

L^AT_EX - gleich setzt's was!

Ein kleiner Einführungskurs in L^AT_EX

Teil 3: Mathematischer Formelsatz

Jörg Binnewald, August 2011
<http://latex.esc-now.de>



Dieses Dokument steht unter der
Creative Commons 3.0 BY-NC.

Hinweis zu den Slides

Diese Slides gelten als unterstützendes Material zu einem L^AT_EX-Einsteigerkurs. Der vorgestellte Befehlsumfang ist deshalb auf wichtige Grundfunktionen beschränkt. Außerdem werden in diesem Kurs nicht die Standard L^AT_EX-Dokument-Klassen beschrieben, wie in den meisten Einsteigerkursen, sondern die KOMA-Script-Klassen.

Die vollständigen Kurs-Materialien sowie weiterführende Informationen sind unter <http://latex.esc-now.de> zu finden.

August 2011, Jörg Binnewald

Inhalt

- 1 Mathe und L^AT_EX
- 2 Formel-Umgebungen
- 3 Nummerierung
- 4 Beispiele
- 5 Tricks
- 6 Literatur

Inhalt

- 1 Mathe und L^AT_EX
 - AMS-L^AT_EX
 - Formeln im Fließtext
 - einfache Beispiele
- 2 Formel-Umgebungen
- 3 Nummerierung
- 4 Beispiele
- 5 Tricks
- 6 Literatur

A_MS-L^AT_EX

- ▶ L^AT_EX besitzt wenige Befehle für mathematischen Formelsatz
- ▶ A_MS-L^AT_EX erweitert den Befehlsumfang
- ▶ A_MS-L^AT_EX ist eine Sammlung verschiedener Pakete der *American Mathematical Society*

- ▶ Pakete laden:

```
\usepackage{amsmath}  
\usepackage{amsfonts}  
\usepackage{amssymb}
```

Formeln im Fließtext

- ▶ mathematische Formeln können im Fließtext oder in abgesetzten Umgebungen gesetzt werden
- ▶ Formeln im Fließtext werden innerhalb von zwei \$ Zeichen notiert
Beispiel: Es gilt : $c=a+b$.
erzeugt: Es gilt: $c = a + b$.
- ▶ Formeln in abgesetzten Umgebungen: siehe Kapitel *Formel-Umgebungen*

einfache Beispiele

 $2^{\wedge}n$ 2^n 2_n 2_n $2^{\{ab\}}$ 2^{ab} $2_{\{ab\}}$ 2_{ab} 2_ab $2_a b$ $\backslash \text{frac}\{2\}\{3\}$ $\frac{2}{3}$ $\backslash \text{sqrt}\{2a\}$ $\sqrt{2a}$ $\backslash \text{sqrt}\{\backslash \text{frac}\{p^2\}\{4\}-q\}$ $\sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$

griechische Buchstaben

α	<code>\alpha</code>	ι	<code>\iota</code>	ϱ	<code>\varrho</code>	Γ	<code>\Gamma</code>
β	<code>\beta</code>	κ	<code>\kappa</code>	σ	<code>\sigma</code>	Δ	<code>\Delta</code>
γ	<code>\gamma</code>	λ	<code>\lambda</code>	ς	<code>\varsigma</code>	Θ	<code>\Theta</code>
δ	<code>\delta</code>	μ	<code>\mu</code>	τ	<code>\tau</code>	Λ	<code>\Lambda</code>
ϵ	<code>\epsilon</code>	ν	<code>\nu</code>	υ	<code>\upsilon</code>	Ξ	<code>\Xi</code>
ε	<code>\varepsilon</code>	ξ	<code>\xi</code>	ξ	<code>\xi</code>	Π	<code>\Pi</code>
ζ	<code>\zeta</code>	\omicron	<code>\omicron</code>	φ	<code>\varphi</code>	Σ	<code>\Sigma</code>
η	<code>\eta</code>	π	<code>\pi</code>	χ	<code>\chi</code>	Υ	<code>\Upsilon</code>
θ	<code>\theta</code>	ϖ	<code>\varpi</code>	ψ	<code>\psi</code>	Φ	<code>\Phi</code>
ϑ	<code>\vartheta</code>	ρ	<code>\rho</code>	ω	<code>\omega</code>	Ψ	<code>\Psi</code>
						Ω	<code>\Omega</code>

Die restlichen Großbuchstaben entsprechen denen in der normalen Schrift.

