

Einführung in das Textsatzsystem \LaTeX

Mathematiksatz I

Maximilian Jalea

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

Vorläufige Version

3. November 2017

- 1 Eigene Befehle
- 2 Mathe: inline vs. display
 - Inlinemode
 - Displaymode
- 3 `amsmath`
- 4 Grundbefehle
 - Abstände
 - Größe von Formeln
- 5 Variablen
 - Operatoren
- 6 Vektoren, Matrizen, Tensoren

Teil I

Eigene Befehle definieren

Eigene Befehle

- `\newcommand{\wasser}{H$_2$O}` \Rightarrow H₂O
- Ermöglicht Abkürzungen im Text, die häufig vorkommen

In Overleaf ausprobieren:



<http://polr.me/tex0201>

- `\newcommand{\wasser}{H$_2$O}` \Rightarrow H₂O
- Ermöglicht Abkürzungen im Text, die häufig vorkommen
- Änderung:
`\renewcommand{\wasser}{H\kern-.1em$_2$\kern-.1em O}`
H₂O

In Overleaf ausprobieren:



<http://polr.me/tex0201>

Leerzeichen in T_EX

T_EX „frisst“ gerne Leerzeichen – vor allem nach Befehlen:
`\wasser ist nass \Rightarrow H2Oist nass.`

In Overleaf ausprobieren:



<http://polr.me/tex0201>

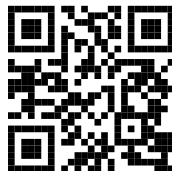
Leerzeichen in T_EX

T_EX „frisst“ gerne Leerzeichen – vor allem nach Befehlen:
`\wasser ist nass` \Rightarrow `H2Oist nass`.

- T_EX liest Befehle vom `\` bis zum ersten nicht-Buchstaben (Zahl, Klammer, Leerzeichen, Punkt, ...)
`\LaTeX_ist_manchmal_umständlich`

LaTeX ist manchmal umständlich

In Overleaf ausprobieren:



<http://polr.me/tex0201>

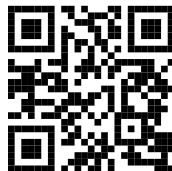
Leerzeichen in T_EX

T_EX „frisst“ gerne Leerzeichen – vor allem nach Befehlen:
`\wasser ist nass` \Rightarrow H₂O ist nass.

- T_EX liest Befehle vom `\` bis zum ersten nicht-Buchstaben (Zahl, Klammer, Leerzeichen, Punkt, ...)
`\LaTeX_ist_manchmal_umstndlich`
- Befehle im Text immer mit `\` oder `{}` beenden:

\LaTeX ist manchmal umständlich

In Overleaf ausprobieren:



<http://polr.me/tex0201>

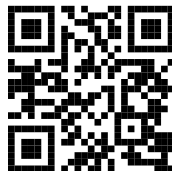
Leerzeichen in T_EX

T_EX „frisst“ gerne Leerzeichen – vor allem nach Befehlen:
`\wasser ist nass` \Rightarrow `H2Oist nass`.

- T_EX liest Befehle vom `\` bis zum ersten nicht-Buchstaben (Zahl, Klammer, Leerzeichen, Punkt, ...)
`\LaTeX_ist_manchmal_umständlich`
- Befehle im Text immer mit `\` oder `{}` beenden:
- `\LaTeX_ist_manchmal_umständlich`.

\LaTeX ist manchmal umständlich

In Overleaf ausprobieren:



<http://polr.me/tex0201>

Befehle mit Argumenten

```
\newcommand\molekuel[3][H]{Das Molekül #1$_#2$#3}
```

- Argumente werden mit [*Anzahl*] definiert
- Optionales Argument in eckigen Klammern
- Zugriff in der Definition möglich mit #1
- In der Verwendung meist mit geschweiften Klammern {Co}

`\molekuel{2}{0}` \Rightarrow Das Molekül H₂O

`\molekuel[Co]{7}{0}` \Rightarrow Das Molekül Co₇O

Teil II

Mathe

- Formeln, die direkt im Fließtext vorkommen
- kurze Formeln, Nennung von Variablen
- Elemente gehen nicht über die Zeilenhöhe hinaus
- Grenzen werden *neben* Integrale, Summen und Produkte gesetzt

Seien m und n
natürliche Zahlen mit n
 $= 5m$.

