

Herbert Voß: *Farbige Mathematik*, Die T_EXnische Komödie 2/2004, S. 81-87.

Reproduktion oder Nutzung dieses Beitrags durch konventionelle, elektronische oder beliebige andere Verfahren ist nur im nicht-kommerziellen Rahmen gestattet. Verwendungen in größerem Umfang bitte zur Information bei DANTE e.V. melden. Für kommerzielle Nutzung ist die Zustimmung der Autoren einzuholen.

Die T_EXnische Komödie ist die Mitgliedszeitschrift von DANTE, Deutschsprachige Anwendervereinigung T_EX e.V. Einzelne Hefte können von Mitgliedern bei der Geschäftsstelle von DANTE, Deutschsprachige Anwendervereinigung T_EX e.V. erworben werden. Mitglieder erhalten Die T_EXnische Komödie im Rahmen ihrer Mitgliedschaft.

Farbige Mathematik

Herbert Voß

Die Zahl der Veröffentlichungen, die als PDF allgemein zur Verfügung gestellt werden, nimmt stetig zu. Da diese sehr häufig mit dem Acrobat Reader online betrachtet und gelesen werden, spielt die farbliche Darstellung eine nicht unbedeutende Rolle. Im folgenden soll daher gezeigt werden, wie man insbesondere für den Mathematikmodus farbige Darstellungen erreichen kann.

Das Prinzip

Grundsätzlich wird nichts weiter als das allgemein bekannte Paket `color` benötigt. [?] Dieses stellt die vordefinierten Farben `black`, `red`, `green`, `blue`, `cyan`, `magenta`, `yellow` und natürlich `white` bereit. Weitere lassen sich über den `\definecolor` Befehl neu definieren.

Partielles Einfärben

Für das Färben einzelner Wörter existiert das Makro `\textcolor{}`, welches ebenfalls für das Einfärben einzelner Teile einer mathematischen Formel be-

nutz werden kann.

$$\int_1^2 \frac{1}{x^2} dx = 0.5 \quad (1)$$

```

1 \begin{align}
2 \int_1^2 \textcolor{red}{\frac{1}{x^2}} dx &= 0.5
3 \end{align}

```

Das entsprechende Makro mit der Syntax `\textcolor{<Farbe>}{<Text>}` ist zwar vom Namen her missverständlich, lässt sich jedoch im Mathematikmodus in der gleichen Weise anwenden, ohne dass dieser Modus verlassen werden muss. Gleichung 1 zeigt, dass die Variable x kursiv gedruckt wird, was für den mathematischen Modus Standard ist.

$$y = 2x^2 - 3x + 5 \quad (2)$$

$$= 2 \left(\underbrace{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}_{=0} - \underbrace{\left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \right) \quad (3)$$

$$= 2 \left(\underbrace{\left(x - \frac{3}{4}\right)^2} + \frac{31}{16} \right) \quad (4)$$

$$y - \frac{31}{8} = 2 \left(x - \frac{3}{4} \right)^2 \quad (5)$$

```

1 \begin{align}\label{eq:pqFormel}
2 y &= 2x^2 - 3x + 5\\
3 &\quad \textcolor{blue}{\overbrace{\phantom{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}^{\textcolor{red}{=0}}} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \\
4 &\quad \textcolor{blue}{\overbrace{\phantom{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}^{\textcolor{red}{=0}}} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \\
5 &\quad \textcolor{blue}{\overbrace{\phantom{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}^{\textcolor{red}{=0}}} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \\
6 &\quad \textcolor{blue}{\overbrace{\phantom{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}^{\textcolor{red}{=0}}} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \\
7 &= 2 \left( \underbrace{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}_{=0} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2} \right) \\
8 &\quad \textcolor{blue}{\overbrace{\phantom{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}^{\textcolor{red}{=0}}} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \\
9 &\quad \textcolor{blue}{\overbrace{\phantom{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}^{\textcolor{red}{=0}}} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \\
10 &\quad \textcolor{blue}{\overbrace{\phantom{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}^{\textcolor{red}{=0}}} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \\
11 &\quad \textcolor{blue}{\overbrace{\phantom{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}^{\textcolor{red}{=0}}} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \\
12 &\quad \textcolor{blue}{\overbrace{\phantom{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}^{\textcolor{red}{=0}}} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \\
13 &\quad \textcolor{blue}{\overbrace{\phantom{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}}^{\textcolor{red}{=0}}} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2}} \\
14 &= 2 \left( \underbrace{x^2 - \frac{3}{2}x + \left(\frac{3}{4}\right)^2}_{=0} - \left(\frac{3}{4}\right)^2 + \frac{5}{2} \right)

```

```

15 \quad + \ \frac{31}{16}\quad\right)\backslash
16 y\textcolor{blue}{-}\frac{31}{8}\}
17 &= 2\left(x\textcolor{cyan}{-}\frac{3}{4}\right)^2\%
18 \end{align}

```

Es ist offensichtlich, dass selbst für triviale mathematische Zusammenhänge, wie sie durch Gleichung 2 gegeben sind, mit der Farbe eine übersichtlichere Darstellung möglich ist.

