Kapitel 15

Graphische Ausgabe

15.1 MATLAB Dokumentation zur Erstellung von Graphiken

Zur Ergänzung des Kapitels werden hier Links auf MATLAB-Dokumente zu den Themen Erstellen von 2-D Graphiken und Erstellen von von 3-D Graphiken präsentiert.

15.2 Grundlagen

MATLAB beinhaltet hervoragende Werkzeuge zur Visualisierung von numerischen Ergebnissen. Dies reicht von einfachen Befehlen bis zur detailierten Gestaltungsmöglichkeit praktisch aller Eigenschaften einer Graphik.

Die Art der Befehle gliedert sich in zwei Kategorien, sogenannte "High Level"- Befehle, die komplexe Aufgaben erfüllen und "Low Level"-Befehle zur Manipulation von Graphikobjekten.

15.2.1 Graphikobjekte

15.2.1.1 Objekthierarchie

Die Hierarchie von Graphikobjekten folgt einer Eltern-Kind-Beziehung (parent-child-relationship).

Die Eltern-Kind-Beziehung ist in Tabelle 15.1 durch die Rechtsverschiebung symbolisiert. So ist z.B. jede `line` ein Kind einer `axes`, diese ein Kind einer `figure`, und diese wiederum ein Kind des `root`. Auf allen Ebenen können nun Eigenschaften definiert und abgefragt werden.

Tabelle 15.1: Hierarchie von Graphikobjekten in MATLAB.

`root`				Graphiksystem
	`figure`			Zeichnung
		`axes`		Achsensystem
			`line`	Linie
			`patch`	Polygonzug
			`text`	Text
			`image`	Bild
			`surface`	Fläche
			`light`	Licht
			`rectangle`	Rechteck
		`uicontrol`		Benutzerinterface
		`uimenu`		Menüeinträge
		`uicontextmenu`		Kontextmenü

15.2.1.2 Zugriff auf Objekte - Handles

Um nun Graphikobjekte eindeutig identifizieren zu können, braucht man einen Datentyp, der als Zeiger auf ein Graphikobjekt dient (Handle). Ein solcher Handle ist somit ein eindeutiger "Identifier" für ein Graphikobjekt. Handles können Variablen zugewiesen werden und stehen damit im jeweiligen Programm zur weiteren Verfügung. Im Wesentlichen kann bei jedem MATLAB-Graphikbefehl eine Zuweisung erfolgen. Anstelle von `plot(x,y)` kann man schreiben `ph=plot(x,y)`, wobei nun in der Variablen `ph` der Handle für die entsprechende Linie gespeichert ist.

Am Beispiel von Linien soll hier demonstriert werden, wie man zu Handles kommt.

```
x  = linspace(0,pi,100);
y1 = sin(x); y2 = cos(x);

fh    = figure;
ah    = axes;
lh(1) = line(x,y1, 'Color','red',  'LineStyle','-');
lh(2) = line(x,y2, 'Color','blue', 'LineStyle',':');
```

Die Variablen `fh`, `fh` und `lh` enthalten nun die Handles. Man sieht hier, dass es in MATLAB natürlich möglich ist, Arrays von Handles zu speichern.

Um nun alle oder nur bestimmte Eigenschaften eines Objektes abfragen zu können, benötigt man den Befehl `get`.

```
get(fh)
get(fh,'Position')
```

Die erste Form liefert dabei alle Eigenschaften und deren Werte und die zweite Form liefert nur den Wert der Eigenschaft `'Position'`.

Als Gegenstück ermöglicht der Befehl `set` das Verändern von Eigenschaften.

```
set(ah, 'Color','green')
set(fh, 'Units','normalized', 'Position',[0.1,0.1,0.8,0.8])
set(lh, 'LineWidth',10)
set(lh(2), 'Color','black')
```

Wie bei allen "Low Level" Graphikbefehlen (z.B.: `line`) kann man also Wertepaare angeben, die jeweils aus einer `'Eigenschaft'` und dem zugehörigen `'Wert'` bestehen. Die `'Eigenschaft'` ist dabei immer eine Zeichenkette aus einer vordefinierten Liste von Eigenschaften, der zugehörige `'Wert'` kann je nach `'Eigenschaft'` von unterschiedlichem Datentyp sein.

15.2.1.3 Spezielle Handles

Da das Graphiksystem automatisch gestarted wird, gibt es nach dem MATLAB-Programmstart den Handle auf `root`. Er hat immer den Wert `0`. Dieser ist besonders interessant, wenn man Defaulteinstellungen für Graphikobjekte einstellen will. So kann man z.B. mit

```
set(0,'DefaultFigureColor','b')
```

bevor man eine Figure öffnet das Defaultverhalten aller weiteren Figuren verändern. Sinngemäß gilt das natürlich für alle Graphikobjekte. Mit

```
set(0,'DefaultFigureColor','remove')
```

kann man die Einstellung wieder auf MATLAB-Defaultwerte zurücksetzen.

Hat man z.B. mehrere Figuren und/oder mehrere Achsensysteme kann man mit speziellen Handles auf die derzeit aktiven zugreifen:

`gcf`	Handle für aktive Figure	get current figure
`gca`	Handle für aktive Achse	get current axes
`gco`	Handle für aktives Objekt	get current object

Tabelle 15.2: MATLAB Befehle zum Erzeugen einfacher zweidimensionaler Graphiken

`fplot('fun',[`x_{min}`,`x_{max}`])`	15.3.1.1	Zeichnet 'fun' im Bereich von x_{min} bis x_{max}
`plot(x,y)`	15.3.1.2	Zeichnet y als Funktion von x
`ezplot('fun',[`x_{min}`,`x_{max}`])`	15.3.1.3	erstellt u.a. implizite Funktionen, automatische Achsenbeschriftung
`comet(x,y,p)`	15.3.1.4	Zeichnet 2D Funktion in Form eines animierten 'Kometen'
`semilogx(x,y)`	15.3.1.5	Zeichnet 2D Funktion mit (10er-) logarithmischer x-Achse
`semilogy(x,y)`	15.3.1.6	Zeichnet 2D Funktion mit (10er-) logarithmischer y-Achse
`loglog(x,y)`	15.3.1.7	Zeichnet 2D Funktion mit (10er-) logarithmischer x- und y-Achse
`plotyy(`x_1`,`y_1`,`x_2`,`y_2`,'`f_1`','`f_2`')`	15.3.1.8	Erstellt 2 Graphen mit den Plotbefehlen f_1 und f_2 mit getrennten y - Achsen
`polar(phi,r)`	15.3.1.9	Zeichnet die Funktion r(phi) in Polarkoordinaten.

15.3 Beispiele

Die Fülle der möglichen MATLAB-Befehle zur Darstellung von Graphiken übersteigt die Möglichkeiten des Skriptums. Hier finden Sie daher einige Beispiele aus deren Verhalten man die Wirkungsweise der MATLAB-Befehle erkennen kann (`htplot2d.m`, `htplot2da.m`, `htplot2ds.m` unter Verwendung der Hilfsroutine zum Setzen von Defaultwerten `setmyfig.m`).

Ansonsten kann hier nur auf die MATLAB-Hilfe verwiesen werden. Eine lange Liste von HTML-Seiten finden man unter diesem Link auf Graphikhilfe.

Einen guten Überblick bekommt man auch im `helpdesk` unter den Punkten `Functions by Catagory`, `Graphics`, `3-D Visualization` and `Handle Graphics Object Property Browser`

15.3.1 Zweidimensionale Plots

Es gibt eine Reihe von Befehlen zur Darstellung zweidimensionaler Graphiken.

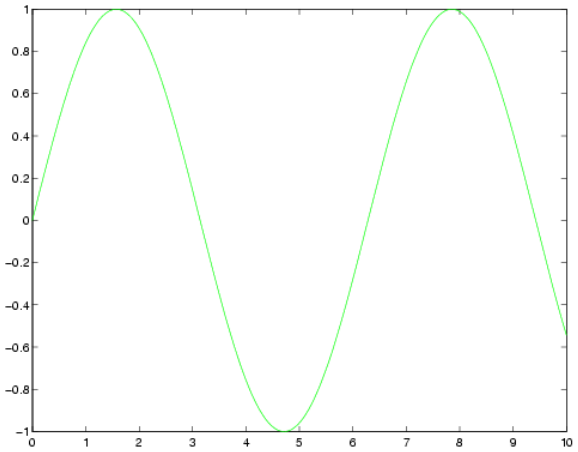
15.3.1.1 Fplot

Einfachste Möglichkeit, eine Funktion (in String - Schreibweise) innerhalb eines Intervalls zu plotten.

`fplot` `graph_fplot.m`

Plot einer grünen Sinuskurve im Bereich von x = 0 bis 10

```
fplot('sin',[0,10],'g')
```



Als weitere Farbkürzel neben 'g' (grün) sind 'k' (schwarz), 'm' (violett), 'r' (rot), 'c' (türkis), 'b' (blau), 'w' (weiß) und 'y' (gelb) erlaubt, siehe auch `linespec`.

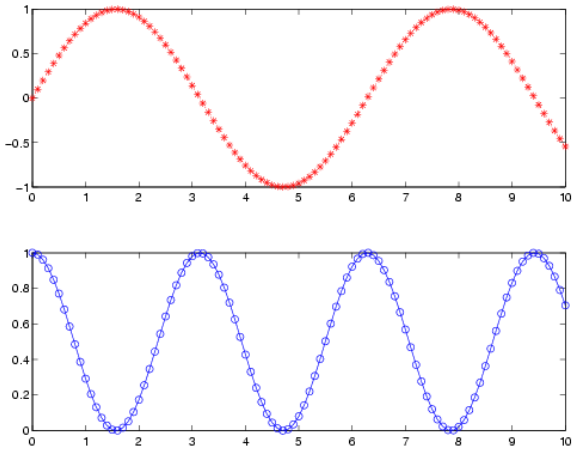
15.3.1.2 Plot

Einfacher 2D Plot, zeichnet die Funktion y = f(x) bei Vorgabe des Vektors x

`plot` `graph_plot.m`

Mit Hilfe von `subplot` werden 2 Achsen geschaffen, die Zeichen zwischen den ' ' in plot symbolisieren Farbe, 'Marker Style' und 'Line Style'.

```
x=0:0.1:10;
y1=sin(x);
y2=cos(x).^2;

figure
subplot(2,1,1)
plot(x,y1,'r*:')

subplot(2,1,2)
plot(x,y2,'bo-')
```



Eine vollständige Auflistung der verfügbaren Symbole der erwähnten 'Styles' finden sich in der Hilfe von `linespec`

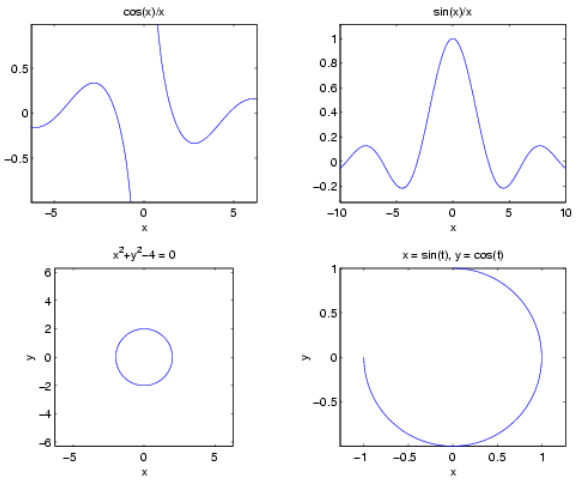
15.3.1.3 Ezplot

Erstellt 2 dimensionale, unter anderem auch implizite Funktionen mit automatischer Achsenbeschriftung und wenn erwünscht, mit automatischen Intervallgrenzen.

`ezplot` `graph_ezplot.m`

Der Befehl `axis square` stellt jede Achse mit derselben Länge dar und verhindert, dass Kreise als Ellipsen wirken.

```
subplot(2,2,1)
ezplot('cos(x)/x')

subplot(2,2,2)
ezplot('sin(x)/x',[-10,10])

subplot(2,2,3)
ezplot('x^2+y^2-4')
axis square

subplot(2,2,4)
ezplot('sin','cos',[0,1.5*pi])
```



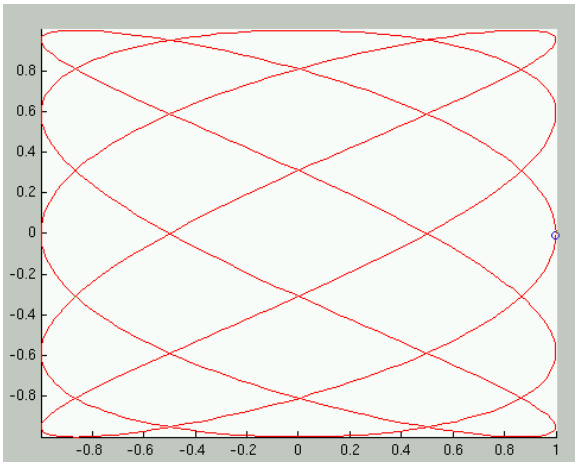
15.3.1.4 Comet

Erstellt eine 2 dimensionale Funktion in Form eines sich bewegenden 'Kometen', dessen Schweif bzw. Spur den Graphen darstellt.

