

Einführung in das Textsatzsystem \LaTeX

Mathematiksatz II

Maximilian Jalea

`max@mathphys.stura.uni-heidelberg.de`

Vorläufige Version

17. November 2017

Übersicht

① Mathe

Relationen

Mengen

Integrale

Komplexe Matrizen

Typische Mathe-Umgebungen

② Physik

SI-Einheiten

Mehr Vektoren

Feynman-Graphen

Quantenmechanik

Plotten in \LaTeX

③ Finetuning

Schriften

Spaces

Smashing

Umbrüche

Nummerierung

Relationen

```
$= \equiv \approx \asymp  
\bowtie \cong \dashv \dotseq  
\sim \simeq \propto  
\smile$
```

$= \equiv \approx \asymp \bowtie \cong \dashv \dotseq \sim \simeq \propto \smile$

Relationen

```
$= \equiv \approx \asymp  
\bowtie \cong \dashv \doteq  
\sim \simeq \propto \smile$
```

$$= \equiv \approx \asymp \bowtie \cong \dashv \doteq \sim \simeq \propto \smile$$

Negierung mit \not

```
$_\not = \neq \not\equiv  
\not\approx \not A  
\not\kern-.2em\int \not\  
\kern-.2em\partial \not\  
\smile$
```

$$\neq \not\equiv \not\approx \not A \not\int \not\partial \not\smile$$

Relationen

$$\begin{aligned} & \$= \backslash equiv \backslash approx \backslash asymp \\ & \backslash bowtie \backslash cong \backslash dashv \backslash \\ & \backslash doteq \backslash sim \backslash simeq \backslash propto \\ & \backslash smile \$ \end{aligned}$$
$$= \equiv \approx \propto \times \div \pm \cdot \sim \infty \cup$$

Negierung mit \not

`\not = \neq \not\equiv`
`\not \approx \not A`
`\not\kern-.2em\int \not\kern-.2em\partial \not \smile$`

 $\neq \not\equiv \approx \nmid \nmid \partial \nmid$

Stapeln von Symbolen

```

 $\stackrel{\text{oben}}{\underset{\text{unten}}{\$}}$ 
 $\stackrel{\text{\texttt{\textbackslash text e}}}{\text{\texttt{\textbackslash text a}}} = \$ \ddot{a}$ 
 $\stackrel{.}{\$} = \neq \doteq \$$ 

```

oben e
unten ä = ä ≠ ä

- Paket 12many bietet Vereinfachung und Anpassung zum Mengensatz:
 $\{1, \dots, m\}$
- Befehle:
`\nto{n}{m}`, `\ito{m}`, `\oto{m}`
- Stil ändern mit `\setOTMstyle[]{\langle style \rangle}`

```
$ \nto{i}{k},  
  \ito{m},  
  \oto{\alpha_i} $
```

$$\{i, \dots, k\}, \{1, \dots, m\}, \{0, \dots, \alpha_i\}$$

$\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ math bietet weitere Integrale:

```
\[ \iint \iiint \]
\[ \oint \dotsint \]
\[ \int \int \]
```

$$\begin{array}{c} \iint \iiint \iiint \\ \oint \int \cdots \int \\ \int \int \end{array}$$

Zusätzliche
Integraldarstellungen
bieten:

- `wasysym`
- `txfonts`
- `esint`
- `MnSymbol`
- `mathdesign`

Auf Kompatibilität achten

Verschiedene Matheschriften
zusammen können Probleme
bereiten.

