

# Herbert Voß

# Mathematiksatze mit L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

3. Auflage

```
\begin{align*}y'' + P(x)y' + Q(x)y &= 0 \\ y_2(x) &= y_1(x) \int \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{e^{\int P(x') dx'}}{y_1^2(x')} dx' \\ \intertext{Für den Spezialfall } P(x) = 0, \text{ vereinfacht sich dies zu } \\ y_2(x) &= y_1(x) \int \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{dx'}{y_1^2(x')} \\ \end{align*}
```

$$y'' + P(x)y' + Q(x)y = 0$$

$$y_2(x) = y_1(x) \int \frac{e^{-\int P(x') dx'}}{y_1^2(x')} dx'$$

Für den Spezialfall  $P(x) = 0$ , vereinfacht sich dies zu

$$y_2(x) = y_1(x) \int \frac{dx'}{y_1^2(x')}$$

Für Lio, Raphael und Johan

# Mathematiksatz mit L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Dritte, überarbeitete und  
erweiterte Auflage

Herbert Voß  
*Berlin*

dante

lehmanns   
media

Alle in diesem Buch enthaltenen Programme, Darstellungen und Informationen wurden nach bestem Wissen erstellt und mit Sorgfalt getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund ist das in dem vorliegenden Buch enthaltene Programm-Material mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autoren und Herausgeber übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieses Programmmaterials, oder Teilen davon, oder durch Rechtsverletzungen Dritter entsteht.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann verwendet werden dürften.

Alle Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt und sind möglicherweise eingetragene Warenzeichen. Autoren und Herausgeber richten sich im Wesentlichen nach den Schreibweisen der Hersteller. Andere hier genannte Produkte können Warenzeichen des jeweiligen Herstellers sein.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, sind vorbehalten.

© 2018 Herbert Voß, Berlin

Dritte, überarbeitete und erweiterte Auflage

ISBN 978-3-86541-976-7

Umschlag: Herbert Voß

Karikaturen: Duane Bibby, mit Genehmigung der TUG

Satz: L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Verlag: Lehmanns Media, Berlin (<http://www.lehmanns.de>)

Druck: elanders – Waiblingen

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>5</b>
1.1	Mathematikmodus versus Textmodus . . . . .	5
1.2	Typografische Regeln . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Mathematik im Zeilenmodus mit Standard-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X</b>	<b>9</b>
2.1	Einführung . . . . .	9
2.2	Der Zeilenmodus . . . . .	9
2.3	Beispiele für den Zeilenmodus . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Mathematik im abgesetzten Modus mit Standard-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X</b>	<b>17</b>
3.1	Umgebungen für den abgesetzten Modus . . . . .	17
3.2	Kurzformen für Makros . . . . .	23
3.3	Gleichungsnummern . . . . .	23
3.4	Marken (Label) . . . . .	27
3.5	Rahmen . . . . .	28
3.6	Beispiele für abgesetzte Gleichungen . . . . .	31
<b>4</b>	<b>Mathematische Elemente aus Standard-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X</b>	<b>33</b>
4.1	array-Umgebung . . . . .	34
4.2	Matrix . . . . .	36
4.3	Super-/Subscript und Limits . . . . .	38
4.4	Wurzeln (Roots) . . . . .	39
4.5	Klammern (bracket, brace und parenthesis) . . . . .	40
4.6	Text im Mathematikmodus . . . . .	49
4.7	Schrift-Makros . . . . .	50
4.8	Leerraum . . . . .	51
4.9	Mathematische Schriftstile . . . . .	59
4.10	Punkte (Dots) . . . . .	62
4.11	Akzente (Accents) . . . . .	62
4.12	Exponenten und Indizes . . . . .	66
4.13	Operatoren . . . . .	66
4.14	Griechische Buchstaben . . . . .	67
4.15	Seitenumbruch . . . . .	69
4.16	Gestockte Symbole . . . . .	69
4.17	Binome . . . . .	69
4.18	Boldmath – fette Mathematikschrift . . . . .	70
4.19	Multiplikationszeichen . . . . .	73
4.20	Weitere Makros . . . . .	73

<b>5</b>	<b>Farbe in mathematischen Ausdrücken</b>	<b>77</b>
5.1	Partielles Einfärben . . . . .	78
5.2	Komplettes Einfärben . . . . .	79
5.3	Farbboxen . . . . .	79
5.4	Farbige Tabellen oder Arrays . . . . .	81
<b>6</b>	<b>AMS-Pakete</b>	<b>85</b>
6.1	Einführung . . . . .	86
6.2	align-Umgebungen . . . . .	88
6.3	Weitere Umgebungen für abgesetzte Formeln . . . . .	96
6.4	Vertikaler Leerraum . . . . .	105
6.5	Seitenumbruch . . . . .	106
6.6	Punkte (Dots) . . . . .	106
6.7	Brüche und Binome . . . . .	107
6.8	Wurzeln (Roots) . . . . .	110
6.9	Akzente . . . . .	111
6.10	Modulo-Makro . . . . .	112
6.11	Gleichungsnummerierung . . . . .	112
6.12	Grenzen (Limits) . . . . .	116
6.13	Operatorkennzeichen . . . . .	122
6.14	Text im mathematischen Modus . . . . .	124
6.15	Dehnbare Pfeile (Extensible arrows) . . . . .	126
6.16	Rahmen . . . . .	127
6.17	Griechische Buchstaben . . . . .	129
6.18	Verschiedene Makros . . . . .	129
6.19	Probleme mit amsmath . . . . .	130
6.20	Anmerkungen . . . . .	131
<b>7</b>	<b>Symbole</b>	<b>133</b>
7.1	Standard-L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X . . . . .	133
7.2	Symbole der AMS-Pakete . . . . .	136
7.3	mathcomp . . . . .	138
7.4	mathabx . . . . .	139
7.5	stmaryrd . . . . .	142
7.6	trfsigns . . . . .	143
7.7	MnSymbol . . . . .	144
7.8	wasysym . . . . .	145
7.9	mathdesign . . . . .	145
7.10	esint . . . . .	146
7.11	upgreek und fixmath . . . . .	147
7.12	gensymb . . . . .	148
7.13	newpxmath/newtxmath . . . . .	148
7.14	nath . . . . .	150
7.15	mathtools . . . . .	151
<b>8</b>	<b>T<sub>E</sub>X und Mathematik</b>	<b>153</b>
8.1	Längenregister . . . . .	154
8.2	Mathematische Schrift-Makros . . . . .	160

8.3	Makros für den Mathematikmodus . . . . .	166
8.4	Strafpunkte »Math penalties« . . . . .	170
<b>9</b>	<b>Andere Pakete</b> . . . . .	<b>171</b>
9.1	abraces – Asymmetrische Klammern . . . . .	174
9.2	accents – Akzente . . . . .	175
9.3	alltt – Verbatimähnliche Umgebung . . . . .	175
9.4	amscd – Kommutative Diagramme . . . . .	176
9.5	amsopn – Neue Operatoren . . . . .	177
9.6	autobreak – Automatischer Zeilenumbruch . . . . .	177
9.7	bigdelim – Begrenzer für Arrays . . . . .	178
9.8	bm – Boldmath . . . . .	179
9.9	braket – Begrenzer in mathematischen Ausdrücken . . . . .	179
9.10	cancel – »Durchstreichen« . . . . .	180
9.11	cases – Fallunterscheidungen . . . . .	182
9.12	delarray – Begrenzer für Arrays . . . . .	183
9.13	dsfont – Doublestroke-Font für Mengensymbole . . . . .	183
9.14	empheq – Hervorheben von Teilen einer Gleichung . . . . .	184
9.15	esvect – Vektorpfeile . . . . .	186
9.16	eucal und eufrak – Skript- und Frakturzeichen . . . . .	187
9.17	gauss – Visualisierung des Gaußschen Eliminationsverfahrens . . . . .	187
9.18	hf-tikz – Hervorheben von Formeln . . . . .	191
9.19	mathtools – Erweiterte und neue Umgebungen . . . . .	192
9.20	mathastext – Textschrift als Matheschrift verwenden . . . . .	200
9.21	mdframed – Rahmen mit Seitenumbruch . . . . .	203
9.22	nicematrix – Matrizen mit gepunkteten Verbindungslinien . . . . .	204
9.23	prooftrees – Darstellung logischer Beweise . . . . .	205
9.24	relsize – Symbolketten . . . . .	206
9.25	tcolorbox – Gerahmte Boxen . . . . .	206
9.26	witharrows – Kommentieren von Ausdrücken . . . . .	207
9.27	xypic – einfache Grafiken . . . . .	207
9.28	xlop – Visualisierung der elementaren Rechenoperationen . . . . .	208
<b>10</b>	<b>Beispiele</b> . . . . .	<b>211</b>
10.1	Matrix . . . . .	211
10.2	Fallunterscheidungen . . . . .	214
10.3	Arrays . . . . .	215
10.4	Horizontale Klammern . . . . .	217
10.5	Integral . . . . .	221
10.6	Summe und Produkt . . . . .	222
10.7	Vertikales Ausrichten . . . . .	223
10.8	Knotenverbindungen . . . . .	227
10.9	Spezielle Anordnungen von abgesetzten Formeln . . . . .	228
<b>11</b>	<b>Schriften und Mathematik</b> . . . . .	<b>235</b>
11.1	Schriftfamilien . . . . .	236
11.2	pdfL <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X . . . . .	237
11.3	Mathematikschriften im Format TrueType und OpenType . . . . .	241

