

# Einführung in das Textsatzsystem $\text{\LaTeX}$

## Mathematiksatz I

Moritz Brinkmann

`moritz.brinkmann@iwr.uni-heidelberg.de`

3. November 2017

## ① Allgemeines

- Fehlermeldungen

- Eigene Befehle

## ② Mathe

- Modi

  - Inlinemode

  - Displaymode

- amsmath

- Grundbefehle

  - Abstände

  - Größe von Formeln

- Variablen

  - Operatoren

- Vektoren, Matrizen, Tensoren

Teil I

# Fehlermeldungen und eigene Befehle

## Was tun, wenn $\text{\LaTeX}$ anhält?

- Ruhe bewahren! (tex-Dateien können nicht beschädigt werden)
- Mit der Fehlersuche beim den letzten Änderungen anfangen.
- Ggf. Schreibfehler korrigieren.
- log-Datei Lesen!
- Viele Editoren helfen bei der Fehlersuche, indem sie zur Zeile springen, in der der Fehler aufgetreten ist. (Das muss nicht die fehlerhafte Zeile sein.)

Typische Fehlermeldung:

```
! Undefined control sequence.  
1.3 Ein \Latex-Dokument  
.  
?  
! Emergency stop.  
1.3 Ein \Latex-Dokument.  
.  
No pages of output.  
Transcript written on document.log.
```

⇒ Befehl in Zeile 3 falsch geschrieben

Typische Fehlermeldung:

```
Runaway argument?  
{itemize \item Erstes Item  
! Paragraph ended before \begin was complete.  
<to be read again>  
                                \par  
1.60  
  
?
```

⇒ Irgendwo nach itemize ein } oder ein \end{ } vergessen.

# Vollständiges Minimalbeispiel

Bei Hilfestellung in Webforen/Usenet wird in der Regel ein *vollständiges Minimalbeispiel* (MWE) verlangt.

- ① solange Code aus dem Dokument löschen, bis der Fehler gerade noch auftritt
- ② alle überflüssigen Pakete entfernen
- ③ falls Dokumentenklasse keine Rolle spielt, `minimal` verwenden
- ④ wenn Fehler nur bei viel Text auftritt, `blindtext` verwenden

Oft findet man den Fehler beim erstellen des MWE schon ganz alleine.

- `\newcommand{\wasser}{H$_2$O}`  $\Rightarrow$  H<sub>2</sub>O
- Ermöglicht Abkürzungen im Text, die häufig vorkommen

In Overleaf ausprobieren:

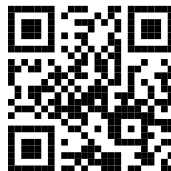


<http://qn3.de/tex0201>



- `\newcommand{\wasser}{H$_2$O}`  $\Rightarrow$  H<sub>2</sub>O
- Ermöglicht Abkürzungen im Text, die häufig vorkommen
- Änderung: `\renewcommand{\wasser}{H\kern-.1em$_2$\kern-.1em O}`:  
H<sub>2</sub>O

In Overleaf ausprobieren:

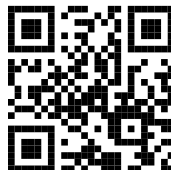


<http://qn3.de/tex0201>

# Leerzeichen in T<sub>E</sub>X

T<sub>E</sub>X „frisst“ gerne Leerzeichen – vor allem nach Befehlen:  
`\wasser ist nass  $\Rightarrow$  H2Oist nass.`

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/tex0201>

# Leerzeichen in T<sub>E</sub>X

T<sub>E</sub>X „frisst“ gerne Leerzeichen – vor allem nach Befehlen:  
`\wasser ist nass`  $\Rightarrow$  H<sub>2</sub>O ist nass.

