
Mathematik I

L^AT_EX-Kurs der Unix-AG

Andreas Teuchert

29. April 2013



Einbetten mathematischer Formeln

- ▶ für mathematische Formeln existiert ein spezieller Mathematik-Modus
- ▶ Buchstaben (Variablen) werden kursiv dargestellt
- ▶ Abstände zwischen Zeichen werden von \LaTeX festgelegt
- ▶ Leerzeichen im Quellcode haben keinen Einfluss auf die Darstellung
- ▶ spezielle mathematische Befehle können nur im Mathematik-Modus verwendet werden
- ▶ es wird zwischen Inline- und Display-Modus unterschieden

Inline-Modus

- ▶ Formeln stehen zwischen zwei $\$$
- ▶ geeignet für kurze Formeln in Fließtext
- ▶ hohe Konstrukte wie Brüche ragen unangenehm aus der Zeile heraus

Es sei $\$a = b+c\$$. $\$a\$$ ist die Summe von $\$b\$$ und $\$c\$$.

Es sei $a = b + c$. a ist die Summe von b und c .

Display-Modus

- ▶ Formeln stehen zwischen `\begin{equation}` und `\end{equation}`
- ▶ werden vom Text abgesetzt dargestellt
- ▶ daher auch für lange Formeln und hohe Konstrukte geeignet
- ▶ automatische Nummerierung der Formeln und Möglichkeit auf diese zu verweisen (Dokument muss ggf. mehrfach übersetzt werden)
- ▶ Nummerierung kann durch Verwenden von `equation*` statt `equation` unterdrückt werden

Display-Modus – Beispiel

Es soll das Distributivgesetz dargestellt werden.

```
\begin{equation}\label{eqn:distr}
```

$$a(b+c) = ab + ac$$

```
\end{equation}
```

Aus Gleichung `\ref{eqn:distr}` folgt `\ldots`

Es soll das Distributivgesetz dargestellt werden.

$$a(b + c) = ab + ac \tag{1}$$

Aus Gleichung 1 folgt ...

Zusammenfassung I: Der Mathematik-Modus

- ▶ spezielle Umgebungen für Formeln
- ▶ Inline-Modus
- ▶ Display-Modus
- ▶ Nummerierung von Formeln im Display-Modus
- ▶ Referenzieren von Gleichungen

Brüche

- ▶ Brüche werden durch $\frac{a}{b}$ erzeugt
- ▶ können beliebig verschachtelt werden

Ein Bruch: $\frac{a}{b}$.

```
\begin{equation}  
\frac{a}{b}  
\end{equation}
```

Ein Bruch: $\frac{a}{b}$.

$$\frac{a}{b} \tag{2}$$

Indizes und Exponenten

- ▶ Indizes: $a_{\{bc\}}$ (a_{bc})
- ▶ Exponenten: $a^{\{bc\}}$ (a^{bc})
- ▶ können auch kombiniert werden: $a_{\{bc\}}^{\{de\}}$ (a_{bc}^{de})
- ▶ oder verschachtelt: $\{a_b\}^c$ (a_b^c), $a_{\{bc_{\{de^{\{fg\}}}\}}}$ ($a_{bc_{defg}}$)
- ▶ bei Indizes/Exponenten aus nur einem Zeichen können die $\{\dots\}$ auch weggelassen werden: a^b (a^b)

Wurzeln

- ▶ Wurzeln werden mit `\sqrt[b]{a}` eingegeben, wobei a der Radikand und b der Wurzelexponent ist
- ▶ Wurzelexponent ist optional (eckige Klammern!)
- ▶ Beispiel: `\sqrt[2]{x} = \sqrt{x}` ($\sqrt[2]{x} = \sqrt{x}$)

```
\begin{equation}
\sqrt[2]{x} = \sqrt{x}
\end{equation}
```

$$\sqrt[2]{x} = \sqrt{x} \tag{3}$$

Operatoren I

- ▶ Generell: Befehl: `\operatorname`, Ausgabe: `operator`
- ▶ werden von \LaTeX als normaler Text gesetzt (d. h. nicht kursiv)
- ▶ Operatoren haben i. d. R. intuitive Namen
- ▶ Beispiel: `\ln e`, `\sin(x)` ($\ln e$, $\sin(x)$)
- ▶ runde Klammern haben keine besondere Bedeutung
- ▶ `\Im` und `\Re` werden als Fraktur-Zeichen dargestellt: $\Im(z)$, $\Re(z)$ (eigentlich keine Operatoren, sondern normale Zeichen)