Seien m und n natürliche Zahlen
mit $n = 5m$.

Inline- vs. Display-Formeln

Inline-Mathe: $E = mc^2$ kennt jedes Kind, aber kaum jemand kann wirklich mehr damit anfangen als mit $\int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=1}^5 dx$, wobei diese Formel nun mal gar keinen Sinn ergibt, aber zeigt, wie Grenzen im \TeX -Mathesatz aussehen. **Inline-Mathe mit Displaystyle:** $E = mc^2$ kennt jedes Kind, aber kaum jemand kann wirklich mehr damit

anfangen als mit $\int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=1}^5 dx$, wobei diese Formel nun mal gar

keinen Sinn ergibt, aber zeigt, wie Grenzen im \TeX -Mathesatz aussehen. **Display-Mathe:** $E = mc^2$ kennt jedes Kind, aber kaum jemand kann wirklich mehr damit anfangen als mit

$$\int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=1}^5 dx,$$

wobei diese zweite Formel nun mal gar keinen Sinn ergibt, aber zeigt, wie Grenzen im \TeX -Mathesatz aussehen.

Der Inlinemode ist über drei Wege zu erreichen:

- `\(Formel\)`
- `\begin{math}Formel\end{math}`
- `$Formel$`

In Overleaf ausprobieren:



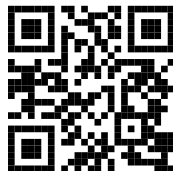
<http://polr.me/tex0201>

Der Inlinemode ist über drei Wege zu erreichen:

- `\(Formel\)`
- `\begin{math}Formel\end{math}`
- `Formel`

\$ \$ ist meist die beste Variante

In Overleaf ausprobieren:



<http://polr.me/tex0201>

Formeln können von T_EX umgebrochen werden:

- an Relationen $=, <, >$, etc.
- an binären Operatoren $+, -$, etc.
- Umbruch kann durch Gruppierung vermieden werden. $\{ \}$

```
Ein Text bis zum  
Zeilenende  
$a + b + c$ \\  
Ein Text bis zum  
Zeilenende  
${a + b + c}$
```

Ein Text bis zum Zeilenende $a + b + c$ Ein Text bis zum Zeilenende $a + b + c$
--

- Auszeichnung wichtiger Formeln
- Darstellung langer Rechnungen
- komplexe Formeln
- mehrfach indizierte Größen
- geschachtelte Brüche
- ...

klassische Display-Formeln sind über drei Wege zu erreichen:

- `\begin{displaymath}\langle Formel \rangle\end{displaymath}`
abgesetzte Formel ohne Nummerierung
- `\[\langle Formel \rangle\]`
Abkürzung für `displaymath`
- `\begin{equation}\langle Formel \rangle\end{equation}`
abgesetzte Formel mit Nummerierung

klassische Display-Formeln sind über drei Wege zu erreichen:

- `\begin{displaymath}\langle Formel \rangle\end{displaymath}`
abgesetzte Formel ohne Nummerierung
- `\[\langle Formel \rangle\]`
Abkürzung für `displaymath`
- `\begin{equation}\langle Formel \rangle\end{equation}`
abgesetzte Formel mit Nummerierung
- ~~`$$\langle Formel \rangle$$`~~
T_EX-Syntax führt in L^AT_EX zu unerwarteten und unerwünschten Ergebnissen
⇒ unbedingt vermeiden!

Display in Inline und umgekehrt

- Dislaystyle kann mit `\displaystyle` im Inline-Modus aufgerufen werden.

Hier kommt ein großer Bruch, der
 `$\frac{a}{b} < \displaystyle \frac{a}{b}$`
viel zu groß für den normalen Fließtext ist.

Hier kommt ein großer Bruch, der $\frac{a}{b} < \frac{a}{b}$ viel zu groß für den normalen Fließtext ist.

- Inlinestyle kann mit `\textstyle` im Display-Modus aufgerufen werden.

