ax = b$ können über den Befehl `A\b` gelöst werden.

Beispiel

```
> A=[1 1 1;1 -1 1];b=[1 0]';
 > x=A\b
 x =
                    0.25
                     0.5
                    0.25
```

Intern führt `octave` dabei für $n \times n$-Matrizen das Gaußsche Eliminationsverfahren durch. Für über- oder unterbestimmte Gleichungssysteme werden andere geeignete Verfahren verwendet. Ist `A` eine reguläre quadratische Matrix, kann alternativ auch der Befehl `x=inv(A)*b` genutzt werden.

Sonstige Matrixoperationen

Hier eine Übersicht über einige weitere allgemeine Matrixoperationen:

```
A(:,k)=[]       % Löscht k-te Matrixspalte
A(k,:)=[]       % Löscht k-te Matrixzeile
diag(A,k)       % Extrahiert k-te Nebendiagonale von A;
                % im Falle eines Vektors ergibt sich
                % eine (Neben-)Diagonalmatrix
inv(A)          % Gibt, falls existent,
                % die Inverse von A an
rank(A)         % Rang der Matrix A
size(A)         % Größe der Matrix
det(A)          % Determinate einer quadr. Matrix
rref(A)         % Stellt Zeilenstufenform von A her
```

Eingabe spezieller Matrizen

Große Matrizen lassen sich nicht mehr gut von Hand eingeben. In solchen Fällen sind etwa folgende Funktionen nützlich:

```
ones(n,m)       % (n,m)-Matrix aus lauter Einsen
eye(n,m)        % (n,m)-Matrix mit Einsen auf der
                % Diagonalen
zeros(n,m)      % (n,m)-Matrix aus lauter Nullen
```

Auch $n \times m$-Matrizen aus Zufallszahlen können erzeugt werden:

```
rand(n,m)       % Gleichverteilte Zufallszahlen
randn(n,m)      % Normalverteilte Zufallszahlen
```

Vektoren

Vektoren sind Matrizen mit nur einer Zeile bzw. Spalte. Mit vorgegebenen Zahlen a, b und Schrittweite s erzeugt man über `v=a:s:b` einen Vektor mit Elementen a, $a+s$, $a+2s$, ..., $a+ks$. Dabei gilt $a+ks \leqq b$, falls $s > 0$ (analog falls $s < 0$).

Beispiel

Dieser Vektor kann dann z. B. so weiterverwendet werden:

```
> w=1:5:50
w =
   1    6   11   16   21   26   31   36   41   46

> v=1:3:11                          > w(v)
v =                                 ans =
   1    4    7   10                      1   16   31   46
```

Matrizen und Vektoren

Weitere Beispiele

```
> v=1:4          % Voreingestellte Schrittweite ist 1
v =
  1  2  3  4

> M=diag(v)
M =
   1   0   0   0
   0   2   0   0
   0   0   3   0
   0   0   0   4

> N=M+ones(size(M))
N =
   2   1   1   1
   1   3   1   1
   1   1   4   1
   1   1   1   5
```

`diag` erzeugt hier – wie oben angekündigt – eine Diagonalmatrix mit `v` auf der Diagonalen.

Matrizen und Vektoren

Weitere Beispiele

```
diag(N,1)           % Gibt die Elemente auf der ersten
ans =               % (oberen) Nebendiagonalen aus
    1
    1
    1
diag(v(1:3),-1)     % Bildet eine Matrix mit
ans =               % den Elementen von v(1:3) auf
    0    0    0    0  % der ersten unteren Nebendiagonalen
    1    0    0    0
    0    2    0    0
    0    0    3    0
```

Vektoren

Weiterhin ist der Befehl `linspace` überaus nützlich. So erzeugt `linspace(a,b,n)` einen Vektor mit erstem Element `a`, `n-2` äquidistanten Zwischenelementen und letztem Element `b`.

