Vorlesung Fehlerrechnung & Datenanalyse

Olaf Kaczmarek & Udo Werner

Heutiges Thema:

Grafische Darstellung von Funktionen und Daten

Vorlesung Fehlerrechnung & Datenanalyse

Olaf Kaczmarek & Udo Werner

Heutiges Thema:

Grafische Darstellung von Funktionen und Daten

- Darstellung von Daten, z.B. Werte-Paare {x,y}, {x,y,Δy} oder {x,y,z}

  Ein Plot sagt mehr als tausend Zahlen!

- Zeichnen von Funktionen f(x) (2-dimensional) oder g(x,y) (3-dimensional)
- Grafische Gestaltung und aussagekräftige Darstellung der Daten/Funktionen

  Ein Plot kann wenig oder viel sagen!

- Exportieren von Plots in verschiedene Formate → Einbindung in Dokumente

  Was nützt es, wenn man es niemandem zeigen kann!

- Least Squares Fits von Funktionen an Daten

  Physikalische Interpretation von experimentellen Daten!

Beispiel Datensatz:

```
#
# Mean Temperature (in Celsius) over Land & Ocean
# (from http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs)
#-------------------------------------
# Year    Land    Ocean
#-------------------------
 1880    -.41    -.22
 1881    -.32    -.16
 1882    -.25    -.22
 1883    -.38    -.20
 1884    -.67    -.21
 1885    -.64    -.23
 1886    -.53    -.19
 1887    -.68    -.27
 1888    -.50    -.20
 1889    -.18    -.14
 1890    -.50    -.34
 1891    -.56    -.20
 1892    -.52    -.29
 1893    -.49    -.28
 1894    -.38    -.32
 1895    -.43    -.23
 1896    -.37    -.12
 1897    -.17    -.10
 1898    -.26    -.25
 1899    -.15    -.17
 1900    -.06    -.10
 1901    -.02    -.19
 1902    -.36    -.24
 1903    -.29    -.32
 1904    -.36    -.33
 1905    -.24    -.24
 1906    -.07    -.23
 1907    -.51    -.34
 1908    -.31    -.34
 1909    -.31    -.36
 1910    -.21    -.37
 1911    -.28    -.35
 1912    -.44    -.30
```

Daten alleine machen noch keinen guten Physiker!
(oder gutes Wetter)

Wichtig ist es, Daten sinnvoll und anschaulich darzustellen
und physikalische Ergebnisse verständlich zu präsentieren!

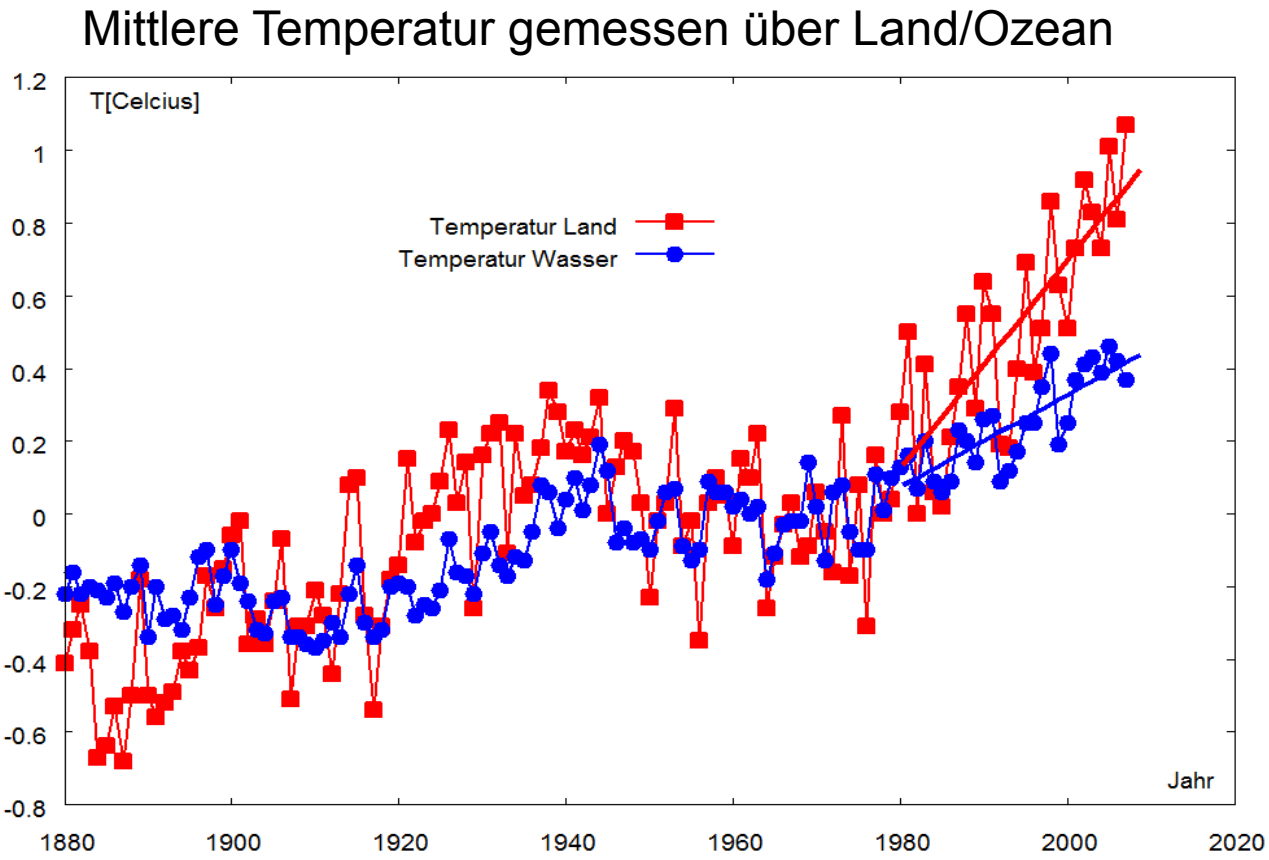
Beispiel Datensatz:

```
#
# Mean Temperature (in Celsius) over Land & Ocean
# (from http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs)
#-------------------------------------
# Year    Land    Ocean
#-------------------------
 1880    -.41    -.22
 1881    -.32    -.16
 1882    -.25    -.22
 1883    -.38    -.20
 1884    -.67    -.21
 1885    -.64    -.23
 1886    -.53    -.19
 1887    -.68    -.27
 1888    -.50    -.20
 1889    -.18    -.14
 1890    -.50    -.34
 1891    -.56    -.20
 1892    -.52    -.29
 1893    -.49    -.28
 1894    -.38    -.32
 1895    -.43    -.23
 1896    -.37    -.12
 1897    -.17    -.10
 1898    -.26    -.25
 1899    -.15    -.17
 1900    -.06    -.10
 1901    -.02    -.19
 1902    -.36    -.24
 1903    -.29    -.32
 1904    -.36    -.33
 1905    -.24    -.24
 1906    -.07    -.23
 1907    -.51    -.34
 1908    -.31    -.34
 1909    -.31    -.36
 1910    -.21    -.37
 1911    -.28    -.35
 1912    -.44    -.30
```

Ein Bild sagt mehr als tausend Worte

oder

Ein Plot sagt mehr als tausend Zahlen



Programme zum Plotten von Daten

- **gnuplot:** einfache Bedienung (Kommandozeile), für viele Betriebssysteme verfügbar
- **xmgr:** ähnlich wie gnuplot, nur für Betriebssystem Unix/Linux
- **root:** komplettes Datenanalyse Programmpaket, umfangreich aber schwer zu lernen
- **Origin:** nur für Windows (Campuslizenz im HRZ)
- **Mathematica:** Computeralgebra System (Studentenlizenzen der Fakultät)
- **Matlab/Octave**
- **.....**

Gnuplot

- Kommando-orientiertes Programm
- Steuerung über Kommandozeile oder Skripte (Befehle in Textdateien)
- Nach dem Lernen der wichtigsten Befehle schnell und einfach zu bedienen
- Vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten (plot-styles, Beschriftungen, Fonts, Farben...)
- Einfaches Exportieren von Plots in diverse Ausgabeformate
- Einbinden der Grafiken in alle Textverarbeitungssysteme (Latex, Office...) problemlos
- Wissenschaftliche Präsentation von Ergebnissen

