

# SMath Studio Handbuch

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska  
[kraska@fh-brandenburg.de](mailto:kraska@fh-brandenburg.de)

10. Februar 2014

Fachhochschule Brandenburg

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1	Was ist SMath Studio? . . . . .	8
1.2	Funktionsüberblick . . . . .	9
1.3	SMath im Internet . . . . .	10
1.3.1	SMath Forum . . . . .	10
1.3.2	Seiten von SMath Anwendern . . . . .	11
1.4	SMath unter Linux . . . . .	11
1.5	Alternativen . . . . .	11
<b>2</b>	<b>Erste Schritte</b>	<b>15</b>
2.1	Download und Installation . . . . .	15
2.2	Einstellungen . . . . .	15
2.3	Speichern und Rückgängig machen . . . . .	16
2.4	SMath als Taschenrechner . . . . .	16
2.5	Bezeichner . . . . .	17
2.6	Ergebnisdarstellung und Runden . . . . .	18
2.7	Kopieren und Verschieben . . . . .	19
2.8	Textbereiche . . . . .	20
2.9	Bilder einfügen . . . . .	21
2.10	Vektoren und Matrizen . . . . .	21
2.11	Diagramme . . . . .	25
2.12	Etwas Programmierung . . . . .	26
2.13	Überlebensregeln . . . . .	27
<b>3</b>	<b>Programmbedienung</b>	<b>29</b>
3.1	Benutzeroberfläche . . . . .	29
3.1.1	Titelzeile . . . . .	30
3.1.2	Hauptmenü . . . . .	30
3.1.3	Werkzeugleiste . . . . .	35
3.1.4	Seitenleiste . . . . .	35
3.1.5	Statuszeile . . . . .	36
3.2	Das Rechenblatt . . . . .	36
3.3	Dynamische Auswahl . . . . .	37
3.4	Formelbereich . . . . .	38
3.4.1	Markieren in Formelbereichen . . . . .	38
3.4.2	Größe von Matrizen, Anweisungsblöcken und Listen ändern . . . . .	38
3.4.3	Griechische Buchstaben . . . . .	39
3.4.4	Maßeinheiten . . . . .	39
3.4.5	Funktionen . . . . .	40
3.4.6	Internes Format . . . . .	41
3.5	Textbereich . . . . .	41
3.5.1	Zeilenumbruch . . . . .	42

3.6	Diagrammbereich	42
3.7	Bereiche aus externen Plugins	42
3.8	Beschreibungstexte	44
3.9	Trennlinien und Blattbereiche	45
3.10	Mehrsprachige Arbeitsblätter	46
3.11	Einstellungen	47
3.11.1	Dialog „Blatteinstellungen“	47
3.11.1.1	Platzhalter für die Kopf- und Fußzeile:	48
3.11.1.2	Weitere Optionen:	48
3.11.2	Dialog „Datei Eigenschaften“	48
3.11.2.1	Einstellungsseite „Zusammenfassung“	48
3.11.2.2	Einstellungsseite „Dateiattribute“	49
3.11.3	Dialog „Einstellungen“	50
3.11.3.1	Einstellungsseite „Interface“	50
3.11.3.2	Einstellungsseite „Berechnung“	51
3.12	Die Zwischenablage	52
3.12.1	Aus SMath in die Zwischenablage kopieren	52
3.12.2	Übernahme von Ausdrücken in Forumbeiträge	52
3.12.3	Einfügen aus der Zwischenablage	53
3.13	Verzeichnisse	53
3.14	Import/Export	56
3.14.1	Schreiben und Lesen von XLSX- und ODS-Tabellen	58
3.14.2	Speichern als Xe $\LaTeX$	59
3.14.3	Speichern als OpenDocument Text	60
3.14.4	Snapshot-Bereich für Bildschirmfotos (Screenshots)	61
3.15	Tastenbelegung	63
<b>4</b>	<b>Mathematik</b>	<b>66</b>
4.1	Begriffe	66
4.2	Arithmetik - Rechnen mit Zahlen	66
4.3	Symbolisches Rechnen mit Variablen	68
4.3.1	Datentypen	70
4.3.2	Operatoren	71
4.3.3	Variablen löschen	73
4.3.4	Automatische Multiplikation	74
4.3.5	Vorsicht mit symbolischer Auswertung!	74
4.4	Format der Ergebnisanzeige	76
4.4.1	Darstellung von Dezimalzahlen	77
4.4.2	Abtrennen eines Faktors (Zehnerpotenz, Konstante, Maßeinheit)	78
4.4.3	Prozentrechnung	79
4.5	Funktionen	80
4.5.1	Winkelfunktionen	80
4.5.2	Logische und Vergleichsoperationen	82
4.6	Komplexe Zahlen	83
4.7	Integrale	84
4.7.1	Integrale stückweise stetiger Funktionen	84
4.7.2	Integrale mit variablen Grenzen	85
4.7.3	Integrale über Größen mit Maßeinheiten	86

4.8	Matrizen und Vektoren	86
4.8.1	Der SMatMatrixEditor	88
4.8.2	Funktionen zur Erzeugung von Matrizen und Vektoren	88
4.8.3	Rechnen mit Matrizen	88
4.8.4	Manipulation von Matrizen	91
4.8.5	Funktionen auf Vektor- oder Matrixelemente anwenden	94
4.8.6	Summen und Produkte	95
4.8.7	Matrizen aus Dateien einlesen oder in Dateien schreiben	96
4.8.8	Vektor- und Tensorrechnung in kartesischen Koordinaten	97
4.9	Listen	99
4.9.1	Listenobjekte erzeugen	99
4.9.2	Rechnen mit Listen	101
4.9.3	Listenfunktionen im Plugin Custom Functions	101
4.10	Gleichungslösung	102
4.10.1	Symbolische Lösungen mit Solve()	102
4.10.1.1	Anwendungsbeispiel: Lineares System	104
4.10.1.2	Anwendungsbeispiel: Nichtlineares System	105
4.10.2	Numerische Lösung mit Startwerten: FindRoot()	107
4.10.3	Numerische Lösung mit vorgegebenem Intervall: Bisection()	108
4.10.4	Lösungen mit solve() und roots()	109
4.11	Gewöhnliche Differenzialgleichungen	112
4.12	Statistik	112
4.12.1	Deskriptive Statistik	113
4.12.2	Spezielle Funktionen	113
4.12.3	Verteilungen	114
<b>5</b>	<b>Grafik</b>	<b>115</b>
5.1	2D-Diagramme (Standard)	115
5.1.1	Funktionen	116
5.1.2	Polygonzüge	116
5.1.3	Text	117
5.1.4	Farben	117
5.1.5	Achsengrenzen ändern	119
5.1.6	Animationen steuern	119
5.1.7	3D-Diagramme (Standard)	120
5.1.7.1	3D-Diagrammbereich erzeugen	120
5.1.7.2	Darstellbare Objekte	121
5.1.7.3	Navigation im 3D-Diagrammfenster	122
5.2	X-Y Plot (erweiterte 2D-Diagrammfunktion)	122
5.2.1	X-Y Plot einfügen	123
5.2.2	Implizite Funktionen	124
5.2.3	Mausfunktionen im X-Y Plot	125
5.3	Ebene Polygone	125
5.3.1	Polygon-Objekte erzeugen	126
5.3.2	Polygon-Objekte darstellen	127
5.3.3	Polygon-Operationen	127
5.3.4	Polygon-Objekte lesen und schreiben	131
<b>6</b>	<b>Maßeinheiten</b>	<b>133</b>
6.1	Definition eigener Maßeinheiten	135

6.2	Vektoren und Matrizen mit Maßeinheiten	135
6.3	Temperatureinheiten	136
6.4	Plotten mit Maßeinheiten	136
6.5	Integration und Gleichungslösen	137
6.6	Funktionen zum Umgang mit Maßeinheiten	137
6.7	Vordefinierte Einheiten und Konstanten	138
<b>7</b>	<b>Programmierung</b>	<b>147</b>
7.1	Benutzerdefinierte Funktionen	147
7.1.1	Funktionen als Argumente	147
7.1.2	Symbolische/Numerische Optimierung, Verwendung von <code>eval()</code> :	148
7.2	Schleifen	149
7.3	Fehlersuche	152
7.4	Funktionen für Zeichenketten	152
7.5	Code-Bausteine	155
7.5.1	Erstellung von Bausteinen	156
7.5.2	Verwendung von Bausteinen	158
7.5.3	Bausteine im Netz	159
<b>8</b>	<b>Der SMath Viewer</b>	<b>161</b>
8.1	Einführungsbeispiel	161
8.2	Gestaltungsmöglichkeiten	162
8.3	Anwendungshinweise	164
8.3.1	Lizenz	165
8.4	Beispiele im Netz	166
<b>9</b>	<b>SMath mit Maxima</b>	<b>167</b>
9.1	Installation	168
9.1.1	Installation von Maxima	168
9.1.2	Installation des Plugins	169
9.2	Die Maxima-Sitzung	170
9.3	Integrale	171
9.4	Die Funktion <code>Maxima()</code>	173
9.4.1	Maxima-Funktionen für Listen	174
9.5	Differenzialgleichungen	175
9.5.1	Funktion <code>ODE.2()</code>	175
9.6	Matrizen und Vektoren	176
9.6.1	Determinante	176
9.6.2	Eigenwertproblem	176
9.7	Nichtlineare Regression	178
9.8	Diagramme mit <code>plot2D/3D</code>	180
9.8.1	Optionen	180
9.9	Diagramme mit dem Paket <code>draw</code>	181
9.9.1	Achsen und Gitter	183
9.9.2	Einfache Grafikobjekte	184
9.9.3	Darstellung von Wertetabellen	187
9.9.4	Funktionen 2D	191
9.9.5	Funktionen 3D	192
9.9.6	Spezielle Diagrammformen aus anderen Paketen	197
9.9.7	Optionen	197

