

# TikZ ja PGF – ohjeita ja esimerkkejä

Jarmo Niemelä

## Sisällys

1	Johdanto	2
2	Janat ja monikulmiot	2
3	Optiot	3
4	Nuolenkärjet	4
5	Ympyrät, ellipsit, kaaret ja käyrät	4
6	Koordinaatit	5
7	Värit	6
8	Teksti: solmut ja niitä yhdistävät kaaret	8
9	Puut	11
10	Toisto	12
11	Funktioiden kuvaajat	13
12	Yleisiä ohjeita	14
13	Esimerkkejä	15

# 1 Johdanto

Makropaketin tikz<sup>1</sup> piirtokomennoilla voi tehdä kuvia L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-dokumenttiin. Tikz otetaan käyttöön komennolla

```
\usepackage{tikz}
```

Tikz muodostaa käyttöliittymän makropaketille pgf (portable graphics format), joka sisältää yksinkertaisempia, alemman tason piirtokomentoja. Mikäli pgf ja tikz on asennettu L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-ohjelmistoon, niiden käyttöohjeet löytyvät L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-ohjelmiston tiedostosta<sup>2</sup> /doc/generic/pgf/pgfmanual.pdf.

Tikz-makropaketin komennoilla tehty grafiikka sijoitetaan joko komennon `\tikz` argumenttiin tai ympäristöön `tikzpicture`. Kaikki tikz:n piirtokomennot päätetään puolipisteellä. Esimerkiksi

```
\tikz{\draw circle[radius=2mm];}
```

tekee ympyrän, jonka säde on 2 mm: ○.

Makropaketilla tikz tehdyt kuvat on suositeltavaa sijoittaa dokumenttiin kelluvina eli ympäristön `figure` sisään, jolloin L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X sijoittaa ne ensimmäiseen sopivaan paikkaan.

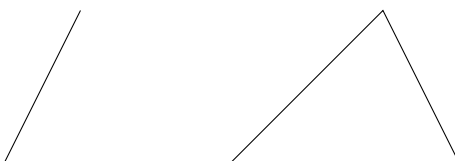
```
\begin{figure}
  \centering
  \begin{tikzpicture}
    % piirtokomennot tulevat tähän
  \end{tikzpicture}
  \caption{Kuvan otsikko.}\label{fig: esimerkkikuva}
\end{figure}
```

Tässä ohjeessa näin ei kuitenkaan tehdä, jotta dokumentti pysyisi yksinkertaisempana.

## 2 Janat ja monikulmiot

Viivasegmenteistä koostuvia polkuja voi piirtää seuraavasti:

```
\begin{tikzpicture}
  \draw (0,0) -- (1,2);
  \draw (3,0) -- (6,0) -- (5,2) -- cycle;
\end{tikzpicture}
```



---

<sup>1</sup>TikZ on lyhenne saksankielisestä lauseesta "TikZ ist *kein* Zeichenprogramm".

<sup>2</sup>Tai osoitteesta [mirror.ctan.org/graphics/pgf/base/doc/pgfmanual.pdf](http://mirror.ctan.org/graphics/pgf/base/doc/pgfmanual.pdf)

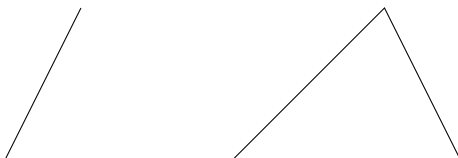
Operaatio `cycle` yhdistää polun loppupisteen alkupisteeseen.

Polun osien ei tarvitse olla yhtenäisiä, joten edellinen jana ja kolmio voidaan piirtää yhdellä `\draw`-komennolla:

```
\draw (0,0) -- (1,2) (3,0) -- (6,0) -- (5,2) -- cycle;
```

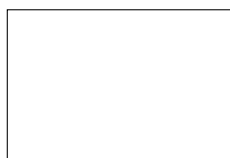
Yllä olevat jana ja kolmio piirrettiin samaan koordinaatistoon. Jos on tarkoitus sijoittaa kaksi täysin erillistä kuviota rinnakkain, niin yleensä parempi vaihtoehto on sijoittaa kumpikin omaan `tikzpicture`-ympäristöönsä:

```
\begin{tikzpicture}
  \draw (0,0) -- (1,2);
\end{tikzpicture}\hspace{2cm}%
\begin{tikzpicture}
  \draw (0,0) -- (3,0) -- (2,2) -- cycle;
\end{tikzpicture}
```



Suorakulmioita voi piirtää operaatiolla `rectangle`

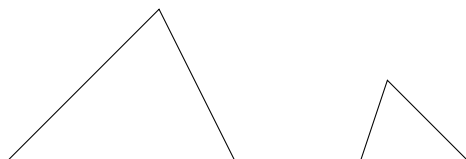
```
\draw (0,0) rectangle (3,2);
```



### 3 Optiot

Kuvia voi skaalata ja kiertää optioilla `scale` ja `rotate`:

```
\begin{tikzpicture}
  \draw (0,0) -- (3,0) -- (2,2) -- cycle;
\end{tikzpicture}\hspace{4em}%
\begin{tikzpicture}[scale=0.5, rotate=135]
  \draw (0,0) -- (3,0) -- (2,2) -- cycle;
\end{tikzpicture}
```



Tikz:n optiot annetaan muodossa `avain=arvo`, kuten `rotate=135`. Joissain tapauksissa `avain=` voidaan jättää pois. Esimerkiksi `blue` on sama kuin `color=blue`. Joissain tapauksissa taas `=arvo` voidaan jättää pois, jolloin käytetään kyseisen option oletusarvoa.