11.4	Paket mathspec . . . . .	242
11.5	Paket unicode-math . . . . .	246
11.6	Paket mathfont . . . . .	250
11.7	Kombination von Text- und Mathematikschrift für pdfL <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X. . . . .	252
11.8	Kombination von Text- und Mathematikschrift für XeL <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X/LuaL <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X . . . . .	265
11.9	Zeichentabellen . . . . .	274
11.10	Fette mathematische Zeichen und Symbole . . . . .	396
<b>Anhang</b>		<b>399</b>
A.1	Von pdfL <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X nach LuaL <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X/X <sub>3</sub> L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X . . . . .	399
A.2	Barrierefreies PDF erstellen . . . . .	401
A.3	Beispielprogramme. . . . .	403
<b>Quellenverzeichnis</b>		<b>405</b>
	Bücher und Zeitschriftenartikel . . . . .	405
	Onlinequellen. . . . .	406
	CTAN . . . . .	407
<b>Index der Befehle und Begriffe</b>		<b>409</b>
<b>Personen</b>		<b>431</b>

# Vorwort

Donald Knuth entwickelte  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  für seine mathematisch orientierten Bücher:

»Mathematics books and journals do not look as beautiful as they used to. It is not that their mathematical content is unsatisfactory, rather that the old and well-developed traditions of typesetting have become too expensive. Fortunately, it now appears that mathematics itself can be used to solve this problem.«

(Donald E. Knuth: Mathematical Typography, 1978)

Daraus entstand das Vorurteil,  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  bzw.  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  sei nur etwas für mathematische Veröffentlichungen und für andere nicht besonders geeignet. Mittlerweile kommt es auch aus den Geisteswissenschaften zu erfreulichen Rückmeldungen über die Anwendung von  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  für einfache Studien- und Diplomarbeiten bis hin zu aufwändigen kritischen Editionen.

Dennoch ist der Mathematiksatz ein Schwerpunkt von  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  geblieben, denn er ist de facto konkurrenzlos, was man an der Vielzahl der im Netz vorhandenen PDF-Dateien mathematischen Inhalts erkennt, die mit  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  erstellt wurden. Bislang gibt es nur eine spezielle Veröffentlichung zum Mathematiksatz, das Buch von George Grätzer »Math into  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ «, in der dritten Auflage aus dem Jahr 2000 oder die vierte Auflage mit dem modifizierten Titel »More Math into  $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ «. (Grätzer 2000, 2016) Mittlerweile hat sich sehr viel bei der Entwicklung von Zusatzpaketen getan, sodass eine Veröffentlichung zum speziellen Mathematiksatz angebracht erscheint.

Dieses Buch versteht sich primär als Praxisbuch; der Leser soll nach Möglichkeit für seine Probleme adäquate Lösungen finden. Daher wird das Thema Fonts zwar hinreichend behandelt, jedoch nur soweit, wie es der Anwender für seine Arbeit benötigt. Der theoretische Hintergrund zu den einzelnen Makros wird zwar auch beleuchtet, spielt jedoch hier nicht die wesentliche Rolle. Daher ist auch das Kapitel der Beispiele sehr umfangreich ausgefallen, denn »learning by doing«, beziehungsweise Lernen am Beispiel, ist immer noch eine sehr effektive Methode.

Dieses Buch behandelt vorrangig L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, denn die Zahl der reinen T<sub>E</sub>X-Anwender hält sich im deutschsprachigen Raum sehr in Grenzen. Dennoch gibt es ein spezielles Kapitel zu den Makros, die in T<sub>E</sub>X definiert sind und natürlich auch für L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Anwender zur Verfügung stehen. Der Anwender, der das erste Mal mit L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X zu tun hat, findet in den verschiedensten Veröffentlichungen eine Einführung. Für größere Projekte ist dann jedoch eine weitergehende Literatur zu L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X angebracht wie beispielsweise (Mittelbach und Goosens 2005).

Die relativ komplexe Materie zu verstehen ist eine Sache, sie dann auch noch anschaulich zu erklären eine völlig andere. Die folgenden Personen haben mich in der Vergangenheit dabei auf Dinge hingewiesen, die es zu verbessern galt: Hendri Adriaens, Andrea Blomenhofer, Alexander Boronka, Walter Brown, Ci Zhi-jia, Marco Daniel, Christian Faulhammer, José Luis Gómez Dans, Sebastian Hahn, Azzam Hassam, Martin Hensel, Morten Høgholm, M. Kalidoss, Dan Lasley, Angus Leeming, Tim Love, Dan Luecking, Hendrik Maryns, Heinz Mezera, David Neuguay, Joachim Punter, Carl Riehm, Will Robertson, Christoph Rumsmüller, José Carlos Santos, Jens Schwaiger, Uwe Siart, Martin Sievers, Heiko Stamer, Uwe Stöhr, Carsten Thiel, David Weenink, Zou Yuan-Chuan und Michael Zedler. Wie immer haben Christoph Kaeder und Rolf Niepraschk wertvolle Hinweise gegeben. Besonderer Dank geht an Monika Hattenbach; sie hatte schon die englische Originalfassung einer kritischen Prüfung unterzogen und auch für diese Ausgabe viele wertvolle Korrekturvorschläge gemacht. Die Dokumentenklasse für das Layout, welches prinzipiell der »Addison-Wesley Series on Tools and Techniques for Computer Typesetting« entspricht, stellte freundlicherweise Frank Mittelbach zur Verfügung.

Alle Beispiele dieses Buches findet man wie üblich als lauffähige T<sub>E</sub>X-Dokumente zum Herunterladen auf dem T<sub>E</sub>X-Archiv CTAN: <http://www.ctan.org/tex-archive/info/examples/Math>.