`comet` `graph_comet.m`

Der letzte Parameter in `comet` gibt die Schweiflänge relativ zur Gesamtlänge des Graphen an.

```
t=0:0.01:2*pi;
x=cos(5*t);
y=sin(3*t);

comet(x,y,0.2)
```



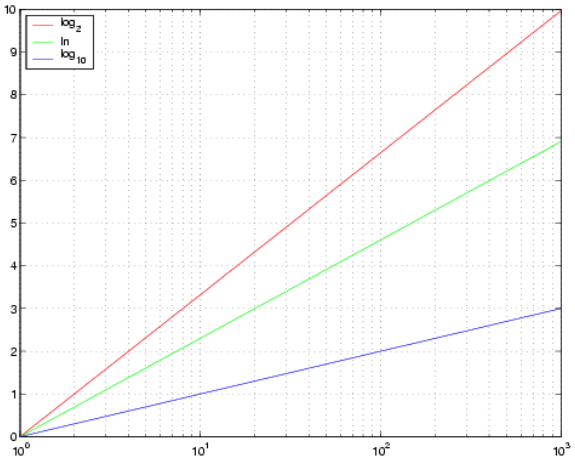
Achtung, die Erstellung des Graphen erfolgt im `erasemode none`, wird das Graphikfenster vergrößert, verschwindet der Graph, er kann daher auch nicht gedruckt werden.

15.3.1.5 Semilogx

Erstellt eine 2 dimensionale Funktion mit logarithmischer x - Achse.

`semilogx` `graph_semilogx.m`

Der Befehl `legend` fügt dem Plot an einer wählbaren Position eine Legende der Lines hinzu, `grid` fügt der Graphik Gitterlinien hinzu.




```
x=logspace(0,3,30);
y1=log2(x);
y2=log(x);
y3=log10(x);

semilogx(x,y1,'r',...
         x,y2,'g',...
         x,y3,'b')

grid on
legend('log_2','ln','log_{10}',2)
```

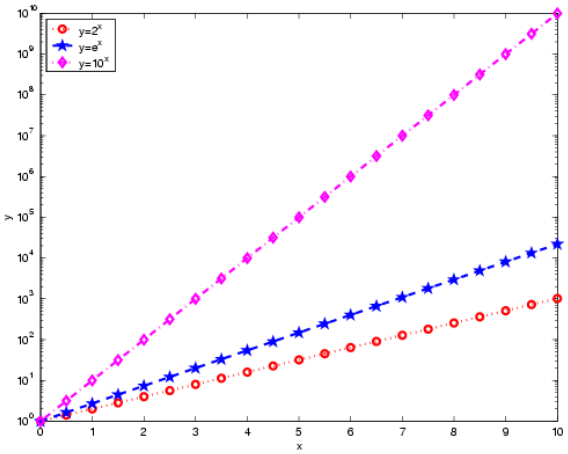
Sollen mehrere Lines in eine Achse gezeichnet werden, so können die Koordinaten und Style Eigenschaften der Lines hintereinandergefügt werden.

15.3.1.6 Semilogy

Erstellt eine 2 dimensionale Funktion mit logarithmischer y - Achse.

`semilogy` `graph_semilogy.m`

Die Befehle `xlabel` und `ylabel` ermöglichen die Beschriftung der x - und der y - Achse.




```
x=0:0.5:10;
y1=2.^x;
y2=exp(x);
y3=10.^x;

semilogy(x,y1,'r:o',...
         x,y2,'b--p',...
         x,y3,'m-.d',...
 'linewidth',2)

xlabel('x')
ylabel('y')
legend('y=2^x','y=e^x','y=10^x',2)
```

Die Dicke der Linien läßt sich mit der Line - Eigenschaft `linewidth` verändern, im Beispiel beträgt sie 2 Punkte.

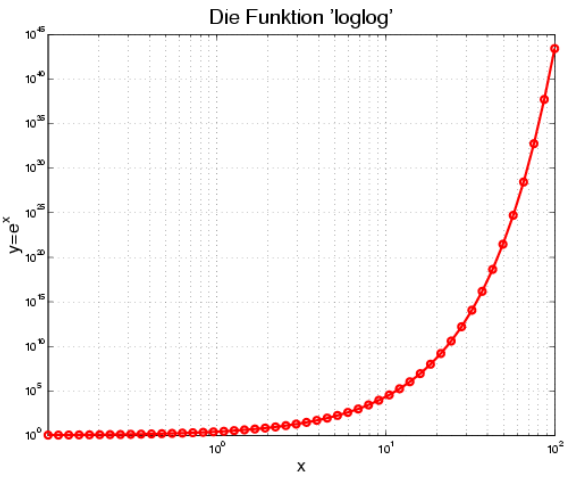
15.3.1.7 Loglog

Erstellt eine 2 dimensionale Funktion mit logarithmischer x - und y - Achse.

`loglog` `graph_loglog.m`

Um die Achse mit einer Überschrift zu versehen, kann der Befehl `titel` verwendet werden.

```
x=logspace(-1,2);
y=exp(x);

loglog(x,y,'ro-','linewidth',2)

xlabel('x','fontsize',16)
ylabel('y=e^x','fontsize',16)
title('Funktion ''loglog''',...
      'fontsize',18)
```



Die Größe der Schrift wird mit `fontsize` gesteuert, dies ist jedoch nur eine von vielen Texteigenschaften. Werden in einem String ' ' - Symbole verwendet, so muss man, wie im Beispiel der Überschrift, zwei statt nur eines der ' ' Symbole verwenden.

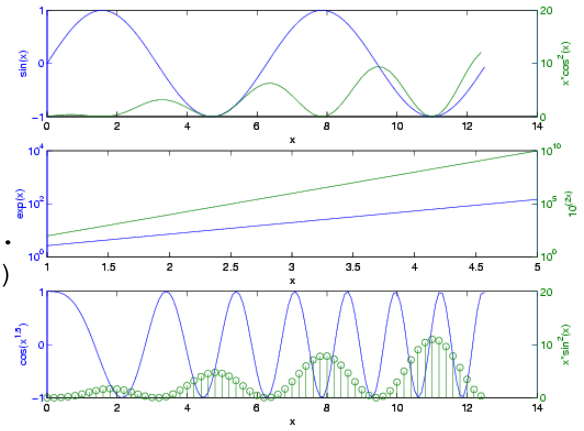
15.3.1.8 Plotyy

Erstellt zwei durch x1 und y1 bzw. x2 und y2 definierte Graphen mit eigenen y-Achsen. Es ist erlaubt, beide Funktionen mit unterschiedlichen Plot-Befehlen darzustellen.

`plotyy` `graph_plotyy.m`

Die linke y-Achse gehört zur ersten, die rechte hingegen zur zweiten Funktion. Stellvertretend für die 3 Subplots sei hier nur der 3. angeführt.

```
subplot(3,1,3)
x1=0:0.1:4*pi;
y1=cos((x1.^1.5));
x2=0:.2:4*pi;
y2=x2.*sin(x2).^2;

[AX,H1,H2]=plotyy(x1,y1,x2,y2,...
                  'plot','stem')

set(get(AX(1),'xlabel'),...
    'String','x')
set(get(AX(2),'xlabel'),...
    'String','x')
set(get(AX(1),'ylabel'),...
   'String','cos(x^{1.5})')
set(get(AX(2),'ylabel'),...
   'String','x*sin^2(x)')
```



In diesem Beispiel tritt erstmals das sehr wichtige 'Graphik-Handle' Konzept auf. Ein Graphik-Handle ist ein Code, der die gesamte Information von Achsen, Figures und anderen Graphik-Objekten beinhaltet. Mit dem Befehl `get` können alle Eigenschaften des Objekts abgefragt und mit `set` gesetzt werden. In diesem Beispiel etwa werden die 'String' Eigenschaften von x- und ylabel gesetzt. AX beinhaltet die Handles beider Achsen, H1 und H2 sind die Handles der beiden 'Line' Objekte. So bekommt man beispielsweise mit get(H1) die gesamte Information über den blau gezeichneten Graphen, mit set(H1,'linewidth',4) verändert man die Liniendicke auf 4 Punkte.

Für die Darstellungsarten der Funktionen sind folgende Varianten erlaubt: `plot`, `semilogx`, `semilogy`, `loglog` sowie `stem`.

Tabelle 15.3: MATLAB Befehle zum Erzeugen von Balken- und Kreisdiagrammen

`hist(y,x)`	15.3.1.10	Erstellt ein Histogramm der Werte in y über jenen von x
`bar(x,y,'width','style')`	15.3.1.11	Stellt die Datenpaare [x,y] als vertikale Balken dar
`barh(x,y,'width','style')`	15.3.1.12	Stellt die Datenpaare [x,y] als horizontale Balken dar
`pie(x,'explode')`	15.3.1.13	Zeichnet ein 2D Kreisdiagramm der Daten von x

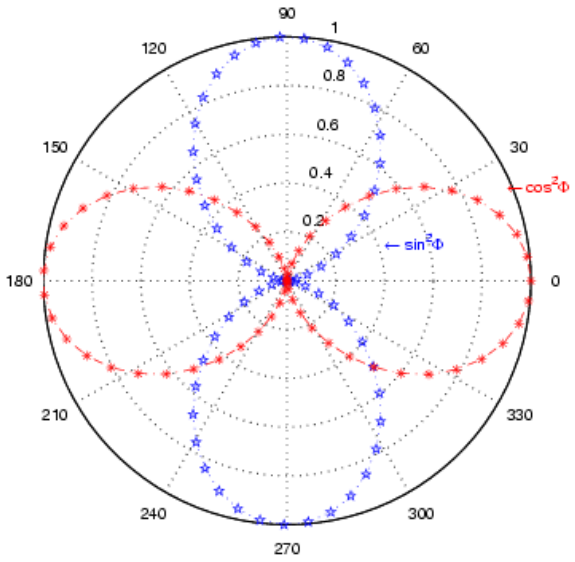
15.3.1.9 Polardiagramm

Zeichnet die Funktion r=f(phi) im Polardiagramm.

`polar` `graph_polar.m`

Text in der Spalte

```
phi=0:0.1:2*pi;
r1=sin(phi).^2;
r2=cos(phi).^2;

polar(phi,r1,'b:p')
hold on
polar(phi,r2,'r-.*')

text(phi(5),r1(5),...
  '\leftarrow sin^2\Phi',...
  'color','blue')
text(phi(10),r2(10),...
  '\leftarrow cos^2\Phi',...
  'color','red')
hold off
```



Nach dem Befehl `hold on` werden alle weiteren Graphiken in das aktuelle Achsensystem gezeichnet, ohne die vorigen Graphiken zu löschen, erst mit `hold off` werden alten Graphiken durch neue ersetzt.

`text(x,y,'string')` gestattet die Positionierung eines Texts 'string' bei den Koordinaten (x,y) im Achsensystem.

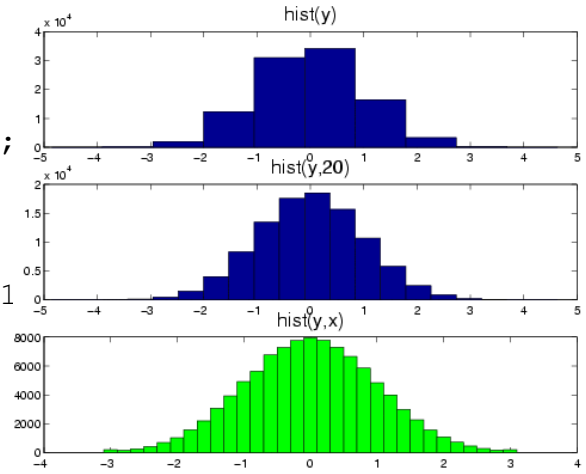
15.3.1.10 Histogramm

Die Daten von y werden in Form von Histogrammen dargestellt.

`hist` `graph_hist.m`

Die unterschiedlichen Aufrufe des Histogramm - Befehls anhand eines Beispiels normalverteilter Daten:

```
y=randn(1,100000);
subplot(3,1,1)
hist(y)
title('hist(y)','fontsize',16);

subplot(3,1,2)
hist(y,20)
title('hist(y,20)','fontsize',1

subplot(3,1,3)
x=-3:0.2:3;
hist(y,x)
title('hist(y,x)','fontsize',16);

h = findobj(gca,'Type','patch');
set(h,'facecolor','g')
```



Die letzten beiden Zeilen färben die Balken des Histogramms grün ein, dabei wird mit `findobj` nach allen Graphik-Objekten der mit `gca` abgefragten aktuellen Achsen gesucht, die vom Typ `patch` sind. Der resultierende Handle wird von `set` zum Verändern der Patch-Eigenschaft herangezogen.

