

Wissenschaftliches Arbeiten mit \LaTeX

Setzen Mathematischer Formeln



Daniel Borchmann

22. November 2016

<https://algebra20.de/dl16>



Hochschulgruppe für
Freie Software und
Freies Wissen

<https://fsfw-dresden.de>



Ziele dieses Abschnitts

$$\frac{f(\zeta)}{\zeta - z_0} = \frac{f(\zeta)}{\zeta - z_0} \frac{1}{1 - \frac{z - z_0}{\zeta - z_0}} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f(\zeta)}{\zeta - z_0} \left(\frac{z - z_0}{\zeta - z_0} \right)^n$$

$$0 \neq \left| \frac{1}{10^{10}} \left(\sum_{n=-\infty}^{\infty} e^{\frac{n^2}{10^{10}}} \right)^2 - \pi \right| \leq 10^{-42 \cdot 10^9}$$

$$\frac{1}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{9801} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(4k)!(1103 + 26390k)}{(k!)^4 396^{4k}}$$



Setzen mathematischer Formeln

Prinzipiell ist Mathematik eine ganz andere Welt (nicht nur in \LaTeX),
denn



Setzen mathematischer Formeln

Prinzipiell ist Mathematik eine ganz andere Welt (nicht nur in \LaTeX),
denn

- ▶ das Setzen mathematischer Formeln erfolgt in einer eigenen Umgebung



Setzen mathematischer Formeln

Prinzipiell ist Mathematik eine ganz andere Welt (nicht nur in \LaTeX), denn

- ▶ das Setzen mathematischer Formeln erfolgt in einer eigenen Umgebung
- ▶ mit eigenen Befehlen,



Setzen mathematischer Formeln

Prinzipiell ist Mathematik eine ganz andere Welt (nicht nur in \LaTeX), denn

- ▶ das Setzen mathematischer Formeln erfolgt in einer eigenen Umgebung
- ▶ mit eigenen Befehlen,
- ▶ eigener Schrift,



Setzen mathematischer Formeln

Prinzipiell ist Mathematik eine ganz andere Welt (nicht nur in \LaTeX), denn

- ▶ das Setzen mathematischer Formeln erfolgt in einer eigenen Umgebung
- ▶ mit eigenen Befehlen,
- ▶ eigener Schrift,
- ▶ eigenen Einstellungen



Setzen mathematischer Formeln

Prinzipiell ist Mathematik eine ganz andere Welt (nicht nur in \LaTeX), denn

- ▶ das Setzen mathematischer Formeln erfolgt in einer eigenen Umgebung
- ▶ mit eigenen Befehlen,
- ▶ eigener Schrift,
- ▶ eigenen Einstellungen
- ▶ und eigenen Tücken ...



Setzen mathematischer Formeln

Prinzipiell ist Mathematik eine ganz andere Welt (nicht nur in \LaTeX), denn

- ▶ das Setzen mathematischer Formeln erfolgt in einer eigenen Umgebung
- ▶ mit eigenen Befehlen,
- ▶ eigener Schrift,
- ▶ eigenen Einstellungen
- ▶ und eigenen Tücken ...

aber es ist einfacher (und schöner) als in den meisten (allen) anderen Textsatzsystemen





Grundlagen



Das Grundgerüst

Zwei grundlegende Modi für Mathematik



Das Grundgerüst

Zwei grundlegende Modi für Mathematik

- ▶ Im laufenden Text mit \dots oder $\backslash(\dots\backslash)$



Das Grundgerüst

Zwei grundlegende Modi für Mathematik

- ▶ Im laufenden Text mit `$...$` oder `\(...\)`
- ▶ oder abgesetzt mit `\[...\]` oder `\begin{displaymath}...\end{displaymath}`



Das Grundgerüst

Zwei grundlegende Modi für Mathematik

- ▶ Im laufenden Text mit `$...$` oder `\(...\)`
- ▶ oder abgesetzt mit `\[...]` oder `\begin{displaymath}...\end{displaymath}`

