

Mathematik in \LaTeX

Felix Schremmer

Technische Universität München

23.03.2021

- 1 Mathematische Formeln einbetten
- 2 Elemente mathematischer Formeln
- 3 Mathematik-Umgebungen

Pakete

- `amsmath`: Dringend empfohlen.
- `amsfonts`: Spezielle Schriftarten wie \mathbb{R} und \mathfrak{R} .
- `amssymb`: Mathematische Symbole wie $\sqsubset \supsetneq \triangleright \times$.
- `amsthm`: Um Theoreme, Beweise etc. aufzuschreiben.
- Unzählige exotische Pakete für diverse Spezialfälle.

Formeln im Fließtext

Alles zwischen zwei $\$$ -Zeichen wird als Formel dargestellt.

Sei $\$n>0\$$ und $\$x+1=4\$$. Sei $n > 0$ und $x + 1 = 4$.

Nummerierte Formeln

Die Umgebung `equation` erzeugt herausgestellte und nummerierte Formeln.

Es gilt

```
\begin{equation}
```

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

```
\end{equation}
```

Hierbei ist `\ldots`

Es gilt

$$a^2 + b^2 = c^2. \tag{1}$$

Hierbei ist...

Unnummerierte Formeln

Die Umgebung `equation*` erzeugt herausgestellte und *nicht* nummerierte Formeln.

Es gilt

```
\begin{equation*}
```

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

```
\end{equation*}
```

Hierbei ist `\ldots`

Es gilt

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

Hierbei ist...

Mehrere Formeln

Die Umgebungen `gather/gather*` erlauben es, mehrere Formeln untereinander zu schreiben.

Wir behaupten:

```
\begin{gather}
```

```
A=14x+12\\
```

```
4B-7=3
```

```
\end{gather}
```

Wir behaupten:

$$A = 14x + 12 \tag{2}$$

$$4B - 7 = 3 \tag{3}$$

Mehrere ausgerichtete Formeln

Die Umgebungen `align`/`align*` erlauben es, mehrere Formeln ausgerichtet untereinander zu schreiben.

```
\begin{align*}
(a+b)(a-b) &=& a^2 + ab - ab - b^2 \\
&=& a^2 - b^2.
\end{align*}
```

$$(a + b)(a - b) = a^2 + ab - ab - b^2$$

$$= a^2 - b^2.$$

Eigene Bezeichner

Der `\tag`-Befehl.

```
\begin{equation}  
a^2+b^2=c^2.\tag{P}  
\end{equation}
```

$$a^2 + b^2 = c^2. \tag{P}$$

Komplexitätsreduktion

Ich persönlich benutze fast ausschließlich

- `$...$`,
- die Umgebung `align*`,
- manchmal den `\tag`-Befehl.

- 1 Mathematische Formeln einbetten
- 2 Elemente mathematischer Formeln
 - Einfache Elemente
 - Zusammengesetzte Elemente
 - Anpassungen
- 3 Mathematik-Umgebungen

Ziffern und Buchstaben

- Ziffern und lateinische Buchstaben direkt eingeben.
- Griechische Buchstaben haben eigene Befehle.

LaTeX	<code>\alpha</code>	<code>\gamma</code>	<code>\Gamma</code>
Darstellung	α	γ	Γ

Operatoren und Relationen

LaTeX	$a+b$	$a-b$	$a\backslash\mathbf{c}dot b$	a/b	$a\backslash\mathbf{c}irc b$
Darstellung	$a + b$	$a - b$	$a \cdot b$	a/b	$a \circ b$

LaTeX	$a=b$	$a<b$	$a\backslash\mathbf{l}eq b$	$a\backslash\mathbf{g}eq b$	$a\backslash\mathbf{n}eq b$
Darstellung	$a = b$	$a < b$	$a \leq b$	$a \geq b$	$a \neq b$

Für Weglassungen kann man wie folgt drei Punkte setzen:

LaTeX	$1+2+\backslash\mathbf{c}dots+15$	$i=1, 2, \backslash\mathbf{l}dots, 8$
Darstellung	$1 + 2 + \dots + 15$	$i = 1, 2, \dots, 8$

Mengenlehre

LaTeX	<code>A\cap B</code>	<code>A\cup B</code>	<code>a\in A</code>	<code>A\ni a</code>
Darstellung	$A \cap B$	$A \cup B$	$a \in A$	$A \ni a$

LaTeX	<code>A\subset B</code>	<code>A\subseteq B</code>	<code>A\supset B</code>
Darstellung	$A \subset B$	$A \subseteq B$	$A \supset B$

Operatoren

- Es gibt eine Handvoll vordefinierter Operatoren, z.B. `\sin` für \sin . Diese umfassen

$\sin, \cos, \exp, \min, \max, \log, \lim, \ker, \dim$.

