

LaTeX - Mathematiksatz

Abgesetzte Formeln. Mathematische Schriften.

Mathematische Ausdrücke

- Darstellung von mathematischen Gleichungen.
- Nutzung eines mathematischen Formelsatzes.
- Buchstaben werden als Funktionen oder Variablen interpretiert.

Bücher

- Herbert Voß: Mathematiksatz mit LaTeX
- Burckhard Kümmerner: Wie man mathematisch schreibt

Informationen im Web

- https://de.wikibooks.org/wiki/LaTeX-Kompendium:_F%C3%Bcr_Mathematiker
- <https://www.staff.uni-giessen.de/partosch/unterlagen/Mathe-Beispiele.pdf>
- <https://nats-www.informatik.uni-hamburg.de/pub/User/LaTeXNovember/Formel.pdf>
- https://fachschaft.physik.uni-konstanz.de/files/Latex/LaTeX-Kurs_Praesentation.pdf
- https://www-astro.physik.tu-berlin.de/files/Uebung/Dokumentationen/mathe_in_latex2e.pdf

Normen für Formeln

- DIN 1338 in Bezug auf den Formelsatz
- DIN 1302. Mathematische Symbole und Begriffe.
- DIN 1304. Formelzeichen.
- ISO/IEC 80000. Maßeinheiten und -größen

Hinweise zu ISO- und DIN-konformen Formelsatz

- <http://www.moritz-nadler.de/formelsatz.pdf>

Aufbau eines Dokuments

<code>\documentclass{article}</code>	Präambel
<code>\begin{document}</code> Guten Tag <code>\end{document}</code>	Textteil, bestehend aus den Befehlen und den Inhalt des Dokuments

Pakete für den mathematischen Formelsatz

- Pakete der American Mathematical Society (<http://www.ams.org/publications/authors/tex/amslatex>). Das Paket `amsmath` stellt verschiedene Umgebungen zur Verfügung. Das Paket `amssymb` bietet eine Fülle von mathematischen Symbolen.
- `mathtools` (<https://ctan.org/pkg/mathtools>). Das Paket erweitert die Funktionalitäten des Paketes `amsmath`. Das Paket `amsmath` wird automatisch durch das Paket `mathtools` geladen.
- `mathdots` (<https://ctan.org/pkg/mathdots?lang=de>), um Punkte in Formeln zu setzen.

Pakete global einbinden

```
\usepackage{mathtools}  
\usepackage{amssymb}
```

- Installierte Pakete werden immer mit dem Befehl `\usepackage` global für das gesamte Dokument in der Präambel eingebunden.
- Der Name des Paketes wird in den geschweiften Klammern angegeben. Die Angabe des Namens ist zwingend für den Befehl `\usepackage`.

Textmodus

```
\documentclass[a4paper, fontsize=12pt]{scrartcl}

\begin{document}

addition = 4 + 5

subtraktion = 4 - 5

multiplikation = 4 * 5

multiplikation = ab

division = 4 / 5

\end{document}
```

Hinweise

- Minuszeichen etc. haben im Textmodus andere Zeichengrößen als in dem Mathematikmodus.
- Standardmäßig werden die Abstände zwischen den Zeichen entsprechend eines Fließtextes gewählt.
- Mathematische Symbole sind häufig nicht Teil eines normalen Zeichensatzes.

Mathematik-Modus

```
\documentclass[a4paper, fontsize=12pt]{scrartcl}

\begin{document}
Multiplikation mit Hilfe des Sternchens:
$multiplikation = 4 * 5$

Multiplikation mit Hilfe eines Symbol:
$multiplikation = 4 \cdot 5$

Multiplikation ohne Angabe des Operators:
$multiplikation = ab$

\end{document}
```

Hinweise

- Zeilenumbrüche und Leerzeichen im Mathematik-Modus oder in einer mathematischen Umgebungen werden nicht beachtet.
- $\$ \dots \$$. Kurze Formeln, die im Text eingebettet werden.

Abgesetzter Modus

$$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$$$

- Der Beginn und Ende der Formel wird mit Hilfe von zwei aufeinanderfolgenden Dollarzeichen gekennzeichnet.
- Die Formel wird in einem eigenen Absatz dargestellt.
- Die Formel wird zentriert in die nächste Zeile gesetzt.
- Hinweis: Dieser Modus sollte immer durch eine Umgebung ersetzt werden.