Beispiel

```
> v=linspace (0,1,4)
v =

   0.00000   0.33333   0.66667   1.00000
```

Matrizen

Größere Matrizen können durch die üblichen Operationen, aber auch durch die Eingabe ganzer Teilmatrizen erzeugt werden.

Beispiel

```
> I=eye(3);                % size(I) gibt das
> O=zeros(size(I));        % Format der Matrix aus
> M=[I O;ones(size(O)) I]
M =
   1   0   0   0   0   0
   0   1   0   0   0   0
   0   0   1   0   0   0
   1   1   1   1   0   0
   1   1   1   0   1   0
   1   1   1   0   0   1
```

Vektoren

Weitere nützliche Funktionen

```
sum(v)        % Summe der Elemente von v
prod(v)       % Produkt der Elemente von v
norm(v,p)     % p-Norm von v
length(v)     % Anzahl der Elemente von v
fliplr(v)     % Umkehr der Reihenfolge bei Zeilenvektor
flipud(v)     % Umkehr der Reihenfolge bei Spaltenvektor
```

Diese Funktionen können auch auf Matrizen angewendet werden.
Für nähere Informationen kann die `help`-Funktion angewendet werden.

Die `help`-Funktion

Beispiel

```
> help fliplr
'fliplr' is a function from the file /usr/local/share/octave/3.4.2/m/general/fliplr.m

 -- Function File:  fliplr (X)
     Return a copy of X with the order of the columns reversed.  In
     other words, X is flipped left-to-right about a vertical axis.  For
     example:

          fliplr ([1, 2; 3, 4])
               =>  2  1
                   4  3

     Note that 'fliplr' only works with 2-D arrays.  To flip N-D arrays
     use 'flipdim' instead.

     See also: flipud, flipdim, rot90, rotdim
```

Benutzerinteraktion

Überblick über nützliche Funktionen

```
input          % Wartet auf interaktive Eingabe von Daten
disp           % Bildschirmausgabe
pause          % Pausieren bis Tastendruck
pause(n)       % Pausiere n Sekunden
```

Benutzerinteraktion

Interaktive Eingabe von Daten

```
> n=input('Geben Sie eine ganze Zahl ein:');
Geben Sie eine ganze Zahl ein:2
> n
n = 2
```

Ausgabe von Text

```
> disp('Programm zur Demonstration')
Programm zur Demonstration
```

Umgang mit Variablen

Löschen aller Variablen

Der Befehl `clear` löscht alle Variablen. Die Variable `Var` kann explizit mit `clear Var` gelöscht werden.

Speichern und Laden von Variablen

Mit den Befehlen `save` und `load` können Variablen zur späteren Nutzung gespeichert und dann wieder geladen werden.

Alle Variablen anzeigen

Durch Aufruf der Funktion `who` erhält man eine Liste aller aktuellen Variablen.

Umgang mit Variablen

Beispiel

```
> a=5;b=7;A=[1 2;3 4];
> save 'Daten.mat' a b A
> clear
> who
> load 'Daten.mat'
> who
Variables in the current scope:
A  a  b
> clear a
> who
Variables in the current scope:
A  b
```

Umgang mit Variablen

Achtung!

Werden Variablen aus einer Datei geladen, so erhalten sie den gleichen Namen wie vor dem Abspeichern. Eventuell vorhandene Variablen gleichen Namens werden überschrieben.

Bemerkung

Das Abspeichern von Variablen wird insbesondere dann sinnvoll, wenn ihre Berechnung viel Zeit benötigt, und diese wiederholt weiterverwendet werden sollen.

Skripte und Funktionen

Abspeichern von `octave`-Befehlen

- Speicherung in Dateien mit der Endung `.m`
- Zwei verschiedene Arten: Skripte und Funktionen
- Bearbeitung mit jedem Texteditor möglich, z. B.