- T<sub>E</sub>X liest Befehle vom `\` bis zum ersten nicht-Buchstaben (Zahl, Klammer, Leerzeichen, Punkt, ...)  
`\LaTeX_ist_manchmal_umständlich`

LaTeX ist manchmal umständlich

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/tex0201>

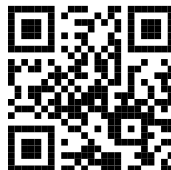
# Leerzeichen in T<sub>E</sub>X

T<sub>E</sub>X „frisst“ gerne Leerzeichen – vor allem nach Befehlen:  
`\wasser ist nass  $\Rightarrow$  H2Oist nass.`

- T<sub>E</sub>X liest Befehle vom `\` bis zum ersten nicht-Buchstaben (Zahl, Klammer, Leerzeichen, Punkt, ...)  
`\LaTeX_ist_manchmal_umständlich`
- Befehle im Text immer mit `\` oder `{}` beenden:

LaTeX ist manchmal umständlich

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/tex0201>

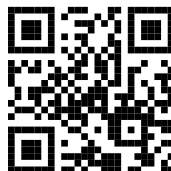
# Leerzeichen in T<sub>E</sub>X

T<sub>E</sub>X „frisst“ gerne Leerzeichen – vor allem nach Befehlen:  
`\wasser ist nass  $\Rightarrow$  H2Oist nass.`

- T<sub>E</sub>X liest Befehle vom `\` bis zum ersten nicht-Buchstaben (Zahl, Klammer, Leerzeichen, Punkt, ...)  
`\LaTeX_ist_manchmal_umständlich`
- Befehle im Text immer mit `\` oder `{}` beenden:
- `\LaTeX\_ist\_manchmal\_umständlich.`

LaTeX ist manchmal umständlich

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/tex0201>

```
\newcommand\molekuel[3][H]{Das Molekül #1$_#2$#3}
```

- Argumente werden mit [*Anzahl*] definiert
- Optionales Argument in eckigen Klammern
- Zugriff in der Definition möglich mit #1
- In der Verwendung meist mit geschweiften Klammern {Co}

`\molekuel{2}{0}`  $\Rightarrow$  Das Molekül H<sub>2</sub>O

`\molekuel[Co]{7}{0}`  $\Rightarrow$  Das Molekül Co<sub>7</sub>O

Teil II

# Mathematische Formeln in $\text{\LaTeX}$

# Inline- vs. Display-Formeln

**Inline-Mathe:**  $E = mc^2$  kennt jedes Kind, aber kaum jemand kann wirklich mehr damit anfangen als mit  $\int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=1}^5 dx$ , wobei diese Formel nun mal gar keinen Sinn ergibt, aber zeigt, wie Grenzen im  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Mathesatz aussehen. **Inline-Mathe mit Displaystyle:**  $E = mc^2$  kennt jedes Kind, aber kaum jemand kann wirklich mehr damit anfangen als mit

$\int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=1}^5 dx$ , wobei diese Formel nun mal gar keinen Sinn ergibt, aber zeigt, wie Grenzen

im  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Mathesatz aussehen. **Display-Mathe:**  $E = mc^2$  kennt jedes Kind, aber kaum jemand kann wirklich mehr damit anfangen als mit

$$\int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=1}^5 dx,$$

wobei diese zweite Formel nun mal gar keinen Sinn ergibt, aber zeigt, wie Grenzen im  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Mathesatz aussehen.



- Formeln, die direkt im Fließtext vorkommen
- kurze Formeln, Nennung von Variablen
- Elemente gehen nicht über die Zeilenhöhe hinaus
- Grenzen werden *neben* Integrale, Summen und Produkte gesetzt

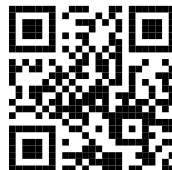
Seien  $m$  und  $n$  natürliche Zahlen mit  $n=5m$ .

Seien  $m$  und  $n$  natürliche Zahlen mit  $n = 5m$ .