Satz komplexer Matrizen

```
\[ \begin{pmatrix}
a & b & \dots & z \\
b & \dots & \dots & z \\
\vdots & \ddots & \reflectbox{\ddots} & \\
z & b & \dots & 
\end{pmatrix}
\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}
\end{pmatrix}
```

$$\begin{pmatrix} a & b & \dots & z \\ b & \dots & \dots & z \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z & b & \dots & \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

Typische Mathe-Umgebungen

Mit dem \mathcal{AMS} -Paket `amsthm` lassen sich typische Mathe-Umgebungen wie „Satz“ und „Beweis“ erstellen:

- Anlegen einer Umgebungen mit

`\newtheorem{<Kürzel>}{<Name>}[<Nummerierungsebene>]`

```
\newtheorem{def}{Definition}[section]
\newtheorem{thm}{Satz}[section]
\newtheorem*{lemma}{Lemma}
```

```
\begin{thm}[Brinkmann]
  Sei  $a=b$  und  $b=c$ .
  Dann ist  $a=c$ .
\end{thm}
\begin{proof}
  Trivial.
\end{proof}
```

Satz (Brinkmann)

Sei $a = b$ und $b = c$. Dann ist $a = c$.

Beweis.

Trivial.



Setzen von Einheiten

Paket `siunitx` (Joseph Wright)

```
\SI[separate-uncertainty]{23.448(5)e23}{g.cm^3}
\si[per-mode=fraction]{\joule\per\ev}
\si{\joule\per\ev}
\num[round-precision=2]{4.4583 x 3.2 e21}
\num[mode=text]{4.58}
\num[exponent-product=\cdot]{1e10}
\ang[]{45}
```

$$(23.448 \pm 0.005) \times 10^{23} \text{ g cm}^3$$
$$\frac{\text{J}}{\text{eV}}$$
$$\text{J eV}^{-1}$$
$$4.4583 \times 3.2 \times 10^{21}$$
$$4.58$$
$$1 \cdot 10^{10}$$
$$45^\circ$$

Setzen von Einheiten

Ändern der Voreinstellungen mittels \sisetup

```
\sisetup{negative-color}
$\num{-3}, \num{3},
\num[negative-color=blue]{-5\times 5},
\num{2}\cdot\num{2}$\\

\def\A{5.1}
$\SI{\A\times 5.3}{\milli\meter}$\\
$\num{\A\times 5.3}\si{\square\milli\meter}$\\
$\num{\A\times 5.3}\si{\milli\meter\squared}$
```

$-3, 3, -5 \times 5, 2 \cdot 2$

$5.1\text{ mm} \times 5.3\text{ mm}$

$5.1 \times 5.3\text{ mm}^2$

$5.1 \times 5.3\text{ mm}^2$

```
\ang{10}  
\ang{12.3}  
\ang{4,5}  
\ Heidelberg:  
\ang{49;25;}N, \ang  
{8;43;}O, \ang{49;25;}N,  
\ang{8;43;}O
```

10° 12.3° 4.5°

Heidelberg: 49°25'N, 8°43'O,
49°25'N, 8°43'O

```
\SI{5.54}{ms^{-2}}\\  
\SI{5.54}{m s^{-2}}\\  
\SI{5.54}{m.s^{-2}}\\  
\SI{5.54}{\meter\per\second\squared}\\  
\SI{5.54}{\meter\per\second\square}\\
```

5.54 ms⁻²

5.54 ms⁻²

5.54 m s⁻²

5.54 m s⁻²

5.54 m s⁻²

```
\sisetup{per-mode=fraction}  
\SI{1.23}{\joule\per\mole\per\  
kelvin}  
\ \ \sisetup{per-mode=symbol}  
\SI{1.23}{\joule\per\mole\per\  
kelvin}  
\ \ \sisetup{per-mode=fraction,  
fraction-function=\sfrac}  
\SI{1.23}{\joule\per\mole\per\  
kelvin}
```

$$1.23 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$$
$$1.23 \text{ J}/(\text{mol K})$$
$$1.23 \text{ J}/\text{mol K}$$

- manchmal hat man spezielle Anforderungen an die Vektorpfeile
- Paket `esvect` bietet Anpassungen der Pfeilform
- korrekter Satz bei Subskripten wird beachtet

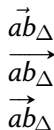
```
$\vv a$  
$\vec a$
```

$$\vec{a}$$
$$\vec{a}$$

- Pfeiltyp über Paketoption `[a]` bis `[h]` einstellbar
- mögliche Pfeile: siehe Dokumentation