Einige Formelelemente

- ▶ Buchstaben, dargestellt als *jeweils ein* Symbol, *xyz*,
- ▶ Zahlen: 123,
- ▶ griechische Buchstaben $\gamma, \varepsilon, \xi, \dots$ und hebräische wie \aleph, \beth, \dots
- ▶ Operationen: $+$, $-$ und \cdot (mit `\cdot`)
- ▶ Sub- und Superskripte: $x^2 \hat{=} x^2$ und $x_2 \hat{=} x_2$,
- ▶ Brüche: `\frac{Zähler}{Nenner}` $\hat{=} \frac{1}{n}$,
- ▶ Wurzeln: `\sqrt[3]{x}` $\hat{=} \sqrt[3]{x}$



Beispiel

Dies $\sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{n} = \infty$ ist eine Textformel und

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{n} = \infty$$

ist eine abgesetzte Formel.



Beispiel

Dies $\sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{n} = \infty$ ist eine Textformel und

$$\sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{n} = \infty$$

ist eine abgesetzte Formel.

Dies `\sum_{i=1}^{\infty}\frac{1}{n}=\infty`

ist eine Textformel und

```
\begin{displaymath}
```

```
\sum_{i=1}^{\infty}\frac{1}{n} = \infty
```

```
\end{displaymath}
```

ist eine abgesetzte Formel.



Beispiel

$$\gamma + \frac{N^{\alpha - \frac{1+\beta \cdot x^2}{\sqrt{2}}} - 5}{2 + \sqrt{\phi} \sqrt{42 - \alpha - \theta - \mu^\pi}}$$



Beispiel

$$\gamma + \frac{\aleph^{\beth - \frac{1+\beta \cdot x^2}{\sqrt{2}}} - 5}{\sqrt[2+\sqrt{\phi}]{42 - \alpha - \theta - \mu}^\pi}$$

```
\begin{displaymath}
\gamma
+ \frac{\aleph^{\beth - \frac{1+\beta \cdot x^2}{\sqrt{2}}} - 5}
{\sqrt[2+\sqrt{\phi}]{42 - \alpha - \theta - \mu}^\pi}
\end{displaymath}
```





Das Paket amsmath



Wichtig!

Für das Setzen mathematischer Formeln sollte *immer* das Paket `amsmath` geladen werden (oder ein Paket, welches `amsmath` lädt).



Wichtig!

Für das Setzen mathematischer Formeln sollte *immer* das Paket `amsmath` geladen werden (oder ein Paket, welches `amsmath` lädt).

Umgebungen aus dem Paket `amsmath`:



Wichtig!

Für das Setzen mathematischer Formeln sollte *immer* das Paket `amsmath` geladen werden (oder ein Paket, welches `amsmath` lädt).

Umgebungen aus dem Paket `amsmath`:

- ▶ `equation` für einfache Formeln (ersetzt `displaymath`)
- ▶ `split` für den Einsatz mehrzeiliger Formeln in der `equation`
- ▶ `align`, `alignat`, `aligned`, `alignedat` für mehrzeilige ausgerichtete Formeln
- ▶ `multline` für „zu lange“ Formeln
- ▶ `gather` für lose zusammengeworfenen Formeln
- ▶ ...



Wichtig!

Für das Setzen mathematischer Formeln sollte *immer* das Paket `amsmath` geladen werden (oder ein Paket, welches `amsmath` lädt).

Umgebungen aus dem Paket `amsmath`:

- ▶ `equation` für einfache Formeln (ersetzt `displaymath`)
- ▶ `split` für den Einsatz mehrzeiliger Formeln in der `equation`
- ▶ `align`, `alignat`, `aligned`, `alignedat` für mehrzeilige ausgerichtete Formeln
- ▶ `multline` für „zu lange“ Formeln
- ▶ `gather` für lose zusammengeworfenen Formeln
- ▶ ...

*-Variante für Umgebung ohne Nummer.