Nutzung einer Umgebung

```

\documentclass[12pt]{scrartcl}

\usepackage{amsmath}

\begin{document}
1. Binomische Formel:
\begin{equation}
(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2
\end{equation}

\begin{equation*}
e^{i\varphi} = \cos(\varphi) + i\sin(\varphi)
\end{equation*}

\end{document}
  
```

Umgebungen im abgesetzten Modus

- Definition im Paket `amsmath` oder `mathtools`.
- `\begin{name} ... \end{name}`.

Einzeilige Umgebung

```
\begin{equation}
(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2
\end{equation}
```

- Name der Umgebung: `equation`.
- Zentrierung in einer Zeile.
- Rechtsbündige Nummerierung der Formel.

Rahmung der Formel

```
\boxed{  
(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2  
}
```

- Der Befehl `\boxed{}` ist im Paket `amsmath` definiert.
- Nutzung in einer Umgebung aus dem Paket `amsmath`.
- Die, in den geschweiften Klammern angegebene Formel wird durch einen Rahmen hervorgehoben.
- Aber die Nummerierung der Formel befindet sich außerhalb des Rahmens.

Unterdrückung der Nummerierung

```
\begin{equation*}
e^{i\varphi} = \cos(\varphi) + i\sin(\varphi)
\end{equation*}
```

- Name der Umgebung: `equation*`.
- Die Nummerierung der Formel wird ausgeblendet.

Hinweise

- Dokumentklasse `{article}` oder `{scrartcl}`: Von 1 bis n über alle Teile und Abschnitte des Dokuments.
- Dokumentklasse `{book}` oder `{scrbook}`: Kapitelweise Zählung. Durch den Beginn eines Kapitels wird der Zähler auf 1 zurückgesetzt.

Neustart des Zählers

```
\numberwithin{equation}{chapter}  
\numberwithin{equation}{section}
```

- In Abhängigkeit eines bestimmten Abschnitts im Textteil kann der Zähler neu gesetzt werden.
- Im ersten notwendigen Parameter wird die Umgebung angegeben. Für diese Umgebung wird der Zähler neu gesetzt.
- Im zweiten notwendigen Parameter wird mit Hilfe eines Strukturelements der Abschnitt, der eine Neustart erzwingt, angegeben. `chapter` setzt den Zähler kapitelweise neu. `section` setzt den Zähler abschnittsweise neu.

Stil der Nummerierung

```
\renewcommand{\theequation}{\roman{equation}}
```

- `\renewcommand` definiert einen bekannten Befehl neu.
- Der neu zu definierte Befehl wird als erster zwingender Parameter übergeben. In diesem Beispiel wird `\theequation` neu definiert.
- Der zweite Parameter legt die neue Funktionalität des Befehls fest. Für den angegebenen Befehl wird der Stil der Nummerierung neu definiert.

Zahlendarstellung

```
\renewcommand{\theequation}{\roman{equation}}
```

- In dem zweiten Parameter wird der Stil für die Nummerierung definiert.
- In diesem Beispiel werden römische Ziffern für die Nummerierung der Formeln genutzt.

Möglichkeiten

- `\arabic`. Arabische Ziffern.
- `\alph` oder `\Alph`. Alphanumerische Zeichen. Das erste Element beginnt mit dem Nummerierungszeichen a oder A.
- `\Roman` oder `\roman`. Römische Ziffern.

Weitere Möglichkeit

```
\newtagform{Alph}[\renewcommand{\theequation}  
{\textit{\Alph{equation}}}][]
```

- Das Paket `mathtools` muss eingebunden werden.
- Der Marker bekommt einen Namen zugewiesen.
- Dann wird die innere Form der Nummerierung definiert und anschließend die äußere Form.

Name des Markers

```
\newtagform{Alph}
```

- Dem Befehl wird als erster zwingend erforderlicher Parameter ein Name für den Marker übergeben.
- Mit Hilfe dieses Namens wird im Dokumentteil oder der Präambel der Stil gesetzt.

Innere Form

```

\newtagform{Alph}[
    \renewcommand{\theequation}
        {\textit{\Alph{equation}}}]
  
```

- Optional kann dem Befehl eine innere Form für die Nummerierung übergeben werden.
- In diesem Beispiel werden kursive (`\textit{}`), alphanumerische Zeichen (`\Alph{}`) genutzt.

Äußere Form der Nummerierung

```

\newtagform{Alph}[
    \renewcommand{\theequation}
        {\textit{\Alph{equation}}}]
  ]
  [ ]
  
```

- In diesem Beispiel wird die Nummerierung mit Hilfe von eckigen Klammern zusammengefasst.