Operatoren II

- ▶ Summe: $\sum_{i=0}^n x_i$ ($\sum_{i=0}^n x_i$)
- ▶ Produkt: $\prod_{i=0}^n x_i$ ($\prod_{i=0}^n x_i$)
- ▶ Integral: $\int_{x_0}^{x_1} a \, dx$ ($\int_{x_0}^{x_1} a \, dx$)
- ▶ im Inline-Modus werden die Grenzen bei Summen und Produkten neben den Operator gesetzt, im Display-Modus über und unter den Operator

```
\begin{equation}
\sum_{i=0}^n x_i, \int_{x_0}^{x_1} a \, dx
\end{equation}
```

$$\sum_{i=0}^n x_i, \int_{x_0}^{x_1} a \, dx \quad (4)$$

Zeichen I

- ▶ L^AT_EX kennt eine Vielzahl an Zeichen, die im Mathe-Modus verwendet werden können
- ▶ Griechische Buchstaben: `\Phi`, `\Theta`, `\alpha`, `\xi`
(Φ , Θ , α , ξ)
- ▶ `\Alpha` (A), `\Beta` (B), `\omicron` (o), etc. fehlen, da sie mit den lateinischen Zeichen identisch sind
- ▶ bei manchen Zeichen existiert neben der normalen Version noch eine `\var`-Variante
- ▶ Beispiel: `\phi` (ϕ) vs. `\varphi` (φ)

Zeichen II

- ▶ andere alphabetische Symbole: `\aleph`, `\partial`, `\ell`
(\aleph, ∂, ℓ)
- ▶ Malpunkt: `\cdot` (\cdot)
- ▶ `\exists`, `\forall`, `\leq`, `\vee` ($\exists, \forall, \leq, \vee$)
- ▶ Pfeile: `\leftarrow`, `\rightarrow`, `\Longleftrightarrow`
($\leftarrow, \rightarrow, \Longleftrightarrow$)
- ▶ und so weiter: `\in`, `\models`, `\supset`, `\smile`
($\in, \models, \supset, \smile$)
- ▶ <http://www.ctan.org/tex-archive/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf> (164 Seiten)

Akzente

- ▶ Akzente: Zeichen über andere Zeichen setzen
- ▶ bei Vektoren: \vec{a} (`\vec{a}`)
- ▶ bei Ableitungen: $a = \dot{v} = \ddot{x}$ (`a = \dot{v} = \ddot{x}`)
- ▶ Sonstiges: $\tilde{\varphi}$, \bar{x} , \hat{a} (`\tilde{\varphi}`, `\bar{x}`, `\hat{a}`)
- ▶ Akzente bei Zeichen mit Punkt (i, j) sehen schlecht aus:
 $\hat{i} \rightarrow \hat{i}$
- ▶ um dies zu vermeiden, gibt es spezielle Zeichen ohne Punkt: i, j, \hat{i}, \hat{j}
(`i, j, \hat{i}, \hat{j}`)