Jos optiot annetaan ympäristölle `tikzpicture`, niin ne vaikuttavat kaikkiin ympäristössä oleviin tikz:n komentoihin. Yksittäiselle komennolle annetut optiot vaikuttavat vain kyseiseen komentoon.

Viivan paksuutta voi säätää optiolla `line width=<mitta>` tai optioilla `ultra thin` —, `very thin` —, `thin` —, `semithick` —, `thick` —, `very thick` — ja `ultra thick` —. Oletusarvo on `thin`.

Katkoviivoja voi tehdä optioilla `dashed` ----, `loosely dashed` - - - ja `densely dashed` -----.

Kulmat saa pyöristettyä optiolla `rounded corners=<pyöristyssäde>`. Pyöristyssäteen oletusarvo on `4pt`.

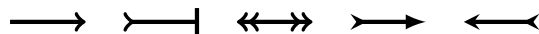
```
\draw[rounded corners] (0,0) -- (1,1) -- (2,0) -- (3,1);
```



## 4 Nuolenkärjet

Seuraavat nuolenkärkityypit ovat käytettävissä suoraan: `to`  $\longrightarrow$ , `to reversed`  $\longleftarrow$ , `latex`  $\longrightarrow$ , `latex reversed`  $\longleftarrow$ , `stealth`  $\longrightarrow$ , `stealth reversed`  $\longleftarrow$  ja `|`  $\longrightarrow$ . Oletusarvo on `to`. Oletusarvoisen nuolenkärkityypin voi muuttaa optiolla `>=<nuolenkärjen tyyppi>`. Esimerkiksi

```
\draw[->] (0,0) -- (1,0);
\draw[>-|] (1.5,0) -- (2.5,0);
\draw[<<->>] (3,0) -- (4,0);
\draw[stealth reversed-latex] (4.5,0) -- (5.5,0);
\draw[<-<, >=stealth] (6,0) -- (7,0);
```



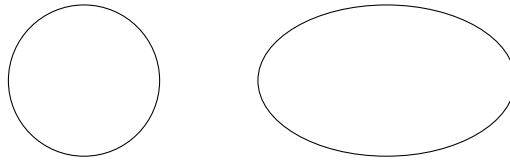
Lisää erilaisia nuolenkärkiä on määritelty tikz:n lisäpaketissa `arrows`. Lisäpaketit otetaan käyttöön dokumentin esittelyosassa annettavalla komennolla `\usetikzlibrary`:

```
\usetikzlibrary{arrows}
```

## 5 Ympyrät, ellipsit, kaaret ja käyrät

Ympyrä piirretään operaatiolla `circle` ja ellipsi operaatiolla `ellipse`:

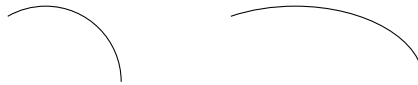
```
\draw (0,0) circle[radius=1];
\draw (4,0) ellipse[x radius=1.7, y radius= 1];
```



Ympyrän säde annetaan optiolla `radius`; ellipsin akselien suuntaiset säteet annetaan optioilla `x radius` ja `y radius`.

Ympyrän ja ellipsin kaaria voi piirtää operaatiolla `arc`. Kaari määritetään antamalla kaaren alkupiste, alkukulma, loppukulma ja säde tai säteet.

```
\draw (0,0) arc[start angle=0, end angle=120, radius=1];
\draw (4,0) arc[start angle=0, end angle=120, x radius=1.7,
y radius=1];
```



Kahden pisteen välille voi piirtää Bézier-käyrän, kun pisteiden lisäksi annetaan yksi tai kaksi säätöpistettä:

```
\draw (0,0) .. controls (1,1) and (2,2) .. (2,0);
\draw (0,0) .. controls (1,1) .. (2,0);
```



Vaikka säätöpisteet eivät näy, niin ne kuuluvat kuvaan ja voivat suurentaa sitä tarpeettomasti. Kuva-aluetta voi rajata komennolla `\clip` tai komennolla `\useasboundingbox`:

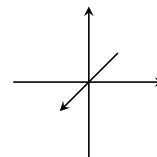
```
\clip (-0.1,0) rectangle (2.1,1.2);
\useasboundingbox (0,0) rectangle (2,1.2);
```

Komento `\clip` leikkaa kaiken rajatun alueen ulkopuolelle jäävän pois, mutta komento `\useasboundingbox` ei leikkaa, jolloin myös ulkopuolelle jäävät osat tulostuvat. Komennot `\clip` ja `\useasboundingbox` vaikuttavat vain niitä seuraaviin piirtokomentoihin.

## 6 Koordinaatit

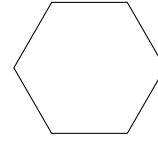
Kaksiulotteiset suorakulmaiset koordinaatit annetaan muodossa  $(\langle x \rangle, \langle y \rangle)$  ja kolmiulotteiset muodossa  $(\langle x \rangle, \langle y \rangle, \langle z \rangle)$ . Tässä  $\langle x \rangle$ ,  $\langle y \rangle$  ja  $\langle z \rangle$  voivat sisältää mittayksikön tai olla yksiköttömiä lukuja, jolloin käytetään oletusarvoista yksikköä 1cm.

```
\draw[->] (-1,0,0) -- (1,0,0);
\draw[->] (0,-1,0) -- (0,1,0);
\draw[->] (0,0,-1) -- (0,0,1);
```