Gnuplot – Installation

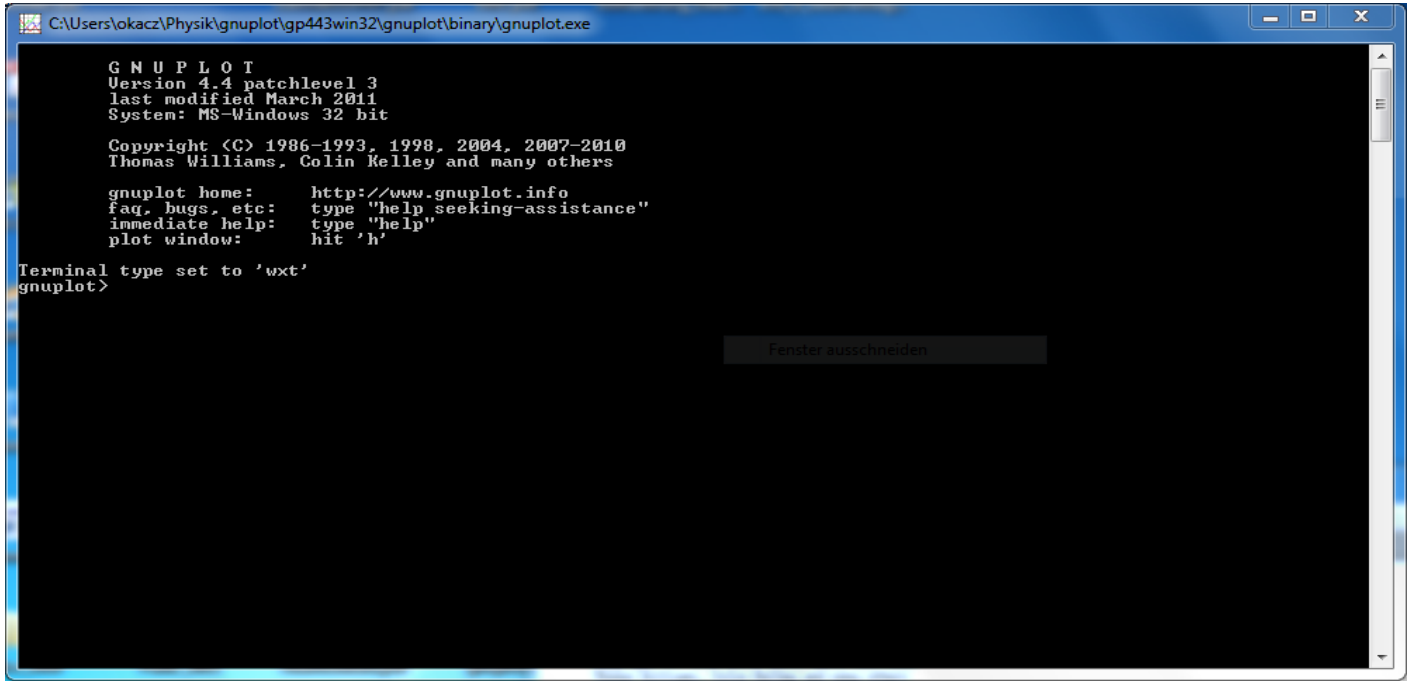
- Download von: **www.gnuplot.info**
- Unter Windows: **gp466-win32-setup.exe** runterladen und installieren
- Unter Linux: In allen Distributionen enthalten, über Paketmanager installieren
- Unter Mac OS: ???

- Readme oder Readme.Windows lesen!
- Umfangreiche Dokumentation unter www.gnuplot.info / google-Suche: gnuplot
- Viele Beispiele im Paket enthalten und auf der gnuplot-Homepage
- Sehr gute Hilfe mit Beispielen integriert: Kommando help oder help Befehl

Gnuplot – erste Schritte

- Starten des Programms: gnuplot unter Linux / gnuplot.exe (wgnuplot.exe in Windows)

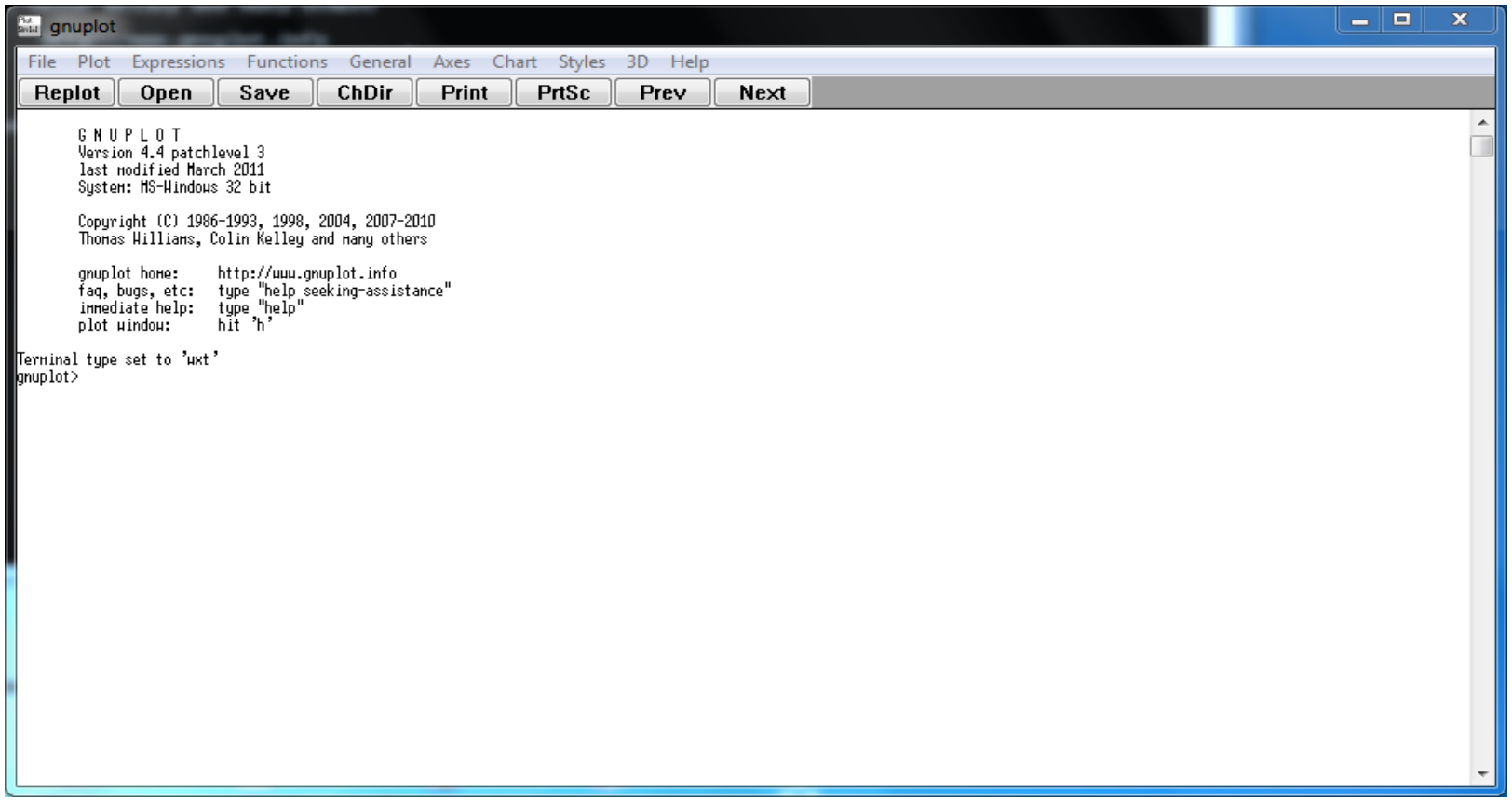
gnuplot / gnuplot.exe (reine Kommandozeile)



Gnuplot – erste Schritte

- Starten des Programms: gnuplot unter Linux / gnuplot.exe (wgnuplot.exe in Windows)

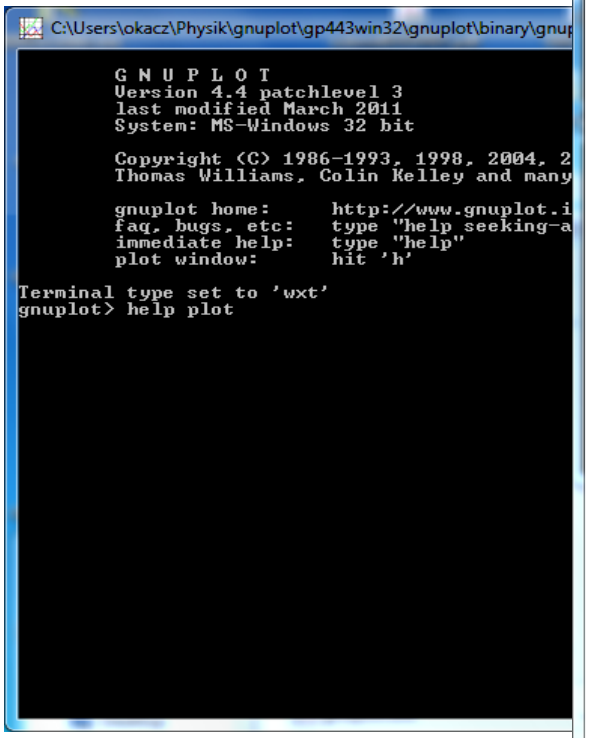
wgnuplot.exe (ein paar Menüs):