Klammern

- ▶ normalgroße Klammern: (,), [,], \lbrace, \rbrace
((,), [,], {, })
- ▶ behalten auch bei großen Konstrukten ihre Größe bei:

```
\begin{equation}  
(\frac{a}{b})  
\end{equation}
```

$$\left(\frac{a}{b}\right) \tag{5}$$

- ▶ sehr unansehnlich

Große Klammern

- ▶ L^AT_EX kann die Größe von Klammern automatisch anpassen
- ▶ dazu wird der linken Klammer `\left` und der rechten Klammer `\right` vorangestellt
- ▶ in manchen Fällen führt dies zu zu großen Klammern
- ▶ Größe kann durch `\bigl`, `\Bigl`, `\biggl`, `\Biggl` und die entsprechenden Formen mit `r` manuell angepasst werden

```
\begin{equation}
\left ( \sum_i a_i \right ) \biggl ( \sum_i a_i \biggr )
\end{equation}
```

$$\left(\sum_i a_i \right) \left(\sum_i a_i \right) \quad (6)$$

Zusammenfassung II: Spezielle Befehle im Mathematik-Modus

- ▶ Brüche
- ▶ Indizes und Exponenten
- ▶ Wurzeln
- ▶ Operatoren
- ▶ Summen, Produkte, Integrale
- ▶ Zeichen
- ▶ Akzente
- ▶ Klammern
- ▶ große Klammern

- ▶ Mathematik-Unterstützung von L^AT_EX ist sehr umfangreich
- ▶ trotzdem fehlen manche wichtige Funktionen
- ▶ Beispiele: Spezialfonts (\mathbb{R} , \mathcal{H}), mehrzeilige Gleichungen
- ▶ die American Mathematical Society (AMS) stellt eine Paketsammlung (AMS-L^AT_EX) bereit, die diese Probleme löst
- ▶ <http://www.ams.org/publications/authors/tex/amslatex>
- ▶ <http://www.ams.org/publications/authors/tex/amsfonts>
- ▶ <ftp://ftp.ams.org/pub/tex/doc/amsmath/short-math-guide.pdf>
(kurzes Dokument, das alle wichtigen mathematischen Funktionen (und Zeichen) in (AMS-)L^AT_EX beschreibt)

AMS: Pakete

- amsmath** Hauptpaket, verschiedene Display-Umgebungen und Konstrukte
 - amstext** Text in Gleichungen (in amsmath enthalten)
 - amsopn** Eigene Operatoren definieren (in amsmath enthalten)
 - amsfonts** Spezielle Fonts
 - amssymb** Weitere Zeichen (\Box , \Diamond , \mho : \square, \diamond, \mho)
- die im Folgenden vorgestellten Funktionen setzen voraus, dass die Pakete amsmath und amsfonts geladen wurden (`\usepackage{amsmath,amsfonts}`)

$\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$: Mehrere und mehrzeilige Gleichungen

- ▶ in der `equation`-Umgebung kann nur jeweils eine Gleichung dargestellt werden und Gleichungen können nicht umgebrochen werden
- ▶ $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - \LaTeX stellt Umgebungen bereit, die diese Probleme lösen
- ▶ mehrere Gleichungen können durch die `align`-Umgebung dargestellt werden
- ▶ durch die `multline`-Umgebung können mehrzeilige Gleichungen dargestellt werden
- ▶ auch hier kann die Nummerierung durch „Sternen“ unterdrückt werden (`align*`, `multline*`)

\LaTeX : align-Umgebung

- ▶ mehrere Gleichungen können in Matrix-Form dargestellt werden
- ▶ Zeilen werden durch `\\` getrennt, Spalten durch `&`
- ▶ in jeder Spalte steht ein weiteres `&` zur Ausrichtung
- ▶ jede Zeile erhält eine Nummer (`\notag` kann verwendet werden)

```
\begin{align}
a + b & \quad \quad \quad &= c + d & \quad \quad \quad & & 1 + 2 & = 2 + 1 \\
\xi + \epsilon & &= \alpha + \beta & & & d + e & = f + g \\
\end{align}
```

$$a + b = c + d \qquad \qquad \qquad 1 + 2 = 2 + 1 \qquad (7)$$

$$\zeta + \epsilon = \alpha + \beta \qquad \qquad \qquad d + e = f + g \qquad (8)$$

- ▶ align: Spalten werden so plaziert, dass die Seitenbreite ausgenutzt wird
- ▶ manchmal nicht erwünscht (z. B. bei der Darstellung von Gleichungssystemen)
- ▶ Lösung: alignat verwenden (Abstand zwischen Spalten wird minimiert)
- ▶ Anzahl der Spalten muss mit angegeben werden