- Eigene Operatoren kann man in der Präambel definieren:

```
\DeclareMathOperator{\Ext}{Ext}
\begin{document}
$\Ext$
```

Texte

Der Befehl `\text` für Texte in mathematischen Gleichungen.

$$P = \{n: n \text{ ist eine Primzahl}\}$$

$$P = \{n : n \text{ ist eine Primzahl}\}$$

Pfeile

LaTeX	<code>A \to B</code>	<code>A \leftarrow B</code>	<code>x \mapsto y</code>
Darstellung	$A \rightarrow B$	$A \leftarrow B$	$x \mapsto y$

LaTeX	<code>A \Rightarrow B</code>	<code>A \Leftarrow B</code>	<code>A \iff B</code>
Darstellung	$A \Rightarrow B$	$A \Leftarrow B$	$A \iff B$

Außerdem kann man mit `\xrightarrow` beschriftete Pfeile zeichnen:

`A \xrightarrow[\text{unten}]{\text{oben}} B`

$$A \xrightarrow[\text{unten}]{\text{oben}} B$$

Spezielle Symbole

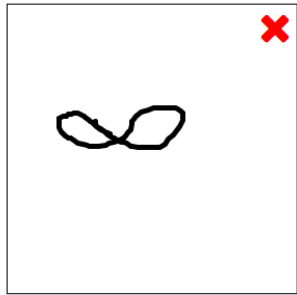
- Es gibt unzählige spezielle Symbole (für Mathematik und anderes), aufgeteilt auf unzählige spezialisierte LaTeX-Pakete.
- In `symbols-a4.pdf` werden die meisten Symbole und Pakete aufgeführt (über 200 Seiten).
- Empfehlenswert ist Detexify.


Spezielle Symbole


- Es gibt unzählige spezielle Symbole (für Mathematik und anderes), aufgeteilt auf unzählige spezialisierte LaTeX-Pakete.
- In `symbols-a4.pdf` werden die meisten Symbole und Pakete aufgeführt (über 200 Seiten).
- Empfehlenswert ist Detexify.


Detexify

[classify](#) [symbols](#)



- Score: 0.11056934301812274
 `\infty`
 mathmode

- Score: 0.14010318577016045
 `\leftarrowtail`
 mathmode

- Score: 0.15118510554595918
 `\Bumpeq`
 mathmode

- 1 Mathematische Formeln einbetten
- 2 Elemente mathematischer Formeln
 - Einfache Elemente
 - Zusammengesetzte Elemente
 - Anpassungen
- 3 Mathematik-Umgebungen

Arithmetik

LaTeX	<code>\frac{1}{2}</code>	<code>\sqrt{x}</code>	<code>\sqrt[4]{x}</code>
Darstellung	$\frac{1}{2}$	\sqrt{x}	$\sqrt[4]{x}$
LaTeX	<code>x^2</code>	<code>e^{2 \pi i}</code>	<code>x_1</code>
Darstellung	x^2	$e^{2\pi i}$	x_1

Klammern

LaTeX	$(a+b)$	$[a+b]$	$\{1,2,3\}$
Darstellung	$(a + b)$	$[a + b]$	$\{1, 2, 3\}$

<code>\langle a,b\rangle</code>	<code>\lvert x\rvert</code>	<code>\ f\ </code>
$\langle a, b \rangle$	$ x $	$\ f\ $

Klammergrößen

- `\left (... \right)` passt die Größen der Klammern automatisch an.

$$(\frac{1}{2}), \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$\left(\frac{1}{2}\right), \left(\frac{1}{2}\right)$$

Klammergrößen

- `\left (... \right)` passt die Größen der Klammern automatisch an.

$$(\frac{1}{2}), \left(\frac{1}{2} \right)$$

$$\left(\frac{1}{2}\right), \left(\frac{1}{2}\right)$$

- Mit `\bigl`, `\Bigl` und `\Biggl` kann man Klammern manuell vergrößern.

$$\Bigl(2(a+b) \Bigl) \cdot 4$$

$$\left(2(a + b)\right) \cdot 4$$

Summen etc.