Der Inlinemode ist über drei Wege zu erreichen:

- `\(<Formel>\)`
- `\begin{math}<Formel>\end{math}`
- `$<Formel>$`

In Overleaf ausprobieren:



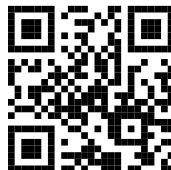
<http://qn3.de/tex0201>

Der Inlinemode ist über drei Wege zu erreichen:

- `\(\langle Formel \rangle\)`
- `\begin{math}\langle Formel \rangle\end{math}`
- `\$\langle Formel \rangle\$`

\$ \$ ist meist die beste Variante

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/tex0201>

Formeln können von T<sub>E</sub>X umgebrochen werden:

- an Relationen =, <, >, etc.
- an binären Operatoren +, -, etc.
- Umbruch kann durch Gruppierung vermieden werden. { }

```
Ein Text bis zum Zeilenende  
$a + b + c$ \\  
Ein Text bis zum Zeilenende  
${a + b + c}$
```

Ein Text bis zum Zeilenende  $a + b + c$   
Ein Text bis zum Zeilenende  $a + b + c$

- Auszeichnung wichtiger Formeln
- Darstellung langer Rechnungen
- komplexe Formeln
- mehrfach indizierte Größen
- geschachtelte Brüche
- ...

*klassische* Display-Formeln sind über drei Wege zu erreichen:

- `\begin{displaymath}\langle Formel \rangle\end{displaymath}`  
abgesetzte Formel ohne Nummerierung
- `\[\langle Formel \rangle\]`  
Abkürzung für `displaymath`
- `\begin{equation}\langle Formel \rangle\end{equation}`  
abgesetzte Formel mit Nummerierung

*klassische* Display-Formeln sind über drei Wege zu erreichen:

- `\begin{displaymath}\langle Formel \rangle\end{displaymath}`  
abgesetzte Formel ohne Nummerierung
- `\[\langle Formel \rangle\]`  
Abkürzung für `displaymath`
- `\begin{equation}\langle Formel \rangle\end{equation}`  
abgesetzte Formel mit Nummerierung
- ~~`$$\langle Formel \rangle$$`~~  
 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ -Syntax führt in  $\text{\LaTeX}$  zu unerwarteten und unerwünschten Ergebnissen  
 $\Rightarrow$  unbedingt vermeiden!

# Display in Inline und umgekehrt

- Displaystyle kann mit `\displaystyle` im Inline-Modus aufgerufen werden.

Hier kommt ein großer Bruch, der  
`\frac{a}{b} < \displaystyle \frac{a}{b}`  
viel zu groß für den normalen Fließtext ist.

Hier kommt ein großer Bruch, der  $\frac{a}{b} < \frac{a}{b}$  viel zu groß für den normalen Fließtext ist.

- Inlinestyle kann mit `\textstyle` im Display-Modus aufgerufen werden.

`\[\frac 12 > \textstyle \frac 12 \]`

$$\frac{1}{2} > \frac{1}{2}$$



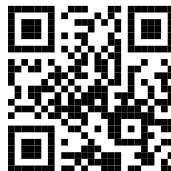
# Option fleqn

- Formeln sehen oft zentriert nicht gut aus und wirken zerfleddert
- linksbündige Ausrichtung ggf. besser

⇒ fleqn als Dokumentenoption

```
\documentclass[fleqn]{scrartcl}
```

In Overleaf ausprobieren:



<http://qn3.de/tex0201>

Eine Reihe von untereinander ausgerichteten, zueinander angeordneten Gleichungen wird z. B. verwendet für:

- Herleitungen
- Übersichten
- Vergleich von Formeln

# Mehrzeilige Formeln

Eine Reihe von untereinander ausgerichteten, zueinander angeordneten Gleichungen wird z. B. verwendet für:

- Herleitungen
- Übersichten
- Vergleich von Formeln

~~TeX~~ Standardumgebung: `eqnarray`

# Mehrzeilige Formeln

Eine Reihe von untereinander ausgerichteten, zueinander angeordneten Gleichungen wird z. B. verwendet für:

- Herleitungen
- Übersichten
- Vergleich von Formeln

~~TeX-Standardumgebung: `eqnarray`~~ **unschön**  
**besser:** `align`-Umgebung aus dem `amsmath`-Paket.