  Windows: Notepad, Notepad++
  Linux: gedit, emacs
  Mac: ?
- Es gibt auch graphische Oberflächen für `octave`, die einen Editor enthalten, unter Linux z. B. `qtoctave`

Um eine Datei zu verwenden, muss `octave` in dem Verzeichnis gestartet werden oder per `cd` dorthin navigiert werden, in dem sich die Datei befindet.

Skripte

Skripte werden von `octave` von oben nach unten durchlaufen, als hätte man die darin enthaltenen Befehle direkt auf der Kommandozeile eingegeben.

Beispiel

Inhalt der Datei `fibo.m`:

```
% Programm zur Berechnung der k-ten Fibonacci-Zahl
% x(k+1) = x(k) + x(k-1), x(1)=x(2)=1
k=input('Geben Sie eine natuerliche Zahl ein: ');
x=[1 1]';       % Anfangswerte der Rekursion
M=[1 1;1 0];    % Rekursionsmatrix
x=M^(k-2)*x;    % Ermittlung der Folgenglieder
disp(x(1));     % Ausgabe der k-ten Fibonacci-Zahl
```

Der Aufruf erfolgt dann über den Befehl `fibo`, wenn man sich in dem Ordner, der die Datei `fibo.m` enthält, befindet.

Funktionen

Mit so genannten `function`-Files können selbst definierte Funktionen frei aufgerufen werden.

Allgemeiner Aufbau einer Funktion

```
% Kommentare zur Funktion
% werden von help angezeigt
function [Ausgabevektor] = Name(Argumentenvektor)
Anweisungen;
end
```

`Name` legt den Namen der Funktion fest, unter der die Funktion dann auch aufgerufen werden kann. Die Datei muss unter dem Namen `Name.m` abgespeichert werden.

Funktionen

Beispiel

Inhalt der Datei `fib.m`:

```
% Funktion zur Berechnung der k-ten Fibonacci-Zahl
% mit den Rekursionsanfangswerten x1, x2
function x=fib(k,x1,x2)
  a=[x2 x1]';
  M=[1 1;1 0];
  y=M^(k-2)*a;
  x=y(1);
end
```

Aufruf der Funktion über `fib(k,x1,x2)`, wobei die Argumente `(k,x1,x2)` direkt mit angegeben werden.

Funktionen

Regeln für die Erstellung von Funktionen

- Ein `function`-File ist für `octave` erkennbar am Schlüsselwort `function` vor der ersten Anweisung
- Der Funktionskörper wird durch `end` oder `endfunction` abgeschlossen
- Funktionsname und Dateiname müssen übereinstimmen
- Funktionen müssen weder Ein- noch Ausgabevektoren haben
- Funktionen können andere Funktionen enthalten/aufrufen
- Das `function`-File muss grundsätzlich im selben Ordner liegen, in dem `octave` aufgerufen wird
- Durch `help Name` werden die Kommentare in den ersten Zeilen ausgegeben
- Hat der Ausgabevektor $N > 1$ Elemente und es werden nur $k < N$ Elemente durch den Funktionsaufruf abgefragt, so werden die ersten k Elemente übergeben

Skripte vs. Funktionen

Wann setzt man Skripte, wann Funktionen ein?

Funktionen setzt man u.a. ein,

- wenn die gleiche Rechnung für verschiedene Eingabe-Parameter durchgeführt werden soll.
- wenn es sein kann, dass man die Funktion später nochmal wiederverwenden will.

Skripte setzt man insbesondere ein,

- um kleinere alleinstehende Programme zu realisieren.
- als Rahmen für grössere Programme.

Logische und Vergleichsoperationen

Logische Operationen

`&`	Logisches UND
`|`	Logisches ODER
`~`	Logisches NICHT

Vergleichsoperationen

`==`	gleich
`~=`	ungleich
`>`	größer
`>=`	größer/gleich
`<`	kleiner
`<=`	kleiner/gleich

Ab `octave`-Version 3.4.0 wird das Symbol `~` auch zum Ignorieren von Funktionsausgaben benutzt. So bewirkt der Aufruf `[~,n] = size(A)`, dass in der Variable `n` die Anzahl der Spalten gespeichert wird, die Anzahl der Zeilen aber verworfen wird.