Ausgerichtete Formeln

mit

```
\usepackage{amsmath}
```

```
\begin{align*}
```

```
...
```

```
\end{align*}
```



Ausgerichtete Formeln

mit

```
\usepackage{amsmath}
\begin{align*}
...
\end{align*}
```

z.B.

```
\begin{align*}
2x + y + 5x + z
&= 2x + 5x + y + z \\
&= 7x + y + z
\end{align*}
```

wird zu

$$\begin{aligned}2x + y + 5x + z &= 2x + 5x + y + z \\ &= 7x + y + z\end{aligned}$$



Tabellen (Matrizen)

Für Matrizen gibt es die Umgebung pmatrix:

```
\begin{equation*}
  \begin{pmatrix}
    1 & 2 & 3 \\
    4 & 5 & 6 \\
    7 & 8 & 9
  \end{pmatrix}
\end{equation*}
```



Tabellen (Matrizen)

Für Matrizen gibt es die Umgebung pmatrix:

```
\begin{equation*}
  \begin{pmatrix}
    1 & 2 & 3 \\
    4 & 5 & 6 \\
    7 & 8 & 9
  \end{pmatrix}
\end{equation*}
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$$



Tabellen (Matrizen)

Für Matrizen gibt es die Umgebung `pmatrix`:

```
\begin{equation*}
  \begin{pmatrix}
    1 & 2 & 3 \\
    4 & 5 & 6 \\
    7 & 8 & 9
  \end{pmatrix}
\end{equation*}
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}$$

ist aber auch mit der Umgebung `array` möglich.



Einzelemente



Klammern

\LaTeX unterstützt jegliche Formen von Klammern:

(x) , $\{x\}$, $[x]$, $\llbracket x \rrbracket$, $\lceil x \rceil$, $|x|$, $\langle x \rangle$, \dots



Klammern

L^AT_EX unterstützt jegliche Formen von Klammern:

$(x), \{x\}, [x], \lfloor x \rfloor, \lceil x \rceil, |x|, \langle x \rangle, \dots$

`(x), \{x\}, [x], \lfloor x \rfloor, \lceil x \rceil,`
`\lvert x \rvert, \langle x \rangle, \dots`



Klammern

L^AT_EX unterstützt jegliche Formen von Klammern:

$$(x), \{x\}, [x], \lfloor x \rfloor, \lceil x \rceil, |x|, \langle x \rangle, \dots$$

$$(x), \{x\}, [x], \lfloor x \rfloor, \lceil x \rceil, \dots$$

Größenanpassung mit `\left` und `\right`, jeweils paarig:

$$\left(\sum_{i=0}^1 5 = 10\right)$$

$$\left(\sum_{i=0}^1 5 = 10\right)$$



Klammern

L^AT_EX unterstützt jegliche Formen von Klammern:

$$(x), \{x\}, [x], \lfloor x \rfloor, \lceil x \rceil, |x|, \langle x \rangle, \dots$$

$$(x), \{x\}, [x], \lfloor x \rfloor, \lceil x \rceil, \dots$$

Größenanpassung mit `\left` und `\right`, jeweils paarig:

$$\left(\sum_{i=0}^1 5 = 10\right)$$

$$\left(\sum_{i=0}^1 5 = 10\right)$$

$$\left|\sum_{i=0}^1 5 = 10\right|$$

$$\left|\sum_{i=0}^1 5 = 10\right|$$



Klammern II

oder auch

$$\int_0^1 x^2 \mathop{\mathrm{d}}x = \left. \frac{1}{3}x^3 \right|_0^1$$

$$\int_0^1 x^2 \mathrm{d}x = \frac{1}{3}x^3 \Big|_0^1$$

denn \cdot ist das Sonderzeichen für eine leere Klammer.



Klammern II

oder auch

$$\int_0^1 x^2 \mathop{\mathrm{d}}x = \left. \frac{1}{3}x^3 \right|_0^1$$

$$\int_0^1 x^2 dx = \frac{1}{3}x^3 \Big|_0^1$$

denn `.` ist das Sonderzeichen für eine leere Klammer.