# Mehrzeilige Formeln

Eine Reihe von untereinander ausgerichteten, zueinander angeordneten Gleichungen wird z. B. verwendet für:

- Herleitungen
- Übersichten
- Vergleich von Formeln

~~TeX-Standardumgebung: eqnarray~~ **unschön**  
**besser:** align-Umgebung aus dem amsmath-Paket.

```
\begin{align}
a &= b, & \\
c &= d, \\
abc &= d \\
&= r
\end{align}
```

$$\begin{array}{rcl} a = b, & c = d, & (1) \\ abc = d & & (2) \\ = r & & (3) \end{array}$$

ohne Nummerierung: {align\*}

- Paket von der American Mathematical Society (AMS)
- besteht aus mehreren Paketen, u. a.:  
amsmath, amssymb, amsfonts
- bietet umfangreiche Erweiterungen des Mathesatzes:
- vielfältige Umgebungen und Anpassungen
- neue oder verbesserte Definitionen von Befehlen
- Korrekturen von Abständen
- ...



- Paket von der American Mathematical Society (AMS)
- besteht aus mehreren Paketen, u. a.:  
amsmath, amssymb, amsfonts
- bietet umfangreiche Erweiterungen des Mathesatzes:
- vielfältige Umgebungen und Anpassungen
- neue oder verbesserte Definitionen von Befehlen
- Korrekturen von Abständen
- wird mit Fehlerkorrekturen, etc. ergänzt durch mathtools



- Paket von der American Mathematical Society (AMS)
  - besteht aus mehreren Paketen, u. a.:  
amsmath, amssymb, amsfonts
  - bietet umfangreiche Erweiterungen des Mathesatzes:
  - vielfältige Umgebungen und Anpassungen
  - neue oder verbesserte Definitionen von Befehlen
  - Korrekturen von Abständen
  - wird mit Fehlerkorrekturen, etc. ergänzt durch mathtools
- ⇒ kann im Prinzip *immer* geladen werden, wenn man was mit Mathe macht.

```
\usepackage{amsmath, mathtools}
```





- $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  bzw.  $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  bzw. geladene Pakete kontrollieren Abstände
- Unterschiede zwischen Variablen, Operatoren, Relationen etc.
- Festgelegt durch die `\mathcodes` der Zeichen
- Änderbar mit `\kern`, `\,`, `\,`, etc.
- **niemals** Konstrukte wie `\ \ \ \` verwenden!
- Besser: `\quad`, `\qquad`, `\hspace{1em}`

- Standardbefehle wie `\small`, `\tiny`, `\Huge` haben in Formeln keine Wirkung
- Aber Formeln passen sich der Umgebung an

# Größenänderungen

- Standardbefehle wie `\small`, `\tiny`, `\Huge` haben in Formeln keine Wirkung
- Aber Formeln passen sich der Umgebung an

```
\small \[
  x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(\, \prime)(x_n)}
\]
\huge \[
  x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(\, \prime)(x_n)}
\]
```

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

- Variablen werden kursiv gesetzt:  $\$a\$$ : *a*
- Schriftart abhängig von der Dokumentenklasse!  
(Groteske, Serifen etc.)
- Ziffern werden automatisch korrekt gesetzt: 12.2 statt 12.2

# Dezimaltrennzeichen

im amerikanischen Satz:

\$1 , 234 . 567 \$

1, 234.567

im amerikanischen Satz:

\$1 , 234 . 567 \$

1, 234.567

im deutschen Satz:

\$1 . 234 , 567 \$

1.234, 567

⇒ falsche Spationierung!

## Einmalige Anpassung:

`$1\mathpunct{.}234\mathpunct{.}567{,}89$`

1. 234. 567,89 (angepasst)

1.234.567, 89 (nicht angepasst)

## Einmalige Anpassung:

```
$1\mathpunct{.}234\mathpunct{.}567{,}89$
```

1. 234. 567,89 (angepasst)

1.234.567, 89 (nicht angepasst)

## Automatische Anpassung

Paket `icomma` passt Dezimaltrennzeichen automatisch dokumentenweit an.