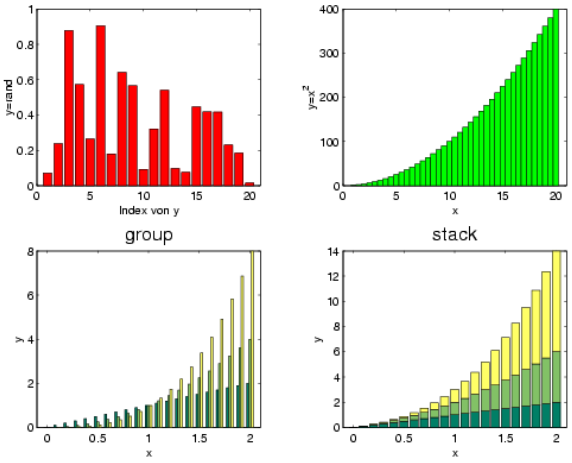
15.3.1.11 Bar

Erstellt an den Positionen von x vertikale Balken der Höhe y mit der relativen Balkenbreite 'width'. Die Balkengruppierung wird mit der Option 'style' gesteuert.

`bar` `graph_bar.m`

y kann sowohl ein Vektor, als auch eine n * m Matrix sein, wobei n=length(x) und m die Anzahl der dargestellten Datensätze entspricht.

```
subplot(2,2,1)
y=rand(20,1);
bar(y,'r')

subplot(2,2,2)
x=1:0.5:20;
y=x.^2;
bar(x,y,1,'g')

subplot(2,2,3)
x=[0:0.1:2]';
y=[x,x.^2,x.^3];
colormap summer
bar(x,y,1,'group')

subplot(2,2,4)
bar(x,y,'stack')
```



Der Style 'grouped' positioniert die Balken der m Datensätze nebeneinander, mit 'stack' werden sie übereinander angeordnet. Mir `colormap` lassen sich sowohl vordefinierte, als auch selbst entworfene Farbskalen für die Darstellung der Graphiken verwenden.

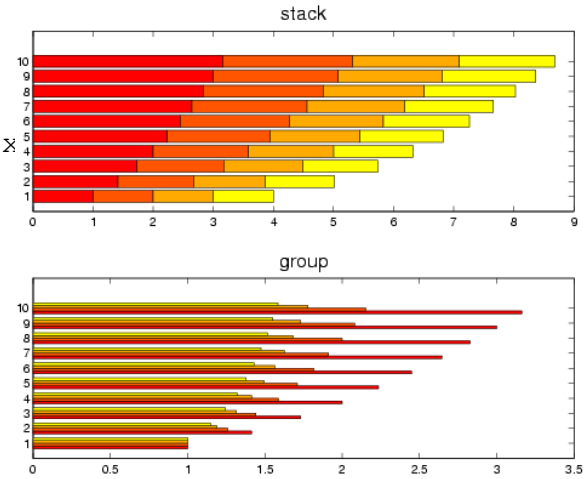
15.3.1.12 Barh

Die Datenpaare (x,y) werden in Form von horizontalen Balken des Stiles 'style' mit der relativen Breite 'width' veranschaulicht.

`barh` `graph_barh.m`

Wie im Beispiel 15.3.1.11 kann y eine Matrix sein.

```
x=(1:1:10)';
y=[x.^(1/2),x.^(1/3),x.^(1/4),x

subplot(2,1,1)
barh(x,y,'stack')

subplot(2,1,2)
barh(x,y,1,'group')

colormap autumn
set(gcf,'color','w')
```



Für die Darstellungsmöglichkeiten gruppierter Daten kann man zwischen 'grouped' und 'stack' wählen.

Der Befehl `gcf` ermittelt den Handle der aktuellen Figure, im Beispiel wird er benutzt, um die Farbe des Fensters auf weiß zu setzen.

15.3.1.13 Pie

Erstellt aus den Daten von x ein 2D Kreisdiagramm.

`pie` `graph_pie.m`

Wird der aus 0 und 1 bestehende Vektor 'explode' angegeben, so werden jene Segmente hervorgehoben, die in explode (muß dieselbe Länge wie x haben) den Wert 1 aufweisen.

```
einwohner=[278,562.7,1545.3,...
           1380.5,518.6,1202.3,
           672.2,350.3,1611.4];
explode=[0,1,0,0,0,1,0,0,0];

pie(einwohner,explode)
```

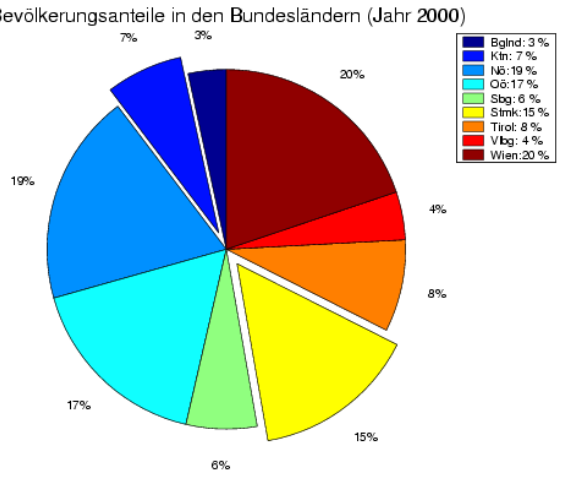


Tabelle 15.4: MATLAB Befehle zum Erzeugen von speziellen zweidimensionalen Graphiken

`stem(x,y)`	15.3.1.14	Zeichnet y=f(x) und verbindet Punkte mit x-Achse
`stairs(x,y)`	15.3.1.15	Erstellt Funktion y=f(x) in Form eines Stufendiagramms
`errorbar(x,y,e)`	15.3.1.16	Zeichnet y als Funktion von x samt Fehlerbalken der Länge e
`compass(x,y)`	15.3.1.17	Zeichnet y=f(x) und verbindet die Punkte durch Vektorpfeile mit dem Ursprung
`feather(u,v)`	15.3.1.18	Zeichnet die relativen Koordinaten u und v und verbindet die Punkte mit den jeweiligen Koordinatenursprüngen entlang der Abszisse
`scatter(x,y,r,c)`	15.3.1.19	Zeichnet Punkte an den Stellen (x,y) der Größe r sowie der Farbe c
`pcolor(x,y,c)`	15.3.1.20	Erstellt einen 'Pseudocolorplot' der Elemente c an den von den Punkten (x,y) definierten Positionen
`area(x,y)`	15.3.1.21	Füllt den Bereich zwischen y=f(x) und der Abszisse mit einer Farbe
`fill(x,y,c)`	15.3.1.22	Malt die durch (x,y) definierten Polygone mit der Farbe c aus
`contour(x,y,z)`	15.3.1.23	Zeichnet durch z=f(x,y) definierte Konturlinien
`contourf(x,y,z)`	15.3.1.24	Zeichnet durch z=f(x,y) definierte Konturlinien und füllt die Flächen dazwischen aus
`quiver(x,y,u,v)`	15.3.1.25	Erstellt von den Punkten (x,y) ausgehende Vektoren mit den Komponenten (u,v)
`plotmatrix(x,y)`	15.3.1.26	Streudiagramm, die Spalten von x werden über jenen von y aufgetragen

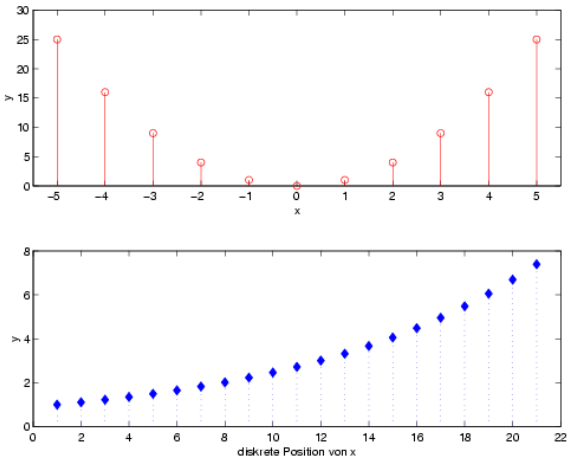
15.3.1.14 Stem

Zeichnet y als eine Funktion von x und verbindet zusätzlich die Punkte (x,y) durch senkrechte Linien mit der Abszisse.

`stem` `graph_stem.m`

Mit der Option 'filled' werden die Datenpunkte ausgefüllt.

```
subplot(2,1,1)
x=-5:5;
y=x.^2;
stem(x,y,'r')
axis([-5.5,5.5,0,30])

subplot(2,1,2)
x=0:0.1:2;
stem(exp(x),'fill','b:d')
xlim([0,length(x)+1])
```



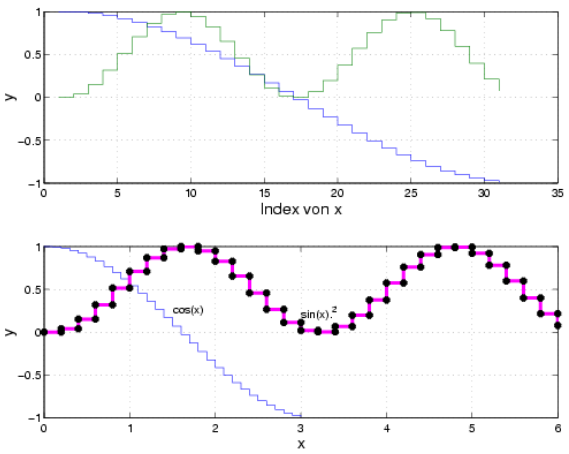
Im ersten Subplot werden die Achsengrenzen durch `axis([xmin,xmax, ymin, ymax])` geregelt, im zweiten Subplot mit dem Befehl `xlim`, wobei der Wertebereich der y-Achse unberührt bleibt.

15.3.1.15 Stairs

Erstellt ein 2D Stufendiagramm von y als Funktion von x

stairs graph_stairs.m

```
subplot(2,1,1)
x1=[0:0.1:3]';x2=[0:0.2:6]';
y1=cos(x1);y2=sin(x2).^2;
y=[y1,y2];
stairs(y)

subplot(2,1,2)
x=[x1,x2];
handle=stairs(x,y);

set(handle(2),'linewidth',3,...
      'color','m','marker','*',
      'markeredgecolor','k')
```



Mit Hilfe des Handle-Konzepts werden Liniendicke, Malfarbe, Datensymbole sowie die Umrandung dieser Datensymbole verändert.

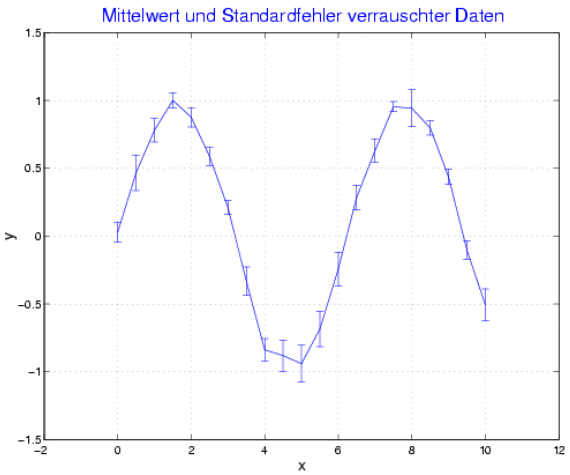
15.3.1.16 Errorbar

Zeichnet y als Funktion von x und fügt Fehlerbalken hinzu, die nach unten und oben durchaus unterschiedlicher Länge sein können.

`errorbar` `graph_errorbar.m`

Mit Errorbar lassen sich elegant Mittelwerte und Standardabweichungen abbilden.

```
x=0:0.5:10;
y=repmat(sin(x),[5,1]);
zufalls_fehler=randn(size(y))/1
y = y + zufalls_fehler;

errorbar(x,mean(y),std(y));
```



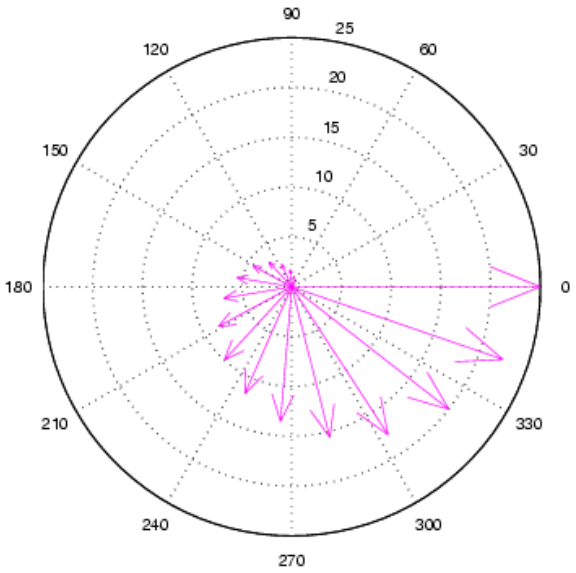
15.3.1.17 Compass

Zeichnet y als Funktion von x und verbindet die Punkte mit dem Koordinatenursprung durch Vektorpfeile.