<b>10 Erweiterungen</b>	<b>201</b>
10.1 Erweiterungsmanager	201
10.2 Plugins	202
10.2.1 3D Plot Region von Viacheslav N. Mezentsev	203
10.2.2 AlgLib-Schnittstelle von Viacheslav N. Mezentsev	204
10.2.3 Custom Functions - Funktionspaket von Davide Carpi	204
10.2.4 Data Exchange von Davide Carpi	206
10.2.5 Excel Collaboration von Andrey Ivashov	206
10.2.6 GPC Wrapper von Davide Carpi	207
10.2.7 Image Region von Viacheslav N. Mezentsev	207
10.2.8 Maple-Schnittstelle von Viacheslav N. Mezentsev	207
10.2.9 Mathcad File Access von Viacheslav N. Mezentsev	208
10.2.10 Non Linear Solvers von Davide Carpi	209
10.2.11 ODE Solvers von Viacheslav N. Mezentsev	211
10.2.12 Statistical Tools von Davide Carpi	212
10.2.13 XLSX Import/Export von Davide Carpi	212
10.2.14 X-Y Plot Region von Viacheslav N. Mezentsev	212
<b>11 Funktionsreferenz</b>	<b>213</b>
11.1 Übersicht	213
11.2 Beschreibung	216
<b>12 Anwendungen</b>	<b>305</b>
12.1 SMath in Berichten und Abschlussarbeiten	305
12.2 Regeln für SMath-Dokumente	305
12.3 Dateninterpolation	306
12.4 Nichtlineare Regression	307
12.5 Pendelschwingungen bei großen Auslenkungen	309
12.6 Lorentz-Attraktor	312
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>313</b>
<b>Index</b>	<b>315</b>

# 1 Einleitung

Dieses Handbuch soll sowohl die Einarbeitung in als auch die Anwendung von SMath unterstützen. Es befindet sich noch im Aufbau, daher sind einige Abschnitte nicht so ausführlich, wie sie sein sollten und einige Themen fehlen auch komplett.

Kapitel 1 ordnet SMath in die Welt der Mathematikprogramme ein und gibt Hinweise zum Leistungsumfang.

Kapitel 2 führt in einer Schritt-für-Schritt-Anleitung durch die Installation und die Bedienung des Programms. Man kann sie in 1-2 Stunden durcharbeiten.

Kapitel 3 beschreibt den Umgang mit der Benutzeroberfläche und dokumentiert die Menüstruktur sowie die Bereichstypen, also Text, Formeln, Diagramme in SMath-Dokumenten (Rechenblättern). Zudem werden die Import- und Export-Möglichkeiten dokumentiert. Das Kapitel enthält auch eine Referenz für die Tastaturbedienung.

Kapitel 4 beschreibt die mathematischen Fähigkeiten von SMath. Hier klaffen noch große Lücken, die mit der Zeit geschlossen werden sollen.

Kapitel 5 dokumentiert die relativ bescheidenen Diagrammfunktionen. Wer da mehr benötigt, sollte sich die Funktionen aus dem Maxima.Plugin (Kapitel 9) anschauen.

Kapitel 6 dokumentiert den Umgang mit Maßeinheiten. Es enthält auch eine Auflistung aller in SMath vordefinierter Maßeinheiten und Konstanten.

Kapitel 7.1 behandelt die Möglichkeiten zur Definition eigener Funktionen und Algorithmen in SMath-Arbeitsblättern. Abschnitt 7.5 zeigt, wie SMath-Programme als Bausteine in anderen Arbeitsblättern verwendet werden können. Der Umgang mit Zeichenketten wird in Abschnitt 7.4 erläutert.

Die an der Fachhochschule Brandenburg entwickelte Maxima-Schnittstelle wird im Kapitel 9 vorgestellt. Die Schnittstelle erweitert SMath Studio um leistungsfähige Computer-Algebra-Funktionen. So ermöglicht sie z.B. die symbolische Integration und Grenzwertberechnung. Zudem erschließt sie die Grafikmöglichkeiten von Gnuplot für den SMath-Anwender.

Kapitel 10 den Erweiterungsmanager und externe Plugins, mit denen der Funktionsumfang von SMath gegenüber der Standardinstallation erweitert werden kann.

Seit der Version 0.96 (Mai 2013) kann SMath Studio selbstständige Anwendungen exportieren, die unter dem Namen SMath Viewer laufen. Kapitel 8 erläutert dies näher.

Kapitel 11 ist eine alphabetische Liste der SMath-Funktionen, einschließlich solcher, die durch Plugins bereitgestellt werden.

Das letzte Kapitel enthält Anwendungsbeispiele und Hinweise zur Verwendung des Programms bei der Dokumentation technischer Berechnungen, darunter auch Mechanik-Aufgaben.

Abgeschlossen wird das Handbuch durch ein Stichwortverzeichnis.

Dieses Handbuch enthält eingebettete Dateien, die Sie normalerweise per Doppelklick mit der passenden Anwendung öffnen können. Voraussetzung ist die korrekte Installation der

jeweiligen Anwendung. In der aktuellen Version (0.95.4594) scheint das nicht zu funktionieren. Sie können aber die Dateien speichern und dann im Dateimanager durch Doppelklick starten.

Mit Kritik und Anregungen können Sie sich gern per email an den Autor wenden: [kraska@fh-brandenburg.de](mailto:kraska@fh-brandenburg.de)