Andere Möglichkeit: Paket `siunitx` → siehe Vorlesung Mathesatz II



# Hoch- und Tiefstellung

- Zeichen mit besonderer Bedeutung: ^ und \_
- Hochstellung:  $a^b$
- Tiefstellung:  $a_b$
- Gruppierungen sind möglich:  $a^{\{bc\}}$ ,  $a_{\{bc\}}$
- Kombination ist möglich:  $a_b^c$
- Ohne vorhergehendes Zeichen:  $^{\{235\}}\text{U}$
- Schachtelung nur mit Gruppierung:

$a_{\{b_{\{c_{\{d_{\{e_{\{f^g\}}\}}\}}\}}^{\{h^{\{i^{\{j_k\}}\}}\}}$

$a_b_c$  produziert Fehler!

$a^b$

$a_b$

$a_{bc}$

$a_b^c$

$^{235}\text{U}$

$a_{b_{c_{d_{e_{f^g}}}}}^{h^{i^{\{j_k\}}}}$

Operatorennamen werden aufrecht gesetzt und sind vordefiniert

- richtig:  $\sin(x)$  falsch:  $\sin(x)$

```
$\sin(x) \cos(y) \tan(2\pi) \lim \arctan$
```

```
 $\sin(x) \cos(y) \tan(2\pi) \lim \arctan$ 
```

Operatorennamen werden aufrecht gesetzt und sind vordefiniert

- richtig:  $\sin(x)$  falsch:  $\sin(x)$

```
$\sin(x) \cos(y) \tan(2\pi) \lim \arctan$
```

```
 $\sin(x) \cos(y) \tan(2\pi) \lim \arctan$ 
```

- Paket amsopn bietet viele Vordefinitionen:

```
\arccos \arcsin \arg \cos \cot \coth \deg \det  
\exp \gcd \inf \injlim \lg \lim \limsup \ln  
\max \min \projlim \sec \sinh \sup \tanh
```

Sollten die vorgegebenen Definitionen nicht genügen:

```
\usepackage{amsopn}  
\DeclareMathOperator{\Res}{Res}
```

in der Präambel.

Klammerung von großen Ausdrücken kann Probleme bereiten:

```
\[ (  
  \frac{\int^a x dx}{\sum_{n=1} x  
  }  
) \]
```

$$\left(\frac{\int^a x dx}{\sum_{n=1} x}\right)$$

Besser:

```
\[ \left(  
  \frac{\int^a x dx}{\sum_{n=1} x  
  }  
\right) \]
```

$$\left(\frac{\int^a x dx}{\sum_{n=1} x}\right)$$

# Klammern

- `\left` und `\right` vor allem, was dehnbar ist
- `\left( \right]` funktioniert auch
- `\left. \right)` liefert angepasste rechte Klammer
- Hoch- und Tiefstellung werden angepasst:

```
\begin{displaymath}
\left. \int_a^b f(x) \mathrm{d}x \right\vert_a^b
\quad
\left\{ \int_a^b f(x) \mathrm{d}x \right\}
\end{displaymath}
```

$$\int_a^b f(x) \mathrm{d}x \Big|_a^b \quad \left\{ \int_a^b f(x) \mathrm{d}x \right\}$$

- Grenzen per `\limits` angeben
- Mehrzeilige Grenzen mit `\atop`

```
\[  
  \int_a^b  
  \int\limits_a^b  
  \sum_{n=1}^{\infty}  
  \prod_{n = 1 \atop m = 2}  
\]
```

$$\int_a^b \int_a^b \sum_{n=1}^{\infty} \prod_{n=1 \atop m=2}$$

# Sonderzeichen

- Viele Zeichen sind über ihren Namen erreichbar,
- genauso Griechische Groß- und Kleinbuchstaben

```
\begin{align*}
  \nabla \square \\
  \partial \infty \\
  \pm \mp \\
  \alpha \beta \gamma \\
  \rho \varrho \\
  \kappa \varkappa \\
  \epsilon \varepsilon \\
  \theta \vartheta \\
  A B \Gamma
\end{align*}
```

 $\nabla \square$  $\partial \infty$  $\pm \mp$  $\alpha \beta \gamma$  $\rho \varrho$  $\kappa \varkappa$  $\epsilon \varepsilon$  $\theta \vartheta$  $A B \Gamma$