- Sternversion `\vv*{}{}{}` sorgt für passende Subskripte:

```
$\vec{ab}_{\Delta}$\\[-2ex]  
$\vv{{ab}_{\Delta}}$\\[-2ex]  
$\vv*{ab}{\Delta}$
```


$$\begin{array}{c} \vec{ab}_{\Delta} \\ \overrightarrow{ab}_{\Delta} \\ \overrightarrow{ab}_{\Delta} \end{array}$$

- abstrakte Darstellung von Zuständen in der Quantenmechanik
- Unabhängigkeit von Koordinaten
- Ket: $\langle a|$, Bra: $|b\rangle$
- Skalarprodukt: Bra(c)ket: $\langle a|b\rangle$
- Matrixelement: $\langle a|\hat{O}|b\rangle$

Satz von bra und ket

Paket `braket`

```
\bra a \ket b  
\braket{a|\frac A B|a}  
\Braket{a|\frac A B|a}
```

Für Operatoren benötigt man das „Dach“:

```
$\hat{A} \ \hat{\mathrm{A}} \ \bar{h}
h \ \check{a} \ \dot{a} \ \ddot{a} \ \dddot{a} \ \ddddot{a} \ \underbrace{E = mc^2}_{\text{nach Einstein}} \overbrace{\int_{-\infty}^{\infty}}^{\text{Hinweis}}$
```

$\hat{A} \ \hat{\mathrm{A}} \ \bar{h} \ \check{a} \ \dot{a} \ \ddot{a} \ \dddot{a} \ \ddddot{a}$

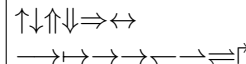
Hinweis

$\underbrace{E = mc^2}_{\text{nach Einstein}}$

$\overbrace{\int_{-\infty}^{\infty}}$

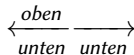
Für Spinzustände oft verwendete Notation mittels Pfeilen:

```
\uparrow \downarrow \Uparrow
\Downarrow
\rightarrow \leftrightarrow \!
\longrightarrow \mapsto \to \!
\leftarrow \!
\rightleftarrows
\Rsh
```



Über- und Unterschreibungen von Pfeilen (Beschriftung von Reaktionsgleichungen etc.)

```
$\xleftarrow[unten]{oben}$  
$\xrightarrow[unten]{}$
```



```
$\overleftarrow{a}$  
$\overleftrightharpoonup{b}$  
$\stackrel{\text{rel}}{\leftrightharpoonup}$  
T$
```



- \exists `gnuplottex`
- `PGFplots` ist besser \rightarrow eigene Vorlesung

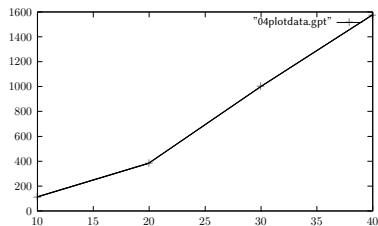
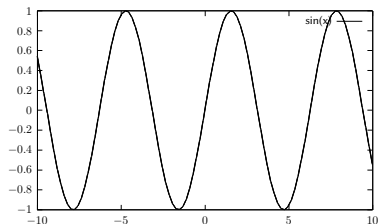
- kommandozeilenorientiertes Plotprogramm
 - klein, schnell
 - unintuitive Bedienung
 - optimal für Ausführung aus Skripten
- ⇒ passt zur Arbeitsweise mit $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$
- nützlich für schnelle Testplots
 - auch professionelle Qualität möglich

- Vorteile: Plotbefehle direkt im Dokument
Schriften von \LaTeX verwaltet \Rightarrow passend!
- Nachteile: Portabilität leidet
Plot wird bei jedem Durchlauf neu erstellt
umständlich unter Windows

- Start aus Kommandozeile (unter Windows GUI verfügbar)
- Grundbefehl: `plot`
- Abkürzungen aller Befehle möglich: `plot = pl = p`
- `p sin(x), p "Datensatz" using 1:3`
- `set style data lines, rep`