Anwendung des Stils

```
\usetagform{Alph}
```

- Dem Befehl `\usetagform` wird der Name des gewünschten Stils übergeben.

Querverweise auf Formeln

- Durch den Befehl `\ref` wird ein Querverweis auf eine Formel im Fließtext angezeigt. Die Formel hat ein Lesezeichen.
- Der Befehl `\label` setzt ein Lesezeichen am Beginn einer Formel.
- Ein Lesezeichen kann im Mathematik-Modus nur gesetzt werden, wenn die Formel nummeriert ist. Es werden Umgebungen wie zum Beispiel `equation` genutzt.

Beispiel

```

\usepackage{amsmath}
\usepackage{amssymb}

\begin{document}
\begin{equation}
\label{eq:1}
(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2
\end{equation}

\begin{equation}
\label{eq:Euler}
e^{i\varphi} = \cos(\varphi) + i\sin(\varphi)
\end{equation}

```

Setzen eines Lesezeichens

```
\label{eq:Euler}  
\label{eq:1}
```

- Der Befehl `\label` erzeugt ein Lesezeichen an einer bestimmten Position.
- Ein Querverweis im Fließtext kann auf das Lesezeichen verweisen.
- Als zwingend notwendigen Parameter wird der frei wählbare Name des Lesezeichens übergeben.

Hinweise zum Namen

- Benutzerdefinierte Namen bestehen aus den lateinischen Groß- und Kleinbuchstaben und den Ziffern von 0 bis 9.
- Beachtung der Groß- und Kleinschreibung.

Häufigste Form für Lesezeichen

- `umgebung:name`. In diesem Beispiel wird der Name `eq:Eu1er` genutzt.
- Links vom Doppelpunkt wird das Umfeld / die Umgebung des Lesezeichens mit ein bis drei Buchstaben abgebildet. In diesem Beispiel wird `eq` für die Umgebung `equation` genutzt.
- Rechts vom Doppelpunkt wird der Name des Lesezeichens definiert. In diesem Beispiel `Eu1er`.

Verweis auf das Lesezeichen (Standard)

```
\item \ref{eq:Euler} \\\
```

- Der Befehl `\ref` ist im Standard von LaTeX definiert.
- Querverweis auf ein Kapitel, Abschnitt, Formel und so weiter.
- Als zwingend erforderlicher Parameter wird dem Befehl der Name des definierten Lesezeichens übergeben.
- Darstellung im kompilierten Dokument: *verweis*.

Weitere Möglichkeit

```
\eqref{eq:Euler}
```

- Der Befehl `\eqref` ist in dem Paket `amsmath` definiert.
- Verweis auf eine einzeilige abgesetzte Formel in der Umgebung `equation`.
- Als zwingend erforderlicher Parameter wird dem Befehl der Name des definierten Lesezeichens übergeben.
- Darstellung im kompilierten Dokument: *(verweis)*.

Hinweise zur Kompilierung

- 1. Durchlauf: Die Lesezeichen werden gelesen und in einer Datei mit der Endung „.aux“ gespeichert.
- 2. Durchlauf: Die Referenzen in dem Dokument können entsprechend der Angaben in der Datei mit der Endung „.aux“ aufgelöst werden.

Mehrzeilige Formeln

```
\usepackage{amsmath}

\begin{document}
Quadratische Gleichung mit PQ-Formel:
\begin{equation}
\begin{split}
x^2 + px + q = 0 \\
x_{1,2} = -\sqrt{(\frac{p}{2})^2 - q}
\end{split}
\end{equation}

\end{document}
```

Nutzung der equation-Umgebung

```
\begin{equation}

x^2 + px + q = 0\\
x_{1,2} = -\sqrt{(\frac{p}{2})^2 - q}

\end{equation}
```

- Zeilenumbrüche werden in dieser Umgebung ignoriert.
- Formel werden einzeilig dargestellt.

Zeilenweise trennen

```

\begin{equation}

\begin{split}
x^2 + px + q = 0 \\
x_{1,2} = -\sqrt{(\frac{p}{2})^2 - q}
\end{split}

\end{equation}
  
```

- Zeilenumbrüche werden mit Hilfe von `\\` eingefügt.
- Die Umgebung `\begin{split} ... \end{split}` trennt die lange Formel mit Hilfe des Zeilentrenners.

Hinweise

- Das Paket `amsmath` muss eingebunden sein.
- Die Umgebung `{split}` kann nur in einer anderen Umgebung genutzt werden.

