

Einführung in das Textsatzsystem \LaTeX

Mathematiksatz II

Moritz Brinkmann

`moritz.brinkmann@iwr.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

Größenänderungen

Teil I

Mathe

Relationen

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

=≡≈≍⋈≌⊥≐~≎α↷

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

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

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

Negierung mit \not

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

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

Stapeln von Symbolen

```
$_\stackrel{oben}{\text{e}}\stackrel{unten}{a}$  
$_\stackrel{oben}{\text{e}}\stackrel{unten}{a}=ä$  
$_\stackrel{oben}{\text{e}}\stackrel{unten}{a} \neq \doteq$  
$_\stackrel{oben}{\text{e}}\stackrel{unten}{a} \neq \doteq$
```

$\overset{oben}{e} \underset{unten}{a} = \underset{unten}{a} \neq \doteq \overset{!}{\neq} \overset{?}{\doteq}$

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

```
$ \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:

```
\[ \iint \iiint \]
```

```
\[ \oint \idotsint \]
```

```
\[ \int \int \]
```

$$\iint \iiint \iiint$$
$$\oint \int \cdots \int$$
$$\int \int$$

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 & \dots & z \\
\vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\
z & b & \dots & \dots & \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 et al.]
  Sei  $a=b$  und  $b=c$ . Dann ist  $a=c$ .
\end{thm}
\begin{proof}
  Trivial.
\end{proof}
```

Satz (Brinkmann et al.)

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

Beweis.

Trivial. □

Teil II

Physik

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]{1e  
10}  
\ang[]{45}
```

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

Ändern der Voreinstellungen mittels `\sisetup`

```
\sisetup{negative-color=red}
$\num{-3}, \num{3},
\num[negative-color=blue]{-5x5},
\num{2}\cdot\num{2}$\\

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

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

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

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

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

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

10° 12.3° 4.5°
Heidelberg: 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 \square\  
second}\\  
\SI[per-mode=fraction]{5.54}  
\SI{5.54}{\meter\per\square\second}
```

5.54 ms⁻²

5.54 ms⁻²

5.54 m s⁻²

5.54 m s⁻²

5.54 m s⁻²

5.54 $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$


```
\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}
```

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

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

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


$$\overrightarrow{\boldsymbol{a}}$$
$$\overrightarrow{\boldsymbol{\tilde{a}}}$$

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

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

```
 $\vec{ab}_{\Delta}$   
 $\overrightarrow{ab}_{\Delta}$   
 $\overrightarrow{ab}_{\Delta}$ 
```

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

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

Paket `braket`

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

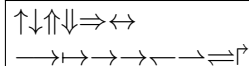
Für Operatoren benötigt man das „Dach“:

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

$$\begin{array}{c}
 \hat{A} \hat{A} \bar{h} \check{a} \\
 \ddot{a} \dddot{a} \ddddot{a} \\
 \\
 \underbrace{E = mc^2}_{\text{nach Einstein}} \quad \overbrace{\int_{-\infty}^{\infty}}^{\text{Hinweis}}
 \end{array}$$

Für Spinzustände oft verwendete Notation mittels Pfeilen:

```
$\uparrow \downarrow \Uparrow \Downarrow  
\rightarrow \leftrightarrow \\  
\longrightarrow \mapsto \rightarrow \rightsquigarrow  
\leftharpoonup \rightharpoonup \rightleftharpoons  
\Rsh$
```

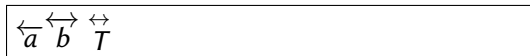


Über- und Unterschreibungen von Pfeilen
(Beschriftung von Reaktionsgleichungen etc.)

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



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



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

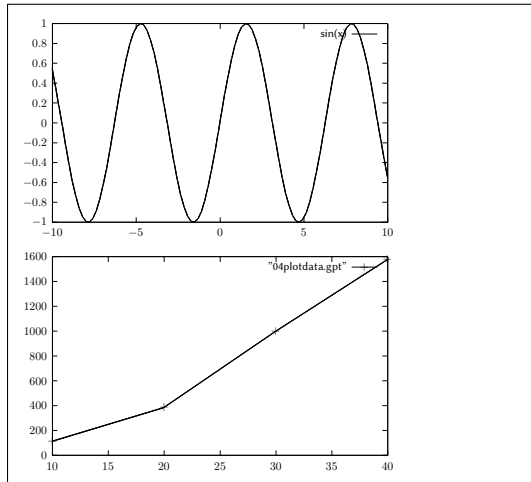
- kommandozeilenorientiertes Plotprogramm
 - klein, schnell
 - unintuitive Bedienung
 - optimal für Ausführung aus Skripten
- ⇒ passt zur Arbeitsweise mit $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$
- nützlich für schnelle Testplots
 - auch professionelle Qualität möglich

- 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}
```



Teil III

finetuning

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

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 $\text{\LaTeX}3$ evtl. stabil verfügbar ...
- geplant für \luaTeX

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

Phantome

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

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

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

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

Phantome

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

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

```
\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

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

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

- 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}
```

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

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

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

- 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

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

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

```
\newcommand\largeint{\mathlarger{\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](#)