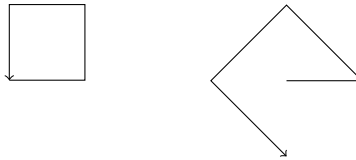
Napakoordinaatit annetaan muodossa  $\langle kulma \rangle : \langle säde \rangle$ . Kulman yksikkönä on oletusarvoisesti aste. Radiaaneja merkitään lisäämällä luvun perään **r**. Säde voi sisältää mittayksikön tai olla yksikötön, jolloin käytetään oletusarvoista yksikköä 1cm.

```
\draw (0:1) -- (60:1) -- (120:1) --
      (180:1) -- (240:1) -- (300:1) -- cycle;
```



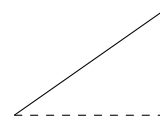
Merkintä  $++(1,2)$  tarkoittaa, että siirrytään edellisestä pisteestä 1 pituusyksikkö oikealle ja 2 yksikköä ylöspäin ja että näin saatua pistettä käytetään uutena vertailupisteenä. Merkintä  $+(1,2)$  toimii muuten samoin, mutta vertailupiste säilyy edellisessä pisteessä.

```
\draw[->] (3,4) -- ++(1,0) -- ++(0,1) -- ++(-1,0) -- ++(0,-1);
\draw[->] (3,4) -- +(1,0) -- +(0,1) -- +(-1,0) -- +(0,-1);
```



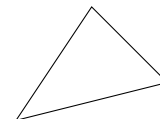
Merkintä  $\langle p \rangle |- \langle q \rangle$  tai  $\langle q \rangle -| \langle p \rangle$  tarkoittaa pisteen  $\langle p \rangle$  kautta kulkevan  $y$ -akselin suuntaisen suoran ja pisteen  $\langle q \rangle$  kautta kulkevan  $x$ -akselin suuntaisen suoran leikkauspistettä.

```
\draw (0,0) -- (35:2.5);
\draw[dashed] (0,0) -- (35:2.5 |- 0,0);
```



Koordinaatteja voi nimetä komennolla `\coordinate  $\langle nimi \rangle$  at  $\langle p \rangle$` .

```
\coordinate (A) at (0,0);
\coordinate (B) at (2,0.5);
\coordinate (C) at (1,1.5);
\draw (A) -- (B) -- (C) -- cycle;
```



Itse asiassa komento `\coordinate` tekee pisteeseen  $\langle p \rangle$  nimetyn *solmun*.

## 7 Värit

Komento `\draw` piirtää polun, mutta ei sellaisenaan täytä polun rajaamaa aluetta värillä. Komento `\fill` puolestaan täyttää polun rajaaman alueen värillä, mutta ei sellaisenaan piirrä aluetta rajaavaa polkua.

```
\draw (0,0) rectangle (1,1);
\fill (2,0) rectangle (3,1);
```



Piirtövärin voi valita optiolla `draw=\langle väri \rangle`. Tämä vaikuttaa vain viivojen väriin. Suljettujen alueiden täyttövärin voi valita optiolla `fill=\langle väri \rangle`. Piirto- ja täyttövärin voi valita samalla kertaa optiolla `color=\langle väri \rangle`. Pelkkä optio `draw` tai `fill` ilman värin nimeä käyttää kulloinkin valittuna olevaa piirto- tai täyttöväriä. Pelkkä `\langle väri \rangle` puolestaan tarkoittaa samaa kuin `color=\langle väri \rangle`.

```
\draw[red] (0,0) rectangle (1,1);
\fill[red] (2,0) rectangle (3,1);
\draw[red,fill=black] (4,0) rectangle (5,1);
\fill[red,draw=black] (6,0) rectangle (7,1);
```



Tikz käyttää värien määrittelyyn makropakettia `xcolor`, jota se kutsuu automaattisesti. Makropaketissa `xcolor` ja siten myös makropaketissa `tikz` on suoraan käytettävissä seuraavat nimetyt värit:

 black	 blue	 brown	 cyan
 darkgray	 gray	 green	 lightgray
 lime	 magenta	 olive	 orange
 pink	 purple	 red	 teal
 violet	 white	 yellow	

Lisää nimettyjä värejä saa käyttöön lataamalla makropaketin `xcolor` haluilla optiolla ennen makropakettia `tikz`. Esimerkiksi

```
\usepackage[x11names]{xcolor}
\usepackage{tikz}
```

Makropaketin `xcolor` käyttöohjeissa<sup>3</sup> on luettelot kaikista nimetyistä väreistä.

Omia värisävyjä voi tehdä esimerkiksi sekoittamalla valmiiksi määritellyjä värejä muodossa `\langle väri \rangle!\langle p \rangle!\langle väri \rangle`. Tämä tarkoittaa, että sekoitetaan  $p$  % ensimmäistä väriä ja  $(100 - p)$  % toista väriä. Jos toinen väri jätetään pois, se korvataan valkoisella.

```
\fill [black!20] (0,0) circle;
\fill [orange!80!black] (1,0) circle;
\fill [cyan!40!green] (2,0) circle;
\fill [cyan!40!green!50] (3,0) circle;
```



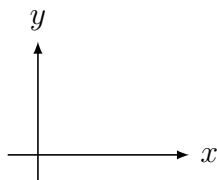
Makropaketin `xcolor` käyttöohjeissa on yksityiskohtaisemmat ohjeet värien määrittelyyn.