`compass` `graph_compass.m`

Bei den Daten (x,y) handelt es sich um kartesische Koordinaten.

```
phi=linspace(0,2*pi,20);
r=linspace(0,5,20);
[x,y]=pol2cart(phi,r);

compass(r.*x,r.*y,'m')
```

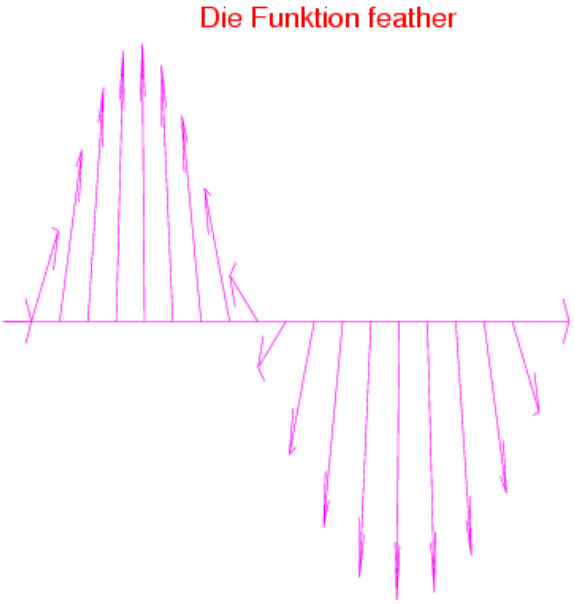


Mit `[x,y]=pol2cart(phi,r)` lassen sich die Polarkoordinaten (phi,r) in die kartesischen Koordinaten (x,y) umwandeln.

15.3.1.18 Feather

Zeichnet die Punkte (u, v) relativ zu äquidistanten, auf der Abszisse liegenden Koordinatenursprüngen und verbindet sie mit Vektorpfeilen. Statt der reellen Werte (u,v) können auch komplexe Werte (z) verwendeten werden, wobei auf der Abszisse die Real- und auf der Ordinate die Imaginärteile aufgetragen werden.

`feather` `graph_feather.m`



Normalerweise ist i auch in Matlab die imaginäre Einheit, das Symbol 'i' wird jedoch häufig als Laufindex verwendet und verliert dadurch den Wert $sqrt(-1)$.

```
phi=linspace(0,2*pi,20);
i=sqrt(-1);
z=exp(i*phi);

feather(z,'m')

axis off
```

Mit `axis off` werden die Achsenbeschriftungen sowie -ticks entfernt.

15.3.1.19 scatter

Zeichnet Daten durch Angabe der Positionen (x,y). Die Größe r sowie die Farbe c ist für alle Punkte getrennt einstellbar. Zusätzlich kann die Form der Datenpunkte ausgewählt und bei Bedarf durch die Option 'filled' gefüllt werden.

scatter graph_scatter.m

```
t=linspace(0,pi,50);
x=repmat(cos(t),[7,1]);
y=repmat(sin(t),[7,1]);
r=[6:12]';
r=repmat(r,[1,50]);
farbe=[1:7]';
farbe=repmat(farbe,[1,50]);

xx=reshape(r.*x,[],1);
yy=reshape(r.*y,[],1);
rr=5*reshape(r,[],1);
farbe=reshape(farbe,[],1);

scatter(xx,yy,rr,farbe,'o','filled')
axis equal off
```

`axis equal` paßt das Achsensystem einem Quadrat an, sodass Kreise wirklich kreisförmig und nicht elliptisch aussehen.

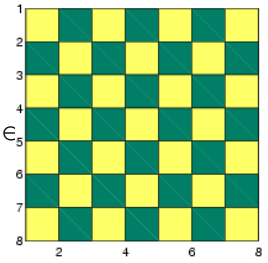
15.3.1.20 Pseudocolor

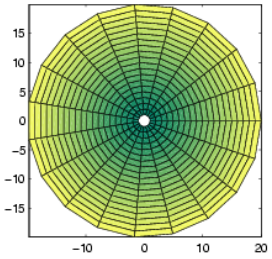
Erstellt einen 'Pseudocolorplot' der Elemente c an den von den Punkten (x,y) definierten Positionen. Wird nur die Farben c angegeben, so werden die Farbe auf einer Matrix der Größe size(c) abgebildet.

`pcolor` `graph_pcolor.m`

Der Befehl `eye(2)` erzeugt eine 2*2 Diagonalmatrix, mit `repmat` wird diese Diagonalmatrix zu einem Schachbrettmuster aneinanderkopiert.

```
x=eye(2);
X=repmat(x,[4,4]);
pcolor(X)
colormap summer; axis ij square

t=linspace(0,2*pi,20);
x=cos(t); y=sin(t); r=[1:20]';
X=repmat(x,[20,1]);
Y=repmat(y,[20,1]);
R=repmat(r,[1,20]);
axis square; pcolor(R.*X,R.*Y,R)
```





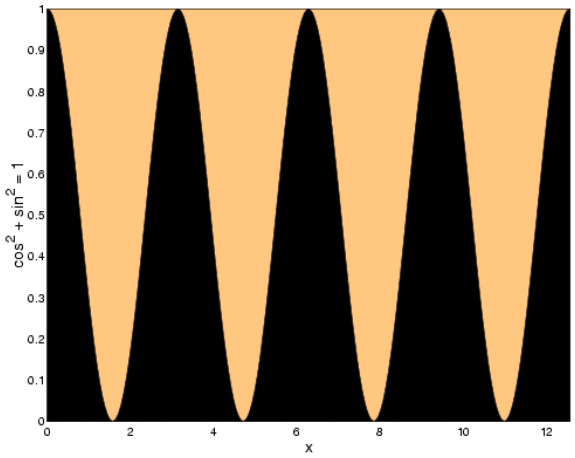
`axis ij` wählt für das Achsensystem den Matrixmodus, wodurch die Indizierung in der linken oberen Ecke der dargestellten Matrix beginnt und jede Zelle die Länge 1 besitzt.

15.3.1.21 Area

Füllt den Bereich zwischen 2 Graphen (wenn y eine Matrix ist) bzw. zwischen einem Graphen und der Abszisse (wenn y ein Vektor ist) mit Farben aus.

`area` `graph_area.m`

```
t=linspace(0,4*pi,200);
y1=cos(t).^2;
y2=sin(t).^2;
y=[y1;y2]';

area(t,y)

axis tight
colormap copper
```



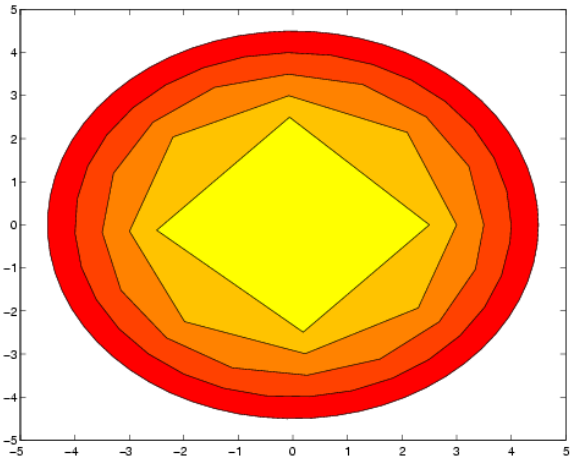
`axis tight` wählt die Achsengrenzen derart, dass sie nur den Bereich der Graphik abdecken.

15.3.1.22 Fill

Malt die durch die Punkte (x,y) definierten Polygone mit der Farbe c aus.

`fill` `graph_fill.m`

Von dem Kreis (eigentlich 64-Eck) werden in einer Schleife jeder, jeder 2., 4., 8. und 16. Punkt herausgegriffen und durch Linien zu einem Polygon verbunden und mit der i. Farbe der aktuellen `colormap` ausgemalt.




```
t=linspace(0,2*pi,64);
x=cos(t);
y=sin(t);

for i=1:5
    r=5-i/2;
    index=2^(i-1);
    fill(r*x(1:index:end),...
         r*y(1:index:end),i)
    hold on
end
```

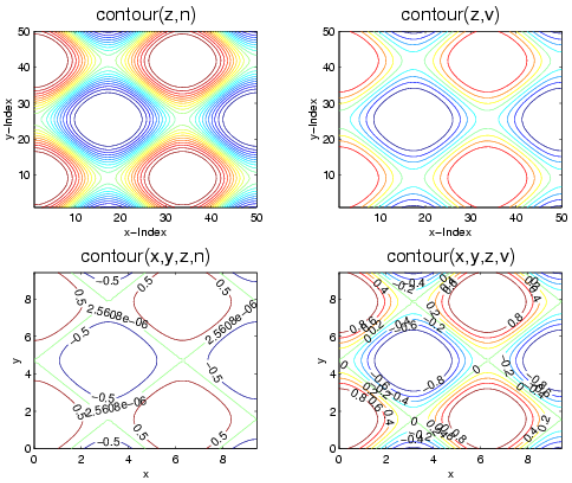
15.3.1.23 Contour

Zeichnet z als Funktion von x und y in Form von Konturlinien (Höhenlinien), die je nach Aufruf von `contour` äquidistant sind oder bei bestimmten Werten von z liegen.

`contour` `graph_contour.m`

Der sehr wichtige und vorallem bei 3D Plots unabkömmliche Befehl `meshgrid` erzeugt eine Matrix für die x- sowie eine für die y- Komponente des Gitters, über dem z definiert ist

```
x=linspace(0,3*pi,50);
y=linspace(0,3*pi,50);
[xx,yy]=meshgrid(x,y);
z=(sin(cos(xx)+sin(yy)));
v=linspace(min(min(z)),...
       max(max(z)),10);

subplot(2,2,1)
contour(z,20)

subplot(2,2,2)
contour(z,v)

subplot(2,2,3)
[c,h]=contour(xx,yy,z,3);
clabel(c,h)

subplot(2,2,4)
v=[-1:0.2:1];
[c,h]=contour(xx,yy,z,v);
clabel(c,h)
```



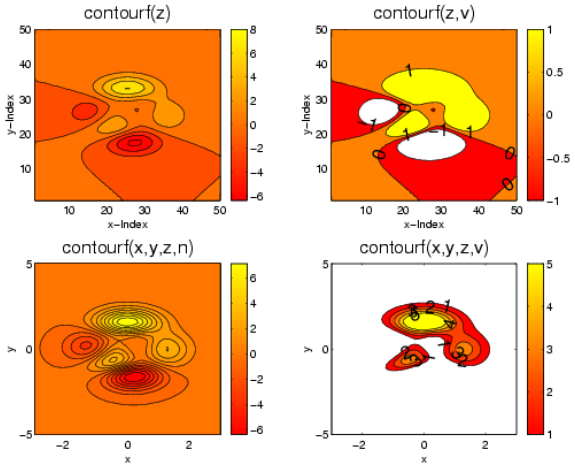
Mit `clabel` werden die Konturlinien mit den entsprechenden z-Werten beschriftet.

15.3.1.24 Contourf

Ähnliche Wirkung wie `contour` in 15.3.1.23, allerdings werden die Flächen zwischen den Konturlinien ausgemalt.

`contourf` `graph_contourf.m`

```
x=linspace(-3,3,50);
y=linspace(-5,5,50);
[xx,yy]=meshgrid(x,y);

subplot(2,2,1)
zz=peaks(xx,yy);
contourf(zz);

subplot(2,2,2);
v=[-1,0,1];
[c,h]=contourf(zz,v);
clabel(c,h,'fontsize',16)

subplot(2,2,3)
contourf(xx,yy,zz,15)

subplot(2,2,4)
v=[1,2,3,4,5];
[c,h]=contourf(xx,yy,zz,v);
clabel(c,h,'fontsize',16)

colorbar
```



Der Befehl `colorbar` fügt am rechten Rand der Achse eine Farbskala mit einer Zuordnung der Farben zu den z-Werten hinzu.

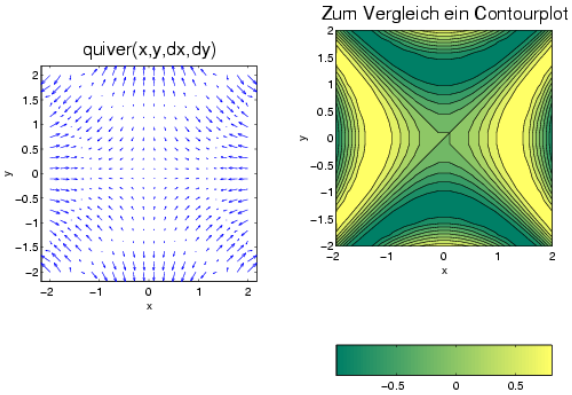
15.3.1.25 Quiver

Erstellt von den Punkten (x,y) ausgehende Vektoren mit den Komponenten (u,v).