AMS: alignat – Beispiel

```
\begin{alignat}{4}
5&x & + &7&y & & & & & = &9\\
& & &9&y & + &8&z & & = &5\\
4&x & & & & + &10&z & & = &3
\end{alignat}
```

$$5x + 7y = 9 \tag{9}$$

$$9y + 8z = 5 \tag{10}$$

$$4x + 10z = 3 \tag{11}$$

AMS: multiline-Umgebung

- ▶ Gleichung wird durch `\\` umgebrochen
- ▶ die erste Zeile wird linksbündig angeordnet, die letzte rechtsbündig, die restlichen in der Mitte

```
\begin{multline}
a+b+c+d+e+f+g+h+i+j\\
+k+l+m+\alpha+\beta+\gamma+\delta+\epsilon\\
+n+o+p+q+r+s+t+u+v+w+x+y+z
\end{multline}
```

$$\begin{aligned}
a + b + c + d + e + f + g + h + i + j \\
\quad + k + l + m + \alpha + \beta + \gamma + \delta + \epsilon \\
+ n + o + p + q + r + s + t + u + v + w + x + y + z \quad (12)
\end{aligned}$$

AMS: Matrizen (und Vektoren) I

- ▶ Matrizen können mithilfe der pmatrix-Umgebung dargestellt werden
- ▶ Zeilen werden durch `\\` getrennt, Spalten durch `&`

```
\begin{equation}
\begin{pmatrix}
a & b & c\\
d & e & f\\
g & h & i\\
\end{pmatrix}
\end{equation}
```

$$\begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{pmatrix} \quad (13)$$

AMS: Matrizen II

- ▶ pmatrix-Umgebung: Matrix mit runden Klammern
- ▶ andere Möglichkeiten sind bmatrix ($[\cdot]$), Bmatrix ($\{ \cdot \}$), vmatrix ($| \cdot |$), Vmatrix ($\| \cdot \|$) und matrix (keine Klammern)
- ▶ bei mehr als zehn Spalten muss MaxMatrixCols mit `\setcounter{MaxMatrixCols}{Wert}` erhöht werden
- ▶ für kleine Matrizen (in Fließtext) kann die smallmatrix-Umgebung verwendet werden, Begrenzer müssen dann manuell gesetzt werden

Beispiel: $\$ \backslash \text{begin}\{\text{pmatrix}\} a \& b \ \backslash \backslash \ c \& d \ \text{end}\{\text{pmatrix}\} \$$
vs. $\$ \backslash \text{left} (\backslash \text{begin}\{\text{smallmatrix}\} a \& b \ \backslash \backslash \ c \& d$
 $\backslash \text{end}\{\text{smallmatrix}\} \backslash \text{right}) \$$

Beispiel: $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ vs. $\begin{smallmatrix} a & b \\ c & d \end{smallmatrix}$

AMS: Matrizen II – Beispiele

```
\begin{equation*}
\begin{matrix} a & b \\ c & d \end{matrix} \quad \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \quad \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} a & b \\ c & d \end{Bmatrix} \quad \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} \quad \begin{Vmatrix} a & b \\ c & d \end{Vmatrix} \quad \left. \begin{matrix} a & b \\ c & d \end{matrix} \right\}
\end{equation*}
```

$$\begin{matrix} a & b \\ c & d \end{matrix} \quad \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \quad \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} a & b \\ c & d \end{Bmatrix} \quad \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} \quad \begin{Vmatrix} a & b \\ c & d \end{Vmatrix} \quad \left. \begin{matrix} a & b \\ c & d \end{matrix} \right\}$$

- ▶ horizontale Punkte auf Linienhöhe: `\hdots (...)`
- ▶ horizontale Punkte auf Höhe des Malpunktes: `\cdots (\dots)`
- ▶ vertikale Punkte: `\vdots (:)`
- ▶ diagonale Punkte: `\ddots (\dots)`
- ▶ in Matrizen: Punkte über mehrere Spalten mit `\hdotsfor{Spalten}`