Für das Summations-Symbol lautet die Syntax:

`\sum_{untere Beschriftung}^{obere Beschriftung}`

So wird `\sum_{k=1}^n k^2` zu

$$\sum_{k=1}^n k^2.$$

Summen etc.

Für das Summations-Symbol lautet die Syntax:

`\sum_{untere Beschriftung}^{obere Beschriftung}`

So wird `\sum_{k=1}^n k^2` zu

$$\sum_{k=1}^n k^2.$$

Entsprechend funktionieren folgende Operatoren:

LaTeX	<code>\prod</code>	<code>\int</code>	<code>\bigcup</code>	<code>\bigcap</code>
Darstellung	\prod	\int	\cup	\cap

Beschriftungen anpassen

- Die Position der Beschriftungen unterscheidet sich bei herausgestellten und Fließtext-Formeln. Vergleiche $\sum_{k=1}^n k^2$ mit

$$\sum_{k=1}^n k^2.$$

- Mit dem Befehl `\sum\nolimits` kann man das erste Verhalten erzwingen, mit `\sum\limits` das zweite.

Beschriftungen anpassen

- Die Position der Beschriftungen unterscheidet sich bei herausgestellten und Fließtext-Formeln. Vergleiche $\sum_{k=1}^n k^2$ mit

$$\sum_{k=1}^n k^2.$$

- Mit dem Befehl `\sum\nolimits` kann man das erste Verhalten erzwingen, mit `\sum\limits` das zweite.
- Der Befehl `\substack` erlaubt mehrzeilige Beschriftungen:

`\sum_{\substack{i \leq 4 \\ j \leq 5}} i \cdot j`

$$\sum_{\substack{i \leq 4 \\ j \leq 5}} i \cdot j$$

Fallunterscheidungen

Die cases-Umgebung erlaubt es, Fallunterscheidungen darzustellen. Innerhalb dieser Umgebung kann man `\\` für Zeilenumbrüche und `&` für Ausrichtung benutzen.

```

\lvert x\rvert = \begin{cases}
x, & \& x\geq 0, \\
-x, & \& x<0. \\
\end{cases}

```

$$|x| = \begin{cases} x, & x \geq 0, \\ -x, & x < 0. \end{cases}$$

Matrizen

Mit der Umgebung `pmatrix`. In dieser Umgebung werden `\` und `&` „wie üblich“ verwendet.

```
\begin{pmatrix}
a & b \\
c & d
\end{pmatrix}
```

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$$

Es gibt folgende Varianten zu `pmatrix`, die genau gleich verwendet werden:

LaTeX	<code>bmatrix</code>	<code>vmatrix</code>	<code>matrix</code>	<code>smallmatrix</code>
Darstellung	$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}$	$\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix}$	$\begin{matrix} a & b \\ c & d \end{matrix}$	$\begin{smallmatrix} a & b \\ c & d \end{smallmatrix}$

- 1 Mathematische Formeln einbetten
- 2 Elemente mathematischer Formeln
 - Einfache Elemente
 - Zusammengesetzte Elemente
 - Anpassungen
- 3 Mathematik-Umgebungen

Buchstabenzusätze

LaTeX	<code>f'</code>	<code>\hat f</code>	<code>\check f</code>	<code>\tilde f</code>	<code>\overline f</code>
Darstellung	f'	\hat{f}	\check{f}	\tilde{f}	\bar{f}

LaTeX	<code>\dot f</code>	<code>\overrightarrow f</code>	<code>\not\subset</code>
Darstellung	\dot{f}	\overrightarrow{f}	$\not\subset$

Schriftarten

LaTeX	<code>\mathbf{abcABC}</code>	<code>\mathbb{ABC}</code>
Darstellung	abcABC	\mathbb{ABC}

LaTeX	<code>\mathrm{abcABC}</code>	<code>\mathcal{ABC}</code>
Darstellung	abcABC	\mathcal{ABC}

Abstände

- Leerzeichen und Zeilenumbrüche in Mathematik-Bereichen haben keinerlei Bedeutung. `$a b$` und `ab` werden identisch dargestellt.
- Folgende Befehle fügen horizontale Abstände ein (von klein bis groß):

```
\, \: ~ \quad \qquad
```

- Der Befehl `\!` fügt einen *negativen* Abstand ein.

```
\int 2x \, dx,
\qquad A = B + \! \sqrt{4}
```

$$\int 2x \, dx, \quad A = B + \sqrt{4}$$

- 1 Mathematische Formeln einbetten
- 2 Elemente mathematischer Formeln
- 3 Mathematik-Umgebungen