## 1.1 Was ist SMath Studio?

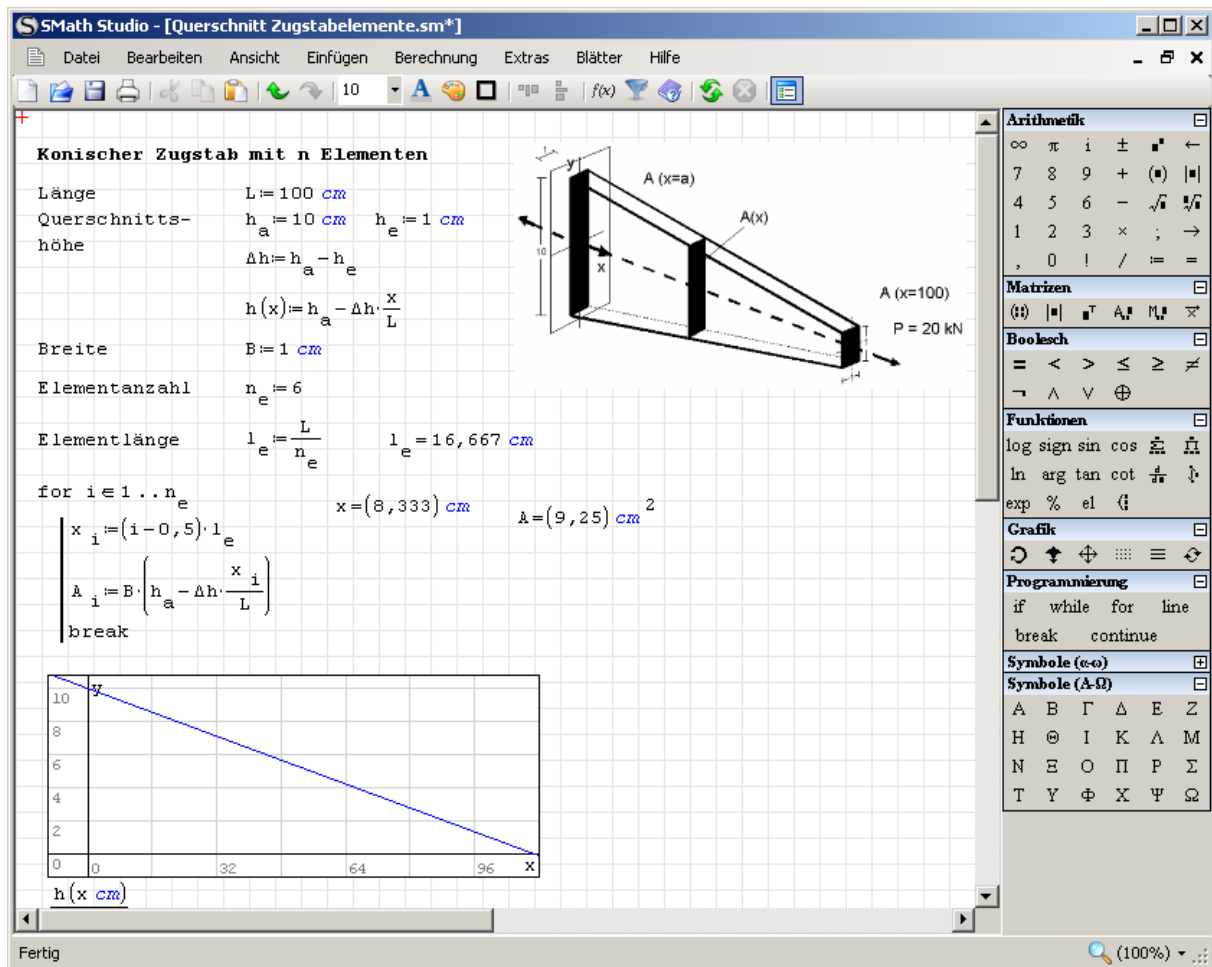


Abbildung 1.1: Benutzeroberfläche von SMath

SMath Studio ist eine kostenlos legal verfügbare Alternative zu Mathcad. Es stellt ein elektronisches Rechenpapier bereit, auf welchem man Formeln, Kommentare und Diagrammbereiche frei plazieren kann. Mit Mathcad teilt SMath die folgenden Vorteile:

- Formelsatz entspricht der gewohnten mathematischen Notation
- Ausgezeichnete Bedienbarkeit mit der Tastatur (schnelles Editieren)
- Leistungsfähiger Umgang mit Maßeinheiten

Einschränkungen gegenüber Mathcad gibt es natürlich:

- Weniger Formatierungsmöglichkeiten (Zahlendarstellung, Kommentartext, Achsen und Linien in Plots)

- Geringere Zuverlässigkeit (gelegentliche Abstürze, unplausibles Verhalten)
- Rudimentäre Dokumentation (das vorliegende Handbuch versucht hier, etwas zu helfen)
- Keine OLE-Einbindung in andere Dokumente
- Keine impliziten Schleifen mit Bereichsvariablen, Schleifen müssen immer explizit geschrieben werden.
- Schwache Editierfunktionen für Matrizen
- Geringerer mathematischer Funktionsumfang

Für ernsthafte produktive Arbeit ist immer Mathcad vorzuziehen, aber auch nicht ganz billig. SMath ist dennoch in der Ingenieurpraxis und im Studium ein sehr hilfreiches Tool für

- Durchführung und Dokumentation analytischer Vergleichslösungen
- Einheitenrechnungen

Das Programm findet sich unter [smath.info](http://smath.info). Es ist nicht quelloffen, aber kostenlos. Entwickler ist der Petersburger Andrey Ivashov.

Die vorliegende Einführung ist noch im Aufbaustadium. Eine sehr ausführliche, allerdings englischsprachige Anleitung findet man unter [Interaktives Rechenblatt zur Einführung in SMath](#).

## 1.2 Funktionsüberblick

- Numerische und symbolische Berechnungen mit reellen und komplexen Zahlen
- Symbolische Differentiation (Ableitungsbildung)
- Numerische Integration (bestimmte Integrale berechnen)
- Viele Berechnungen können mit Maßeinheiten durchgeführt werden.
- Matrizenrechnung (Addition, Multiplikation, Inversion, Determinanten), allerdings keine Eigenwerte und Eigenvektoren).
- Lösen von linearen und nichtlinearen Gleichungen und Gleichungssystemen (Nullstellensuche)
- Einfache 2D-Diagramme mit Animationsfunktion
- Programmierung mit benutzerdefinierten Funktionen, Schleifen und Anweisungsblöcken
- Erweiterbar durch Bausteine (SMath-Funktionen/Programme) oder Plugins (kompilierte Funktionsbibliotheken)
- dynamische Auswahl für das Einfügen von Einheiten, Variablen- und Funktionsnamen sowie Code-Bausteinen
- Eingebautes mathematisches Nachschlagewerk

Sobald Sie mehr als nur die Berechnungsfunktionen von SMath benutzen (z.B. symbolische Rechnung, Programmierung) müssen Sie sehr vorsichtig sein, denn SMath ist noch mitten in der Entwicklung!



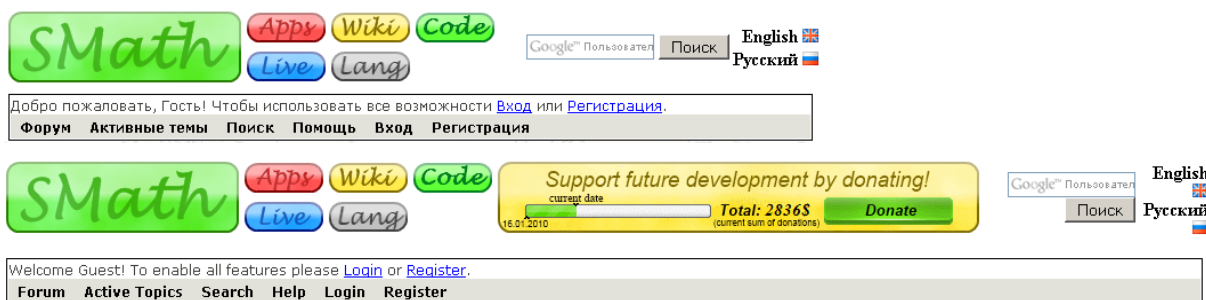
## 1.3 SMath im Internet

Wenn Sie nach dem Programm im Internet suchen, verwenden Sie am besten den Suchbegriff „SMath Studio“, sonst kommen zuviele irrelevante Ergebnisse.

### 1.3.1 SMath Forum

Es gibt zwei Foren für die Benutzergemeinde, ein **englisches** und ein **russisches**. Im englischen Forum können Sie an den Entwickler spenden (*donate*). Da es nur wenige Nutzer gibt, die in beiden Foren aktiv sind, unterscheiden sich die Diskussionen (mitunter auch der Tonfall) sehr stark.

Wenn man selbst Fragen stellen oder anderen helfen will, dann muss man sich registrieren (Angabe der email reicht).



**Apps** Hier findet man die aktuellen Programmversionen zum Download.

**Wiki** Das Wiki ist eine Sammlung von Anleitungen zu einzelnen Themen, die zum Teil über den Inhalt dieser Anleitung hinausgehen. Allerdings ist vieles nicht auf dem neuesten Stand.

**Code** Hier geht es zum SVN-Server, auf dem Quelltext und zum Teil auch kompilierte Versionen externer Plugins liegen. Dieser Bereich ist für Nutzer interessant, die an der Entwicklung mitarbeiten wollen. An den eigentlichen Programmcode kommt man aber nicht heran, denn wie bereits erwähnt, ist SMath kein quelloffenes Programm.

**Live** Die Foren bieten eine Live-Funktion, in der Sie das Programm ohne lokale Installation ausprobieren können. Es gibt allerdings Einschränkungen:

- Das Dezimaltrennzeichen ist der Punkt und das Argumenttrennzeichen in Funktionen ist das Komma. In der vorliegenden Anleitung werden stets das Komma als Dezimaltrenner und das Semikolon als Argumenttrenner verwendet.
- Für die Definition eigener Funktionen, Anweisungsblöcke und Schleifen muss man die internen Namen der entsprechenden Befehle kennen.
- Plotfunktionen stehen nicht zur Verfügung.
- Maßeinheiten funktionieren nicht.
- Textbereiche funktionieren nicht.

**Lang** Hier kommt man in den Bereich der Sprachanpassung. Nutzer können für Texte in der Benutzeroberfläche Vorschläge machen. Dieser Mechanismus macht es möglich, dass SMath in sehr vielen Sprachversionen verfügbar ist. Ein Hilfe- und Dokumentationssystem ist darin aber nicht inbegriffen.

### 1.3.2 Seiten von SMath Anwendern

Hier findet man eine Liste von SMath-Anleitungen in Englisch und Spanisch.

Gilberto Urroz, Utah State University


Inoffizielles russisches Handbuch

## 1.4 SMath unter Linux

SMath ist in identischer Form sowohl unter Windows als auch unter Linux lauffähig. Unter Linux ist **Mono**, eine plattformübergreifende, quelloffene .NET-Umgebung, erforderlich. Auf den meisten Linux-Distributionen muss die aktuellste Version von Mono nachinstalliert werden. Dann kann SMath mit folgender Kommandozeile gestartet werden:

```
mono SMathStudio_Desktop.exe
```

Einige Anwender verpacken dies noch in ein Startskript, welches eventuelle Parameter (zu öffnende Dateien) durchreicht.

Der Autor dieses Handbuchs hat eine **Distribution** mit vielen externen Plugins zusammengestellt, die unter Linux nicht schlechter als die offizielle (im Forum unter  zu findende) Distribution zu funktionieren scheint (nach Aussagen im Forum, nicht selbst getestet). Sie wird einfach in ein beliebiges Verzeichnis entpackt.