Berlin, im Januar 2009

Herbert Voß

---

## Vorwort zur 3. Auflage

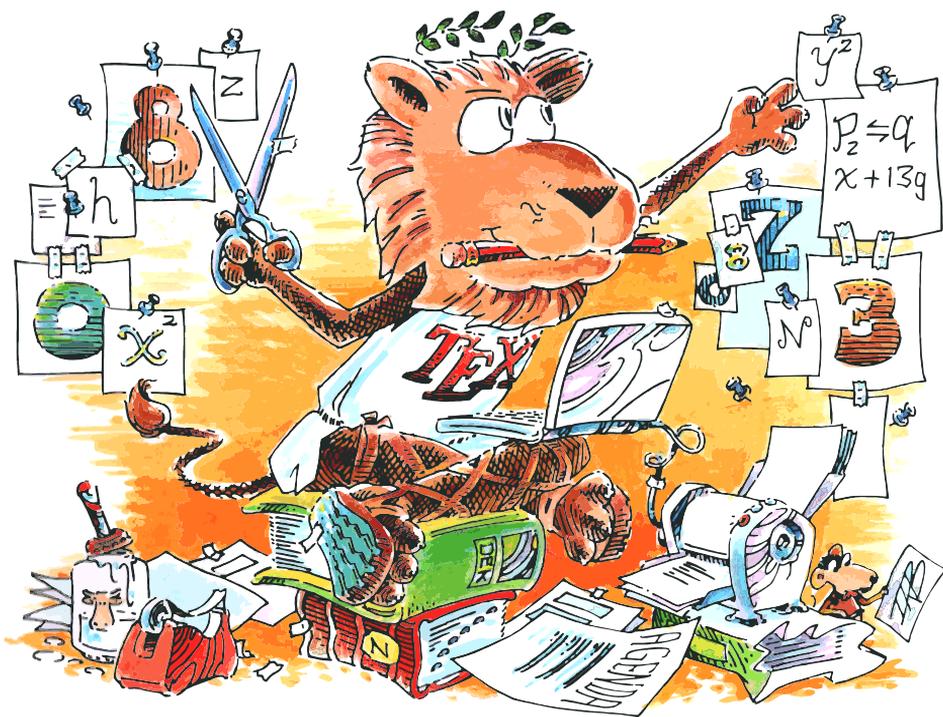
Nach fast acht Jahren hat sich in der  $\text{\LaTeX}$ -Welt, was die Mathematik betrifft, nur indirekt etwas verändert, was aber weitreichende Folgen für den Anwender haben kann. Es können mittlerweile problemlos Schriften im Format TrueType oder OpenType benutzt werden, sofern man eine der »neuen« Programme ( $\text{\TeX}$  engines) verwendet:  $\text{\XeTeX}$  oder  $\text{\LuaTeX}$ . Allerdings gilt es zu beachten, dass man ältere Dokumente, die mit  $\text{\pdf\LaTeX}$  übersetzt wurden, nicht ohne weiteres mit  $\text{\Xe\LaTeX}$  oder  $\text{\Lua\LaTeX}$  wird laufen lassen können. Die notwendigen Modifikationen halten sich aber in Grenzen; zu ändern sind die Eingabekodierung (jetzt UTF-8) und die Schriftauswahl, die über ein  $\text{\LaTeX}$ -Paket oder individuell über das Paket `fontspec` vorgenommen werden kann. Für das Einbinden der mathematischen Zeichen existieren zur Zeit drei verschiedene  $\text{\LaTeX}$ -Pakete: `unicode-math`, `mathspec` und `mathfont`. Es hängt sehr vom Anwendungsfall ab, welches Paket man bevorzugen wird.

Das Kapitel über Schriften wurde folgerichtig erweitert, um den neuen Möglichkeiten Rechnung zu tragen. Dies betrifft vor allen Dingen die vielen Symbole, die mit einer Schrift im Format OpenType zur Verfügung stehen können.

Dank gilt allen Lesern, die mich auf Fehler in der zweiten Auflage hingewiesen haben: Ulrich Groh, Eric Danielski, Manfred Lotz und Sebastian Veldhuis. Ein großer Dank geht an Elke Schubert, die das Korrekturlesen dieser Ausgabe übernahm. Alles, was jetzt noch an Fehlern zu finden ist, geht zu meinen Lasten. Eine Zusammenstellung aller in Zukunft gefundenen Fehler und der in diesem Buch verwendeten Beispiele findet man auf <http://archiv.dante.de/~herbert/Books/>.

Berlin, im August 2018

Herbert Voß



# Kapitel 1

## Einführung

1.1 Mathematikmodus versus Textmodus. . . . .	5
1.2 Typografische Regeln. . . . .	6

### 1.1 Mathematikmodus versus Textmodus

Nahezu alle Textverarbeitungsprogramme oder Satzsysteme unterscheiden zwischen einem Text- und einem Mathematikmodus. Dies liegt primär an den verwendeten mathematischen Zeichen, die in der Regel nicht Teil des normalen Text-Zeichensatzes sind. Ob dies mit der »ewigen Baustelle« Unicode jemals erfolgversprechend geändert werden kann, bleibt abzuwarten.

Neben den normalen Zeichen gibt es auch grundsätzliche Unterschiede zum Textsatz, denn im Mathematikmodus werden andere Abstände und Zeichengrößen benutzt. Diese wesentlichen Unterschiede erleichtern nicht gerade das Verständnis für die vielfältigen Möglichkeiten, die ein Mathematiksatz mit  $\text{\LaTeX}$  bietet. Es gibt nur wenige Dokumente, die ganz und gar auf den Mathematiksatz verzichten können, denn schon das Minuszeichen als negatives Vorzeichen kann im Textmodus gesetzt werden »-4.321« oder im Mathematikmodus »-4.321«. Es gibt ein völlig anders aussehendes Minuszeichen, denn Textzeichensatz und Mathematikzeichensatz müssen nicht immer notwendigerweise den eigenen Vorstellungen entsprechen und auch nicht immer passend zueinander erscheinen. Ein anderes Beispiel ist  $\pm 12\%$ , welches nur im Mathematikmodus möglich ist, denn das Makro `\pm` steht für den Textmodus gar nicht zur Verfügung. Dies betrifft den größten Teil der Symbole, wobei man die allumfassende Liste mit mehreren hundert verschiedenen Symbolen auf CTAN findet. (Pakin 2017)

Ohnehin muss man sich daran gewöhnen, dass es einiger Informationen bedarf, um zu einem Textfont  $x$  einen passenden Mathematikfont  $y$  zu finden. Dabei sei jetzt erst einmal dahingestellt, was man unter einem »passenden« Font verstehen soll, denn typografische Kriterien unterliegen keiner objektiven Betrachtungsweise, sondern zu

einem wesentlichen Teil dem nicht unbedeutenden Zeitgeist. Im Kapitel 11 auf Seite 235 findet man Beispiele für mögliche Kombinationen zwischen freien und kommerziellen Text- beziehungsweise Mathematikfonts.

In den folgenden Kapiteln wird gezeigt, was alles beim Mathematiksatz zu beachten ist, von einfachsten Fällen wie  $y = f(x)$  bis zu vergleichsweise komplizierten Gleichungen. Optionale Symbole oder Parameter sind dabei zur Verdeutlichung grundsätzlich mit einem grauen Kasten hinterlegt. Bei den Umgebungen trifft dies insbesondere auf die so genannte Sternvariante zu (\*), die dann immer ohne Gleichungsnummerierung gesetzt wird. In einigen Fällen sind aus Platzgründen Teile einer Präambel in den so genannten nicht sichtbaren Teil ausgelagert. Es findet sich dann immer ein entsprechender Hinweis. Dies stellt keine wirkliche Einschränkung des Verständnisses dar, denn den gesamten Quelltext aller Beispiele kann man jederzeit von <http://archiv.dante.de/~herbert/Books/> herunterladen.

## 1.2 Typografische Regeln

Das Setzen mathematischer Formeln sollte möglichst konform mit den Vorstellungen der ISO 80000<sup>1</sup> (vormals ISO 31) gehen. Es handelt sich um den Standard der Internationalen Organisation für Normung (ISO) zu physikalischen Größen und Einheiten.

Mathematische Variablen oder physikalische Größen werden durch ein Symbol dargestellt, welches aus einem einzelnen Buchstaben des lateinischen oder griechischen Alphabets stammt. Diese werden grundsätzlich kursiv gesetzt, beispielsweise:

- Einfache Variablen  $x, y, z$ ;
- Mathematische Funktionen  $z = f(x, y), \Psi(t) = \int_t \psi dt$ ;
- Physikalische Konstanten (elektrische und magnetische Feldstärke)  $\epsilon_0$  und  $\mu_0$ ;
- Physikalische Gleichungen  $U = R \cdot I$ ;
- Indizes, die Variablen oder physikalischen Konstanten entsprechen  $a_{i,j}, c_v$ ;
- Grenzen oder Laufvariablen  $\sum_{i=1}^m k_{ij}$  für  $j = 1, 2, \dots, 10$ ;
- Vielfache in der Form » $n$ -fach«.