AMS: Punkte – Beispiel

```
\begin{equation}
\begin{pmatrix}
a & b & \hdots & c \\
d & \ddots & \ddots & \vdots \\
\hdotsfor{4} \\
e & f & \hdots & g
\end{pmatrix}
\end{equation}
```

$$\begin{pmatrix} a & b & \dots & c \\ d & \ddots & \ddots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ e & f & \dots & g \end{pmatrix} \tag{14}$$

AMS: Beträge und Normen

- ▶ für Beträge könnte das „|“-Zeichen verwendet werden
- ▶ dies führt aber zu falschen Abständen
- ▶ daher existieren die Zeichen `\lvert` und `\rvert` für einfache und die Zeichen `\lVert` und `\rVert` für doppelte vertikale Striche
- ▶ zur bequemen Verwendung können Befehle für Betrag und Norm definiert werden:

```
\providecommand{\abs}[1]{\lvert#1\rvert}  
\providecommand{\norm}[1]{\lVert#1\rVert}
```

- ▶ Beispiel: `\abs{a}`, `\norm{z}` ($|a|$, $\|z\|$)

$\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$: Mathematik-Fonts

- ▶ zur Darstellung von Mengen u. ä. werden üblicherweise spezielle Fonts verwendet
- ▶ $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - \LaTeX stellt dafür Befehle zur Verfügung, die im Mathematik-Modus verwendet werden können
- ▶ „Blackboard“: $\text{\mathbb{N}} \rightarrow \mathbb{N}$
- ▶ Kalligraphie: $\text{\mathcal{H}} \rightarrow \mathcal{H}$
- ▶ Fraktur: $\text{\mathfrak{M}} \rightarrow \mathfrak{M}$

AMS: Binomialkoeffizienten

- ▶ Darstellung von Binomialkoeffizienten erfolgt analog zu Brüchen
- ▶ $\backslash\text{binom}\{n\}\{k\} \rightarrow \binom{n}{k}$

```
\begin{equation}
\backslash\text{binom}\{n\}\{k\}
\end{equation}
```

$$\binom{n}{k} \tag{15}$$

$\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$: Gleichungen referenzieren II

- ▶ Wiederholung: Gleichungen werden mit `\label{name}` benannt und können dann mit `\ref{name}` referenziert werden
- ▶ dabei werden aber keine Klammern gesetzt
- ▶ $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - \LaTeX enthält den Befehl `\eqref{name}`, der Klammern automatisch setzt

```
\begin{equation}\label{eqn:pythagoras}
```

```
c^2 = a^2 + b^2
```

```
\end{equation}
```

```
Aus \eqref{eqn:pythagoras} folgt \ldots
```

$$c^2 = a^2 + b^2 \tag{16}$$

Aus (16) folgt ...

Zusammenfassung III: $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\mathcal{L}\mathcal{A}\mathcal{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$

- ▶ $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\mathcal{L}\mathcal{A}\mathcal{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$ erweitert die Mathematik-Unterstützung von $\mathcal{L}\mathcal{A}\mathcal{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$
- ▶ Pakete einbinden: `amsmath`, `amsfonts` und ggf. `amssymb`
- ▶ mehrere Gleichungen
- ▶ mehrzeilige Gleichungen
- ▶ Matrizen (und Vektoren)
- ▶ Beträge und Normen
- ▶ Mathematik-Fonts
- ▶ Binomialkoeffizienten
- ▶ automatische Klammern bei referenzierten Gleichungen

Ausblick auf Teil II

- ▶ Eingebettete Gleichungen und Untergleichungen
- ▶ mehr zu $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - \LaTeX
- ▶ Funktionsgraphen mit $\text{\textit{TikZ}}$ und Gnuplot
- ▶ Theorem-Umgebungen (für Sätze, Beweise, Beispiele, ...)
- ▶ ...

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.

- ▶ Fragen?