Die folgenden Aussagen zu potenziellen Problemen speisen sich aus Forum-Beiträgen.

- Es scheint Kompatibilitätsprobleme des Dateiformats zwischen Windows und Linux zu geben.
  - Unter Windows eingefügte Bilder werden unter Linux nicht angezeigt (**Forum-Beitrag**),
  - Textbereiche werden unterschiedlich formatiert, so dass das Rechenblatt unschön aussieht.
  - Unter Windows erzeugte Dateien mit Bildern und Diagrammbereichen können unter Linux zwar geöffnet und modifiziert, aber nicht gespeichert werden (**Forum Beitrag**).
- Im Plugin *Data Exchange* (Abschnitt 10.2.4) stehen die Funktionen `importData.XLSX()` und `exportData.XLSX()` nicht zur Verfügung (**Forum-Beitrag**). Zudem funktionieren relative Pfade nicht (es muss immer der komplette Dateiname beim Import und Export angegeben werden).
- Unter Umständen gibt es Probleme mit der Maximierung von Fenstern für geöffnete Dateien (**Forum Beitrag**).

## 1.5 Alternativen



**Mathcad:** Das ist das Original, von dem die Entwicklung von SMath Studio inspiriert ist. Die Vollversion ist für 120€ als Studentenversion (unbegrenzte Dauer) und für kommerzielle Anwendung für ca. 1700€ verfügbar (Stand März 2013). Es gibt auch die kostenlose Version Mathcad Express, die auf die Basisfunktionen beschränkt ist. Gegenüber der Vollversion fehlen beispielsweise:

- Programmierfunktionen
- 3D-Diagramme
- Lösungsblöcke
- Symbolische Mathematik
- Viele Funktionsbibliotheken
- Viele numerische Verfahren

Gegenüber SMath Studio ist dabei hauptsächlich das Fehlen der Programmfunktionen ein wirklicher Nachteil. Die anderen Funktionen sind in SMath bislang nicht oder nur rudimentär vorhanden. Die Diagrammfunktionen und der Umgang mit Bereichsvariablen (Variablen mit Indizes) sind in Mathcad Express wesentlich leistungsfähiger.

SMath Studio hat allerdings hinsichtlich der symbolischen Mathematik und der Grafikfunktionen massiv aufgeholt, seit das an der Fachhochschule Brandenburg unter Leitung des Autors entwickelte Maxima-Plugin verfügbar ist.

Hinweis: Der Hersteller PTC jubelt dem Mathcad-Benutzer einen sogenannten „PTC Quality Agent“ unter, der regelmäßig nach Hause telefoniert und unkontrolliert Daten verschickt. Er kann in der Systemsteuerung deinstalliert werden, Mathcad Prime Express funktioniert dann immer noch.



**MathStudio** verfügbar für iOS und OS-X (\$10) und Android (\$16) sowie in als vorübergehend kostenlose Online-Version im Browser (Stand August 2013).

Vorteile:

- Mathematisch leistungsfähiger als SMath (symbolische Integration, wesentlich mehr Funktionen)
- Bessere Plotfunktionen

Nachteile:

- kein 2D Dokumentformat
- keine Einheitenverwaltung

**TI Nspire CAS** Taschenrechner mit Computeralgebrasystem, basierend auf dem nicht mehr erhältlichen Derive. Das System gibt es auch als Software für PCs und als iOS-App.

Vorteile:

- Besserer Funktionsumfang und Reifegrad
- Interaktive Grafik (Geometrie und Diagramme)

Nachteile:

- kein 2D Dokumentformat.



**Maxima** Das beste quelloffene Computeralgebrasystem derzeit.

Vorteile:

- Quelloffen, aktive Benutzer- und Entwicklergemeinschaft
- Besserer Funktionsumfang und Reifegrad

Nachteile: kein 2D Dokumentformat.



**Giac/Xcas** Giac ist eine quelloffene Bibliothek für CAS-Funktionen, Xcas ist eine Benutzeroberfläche dafür. Die Bibliothek ist Grundlage der CAS-Funktionen des Taschenrechners HP50.

Vorteile:

- Quelloffen, aktive Benutzer- und Entwicklergemeinschaft
- Besserer Funktionsumfang und Reifegrad

Nachteile: kein 2D Dokumentformat.

**Miramath** Ein Nachbau von MathCAD, basierend auf numerischen und symbolischen Python-Bibliotheken. Für den Download muss man sich registrieren. Das Programm wurde vom Autor dieser Anleitung nicht getestet. Nur unter Linux verfügbar.

Vorteile:

- 2D Dokumentformat
- Hochwertiger Formelsatz
- Funktionsumfang deutlich größer als bei SMath (symbolische Rechnung, Diagramme)

Nachteile:

- Nicht quelloffen
- Keine Maßeinheitenbehandlung
- Entwicklungsintensität unklar



**LibreOffice mit CompPad**

CompPad ist eine LibreOffice-Erweiterung, die Formeln aktiv auswertet.

Vorteile:

- Direkte Integration in LibreOffice
- Maßeinheitenbehandlung (nicht ganz so leistungsfähig wie in SMath, insbesondere sind Einheitensymbole nicht von Variablen getrennt/unterscheidbar)

Nachteile:

- Plotfunktion funktioniert nicht richtig (Stand Januar 2014)
- Geringer Funktionsumfang
- Minderwertiger Formelsatz



**Microsoft Mathematics:**

Microsoft Mathematics 4.0 gibt es als eigenständige Anwendung und als Add-In für den Formeleditor in Microsoft Word.

Vorteile:

- Nahtlose Integration in Microsoft Word (Add-in)
- umfangreiche symbolische Fähigkeiten
- Umfangreiche Plot-Möglichkeiten

Nachteile:

- keine formelübergreifende Definition von Funktionen und Variablen (Add-In)
- Keine Maßeinheiten in Formeln



**RedCrab:**

RedCrab ist ein Mathematikprogramm, welches ähnlich wie Mathcad und SMath ein 2D Dokumentenformat bietet. Es ist Freeware, jedoch nicht quelloffen und es gibt eine etwas erweiterte Shareware-Version.

Vorteile:

- 2D-Dokumentformat
- Handbuch, Einführungsvideos


Nachteile:

- keine Maßeinheitenverwaltung (Ergebnisse können manuell mit Text ergänzt werden)
- keine CAS-Funktionen

## 2 Erste Schritte

Dieses Kapitel wurde bereits im Unterricht an der Fachhochschule Brandenburg erprobt und kann in ein bis zwei Stunden durchgearbeitet werden.

### 2.1 Download und Installation

Auf der [Forum-Seite für den Download](#) finden Sie einen Topic zum Download der aktuellen Version (0.96.4868 im April 2013). Zudem gibt es sogenannte *nightly builds*, die für den Test durch Anwender gedacht sind. Sie können auch auf der Forum-Seite den Button  anklicken und kommen direkt zur aktuellen Version.

Man findet in der Regel einen Windows-Installer (*msi*) und eine Linux-Version als komprimiertes tar-Archiv (*tar.gz*).

Der Autor dieses Handbuchs hat eine inoffizielle **Distribution** zusammengestellt, die

- unter Windows und Linux lauffähig ist (siehe Abschnitt 1.4)
- die meisten externen Plugins
- einige neue Maßeinheiten,
- einen Matrix-Editor,
- ca. 500 Seiten eines bilingualen (deutsch/englisch) Hilfesystems enthält.

Schritte für die Installation:

- Entpacken Sie die Datei in einem beliebigen Speicherort.
- Erklären Sie die ausführbare Datei *SMathStudio\_Desktop.exe* zum Standardprogramm für *.sm* Dateien.

Im vorliegenden Handbuch wird davon ausgegangen, dass Sie diese Version benutzen.

Zudem wird davon ausgegangen, dass Sie das Computer-Algebra-Programm Maxima installiert und die SMath-Schnittstelle zu Maxima funktioniert. Siehe dazu auch Kapitel 9)

### 2.2 Einstellungen

Die Benutzeroberfläche kann auf 37 verschiedene Sprachen eingestellt werden. Die Standardeinstellung ist Englisch, geändert wird das in

**Hauptmenü> Tools> Options>** Interface language „Deutsch“

(Hauptmenü> Extras> Einstellungen> Sprache)

Die Einstellung wird sofort wirksam. Die vorliegende Anleitung geht von der Spracheinstellung „Deutsch“ aus.

Weitere Einstellungen sind für den Anfang nicht erforderlich. Die Möglichkeiten werden in Abschnitt 3.11 erläutert.

## 2.3 Speichern und Rückgängig machen

SMath speichert Rechenblätter als xml-Dateien mit der Endung .sm. Legen Sie zu Beginn der Arbeit mit **Hauptmenü**> **Datei**> **Speichern unter** den Dateinamen fest und speichern Sie regelmäßig (am bequemsten mit **Strg**-**S**), das heißt: **Strg** und **S** gleichzeitig drücken).