Komplettes Einfärben

Im sogenannten Inlinemodus können auf einfache Weise ganze mathematische Ausdrücke in Farbe gesetzt werden, beispielsweise bezieht sich $y = x^2 + px + q$ auf die Gleichung 2. Hierbei spielt es keine Rolle, ob der mathematische Teil komplett als Argument erscheint `\textcolor{blue}{\mathit{y}=x^2+px+q}` oder umgekehrt das `\textcolor` Makro innerhalb der Formel, wie bei diesem Ausdruck $c^2 = a^2 + b^2$ (`\textcolor{magenta}{c^2=a^2+b^2}`).

Im Gegensatz zum `\textcolor` Makro erwarten `\colorbox` und `\fcolorbox` den Parameter im Textmodus, sodass in diesem Fall der mathematische Modus erneut aktiviert werden muss, wenn diese Makros innerhalb einer mathematischen Umgebung angewendet werden (Gl. 6).

$$E = \textcolor{yellow}{a_v}A - \textcolor{magenta}{a_f}A^{2/3} - \textcolor{green}{a_c}\frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - \textcolor{cyan}{a_s}\frac{(A-2Z)^2}{A} + \textcolor{yellow}{E_p} \quad (6)$$

```

1 \def\xstrut{\vphantom{\frac{(A^1){(B^1)}}}
2 \begin{equation}\label{eq:6}
3 E = %
4 \colorbox{darkyellow}{\mathit{a_v}A} +
5 \colorbox{hellmagenta}{\mathit{a_f}A^{2/3}} +
6 \colorbox{green}{\mathit{a_c}\frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}}} +
7 \colorbox{cyan}{\mathit{a_s}\frac{(A-2Z)^2}{A}} +
8 \colorbox{yellow}{\mathit{E_p}}
9 \end{equation}

```

Abgesetzte Formeln können ebenso komplett eingefärbt werden, wobei gleichzeitig für Gleichung 7 noch eine partielle Rotfärbung vorgenommen wurde. Die globale Umschaltung auf eine andere Farbe geschieht mit dem

`color{<Farbe>}` Befehl, der einfach an den Beginn der abgesetzten Gleichung gesetzt wird.

$$\left(\prod_{j=1}^n \hat{x}_j \right) H_c = \frac{1}{2} \hat{k}_{ij} \det \widehat{\mathbf{K}}(i|i)$$

$$\begin{array}{ccc} R \times S \times T & \xrightarrow{\text{restriction}} & S \times T \\ \text{proj} \downarrow & & \downarrow \text{proj} \\ R \times S & \xleftarrow{\text{inclusion}} & S \end{array} \quad (7)$$

```

1 \[ \color{magenta}
2 \left( \prod_{j=1}^n \hat{x}_j \right) H_c = %
3 \frac{1}{2} \hat{k}_{ij} \det \widehat{\mathbf{K}}(i|i)
4 \]
5
6 \begin{align} \label{eq:cd} \color{blue}
7 \begin{CD}
8 R \times S \times T @>\text{restriction}>> S \times T \\
9 @V\text{proj}VV @VV\text{proj}V \\
10 R \times S @<<\text{inclusion}<< S
11 \end{CD}
12 \end{align}
```

Farbboxen

Hier sind aus dem Textmodus die Makros `colorbox` und `fcolorbox` bekannt, die sich ebenfalls auf den mathematischen Modus übertragen lassen: $x_{n+1} \leftarrow x_n^2 + c$ in der komplexen Zahlenmenge betrachtet, hat etwas mit Benoit Mandelbrot zu tun.

```

1 \colorbox{yellow}{$x_{n+1} \leftarrow x_n^2 + c$} in der komplexen
   Zahlenmenge betrachtet,
2 hat etwas mit Benoit Mandelbrot zu tun.
```

Ebenso hätte man auch bei dieser im Inlinemodus geschriebenen Formel `\fcolorbox` verwenden können, welches das Gegenstück zu `\fbox` darstellt:

`x_{n+1} \leftarrow x_n^2 + c`. Für den Rahmen ist dann eine zusätzliche Farbe als Parameter zu übergeben `\fcolorbox{red}{yellow}{...\$}`.