`\[\frac{1}{2} > \textstyle \frac{1}{2} \]`

$$\frac{1}{2} > \frac{1}{2}$$

Option fleqn

- Formeln sehen oft zentriert nicht gut aus und wirken zerfleddert
- linksbündige Ausrichtung ggf. besser

⇒ fleqn als Dokumentenoption

```
\documentclass[fleqn]{scrartcl}
```

In Overleaf ausprobieren:



<http://polr.me/tex0201>

Mehrzeilige Formeln

Eine Reihe von untereinander ausgerichteten, zueinander angeordneten Gleichungen wird z. B. verwendet für:

- Herleitungen
- Übersichten
- Vergleich von Formeln

Mehrzeilige Formeln

Eine Reihe von untereinander ausgerichteten, zueinander angeordneten Gleichungen wird z. B. verwendet für:

- Herleitungen
- Übersichten
- Vergleich von Formeln

~~TEX-Standardumgebung: eqnarray~~

Mehrzeilige Formeln

Eine Reihe von untereinander ausgerichteten, zueinander angeordneten Gleichungen wird z. B. verwendet für:

- Herleitungen
- Übersichten
- Vergleich von Formeln

~~TeX-Standardumgebung: `eqnarray`~~ **unschön**
besser: align-Umgebung aus dem `amsmath`-Paket.

Mehrzeilige Formeln

Eine Reihe von untereinander ausgerichteten, zueinander angeordneten Gleichungen wird z. B. verwendet für:

- Herleitungen
- Übersichten
- Vergleich von Formeln

~~TeX-Standardumgebung: eqnarray~~ **unschön**
besser: align-Umgebung aus dem amsmath-Paket.

```
\begin{align}
a &= b, & \\
c &= d, \\
abc &= d \\
&= r
\end{align}
```

$$\begin{array}{rcl} a = b, & c = d, & (1) \\ abc = d & & (2) \\ = r & & (3) \end{array}$$

ohne Nummerierung: {align*}

- Paket von der American Mathematical Society (\mathcal{AMS})
- besteht aus mehreren Paketen, u. a.:
amsmath, amssymb, amsfonts
- bietet umfangreiche Erweiterungen des Mathesatzes:
- vielfältige Umgebungen und Anpassungen
- neue oder verbesserte Definitionen von Befehlen
- Korrekturen von Abständen
- ...



- Paket von der American Mathematical Society (\mathcal{AMS})
- besteht aus mehreren Paketen, u. a.:
amsmath, amssymb, amsfonts
- bietet umfangreiche Erweiterungen des Mathesatzes:
- vielfältige Umgebungen und Anpassungen
- neue oder verbesserte Definitionen von Befehlen
- Korrekturen von Abständen
- wird mit Fehlerkorrekturen, etc. ergänzt durch mathtools



- Paket von der American Mathematical Society (\mathcal{AMS})
 - besteht aus mehreren Paketen, u. a.:
amsmath, amssymb, amsfonts
 - bietet umfangreiche Erweiterungen des Mathesatzes:
 - vielfältige Umgebungen und Anpassungen
 - neue oder verbesserte Definitionen von Befehlen
 - Korrekturen von Abständen
 - wird mit Fehlerkorrekturen, etc. ergänzt durch mathtools
- ⇒ kann im Prinzip *immer* geladen werden, wenn man was mit Mathe macht.

```
\usepackage{amsmath, mathtools}
```



- T_EX bzw. L^AT_EX bzw. geladene Pakete kontrollieren Abstände
- Unterschiede zwischen Variablen, Operatoren, Relationen etc.
- Festgelegt durch die `\mathcodes` der Zeichen
- Änderbar mit `\kern`, `\,`, `\,`, etc.
- **niemals** Konstrukte wie `\ \ \ \` verwenden!
- Besser: `\quad`, `\qquad`, `\hspace{1em}`

Größenänderungen

- Standardbefehle wie `\small`, `\tiny`, `\Huge` haben in Formeln keine Wirkung
- Aber Formeln passen sich der Umgebung an

Größenänderungen

- Standardbefehle wie `\small`, `\tiny`, `\Huge` haben in Formeln keine Wirkung
- Aber Formeln passen sich der Umgebung an

```
\small \[
  x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}
\]
\huge \[
  x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}
\]
```

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

- Variablen werden kursiv gesetzt: $\$a\$$: a
- Schriftart abhängig von der Dokumentenklasse!
(Groteske, Serifen etc.)
- Ziffern werden automatisch korrekt gesetzt: 12.2 statt 12.2

Dezimaltrennzeichen

im amerikanischen Satz:

\$1 , 234 . 567 \$

1, 234.567

Dezimaltrennzeichen

im amerikanischen Satz:

\$1 , 234 . 567 \$

1, 234.567

im deutschen Satz:

\$1 . 234 , 567 \$

1.234, 567

⇒ falsche Spationierung!