Inhalt

- 1 Mathe und L^AT_EX
- 2 Formel-Umgebungen
 - equation
 - split
 - multiline
 - align
 - flalign
- 3 Nummerierung
- 4 Beispiele
- 5 Tricks
- 6 Literatur

Übersicht: Formel-Umgebungen

Umgebung	zur Darstellung von ...
<code>equation</code>	einer einzelnen Formel
<code>split</code>	einer einzelnen mehrzeiligen Formel mit manueller Ausrichtung
<code>multline</code>	einer einzelnen mehrzeiligen (langen) Formel mit automatischer Ausrichtung
<code>align</code>	mehreren Formeln mit (manueller) zentrierter Ausrichtung
<code>flalign</code>	mehreren Formel-Gruppen mit (manueller) außen bündiger Ausrichtung
<code>subequations</code>	Formeln mit untergeordneter-Nummerierung

equation-Umgebung

- ▶ Die *equation*-Umgebung wird verwendet, um **eine einzelne** Formel darzustellen.
- ▶ Die Formel wird automatisch nummeriert.

▶ Beispiel:

erzeugt:

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

$$a = b \quad (1)$$

- ▶ Formeln werden in der *equation*-Umgebung standardmäßig zentriert ausgerichtet.

split-Umgebung

- ▶ Die *split*-Umgebung wird innerhalb von *equation* oder *align* verwendet.
- ▶ *split* wird verwendet um eine **mehrzeilige** Formel darzustellen und mit **einer** Nummer zu versehen.

- ▶ Beispiel:

erzeugt:

```
\begin{equation}
  \begin{split}
    a=b+c \\
    +d+e \\
    =f
  \end{split}
\end{equation}
```

$$\begin{aligned}
 a &= b + c \\
 &+ d + e \\
 &= f
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

- ▶ Zeilen werden mit `\\` umgebrochen.

Formeln manuell ausrichten

- ▶ Um innerhalb von *split* (aber auch *align*, *flalign*) Formeln untereinander auszurichten, wird der *&* Operator verwendet.

- ▶ Beispiel:

erzeugt:

```
\begin{equation}
  \begin{split}
    a=&b+c \\
    &+d+e \\
    =&f
  \end{split}
\end{equation}
```

$$\begin{aligned}
 a &= b + c \\
 &+ d + e \\
 &= f
 \end{aligned} \tag{3}$$

- ▶ *&* muss dabei **vor** dem auszurichtenden Element stehen.

multiline-Umgebung

- ▶ Die *multiline*-Umgebung wird verwendet um eine mehrzeilige Formel automatisch ausgerichtet und mit einer Nummer versehen, darzustellen.
- ▶ & kann **nicht** verwendet werden um Formeln auszurichten.
- ▶ Zeilen werden mit `\\` umgebrochen.
- ▶ Beispiel:

```
\begin{multiline}  
  P_3(x)=2210+548(x-13)+45(x-13) \\  
  +1(x-13)(x-14)(x-18)  
\end{multiline}
```

erzeugt:

$$P_3(x) = 2210 + 548(x - 13) + 45(x - 13) \\ + 1(x - 13)(x - 14)(x - 18) \quad (4)$$

align-Umgebung

- ▶ Die *align*-Umgebung wird verwendet, um mehrere Formeln darzustellen und mit jeweils einer Nummer zu versehen.
- ▶ Der *&* Operator kann zur Ausrichtung verwendet werden.

▶ Beispiel:

erzeugt:

```

\begin{align}
c^2&=a^2+b^2 \\
\Rightarrow c &= \sqrt{a^2+b^2}
\end{align}

```

$$c^2 = a^2 + b^2 \quad (5)$$

$$\Rightarrow c = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (6)$$

- ▶ Die einzelnen Gleichungen werden durch Zeilenumbrüche erzeugt.