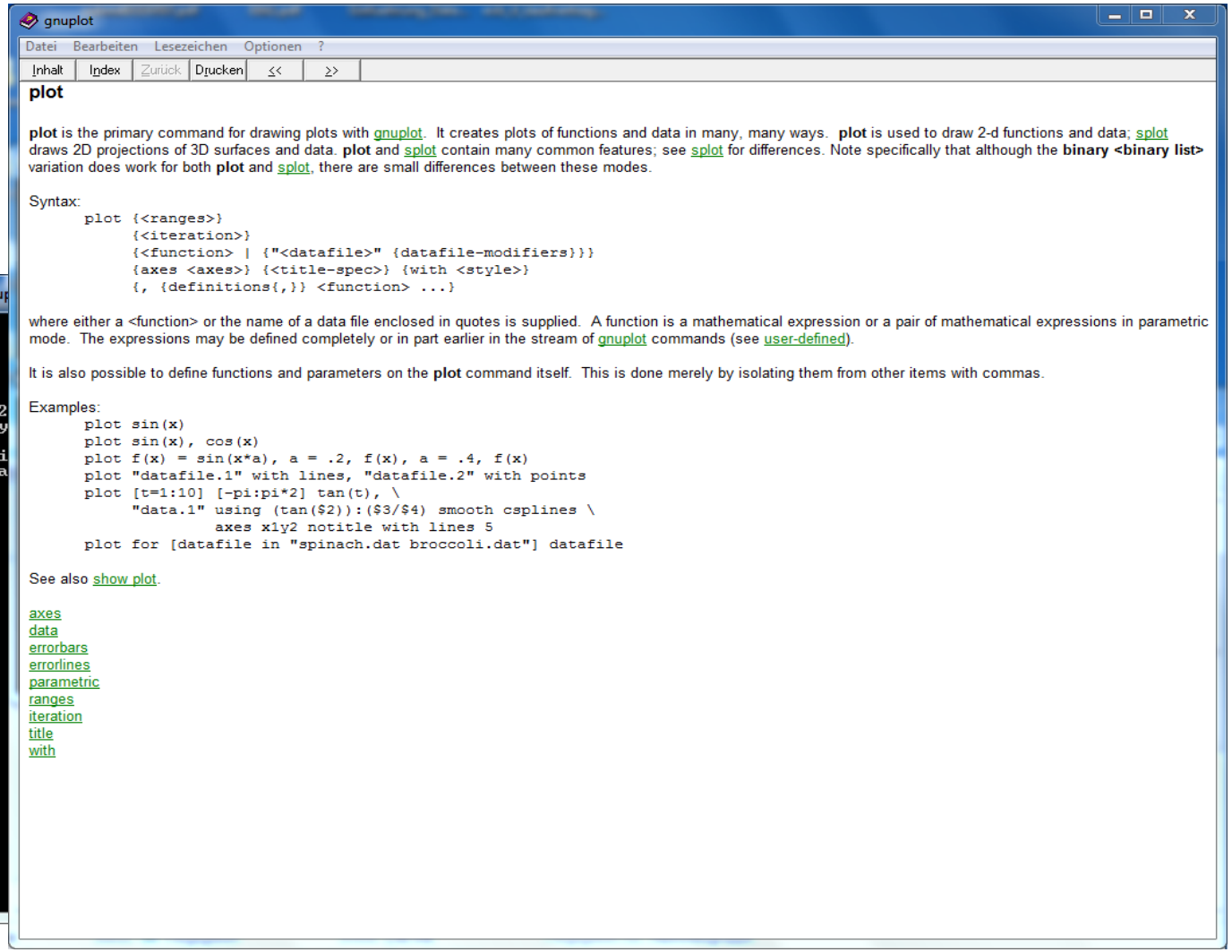


Gnuplot – erste Schritte

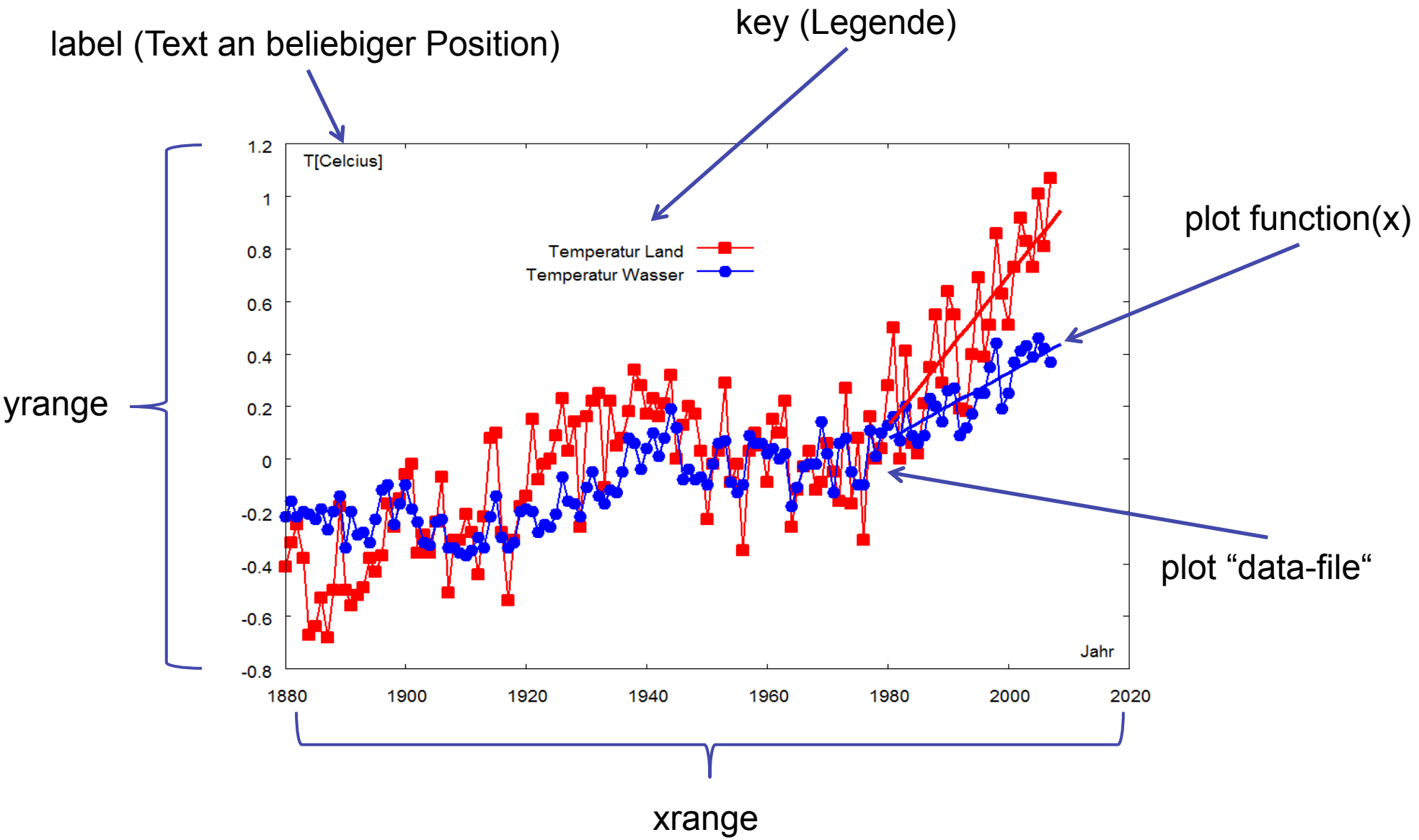
- Der wichtigste Befehl: help oder help <Kommando>