<sup>3</sup>[mirror.ctan.org/macros/latex/contrib/xcolor/xcolor.pdf](http://mirror.ctan.org/macros/latex/contrib/xcolor/xcolor.pdf)

## 8 Teksti: solmut ja niitä yhdistävät kaaret

Kuvioihin lisätään tekstiä solmuilla, jotka tehdään komennolla `\node` tai operaatiolla `node`.

```
\draw[->] (-0.4,0) -- (2,0);
\node[right] at (2,0) {$x$};
\draw[->] (0,-0.4) -- (0,1.5) node[above] {$y$};
```



Komennon `\node` ja operaation `node` syntaksi on

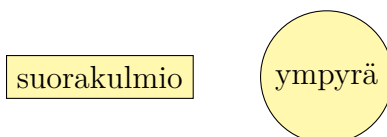
```
\node[<optiot>] (<nimi>) at (<p>) {<teksti>};
```

Tämä tekee solmun *<nimi>* pisteeseen *<p>* ja sijoittaa siihen tekstin *<teksti>*. Solmuun voi viitata sille annetun nimen avulla.

Määritystä `at(<p>)` ei voi käyttää silloin, kun operaatio `node` on annettu polun yhteydessä, kuten `node[above]{$y$}` yllä olevasssa esimerkissä. Silloin solmu sijoitetaan operaatiota `node` edeltävään koordinaattiin.

Kullakin solmulla on muoto, joka valitaan optiolla `shape=<muoto>`. Muoto voi olla `rectangle` (oletusarvo), `circle` tai `coordinate`. Muodon saa näkyviin optioilla `draw` ja `fill`.

```
\node[draw, fill=yellow!40] at (0,0) {suorakulmio};
\node[circle, draw, fill=yellow!40] at (3,0) {ympyrä};
```



Muotoa `coordinate` olevat solmut eivät voi sisältää tekstiä. Niitä käytetään vain nimettyinä pisteinä ja ne voi kätevimmin tehdä komennolla `\coordinate` tai operaatiolla `coordinate` (katso sivu 6). Muita solmujen muotoja saa käyttöön lisäpaketeilla `shapes.geometric`, `shapes.symbols`, `shapes.arrows`, `shapes.multipart`, `shapes.callouts` ja `shapes.misc`.

### Solmujen optioita

Solmun reunan etäisyys solmussa olevasta tekstistä valitaan optiolla `inner sep=<mitta>`, jonka oletusarvo on `0.3333em`. Solmulle voi määrittää minimikoon optiolla `minimum size=<mitta>`. Solmun minimileveys ja minimikorkeus asetetaan erikseen optioilla `minimum width` ja `minimum height`.

```
\node[inner sep=0pt] at (0,0) {A};
```



```
\node[minimum size=1cm] at (1.3,0) {B};
\node[minimum width=1cm] at (3.0,0) {C};
\node[minimum height=1cm] at (4.5,0) {D};
```



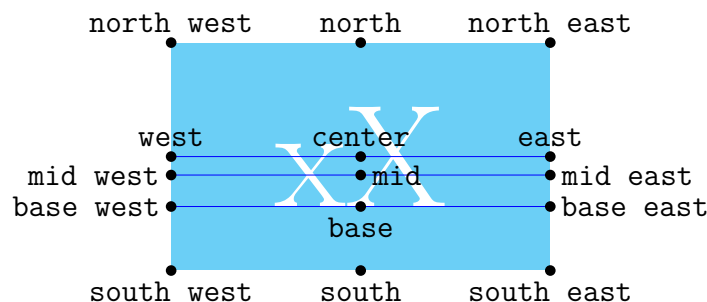
Tekstin muotoilumäärytykset voi sijoittaa tekstiargumenttiin, mutta ne voi antaa myös optiolla `font=⟨määrytykset⟩`. Tekstin värin voi valita muista väreistä riippumatta optiolla `text=⟨väri⟩`.

```
\node[fill=red, text=white, font=\fontfamily{phv}\Large\bfseries]
{{\huge+} Switzerland};
```



## Solmujen sijoittelu

Annettuun koordinaattiin sijoitetaan oletusarvoisesti solmun keskikohta. Optiolla `anchor=⟨ankkuri⟩` koordinaattipisteeseen sijoitetaan jokin toinen solmun ankkureista, jotka on esitetty alla olevassa kuviossa.



Optio `above=⟨mitta⟩` toimii samoin kuin `anchor=south`, mutta lisäksi solmua siirretään valinnaisen mitan verran pystysuunnassa. Vastaavasti toimivat optiot `below`, `left`, `right`, `above left`, `above right`, `below left` ja `below right`. Solmujen sijoittelua voi helpottaa lisäpaketilla `positioning`, joka muun muassa määrittelee optiot `above`, `below`, jne. uudelleen. Tätä on käytetty esimerkissä 1.

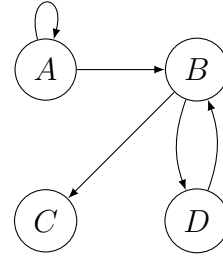
## Solmujen yhdistäminen kaarilla

Nimettyjä solmuja voi yhdistää toisiinsa kaarilla, jotka piirretään komennolla `\draw` tai operaatiolla `edge`. Kun kaaret piirretään komennolla `\draw`, viivaooperaation `--` voi korvata operaatiolla `to`, jolloin kaarien muotoa voi säätää. Esimerkiksi kaaren lähtö- ja tulokulmaa säädetään optioilla `out=⟨kulma⟩` ja `in=⟨kulma⟩` tai optioilla `bend right=⟨kulma⟩` ja `bend left=⟨kulma⟩`.

```

\draw[->] (A) -- (B);
\draw[->] (B) to (C);
\draw[->] (D) to [out=70,in=290] (B);
\draw[->] (B) to [bend right=20] (D);
\draw[->] (A) to [loop above] (A);