Etwas schwieriger ist der Fall, wenn man abgesetzte Formeln einfärben will, die gleichzeitig eine Gleichungsnummer aufweisen, denn diese könnte sowohl innerhalb als auch außerhalb der farbigen Box erscheinen. Weiterhin muss die abgesetzte Formel zusätzlich in eine `parbox` gepackt werden, um dann beispielsweise so etwas wie Gleichung 8 zu erhalten.

$$\frac{I(\alpha)}{I_0} = \begin{cases} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \sin 2\alpha} & \varphi = 0 \\ \sqrt{2 \left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) (2 + \cos 2\alpha) + \frac{3}{\pi} \sin 2\alpha} & \varphi = \frac{\pi}{2} \end{cases} \quad (8)$$

```

1 \colorbox{hellmagenta}{%
2 \parbox{\linewidth-2\fboxsep}{%
3   \begin{align}\label{eq:3}
4     \frac{I(\alpha)}{I_0} = %
5       \begin{cases}
6         \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{1}{2\pi} \sin 2\alpha}
7         & \varphi = 0 \\ [0.4cm]
8         \sqrt{2 \left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) \left(2 + \cos 2\alpha\right) + \frac{3}{\pi} \sin 2\alpha}
9         & \varphi = \frac{\pi}{2}
10        \end{cases}
11     \end{align}%
12 }
13 }
```

Wenn man dagegen keine Gleichungsnummer hat und die Formel nur für den Bereich einfärben will, den sie auch tatsächlich benötigt, hat man das Problem, dass man schon bei der Definition der `parbox` ihre Breite kennen muss, was zu diesem Zeitpunkt jedoch noch nicht bekannt ist. Hierbei kann man sich mit dem Paket `empheq` [2] helfen, welches die Aufgabe der Boxbreitenbestimmung vornimmt, wobei dieses Paket dies auch unabhängig davon kann, ob eine Gleichungsnummer erscheint oder nicht.

$$x(t) = \frac{a(t^2 - 1)}{t^2 + 1}$$

$$y(t) = \frac{at(t^2 - 1)}{t^2 + 1}$$

```

1 \begin{empheq}[box=\fcolorbox{blue}{hellcyan}]{align*}
2   x(t) &= \frac{a\left(t^2-1\right)}{t^2+1} \\
3   y(t) &= \frac{at\left(t^2-1\right)}{t^2+1} \\
4 \end{empheq}

```

Für komplett farbig hinterlegte Gleichungen kann noch das Paket **framed** benutzt werden.^[1] Es definiert die Umgebung **shaded**, welche die mathematischen Umgebungen einfach umschließen kann. **framed** hat den Vorteil, dass es auch ohne weiteres über Seitenumbrüche hinweg funktioniert und zu dem mehrere, auch verschiedene, mathematische Umgebungen umfassen kann.

$$\iiint_G [u \nabla^2 v + (\nabla u, \nabla v)] d^3 V = \iint_S u \frac{\partial v}{\partial n} d^2 A \quad (9)$$

$$\iiint_G [u \nabla^2 v - v \nabla^2 u] d^3 V = \iint_S \left(u \frac{\partial v}{\partial n} - v \frac{\partial u}{\partial n} \right) d^2 A \quad (10)$$

```

1 \begin{shaded}
2 \begin{align}
3 \underset{\{\mathcal{G}\}\quad}{\iiint}\! \left[ u \nabla^2 v + \left( \nabla u, \nabla v \right) \right] d^3 V \\
4 = \underset{\{\mathcal{S}\}\quad}{\iint} u \frac{\partial v}{\partial n} d^2 A \\
5 \\
6 \]
7 \[
8 \underset{\{\mathcal{G}\}\quad}{\iiint}\! \left[ u \nabla^2 v - v \nabla^2 u \right] d^3 V \\
9 = \underset{\{\mathcal{S}\}\quad}{\iint} \left( u \frac{\partial v}{\partial n} - v \frac{\partial u}{\partial n} \right) d^2 A \\
10 \\
11 \]
12 \\
13 \end{shaded}

```

Zusammenfassung

Es wurde gezeigt, dass ebenfalls für den mathematischen Modus das Einfärben von Formeln oder Teilen davon mit den bestehenden Makros ohne weiteres möglich ist. Andere oder weitergehende Möglichkeiten kann man [3] entnehmen.

Literatur und Software

- [1] Donald Arseneau: *framed.sty*; CTAN: [macros/latex/contrib/misc/framed.sty](#); 2003.
- [2] David Carlisle: *color.dtx*; CTAN: [macros/latex/required/graphics/color.dtx](#); 1999.
- [3] Morten Høgholm: *empheq.dtx*; CTAN: [macros/latex/contrib/empheq/](#); 2003.
- [4] Herbert Voß: *Mathmode*; <http://www.perce.de/LaTeX/math/Mathmode-TeX.pdf>; 2004.