Rückgängig machen per **Strg**-**Z** und Wiederherstellen per **Strg**-**Y** funktionieren in den meisten Fällen, aber maximal bis zum letzten Speicherpunkt.

## 2.4 SMath als Taschenrechner

Wenn Sie einfach los tippen, entsteht an der Stelle der Einfügemarke + ein Formelbereich.

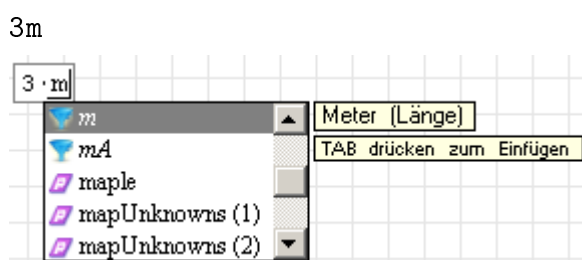
Beispiele (Leerzeichen nicht mittippen):

Tastatureingabe	Ergebnis
3+3=	$3 + 3 = 6$
3^3=	$3^3 = 27$
cos(p <b>Strg</b> - <b>G</b> ) =	$\cos(\pi) = -1$
\3=	$\sqrt{3} = 1,73$

Die Zahl der angezeigten Nachkommastellen ist einstellungsabhängig, darauf kommen wir später noch zurück.

In den Platzhalter (■) hinter dem Ergebnis kann eine Maßeinheit oder sonst ein Faktor, den man im Ergebnis haben will, eingetippt werden.

SMath kann mit Maßeinheiten rechnen:



Sobald Sie einen Buchstaben in einem Formelbereich tippen, prüft SMath, ob es einen solchen Namen schon kennt. Es erscheint dann die dynamische Auswahl. Sie können weitere Buchstaben eintippen oder mit den Pfeiltasten aus der Liste auswählen. Mit **↵** (Tabulator) wird bestätigt.



Maßeinheiten werden kursiv und blau dargestellt. Intern steht vor dem Einheitennamen ein Hochkomma (')

Hier die Summe zweier Längen:

$$3\text{m} \quad \leftarrow \quad +20\text{cm} \quad \leftarrow \quad =$$

$$3\text{ m} + 20\text{ cm} = 3,2\text{ m}$$

Die interne Darstellung dieses Ausdrucks ist  $3 * 'm + 20 * 'cm = 3.2 * 'm @ \#$

Um das Ergebnis in mm anzuzeigen, stellen Sie die Eingabemarke auf den Platzhalter hinter dem Ergebnis und tippen

mm

$\leftarrow$

Die Berechnung erfolgt erst nach Verlassen des Formelbereichs ( $\leftarrow$  drücken oder irgendwo anders im Rechenblatt klicken, dann verschwindet der Rahmen um die Formel):

$$3\text{ m} + 20\text{ cm} = 3200\text{ mm}$$

Man kann Maßeinheiten auch über das Menü oder die Werkzeugleiste einfügen, siehe Abschnitt 6

## 2.5 Bezeichner

Funktionen oder Variablen können einen Bezeichner (Namen) bekommen, der mit dem Zuweisungsoperator := definiert wird. Dieser ist einfach als Doppelpunkt einzutippen.

Groß- und Kleinschreibung zählt! X und x sind verschiedene Bezeichner!

Definitionen sind immer unterhalb und rechts ihres Bereiches bekannt. Änderungen weiter unten wirken sich normalerweise nicht aus, aber bei Funktionen sind Besonderheiten zu beachten (siehe Abschnitt 7).

$$X: 3\text{m} \quad \leftarrow$$


$$X := 3\text{ m}$$

$$x: 50\text{cm} \quad \leftarrow$$

$$X := 3\text{ m} \quad x := 50\text{ cm}$$

$$c: a+b$$



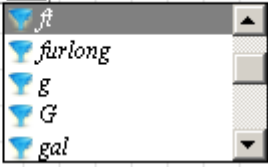
Die dynamische Auswahl kennt alle bereits definierten Bezeichner (Variablen, Funktionen, Maßeinheiten). Der Wert wird in einer symbolisch vereinfachten Form angezeigt. Mit  bestätigt man die Auswahl.

Den Wert einer Variablen zeigt man mit „=“ an:

c =  
 $X := 3 \text{ m}$      $x := 50 \text{ cm}$      $c := X + x$      $c = 3,5 \text{ m}$

Und auch hier kann wieder die Einheit geändert werden:

ft  
 $X := 3 \text{ m}$      $x := 50 \text{ cm}$      $c := X + x$      $c = \text{ft}$



Fuß (Länge)  
 $ft = 0,3048 \text{ m}$   
 TAB drücken zum Einfügen





$X := 3 \text{ m}$      $x := 50 \text{ cm}$      $c := X + x$      $c = 11,48 \text{ ft}$


Zugewiesene Werte können direkt angezeigt werden:

c : X+x =  
 $c := X + x = 3,5 \text{ m}$

Bezeichner können auch mit einem tiefgestellten Namenszusatz (beschreibender Index) versehen werden. Die Tiefstellung wird mit einem Punkt (.) eingeleitet, der als unsichtbares Zeichen Bestandteil des Namens bleibt. Die folgenden Eingaben sind jeweils in einem neuen Bereich zu machen.

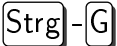
F. x : 2N 

F. y : 4N 

F : \F. x^2  + F. y^2

F =

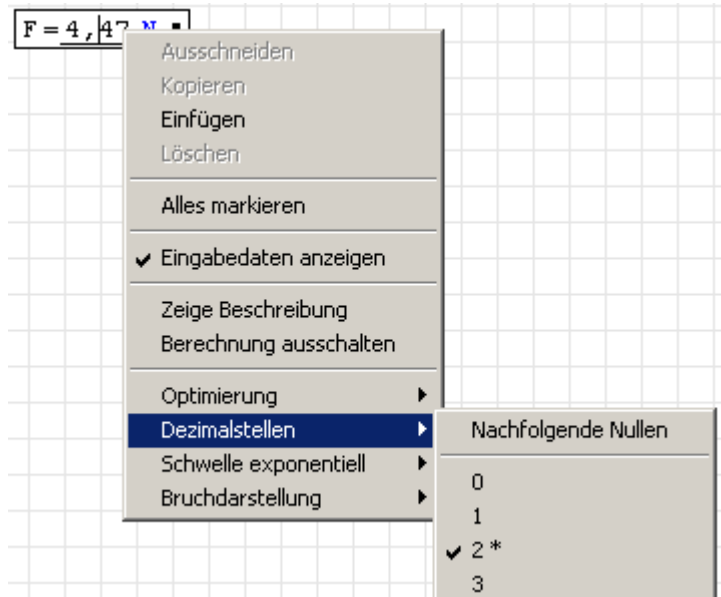
$F_x := 2 \text{ N}$   
 $F_y := 4 \text{ N}$   
 $F := \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$      $F = 4,4721 \text{ N}$

Verwenden Sie möglichst aussagefähige Variablenamen. Griechische Buchstaben erzeugen Sie, indem Sie nach einem lateinischen Buchstaben  drücken.

## 2.6 Ergebnisdarstellung und Runden

Die Anzahl angezeigter Nachkommastellen kann unter **Hauptmenü**> **Extras**> **Optionen**> **Berechnung** voreingestellt werden.

Alternativ kann die Einstellung für jedes Ergebnis im Kontextmenü (rechte Maustaste) geändert werden:



Man erkennt den aktuell eingestellten Wert (✓) und den voreingestellten Wert (\*)

Hier wurde der Wert „Dezimalstellen“ auf 5 geändert:

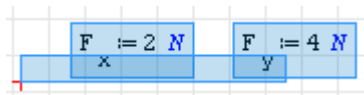
$$F = 4,47214 \text{ N}$$

Damit nachfolgende Nullen angezeigt werden, ist diese Option im Kontextmenü zu aktivieren.

## 2.7 Kopieren und Verschieben

Sie können die Bereiche frei auf dem Rechenblatt anordnen. Sie werden immer in der Reihenfolge von links nach rechts und von oben nach unten ausgewertet.

Zum Kopieren, Verschieben oder Löschen ganzer Formeln zieht man mit der Maus ein Rechteckfenster über die zu markierenden Bereiche. Sie erscheinen dann in Hellblau:



Will man Teile einer Formel kopieren oder löschen, klickt man zunächst in die Formel und zieht mit der Maus eine Markierung auf:

$$F := \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

Mit  $\text{Strg} + \text{C}$  kopiert man den markierten Bereich. Er kann auch außerhalb von SMath als Text eingefügt werden, so sieht man, wie er intern dargestellt wird:

$$F \cdot x^2 + F \cdot y^2$$

## 2.8 Textbereiche

Das Rechenblatt kann mit Kommentaren versehen werden. Textbereiche erzeugt man durch Eintippen von Gänsefüßchen ".

"



Man kann einfach lostippen, am ersten Leerzeichen (nach den ersten Buchstaben) merkt SMath, dass man keine Formel, sondern Text schreibt. Das erkennt man an der dynamischen Sprachanzeige:

Textbereiche\_

Textbereiche Deutsch

Textbereiche können mehrzeilig sein, der Zeilenumbruch erfolgt mit **Strg**- oder - manuell. Einen automatischen Umbruch gibt es nicht.