```

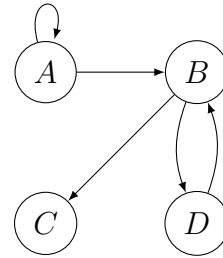


Kun kaaret piirretään operaatiolla `edge`, yleensä selkein ratkaisu on sijoittaa kaikki `edge`-operaatiot yhteen `\path`-komentoon solmujen määrittelyn jälkeen.

```

\path (A) edge[->, loop above] ()
      edge[->] (B)
      (B) edge[->] (C)
      edge[->, bend right=20] (D)
      (D) edge[->, bend right=20] (B);

```

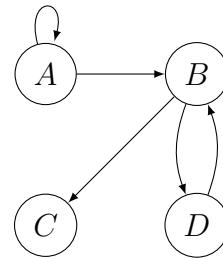


Toinen vaihtoehto on sijoittaa `edge`-operaatiot `\node`-komentojen yhteyteen.

```

\node (A) at (0,0) {$A$}
  edge[->, loop above] ();
\node (B) at (2,0) {$B$}
  edge[<-] (A);
\node (C) at (0,-2) {$C$}
  edge[<-] (B);
\node (D) at (2,-2) {$D$}
  edge[->, bend right=20] (B)
  edge[<-, bend left=20] (B);

```



## Tekstin lisääminen solmuihin ja kaariin

Solmun oheen voi liittää tekstiä toisella solmulla tai optiolla `label={[\langle optiot \rangle] \langle kulma \rangle : \langle teksti \rangle}`.

```

\node[draw, label={[\red]above:
  Tämä on lisätty \verb|label|-optiolla}] (X) {Solmu};
\node[blue, below] at (X.south)
  {Tämä on lisätty toisella solmulla};

```

Tämä on lisätty `label`-optiolla

Solmu

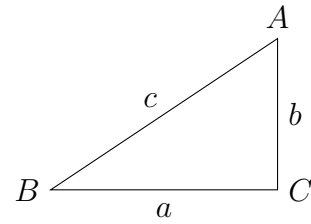
Tämä on lisätty toisella solmulla

Kaariin voi liittää tekstiä operaatiolla `node`.

```

\coordinate[label=above:$A$] (A) at (3,2);
\coordinate[label=left:$B$] (B) at (0,0);
\coordinate[label=right:$C$] (C) at (3,0);
\draw (A) -- node[above left=-2pt]{$c$}
      (B) -- node[below=1pt]{$a$}
      (C) -- node[right]{$b$} cycle;

```



## 9 Puut

Puu tehdään lisäämällä solmuun lapsia `child`-operaatiolla:

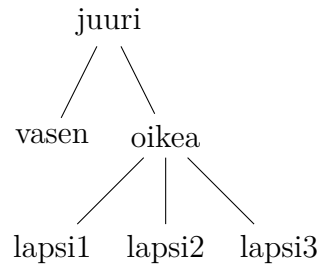
```
child[ $\langle optiot \rangle$ ] foreach  $\langle muuttujat \rangle$  in  $\{ \langle arvot \rangle \}$   $\{ \langle polku \rangle \}$ 
```

Valinnaisella `foreach`-operaatiolla voi lisätä useita lapsia kerralla.

```

\node {juuri}
  child {node {vasen}}
  child {node {oikea}
    child foreach \n in {1,2,3}
      {node {lapsi\n}}
  };

```

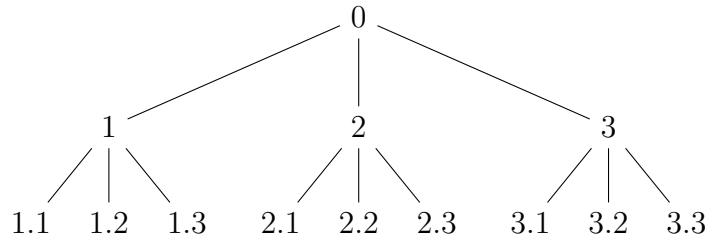


Puun tasojen välistä etäisyyttä voi säätää optiolla `level distance`. Oksien välistä etäisyyttä voi säätää optiolla `sibling distance`.

```

level 1/.style={sibling distance=8em,level distance=8ex},
level 2/.style={sibling distance=2.5em,level distance=7ex}

```

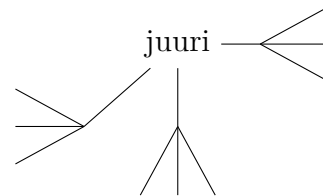


Puun tai sen oksien kasvusuunnan voi valita optiolla `grow= $\langle suunta \rangle$` .

```

\node {juuri}
  child {[grow=west] child child child}
  child {child child child}
  child [grow=east] {child child child};

```

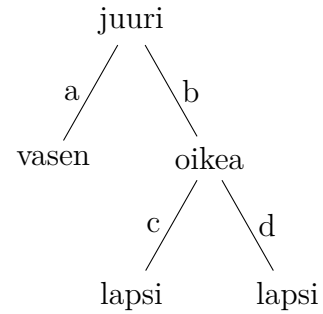


Lapsisolmut yhdistetään vanhempiinsa kaarilla `edge from parent[ $\langle optiot \rangle$ ]`. Jos tätä ei merkitä polkuun eksplisiittisesti, niin se lisätään siihen automaattisesti kuten kaikissa edellisissä esimerkeissä. Kaariin voi lisätä tekstiä `node`-operaatiolla.

```

\node {juuri}
  child {node {vasen}
    edge from parent node[left] {a}}
  child {node {oikea}
    child {node {lapsi}
      edge from parent node[left] {c}}
    child {node {lapsi}
      edge from parent node[right] {d}}
    edge from parent node[right] {b}};