Einmalige Anpassung:

`$1\mathpunct{.}234\mathpunct{.}567{,}89$`

1. 234. 567,89 (angepasst)

1.234.567,89 (nicht angepasst)

Einmalige Anpassung:

```
$1\mathpunct{.}234\mathpunct{.}567{,}89$
```

1. 234. 567,89 (angepasst)

1.234.567,89 (nicht angepasst)

Automatische Anpassung

Paket `icomma` passt Dezimaltrennzeichen automatisch dokumentenweit an.

Andere Möglichkeit: Paket `siunitx` → siehe Vorlesung Mathesatz II

Hoch- und Tiefstellung

- Zeichen mit besonderer Bedeutung: ^ und _
- Hochstellung: a^b
- Tiefstellung: a_b
- Gruppierungen sind möglich: $a^{\{bc\}}$, $a_{\{bc\}}$
- Kombination ist möglich: a_b^c
- Ohne vorhergehendes Zeichen: $^{\{235\}}U$
- Schachtelung nur mit Gruppierung:

$a_{\{b_{\{c_{\{d_{\{e_{\{f^g\}}\}}\}}\}}^{\{h^{\{i^{\{j_k\}}\}}\}}}$

a_b_c produziert Fehler!

a^b

a_b

a_{bc}

a_b^c

^{235}U

$a_{b_{c_{d_{e_{f^g}}}}}^{h^{i^{\{j_k\}}}}$

Operatorennamen werden aufrecht gesetzt und sind vordefiniert

- richtig: $\sin(x)$ falsch: $\sin(x)$

```
\sin(x) \cos(y) \tan(2\pi) \lim \arctan
```

```
\sin(x) \cos(y) \tan(2\pi) \lim \arctan
```

Operatorennamen werden aufrecht gesetzt und sind vordefiniert

- richtig: $\sin(x)$ falsch: $\sin(x)$

```
\sin(x) \cos(y) \tan(2\pi) \lim \arctan
```

```
\sin(x) \cos(y) \tan(2\pi) \lim \arctan
```

- Paket amsopn bietet viele Vordefinitionen:

```
\arccos \arcsin \arg \cos \cot \coth \deg \det  
\exp \gcd \inf \injlim \lg \lim \limsup \ln  
\max \min \projlim \sec \sinh \sup \tanh
```

Sollten die vorgegebenen Definitionen nicht genügen:

```
\usepackage{amsopn}  
\DeclareMathOperator{\Res}{Res}
```

in der Präambel.

Klammerung von großen Ausdrücken kann Probleme bereiten:

```
\[ (  
  \frac{\int^a x dx}{\sum  
_{n=1} x}  
) \]
```

$$\left(\frac{\int^a x dx}{\sum_{n=1} x}\right)$$

Besser:

```
\[ \left(  
  \frac{\int^a x dx}{\sum  
_{n=1} x}  
\right) \]
```

$$\left(\frac{\int^a x dx}{\sum_{n=1} x}\right)$$

Klammern

- `\left` und `\right` vor allem, was dehnbar ist
- `\left(\right)` funktioniert auch
- `\left. \right)` liefert angepasste rechte Klammer
- Hoch- und Tiefstellung werden angepasst:

```
\begin{displaymath}
\left. \int_a^b f(x) \mathrm{d}x \right|_a^b
\quad
\left\{ \int_a^b f(x) \mathrm{d}x \right\}
\end{displaymath}
```

$$\int_a^b f(x) \mathrm{d}x \Big|_a^b \quad \left\{ \int_a^b f(x) \mathrm{d}x \right\}$$

- Grenzen per `\limits` angeben
- Mehrzeilige Grenzen mit `\atop`

```
\[  
  \int_a^b  
  \int\limits_a^b  
  \sum_{n=1}^{\infty}  
  \prod_{n = 1 \atop m =  
    2}  
\]
```

$$\int_a^b \int_a^b \sum_{n=1}^{\infty} \prod_{n=1 \atop m=2}$$

Sonderzeichen

- Viele Zeichen sind über ihren Namen erreichbar,
- genauso Griechische Groß- und Kleinbuchstaben

```
\begin{align*}
  \nabla \square \\\
  \partial \infty \\\
  \pm \mp \\\
  \alpha \beta \gamma \\\
  \rho \varrho \\\
  \kappa \varkappa \\\
  \epsilon \varepsilon \\\
  \theta \vartheta \\\
  A B \Gamma
\end{align*}
```