Aufrecht gesetzt werden hingegen:

- Alle Ziffern 123,  $A_{17}$ , 112fach (Ausnahmen sind Ziffern, die in Abbildungen bestimmte Bereiche oder Dinge kennzeichnen sollen, auf die dann im Text verwiesen wird);
- Mathematische Operatoren  $\mathbf{A}^T = \mathbf{B}$ , auch die Differentialoperatoren  $d$  und  $\partial$ ;
- Mathematische Konstanten wie  $\pi \approx 3,14$ ,  $e \approx 2,72$  (im Unterschied zur Elementarladung  $e$ ) und  $i = \sqrt{-1}$  (in der Elektrotechnik sehr oft als  $j$  bezeichnet);
- Mathematische Funktionen mit bestimmten Eigenschaften  $y = \sin(x), \Gamma(x)$ ;
- Maßeinheiten, einschließlich Teile oder Vielfache  $\lambda = 0,234 \mu\text{m}, 12 \text{ kg}$ ;
- Indizes, die etwas bestimmtes kennzeichnen  $x_{\max}, \mu_B$ ;
- Chemische Bezeichnungen von Molekülen  $\text{H}_2\text{O}$ .

<sup>1</sup>[https://de.wikipedia.org/wiki/Internationales\\_Größensystem](https://de.wikipedia.org/wiki/Internationales_Größensystem)

Physikalische Größen bestehen immer aus einer Maßzahl und einer Maßeinheit, wobei

- Maßzahl und Maßeinheit durch `~` oder `\,` (`\thinspace`) voneinander getrennt werden, beispielsweise `12~km` (12 km) oder `21~\textcelsius` (21 °C).
- Die einzigen Ausnahmen bilden die Angaben in Grad, Minute und Sekunde, also `12°37'14''`.
- Einheiten können wie normale Variablen ausgeklammert werden, beispielsweise sind  $(7 + 21)^\circ\text{C} = 28^\circ\text{C}$  oder  $P = 99\text{ kW} \pm 5\text{ kW} = (99 \pm 5)\text{ kW}$ .

Weitere zu beachtende Punkte sind:

- Das Minuszeichen entspricht *nicht* dem Trennstrich, sodass auch einzelne negative Zahlen im Mathematikmodus gesetzt werden sollten: `-$-3$` (-3) statt `-3` (-3).
- Prozent- und Promilleangaben werden mit einem `\thinspace` (`\,`) gesetzt: `12%` und `1,4%` (`12\%`, `\%` und `$1\{,}4\%`, `\mbox{\textperthousand}`).
- Mathematische Produkte können als `ab`, `a b`, `a · b` oder `a × b` geschrieben werden, wobei der Multiplikationspunkt (`\cdot`) nicht verwendet werden soll, wenn bei Dezimalzahlen der ganzzahlige Teil ebenfalls mit einem Punkt abgetrennt wird. Zahlen, die kleiner als Null sind, sollten immer mit einer Null vor dem Dezimaltrennzeichen beginnen: `-0.001`. In englischsprachigen Veröffentlichungen ist ausschließlich `\times` zu benutzen, wenn es sich um die Multiplikation von Maßzahlen oder Maßzahlen mit zugehörigen Maßeinheiten handelt: `35 cm × 48 cm`. Dagegen werden die Maßeinheiten bei Bedarf durch `\cdot` voneinander getrennt:  $F = \frac{C}{V} = \text{m}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^4 \cdot \text{A}^2$  (Thompson und B. N. Taylor 2008)
- Zahlenkolonnen können zur besseren Lesbarkeit von rechts beginnend in Dreiergruppen unterteilt werden, indem ebenfalls `\thinspace` (`\,`) eingefügt wird: `1234567890` versus `1 234 567 890`.
- Treten in einem Ausdruck verschiedene Indizes mit gleichzeitigem Exponenten auf, so muss bei Variablen, wo der Exponent fehlt, dieser formal durch `^{\}` erzeugt werden, um gleiche Tiefen bei den Indizes zu erhalten. Man vergleiche den Ausdruck `a_i^2 b_j c_k^2` mit `a_i^2 b_j c_k^2` (`$a_i^2 b_j^{\} c_k^2$`).
- Standardmäßig ist der Punkt als Dezimaltrenner definiert. Schreibt man den Ausdruck `1.11` mit dem Komma anstelle des Punktes, stimmen die Abstände nicht mehr: `1, 11`. Dies kann korrigiert werden, indem das Komma geklammert wird: `1,11` (`$1\{,}11$`, siehe auch Abschnitt 4.8.3 auf Seite 55).
- Sehr lange Brüche führen meistens platzmäßig zu Problemen, was bei der folgenden Gleichung offensichtlich ist; die Gleichungsnummer passt nicht mehr in die aktuelle Gleichungszeile.

$$B(r, \phi, \lambda) = \frac{\sum_{n=2}^{\infty} \left( \left( \frac{R_e}{r} \right)^n J_n P_n(s\phi) + \sum_{m=1}^n \left( \frac{R_e}{r} \right)^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(s\phi) \right)}{\sqrt{\sin^2 m\lambda + \frac{1}{2}}} \quad (1.1)$$

In solchen Fällen sollte man eine Division in eine Multiplikation umwandeln und dann den Ausdruck auf zwei Zeilen verteilen. Dazu bieten sich immer mehrere Möglichkeiten an. In diesem Beispiel wird die Umgebung `multline` (siehe auch Abschnitt 6.3.2 auf Seite 97) aus dem Paket `amsmath` verwendet, welche die erste Zeile linksbündig und die zweite (beziehungsweise die letzte) rechtsbündig setzt.

Dabei kommt die Gleichungsnummer rechts neben die letzte Zeile. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dass diese selbst nicht breiter als die Zeile ist:

$$B(r, \phi, \lambda) = \left( \sin^2 m\lambda + \frac{1}{2} \right)^{-1/2} \cdot \left[ \sum_{n=2}^{\infty} \left( \left( \frac{R_e}{r} \right)^n J_n P_n(s\phi) + \sum_{m=1}^n \left( \frac{R_e}{r} \right)^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(s\phi) \right) \right] \quad (1.2)$$

```
\begin{multline}
B(r, \phi, \lambda) = \left( \sin^2 m\lambda + \frac{1}{2} \right)^{-1/2} \cdot \left[ \sum_{n=2}^{\infty} \left( \left( \frac{R_e}{r} \right)^n J_n P_n(s\phi) + \sum_{m=1}^n \left( \frac{R_e}{r} \right)^n (C_{nm} \cos m\lambda + S_{nm} \sin m\lambda) P_{nm}(s\phi) \right) \right]
\end{multline}
```

## Mathematik im Zeilenmodus mit Standard-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

2.1 Einführung. . . . .	9
2.2 Der Zeilenmodus. . . . .	9
2.3 Beispiele für den Zeilenmodus. . . . .	16

### 2.1 Einführung

Unter dem so genannten Zeilenmodus versteht man das Einfügen von mathematischen Elementen in die laufende Zeile. In den folgenden Abschnitten werden diejenigen Makros beschrieben, die bereits durch die Verwendung von L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ohne zusätzliche Pakete zur Verfügung stehen. Die meisten von ihnen behalten ihre Funktionalität auch bei Verwendung der diversen Zusatzpakete (siehe Kapitel 9 auf Seite 171). Zuerst sollen jedoch einige typografisch wichtige Dinge im Zusammenhang mit dem Zeilenmodus angesprochen werden, denn hier sind einige wichtige Dinge zu beachten.