Beispiel: help plot





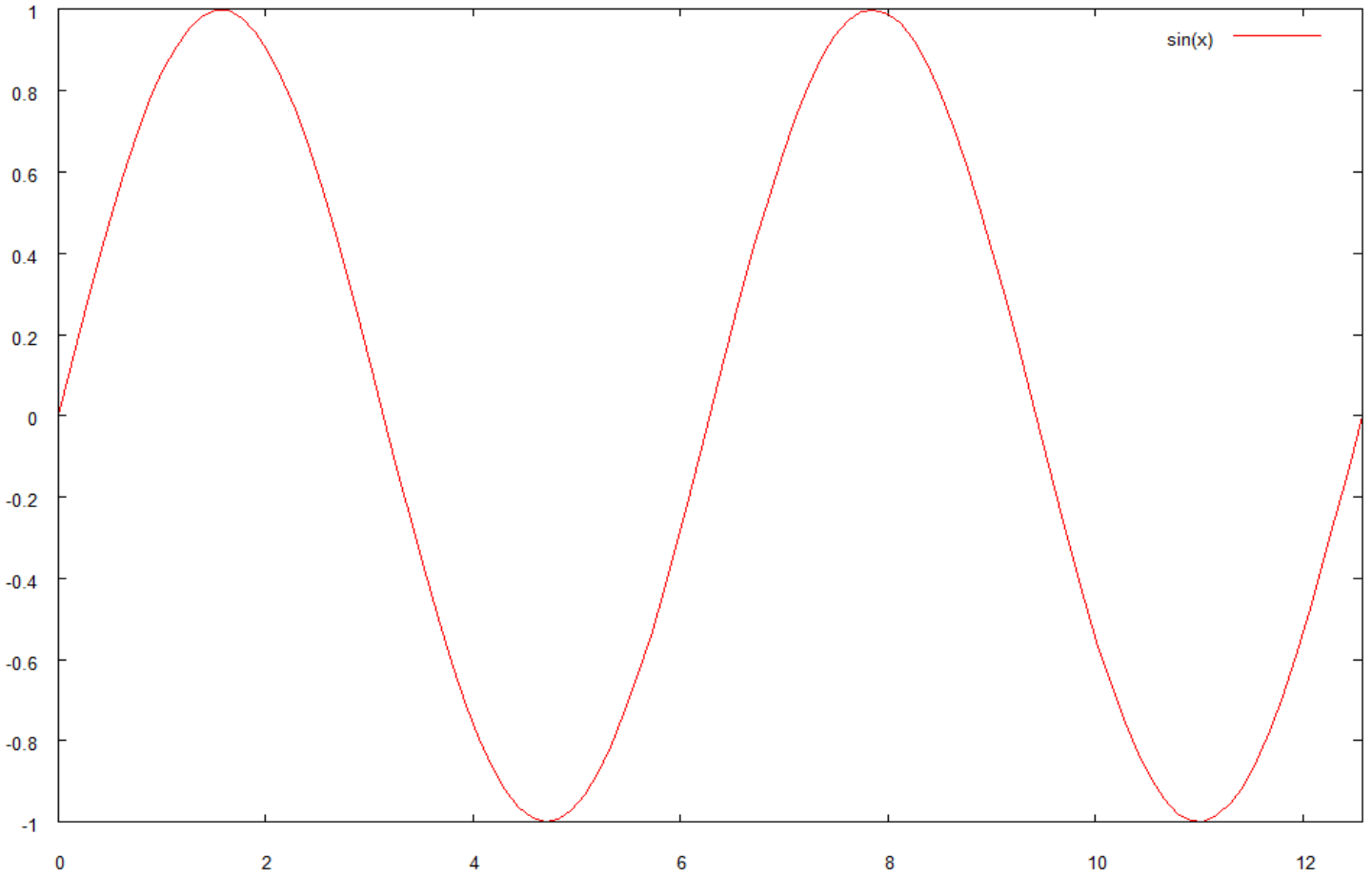
Bezeichnungen in gnuplot



1. Beispiel: plot

```
plot [0:2*pi] sin(x)
```

Kommando x-Bereich Funktion



Funktionen plotten

plot {<ranges>} <function> {title <title>} {with <style>}

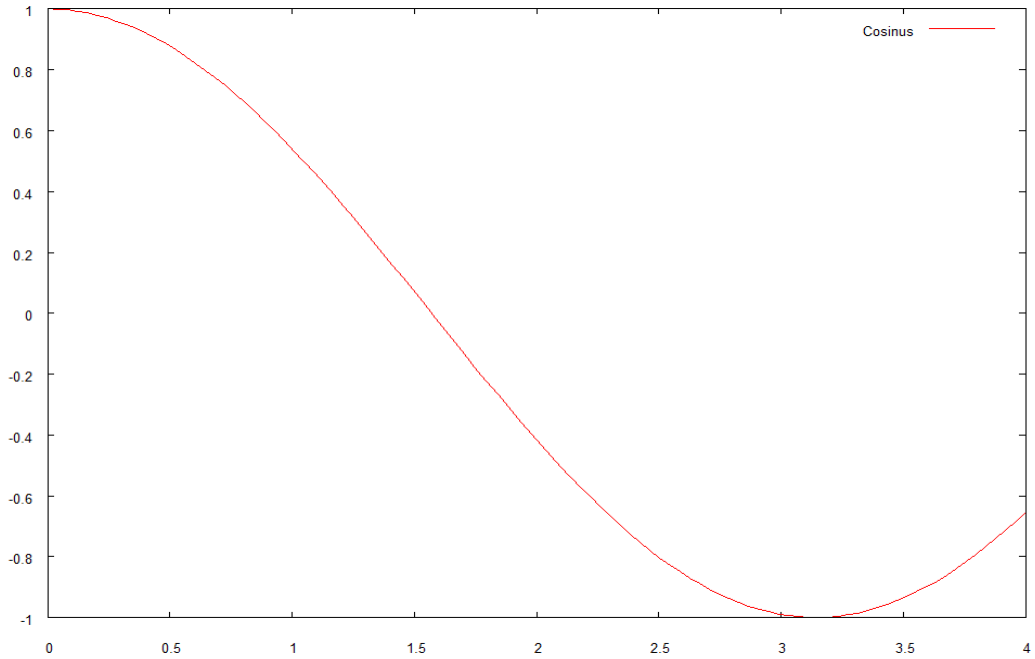
<ranges>: $[x_{min}:x_{max}]$
$[x_{min}:x_{max}]$ $[y_{min}:y_{max}]$

<title>: title “Funktion f(x)“

<style>: with lines
with points
with linespoints
..... (siehe help with)

Beispiel:

plot [0:4] cos(x) title “Cosinus“ with lines



Vordefinierte Funktionen:

Math library functions		
Function	Arguments	Returns
abs(x)	any	absolute value of x, $\|x\|$; same type
abs(x)	complex	length of x, $\sqrt{\text{real}(x)^2 + \text{imag}(x)^2}$
acos(x)	any	$\cos^{-1} x$ (inverse cosine)
acosh(x)	any	$\cosh^{-1} x$ (inverse hyperbolic cosine) in radians
arg(x)	complex	the phase of x
asin(x)	any	$\sin^{-1} x$ (inverse sin)
asinh(x)	any	$\sinh^{-1} x$ (inverse hyperbolic sin) in radians
atan(x)	any	$\tan^{-1} x$ (inverse tangent)
atan2(y,x)	int or real	$\tan^{-1}(y/x)$ (inverse tangent)
atanh(x)	any	$\tanh^{-1} x$ (inverse hyperbolic tangent) in radians
EllipticK(k)	real k $\in$ (-1:1)	$K(k)$ complete elliptic integral of the first kind
EllipticE(k)	real k $\in$ [-1:1]	$E(k)$ complete elliptic integral of the second kind
EllipticPi(n,k)	real n<1, real k $\in$ (-1:1)	$\Pi(n,k)$ complete elliptic integral of the third kind
besj0(x)	int or real	j_0 Bessel function of x, in radians
besj1(x)	int or real	j_1 Bessel function of x, in radians
besy0(x)	int or real	y_0 Bessel function of x, in radians
besy1(x)	int or real	y_1 Bessel function of x, in radians
ceil(x)	any	$\lceil x \rceil$, smallest integer not less than x (real part)
cos(x)	any	$\cos x$, cosine of x
cosh(x)	any	$\cosh x$, hyperbolic cosine of x in radians
erf(x)	any	erf(real(x)), error function of real(x)
erfc(x)	any	erfc(real(x)), 1.0 - error function of real(x)
exp(x)	any	e^x, exponential function of x
floor(x)	any	$\lfloor x \rfloor$, largest integer not greater than x (real part)
gamma(x)	any	gamma(real(x)), gamma function of real(x)
ibeta(p,q,x)	any	ibeta(real(p,q,x)), ibeta function of real(p,q,x)
inverf(x)	any	inverse error function of real(x)
igamma(a,x)	any	igamma(real(a,x)), igamma function of real(a,x)
imag(x)	complex	imaginary part of x as a real number
invnorm(x)	any	inverse normal distribution function of real(x)
int(x)	real	integer part of x, truncated toward zero
lambertw(x)	real	Lambert W function
lgamma(x)	any	lgamma(real(x)), lgamma function of real(x)
log(x)	any	$\log_e x$, natural logarithm (base e) of x
log10(x)	any	$\log_{10} x$, logarithm (base 10) of x
norm(x)	any	normal distribution (Gaussian) function of real(x)
rand(x)	any	rand(x), pseudo random number generator
real(x)	any	real part of x
sgn(x)	any	1 if $x > 0$, -1 if $x < 0$, 0 if $x = 0$. imag(x) ignored
sin(x)	any	$\sin x$, sine of x
sinh(x)	any	$\sinh x$, hyperbolic sine of x in radians
sqrt(x)	any	$\sqrt{x}$, square root of x
tan(x)	any	$\tan x$, tangent of x
tanh(x)	any	$\tanh x$, hyperbolic tangent of x in radians