$\nabla \square$
 $\partial \infty$
 $\pm \mp$
 $\alpha \beta \gamma$
 $\rho \varrho$
 $\kappa \varkappa$
 $\epsilon \varepsilon$
 $\theta \vartheta$
 $A B \Gamma$

Sonderzeichen

- Viele Zeichen sind über ihren Namen erreichbar,
- genauso Griechische Groß- und Kleinbuchstaben

```
\begin{align*}
  \nabla \square \\\
  \partial \infty \\\
  \pm \mp \\\
  \alpha \beta \gamma \\\
  \rho \varrho \\\
  \kappa \varkappa \\\
  \epsilon \varepsilon \\\
  \theta \vartheta \\\
  A B \Gamma
\end{align*}
```

 $\nabla \square$ $\partial \infty$ $\pm \mp$ $\alpha \beta \gamma$ $\rho \varrho$ $\kappa \varkappa$ $\epsilon \varepsilon$ $\theta \vartheta$ $A B \Gamma$

Wenn man ein Symbol sucht:

texdoc maths-symbols symbols-a4 oder [Detexify](#)

Wurzeln

```
\[  
  \sqrt{a_{n_{m_p}}}  
  \quad  
  \sqrt[3]{a}\quad  
\]
```

$$\sqrt{a_{n_{mp}}} \quad \sqrt[3]{a}$$

Wurzeln

```
\[  
  \sqrt{a_{n_{m_p}}}  
  \quad  
  \sqrt[3]{a}\quad  
\]
```

$$\sqrt{a_{n_{m_p}}} \quad \sqrt[3]{a}$$

- zu tiefe Unterlängen sind unschön

⇒ `\smash[⟨t, b⟩]{⟨Formel⟩}`

```
\[  
  \sqrt{a_{n_{m_p}}}  
  \quad  
  \sqrt{  
    \smash[b]{  
      a_{n_{m_p}}  
    }  
  }  
\]
```

$$\sqrt{a_{n_{m_p}}} \quad \sqrt{a_{n_{m_p}}}$$

Vektoren

Vektoren sind vielfältig darstellbar:

- Fettgedruckt mit `\boldsymbol` oder `\mathbf`
- „falscher“ Fettdruck: `\pmb`
- Mit Pfeil drüber als `\vec`
- Unterstrichen mit `\underbar`

```
$ \boldsymbol a\ \mathbf a $ \\  
$ \pmb a\ a $ \\  
$ \vec a\ \underbar a $
```

a \mathbf{a}

\mathbf{a} a

\vec{a} \underline{a}

Vektoren

Vektoren sind vielfältig darstellbar:

- Fettgedruckt mit `\boldsymbol` oder `\mathbf`
 - „falscher“ Fettdruck: `\pmb`
 - Mit Pfeil drüber als `\vec`
 - Unterstrichen mit `\underbar`
- } Typografisch
unschön, nur für
Handschriften

```
$ \boldsymbol a\ \mathbf a $ \\  
$ \pmb a\ a $ \\  
$ \vec a\ \underbar a $
```

a \mathbf{a}

\pmb{a} a

\vec{a} \underline{a}

Matrizen

```
\[  
  \begin{matrix}  
    a_{11} & a_{12} \\  
    a_{21} & a_{22}  
  \end{matrix}  
\]
```

$$\begin{matrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{matrix}$$

Matrizen

```
\[  
  \begin{matrix}  
    a_{11} & a_{12} \\  
    a_{21} & a_{22}  
  \end{matrix}  
\]
```

$$\begin{matrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{matrix}$$

```
\[  
  \left(  
    \begin{matrix}  
      a_{11} & a_{12} \\  
      a_{21} & a_{22}  
    \end{matrix}  
  \right)  
\]
```

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

$\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ math definiert weitere Matrixumgebungen:

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

pmatrix

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

Vmatrix

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

vmatrix

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

Bmatrix

$$\left[\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \right]$$

bmatrix

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

smallmatrix



Herbert Voß.

„Math mode“.

`texdoc mathmode`



Herbert Voß.

„Mathematiksatz mit \LaTeX “.

Lehmanns Media, 2012.



American Mathematical Society.

„User’s Guide for the `amsmath` Package“.

`texdoc amsmath`