- gnuplot bietet riesige Vielzahl an Ausgabeformaten
- u. a. ps, jpeg, mf, mp, hp500c, gif
- direkte Anzeige: wxt (windows), X11 (Unix)
- viele T_EX-Formate (pstex, pslatex, texdraw, eepic, emtex, ...)
- *kein* pdf
- aus L^AT_EX: unabhängig vom Treiber

```
\begin{gnuplot}[scale
=0.4]
p sin(x)
\end{gnuplot}
\begin{gnuplot}[scale
=0.4]
set style data
linespoints
p "04plotdata.gpt"
\end{gnuplot}
```



- Matheschrift muss am Anfang des Dokumentes festgesetzt werden
- Kann nicht im Dokument geändert werden
- Pakete freier Schriften
- `mathpazo`
- `cmbright`
- `mathpazo`
- `eulervm`

Eine Reihe nichtfreier Schriften ist in speziellen Paketen verfügbar.

Hervorhebungen/besondere Buchstaben:

- Kalligraphische Buchstaben `\mathcal`
- Serifenlose
- Fraktur `\Re` `\Im`:
- Aufrechte Buchstaben
- „blackboard bold“ `\mathbb{R}`:
- mit Paket `dsfont` `\matds{R}`:

$\mathfrak{R}, \mathfrak{S}$

\mathbb{R}

\matds{R}

- Paket `unicode-math` (Will Robertson) bietet experimentellen Zugriff auf otf-Matheschriften
- freie Matheschriften selten
- Unterstützung noch sehr rudimentär
- zukünftige Entwicklung vielversprechend
- in $\LaTeX 3$ evtl. stabil verfügbar ...
- geplant für $\text{lua}\TeX$

Änderung der Platzverteilung

- Kerning
- v/hspace: `\hspace{1cm}`, `\hspace*{1cm}`
- Achtung bei `\vspace`: Nur im vertikalen Modus möglich
- Phantome

Phantome

```
$a_x = b$\\  
$\hphantom{a_x} = b$\\  
$\underline{a_x} = \underline{a_x}$  
b\vphantom{a_x} c \underline{a_x}  
a_x \underline{a_x} b
```

$$\begin{aligned} a_x &= b \\ &= b \\ \underline{a_x} &= \underline{b} \underline{c} \underline{a_x} \underline{b} \end{aligned}$$

```
\begin{align*}  
a &= b\\  
c &= d\\  
\int a &= b \\  
\end{align*}
```

$$\begin{aligned} a &= b \\ c &= d \\ \int a &= b \end{aligned}$$

Phantome

```
$a_x = b$\\  
$\hphantom{a_x} = b$\\  
$\underline{a_x} = \underline{a_x}$  
b\vphantom{a_x}\underline{b}
```

$$\begin{aligned} a_x &= b \\ &= b \\ \underline{a_x} &= \underline{bb} \end{aligned}$$

```
\begin{align*}  
a &= b\\  
\vphantom{\int} c &= d\\  
\int a &= b  
\end{align*}
```

$$a = b$$

$$c = d$$

$$\int a = b$$

- Paket `mathtools` bietet:
- Erweiterungen/Ergänzungen/Bugfixes zu `amsmath`
- fine-tuning des Mathesatzes
- Sammlung von Tricks von Michael J. Downes

$$X = \sum_{1 \leq i \leq j \leq n} X_{ij} X = \sum_{1 \leq i \leq j \leq n} X_{ij} X = \sum_{1 \leq i \leq j \leq n}^{a+b+c+d} X_{ij} X = \sum_{1 \leq i \leq j \leq n}^{\overline{a+b+c+d}} X_{ij}$$

```
\[X = \sum_{1\leq i\leq j\leq n} X_{ij}
X = \sum_{\mathclap{1\leq i\leq j\leq n}} X_{ij}
X = \sum_{\mathclap{1\leq i\leq j\leq n}}^{a+b+c+d} X_{ij}
X = \smashoperator[r]{\sum_{1\leq i\leq j\leq n}^{a+b+c+d}} X_{ij}
\]
```