Logische und Vergleichsoperationen

Beispiele

```
>x=1;y=0;
>x&y,x|y,~y
ans = 0
ans =  1
ans =  1
>x==x&y,x~=x|y
ans = 0
ans = 0
>x>=y,x<y
ans =  1
ans = 0
```

In `octave` steht der Wert `0` für Falsch, jeder andere Wert – insbesondere `1` – für Wahr.
Zur Eingabe können auch die Variablen `true` und `false` verwendet werden.

Kontrollstrukturen

Übersicht

An Kontrollstrukturen stehen in `octave` insbesondere zur Verfügung:

- `for`-Schleifen,
- `while`-Schleifen,
- `if`-Anweisungen und
- `switch`-Anweisungen.

`for`-Schleifen

Allgemeiner Aufbau

```
for Index=Indexbereich
  Anweisungen
end
```

Beispiel

```
> x=0;
> for i=1:10
>   x+=i;
> end
> disp(x)
 55
```

Das Beispiel berechnet die Summe der ersten zehn natürlichen Zahlen. Einfacher wäre `sum(1:10)` gewesen.

`while`-Schleifen

Allgemeiner Aufbau

```
while Abbruchbedingung
  Anweisung;
end
```

`while`-Schleifen werden verwendet, wenn die Anzahl der Durchläufe nicht vorher bekannt ist.

Beispiel

```
> x=0;i=1;
> while (i<11)
>   x+=i;i+=1;
> end
> disp(x)
 55
```

Bemerkung

Guter Programmier-Stil: Einrückungen vornehmen, um Code inner- und außerhalb von Schleifen zu unterscheiden!

Schleifen

Achtung!

Die Verwendung von Schleifen ist äußerst zeitaufwändig. In Programmen sollten – wenn möglich – die in `octave` eingebauten Funktionen verwendet werden.
Diese sind teilweise direkt in `C++` oder `Fortran` programmiert und sind deswegen schneller.

Beispiel

Verwendung von `sum(1:10)` statt der Schleifen aus den Beispielen auf den vorherigen Folien.

`if`-Anweisung

Allgemeiner Aufbau

```
if Bedingung1
  Anweisung1;
elseif Bedingung2
  Anweisung2;
...
else
  AnweisungSonst;
end
```

Es können beliebig viele (oder auch kein) `elseif` verwendet werden.

Beispiel

```
> if (b<0)
>   disp('b negativ');
> elseif (b==0)
>   disp('b ist Null');
> else
>   disp('b positiv');
> end
```

Das Beispiel überprüft, ob die Zahl `b` positiv, negativ oder Null ist.

`switch`-Anweisung

Allgemeiner Aufbau

```
switch Variable
  case Fall1
    Anweisung1;
  case Fall2
    Anweisung2;
  ...
  otherwise
    AnweisungSonst;
end
```

Beispiel

```
> switch vorz
>   case 1
>     disp('Positiv');
>   case 0
>     disp('Null');
>   case -1
>     disp('Negativ');
>   otherwise
>     disp('Fehler');
> end
```

Es können beliebig viele `case`-Anweisungen benutzt werden. Stimmt keine von diesen, so werden die Anweisungen bei `otherwise` ausgeführt.

Schleifen

`break` unterbricht den Schleifendurchlauf zum gewählten Zeitpunkt, `continue` springt zum Ende des aktuellen Durchlaufs.