Mehrere Funktionen in einem Plot

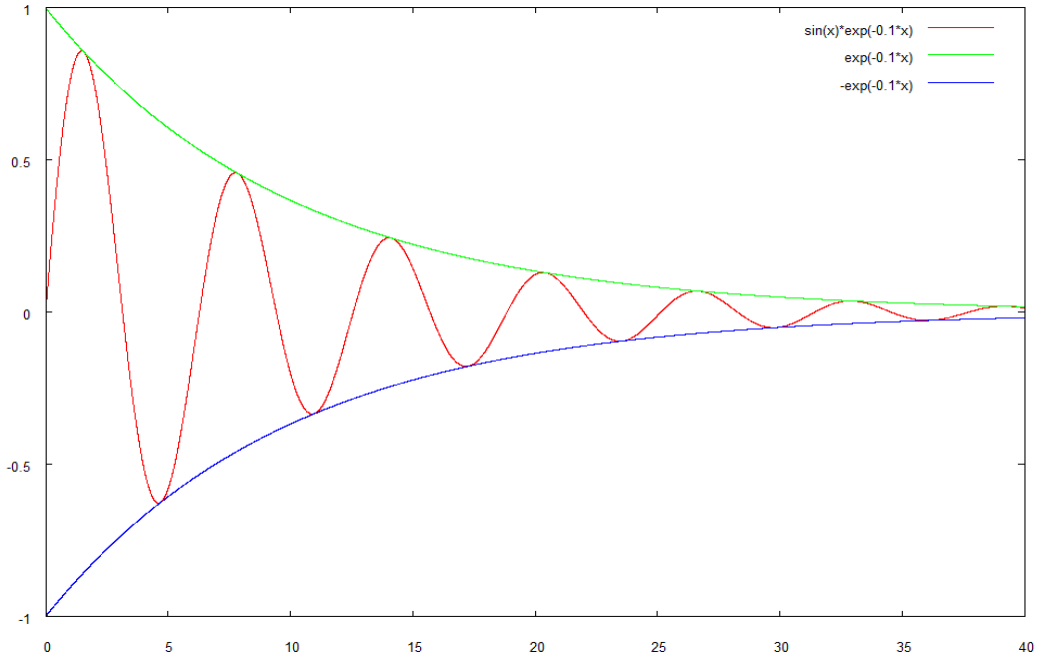
Beispiel:

```
set xrange [0:40]

plot sin(x)*exp(-0.1*x), exp(-0.1*x), -exp(0.1*x)
```

```
plot  sin(x)*exp(-0.1*x)
rep   exp(-0.1*x)
rep   -exp(-0.1*x)
```

```
plot  sin(x)*exp(-0.1*x) , \
              exp(-0.1*x) , \
              -exp(-0.1*x)
```



Definieren von Funktionen

Weitere Funktionen können definiert werden

- aus eingebauten Standardfunktionen
- mit mathematischen Operatoren (*, /, -, +, &&, ||, ?:)

Beispiele:

```
f(x) = exp(x)*sin(x)
theta(x) = (x<0)?0:1          (falls (x<0) dann 0, sonst 1)
dist2D(x,y) = sqrt(x**2+y**2) (x**2 bedeutet x^2)
func(x,w) = sin(w*x)          (w ist hier ein Parameter)
        plot func(x,1), func(x,2)
```

Exportieren von Plots

- Plots lassen sich in gnuplot in diversen Formaten exportieren
- Unter Windows: Copy via Clipboard (STRG-C / STRG-V), mäßige Qualität
- Je nach Anwendung ist das eine oder andere Format besser

Beispiel: erzeugt eine Grafikdatei *sin.png*

```
plot sin(x)
set terminal png          <-- setzt das Ausgabeformat
set output “sin.png“      <-- setzt die Ausgabedatei
rep
set output                <-- setzt die Ausgabe zurück
set terminal windows      <-- setzt das Ausgabeformat zurück
```

Wichtige Ausgabeformate: Postscript

set term postscript - Seitenbeschreibungssprache Postscript

set term post eps enhanced color solid 24

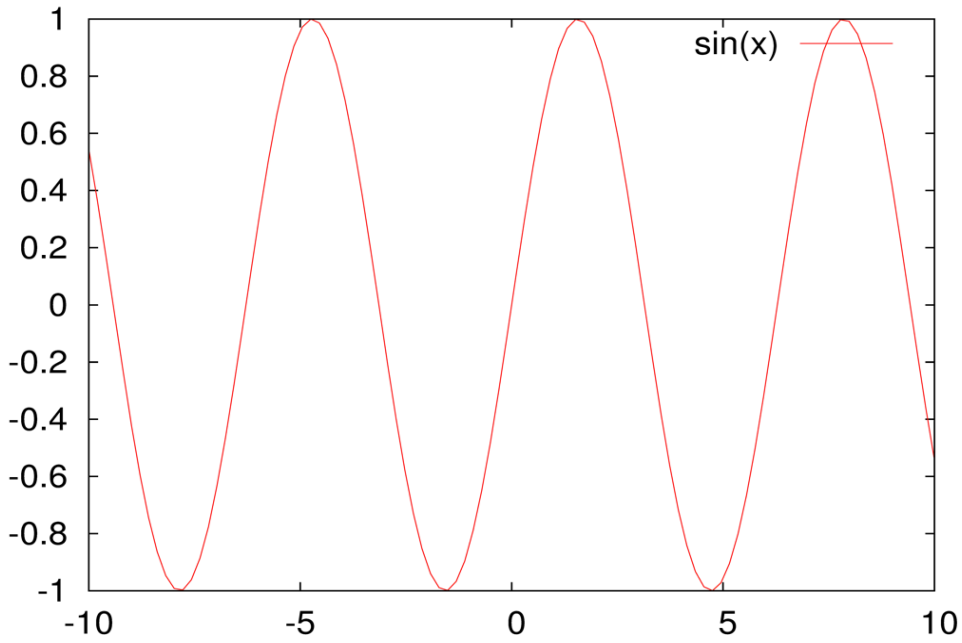
eps: spezielles Format zum Einbinden in anderen Programmen

enhanced: erlaubt spezielle Text Features (x_i , x^2, ...)

color / monochrome

solid / dashed: Linien durchgezogen oder gestrichelt

24: Schriftgröße



Vorteile:

Skalierbar, beste Ausgabequalität,

Postscript ist eine Druckersprache,

Vielfältige Möglichkeiten für Text- und Sonderzeichen

Wichtige Ausgabeformate: PDF

set term pdf - Portable Document Format

set term pdf enhanced color solid font “Arial,10“

enhanced: erlaubt spezielle Text Features (x_i , x^2, ...)

