

# Mathematik I

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

Andreas Teuchert

9. Mai 2011



# 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:  $a_{\{bc_{\{de^{\{fg\}}}\}}}$  ( $a_{bc_{defg}}$ )
- ▶ 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

- ▶ L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X kennt eine Vielzahl an Zeichen, die im Mathe-Modus verwendet werden können
- ▶ Griechische Buchstaben: `\Phi`, `\Theta`, `\alpha`, `\xi`  
( $\Phi$ ,  $\Theta$ ,  $\alpha$ ,  $\xi$ )
- ▶ `\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` ( $\phi$ ) vs. `\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 `gather`-Umgebung dargestellt werden
- ▶ durch die `multline`-Umgebung können mehrzeilige Gleichungen dargestellt werden
- ▶ auch hier kann die Nummerierung durch „Sternen“ unterdrückt werden (`gather*`, `multline*`)

# AMS: gather-Umgebung

- ▶ Gleichungen werden durch `\\` getrennt und zentriert dargestellt
- ▶ jede Gleichung erhält eine eigene Nummer
- ▶ durch `\notag` kann die Nummerierung unterdrückt werden

```
\begin{gather}
\delta = a + b + c + d\\
\varepsilon = w + x + y + z\notag\\
\chi = \delta + \varepsilon
\end{gather}
```

$$\delta = a + b + c + d \tag{7}$$

$$\varepsilon = w + x + y + z$$

$$\chi = \delta + \varepsilon \tag{8}$$

# AMS: multiline-Umgebung

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

```
\begin{multiline}
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{multiline}
```

$$\begin{aligned} a + b + c + d + e + f + g + h + i + j \\ + k + l + m + \alpha + \beta + \gamma + \delta + \epsilon \\ + n + o + p + q + r + s + t + u + v + w + x + y + z \end{aligned} \quad (9)$$

# $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ : Text in Gleichungen

- ▶ bei der Darstellung von Text in Gleichungen sind zwei Probleme zu lösen
  - ▶ in Formeln werden Buchstaben von  $\text{\LaTeX}$  als Variablen interpretiert und kursiv dargestellt
  - ▶  $\text{\LaTeX}$  setzt keine Leerzeichen zwischen Buchstaben (auch wenn welche eingegeben wurden)
- ▶  $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\text{\LaTeX}$  stellt die Befehle  $\text{\texttt{\textbackslash text}\{...\}}$  und  $\text{\texttt{\textbackslash intertext}\{...\}}$  bereit, die diese Probleme lösen
- ▶ der so eingegebene Text wird normal dargestellt und Leerzeichen bleiben erhalten
- ▶ in  $\text{\texttt{\textbackslash text}\{...\}}$  und  $\text{\texttt{\textbackslash intertext}\{...\}}$  können Formeln inline eingebunden werden

- ▶ `\text{}` ist für die Eingabe von Text innerhalb von Gleichungen gedacht

```
\begin{equation}
\text{Wenn } a > 3 \text{ und } b > 2
\text{, dann gilt für } a \text{ und } b \text{ auch } a > b
\end{equation}
```

Wenn  $a > 3$  und  $b > 2$ , dann gilt für  $a$  und  $b$  auch  $a > b$ . (10)

(quo errat demonstrator)

## AMS: `\intertext{...}`

- ▶ mit `\intertext{...}` kann Text zwischen zwei Gleichungen (in der gather-Umgebung) eingegeben werden

```
\begin{gather}
a > b \wedge b > c \\
\intertext{Daraus folgt:}
a > c
\end{gather}
```

$$a > b \wedge b > c \tag{11}$$

Daraus folgt:

$$a > c \tag{12}$$

# AMS: Matrizen (und Vektoren)

- ▶ 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: Fallunterscheidungen

- ▶ abschnittsweise definierte Funktionen können durch Fallunterscheidungen beschrieben werden
- ▶ Fallunterscheidungen werden durch die cases-Umgebung dargestellt
- ▶ Zeilen- und Spaltentrennung wie bei Matrizen, allerdings gibt es nur zwei Spalten
- ▶ geschweifte Klammer passender Größe wird automatisch gesetzt

# AMS: Fallunterscheidungen – Beispiel

```
\begin{equation}
f(x) =
\begin{cases}
5 & \text{falls } x > 3 \\
-3 & \text{falls } x < 3 \\
0 & \text{sonst}
\end{cases}
\end{equation}
```

$$f(x) = \begin{cases} 5 & \text{falls } x > 3 \\ -3 & \text{falls } x < 3 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (14)$$

# 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
- ▶  $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\text{\LaTeX}$  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}  
\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
- ▶ Text in Gleichungen
- ▶ Matrizen (und Vektoren)
- ▶ Fallunterscheidungen
- ▶ Beträge und Normen
- ▶ Mathematik-Fonts
- ▶ Binomialkoeffizienten
- ▶ automatische Klammern bei referenzierten Gleichungen

## Ausblick auf Teil II

- ▶ mehr Umgebungen für mehrere und mehrzeilige Gleichungen
- ▶ mehr zu  $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\mathcal{L}\mathcal{A}\mathcal{T}\mathcal{E}\mathcal{X}$
- ▶ Funktionsgraphen mit  $\mathcal{T}\mathcal{i}\mathcal{k}\mathcal{Z}$  und Gnuplot
- ▶ Theorem-Umgebungen (für Sätze, Beweise, Beispiele, ...)
- ▶ ...

## Vielen Dank für die Aufmerksamkeit.

- ▶ Fragen?