Ausrichtung von mehrzeiligen Formel

```

\begin{document}

\begin{align}
x^2 + px + q = 0\tag{\}
x_{1,2} = -\sqrt{(\frac{p}{2})^2 - q}
\end{align}

\begin{align}
x_0 &= 10^{-\frac{a}{2}}, & x_1 &= 1 \\
y_0 &= 0, & y_1 &= 0
\end{align}

```

Nutzung der Umgebung align

```
\begin{align}
```

```
\end{align}
```

- Das Paket `amsmath` muss eingebunden sein.
- Rechts-Links-Anordnung von mehrzeiligen Formeln.

Trennung der Zeilen

```
\begin{align}
x_0 &= 10^{-\frac{a}{2}}, & x_1 &= 1 \\
y_0 &= 0, & y_1 &= 0 \\
\end{align}
```

- Der maskierte Backslash `\\` wird als Zeilentrenner in der Umgebung genutzt.

Trennung der Spalten

```

\begin{align}
x_0 &= 10^{-\frac{a}{2}}, & x_1 &= 1 \\
y_0 &= 0, & y_1 &= 0 \\
\end{align}
  
```

- Das kaufmännische Und & trennt die Formeln in einer Zeile spaltenweise.
- Das kaufmännische Und sollte immer direkt vor einem Operator gesetzt werden.
- Die Anzahl der &-Zeichen pro Zeile ist nicht begrenzt, sollte aber in allen Zeilen in einer Umgebung gleich sein.

Nummerierung der Formel

- Anpassung des Stils wie bei der Umgebung `equation`.
- Ausblendung für eine Zeile oder vollständig für alle Formel in der Umgebung.

... pro Zeile ausblenden

```
\begin{align}
x^2 + px + q = 0\notag\
x_{1,2} = -\sqrt{(\frac{p}{2})^2 - q}
\end{align}
```

- Der Befehl `\notag` schaltet für die die vorherige Zeile die Nummerierung aus.

... vollständig ausblenden

```
\begin{align*}
```

```
Wenn \quad{} a, b, c \in \mathbb{R} \quad{} mit \quad{} a, b \geq 0, c > 0 \quad{} gilt: \\\
```

```
\sqrt{ab} &=& \sqrt{a} \cdot \sqrt{b} \\\
```

```
\sqrt{\frac{a}{c}} &=& \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{c}}
```

```
\end{align*}
```

- Die Umgebung `\align*` schaltet für die gesamte Umgebung die Nummerierung aus.

Mathematikschriften

- Einige Schriftfamilien enthalten nicht alle Symbole, die in der Mathematik benötigt werden.
- In Abhängigkeit der Kompilierung können bestimmte Schrifttypen eingebunden werden.
- Mit Hilfe von Befehlen kann die Form oder der Typ verändert werden.
- Standardmäßig wird Latin Modern Math genutzt.

Informationen im Web

- <http://cq131a.de/mathfonts.html>
- <http://milde.users.sourceforge.net/Matheschriften/matheschriften.html>
- <https://www.andwil.de/weblog/mathematikschriften-fuer-latex>

Normaler Schrifttyp

```
\begin{equation}
\mathnormal{(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2}
\end{equation}
```

- Buchstaben werden kursiv dargestellt.
- Zahlen werden aufrecht dargestellt.

Math Roman

```
\begin{equation}
\mathrm{(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2}
\end{equation}
```

- Buchstaben werden aufrecht dargestellt.
- Zahlen werden aufrecht dargestellt.
- Nutzungen für die Darstellung von Einheiten, geometrische Punkte und so weiter.

Math Bold Font

```
\begin{equation}
\mathbf{(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2}
\end{equation}
```

- Buchstaben und Zahlen werden aufrecht in einer Fettschrift dargestellt.
- Nutzungen für die Darstellung von Vektoren.

Fettschrift der Formel

```

\boldmath

\begin{align}
(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2 \\
(a - b)^2 = a^2 - 2ab - b^2
\end{align}

\unboldmath
  
```

- Auswirkung auf fast alle Zeichen einer Formel.
- `\boldmath` und `\unboldmath` müssen außerhalb von mathematischen Umgebungen stehen.

Änderung der Schrift mit pdfLaTeX

```
\usepackage{mathpazo}
\usepackage[scaled=.95]{berasans}
\usepackage{courier}
```

- Schriftfamilien können als Paket eingebunden werden.
- Die Schriftgröße kann skaliert werden.
- Passend zu der Mathematikschrift (hier mathpazo) werden die anderen Fonts eingebunden.
- Siehe <http://www.tug.org/pracjourn/2006-1/hartke/hartke.pdf>.