Manueller\_ **Strg**- Zeilenumbruch

manueller  
Zeilenumbruch

**Textbereiche können nur als Ganzes formatiert werden.** Am schnellsten erreichbar sind die Formatierungen **fett**, unterstrichen und *kursiv*, die mit **Strg**-Befehlen ein- und ausgeschaltet werden:

Normal    **Strg-b**    Strg-u    *Strg-i*

**Hinweis:** Wenn das nicht funktioniert, haben Sie möglicherweise einen Formelbereich erzeugt. Wenn Sie ein Wort, z.B. Strg tippen und dann ein Minus, dann denkt SMath, dass Sie eine Formel schreiben wollen. Dann nutzt auch ein Leerzeichen nicht mehr. Dann müssen Sie einen neuen Bereich anfangen, hier z.B. mit

"Strg-b

Strg-b

Zum Vergleich der Formelbereich, der Unterschied ist schwer zu erkennen, das Minus ist länger und hat etwas mehr Platz. Hier fügen wir erst einen Textbereich ein und dann eine Formel:

"Strg-b Strg-b



Strg-b

Strg-b

Ergebnisse (und überhaupt alle Bereiche) kann man mit (Werkzeugleiste) einrahmen. Dieser Rahmen bleibt auch, wenn man den Bereich verlässt.

F = 4,47 N

Weitere Formatierungsmöglichkeiten finden sich in der Werkzeugleiste am oberen Rand des Rechenblatts.

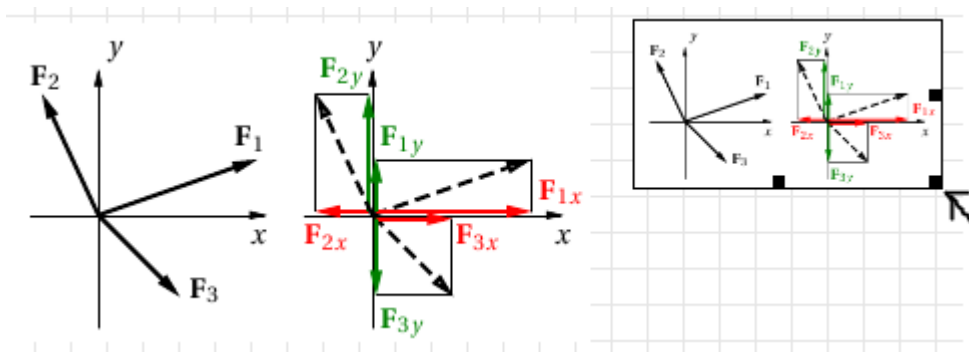
- Schriftfarbe 
- Schriftgröße
- Hintergrundfarbe 

Diese Optionen sollten vorsichtig benutzt werden, denn das Rechenblatt ist schnell durch inkonsistente Formatierung verhunzt.

## 2.9 Bilder einfügen


Häufig ist es sinnvoll, Bilder zur Erläuterung der Rechnung einzufügen. Schön wäre ein Skizzierwerkzeug in SMath, das ist aber nicht vorhanden. Daher muss man Bilder extern erzeugen, der Autor macht dies in der Regel mit **TpX**, es geht aber auch mit Powerpoint oder ähnlichen Programmen. Screenshots sind in Windows 7 bequem per Snipping Tool zu machen.

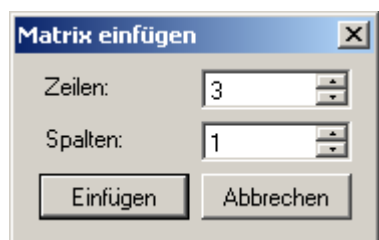
Bilder werden aus der Zwischenablage per **Strg-V** als Bitmap eingefügt.



An den Randmarken  kann man mit der Maus ziehen, um die Größe zu ändern.

## 2.10 Vektoren und Matrizen

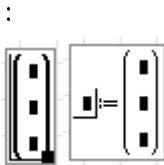
SMath kennt einige Vektor- und Matrixoperationen. Der Befehl  aus der Matrix-Palette der Seitenleiste öffnet den Dialog



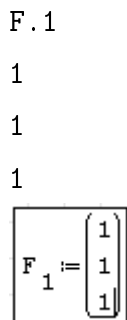
hier schon auf 3 Zeilen und 1 Spalte eingestellt. Alternativ ruft man den Dialog mit **Strg-M** auf. **Einfügen** liefert einen passenden Platzhalter



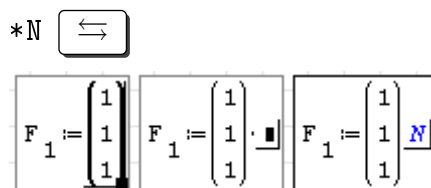
Stellt man die Einfügemarke auf die linke Klammer, kann man vor der Matrix etwas einfügen, z.B. den Zuweisungsoperator (Doppelpunkt)



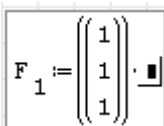
Diese Platzhalter werden nun ausgefüllt. Dabei kann man mit den Pfeiltasten oder mit der Maus zwischen den Platzhaltern navigieren. Der mit dem Punkt . erzeugte Index ist ein beschreibender Index.



Rechte Klammer anklicken und noch eine Einheit hinzufügen:



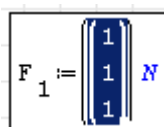
Es kann passieren, dass SMATH dabei eine Klammer um die Matrix setzt:



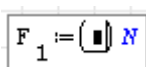
Die schadet nicht, ist aber auch nicht erforderlich, daher soll sie beseitigt werden.

**Überflüssige Klammern löschen:** Klammern können nur gemeinsam mit ihrem Inhalt gelöscht werden. Damit man den Inhalt nicht neu schreiben muss, schneidet man ihn vorher aus, löscht dann die Klammer und fügt den Inhalt wieder ein.

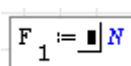
1. Klammerinhalt markieren (nur den Inhalt, nicht die äußere Klammer)



2. Ausschneiden mit **Strg**-X



3. Klammer löschen (ausreichend oft **←** drücken)



4. Inhalt wieder einfügen mit **Strg-V**

$$F_1 := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} N$$

Bei der Anzeige kann eine Maßeinheit für die ganze Matrix gewählt werden:

F. 1=

$$F_1 = \begin{pmatrix} 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \end{pmatrix}$$

Dafür wählt man den Platzhalter an und tippt

N **↔**

$$F_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} N$$

Man kann Vektoren und Matrizen auch erzeugen, indem man einzelnen Elementen Werte zuweist. Elemente werden mit Adress-Indizes angesprochen, die mittels `[]` erzeugt werden

F. 2[2] **Leert.** : 3N **↔**

$$F_2 \begin{matrix} := 3 \\ 2 \end{matrix} N$$

Adress-Indizes (mit `[]` erzeugt) unterscheiden sich in der Formatierung von beschreibenden Indizes (mit `.` erzeugt) durch ein vorangestelltes Leerzeichen, also einen größeren Abstand.

Verwendet man nur einen Index, wird ein Spaltenvektor erzeugt. Die erzeugten Matrizen oder Vektoren sind gerade so groß, wie die höchsten vorkommenden Indizes.

F. 2=

$$F_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ s \end{pmatrix}$$

Die Addition von  $F_1$  und  $F_2$  scheitert daher:

F. 1+F. 2=

$$F_1 + F_2 = \blacksquare \blacksquare \blacksquare$$

Die Anzahl der Zeilen oder Spalten der ersten Matrix entspricht nicht der Anzahl der Zeilen oder Spalten der zweiten Matrix.

