

# Mathematik I

## L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Kurs der Unix-AG

Andreas Teuchert

5. Mai 2014



# Einbetten mathematischer Formeln

- ▶ für mathematische Formeln existiert ein spezieller Mathematik-Modus
- ▶ Buchstaben (Variablen) werden kursiv dargestellt
- ▶ Abstände zwischen Zeichen werden von  $\text{\LaTeX}$  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  $\text{\LaTeX}$  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

- ▶  $\text{\LaTeX}$  kennt eine Vielzahl an Zeichen, die im Mathe-Modus verwendet werden können
- ▶ Griechische Buchstaben:  $\text{\Phi}$ ,  $\text{\Theta}$ ,  $\text{\alpha}$ ,  $\text{\xi}$   
( $\Phi, \Theta, \alpha, \xi$ )
- ▶  $\text{\Alpha}$  (A),  $\text{\Beta}$  (B),  $\text{\omicron}$  (o), etc. fehlen, da sie mit den lateinischen Zeichen identisch sind
- ▶ bei manchen Zeichen existiert neben der normalen Version noch eine  $\text{\var}$ -Variante
- ▶ Beispiel:  $\text{\phi}$  ( $\phi$ ) vs.  $\text{\varphi}$  ( $\varphi$ )

## Zeichen II

- ▶ andere alphabetische Symbole: `\aleph`, `\partial`, `\ell`  
( $\aleph, \partial, \ell$ )
- ▶ 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<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 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<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ist sehr umfangreich
- ▶ trotzdem fehlen manche wichtige Funktionen
- ▶ Beispiele: Spezialfonts ( $\mathbb{R}$ ,  $\mathcal{H}$ ), mehrzeilige Gleichungen
- ▶ die American Mathematical Society (AMS) stellt eine Paketsammlung ( $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ -L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X) 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 ( $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ -)L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 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
- ▶  $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\text{\LaTeX}$  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*`)



- ▶ 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: 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}
```

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



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

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

# 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}
```

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

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

## Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.

- ▶ Fragen?