Beispiele

`break`-Anweisung

```
> i=0;
> while true
>   i++;
>   if (i>10)
>     break;
>   end
> end
> disp(i);
 11
```

`continue`-Anweisung

```
> v=zeros(1,5);
> for k=1:length(v)
>   if ((k==2) | (k==4))
>     continue;
>   end
>   v(k)+=k;
> end
> v
v =
  1  0  3  0  5
```

Funktionen und Schleifen

Um aus einer Funktion herauszuspringen gibt es den Befehl `return`.

Beispiel

Inhalt der Datei

nulltest.m

```
function val=nulltest(x)
  val=0;
  for i=1:length(x)
    if x(i)==0
      val=1;
      return;
    endif
    disp('Keine Null');
  endfor
endfunction
```

Aufruf der Funktion:

```
> nulltest([1 0 1]);
 Keine Null
 ans = 1
> nulltest([1 1 1]);
 Keine Null
 Keine Null
 Keine Null
 ans = 0
```

Grafikausgabe

`octave` nutzt standardmäßig `gnuplot` für die Grafikausgabe. Sowohl 2D- als auch 3D-Ausgaben sind möglich. Wahlweise ist auch die Erzeugung einer PDF-Datei oder anderer Formate möglich (siehe `help print`).

2D-`plot`-Befehl

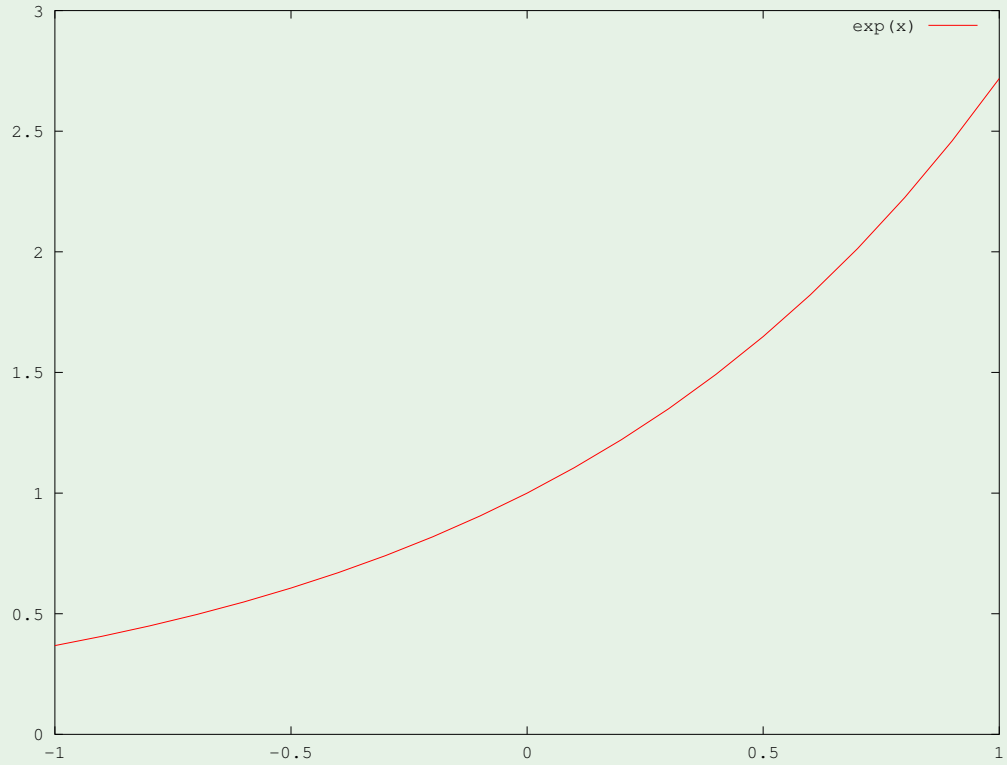
`plot(x,y)` trägt die Vektoren `x` und `y` gegeneinander in einem 2D-Koordinatensystem auf.
Optional können auch Einstellungen wie Farbe und Linienart oder auch mehrere Kurven gleichzeitig eingegeben werden (siehe `help plot`), z. B. `plot(x1,y1,'optional',x2,y2,...)`.