`quiver` `graph_quiver.m`

Die linke Abbildung wurde mit dem Befehl `quiver` erzeugt, rechts davon befindet sich zum besseren Verständnis seiner Funktionsweise ein Contourplot

```
x=linspace(-2,2,20);
y=linspace(-2,2,20);
[xx,yy]=meshgrid(x,y);

zz=sin(xx.^2-yy.^2);
[dx,dy]= gradient(zz);

subplot(1,2,1)
quiver(xx,yy,dx,dy)

subplot(1,2,2)
contourf(xx,yy,zz)
colorbar('horiz')
```



Mit Hilfe von `gradient` erhält man die x- und y- Komponenten des numerischen Gradienten.

Tabelle 15.5: MATLAB Befehle zum Erzeugen einfacher dreidimensionaler Graphiken

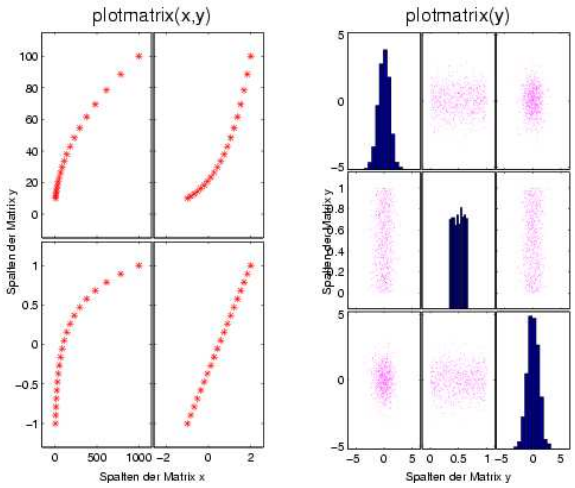
`plot3(x,y,z)`	15.3.2.1	3D Daten werden durch Angabe von x, y und z dargestellt
`ezplot3(x(t),y(t),z(t))`	15.3.2.2	Erstellt parametrischen 3D Plot durch Angabe der Funktionen als Strings und des Wertebereichs für t
`comet3(x,y,z,p)`	15.3.2.3	Zeichnet 3D Funktion in Form eines animierten 'Kometen'
`fill3(x,y,z,c)`	15.3.2.4	Malt die durch (x,y,z) definierten 3D-Polygone mit der Farbe c aus

15.3.1.26 Plotmatrix

Erstellung eines Streudiagramms, die Spalten der Matrix x werden über jenen der Matrix y aufgetragen.

`plotmatrix` `graph_plotmatrix.m`

```
subplot(1,2,1)
x1=logspace(1,3,20)';
x2=linspace(-1,2,20)';
y1=logspace(1,2,20)';
y2=linspace(-1,1,20)';
x=[x1,x2];
y=[y1,y2];

plotmatrix(x,y,'r*')
subplot(1,2,2)
y = randn(1000,3);
y(:,2)=rand(1000,1);
plotmatrix(y,'m.')
```



Wird nur eine Matrix übergeben, dann werden in den Diagonalen der Subplots Histogramme der betreffenden Spalten eingezeichnet.

15.3.2 Dreidimensionale Plots

Matlab bietet auch eine Fülle von Befehlen, 3D Graphiken eindrucksvoll darzustellen

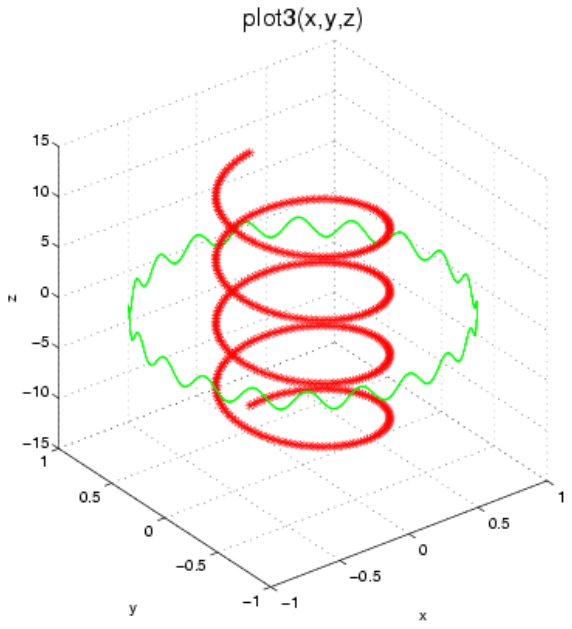
15.3.2.1 Plot3

Zeichnet die Daten (x,y,z) in einem 3D-Koordinatensystem ein und verbindet sie gegebenenfalls durch Linien.

`plot3` `graph_plot3.m`

Informationen zu den möglichen Farben und Stilen der 3D-Linien findet man unter `linespec`

```
t=linspace(-4*pi,4*pi,500);
x1=0.5*sin(t);
y1=0.5*cos(t);
z1=t;
x2=cos(t);
y2=sin(t);
z2=cos(20*t);

plot3(x1,y1,z1,'r*-',x2,y2,z2,'

rotate3d
```



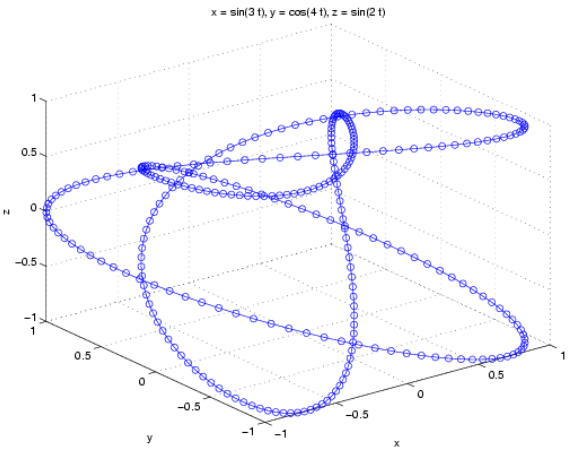
Der Befehl `rotate3d` ermöglicht eine Drehung des Achsensystems mit Hilfe der Maus.

15.3.2.2 Ezplot3

Die 'Easy to Plot' Version von `plot3` zeichnet die durch x(t), y(t) und z(t) definierte parametrische 3D-Kurve, wobei x, y und z von t abhängige Funktionen sind.

`ezplot3` `graph_ezplot3.m`

```
h=ezplot3('sin(3*t)','cos(4*t)'
          'sin(2*t)',[0,2*pi]);

set(h, 'marker','o')
rotate3d
```



Die Grenzen von t sind, wenn nicht anders festgelegt, 0 und 2 pi, die Achsenbeschriftung erfolgt automatisch.

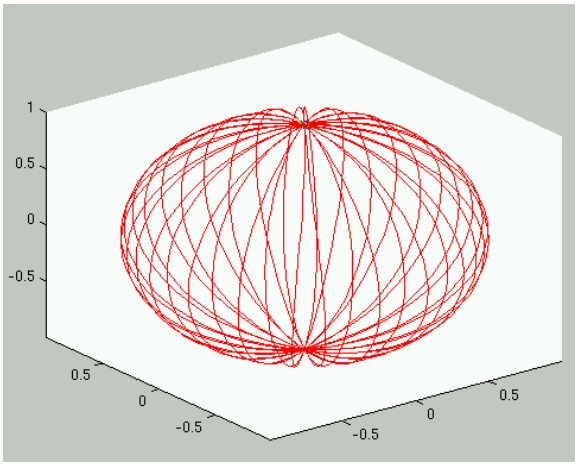
15.3.2.3 Comet3

Erstellt eine 3 dimensionale Funktion in Form eines sich bewegenden 'Kometen', dessen Schweif bzw. Spur den Graphen darstellt.

`comet3` `graph_comet3.m`

Optional kann in `comet3` die Schweiflänge relativ zur Gesamtlänge des Graphen angegeben werden.

```
t=linspace(0,2*pi,1000);

x=cos(t).*sin(20*t);
y=sin(t).*sin(20*t);
z=cos(20*t);

comet3(x,y,z);
```



Achtung, die Erstellung des Graphen erfolgt im `erasemode none`, wird das Graphikfenster vergrößert, verschwindet der Graph, er kann daher auch nicht gedruckt werden.

Tabelle 15.6: MATLAB Befehle zum Erzeugen von 3D-Balken- und Kreisdiagrammen

`bar3(x,y,w,'style')`	15.3.2.5	Stellt die 2D Daten als vertikale 3D Balken dar
`bar3h(x,y,w,'style')`	15.3.2.6	Stellt die 2D Daten als horizontale 3D Balken dar
`pie3(x,'explode')`	15.3.2.7	Zeichnet ein 3D Kreisdiagramm von x

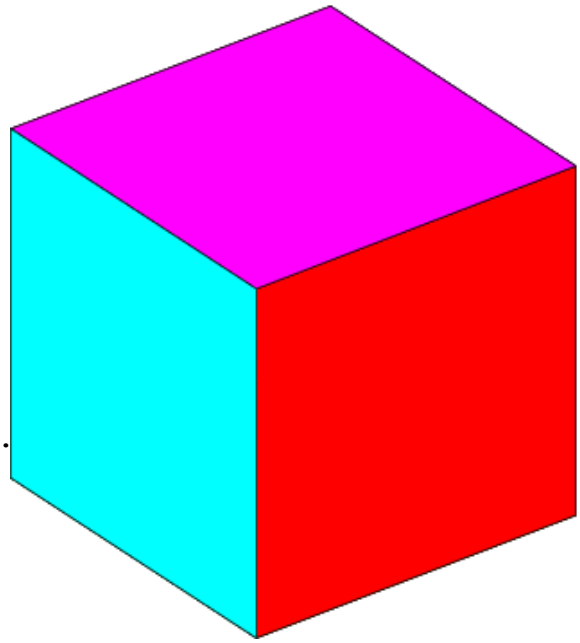
15.3.2.4 Fill3

Zeichnet dreidimensionale Polygone durch Angabe der Eckpunkte sowie der Füllfarben. Die Punkte werden in Form von Vektoren für die x-, y- und z- Komponenten angegeben, die Farbe c als Index in der aktuellen `colormap`.

`fill3` `graph_fill3.m`

Definition der 6 Flächen eines Würfels:

```
x=[0,1,1,0;0,1,1,0;1,1,1,1;...
   0,1,1,0;0,1,1,0;0,0,0,0]';
y=[0,0,0,0;0,0,1,1;0,1,1,0;...
   1,1,1,1;0,0,1,1;0,1,1,0]';
z=[0,0,1,1;0,0,0,0;0,0,1,1;...
   0,0,1,1;1,1,1,1;0,0,1,1]';

colormap([1,0,0;0,1,0;0,0,1;...
          1,1,0;1,0,1;0,1,1]);

fill3(x,y,z,1:6)
```



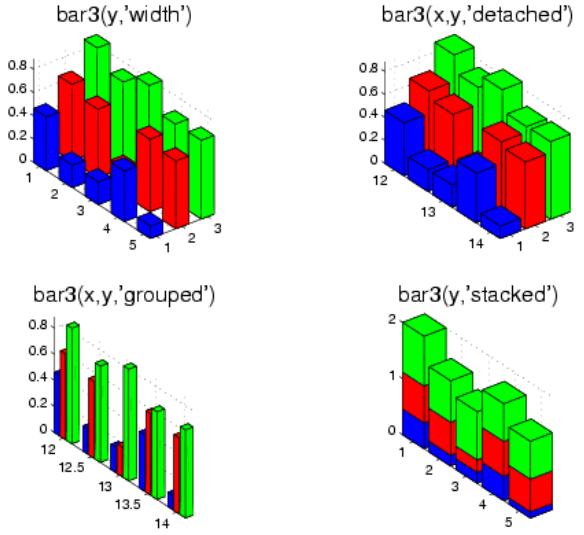
15.3.2.5 Bar3

Daten von y werden entlang der Abszisse als vertikale Säulen der Breite w dargestellt.

`bar3` `graph_bar3.m`

Wird der Vektor x angegeben, so werden die Säulen an den Positionen von x aufgetragen, sonst bei den Werten von 1 bis length(n)

```
y=sort(rand(3,5))';
x=linspace(12,14,size(y,1));
colormap([0,0,1;1,0,0;0,1,0]);

subplot(2,2,1)
bar3(y,0.5)

subplot(2,2,2)
bar3(x,y,'detached')

subplot(2,2,3)
bar3(x,y,'grouped')

subplot(2,2,4)
bar3(y,'stacked')
```



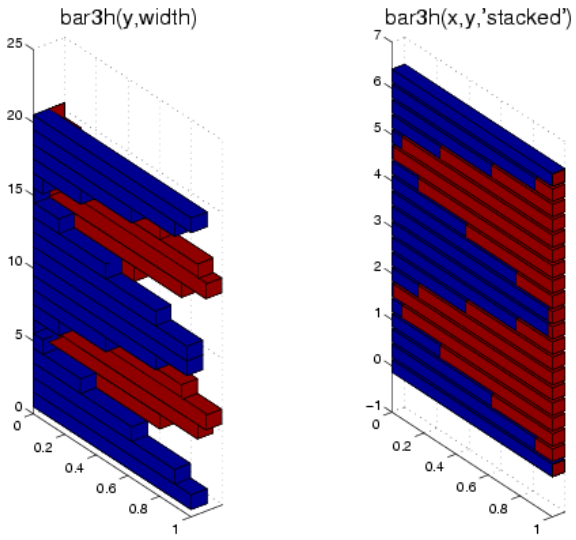
Man beachte die unterschiedliche Darstellung der Säulendiagramme bei der Verwendung der Stile 'detached', 'grouped' und 'stacked'.

