

Einführung in das Textsatzsystem \LaTeX

Mathematiksatz I

Maximilian Jalea
latexkurs@mnt1.de

29. Oktober 2018

1 Allgemeines

- Fehlermeldungen

- Eigene Befehle

2 Mathe

- Modi

 - Inlinemode

 - Displaymode

- amsmath

- Grundbefehle

 - Abstände

 - Größe von Formeln

- Variablen

 - Operatoren

- Vektoren, Matrizen, Tensoren

Teil I

Fehlermeldungen und eigene Befehle

Was tun, wenn \LaTeX anhält?

- Ruhe bewahren! (tex-Dateien können nicht beschädigt werden)
- Mit der Fehlersuche beim den letzten Änderungen anfangen.
- Ggf. Schreibfehler korrigieren.
- log-Datei Lesen!
- Viele Editoren helfen bei der Fehlersuche, indem sie zur Zeile springen, in der der Fehler aufgetreten ist. (Das muss nicht die fehlerhafte Zeile sein.)

Typische Fehlermeldung:

```
! Undefined control sequence.  
1.3 Ein \Latex-Dokument  
?  
! Emergency stop.  
1.3 Ein \Latex-Dokument.  
No pages of output.  
Transcript written on document.log.
```

⇒ Befehl in Zeile 3 falsch geschrieben

Typische Fehlermeldung:

```
Runaway argument?  
{itemize \item Erstes Item  
! Paragraph ended before \begin was complete.  
<to be read again>  
                \par  
1.60  
?
```

⇒ Irgendwo nach itemize ein } oder ein \end{} vergessen.

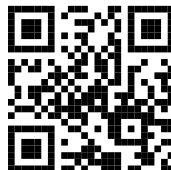
Bei Hilfestellung in Webforen/Usenet wird in der Regel ein *vollständiges Minimalbeispiel* (MWE) verlangt.

- ① solange Code aus dem Dokument löschen, bis der Fehler gerade noch auftritt
- ② alle überflüssigen Pakete entfernen
- ③ falls Dokumentenklasse keine Rolle spielt, `minimal` verwenden
- ④ wenn Fehler nur bei viel Text auftritt, `blindtext` verwenden

Oft findet man den Fehler beim erstellen des MWE schon ganz alleine.

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

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/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://qn3.de/tex0201>

Leerzeichen in T_EX

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

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/tex0201>

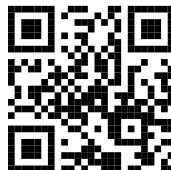
Leerzeichen in T_EX

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_umstendlich`

LaTeX ist manchmal umständlich

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/tex0201>

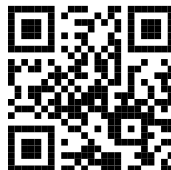
Leerzeichen in T_EX

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

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/tex0201>

Leerzeichen in T_EX

T_EX „frisst“ gerne Leerzeichen – vor allem nach Befehlen:
`\wasser ist nass` ⇒ H_2O ist 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://qn3.de/tex0201>

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

- Argumente werden mit [$\langle Anzahl \rangle$] 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

Mathematische Formeln in \LaTeX

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 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -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 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -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 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Mathesatz aussehen.

- 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

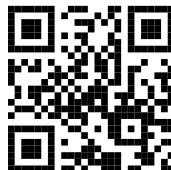
Seien m und n natürliche Zahlen mit $n=5m$.

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

Der Inlinemode ist über drei Wege zu erreichen:

- $\langle Formel \rangle$
- $\langle Formel \rangle$
- $\langle Formel \rangle$

In Overleaf ausprobieren:



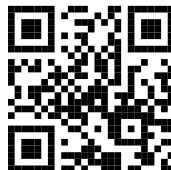
<http://qn3.de/tex0201>

Der Inlinemode ist über drei Wege zu erreichen:

- $\langle Formel \rangle$
- $\langle Formel \rangle$
- $\langle Formel \rangle$

$\langle \rangle$ ist meist die beste Variante

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/tex0201>

Formeln können von $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ umgebrochen werden:

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

```
Ein langer Text zum Zeilenende  
\(a + b + c\) \\  
Ein langer Text bis zum Zeilenende  
\({a + b + c}\)
```

```
Ein langer Text zum Zeilenende  $a + b + c$   
Ein langer 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

- Displaystyle 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 12 > \textstyle \frac 12 \]`

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

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://qn3.de/tex0201>

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`

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 (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 (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 (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}`

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

im amerikanischen Satz:

\(1,234.567\)

1,234.567

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`
- Auch Allgemein für alle Grenzen zu setzen als Option von $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ math
`\usepackage[intlimits, sumlimits]{amsmath}`

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

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

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](#)

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

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

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

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

- zu tiefe Unterlängen sind unschön

⇒ `\smash[⟨t, b⟩]{⟨Formel⟩}`

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

$$\sqrt{a_{n_{mp}}} \quad \sqrt{\smash[b]{a_{n_{mp}}}}$$

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 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 a

a a

a

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

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

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

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

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

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

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

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

pmatrix

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

Vmatrix

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

vmatrix

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

Bmatrix

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

bmatrix

$$\begin{array}{cc} a & b \\ c & d \end{array}$$

smallmatrix



Herbert Voß.
„Math mode“.
[texdoc mathmode](#)



Herbert Voß.
„Mathematksatz mit \LaTeX “.
[Lehmanns Media, 2012.](#)



American Mathematical Society.
„User’s Guide for the `amsmath` Package“.
[texdoc amsmath](#)