color / monochrome

solid / dashed: Linien durchgezogen oder gestrichelt

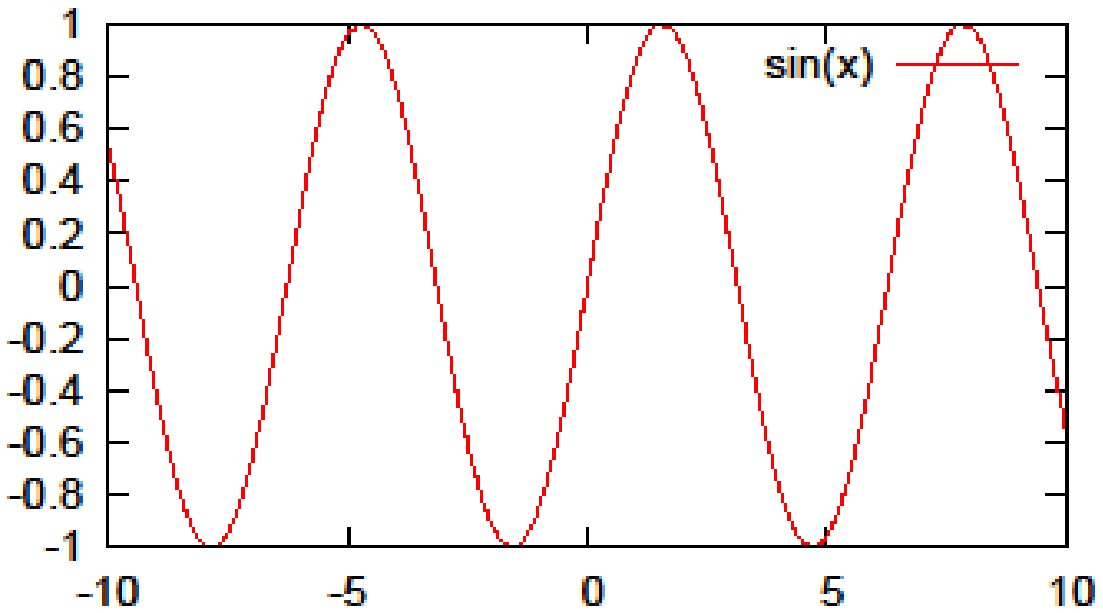
10: Schriftgröße

Vorteile:

Skalierbar, gute Ausgabequalität,

Portable, komprimiert

Windows Office Einbindung mäßig



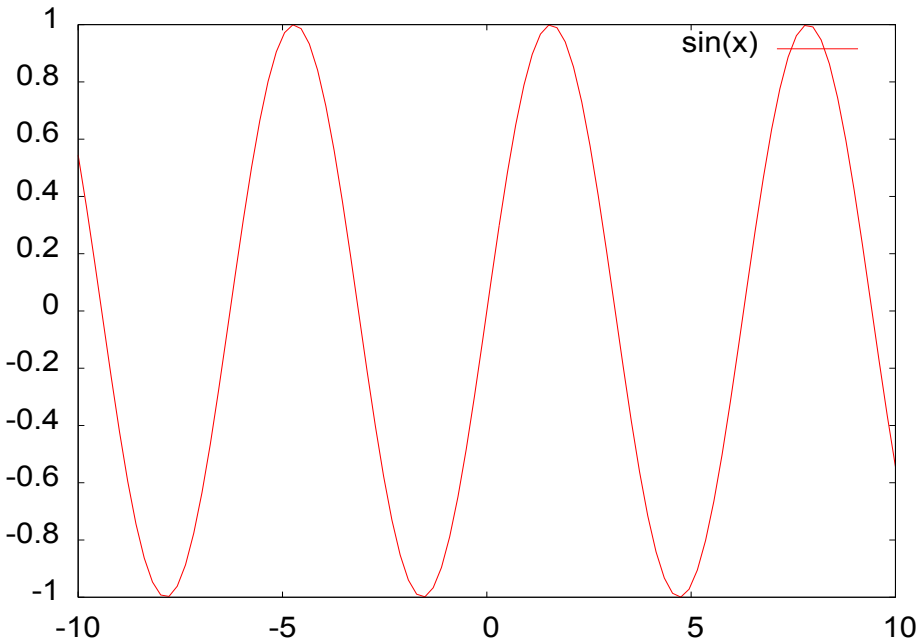
Wichtige Ausgabeformate: EMF

set term emf ... - Windows enhanced Metafile

Vorteile:

optimale Windows Unterstützung

schlechte Linux/Mac Unterstützung



Wichtige Ausgabeformate: PNG

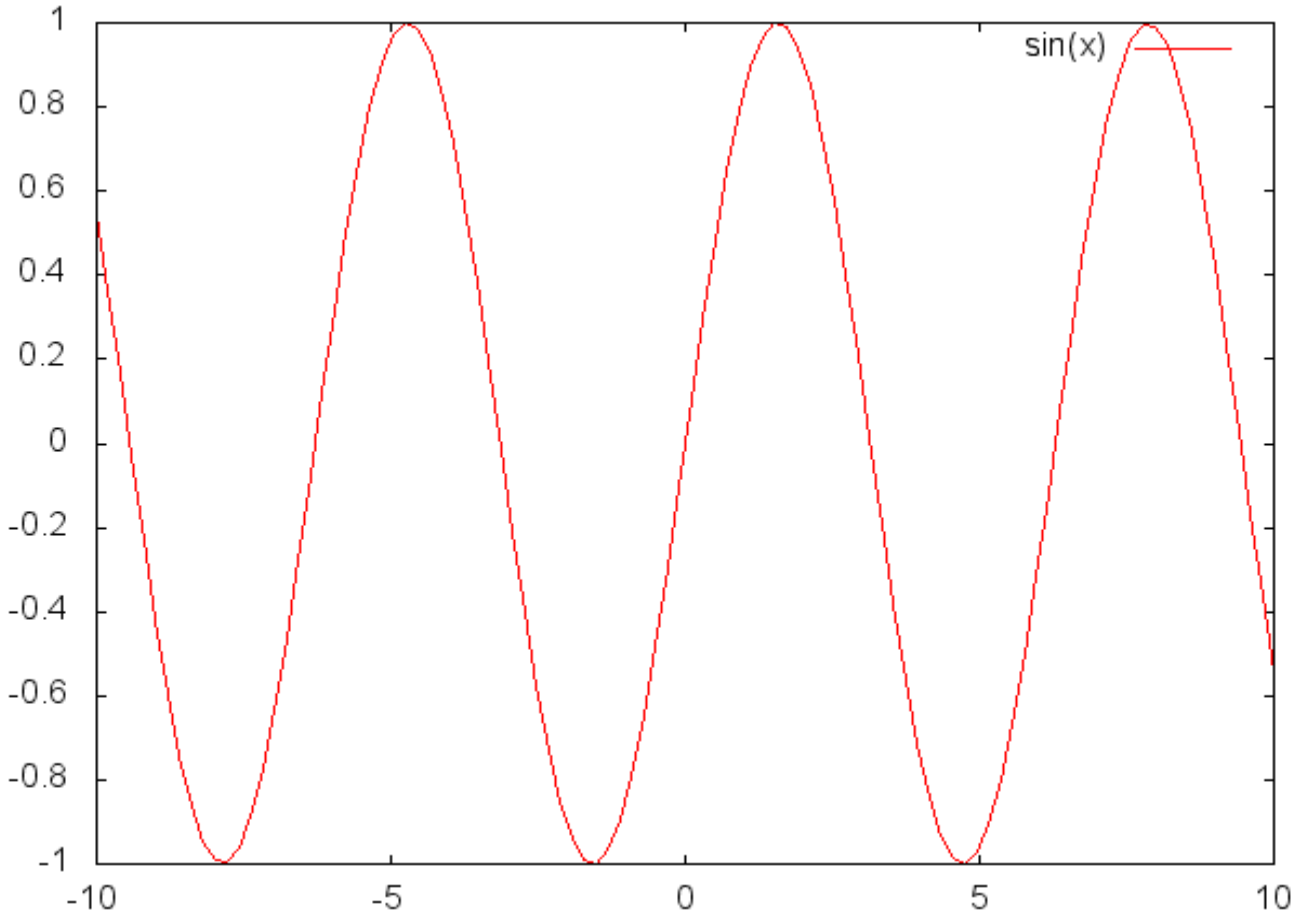
set term png ... - Portable Network Format

Vorteile:

optimal fürs Internet

schlechte Qualität

nicht skalierbar



Weitere Formate:

siehe gnuplot Dokumentation

Graphics Devices

All screen graphics devices are specified by names and options. This information can be read from a startup file (.gnuplot in UNIX). If you change the graphics device, you must replot with the replot command or recreate it repeating the load of the script that created it.