```



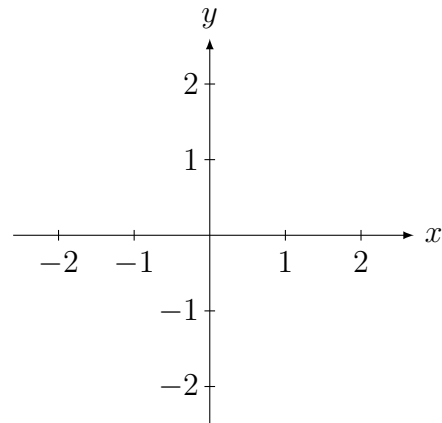
## 10 Toisto

Komento `\foreach`  $\langle muuttujat \rangle$  [ $\langle optiot \rangle$ ] in  $\langle lista \rangle$  { $\langle komennot \rangle$ } toistaa annettuja komentoja listan sisältämällä muuttujien arvoilla. Muista `tikz:n` komennoista poiketen komentoa `\foreach` voi käyttää myös ympäristön `tikzpicture` ulkopuolella.

```

\draw[>-] (-2.6,0) -- (2.7,0)
  node[right] {$x$};
\draw[>-] (0,-2.5) -- (0,2.6)
  node[above] {$y$};
\foreach \x in {-2,-1,1,2}{
  \draw (\x,-2pt) -- (\x,2pt)
    node[below=4pt] {$\x$};}
\foreach \y in {-2,-1,1,2}{
  \draw (-2pt,\y) -- (2pt,\y)
    node[left=2pt] {$\y$};}

```

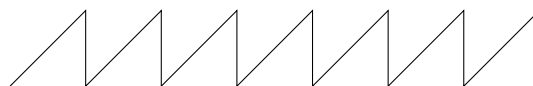


Komentoa `\foreach` voi käyttää myös polun sisällä.

```

\draw (0,0) \foreach \x in {1,...,7} { -- (\x,1) -- (\x,0) };

```



Eri muuttujat ja niiden arvot erotetaan toisistaan vinoviivalla.

```

\foreach \x/\a in {0/A, 1.5/B, 3/C, 4.5/D, 6/E}
  {\node[circle,draw] at (\x,0) {$\a$};}

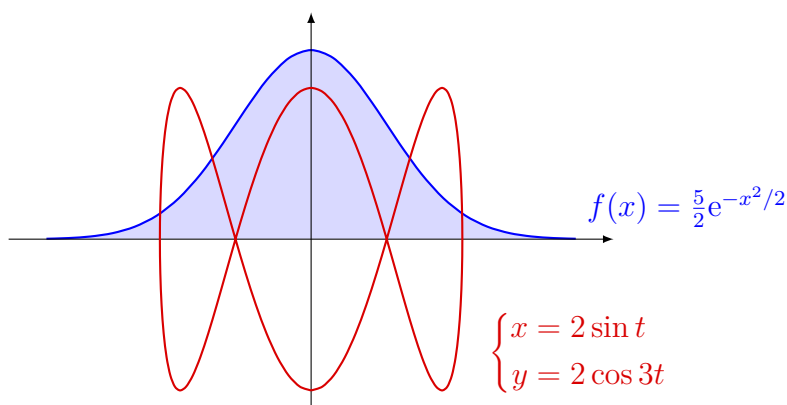
```



## 11 Funktioiden kuvaajat

Operaatio `plot(\x,f(\x))` piirtää funktion  $f$  kuvaajan, kun  $x \in [-5, 5]$ . Muuttujan `\x` voi vaihtaa toiseksi optiolla `variable=\langle muuttuja \rangle`. Lähtöjoukon voi määritellä optiolla `domain=\langle alku \rangle:\langle loppu \rangle`. Laskettavien pisteiden lukumäärää voi säätää optiolla `samples=\langle luku \rangle`; oletusarvo on 25. Laskettavat pisteet voi ilmoittaa myös yksitellen muodossa `samples at=\langle \langle muuttujan arvot \rangle \rangle`. Oletusarvoisesti pisteet yhdistetään janoilla, mutta optiolla `smooth` pisteet yhdistetään epätasaisuuksia tasoittavalla käyrällä. Käyrän ”sileyttä” voi säätää optiolla `tension=\langle luku \rangle`, jonka oletusarvo on 0.55 ja vaiheluväli yleensä  $[0, 1]$ .

```
\draw[blue,thick,fill=blue!15]
  plot[domain=-3.5:3.5, smooth] (\x,{2.5*exp(-0.5*(\x)^2)})
  node[above right] {$f(x)=\frac{5}{2}\mathrm{e}^{-x^2/2}$};
\draw[red!85!black,thick]
  plot[variable=\t, domain=-3.1416:3.1416, samples=85, smooth]
  ({2*sin(\t r)},{2*cos(3*\t r)}) node[right=2.2, yshift=0.5cm]
  {$\left\{\begin{aligned} x&=2\sin t \\ y&=2\cos 3t \end{aligned}\right.\}$};
```



Monimutkaisempien funktioiden kuvaajia voi piirtää gnuplot-ohjelmalla<sup>4</sup>, jota tikz osaa kutsua suoraan. Edellytyksenä tälle on, että gnuplot on asennettu ja että pdfLaTeXin kanssa käytetään optiota `-enable-write18`. Tämän option voi lisätä TeXworksin asetuksissa: Edit: Preferences: Typesetting: Processing tools: pdfLaTeX: Edit. Tikz käyttää gnuplotia, kun `plot`-operaatio annetaan muodossa

```
plot[id=\langle tunnus \rangle] function{\langle funktio \rangle}
```