Der Befehl `hold on|off` legt fest, ob alte Grafikausgaben erhalten bleiben oder überschrieben werden. `clf` löscht alle grafischen Ausgaben.

Grafikausgabe

Beispiel für den Befehl `plot`

```
> x=-1:.1:1;
> y=exp(x);
> plot(x,y,';exp(x);r');
```



Grafikausgabe

3D-`plot`-Befehl

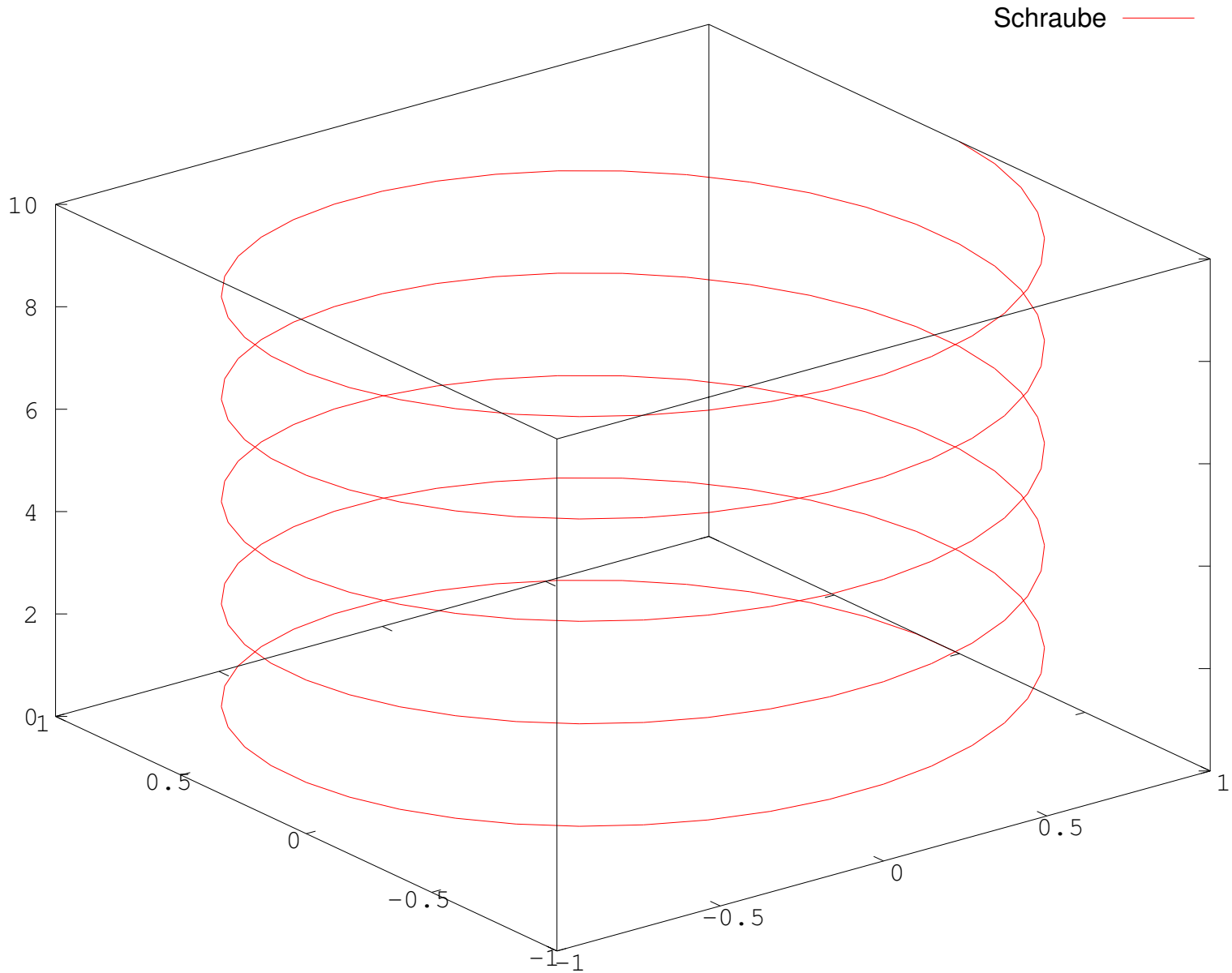
Kurven im $\mathbb{R}^3$ (Abbildungen $[a, b] \to \mathbb{R}^3$) können über den `plot3`-Befehl visualisiert werden. Die Syntax ist ähnlich zum 2D-Fall: `plot3(x1,y1,z1,'optional',x2,y2,z2,...)`.