- Standardform der tags ist nicht immer schön: (4)
- Änderung mittels `amsmath`
„[is] not very user friendly (it involves a macro with three @’s in its name)“
- `mathtools`’ Weg:

```
\newtagform{brackets}{[ ]{ }}
\usetagform{brackets}
\begin{equation}E \neq mc^3\end{equation}
\newtagform{bfbrackets}[\textbf{
}]{[ ]{ }}
\usetagform{bfbrackets}
\begin{equation}E \neq mc^4\end{equation}
```

$$E \neq mc^3 \quad [1]$$

$$E \neq mc^4 \quad [2]$$

Umbruch von Formeln

- nicht nur Text, sondern auch lange Formeln müssen umbrochen werden
- sinnerhaltender Umbruch schwer
- Umbruch nur im Inline-Mode
- Umbruch nur bei binären Operatoren

Umbruch von Formeln

- Paket `breqn` ermöglicht Umbruch in Display-Formeln
- eigene Umgebungen: `dmath(*)` (wie `\[\]`)
- `dseries`
- `dgroup` (wie `align`)
- `darray` (wie `eqnarray`)
- `dsuspend` (unterbricht)
- Befehl `\condition` für Bedingungen

- `breqn` lädt `flexisym`
- `flexisym` definiert eigene Mathezeichen

⇒ Inkompatibilität mit Schriftpaketen

- speziell `inkompatibel` zu `fontspec` (nicht mehr?)

Nummerierung von Fallunterscheidungen

- Paket `cases` bietet Nummerierung von case-Konstrukten:

```
\begin{numcases}{E = mc^2}  
m \neq 0 & Masselose Teilchen\\  
m < 0 & Antiteilchen (?)\\  
m > 0 & normale Teilchen  
\end{numcases}
```

$$E = mc^2 \begin{cases} m \neq 0 & \text{Masselose Teilchen} & (3) \\ m < 0 & \text{Antiteilchen (?)} & (4) \\ m > 0 & \text{normale Teilchen} & (5) \end{cases}$$

- Wenn normale Schriftgrößen nicht ausreichen:
`\displaystyle`, `\textstyle`, `\scriptstyle`, `\scriptscriptstyle`
- Paket `relsize`
- Grundbefehle `\relsize{n}`, `n` gibt Schrittweite an
- `\larger = \relsize{1}`
- `\smaller = \relsize{-1}`
- `\relscale{0.75}` – Skalierung auf den angegebenen Faktor
- `\mathsmaller`, `\mathlarger` – Änderung der Matheschriftgröße

Relative Größenangabe

```
\[\Delta \varphi = 2  
\int\limits_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{dM}{r^2} dr  
\sqrt{2m (E-U) - \frac{M^2}{r^2}}  
\]
```

$$\Delta\varphi = 2 \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{\frac{M}{r^2} dr}{\sqrt{2m(E-U) - \frac{M^2}{r^2}}}$$

Relative Größenangabe

```
\newcommand\largeint{\mathlarger{\mathlarger{\mathlarger{\int}}}}
\[\Delta \varphi = 2
\largeint\limits_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{M}{r^2} dr
\sqrt{2m(E-U) - \frac{M^2}{r^2}}
\]
```

$$\Delta\varphi = 2 \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{\frac{M}{r^2} dr}{\sqrt{2m(E-U) - \frac{M^2}{r^2}}}$$



American Mathematical Society.

„amsthm – Typesetting theorems (\mathcal{AMS} style)“.

`texdoc amsthm`



Joseph Wright.

„siunitx – A comprehensive (SI) units package“.

`texdoc siunitx`



Lars Kotthoff und Udo Höfel.

„The gnuplottex package“.

`texdoc gnuplottex`



Herbert Voß.

„Math mode“.

`texdoc mathmode`