get a list of valid devices	`set terminal [options]`
Graphics Terminals:	
Mac OS X	`set term aqua`
AED 512 Terminal	`set term aed512`
AED 767 Terminal	`set term aed767`
Amiga	`set term amiga`
Adobe Illustrator 3.0 Format	`set term aifm`
Apollo graphics primitive, rescalable	`set term apollo`
Atari ST	`set term atari`
BBN Bitgraph Terminal	`set term bitgraph`
SCO CGI Driver	`set term cgi`
Apollo graphics primitive, fixed window	`set term gpr`
SGI GL window	`set term iris4d [8 24]`
MS-DOS Kermit Tek4010 term - color	`set term kc_tek40xx`
MS-DOS Kermit Tek4010 term - mono	`set term km_tek40xx`
NeXTstep window system	`set term next`
OS/2 Presentation Manager	`set term pm`
REGIS graphics language	`set term regis`
Selanar Tek Terminal	`set term selanar`
SunView window system	`set term sun`
Tektronix 4106, 4107, 4109 & 420X	`set term tek40D10x`
Tektronix 4010; most TEK emulators	`set term tek40xx`
VAX UIS window system	`set term VMS`
VT-like tek40xx terminal emulator	`set term vttek`
UNIX plotting (not always supplied)	`set term unixplot`
AT&T 3b1 or 7300 UNIXPC	`set term unixpc`
MS Windows	`set term windows`
X11 display terminal	`set term x11`
Turbo C PC Graphics Modes:	
Hercules	`set term hercules`
Color Graphics Adaptor	`set term cga`
Monochrome CGA	`set term mcga`
Extended Graphics Adaptor	`set term ega`
VGA	`set term vga`
Monochrome VGA	`set term vgamono`
Super VGA - requires SVGA driver	`set term svga`
AT&T 6300 Micro	`set term att`
Hardcopy Devices:	
Unknown - not a plotting device	`set term unknown`
Dump ASCII table of X Y [Z] values	`set term table`
printer or glass dumb terminal	`set term dumb`
Roland DXY800A plotter	`set term dxy800a`
Dot Matrix Printers	
Epson-style 60-dot per inch printers	`set term epson_60dpi`
Epson LX-800, Star NL-10	`set term epson_lx800`
NX-1000, PROPRINTER	`set term epson_lx800`
NEC printer CP6, Epson LQ-800	`set term nec_cp6 [monochrome color draft]`
Star Color Printer	`set term starc`
Tandy DMP-130 60-dot per inch	`set term tandy_60dpi`
Vectrix 384 & Tandy color printer	`set term vx384`
Laser Printers	
Talaris EXCL language	`set term excl`
Imagen laser printer	`set term imagen`
LN03-Plus in EGM mode	`set term ln03`
PostScript graphics language	`set term post [mode color 'font' size]`
CorelDraw EPS	`set term corel [mode color 'font' size]`
Prescribe - for the Kyocera Laser Printer	`set term prescribe`
Kyocera Laser Printer with Courier font	`set term kyo`
QMS/QUIC Laser (also Talaris 1200)	`set term qms`
Metafiles	
AutoCAD DXF (120x80 default)	`set term dxf`
FIG graphics language: SunView or X	`set term fig`
FIG graphics language: Large Graph	`set term bfig`
SCO hardcopy CGI	`set term hcgi`
Frame Maker MIF 3.0	`set term mif [pentype curvetype help]`
Portable bitmap	`set term pbm [fontsize color]`
Uniplex Redwood Graphics Interface Protocol	`set term rgip`
TGIF language	`set term tgif`
HP Devices	
HP2623A and maybe others	`set term hp2623A`
HP2648 and HP2647	`set term hp2648`
HP7580, & probably other HPs (4 pens)	`set term hp7580B`
HP7475 & lots of others (6 pens)	`set term hpgl`
HP Laserjet series II & clones	`set term hpljii [75 100 150 300]`
HP DeskJet 500	`set term hpdj [75 100 150 300]`
HP PaintJet & HP3630	`set term hppj [FNT5X9 FNT9X17 FNT13x25]`
HP laserjet III (HPGL plot vectors)	`set term pcl5 [mode font fontsize ]`
TeX picture environments	
LaTeX picture environment	`set term latex`
EEPIC – extended LaTeX picture	`set term eepic`
LaTeX picture with emTeX specials	`set term emtex`
PSTricks macros for TeX or LaTeX	`set term pstricks`
TPIC specials for TeX or LaTeX	`set term tpic`
MetaFont font generation input	`set term mf`
Saving and restoring terminal	
restore default or pushed terminal	`set term pop`
save (push) current terminal	`set term push`
Commands associated to interactive terminals	
change mouse settings	`set mouse`
change hotkey bindings	`bind`

Daten plotten

plot {<ranges>} “datendatei“ using 1:2 {title <title>} {with <style>}

<ranges>: $[x_{min}:x_{max}]$
$[x_{min}:x_{max}]$ $[y_{min}:y_{max}]$

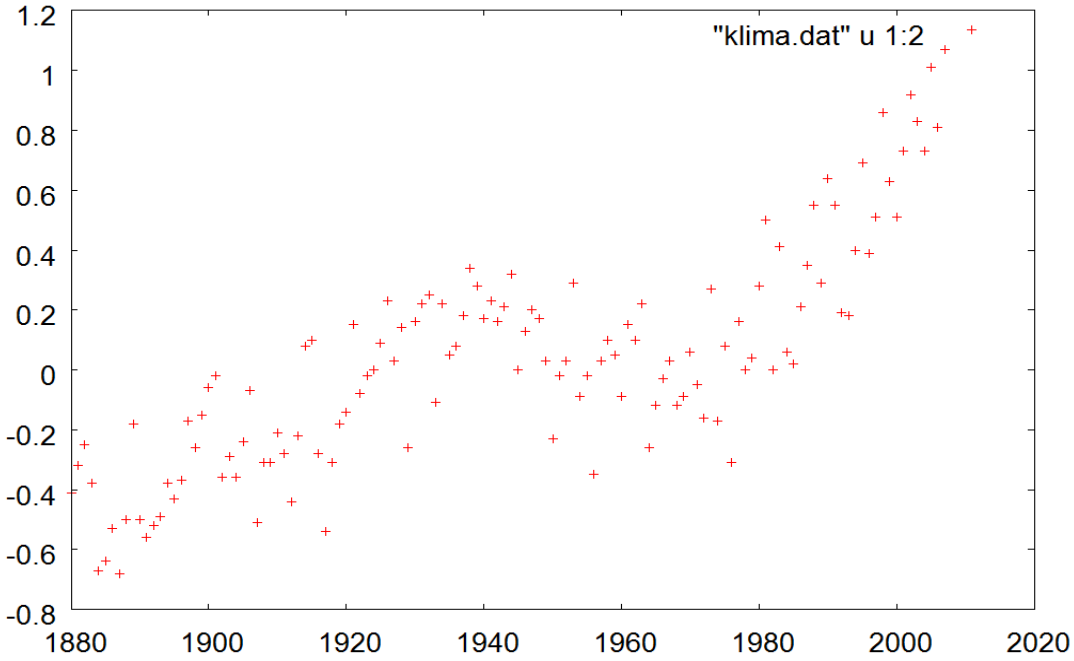
<title>: title “Daten xy“

using 1:2 : Benutze Spalte 1 und Spalte 2 als Datenpunkte {x,y}

<style>: with lines
with points
with linespoints
..... (siehe help with)

Beispiel:

plot “klima.dat“ u 1:2



Daten mit Fehlern plotten

plot {<ranges>} “datendatei“ using 1:2:3 {title <title>} {with <style>}

<ranges>: $[x_{min}:x_{max}]$
$[x_{min}:x_{max}]$ $[y_{min}:y_{max}]$

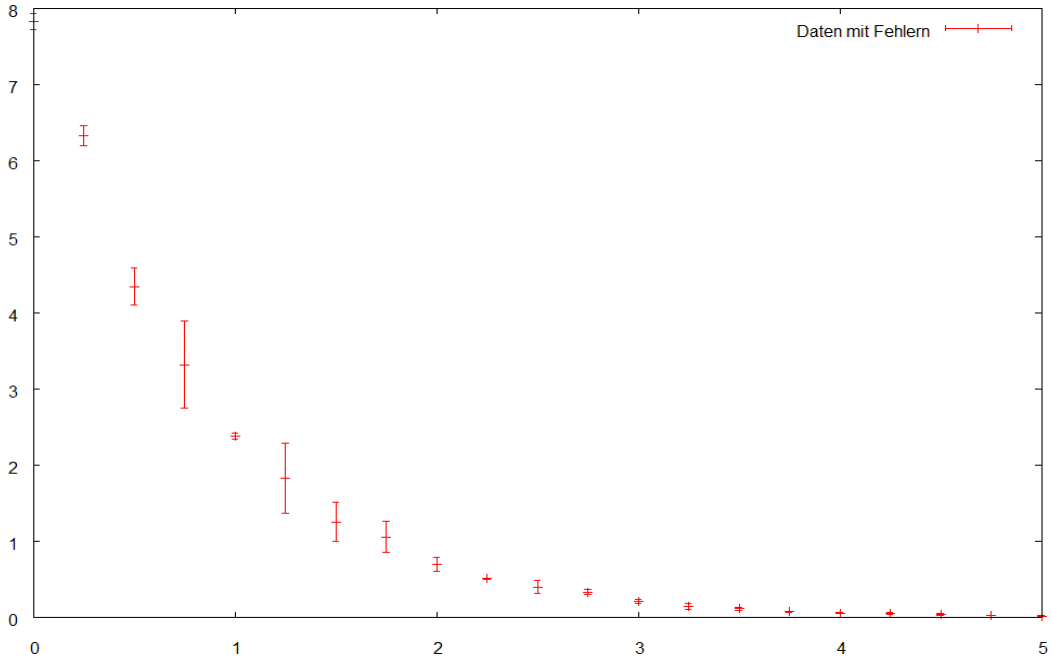
<title>: title “Daten xy“

using 1:2:3 : Benutze Spalte 1 und Spalte 2 als Datenpunkte {x,y} und Spalte 3 als Fehler von y