Einbind von mathematischen Symbole

```
\usepackage{amssymb}
```

- Mathematische Symbole, die nicht in der mathematischen Schrift enthalten sind, werden aus dem Paket `amssymb` geladen.

Änderung der Schrift mit LuaTeX

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

% LuaLaTeX
\usepackage{fontspec}

\setmainfont{texgyrepagella-regular.otf}
    [BoldFont= texgyrepagella-bold.otf ,
    ItalicFont = texgyrepagella-italic.otf,
    BoldItalicFont = texgyrepagella-bolditalic.otf ]

\setmathrm{TeX Gyre Termes}

\setboldmathrm{TeX Gyre Termes Bold}
```

Paket „fontspec“

```
\usepackage{fontspec}
```

- Einbinden von AAT (Apple Advanced Typography)- und OpenType-Schriften ohne Installation der Schriftarten.
- Anpassung der, im Dokument genutzten Schrift.
- Das Paket muss nach allen anderen Pakten geladen werden, die Schrifteinstellungen vornehmen.

Normaler Schrifttyp

```
\setmainfont{texgyrepagella-regular.otf}
  [BoldFont= texgyrepagella-bold.otf ,
   ItalicFont = texgyrepagella-italic.otf,
   BoldItalicFont = texgyrepagella-bolditalic.otf ]
```

- Der Befehl `\setmainfont{}` legt die Schriftfamilie für die Standardschrift im Mathematik-Modus fest.
- Als zwingend erforderlich wird der Dateiname oder der Name der Schrift für die Standardschrift übergeben. In diesem Beispiel wird der Dateiname der gewünschten Schrift genutzt.
- Optional können Schriften in Abhängigkeit der Schriftstärke und Schriftform festgelegt werden.

Math Roman

```
\setmathrm{TeX Gyre Termes}
```

- Buchstaben und Zahlen werden aufrecht dargestellt.
- Der Befehl `\setmathrm{}` nutzt eine proportionale Serifenschrift. Beispiel: Times.

Math Bold Font

```
\setboldmathrm{TeX Gyre Termes Bold}
```

- Buchstaben und Zahlen werden aufrecht in einer Fettschrift dargestellt.
- Der Befehl `\setboldmathrm{}` legt eine proportionale Serifenschrift in Fettschrift fest.

PdfLaTeX: Schriftart in Abhängigkeit der ISO-Norm

```
\usepackage[engineer]{pm-isomath}
```

- Durch Einbindung des Pakets `pm-isomath` kann die ISO-Norm eingehalten werden.
- Siehe: <https://ctan.math.illinois.edu/macros/latex/contrib/pm-isomath/pm-isomath.pdf>.

LuLaTeX: Schriftart in Abhängigkeit der ISO-Norm

```
\usepackage[  
  math-style=ISO,  
  bold-style=ISO,  
  sans-style=italic,  
  nabla=upright,  
  partial=upright  
]  
{unicode-math}  
  
\setmathfont{Latin Modern Math}
```

Paket unicode-math

```
\usepackage[]{unicode-math}
```

- Durch Einbindung des Pakets `unicode-math` kann die ISO-Norm eingehalten werden.
- Unicode-Zeichen werden als mathematische Zeichen interpretiert.
- Siehe: <https://ctan.org/pkg/unicode-math?lang=de>.

Optionale Parameter des Pakets

```
\usepackage[  
  math-style=ISO,  
  bold-style=ISO,  
  sans-style=italic,  
  nabla=upright,  
  partial=upright  
]  
{unicode-math}
```

- Die verschiedenen Stile und Symbole können in Abhängigkeit eines Parameters gestaltet werden.

- `math-style`. Buchstaben.
- `bold-style`. Buchstaben in Fettschrift
- `sans-style`. Sans-Serif-Stil. Serifenlose Buchstaben.
- `nabla`. Nabla-Operator
- `partial`. Stil des partiellen Differentialoperators.
- `vargreek-shape`. Phi und Episolon,
- `colon`. Befehl `\colon`. Doppelpunkt.
- `slash-delimiter`.

Selbstlernphase

- Versuche das „Basler Problem“ in einem Latex-Dokument darzustellen.

$$1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{9} + \frac{1}{16} + \frac{1}{25} + \dots = \frac{\pi^2}{6}$$

$$\xi(s) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} \mid s = 2$$

$$\xi(2) = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} = \frac{\pi^2}{6}$$