### 2.2 Der Zeilenmodus

Beim Zeilenmodus, der auch als »inline mode« bezeichnet wird, handelt es sich um das Einfügen mathematischer Elemente in die laufende Zeile, wie in diesem Beispiel:

$f(x) = \int_a^b \frac{\sin x}{x} dx$ . Dabei gibt es formal keine Beschränkung hinsichtlich des Inhalts und der Größe, sodass es hier zu einem zweifelhaften Layout kommen kann, wenn man

beispielsweise eine Matrix in einer Zeile anordnet:  $\underline{A} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix}$ . Lässt sich dies

aus inhaltlichen Gründen nicht vermeiden, so sollte man die `smallmatrix`-Umgebung

aus dem `amsmath`-Paket vorziehen (siehe Abschnitt 6.3.5 auf Seite 103):  $\underline{A} = \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix}$ . Eine weitere, meist bessere Alternative ist die Anwendung einer abgesetzten Formel, welche ausführlich im Abschnitt 3 auf Seite 17 beschrieben wird. Der Zeilenmodus kann durch drei verschiedene Umgebungen aktiviert werden:

$$\sum_{i=1}^n i = \frac{1}{2} n \cdot (n+1)$$

$$\sum_{i=1}^n i = \frac{1}{2} n \cdot (n+1)$$

$$\sum_{i=1}^n i = \frac{1}{2} n \cdot (n+1)$$

```
\(\sum_{i=1}^n i = \frac{1}{2} n \cdot (n+1) \)
```

```
$ \sum_{i=1}^n i = \frac{1}{2} n \cdot (n+1) $
```

```
\begin{math}
  \sum_{i=1}^n i = \frac{1}{2} n \cdot (n+1)
\end{math}
```

02-02-1

Der Unterschied liegt dabei im Detail und ist für neuere L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Versionen (ab 2015) nicht weiter von Interesse. In der Regel wird man die Notation `$...$` finden, da sie einfach schneller auf der Tastatur einzugeben ist.

## 2.2.1 Integrationsgrenzen

Um die Zeilenhöhe zu reduzieren, werden im Zeilenmodus die Integrationsgrenzen (`\limits`) im Allgemeinen nur als Index, beziehungsweise im so genannten »Superscript«- oder »Subscript«-Modus gesetzt und Brüche (`\frac`) werden grundsätzlich im Schriftstil (`\scriptstyle`) gesetzt (siehe dazu auch Abschnitt 4.9 auf Seite 59). In beiden Fällen ist dies sinnvoll, denn nur so kann der Ausdruck  $\int_1^\infty \frac{1}{x^2} dx = 1$  innerhalb der normalen Zeilenschaltung angemessen angeordnet werden. Dennoch lässt sich die Anordnung der Integrationsgrenzen mit dem `\limits`-Makro ändern, welches unmittelbar einem mathematischen Operator folgen muss. Ansonsten würde L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X eine Fehlermeldung ausgeben.

$$\text{Text } \int_1^\infty \frac{1}{x^2} dx = 1 \text{ mehr Text}$$

```
Text $ \int\limits_1^{\infty} \frac{1}{x^2} \, \mathrm{d}x = 1 $
mehr Text
```

02-02-2

Auch hier hat dies wieder negative Auswirkungen auf die Zeilenhöhe, was im Allgemeinen vermieden werden sollte, denn in typografischer Hinsicht ist dies kein Gewinn für das äußere Erscheinungsbild des Dokuments. Dies trifft besonders dann zu, wenn man mehrfache Grenzen hat, worauf in den Abschnitten 4.3 auf Seite 38 und 6.12 auf Seite 116 eingegangen wird.

## 2.2.2 Brüche

Im vorhergehenden Abschnitt wurde bereits darauf hingewiesen, dass Brüche innerhalb einer Textzeile standardmäßig in dem Schriftstil `\scriptstyle` gesetzt werden. Tabelle 4.6 auf Seite 59 zeigt die möglichen mathematischen Stile. Die etwas kleinere Wahl der

Schriftgröße für  $y = \frac{a}{b+1}$  ( $y = \frac{a}{b+1}$ ) ergibt eine bessere Zeilenschaltung, was aber durchaus unerwünscht sein kann, wenn Zähler oder Nenner des Bruches wichtige Dinge beschreiben, die es gilt hervorzuheben. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Schriftgröße zu verändern:

1. Anwenden einer abgesetzten Formel anstelle des Zeilenmodus, was immer die beste Variante ist. Dafür ist im Allgemeinen automatisch ein etwas größerer Schriftstil vorgesehen.
2. Verändern des Schriftstils durch das `\displaystyle`-Makro, welches den Bruch  $y = \frac{a}{b+1}$  zwar jetzt »lesbarer« erscheinen lässt, aber wieder das mehrfach angesprochene Problem des Zeilenabstandes aufweist.

02-02-3

Text  $y = \frac{a}{b+1} = \frac{a}{b+1}$  Text

Text  $y = \frac{a}{b+1} = \frac{a}{b+1}$  Text

Alternativ kann auch das `\dfraction`-Makro aus dem Paket `amsmath` angewendet werden (siehe Abschnitt 6.7 auf Seite 107), welches standardmäßig auf den größeren Schriftstil umschaltet.

### 2.2.3 Mathematische Ausdrücke in `\part`, `\chapter`, `\section` u. a. Überschriften, wie $f(x) = \prod_{i=1}^n \left(i - \frac{1}{2i}\right)$

Sämtliche Makros, die an andere Makros weitergereicht werden, wie beispielsweise für das Inhaltsverzeichnis, den Index oder die Kopfzeilen, müssen robust, beziehungsweise unzerbrechlich sein. Dies bedeutet, dass die Makros in ihrer Struktur erhalten bleiben und nicht durch L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X expandiert (zerlegt) werden, bevor sie an das übergeordnete Makro weitergereicht oder im Falle des Inhaltsverzeichnisses (`\tableofcontents`) im Originalzustand in die so genannte `.toc`-Datei geschrieben werden.

Möchte man mathematische Elemente in eine Kapitel- oder Abschnittsüberschrift einfügen, ist die Anwendung der `$`-Umgebung oder für ältere L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Versionen (vor 2015) alternativ ein vorangestelltes `\protect` zwingend. Der Quellcode für die Überschrift zu diesem Abschnitt lautet:

```
\providecommand*\Lcs[1]{\texttt{\textbackslash#1}}
\subsection[Mathematik in Überschriften]{Mathematische Ausdrücke in \Lcs{part},
\Lcs{chapter}, \Lcs{section} u.\,a. Überschriften, wie \boldmath
$f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)$}
Normaler Text und Mathe: $f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)$
```

02-02-4

### 2.2.3 Mathematische Ausdrücke in `\part`, `\chapter`, `\section` u. a. Überschriften, wie $f(x) = \prod_{i=1}^n \left(i - \frac{1}{2i}\right)$

Normaler Text und Mathe:  $f(x) = \prod_{i=1}^n \left(i - \frac{1}{2i}\right)$

Das optionale Argument wurde hier benutzt, um eine sinnvolle Kurzform für das Inhaltsverzeichnis zu erhalten, denn die folgenden Formeln haben dort keinen informellen

Wert. Für Überschriften ist zu beachten, dass die mathematischen Elemente in der Regel nicht in Fettschrift gesetzt werden, da das für Text gültige `\bfseries` nicht für den Mathematikteil wirksam ist. In Abschnitt 4.18 auf Seite 70 wird gezeigt, wie dies einheitlich geschehen kann.

Im Zusammenhang mit PDF-Dokumenten kann der mathematische Modus grundsätzlich Probleme bereiten, wenn Bookmarks verwendet werden, denn für diese ist nur reiner Text möglich. Mathematische Symbole werden nicht gedruckt oder in Textform interpretiert. Abbildung 2.1 auf der nächsten Seite zeigt dies sehr deutlich; die Intervallgrenzen werden beim Bookmark als normale Textzeichen interpretiert und sind daher missverständlich. Abhilfe schafft hier das Makro `\texorpdfstring` aus dem `hyperref`-Paket, welches zwei Argumente erwartet, eines für die T<sub>E</sub>X-Ausgabe und eines für die Bookmarks der PDF-Ausgabe. Die Syntax ist einfach:

*hyperref*

```
\texorpdfstring{TEX-Ausgabe}{PDF-Ausgabe}
```

So ist es möglich, für die Bookmarks nur normale Zeichen zu verwenden und für die Überschrift die L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-spezifischen:

```
\usepackage[linktocpage,colorlinks]{hyperref}

\tableofcontents
\section{Das \texorpdfstring{Integral $ \int_a^b \sin(x)\mathrm{d}x $}{Sinus-Integral}}
\subsection{\texorpdfstring{$\sqrt{x_1^2+x_2^2}$}{\sqrt{x_1^2+x_2^2}}}
```

**Inhaltsverzeichnis**

02-02-5

1 Das Integral  $\int_a^b \sin(x)dx$  . . . . . 6

1.1  $\sqrt{x_1^2 + x_2^2}$  . . . . . 6

**1 Das Integral  $\int_a^b \sin(x)dx$**

**1.1  $\sqrt{x_1^2 + x_2^2}$**

Einen Screenshot der entsprechenden PDF-Ausgabe bei einer Betrachtung mit dem Adobe Reader zeigt Abbildung 2.2 auf der nächsten Seite, während die folgende Abbildung 2.1 die fehlerhafte Ausgabe ohne Anwendung von `\texorpdfstring` zeigt.