<style>: with errorbars
with xerrorbars
with errorlines
..... (siehe help with)

Beispiel:

plot “error.dat“ u 1:2:3 w e



Plot Styles

**plot “klima.dat“ using 1:2 with linespoints **

**pointtype 5 **

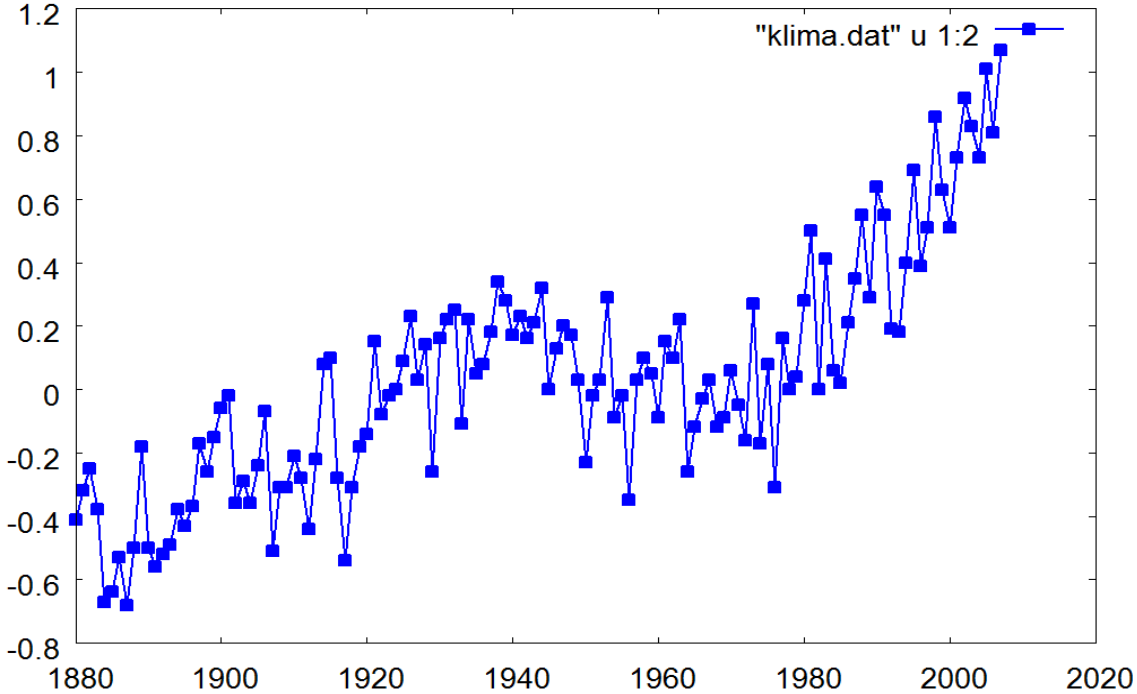
**linetype 3 **

**pointsize 1.5 **

linewidth 2

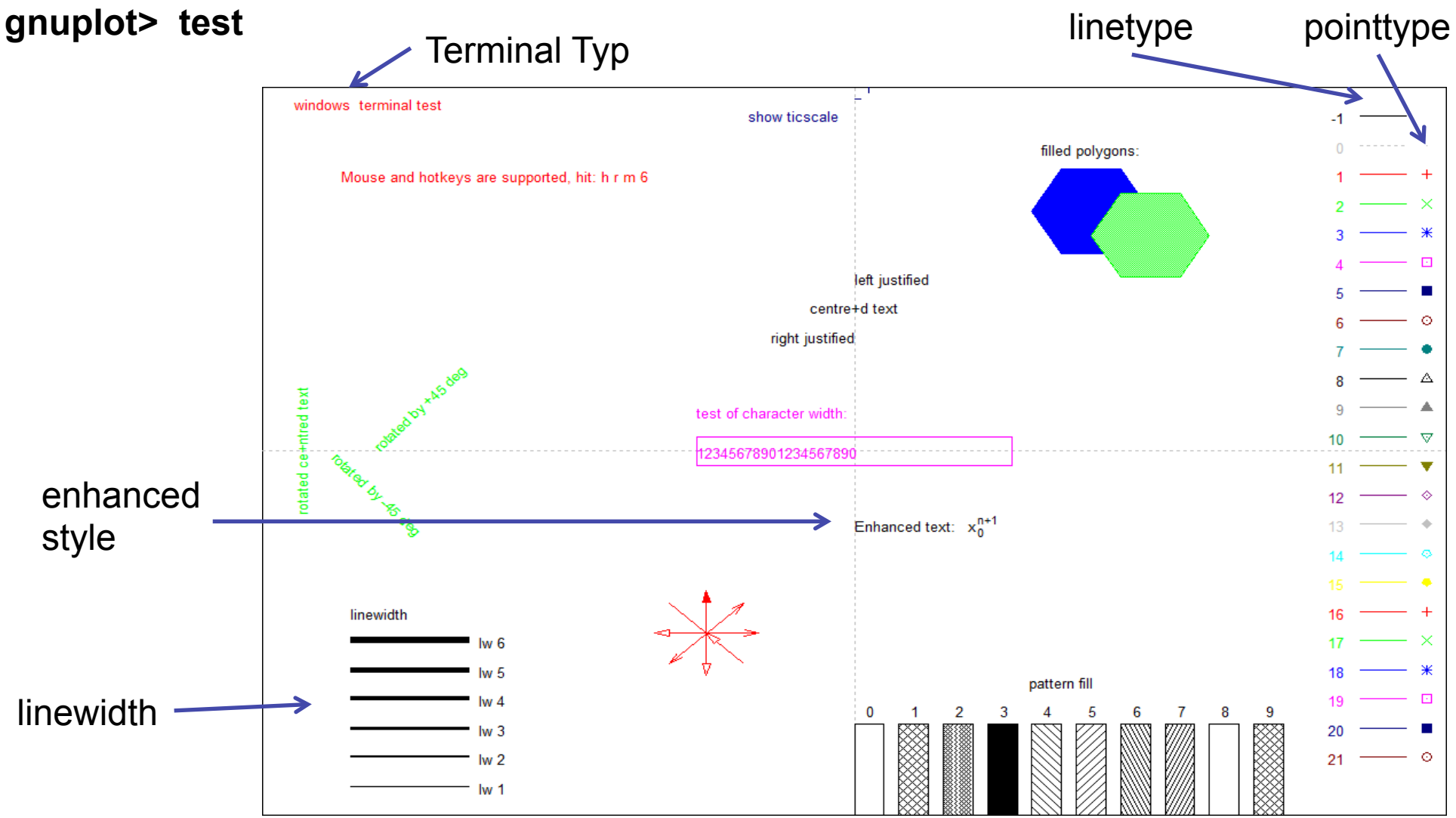
oder in kurzschreibweise:

p “klima.dat“ u 1:2 w linesp pt 5 lt 3 ps 1.5 lw 2



Plot Styles

gnuplot> test



Skripte = Plotdateien

klima.gnu:

```
set xr [1880:2020]
set yr [:1.2]
set term windows font "Arial,14"
plot "klima.dat" u 1:2 title "Temperatur Land" w lp ls 1 lw 2 pt 5
rep  "klima.dat" u 1:3 title "Temperatur Wasser" w lp ls 3 lw 2 pt 7

f(x) = a+b*x
g(x) = c+d*x

fit [1980:*] f(x) "klima.dat" u 1:2 via a,b
fit [1980:*] g(x) "klima.dat" u 1:3 via c,d

rep f(x)*((x>1980 && x<2010 )?1:1/0) title "" w l ls 1 lw 4
rep g(x)*((x>1980 && x<2010 )?1:1/0) title "" w l ls 3 lw 4

set key at 1960,0.85
set label 1 "Jahr" at 2012,-0.72
set label 2 "T[Celcius]" at 1883,1.15
set term emf 20
set out "klima.emf"
rep
set term windows
set out
```

Alle Befehle auf der Kommandozeile können in eine Textdatei geschrieben werden und mit

load “plotfile“

geladen und ausgeführt werden!