Klammern gibt es auch über- und unterhalb von Formeln mit Hilfe von `\underbrace` und `\overbrace`:

$$1 + \underbrace{2 + \overbrace{3 + 4}^7}_{9} = 10$$

$$1 + \underbrace{2 + \overbrace{3 + 4}^7}_{9} = 10$$



Funktionen

Beobachtung

$$\sin(x) \neq \sin(x)$$



Funktionen

Beobachtung

$$\sin(x) \neq \sin(x)$$

daher: allgemein gebräuchliche Funktionen werden gesondert behandelt:

<code>\log</code>	log	<code>\lg</code>	lg	<code>\ln</code>	ln	<code>\lim</code>	lim
<code>\sin</code>	sin	<code>\arcsin</code>	arcsin	<code>\sinh</code>	sinh	<code>\cos</code>	cos
<code>\arccos</code>	arccos	<code>\cosh</code>	cosh	<code>\tan</code>	tan	<code>\tanh</code>	tanh
<code>\arctan</code>	arctan	<code>\cot</code>	cot	<code>\coth</code>	coth	<code>\max</code>	max
<code>\min</code>	min	<code>\arg</code>	arg	<code>\det</code>	det	<code>\Pr</code>	Pr



Funktionen

Beobachtung

$$\sin(x) \neq \sin(x)$$

daher: allgemein gebräuchliche Funktionen werden gesondert behandelt:

<code>\log</code>	log	<code>\lg</code>	lg	<code>\ln</code>	ln	<code>\lim</code>	lim
<code>\sin</code>	sin	<code>\arcsin</code>	arcsin	<code>\sinh</code>	sinh	<code>\cos</code>	cos
<code>\arccos</code>	arccos	<code>\cosh</code>	cosh	<code>\tan</code>	tan	<code>\tanh</code>	tanh
<code>\arctan</code>	arctan	<code>\cot</code>	cot	<code>\coth</code>	coth	<code>\max</code>	max
<code>\min</code>	min	<code>\arg</code>	arg	<code>\det</code>	det	<code>\Pr</code>	Pr

Damit sind auch korrekte Indizierungen möglich:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} = 0 \quad \not\equiv \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} = 0$$



Mengenbedingungen werden mit dem Kommando `\mid` gesetzt:

```
\{\, n \in \mathbb{N} \mid n \ge \pi \, \}
```

$$\{ n \in \mathbb{N} \mid n \geq \pi \}$$

Ein einfacher Strich | reicht nicht aus!

$$\{ n \in \mathbb{N} | n \geq \pi \}$$



Akzente

Auch Akzente sind im Mathematikmodus neu:

<code>\acute</code>	\acute{x}	<code>\hat</code>	\hat{x}	<code>\grave</code>	\grave{x}
<code>\ddot</code>	\ddot{x}	<code>\tilde</code>	\tilde{x}	<code>\bar</code>	\bar{x}
<code>\breve</code>	\breve{x}	<code>\check</code>	\check{x}	<code>\dot</code>	\dot{x}
<code>\vec</code>	\vec{x}	<code>\widetilde</code>	\widetilde{xyz}	<code>\widehat</code>	\widehat{xyz}
<code>\mathring</code>	\mathring{x}	<code>\prime</code>	x'	<code>'</code>	x'

und mit Hilfe einiger Zusatzpakete gibt es noch viel mehr...



... und noch viel mehr Symbole

Hier:

`http://tug.ctan.org/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf`

oder

```
$ texdoc symbols-a4.pdf
```



... und noch viel mehr Symbole

Hier:

`http://tug.ctan.org/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf`

oder

```
$ texdoc symbols-a4.pdf
```

und noch viel mehr zu sagen, z.B.



... und noch viel mehr Symbole

Hier:

`http://tug.ctan.org/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf`

oder

```
$ texdoc symbols-a4.pdf
```

und noch viel mehr zu sagen, z.B.

- ▶ gibt es 8 unterschiedliche Symbolklassen



... und noch viel mehr Symbole

Hier:

`http://tug.ctan.org/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf`

oder

```
$ texdoc symbols-a4.pdf
```

und noch viel mehr zu sagen, z.B.

- ▶ gibt es 8 unterschiedliche Symbolklassen
- ▶ eigentlich 4 (8) Modi im Mathematikmodus



... und noch viel mehr Symbole

Hier:

`http://tug.ctan.org/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf`

oder

```
$ texdoc symbols-a4.pdf
```

und noch viel mehr zu sagen, z.B.