**2.2.4 Rahmen**

Das bekannte L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Makro `\fbox` unterscheidet bei seinem Argument nicht zwischen dem Text- und dem Mathematikmodus, sodass es auch zum Umrahmen von mathematischen Ausdrücken benutzt werden kann:

$$f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right)$$

```
\fbox{$f(x)=\prod_{i=1}^n
\left(i-\frac{1}{2i}\right)$}
```

02-02-6

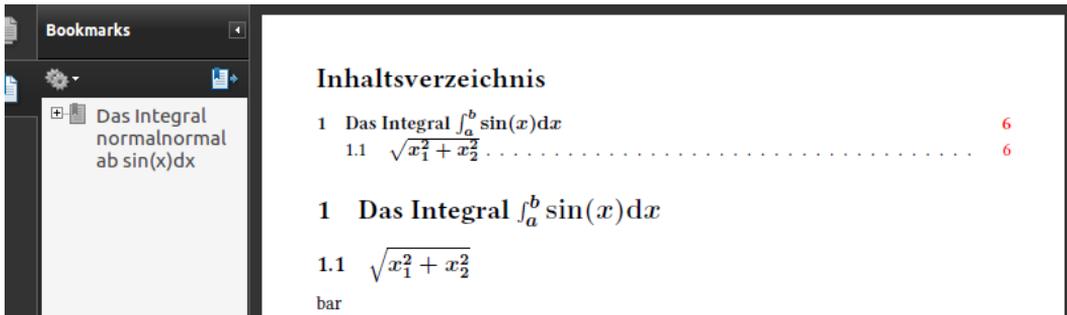


Abbildung 2.1: Zusammenhang zwischen dem mathematischen Modus in Überschriften und Bookmarks für PDF-Dokumente.

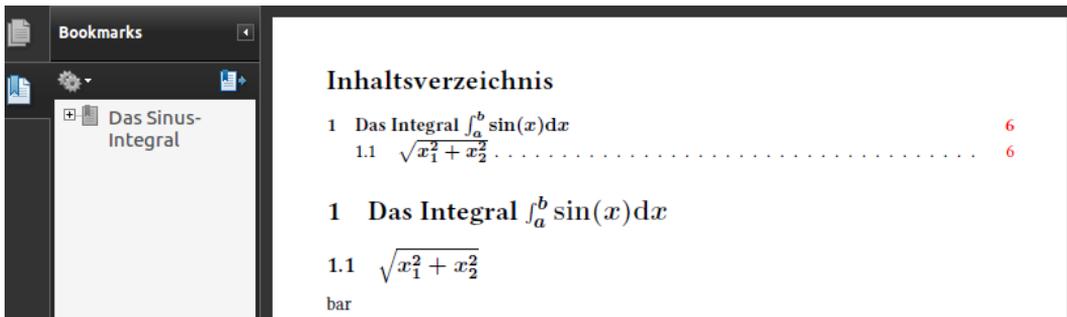


Abbildung 2.2: Unterschiedliche Bookmarks und Überschriften durch Anwendung des Makros `\texorpdfstring`.

Implizite Parameter sind der innere Boxabstand (`\fboxsep`) und die Dicke der Rahmenlinie (`\fboxrule`), mit den standardmäßigen Werten 3 pt beziehungsweise 0.4 pt. Änderungen sind jederzeit möglich und können durch Klammerung auch lokal gehalten werden, sodass die globalen Einstellungen weiterhin gelten:

```
{\setlength\fboxsep{10pt}% lokal halten
\fbox{$f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)$} und
{\setlength\fboxrule{1.5pt}
\fbox{$f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)$}}
```

02-02-7

$$f(x) = \prod_{i=1}^n \left(i - \frac{1}{2i}\right) \quad \text{und} \quad f(x) = \prod_{i=1}^n \left(i - \frac{1}{2i}\right)$$

Gleiches ist auch mit den beiden Makros `\colorbox` und `\fcolorbox` möglich, wobei hier nur die Angaben zu den Farben hinzukommen:

```
\colorbox{Hintergrundfarbe}{Inhalt}
\fcolorbox{Rahmenfarbe}{Hintergrundfarbe}{Inhalt}
```

```
\usepackage{xcolor}
{ \setlength\fbboxsep{10pt}%
  \colorbox{yellow}{\$f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)$} } und
{ \setlength\fbboxrule{1.5pt}%
  \colorbox{cyan}{\$f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)$} }
```

$$f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right) \quad \text{und} \quad f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right)$$

02-02-8

```
\usepackage{xcolor}
{ \setlength\fbboxsep{10pt}%
  \colorbox{cyan}{yellow}{\$f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)$} } und
  \colorbox{cyan}{gray}{\$f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)$}
```

$$f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right) \quad \text{und} \quad f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right)$$

02-02-9

## 2.2.5 Zeilenumbruch

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X kann innerhalb des Mathematikmodus nur dann einen Zeilenumbruch einfügen, wenn ein so genanntes Relationssymbol (relation symbol) der Art =, <, >, ... oder ein so genanntes binäres Symbol (binary operation symbol) der Art +, -, ... auftritt und zusätzlich mindestens eines dieser Symbole in der äußersten Gruppenebene vorkommt. Letzteres bedeutet, dass innerhalb von  $\$a+b+c\$$  ein Zeilenumbruch möglich ist, bei  $\$(a+b+c)\$$  aber nicht, denn hier sind durch die geschweiften Klammern die Elemente dazwischen sozusagen eine Gruppenebene tiefer gerutscht.

Standardverhalten beim Umbruch  $f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_i x^i + a_2 x^2 + a_1 x^1 + a_0$

Der gleiche Ausdruck innerhalb einer Gruppe {...}  $f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \dots + a_i x^i + a_2 x^2 + a_1 x^1 + a_0$

Ohne für eine Trennung geeignete Symbole  $f(x) = a_n (a_{n-1} (a_{n-2} (a_{n-3} (a_{n-4} (\dots) \dots) \dots) \dots) \dots)$

Ohne für eine Trennung geeignete Symbole, aber mit manueller Unterteilung der Formel  $f(x) = a_n (a_{n-1} (a_{n-2} (a_{n-3} (a_{n-4} (\dots) \dots) \dots) \dots) \dots)$

Der letzte Fall zeigt bereits eine einfache Möglichkeit, dennoch einen Zeilenumbruch zu erhalten, die Formel wird einfach manuell in zwei voneinander unabhängige Teile zerlegt:  $\$...\$ \$...\$$ . Zwischen diesen kann L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X dann einen normalen Zeilenumbruch vornehmen. Dies muss nicht unbedingt leicht zu realisieren sein, denn in obigem Beispiel müssen die Klammerebenen beachtet werden, da hier mit `\left` und `\right` gearbeitet wurde.



## 2.3 Beispiele für den Zeilenmodus

Tabelle 2.1: Brüche, Reihen und Produkte zur Approximation von  $\pi$ .