Definiert man noch das dritte Vektorelement, dann geht es:

F. 2[3  : 0

$$F_{2,3} := 0$$

$$F_1 := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} N \quad F_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} N \quad F_{2,2} := 3 N \quad F_{2,3} := 0$$

$$F_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \frac{kgm}{s^2} \\ s \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$F_1 + F_2 = \begin{pmatrix} 1 \frac{kgm}{s^2} \\ 4 \frac{kgm}{s^2} \\ s \\ 1 \frac{kgm}{s^2} \end{pmatrix}$$

+

Das Skalarprodukt zweier Vektoren schreibt man als gewöhnliches Produkt:

F. 1 \* F. 2 =

$$F_1 \cdot F_2 = 3 \frac{kgW}{s}$$

Der Betrag eines Vektors ist die Wurzel aus dem Skalarprodukt mit sich selbst:

\|F. 1\|^2 =

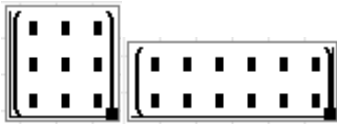
$$\sqrt{F_1^2} = 1,73 N$$

Man kann auch die Größe einer Matrix interaktiv ändern. Das geht manchmal schneller, als den Dialog mit Zeilen und Spalten auszufüllen. Beachten Sie den feinen Unterschied zwischen den Tastatureingaben. Einmal erhalten Sie einen 2x2-Platzhalter, das andere mal einen 3x3-Platzhalter

mat

mat(

Klicken Sie nun auf die linke Klammer und ziehen Sie die Matrix am schwarzen Quadrat rechts unten mit der Maus in die richtige Größe

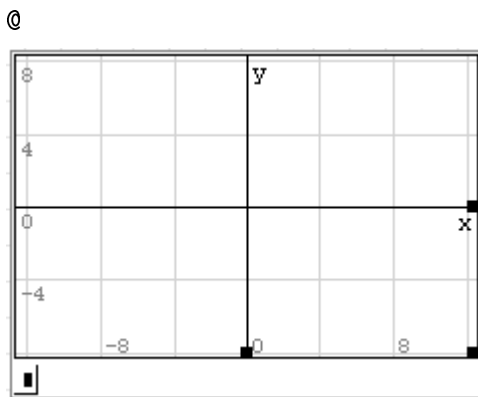


## 2.11 Diagramme

Wenn es nur mal eben um die schnelle Darstellung einer Funktion geht, dann kann man den eingebauten 2D-Diagrammbereich verwenden. Für bessere Qualität und mehr Möglichkeiten können die Funktionen `Draw2D()` und `Draw3D()` benutzt werden, siehe dazu Abschnitt 9.9. In dieser Einführung behandeln wir nur den internen 2D-Diagrammbereich.

Hinweis: Ohne Mausrad wird man nicht wirklich zufrieden sein, denn dies ist der einfachste Weg zur Einstellung der Diagrammgrenzen.

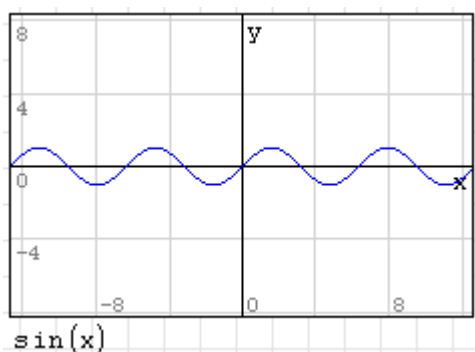
Mit `@` oder über **Hauptmenü**> **Einfügen**> **Grafik**> **Zweidimensional** fügt man einen 2D-Diagrammbereich ein:



In den Platzhalter unten links schreibt man den zu plottenden Ausdruck. An den anderen Platzhaltern kann man mit der Maus ziehen, um die Diagrammgröße zu ändern.

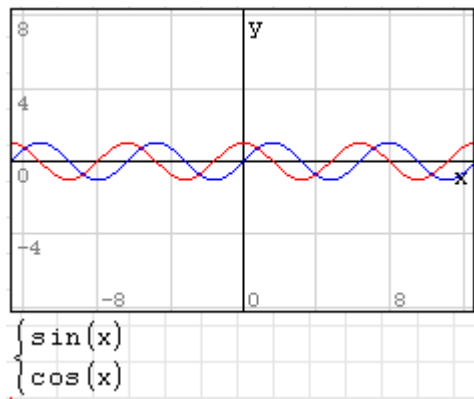
Bei Funktionsplots ist die unabhängige Variable immer `x`.

`sin(x)`



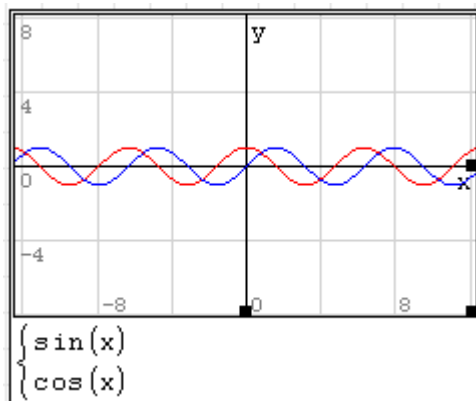
Will man mehrere Funktionen plotten, dann muss man sie in einer Liste („System“) gruppieren. Das ist etwas ähnliches wie ein Vektor und hat nur links eine geschweifte Klammer. Man bekommt sie durch Eintippen von `sys` oder mit dem Symbol in der Funktionen-Palette der Seitenleiste. Hier ein Beispiel:

`@sys` `sin(x)` `cos(x)`



### Bereichseinstellung in Diagrammen:

Das Diagramm muss zunächst angeklickt werden, so dass die Randmarken zu sehen sind.



- Ausschnitt verschieben: Klicken und Ziehen der Diagrammfläche
- Beide Achsen zoomen: Mausrad
- nur  $x$ -Achse zoomen:  $\uparrow$ -Mausrad
- nur  $y$ -Achse zoomen:  $\text{Strg}$ -Mausrad

### Weitere Funktionen

Neben Funktionen lassen sich auch noch Linienzüge (Polygone) und Text im Diagramm darstellen. Grafikobjekte können auch animiert werden. Darauf wird im Abschnitt 5.1 eingegangen.

## 2.12 Etwas Programmierung

Für die Datenverarbeitung und deren grafische Aufbereitung bieten sich häufig Schleifen an. Man erzeugt sie mit „for“ aus dem Panel „Programmierung“ oder mit der Tastatur:

```
for i
  for i ∈
    ■
```

Es entstehen drei Platzhalter, den ersten haben wir bereits mit dem Schleifenzähler  $i$  ausgefüllt. Der Zähler soll nacheinander Werte von 1 bis 5 annehmen. Dafür verwenden wir die Funktion `range()` auf dem zweiten Platzhalter.

```
→ rang ← 1
```

```
for i ∈ 1 .. ■
  ■
```

```
→ 5
```

```
for i ∈ 1 .. 5
  ■
```

Der dritte Platzhalter ist der Schleifenkörper.

```
→ →
```

```
for i ∈ 1 .. 5
  |
```

Dort wollen wir nun einen Vektor erzeugen, dessen  $i$ -tes Element die Zahl  $i^2$  enthält. Der Adress-Index  $i$  bei  $v$  wird mit der eckigen Klammer auf erzeugt und unterscheidet sich von beschreibenden Indizes durch den zusätzlichen Zwischenraum:

```
v[i Leert.] : i^2
```

```
for i ∈ 1 .. 5
  v_i := i^2
```

Das Ergebnis entspricht den Erwartungen.

```
for i ∈ 1 .. 5
  v_i := i^2
v =
  1
  4
  9
  16
  25
```

Nach Durcharbeiten der „Ersten Schritte“ sollten Sie in der Lage sein, das Rechenblatt zur Interpolation in Abschnitt 12.3 nachzuvollziehen.

## 2.13 Überlebensregeln

Die folgenden Regeln sollten Sie nur missachten, solange Sie wissen, was Sie tun.

- In Bezeichnungen wird Groß- und Kleinschreibung unterschieden!
- Benutzen Sie  $i$  nur dann als Schleifenzähler (auch in Summen- oder Produktoperatoren), wenn Sie nicht mit komplexen Zahlen rechnen wollen. Dadurch ist  $i$  nicht mehr als imaginäre Einheit verwendbar.

- Schreiben Sie logische Operationen ( $=$ ,  $\neq$ ,  $\wedge$ ,  $\vee$ ,  $\oplus$ ) mit ihren Operanden immer in Klammern, also  $(a \wedge b)$ . Diese Operatoren haben unerwartet niedrige Priorität, insbesondere niedriger als der Zuweisungsoperator  $:=$ .
- Beachten Sie den Unterschied zwischen beschreibenden Indizes ( $F.x$ ) und Adress-Indizes ( $v[i]$ ).
- Integrale funktionieren nur numerisch und nur mit dimensionsloser Integrationsvariable. Einheiten in Integrationsgrenzen werden ignoriert.
- Definieren Sie stückweise stetige Funktionen durch Multiplikation mit logischen Ausdrücken, nicht jedoch mit der `if()`-Anweisung.

# 3 Programmbedienung

Dieses Kapitel beschreibt die Benutzeroberfläche mit Menüstruktur, die verschiedenen Objekte auf dem Rechenblatt und deren Editiermöglichkeiten sowie die nutzerspezifischen Einstellungen im Programm.