- ▶ gibt es 8 unterschiedliche Symbolklassen
- ▶ eigentlich 4 (8) Modi im Mathematikmodus
- ▶ Text in mathematischen Formeln (mit `\text{ein wenig Text}`)



... und noch viel mehr Symbole

Hier:

<http://tug.ctan.org/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf>

oder

```
$ texdoc symbols-a4.pdf
```

und noch viel mehr zu sagen, z.B.

- ▶ gibt es 8 unterschiedliche Symbolklassen
- ▶ eigentlich 4 (8) Modi im Mathematikmodus
- ▶ Text in mathematischen Formeln (mit `\text{ein wenig Text}`)
- ▶ manuelle Feinjustierung, z.B.

$$\int_0^1 x^2 dx \neq \int_0^1 x^2 \, dx$$



... und noch viel mehr Symbole

Hier:

<http://tug.ctan.org/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf>

oder

```
$ texdoc symbols-a4.pdf
```

und noch viel mehr zu sagen, z.B.

- ▶ gibt es 8 unterschiedliche Symbolklassen
- ▶ eigentlich 4 (8) Modi im Mathematikmodus
- ▶ Text in mathematischen Formeln (mit `\text{ein wenig Text}`)
- ▶ manuelle Feinjustierung, z.B.

$$\int_0^1 x^2 dx \neq \int_0^1 x^2 \, dx$$

▶ ...





Mathematische Aussagen



Definition, Satz, Beweis

Für mathematische Argumentation sind oft spezielle Formatierungen für Definitionen, Sätze, usw. nötig.



Definition, Satz, Beweis

Für mathematische Argumentation sind oft spezielle Formatierungen für Definitionen, Sätze, usw. nötig.

Lemma

Ist W eine ideale Welt, dann

- ▶ *werden alle Texte nur mit \LaTeX gesetzt, und deswegen*
- ▶ *sind alle mathematischen Formeln schön!*



Definition, Satz, Beweis

Für mathematische Argumentation sind oft spezielle Formatierungen für Definitionen, Sätze, usw. nötig.

Lemma

Ist W eine ideale Welt, dann

- ▶ *werden alle Texte nur mit \LaTeX gesetzt, und deswegen*
- ▶ *sind alle mathematischen Formeln schön!*

Beweis.



Definition, Satz, Beweis

Für mathematische Argumentation sind oft spezielle Formatierungen für Definitionen, Sätze, usw. nötig.

Lemma

Ist W eine ideale Welt, dann

- ▶ *werden alle Texte nur mit \LaTeX gesetzt, und deswegen*
- ▶ *sind alle mathematischen Formeln schön!*

Beweis.

Klar.



Definition, Satz, Beweis

Für mathematische Argumentation sind oft spezielle Formatierungen für Definitionen, Sätze, usw. nötig.

Lemma

Ist W eine ideale Welt, dann

- ▶ *werden alle Texte nur mit \LaTeX gesetzt, und deswegen*
- ▶ *sind alle mathematischen Formeln schön!*

Beweis.

Klar.



Umgebungen für Definitionen, Sätze, ...

Manchmal werden solche Umgebungen von der Dokumentenklasse bereit gestellt (wie z.B. beamer).



Umgebungen für Definitionen, Sätze, ...

Manchmal werden solche Umgebungen von der Dokumentenklasse bereit gestellt (wie z.B. beamer).

Ansonsten helfen Pakete (amsthm, ntheorem, ...)



Umgebungen für Definitionen, Sätze, ...

Manchmal werden solche Umgebungen von der Dokumentenklasse bereit gestellt (wie z.B. beamer).

Ansonsten helfen Pakete (amsthm, ntheorem, ...)

```
\usepackage[thmmarks,amsmath,hyperref]{ntheorem}
\theoremstyle{standard}
\theoremheaderfont{\normalfont\bfseries}
\theorembodyfont{\slshape}
\newtheorem{Theorem}      {Theorem} [section]
\newtheorem{Proposition} [Theorem] {Proposition}
\newtheorem{Lemma}       [Theorem] {Lemma}
\newtheorem{Corollary}   [Theorem] {Corollary}
```



Zum Abschluß



Eine wichtige Grundregel



Eine wichtige Grundregel

Lesbarkeit geht vor!