Formelgruppen

- ▶ Formelgruppen werden in *align* mit dem `&` Operator erzeugt.
- ▶ Beispiel:

```
\begin{align}  
  a&=b & j-c&=d \\  
  e&=f+i & g&=h  
\end{align}
```

erzeugt:

$$a = b \qquad j - c = d \qquad (7)$$

$$e = f + i \qquad g = h \qquad (8)$$

- ▶ Die Formelgruppen werden automatisch zentriert ausgerichtet.

flalign-Umgebung

- ▶ *flalign* ist eine Modifikation von *align*.
- ▶ Die *flalign*-Umgebung wird verwendet, um außen bündig ausgerichtete Formelgruppen zu erzeugen.
- ▶ Beispiel:

```
\begin{flalign}  
  a&=b & j-c&=d \\  
  e&=f+i & g&=h  
\end{flalign}
```

erzeugt:

$$a = b$$

$$e = f + i$$

$$j - c = d \quad (9)$$

$$g = h \quad (10)$$

Inhalt

- 1 Mathe und L^AT_EX
- 2 Formel-Umgebungen
- 3 Nummerierung
 - Nummerierung unterdrücken
 - eigene Nummerierung
 - untergeordnete Nummerierung
 - Verweise auf Formeln
- 4 Beispiele
- 5 Tricks
- 6 Literatur

Nummerierung

- ▶ L^AT_EX nummeriert Formeln automatisch.
- ▶ Standardmäßig werden die Nummern rechts von der Formel angezeigt.
- ▶ Um die Nummerierung links von den Formeln anzuzeigen, muss beim Laden von $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ der optionale Parameter `leqno` angegeben werden:

```
\usepackage[leqno]{amsmath}
```

Nummerierung unterdrücken

alle Nummern in einer Umgebung unterdrücken:

- ▶ an den Namen der Umgebung ein `*` anfügen
- ▶ Beispiel:

```
\begin{align*}  
  Formeln ...  
\end{align*}
```

- ▶ **Achtung:** `split*` existiert nicht!

Die *split*-Umgebung wird als Unterumgebung verwendet, die Nummerierung wird von der Elternumgebung übernommen.

⇒ Nummerierung der Elternumgebung unterdrücken!

Nummerierung unterdrücken

einzelne Nummern in einer Umgebung unterdrücken:

- ▶ `\notag` vor dem Zeilenumbruch notieren, der die jeweilige Formel beendet

- ▶ Beispiel:

erzeugt:

```
\begin{align}
a&=b \notag \\
c&=d \\
\end{align}
```

$$\begin{aligned} a &= b \\ c &= d \end{aligned} \quad (11)$$

Eigene Nummerierung

- ▶ Formeln können auch manuell nummeriert werden.
- ▶ `\tag{eigene Bezeichnung}` vor dem Zeilenumbruch notieren, der die jeweilige Formel beendet
- ▶ Beispiel:

```
\begin{align}  
  a&=b+c \tag{meine Gleichung} \\  
  \Rightarrow b&=a-c  
\end{align}
```

erzeugt:

$$\begin{aligned} a &= b + c && \text{(meine Gleichung)} \\ \Rightarrow b &= a - c && (12) \end{aligned}$$

Eigene Nummerierung

- ▶ Um die Klammern bei der eigenen Nummerierung zu unterdrücken, wird `\tag*{eigene Bezeichnung}` verwendet.
- ▶ Beispiel:

```
\begin{equation}
  h^2=k_1^2+k_2^2 \tag*{Satz des Pythagoras}
\end{equation}
```

erzeugt:

$$h^2 = k_1^2 + k_2^2$$

Satz des Pythagoras

Untergeordnete Nummerierung

- ▶ Um Formeln mit untergeordneter Nummerierung zu erzeugen, wird die *subequations*-Umgebung verwendet.
- ▶ Innerhalb von *subequations* werden die bereits bekannten Umgebungen verwendet.
(*subequations* kümmert sich nur um die untergeordnete Nummerierung)
- ▶ Beispiel:

```
\begin{subequations}
  \begin{equation}
    f(x) = x^2, \quad x \in \mathbb{R}
  \end{equation}
\end{subequations}
```

erzeugt:

$$f(x) = x^2, \quad x \in \mathbb{R} \tag{13a}$$

Verweise auf Formeln

- ▶ Verweise auf Formeln werden mit `\label{Marker}` und `\ref{Marker}` gesetzt bzw. aufgerufen.