15.3.2.6 Bar3h

Daten von y werden als horizontale Säulen der Breite w gezeichnet.

`bar3h` `graph_bar3h.m`

```
x=linspace(0,2*pi,20)';
y=[cos(x).^2,sin(x).^2];

subplot(1,2,1)
bar3h(y,1);

subplot(1,2,2);
bar3h(x,y,'stacked');
```



Hier gilt dasselbe wie bei `bar3` mit dem Unterschied, dass hier Ordinate und Abszisse vertauscht sind.

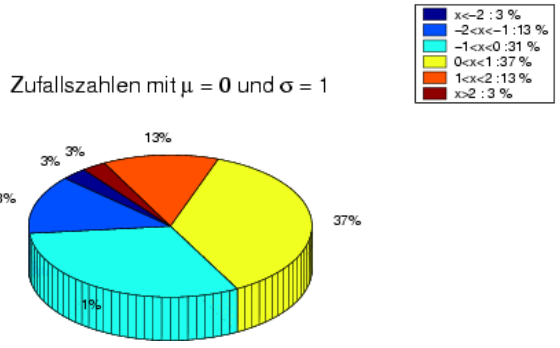
15.3.2.7 Pie3

Die Daten des Vektors x werden als 3D-Kreisdiagramme dargestellt, wobei die Segmente optional mit Hilfe des Vektors 'explode' hervorgehoben werden können.

`pie3` `graph_pie3.m`

Anteile normalverteilter Daten innerhalb bestimmter Intervalle (siehe Legende)

```
x=randn(1000,1);
y1=length(x(find(x<-2)));
y2=length(x(find(d<-1 & x>-2)))
y3=length(x(find(x<0 & x>-1)));
y4=length(x(find(x<1 & x>0)));
y5=length(x(find(x<2 & x>1)));
y6=length(x(find(x>2)));
y=[y1,y2,y3,y4,y5,y6];

h=pie3(y);
```



Der Vektor 'explode' muß die selbe Länge wie x aufweisen, Einträge des Wertes 1 führen zur Betonung des entsprechenden Segments.

Tabelle 15.7: MATLAB Befehle zum Erstellen von 3D - Oberflächen

`contour3(x,y,z)`	15.3.2.8	Zeichnet durch z=f(x,y) definierte 3D-Konturlinien
`mesh(x,y,z)`	15.3.2.9	Stellt die Matrix z=f(x,y) in Form eines 'Drahtgitters' dar
`ezmesh('f(x,y)')`	15.3.2.10	'Easy to use' Variante von mesh, f(x,y) wird als String eingegeben
`meshc(x,y,z)`	15.3.2.11	Zeichnet ein 3D-Drahtgitter und einen 2D-Contourplot der Funktion z=f(x,y)
`meshz(x,y,z)`	15.3.2.12	Zeichnet ein 3D-Drahtgitter der Funktion z=f(x,y) mit zusätzlichen seitlichen Referenzlinien
`trimesh(tri,x,y,z)`	15.3.2.13	Zeichnet ein aus Dreiecken bestehendes 3D-Drahtgitter der Funktion z=f(x,y)
`surf(x,y,z)`	15.3.2.14	Erstellt eine 3D-Oberflächengraphik der Funktion z=f(x,y)
`ezsurf('f(x,y)')`	15.3.2.15	'Easy to use' Variante von surf, f(x,y) wird als String eingegeben
`surfc(x,y,z)`	15.3.2.16	Zeichnet eine 3D-Oberflächengraphik und einen 2D-Contourplot der Funktion z=f(x,y)
`ezsurfc(x,y,z)`	15.3.2.17	'Easy to use' Variante von surfc, f(x,y) wird als String eingegeben
`surfl(x,y,z)`	15.3.2.18	Erstellt eine 3D-Oberflächengraphik der Funktion z=f(x,y) mit wählbarer Beleuchtung
`trisurf(tri,x,y,z)`	15.3.2.19	Zeichnet eine 3D-Oberfläche der Funktion z=f(x,y) aus Dreiecken
`waterfall(x,y,z)`	15.3.2.20	Zeichnet die Reihen der Matrix z=f(x,y) als 3D-Linien entlang der x-Achse

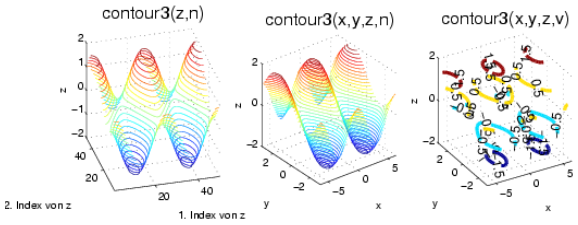
15.3.2.8 Contour3

Zeichnet z als Funktion von x und y in Form von 3D-Konturlinien (Höhenlinien), die je nach Aufruf von `contour3` äquidistant sind oder bei bestimmten Werten von z liegen.

`contour3` `graph_contour3.m`

Text in Spalten

```
x=linspace(-2*pi,2*pi,50);
y=linspace(-pi,pi,50);
[xx,yy]=meshgrid(x,y);
zz=cos(xx)+sin(yy);

subplot(2,2,1)
contour3(zz,20);

subplot(2,2,2)
contour3(xx,yy,zz,30);

subplot(2,2,4)
v=[-1.5,-0.5,0.5,1.5];
[c,h]=contour3(xx,yy,zz,v);
clabel(c,h,'fontsize',12);
```



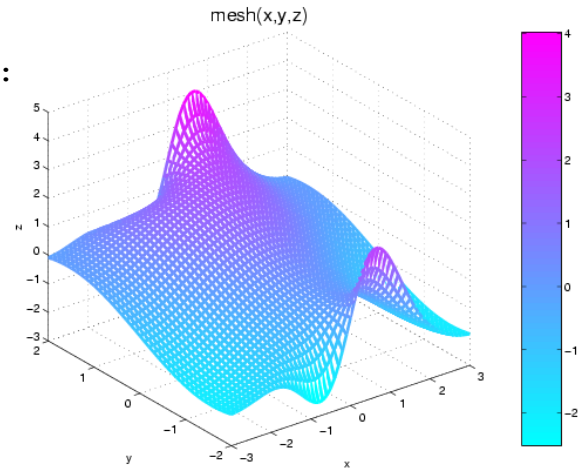
Mit `clabel` werden die Konturlinien mit den entsprechenden z-Werten beschriftet.

15.3.2.9 Mesh

Zeichnet die Funktion z=f(x,y) in Form eines Drahtgittermodells.

`mesh` `graph_mesh.m`

```
[x,y]=meshgrid(-3:0.1:3,-2:0.1:
z1=x.*exp(-x.^2+y.^2);
z2=10+cos(x)+sin(y);
z=z1./z2;

h=mesh(x,y,z);

set(h,'linewidth',2.5);
colormap cool
colorbar
```



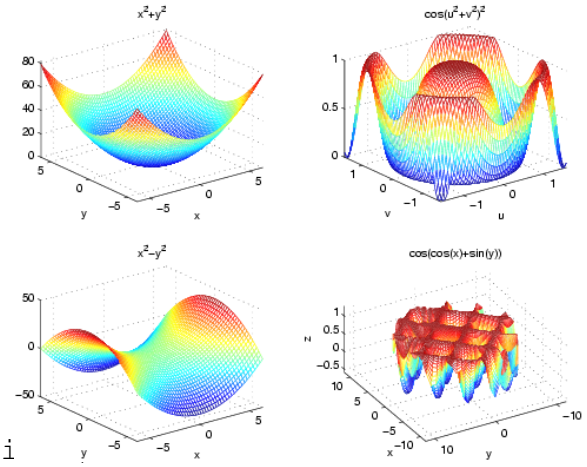
Zur Erinnerung: mit `get(h)` können alle Eigenschaften des mit dem Handle h verknüpften Graphik-Objekts ausgegeben und mit `set(h,'Eigenschaft','Wert')` gesetzt werden.

15.3.2.10 Ezmesh

'Easy to use' Variante von mesh, die als String eingegebene Funktion f(x,y) wird als Drahtgittermodell gezeichnet, Achsenbeschriftung und Titel werden automatisch hinzugefügt.

ezmesh graph_ezmesh.m

```
subplot(2,2,1)
ezmesh('x^2+y^2')

subplot(2,2,2)
ezmesh('cos(u^2+v^2)^2',...
       [-pi/2,pi/2])

subplot(2,2,3)
ezmesh('x^2-y^2',50)

subplot(2,2,4)
ezmesh('cos(cos(x)+sin(y))','ci
```



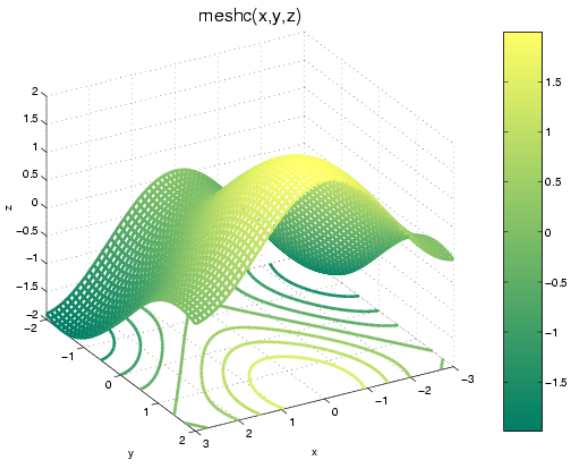
Neben der Funktion f(x,y) können optional die Grenzen von x und y, die Anzahl der Gitterelemente oder der Ausdruck 'circ' (zeichnet Graphik über kreisförmigen Definitionsgebiet) angegeben werden.

15.3.2.11 Meshc

Die Funktion z=f(x,y) wird als 'Drahtgittermodell' inklusive 2D-Konturlinien in der Ebene z = 0 gezeichnet.

`meshc` `graph_meshc.m`

```
[x,y]=meshgrid(-3:0.1:3,-2:0.1:
z1=;x.*exp(-x.^2-y.^2)
z2=10+cos(x)+sin(y);
z=z1./z2;

h=meshc(x,y,z);

set(h,'linewidth',2.5);
```



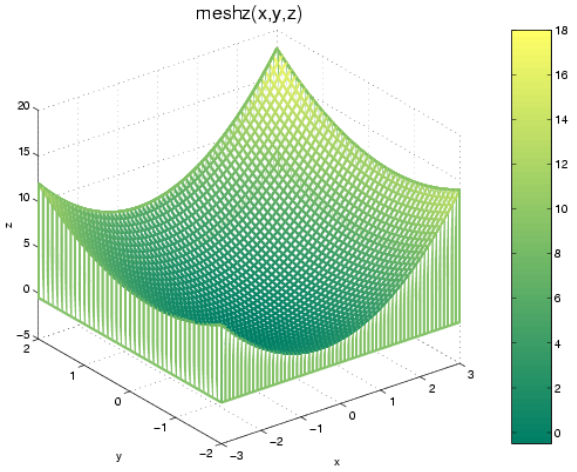
Die Dicke der Konturlinien kann nur gemeinsam mit jenen des Drahtgitters verändert werden.

15.3.2.12 Meshz

Zeichnet die Funktion z=f(x,y) als 'Drahtgittermodell', wobei die Ränder des Gitters mit der durch z=0 definierten Ebene verbunden sind.

meshz graph_meshz.m

```
[x,y]=meshgrid(-3:0.1:3,-2:0.1:
z=x+y+x.^2+y.^2;

h=meshz(x,y,z);

colorbar
set(h,'linewidth',2.0);
colormap summer
```



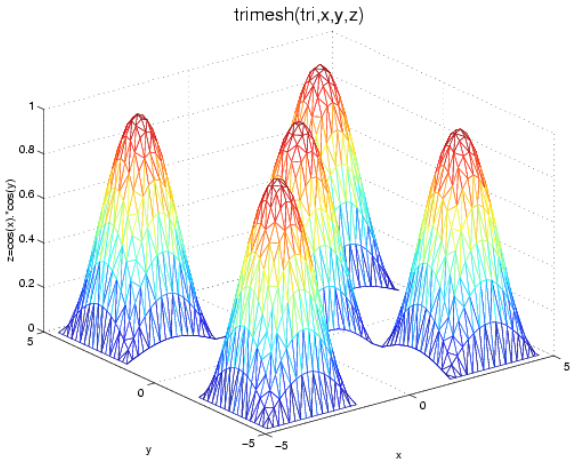
15.3.2.13 Trimesh

Zeichnet ein aus Dreiecken bestehendes 3D-Drahtgitter der Funktion z=f(x,y).