<i>Autor</i>	<i>Jahr</i>	<i>Term</i>
Brahe	1570	$\pi \approx \frac{88}{\sqrt{785}}$
Vieta	1592	$\frac{2}{\pi} = \sqrt{\frac{1}{2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1}{2}}}} \cdot \dots$
Wallis		$\frac{\pi}{2} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 6 \dots}{1 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 7 \dots}$
Brouncker	1660	$\frac{\pi}{4} = 1 + \frac{1^2}{2 + \frac{3^2}{2 + \frac{5^2}{2 + \frac{7^2}{2 + \dots}}}}$
Newton	1666	$\pi = \frac{3\sqrt{3}}{4} + 24 \cdot \left( \frac{1}{12} - \frac{1}{5 \cdot 2^5} - \frac{1}{28 \cdot 2^7} - \frac{1}{72 \cdot 2^9} - \dots \right)$
Gregory/Leibniz	1673	$\frac{\pi}{4} = 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \frac{1}{9} - \dots$
Gregory/Sharp	1700	$\frac{\pi}{6} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left( 1 - \frac{1}{3 \cdot 3^1} + \frac{1}{5 \cdot 3^2} - \frac{1}{7 \cdot 3^3} + \dots \right)$
Euler	1750	$\frac{\pi^2}{6} = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + \frac{1}{5^2} + \dots$ $\frac{\pi^2}{8} = \frac{1}{1^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{5^2} + \frac{1}{7^2} + \frac{1}{9^2} + \dots$ $\frac{\pi^2}{12} = \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} + \frac{1}{5^2} - \dots$
Gauß	1830	$\pi = 48 \arctan \frac{1}{18} + 32 \arctan \frac{1}{57} - 20 \arctan \frac{1}{239}$
Ramanujan	1910	$\frac{1}{\pi} = \frac{\sqrt{8}}{9801} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(4n!)(1103 + 26390n)}{(n!)^4 \cdot 396^{4n}}$

## Mathematik im abgesetzten Modus mit Standard-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

3.1 Umgebungen für den abgesetzten Modus . . . . .	17
3.2 Kurzformen für Makros . . . . .	23
3.3 Gleichungsnummern . . . . .	23
3.4 Marken (Label) . . . . .	27
3.5 Rahmen . . . . .	28
3.6 Beispiele für abgesetzte Gleichungen . . . . .	31

Die für den so genannten abgesetzten Modus, auch als »displaymath mode« bezeichnet, vorgesehenen Umgebungen aus dem Standard-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X sind mittlerweile historisch überholt, denn das in Kapitel 6 auf Seite 85 beschriebene `amsmath`-Paket bietet erheblich bessere Umgebungen. Dennoch gibt es genügend Anwender, die auf das Laden dieses Paketes verzichten wollen und stattdessen wie gewohnt die traditionellen Umgebungen nutzen. »Abgesetzt« meint hier, dass die eigentliche Formel nicht Teil der aktuellen Textzeile ist, sondern einen eigenen Absatz darstellt, wodurch sich einige Unterschiede zu den Makros im Zeilenmodus ergeben (vgl. Kapitel 2 auf Seite 9).

### 3.1 Umgebungen für den abgesetzten Modus

#### 3.1.1 Einzeilige Umgebungen

Bei der `\[...\]`-Sequenz handelt es sich um eine *einzeilige*, nicht-nummerierte abgesetzte Formel.

`\[ ... Formel ... \]`

$$f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right)$$

```
\[
f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)
\]
```

03-01-1

*benutzen!* **\$\$...\$\$** Sie bezieht sich auf die für T<sub>E</sub>X gültige Makro-Kombination **\$\$...\$\$**, modifiziert diese jedoch etwas, indem der vertikale Abstand besser beeinflusst wird.<sup>1</sup> Sie ist in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X wie folgt definiert:

```
\DeclareRobustCommand\[%
\relax\ifmmode
\@badmath
\else
\ifvmode
\nointerlineskip
\makebox[.6\linewidth]{}%
\fi
$$$%$$$ BRACE MATCH HACK
\fi
}%
\DeclareRobustCommand\[%
\relax\ifmmode
\ifinner
\@badmath
\else
$$$%$$$ BRACE MATCH HACK
\fi
\else
\@badmath
\fi
\ignorespaces
}%
```

Im Gegensatz dazu hat die Umgebung `equation` eine Gleichungsnummer, die standardmäßig rechtsbündig erscheint:

Eine ganz normale Textzeile vor der bekannten mathematischen Umgebung `equation`.

$$f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right) \quad (3.1)$$

Eine ganz normale Textzeile nach der bekannten mathematischen Umgebung `equation`.

Eine ganz normale Textzeile vor der bekannten mathematischen Umgebung `\texttt{equation}`.

```
%
\begin{equation}
f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)
\end{equation}
%
```

Eine ganz normale Textzeile nach der bekannten mathematischen Umgebung `\texttt{equation}`.

03-01-2

*equation\** Eine Stern-Version existiert nur beim Laden des `amsmath`-Pakets und unterdrückt dann die Ausgabe einer Gleichungsnummer. Standard-L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X kennt keine Sternversion.

<sup>1</sup>Die T<sub>E</sub>X-Syntax ist grundsätzlich zu vermeiden, da sie eine Reihe von Nachteilen aufweist.

<code>\begin{equation}</code>	<code>\begin{displaymath}</code>
...Formel ...	...Formel ...
<code>\end{equation}</code>	<code>\end{displaymath}</code>

03-01-3

Eine ganz normale Textzeile vor der bekannten mathematischen Umgebung `equation`.

$$f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right)$$

Eine ganz normale Textzeile nach der bekannten mathematischen Umgebung `equation`.

```
\usepackage{amsmath}
```

Eine ganz normale Textzeile vor der bekannten mathematischen Umgebung `\texttt{equation}`.

```
%
\begin{equation*}
  f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)
\end{equation*}
```

Eine ganz normale Textzeile nach der bekannten mathematischen Umgebung `\texttt{equation}`.

Zusätzlich gibt es noch die `displaymath`-Umgebung, die prinzipiell identisch zur `\[...\]`-Sequenz ist und im Allgemeinen selten angewendet wird:

03-01-4

Eine ganz normale Textzeile vor der bekannten mathematischen Umgebung `displaymath`.

$$f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right)$$

Eine ganz normale Textzeile nach der bekannten mathematischen Umgebung `displaymath`.

Eine ganz normale Textzeile vor der bekannten mathematischen Umgebung `\texttt{displaymath}`.

```
%
\begin{displaymath}
  f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right)
\end{displaymath}
```

Eine ganz normale Textzeile nach der bekannten mathematischen Umgebung `\texttt{displaymath}`.

### 3.1.2 T<sub>E</sub>Xnisches ...

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X definiert die `equation`-Umgebung anders als die Kurzform `\[...\]`:

```
\def\equation{$$\refstepcounter{equation}}
\def\endequation{\eqno \hbox{\@eqnnum}$$\@ignoretrue}
```

Das unterschiedliche Verhalten wird deutlich, wenn man einmal die folgenden beiden Gleichungen betrachtet:

```
\begin{minipage}[t]{0.49\linewidth}
Die Zeile oberhalb \rlap{\rule{\linewidth}{0.4pt}}der Gleichung.
```

```
\[ f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right) \]
```

```
Die Zeile unterhalb \rlap{\rule{\linewidth}{0.4pt}}der Gleichung.
\end{minipage}\hfill\begin{minipage}[t]{0.49\linewidth}
Die Zeile oberhalb der Gleichung.
```

```
\begin{equation} f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right) \end{equation}
```

Die Zeile unterhalb der Gleichung.

```
\end{minipage}
```

Die Zeile oberhalb der Gleichung. \_\_\_\_\_ Die Zeile oberhalb der Gleichung.

03-01-5

$$f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right) \qquad f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right) \quad (3.2)$$

Die Zeile unterhalb der Gleichung. \_\_\_\_\_ Die Zeile unterhalb der Gleichung.

Es fällt auf, dass die Umgebung `equation` unterschiedliche vertikale Abstände vor und nach der Gleichung hat, was hier primär an den vorhandenen Leerzeilen vor und nach der abgesetzten Formel liegt. Die speziell definierte Kombination `\[...\]` korrigiert dies durch die Anweisung `\nointerlineskip`. Beseitigt man die Leerzeilen vor den abgesetzten Formeln durch ein Kommentarzeichen, so erhält man gleiches Verhalten:

```
\begin{minipage}[t]{0.49\linewidth}
```

Die Zeile oberhalb `\rlap{\rule{\linewidth}{0.4pt}}` der Gleichung.

```
%
```

```
\[ f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right) \]
```

```
%
```

Die Zeile unterhalb `\rlap{\rule{\linewidth}{0.4pt}}` der Gleichung.

```
\end{minipage}\hfill\begin{minipage}[t]{0.49\linewidth}
```

Die Zeile oberhalb der Gleichung.

```
%
```

```
\begin{equation} f(x)=\prod_{i=1}^n\left(i-\frac{1}{2i}\right) \end{equation}
```

```
%
```

Die Zeile unterhalb der Gleichung.

```
\end{minipage}
```

Die Zeile oberhalb der Gleichung. \_\_\_\_\_ Die Zeile oberhalb der Gleichung.