# Sonderzeichen

- Viele Zeichen sind über ihren Namen erreichbar,
- genauso Griechische Groß- und Kleinbuchstaben

```
\begin{align*}
  \nabla \square \\
  \partial \infty \\
  \pm \mp \\
  \alpha \beta \gamma \\
  \rho \varrho \\
  \kappa \varkappa \\
  \epsilon \varepsilon \\
  \theta \vartheta \\
  A B \Gamma
\end{align*}
```

 $\nabla \square$  $\partial \infty$  $\pm \mp$  $\alpha \beta \gamma$  $\rho \varrho$  $\kappa \varkappa$  $\epsilon \varepsilon$  $\theta \vartheta$  $A B \Gamma$ 

Wenn man ein Symbol sucht:

texdoc maths-symbols symbols-a4 oder [Detexify](#)

# Wurzeln

```
\[  
  \sqrt{a_{n_{m_p}}}  
  \quad  
  \sqrt[3]{a}\quad  
\]
```

$$\sqrt{a_{n_{mp}}} \quad \sqrt[3]{a}$$

# Wurzeln

```
\[
  \sqrt{a_{n_{m_p}}}}
  \quad
  \sqrt[3]{a}\quad
\]
```

$$\sqrt{a_{n_{mp}}} \quad \sqrt[3]{a}$$

- zu tiefe Unterlängen sind unschön

⇒ `\smash[⟨t, b⟩]{⟨Formel⟩}`

```
\[
  \sqrt{a_{n_{m_p}}}}
  \quad
  \sqrt{
    \smash[b]{
      a_{n_{m_p}}
    }
  }
\]
```

$$\sqrt{a_{n_{mp}}} \quad \sqrt{a_{n_{mp}}}$$

Vektoren sind vielfältig darstellbar:

- Fettgedruckt mit `\boldsymbol` oder `\mathbf`
- „falscher“ Fettdruck: `\pmb`
- Mit Pfeil drüber als `\vec`
- Unterstrichen mit `\underbar`

```
$ \boldsymbol a\ \mathbf a $ \
```

```
$ \pmb a\ a $ \
```

```
$ \vec a\ \underbar a $
```

$a$   $\mathbf{a}$

$\mathbf{a}$   $a$

$\vec{a}$   $\underline{a}$

Vektoren sind vielfältig darstellbar:

- Fettgedruckt mit `\boldsymbol` oder `\mathbf`
  - „falscher“ Fettdruck: `\pmb`
  - Mit Pfeil drüber als `\vec`
  - Unterstrichen mit `\underbar`
- } Typografisch  
unschön, nur für  
Handschriften

```
$ \boldsymbol a\ \mathbf a $ \\  
$ \pmb a\ a $ \\  
$ \vec a\ \underbar a $
```

$a$   $\mathbf{a}$

$\pmb{a}$   $a$

$\vec{a}$   $\underline{a}$

# Matrizen

```
\[  
  \begin{matrix}  
    a_{11} & a_{12} \\  
    a_{21} & a_{22}  
  \end{matrix}  
\]
```

$$\begin{matrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{matrix}$$

# Matrizen

```
\[
  \begin{matrix}
    a_{11} & a_{12} \\
    a_{21} & a_{22}
  \end{matrix}
\]
```

$$\begin{matrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{matrix}$$

```
\[
  \left(
    \begin{matrix}
      a_{11} & a_{12} \\
      a_{21} & a_{22}
    \end{matrix}
  \right)
\]
```

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$$

$\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ math definiert weitere Matrixumgebungen:

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$$

pmatrix

$$\left\| \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \right\|$$

Vmatrix

$$\left| \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \right|$$

vmatrix

$$\left\{ \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \right\}$$

Bmatrix

$$\left[ \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \right]$$

bmatrix

$$\begin{smallmatrix} a & b \\ c & d \end{smallmatrix}$$

smallmatrix





Herbert Voß.

„Math mode“.

`texdoc mathmode`



Herbert Voß.

„Mathematksatz mit  $\text{\LaTeX}$ “.

Lehmanns Media, 2012.



American Mathematical Society.

„User's Guide for the `amsmath` Package“.

`texdoc amsmath`