Theorem-Umgebungen definieren

Mit dem Befehl `\newtheorem{Umgebungsname}{Anzeigename}` werden Theorem-Umgebungen in der Präambel definiert.

```
\newtheorem{lem}{Lemma}
\begin{document}
\begin{lem}
Sei  $p$  eine Primzahl\ldots
\end{lem}
```

Lemma 1. *Sei p eine Primzahl...*

Theoreme ohne Nummerierung

Für Theoreme ohne Nummerierung nimmt man `\newtheorem*`.

```
\newtheorem*{lemma*}{Lemma}
\begin{document}
\begin{lemma*}
$f$ ist bijektiv.
\end{lemma*}
```

Lemma. *f ist bijektiv.*

Nummerierung nach Abschnitten

Um alle die Theoreme gemäß ihrem Kapitels/Abschnitt/Unterabschnitt zu Nummerieren, gibt man einen optionalen dritten Parameter an `\newtheorem`.

```
\newtheorem{theorem}{Satz}[section]
\begin{document}
\section{Das Theorem}
\begin{theorem}$A$ ist nicht leer.\end{theorem}
```

1 Das Theorem

Satz 1.1. *A ist nicht leer.*

Gemeinsame Zähler

Um verschiedene Theorem-Typen (z.B. Lemmata und Sätze) gemeinsam zu nummerieren, gibt man einen optionalen zweiten Parameter an `\newtheorem`.

```
\newtheorem{lemma}{Lemma}
\newtheorem{theorem}[lemma]{Satz}
\begin{document}
\begin{lemma}$f(0) = 0$.\end{lemma}
\begin{theorem}$f(n)=0$ für
alle $n\geq 0$.\end{theorem}
```

Lemma 1. $f(0) = 0$.

Satz 2. $f(n) = 0$ für alle $n \geq 0$.

Benannte Theoreme

Einer Theorem-Umgebung kann man mit einem optionalen Parameter auf einen bekannten Namen oder den Ursprung des Theorems verweisen.

```
\begin{lemma*}[Euler]
 $e^{\pi i} = -1$ .
\end{lemma*}
```

Lemma (Euler). $e^{\pi i} = -1$.

Theorem-Stile

Weniger auffällige Theorem-Umgebungen erreicht man mit dem Befehl `\theoremstyle{definition}` oder sogar `\theoremstyle{remark}`.

```
\theoremstyle{definition}
\newtheorem{def}{Definition}
\theoremstyle{remark}
\newtheorem{rem}[def]{Bemerkung}
\begin{document}
\begin{def}Eine \emph{Gruppe} ist \ldots\end{def}
\begin{rem}Bekanntlich gilt \ldots\end{rem}
```

Definition 1. Eine *Gruppe* ist...

Bemerkung 2. Bekanntlich gilt...

Beweise

Die proof-Umgebung steht glücklicherweise bereits zur Verfügung.

```
\newtheorem{theorem}{Satz}
\begin{document}
\begin{theorem}
 $a^2 + b^2 = c^2$ .
\end{theorem}
\begin{proof} Geometrie!
\end{proof}
```

Satz 1. $a^2 + b^2 = c^2$.

Beweis. Geometrie!



Verweise

- Mit dem Befehl `\label{Name}` irgendwo in einer nummerierten Theorem-Umgebung gibt man dem Theorem einen internen Namen.
- Mit dem Befehl `\ref{Name}` kann man darauf verweisen. Es wird automatisch die korrekte Nummer eingesetzt.
- Der selbe Mechanismus funktioniert auch, um auf nummerierte Formeln, Kapitel, Abschnitte, Unterabschnitte und Listenpunkte zu verweisen.

Verweise - Beispiel

```
\begin{theorem}\label{MeinSatz}
```

```
 $\phi > 4$.
```

```
\end{theorem}
```

Aus Satz `\ref{MeinSatz}` folgt

```
\begin{equation}\label{MeineGleichung}
```

```
 $\phi > 3$.
```

```
\end{equation}
```

Aus Gleichung (`\ref{MeineGleichung}`) folgt `\ldots`

Satz 1.2. $\phi > 4$.

Aus Satz 1.2 folgt

$$\phi > 3. \tag{1}$$

Aus Gleichung (1) folgt...

Lesenswertes

- Mathematik Allgemein: `amsl.doc.pdf`
- Theorem-Umgebungen: `amsth.doc.pdf`