03-01-6

$$f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right) \qquad f(x) = \prod_{i=1}^n \left( i - \frac{1}{2i} \right) \quad (3.3)$$

Die Zeile unterhalb der Gleichung. \_\_\_\_\_ Die Zeile unterhalb der Gleichung.

### Leerzeilen

Leerzeilen vor und nach abgesetzten Formeln sollten grundsätzlich vermieden werden, um ungleiche vertikale Abstände zu vermeiden. Für die optische Strukturierung im Quelltext verwende man das Kommentarzeichen am Anfang einer Leerzeile.

### 3.1.3 Mehrzeilige Umgebungen

Die Umgebung `eqnarray` ist per Definition formal eine Matrix, bestehend aus drei Spalten und frei zu wählender Zeilenzahl. Es handelt sich um eine Umgebung, die man wegen ihrer Mängel nicht mehr anwenden sollte. (Madsen 2006) Aus reinen Kompatibilitätsgründen wird sie hier dennoch kurz behandelt. Außerdem wird die Problematik dabei deutlich, sodass man gleich auf diese Umgebung verzichten wird. Alternative und bessere

*eqnarray  
nicht  
benutzen!*

Umgebungen hält das `amsmath`-Paket bereit, wie sie in Kapitel 6 auf Seite 85 ausführlich beschrieben werden. Die Syntax dieser Umgebung ist:

```
\begin{eqnarray}
...& ...& ...\\
...\\
...& ...& ...
\end{eqnarray}
```

Prinzipiell handelt es sich um eine Umgebung `array` mit der Spaltenanordnung `rcl`, was für »rechts – zentriert – links« steht. Diese Anordnung kann nur durch eine Neudefinition der Umgebung geändert werden. Zusätzlich wird die mittlere Spalte nicht im normalen mathematischen Stil, sondern im so genannten `\scriptstyle` gesetzt. Dies entspricht einer etwas kleineren Schriftgröße (siehe auch Abschnitt 4.9 auf Seite 59), was bei Anwendung der `eqnarray` unbedingt beachtet werden muss:<sup>2</sup>

```
\begin{eqnarray}
\text{trm}{rechtsbündig} & \text{trm}{mittig} & \text{trm}{linksbündig} \\ \label{eq:eqnarray} \\
\frac{1}{\sqrt{n}} & \frac{\sqrt{n}}{n} & \frac{n}{n\sqrt{n}} \\
\end{eqnarray}
```

03-01-7

rechtsbündig    mittig    linksbündig (3.4)

$$\frac{1}{\sqrt{n}} \quad \frac{\sqrt{n}}{n} \quad \frac{n}{n\sqrt{n}} \quad (3.5)$$

Wie man an den vorstehenden Gleichungen leicht erkennt, wird jede Zeile der `eqnarray`-Umgebung mit einer Gleichungsnummer versehen; bei vier Zeilen gibt es demnach vier fortlaufende Gleichungsnummern, die standardmäßig rechtsbündig und für die `book`-Klasse im Format »Kapitelnummer . fortlaufende Nummer« gesetzt werden. Wie man diese Formatierung ändern kann, wird später behandelt werden.

03-01-8

$$y = d \quad (3.6)$$

$$y = cx + d \quad (3.7)$$

$$y = bx^2 + cx + d \quad (3.8)$$

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (3.9)$$

Gl. 3.6 und 3.9 sind mit einem Label versehen, sodass man im Text entsprechende Referenzen setzen kann.

```
\begin{eqnarray}
y & = & d & \label{eq:2} \\
y & = & cx+d \\
y & = & bx^2+cx+d \\
y & = & ax^3+bx^2+cx+d \label{eq:5} \\
\end{eqnarray}
```

Gl. `\ref{eq:2}` und `\ref{eq:5}` sind mit einem Label versehen, sodass man im Text entsprechende Referenzen setzen kann.

Bereits hier wird das zweifelhafte Layout der `eqnarray`-Umgebung deutlich; der Freiraum vor und nach dem Gleichheitszeichen erscheint viel zu groß. Die Label sind grundsätzlich

<sup>2</sup>In dem Beispiel 03-01-7 wird `\text{trm}` verwendet, um Umlaute zu erhalten, denn `\mathrm` verwendet den mathematischen Zeichensatz für aufrechte Buchstaben, der in der Regel keine Umlaute enthält: `\mathrm{über}` → ber. Grundsätzlich sollte jedoch `\mathrm` angewendet werden. Bei Anwendung des Paketes `unicode-math` sollte `\mathup` benutzt werden.

frei wählbar, sollten jedoch als reine Vorsichtsmaßnahme keine der T<sub>E</sub>X-spezifischen Sonderzeichen<sup>3</sup> enthalten.

Alle Gleichungsnummern können komplett mit der Sternvariante eqnarray\* verhindert werden. Entsprechende Label sind dann natürlich sinnlos, da in diesem Fall intern kein Zähler geführt wird, auf den L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Bezug nehmen kann. So misslingt jetzt im Beispiel 03-01-9 der Hinweis mit \ref{eq:3} auf die nichtnummerierte Gleichung. Es wird stattdessen auf die nächstfolgende nummerierte Gleichung verwiesen, obwohl diese mit keinem Label versehen wurde. L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X bezieht sich intern einfach auf den aktuellen Wert des Gleichungszählers und überprüft nicht, ob dies auch für die aktuelle Gleichung korrekt ist.

$y = d$ $y = cx + d$ $y = bx^2 + cx + d$ $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$	<pre> \begin{eqnarray*} y &amp; = &amp; d \quad \backslash\label{eq:3}\backslash y &amp; = &amp; cx+d \quad \backslash\backslash y &amp; = &amp; bx^2+cx+d \quad \backslash\backslash y &amp; = &amp; ax^3+bx^2+cx+d \end{eqnarray*} Wie Gl.~\ref{eq:3} zeigt \ldots \begin{eqnarray} y &amp; = &amp; x^4 \end{eqnarray} </pre>	03-01-9
---	---	---------

Wie Gl. 3.10 zeigt ...

$$y = x^4 \quad (3.10)$$

Einzelne Zeilen können mit dem Makro \nonumber von der Nummerierung ausgenommen werden, wobei das Makro unbedingt vor dem Zeilenende erscheinen muss.

$y = d \quad (3.10)$ $y = cx + d$ $y = bx^2 + cx + d$ $y = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (3.11)$	<pre> \begin{eqnarray} y &amp; = &amp; d \quad \backslash\backslash y &amp; = &amp; cx+d \quad \backslash\nonumber \backslash\backslash y &amp; = &amp; bx^2+cx+d \backslash\nonumber \backslash\backslash y &amp; = &amp; ax^3+bx^2+cx+d \end{eqnarray} </pre>	03-01-10
---	---	----------

Die Änderung des horizontalen Zwischenraums kann durch Modifikation der Länge \arraycolsep vorgenommen werden, sodass die äußere Form dann ansprechender ist. Standardmäßig ist dieser Wert mit 5 pt vorgegeben.

$f(x) = \int \frac{\sin x}{x} dx$	<pre> \begin{eqnarray*} f(x) &amp; = &amp; \int \frac{\sin x}{x} dx \backslash,\mathrm{d}x \end{eqnarray*} </pre>	03-01-11
$f(x) = \int \frac{\sin x}{x} dx$	<pre> \setlength\arraycolsep{1.4pt} \begin{eqnarray*} f(x) &amp; = &amp; \int \frac{\sin x}{x} dx \backslash,\mathrm{d}x \end{eqnarray*} </pre>	

<sup>3</sup>L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X kennt insgesamt 10 Sonderzeichen, denen im laufenden Text eine besondere Bedeutung zukommt: { } # & \_ % \$ \ ^ ~. Bei einer Verwendung im normalen Text müssen diese »maskiert« werden, in der Regel durch einen vorangestellten Backslash, wie bei \{→{. Für andere, die Akzente darstellen, existiert jeweils ein eigenes Makro: \textasciicircum→^, \textasciitilde→~.