- ▶ Beispiel:

In Formel `\ref{eq:beispiel}` ist zu erkennen ...

```
\begin{equation}
  a+b=c \label{eq:beispiel}
\end{equation}
```

erzeugt:

In Formel 14 ist zu erkennen ...

$$a + b = c \tag{14}$$

Verweise auf Formeln

- ▶ Statt `\ref{Marker}`, kann auch `\eqref{Marker}` verwendet werden, um einen Verweis aufzurufen.
- ▶ `\eqref{}` erzeugt um die eingefügte Nummer zusätzlich Klammern.
- ▶ Beispiel:

In Formel `\eqref{eq:beispiel}` ist zu erkennen ...

```
\begin{equation}
  a+b=c \label{eq:beispiel}
\end{equation}
```

erzeugt:

In Formel (15) ist zu erkennen ...

$$a + b = c \tag{15}$$

Verweise auf Formeln

- ▶ In mehrzeiligen Umgebungen muss der `\label` Befehl jeweils **vor** dem jeweiligen Zeilenumbruch aufgerufen werden.
- ▶ Beispiel:

```
In Formel \ref{eq:beispiel1} und Formel
\ref{eq:beispiel2} ist zu erkennen ...
\begin{align}
  a+b&=c \label{eq:beispiel1} \\
  d&=e \label{eq:beispiel2}
\end{align}
```

erzeugt:

In Formel 16 und Formel 17 ist zu erkennen ...

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

$$d = e \tag{17}$$

Inhalt

- 1 Mathe und L^AT_EX
- 2 Formel-Umgebungen
- 3 Nummerierung
- 4 Beispiele
 - Summen & Co
 - Klammern setzen
 - Matrizen & Co
- 5 Tricks
- 6 Literatur

Summen & Co

$$\sum_{i=1}^n$$

```
\sum^n_{i=1}
```

$$\prod_{i=1}^n$$

```
\prod^n_{i=1}
```

$$\lim_{x \rightarrow 0}$$

```
\lim_{x \rightarrow 0}
```

$$\int_a^b f(x) dx$$

```
\int^b_a f(x) \mathrm{d}x
```

$$\iint f(x)g(y) dx dy$$

```
\iint f(x)g(y) \mathrm{d}x \mathrm{d}y
```

Klammern setzen

angepasste Klammern

- ▶ Beispiel: $(\sum_{i=1}^n a_i)$
erzeugt:

$$\left(\sum_{i=1}^n a_i\right)$$

- ▶ darum: $\left(\sum_{i=1}^n a_i\right)$
erzeugt:

$$\left(\sum_{i=1}^n a_i\right)$$

- ▶ Befehle: $\left(\left[\left\{\right\}\right]\right)$

Klammern setzen

angepasste Klammern

- ▶ **Achtung:** Bei der Verwendung von `\left` erwartet L^AT_EX auch ein `\right`, sonst kommt es zur Fehlermeldung!
- ▶ Möchte man nur eine angepasste Klammer verwenden, z.B. nur eine öffnende, so werden folgende Befehle verwendet:
`\left (` `\right .`
- ▶ Beispiel: `\left . \sum^{\hat{n}}_{i=1} a_i \right\}` `\text{eine Summe}`
erzeugt:

$$\left. \sum_{i=1}^{\hat{n}} a_i \right\} \text{eine Summe}$$

Matrizen & Co

Die *array*-Umgebung

► Syntax:

```
\begin{array}{Spaltendefinition}  
  Inhalt  
\end{array}
```

► Spaltendefinition wie bei der *tabular*-Umgebung

► Folgende Optionen können dabei angegeben werden:

- l zur Erzeugung einer linksbündigen Spalte
- c zur Erzeugung einer zentrierten Spalte
- r zur Erzeugung einer rechtsbündigen Spalte
- | zur Erzeugung einer vertikalen Trennlinie

► In der *array*-Umgebung werden Zeilen durch `\\` erzeugt und Spalten mittels `&` voneinander abgetrennt.