Alla ovat edellisen esimerkin `plot`-operaatiot gnuplotin syntaksilla:

```
plot[id=gauss, domain=-3.5:3.5, smooth]
  function{2.5*exp(-0.5*x**2)}
```

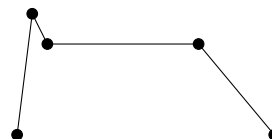
---

<sup>4</sup>[www.gnuplot.info](http://www.gnuplot.info)

```
plot[id=param, parametric, domain=-3.1416:3.1416,
      samples=85, smooth] function{2*sin(t),2*cos(3*t)}
```

Funktion arvot voi laskea myös jollain toisella ohjelmalla ja tallentaa tiedostoon. Kuvaaja piirretään tällöin operaatiolla `plot file{<tiedosto>}`. Merkillä `%` tai `#` alkavat tiedoston rivit tulkitaan kommentteiksi. Lisäksi kullakin riviltä luetaan vain ensimmäiset kaksi lukua. Kaikki muu jätetään huomiomatta. Vaihtoehtoisesti koordinaatit voi sijoittaa operaation `plot coordinates{<koordinaatit>}` argumenttiin:

```
\draw plot[mark=*]
      coordinates {(0,0) (0.2,1.6)
                  (0.4,1.2) (2.4,1.2) (3.4,0)};
```



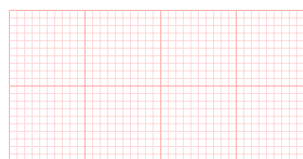
## 12 Yleisiä ohjeita

Jos kuvio on vähänkään monimutkaisempi, niin se kannattaa hahmotella ensin kynällä paperille.

Kukin kuvio kannattaa yleensä sijoittaa omaan `tikzpicture`-ympäristöönsä. Tällöin kullakin kuviolla on oma koordinaatistonsa, ja kuvioita voi muokata toisistaan riippumatta.

Kuvioon saa apuruudukon operaatiolla `grid`. Tämä helpottaa kuvaelementtien koordinaattien määrittämistä.

```
\draw[step=0.1, red!15, ultra thin]
      (0,0) grid (4,2);
\draw[red!30, thin] (0,0) grid (4,2);
```



Jos dokumentti on iso tai jos se sisältää paljon kuvioita, niin sen kääntäminen saattaa olla suhteellisen hidasta. Kuvion tekemistä voi nopeuttaa, jos se tehdään pienemmässä, pelkistetyssä  $\text{\LaTeX}$ -tiedostossa, joka sisältää pelkän kuvion. Tähän voi käyttää myös erillistä TikzEdt-ohjelmaa<sup>5</sup>, joka kääntää kuvion koodia sitä mukaa kuin sitä kirjoitetaan. Tällöin koodin muutokset näkyvät heti kuviossa.

Jos dokumentissa on useita kuvioita, niin niiden yhteiset määritykset kannattaa sijoittaa dokumentin esittelyosaan komennon `\tikzset` argumenttiin. Näin kuvioiden ulkoasu saadaan yhtenäisemmäksi. Kaikissa kuvioissa käytettävät asetukset määritellään tyylillä `every picture`. Esimerkiksi

```
\tikzset{every picture/.style={semithick}}
```

määrittelee, että kaikissa kuviossa käytetään oletusarvoisesti viivanpaksuutta `semithick`.

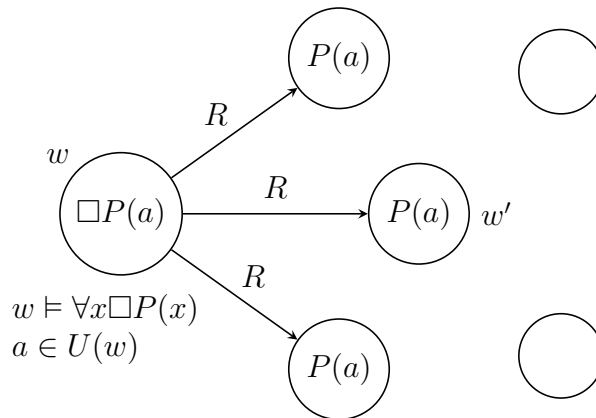
---

<sup>5</sup>[www.tikzedt.org](http://www.tikzedt.org)

## 13 Esimerkkejä

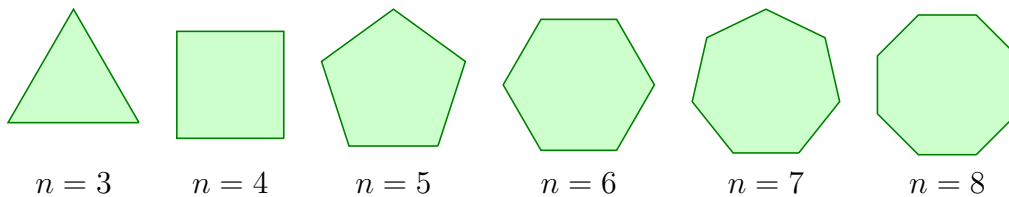
**Esimerkki 1.** Kuvio kirjasta Johdatus modaalilogiikkaan, s. 107. Solmut ja kaaret sekä option `label` käyttö. Tässä on käytetty lisäpakettia `positioning`, joka mahdollistaa solmujen suhteellisen sijoittamisen ilman koordinaatteja. Ensimmäinen solmu sijoitetaan oletusarvoiseen koordinaattiin  $(0, 0)$ .

```
\begin{tikzpicture}[->, semithick, >=stealth, auto,
  ympyrä/.style={circle, draw, minimum size=2.7em}]
\node(boxPa) [ympyrä, label={[inner sep=2.5pt]above left:$w$},
  label={[rectangle, xshift=-0.5em, yshift=-0.5ex, align=left]below:
  $w\vdash\forall x\Box P(x)\$\\\$a\in U(w)\$}] {$\Box P(a)$};
\node(Pa1) [ympyrä, above right=of boxPa, xshift=2em] {$P(a)$};
\node(Pa2) [ympyrä, right=of boxPa,
  xshift=3.5em, label=right:$w'$] {$P(a)$};
\node(Pa3) [ympyrä, below right=of boxPa, xshift=2em] {$P(a)$};
\node() [ympyrä, above right=of Pa2] {};
\node() [ympyrä, below right=of Pa2] {};
\path[circle, inner sep=2.5pt] (boxPa)
  edge node {$R$} (Pa1)
  edge node {$R$} (Pa2)
  edge node {$R$} (Pa3);
\end{tikzpicture}
```