`trimesh` `graph_trimesh.m`

Die Koordinaten (tri) der Dreiecke werden mit der `delaunay` Triangulation aus den (x,y) Daten gewonnen.

```
t=linspace(-1.5*pi,1.5*pi,50);
[x,y]=meshgrid(t,t);
z=cos(x).*cos(y);
z(z<0)=nan;
tri = delaunay(x,y);

trimesh(tri,x,y,z)
```



Elemente der Matrix z mit dem Eintrag `nan` werden nicht gezeichnet.

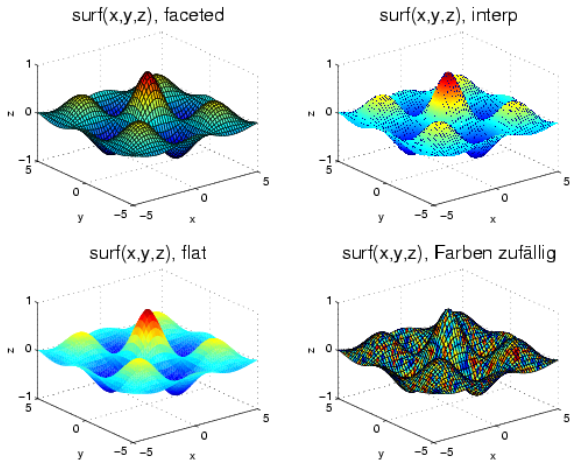
15.3.2.14 Surf

Erstellt eine 3D-Oberflächengraphik der Funktion z=f(x,y) mit dem in `shading` spezifizierten Schattiermodus.

`surf` `graph_surf.m`

Die Farbgebung im 4. Subplot erfolgt zufällig.

```
x=linspace(-5,5,50);
y=linspace(-5,5,50);
[xx,yy]=meshgrid(x,y);
z1=cos(xx).*cos(yy);
z2=exp(-0.2*sqrt(xx.^2+yy.^2));
zz=z1.*z2;

subplot(2,2,1)
surf(xx,yy,zz);
shading faceted

subplot(2,2,2)
surf(xx,yy,zz);
shading interp

subplot(2,2,3)
surf(xx,yy,zz);
shading flat

subplot(2,2,4)
h=surf(xx,yy,zz);
shading interp
set(h,'cdata',rand(size(zz)),'edgecolor','k')
```



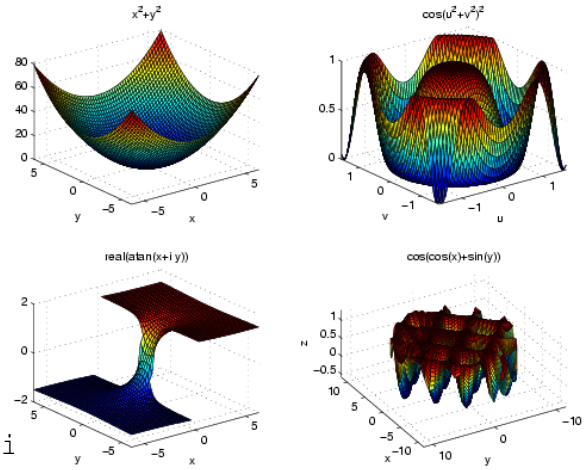
Werden im Aufruf von `surf` die x- und y- Matrizen weggelassen, so werden auf den x- und y- Achsen die beiden Indizes der Matrix z aufgetragen.

15.3.2.15 Ezsurf

Die 'Easy to use' Variante von `surf` mit automatischer Achsenbeschriftung und Überschrift.

`ezsurf` `graph_ezsurf.m`

```
subplot(2,2,1)
ezsurf('x^2+y^2')

subplot(2,2,2)
ezsurf('cos(u^2+v^2)^2',...
       [-pi/2,pi/2])

subplot(2,2,3)
i=sqrt(-1);
ezsurf('real(atan(x+i*y))',50)

subplot(2,2,4)
ezsurf('cos(cos(x)+sin(y))','ci
view(-120,50)
```



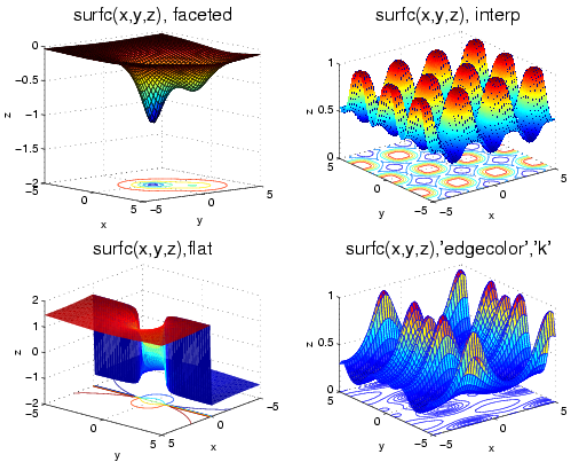
Neben der Funktion f(x,y) können optional die Grenzen von x und y, die Anzahl der Gitterelemente oder der Ausdruck 'circ' (zeichnet Graphik über kreisförmigen Definitionsgebiet) angegeben werden. Mit Hilfe des Befehls `view` stellt man den Blickwinkel auf das Achsensystem ein. Die erste Komponente ist der Azimuthwinkel in Grad (Rotation der x,y Ebene), die zweite Komponente ist der Kippwinkel aus der horizontalen Lage der x,y Ebene.

15.3.2.16 Surfc

Erstellt eine 3D-Oberflächengraphik der Funktion z=f(x,y) mit dem in `shading` spezifizierten Schattiermodus und fügt 2D-Konturlinien in der Ebene z = 0 hinzu.

`surfc` `graph_surfc.m`

```
x=linspace(-5,5,50);
[xx,yy]=meshgrid(x,x);;

subplot(2,2,1)
zz=-1./(xx.^2+yy.^2+1)-1./...
      ((xx-2).^2+(yy-2).^2+2);
surfc(xx,yy,zz)
shading faceted

subplot(2,2,2)
zz=1./(cos(xx).^4+sin(yy).^4+1)
surfc(xx,yy,zz)
shading interp

subplot(2,2,3)
zz=real(atan(xx+sqrt(-1)*yy));
surfc(xx,yy,zz);
shading flat

subplot(2,2,4)
zz=1./(sin(xx)+2+abs(yy).*cos(yy).^2);
h=surfc(xx,yy,zz);
set(h,'edgecolor','b')
```

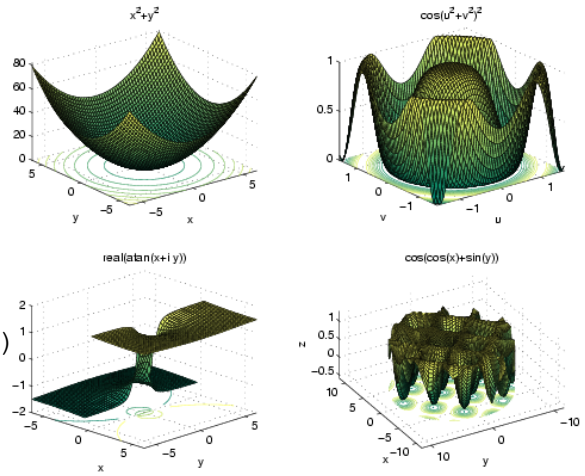


15.3.2.17 Ezsurfc

Die 'Easy to use' Variante von `surfc` mit automatischer Achsenbeschriftung und Überschrift.

`ezsurfc` `graph_ezsurfc.m`

```
subplot(2,2,1)
ezsurfc('x^2+y^2')

subplot(2,2,2)
ezsurfc('cos(u^2+v^2)^2',...
        [-pi/2,pi/2])

subplot(2,2,3)
i=sqrt(-1);
ezsurfc('real(atan(x+i*y))',50)
view(45,25)

subplot(2,2,4)
ezsurfc('cos(cos(x)+sin(y))','circ')
```

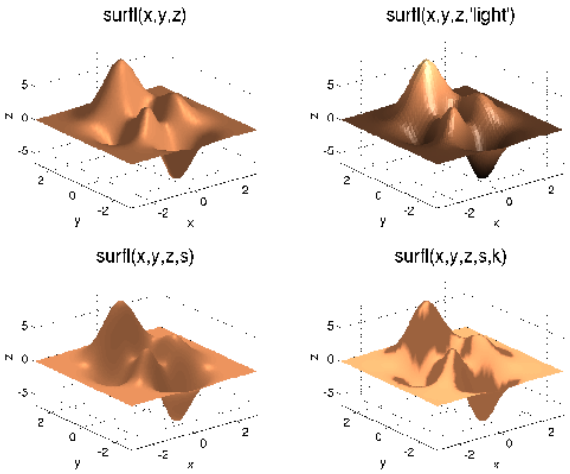


15.3.2.18 Surfl

Erstellt beleuchtete 3D Oberflächenplots einer Funktion z=f(x,y).

surfl graph_surfl.m

```
[x,y] = meshgrid(-3:1/8:3);
z = peaks(x,y);

subplot(2,2,1)
surfl(x,y,z);

subplot(2,2,2)
surfl(x,y,z,'light')

subplot(2,2,3)
s=[0,90];
surfl(x,y,z,s)

subplot(2,2,4)
s=[0,90];
k=[1,0.1,1,0.1];
surfl(x,y,z,s,k)
```



Der Vektor s beinhaltet die x-, y- und z- Komponenten der Einfallsrichtung des Lichts und k die relativen Intensitäten des Umgebungslichtes, der diffusen Reflexion, der spiegelnden Reflexion sowie des spiegelnden Glanzes.

15.3.2.19 Trisurf

Zeichnet eine aus Dreiecken bestehende Oberflächengraphik der Funktion z=f(x,y).

`trisurf` `graph_trisurf.m`

Die Koordinaten der Dreiecke werden mittels `delaunay` aus den x- und y-Werten des Gitters gewonnen.

```
t=linspace(-1.5*pi,1.5*pi,25);
[x,y]=meshgrid(t,t);
z=cos(x+cos(y));
z(z<0)=0;
tri = delaunay(x,y);

h=trisurf(tri,x,y,z);

shading interp
set(h,'edgecolor','k')
```

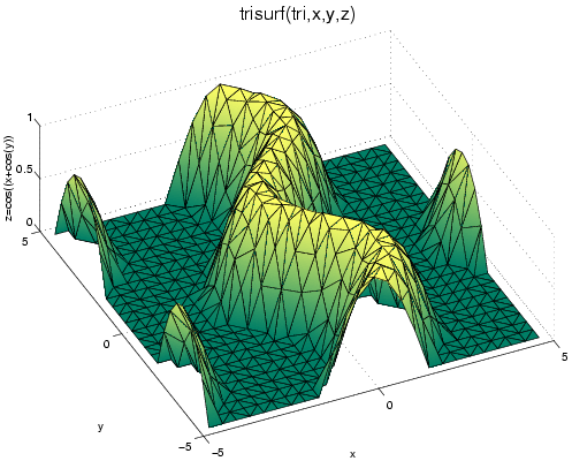


Tabelle 15.8: MATLAB Befehle zum Erstellen von 3D - volumetrischen Graphiken

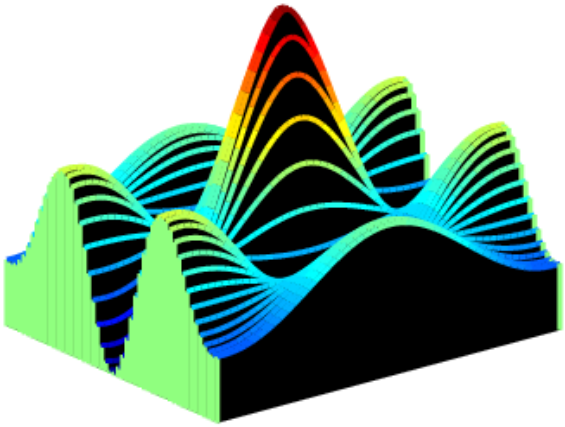
`quiver3(x,y,z,u,v,w)`	15.3.2.21	Zeichnet an den Punkten (x,y,z) Vektorpfeile mit den Komponenten (u,v,w)
`slice(x,y,z,d,sx,sy,sz)`	15.3.2.22	Veranschaulicht die volumetrische Funktion d=f(x,y,z) durch senkrecht durch die Achsen gelegte Schnittflächen

15.3.2.20 Waterfall

Zeichnet die Reihen der Matrix z=f(x,y) als 3D-Linien entlang der x-Achse

`waterfall` `graph_waterfall.m`

```
x=linspace(-pi,pi,50);
y=linspace(-2*pi,2*pi,50);
[xx,yy]=meshgrid(x,y);
z1=cos(xx).*cos(yy);
z2=exp(-(sqrt(xx.^2+yy.^2))./4;
zz=z1.*z2;

h=waterfall(xx,yy,zz);

set(h,'linewidth',3,'facecolor'
set(gcf,'color','k');
```



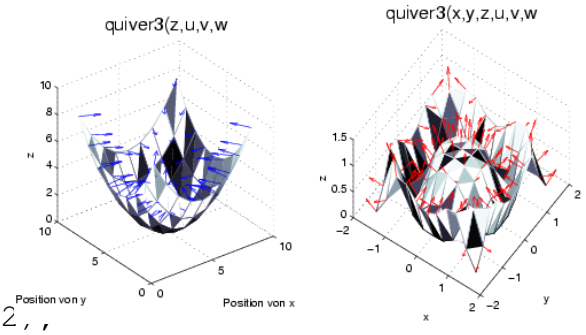
15.3.2.21 Quiver3

Zeichnet an den Punkten (x,y,z) Vektorpfeile mit den Komponenten (u,v,w).