Matrizen & Co

- ▶ Matrizen und ähnliche Strukturen werden mit der `array`-Umgebung dargestellt.

- ▶ Beispiel 1:

erzeugt:

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

$$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{array}$$

Matrizen & Co

► Beispiel 2:

```
\left(
\begin{array}{cc}
1 & 0 \\
0 & 1
\end{array}
\right)
```

erzeugt:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

► Beispiel 3:

```
f(x) := \left\{
\begin{array}{cc}
1 & \forall x \neq 0 \\
0 & \text{für } x=0
\end{array}
\right.
```

erzeugt:

$$f(x) := \begin{cases} 1 & \forall x \neq 0 \\ 0 & \text{für } x = 0 \end{cases}$$

Inhalt

- 1 Mathe und L^AT_EX
- 2 Formel-Umgebungen
- 3 Nummerierung
- 4 Beispiele
- 5 Tricks
- 6 Literatur

Tricks

Können Formeln auch linksbündig ausgerichtet werden?

Ja, dazu muss $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ mit der Option *fleqn* geladen werden:

```
\usepackage[fleqn]{amsmath}
```

Wie lässt sich der Abstand zwischen zwei Formeln in einer mehrzeiligen Umgebung vergrößern?

Wie im Textmodus, z.B.: `\\[0.5cm]`

Tricks

Im Textmodus vergrößern mathematische Formeln wie z.B. $a_{b_{ij_k}}$ den Zeilenabstand. Lässt sich dies unterbinden?

Ja, um den Zeilenabstand beizubehalten, einfach die $\$$ Umgebung im `\smash` Befehl verwenden, z.B.:

Ein Text mit `\smash{\$a_{\{b_{\{i_{\{j_k\}}}\}}\$}` als `\\` Formel.

erzeugt:

Ein Text mit $a_{b_{ij_k}}$ als Formel.

Tricks

Wie lässt sich erreichen, dass Nenner und Zähler eines Bruches genauso groß wie der Rest einer Formel dargestellt werden?

Statt `\frac` den `\dfrac` Befehl verwenden, z.B.:

```
2a \dfrac{\sqrt{ab}}{c}
```

erzeugt:

$$2a \frac{\sqrt{ab}}{c}$$

Seitenumbrüche in Formelumgebungen

- ▶ L^AT_EX gestattet per Standardeinstellung keine Seitenumbrüche in Formel-Umgebungen.
- ▶ `\displaybreak` erzwingt einen Seitenumbruch in einer Formel-Umgebung.
- ▶ `\displaybreak` wird vor dem `\\` Befehl, wo umgebrochen werden soll, notiert.
- ▶ Eine Stelle wo ein Seitenumbruch bei Bedarf stattfinden kann, wird mit `\displaybreak [0]` markiert.
⇒ L^AT_EX bricht die Seite erst dann an dieser Stelle um, wenn kein Platz ist, die Formelumgebung als ganzes anzuzeigen.
- ▶ In der *split*-Umgebung haben die Befehle keine Wirkung.

Inhalt

- 1 Mathe und L^AT_EX
- 2 Formel-Umgebungen
- 3 Nummerierung
- 4 Beispiele
- 5 Tricks
- 6 Literatur

Literatur I



T. Oetiker, H. Partl, I. Hyana, and E. Schlegl.

The Not So Short Introduction to L^AT_EX2_ε, 25.09.2008.

<http://tobi.oetiker.ch/lshort/lshort.pdf>.



American Mathematical Society.

User's Guide for amsmath Package, 2.0 edition, 25.02.2002.

<ftp://ftp.ams.org/pub/tex/doc/amsmath/amsl.doc.pdf>.