Beispiel

Abbildung $[0, 10] \to \mathbb{R}^3$, $t \mapsto (cos(\pi t), sin(\pi t), t)^T$.

```
> t=0:.05:10;
> plot3(cos(pi*t),sin(pi*t),t,';Schraube;r');
```

Grafikausgabe



Grafikausgabe

`mesh`-Befehl

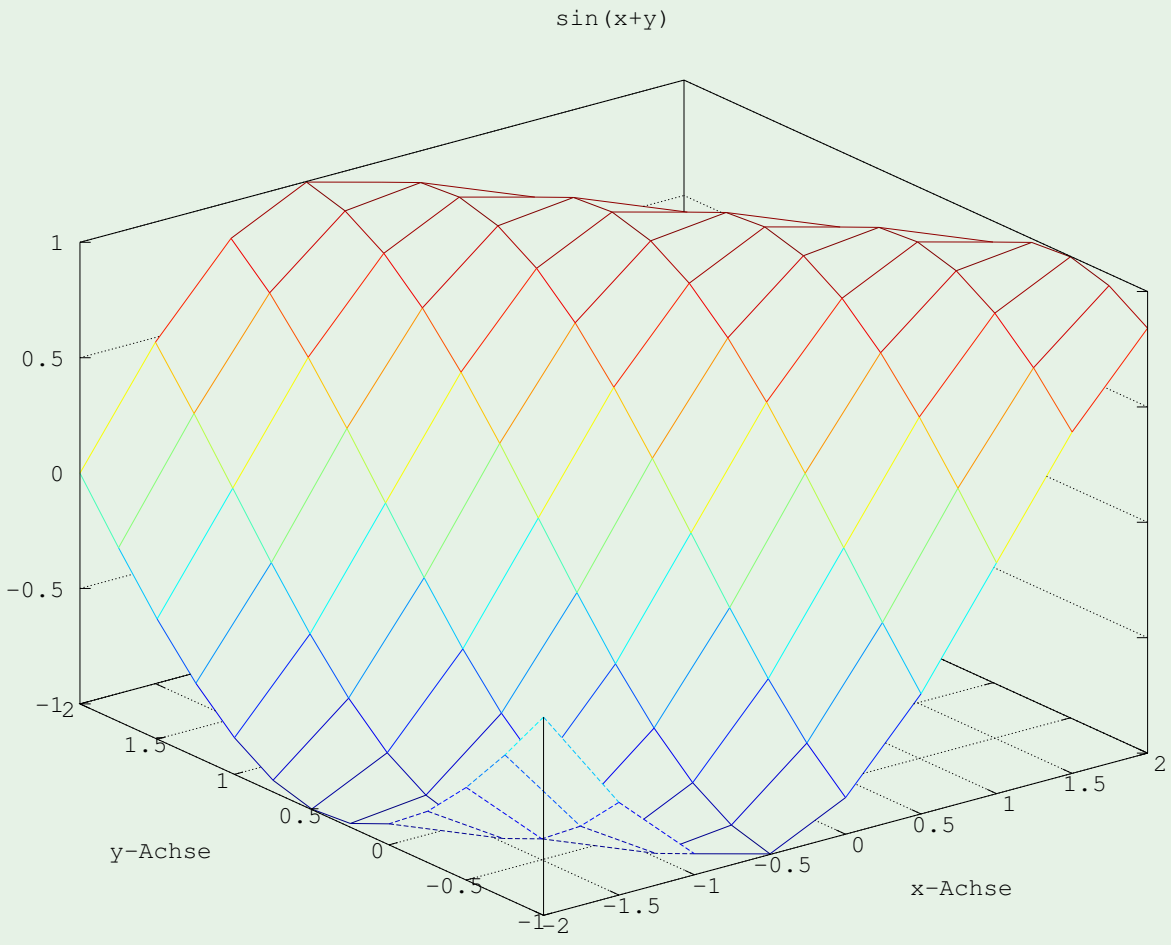
3D-Plots von Flächen (Abbildungen $\mathbb{R}^2 \supset U \to \mathbb{R}^3$) können mit dem `mesh`-Befehl erzeugt werden. Dazu muss ein 2D-Gitter als Definitionsbereich mit dem `meshgrid`-Befehl erzeugt werden.