`quiver3` `graph_quiver3.m`

Es ist sinnvoll, diesen Graphikbefehl gemeinsam mit `mesh` oder `surf` zu verwenden.

```
subplot(1,2,1)
[x,y]=meshgrid(-2:0.5:2,-2:0.5:2);
z=x.^2+y.^2;
[u,v,w] = surfnorm(x,y,z);

quiver3(z,u,v,w)

hold on
mesh(z)

subplot(1,2,2)
[x,y]=meshgrid(-pi/2:pi/10:pi/2,,
z=cos(x.^2+y.^2).^2;
[u,v,w] = surfnorm(x,y,z);

quiver3(x,y,z,u,v,w,'r')

hold on
mesh(x,y,z)
```



Die Komponenten der Normalvektoren auf die Oberfläche z=f(x,y) werden mit dem Befehl `[u,v,w]=surfnorm(x,y,z)` berechnet.

Tabelle 15.9: Weitere spezielle 3D Graphik-Befehle

`stem3(x,y,z)`	15.3.2.23	Zeichnet 3D Funktion und verbindet Datenpunkte mit der Ebene z=0
`sphere(n)`	15.3.2.24	Erstellt eine durch n^2 Flächen angenäherte Kugel
`cylinder(r,n)`	15.3.2.25	Erstellt einen durch ein n-seitiges Prisma angenäherten Zylinder mit Radius r
`scatter3(x,y,z,r,c)`	15.3.2.26	Zeichnet Daten an den Positionen (x,y,z) der Größe r sowie der Farbe c
`ribbon(y,z,w)`	15.3.2.27	Zeichnet die Spalten von z über jenen von y als 3D Bänder der Breite w

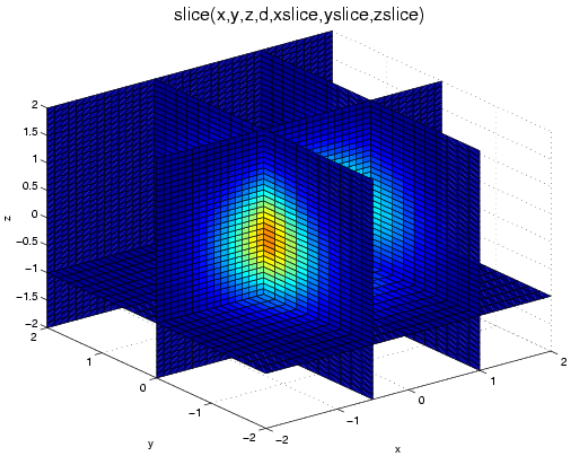
15.3.2.22 Slice

Veranschaulicht die volumetrische Funktion d=f(x,y,z) durch senkrecht durch die Achsen gelegte Schnittflächen. Dabei wird die x-Achse an den Stellen des Vektors xslice geschnitten, analog für die beiden anderen Achsen.

`slice` `graph_slice.m`

Wie zu den Achsen geneigte Schnittflächen erstellt werden, findet man in in der Hilfe von `slice`

```
[x,y,z] = meshgrid(-2:.1:2,...
          -2:.2:2,-2:.1:2);
d=exp(-x.^2-y.^2-z.^2);
xslice = [-0.5,1];
yslice = [0,2];
zslice = [-1];

slice(x,y,z,d,xslice,yslice,zsl
```



Mit `meshgrid` lassen sich auch die x-, y- und z- Koordinaten dreidimensionaler Gitter berechnen.

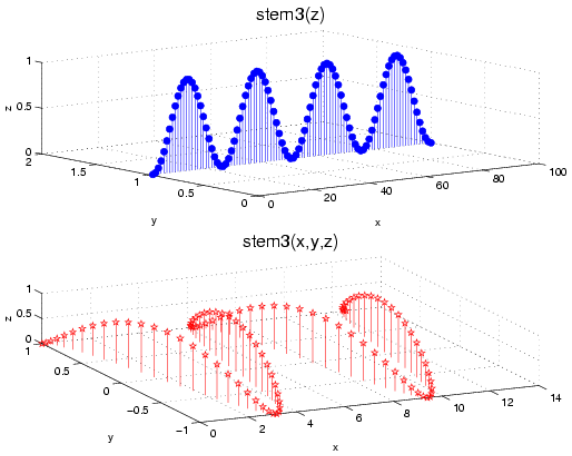
15.3.2.23 Stem3

Zeichnet dreidimensionale Daten und verbindet Datenpunkte mit der Ebene z=0.

`stem3` `graph_stem3.m`

Die in `linespec` definierten Datensymbole können mit der Option 'filled' ausgefüllt werden.

```
t=linspace(0,4*pi,100);
x=t;
y=cos(t);
z=sin(t).^2;

subplot(2,1,1)
stem3(z,'filled')

subplot(2,1,2);
stem3(x,y,z,'rp')

view(-25,60)
```



Wird `stem3` nur der Vektor z übergeben, dann wird z über x=1 bis size(z,1) und y=1 bis size(z,2) aufgetragen.

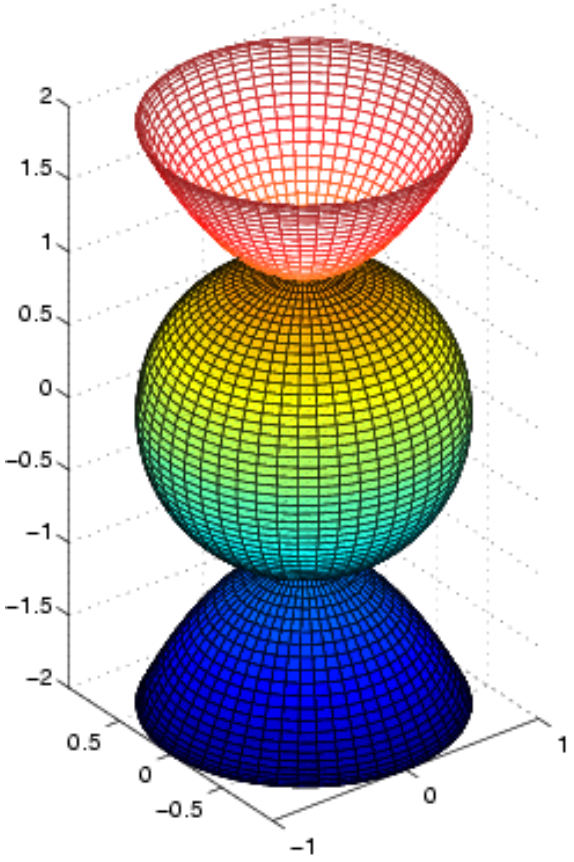
15.3.2.24 Kugel

Erstellt eine durch n*n Segmenten angenäherte Kugel mit dem Radius 1.

`sphere` `graph_sphere.m`

Einheitskugel mit vertikal angrenzenden paraboloid-ähnlichen Objekten.

```
sphere(50)
[x,y,z]=sphere(50);

hold on
mesh(x,y,-z.^2+2)

surf(x,y,z.^2-2)
axis equal
```



Wird der Befehl in Form von [x,y,z]=`sphere(n)` verwendet, so können wie im Beispiel mit `surf(x,y,z)` oder `mesh(x,y,z)` ebenfalls Kugeln und kugelähnliche Objekte gezeichnet werden. Der Vorteil liegt darin, dass auf diese Weise Eigenschaften wie Größe, Position und Farben beeinflusst werden können.

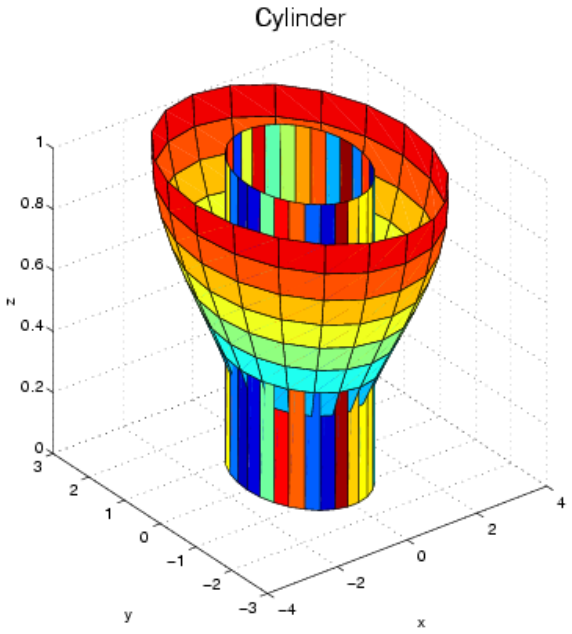
15.3.2.25 Zylinder

Erstellt Zylinder (bzw. n-seitige Prismen) und allgemeine um die z-Achse symmetrische Körper der Höhe 1 mit der Profilkurve r(h).

`cylinder` `graph_cylinder.m`

Zylinder und Rotationskörper mit der Profilkurve r(t)=2+cos(t)

```
t = pi:pi/10:2*pi;
[X1,Y1,Z1] = cylinder(2+cos(t))
[X2,Y2,Z2] = cylinder(1.5,30);

h1=surf(X1,Y1,Z1);
hold on
h2=surf(X2,Y2,Z2);
c=rand(size(get(h2,'cdata')));

set(h2,'cdata',c)
axis square
```



Wird der Befehl in Form von [x,y,z]=`cylinder(r,n)` verwendet, so können wie im Beispiel mit `surf(x,y,z)` oder `mesh(x,y,z)` ebenfalls Rotationskörper gezeichnet werden. Der Vorteil liegt wie im Beispiel 15.3.2.24 darin, dass auf diese Weise unter anderem Größe, Position und Farbeigenschaften beeinflusst werden können.

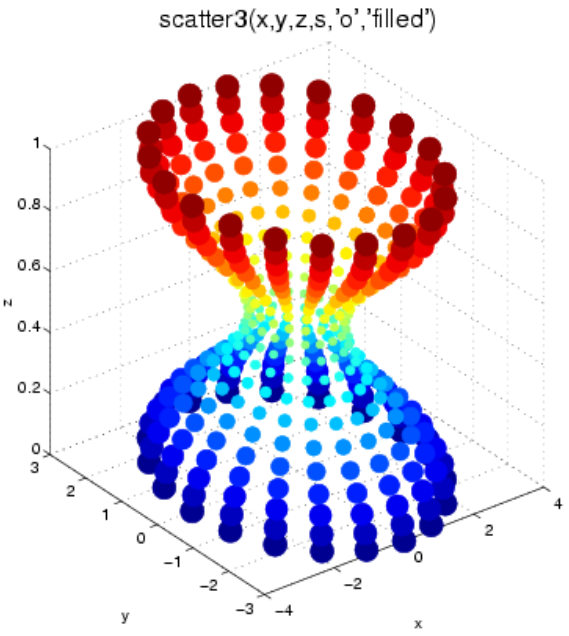
15.3.2.26 Scatter3

Zeichnet Daten an den Positionen (x,y,z) der Größe r sowie der Farbe c, wobei im Gegensatz zu `plot3` die Attribute Größe und Farbe für jeden Punkt getrennt eingestellt werden können. Allen Punkten gemeinsam ist das Datensymbol (siehe `linespec`) sowie die Option 'filled', wodurch Datensymbole ausgemalt werden.

`scatter3` `graph_scatter3.m`

Mit Hilfe des Graphikbefehls `cylinder` erhaltene Koordinaten des Rotationskörpers der Profilkurve r(t)=2+cos(t). Farbe und Punktgröße hängen von den Koordinaten ab.

```
t = 0:pi/10:2*pi;
[x,y,z] = cylinder(2+cos(t));

vx=reshape(x,[],1);
vy=reshape(y,[],1);
vz=reshape(z,[],1);
r=25*((vx.^2)+(vy).^2)
c=vz;;

scatter3(vx,vy,vz,r,c,'o','fill
```



15.3.2.27 Ribbon

Zeichnet die Spalten von z über jenen von y als 3D Bänder der Breite w

ribbon graph_ribbon.m

```
x=linspace(-5,5,50);
y=linspace(-5,5,50);
[xx,yy]=meshgrid(x,y);
z1=cos(xx).*cos(yy);
z2=exp(-0.2*sqrt(xx.^2+yy.^2));
zz=z1.*z2;

ribbon(yy,zz,1)
```