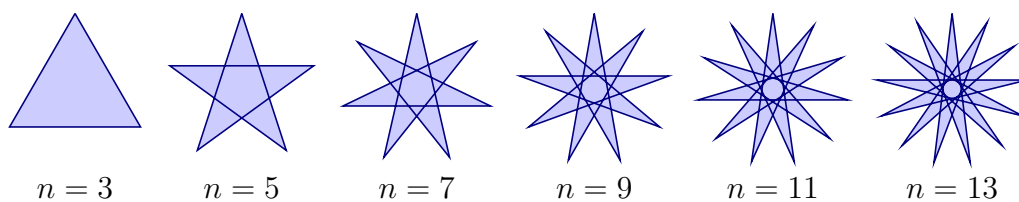


**Esimerkki 2.** Komennon `\foreach` käyttö ympäristön `tikzpicture` ulkopuolella sekä polun sisällä. Huomaa myös laskutoimitusten käyttö koordinaattien määrittämisessä.

```
\foreach \n in {3,...,8}{\hfill
\begin{tikzpicture}
\filldraw[rotate={180/\n-90}, semithick,
  fill=green!20, draw=green!50!black]
  (0:1) \foreach \i in {1,...,\n}{ -- (\i*360/\n:1)};
\node at (-90:1.3) {$\n=\n$};
\end{tikzpicture} }
```



```
\foreach \n in {3,5,...,13}{\hfill
\begin{tikzpicture}
\filldraw[rotate=90, semithick,
fill=blue!20, draw=blue!50!black]
(0:1) \foreach \i in {1,...,\n}{ -- (\i*180-\i*180/\n:1)};
\node at (-90:1.3) {$n=\n$};
\end{tikzpicture} }
```

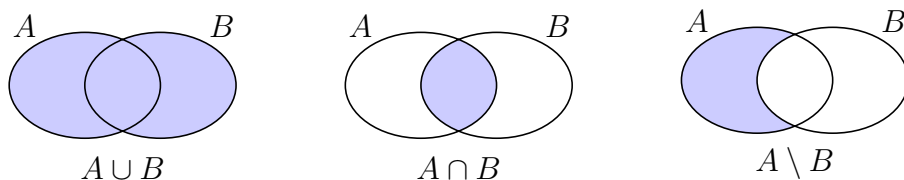


**Esimerkki 3.** Venn-diagrammeja<sup>6</sup>. Piirrettävän alueen rajaaminen komen-  
nolla `\clip` ja ympäristöllä `scope`.

```
\newcommand*\A{(0,0) ellipse[x radius=1, y radius=0.7]
node[above left=0.7cm]{$A$}}
\newcommand*\B{(1,0) ellipse[x radius=1, y radius=0.7]
node[above right=0.7cm]{$B$}}
\begin{tikzpicture}
\filldraw[semithick, fill=blue!20] \A \B;
\node at (0.5,-1.1) {$A\cup B$};
\end{tikzpicture}\hspace{3em}%
\begin{tikzpicture}
\begin{scope}
\clip \A;
\fill[blue!20] \B;
\end{scope}
\draw[semithick] \A \B;
\node at (0.5,-1.1) {$A\cap B$};
\end{tikzpicture}\hspace{3em}%
\begin{tikzpicture}
\begin{scope}[even odd rule]
\clip \A \B;
\fill[blue!20] \A;
\end{scope}
\draw[semithick] \A \B;
\node at (0.5,-1.1) {$A\setminus B$};
\end{tikzpicture}
```

<sup>6</sup>Katso myös [texample.net/tikz/examples/venn-diagram](http://texample.net/tikz/examples/venn-diagram).





**Esimerkki 4.** Linkkien tekeminen eri kuvien välille käyttämällä optioita `remember picture` ja `overlay`.

Tässä esimerkkinä nuoli

`\tikz[remember picture]{\node[inner sep=0pt](teksti){tekstistä};}`  
haluttuun kohtaan alla olevaa yhtälöä.

```
\[
  a^2 + b^2
  \begin{tikzpicture}[remember picture]
    \node[inner sep=0pt](haluttu kohta){${}={}$};
    \draw[overlay, -latex, very thick, red, opacity=0.33]
      (teksti) to[out=-90, in=90] (haluttu kohta);
  \end{tikzpicture}
  c^2.
\]
```

Tässä esimerkkinä nuoli tekstistä haluttuun kohtaan alla olevaa yhtälöä. Kyseisten kuvien on tietenkin sijoitettava samalla sivulla.  $\LaTeX$ -tiedosto on käännettävä kahteen kertaan, jotta kuvien välinen linkki tulostuu oikein.

$$a^2 + b^2 = c^2.$$

Lisää esimerkkejä löytyy sivulta [texample.net/tikz/examples](http://texample.net/tikz/examples).