Beispiel für den `mesh`-Befehl

Abbildung $[-2,2] \times [-1,1] \to \mathbb{R}^3$, $(x,y) \mapsto (x,y,\sin(x+y))^T$.

```
> x=-2:.5:2;                                  % Bereich x-Achse
> y=-1:.25:2;                                 % Bereich y-Achse
> [X,Y]=meshgrid(x,y);                        % x-y-Gitter erzeugen
> z=sin(X+Y);                                 % Zu plottende Funktion
> mesh(x,y,z);                                % Erzeugung des Bildes
> xlabel('x-Achse'); ylabel('y-Achse');       % Achsenbeschriftung
> title('sin(x+y)');                          % Titel der Grafik
```

Ausgabe des Beispiels



Grafikausgabe

Informationen zu `gnuplot`

- Bewährtes Plotprogramm
- Freie Software für alle Plattformen
- Kommandozeilenbasiert
- Wird standardmäßig von `octave` für grafische Ausgaben genutzt

Weitere Informationen unter `http://www.gnuplot.info/`

Funktionsauswertungen

Die in einer Datei `func.m` hinterlegte Funktion kann über den Befehl `feval` direkt ausgewertet werden.

Beispiel

Datei `func.m`

```
> function y=func(x)
>   y=x.^2;
> end
```

Anwendung

```
> X=feval('func',2)
 X = 4
```

Außerdem können auch Zeichenfolgen direkt über die Funktion `eval` wie Code ausgewertet werden.

Beispiel

```
> eval('bsp = asinh(exp(200))');
 bsp = 200.69
```

Funktionsauswertungen

Weiterhin können auch *function handles* genutzt werden. Diese sind besonders nützlich, wenn einer Funktion als Argument ebenfalls eine Funktion übergeben werden soll.

Allgemeiner Aufbau

```
Name = @(Arg) Ausdruck
```

Beispiel

```
> f=@(t) sin(t);
> y=f(pi)
 y = 1.2246e-16
```

Funktionsauswertungen

Besonders einfach ist in `octave` die Verwendung von Polynomen. Diese werden durch einen Vektor, der ihre Koeffizienten in absteigender Reihenfolge enthält, identifiziert.

Beispiel

```
> p=[-2 -1 0 1 2]; % Eingabe durch Koeffizienten
> polyout(p,'x');  % Darstellung als Text
-2*x^4 - 1*x^3 + 0*x^2 + 1*x^1 + 2
> polyval(p,1:3)   % Auswertung an mehreren Stellen
ans =
     0   -36  -184
```

Weitere Befehle zum Umgang mit Polynomen: `conv`, `deconv`, `polyderiv`, `polyint`, `roots` (Informationen über `help`)