## 3.1 Benutzeroberfläche

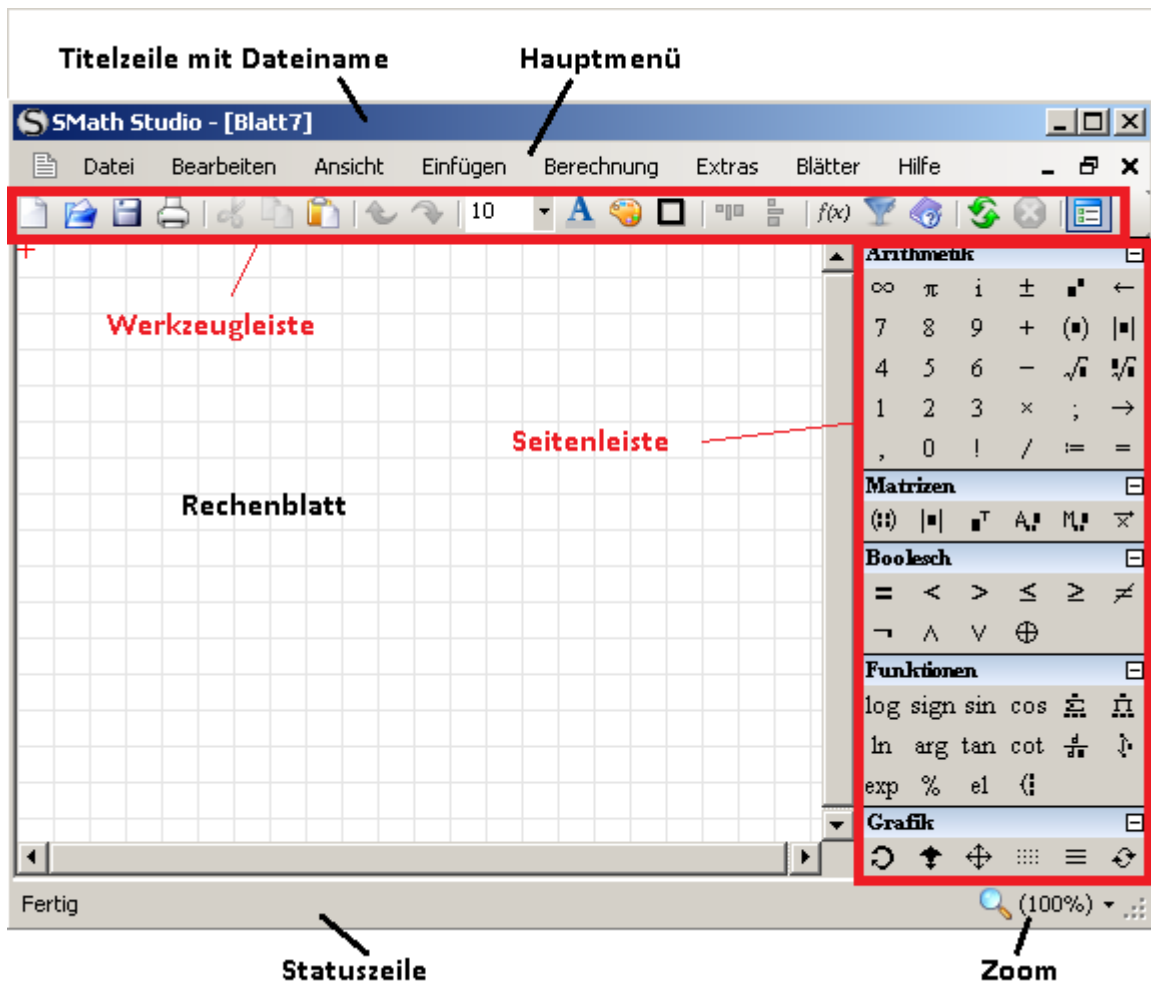




Abbildung 3.1: Elemente der Benutzeroberfläche

Die Benutzeroberfläche besteht aus

- Titelzeile mit Namen des aktuellen Rechenblatts
- Hauptmenü (nicht konfigurierbar)
- Werkzeugleiste (nicht konfigurierbar)

- Seitenleiste mit Symbol- und Funktionspaletten. Diese kann über den Knopf  ein- und ausgeschaltet werden. Die einzelnen Paletten können mit dem Knopf  eingeklappt werden.
- Statuszeile mit Zoomsteuerung.
- Rechenblatt, eventuell mehrere davon, je nach Fenstereinstellung. Rechenblätter werden im Abschnitt 3.2 detailliert behandelt.


### 3.1.1 Titelzeile

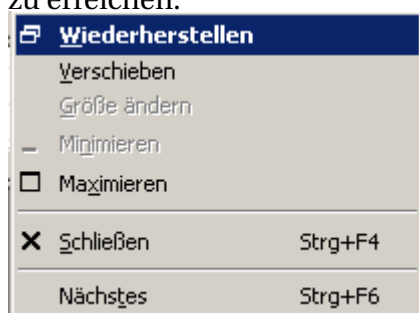
Die Titelzeile zeigt den Namen des aktiven Rechenblatts an, wenn dieses maximiert ist. Wenn er mit einem Stern versehen ist, dann ist der aktuelle Stand nicht gespeichert. Mitunter wird der Programmname „SMath Studio“ von Version zu Version leicht modifiziert.

### 3.1.2 Hauptmenü

Das Hauptmenü befindet sich unterhalb der Titelzeile und hat die folgenden Einträge:



**Blatt-Menü**  Funktionen des Fenstermanagers für das aktuelle Rechenblatt, falls dieses maximiert ist. Ansonsten sind diese Funktionen durch die Titelzeile der Einzelblätter zu erreichen.





**Wiederherstellen** Alle geöffneten Blätter in separaten Fenstern anzeigen.

**Minimieren** Das aktuell angezeigte Blatt minimieren







**Maximieren** Minimiertes Blatt wieder aufklappen

**Schließen** - Blatt schließen

**Nächstes** - Umschalten auf das nächste offene Blatt

#### Datei

**Blatt erstellen** - Neues Blatt öffnen

**Öffnen** - Vorhandenes Blatt öffnen. Alternativ kann man auch eine SMath Datei (.sm) auf das SMath-Fenster ziehen.

**Blatt schließen** **Strg-F4** aktuelles Blatt schließen

**Speichern** **Strg-S** aktuelles Blatt speichern. Damit wird die Befehlshistorie gelöscht, rückgängig machen geht nur bis zum letzten Speicherpunkt.

**Speichern unter** Aktuelles Blatt unter wählbarem Namen und in wählbaren Formaten speichern. Hier verbergen sich also auch diverse Export-Funktionen.

**Starte Sitzung** Gemeinsame Bearbeitung eines Arbeitsblatts starten.

**An Sitzung teilnehmen** In bestehende Sitzung einschalten.

**Blatteinstellungen** Einstellungen zum Druckbild (siehe Abschnitt 3.11.1)

**Drucken** **Strg-P**

**Druckvorschau** Vorschau des Druckbildes.

**Eigenschaften** Einstellungen zu den Dateieigenschaften (Metadaten, siehe Abschnitt 3.11.2)

**Zuletzt geöffnete Dateien** Liste der zuletzt geöffneten Dateien.

**Schließen** **Alt-F4** Alle offenen Blätter und das Programm schließen. Gegebenenfalls wird Speichern angeboten.

**Bearbeiten** Dieses Menü enthält die Standardfunktionen zum Blatt-Bearbeiten. Ist ein Bereich komplett (hellblau) markiert, dann erscheinen die Optionen des Kontextmenüs auch hier im Hauptmenü. Auf diese Optionen wird bei der Beschreibung der Bereiche eingegangen.

**Rückgängig** **Strg-Z** Macht vorangegangene Aktionen rückgängig. Mitunter gilt das nur für die Modifikationen am aktuell geänderten Bereich (Formel). Maximal möglich bis zum letzten Speicherpunkt.

**Wiederherstellen** **Strg-Y** Rückgängig rückgängig machen.

**Ausschneiden** **Strg-X**

**Kopieren** **Strg-C**

**Einfügen** **Strg-V**

**Löschen** **Entf**

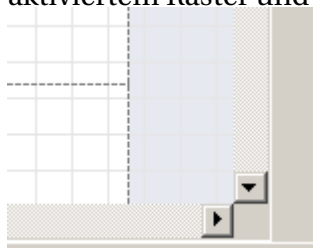
**Alles markieren** **Strg-A**

**Aktualisieren**

**Ansicht** In diesem Menü können Anzeigeelemente ein- und ausgeschaltet werden.

**Raster** Schalter für das Kästchenraster auf dem Blatthintergrund

**Druckbereich** Schalter für die Anzeige des rechten Randes und des Seitenumbruchs auf dem Blatthintergrund. Die Voreinstellung kann unter **Hauptmenü> Einstellungen> Register „Interface“**: Druckbereich geändert werden. Hier ein Bild mit aktiviertem Raster und Druckbereich



**Ausgabefenster** Schalter für das Ausgabefenster der Debug-Funktion `trace()`

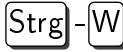
**Dynamische Auswahl** Schalter für die Anzeige der dynamischen Auswahl. Das kann bei Demonstrationen am Beamer hilfreich sein, wenn man Dinge mit der Maus zeigen will, ohne dass die dynamische Auswahl aufpoppt.

**Einfügen** Hier können SMath-Objekte in das Rechenblatt eingefügt werden.

**Matrix**  Aufruf des Dialogs „Matrix einfügen“. Das Arbeiten mit Matrizen wird in Abschnitt 4.8 erläutert.

**Funktion**  Aufruf des Dialogs „Einfügen - Funktion“

**Operator** Aufruf des Dialogs „Einfügen - Operator“ zum Einfügen arithmetischer und boolescher Operatoren

**Einheit**  Aufruf des Dialogs „Einheit einfügen“

**Hintergrund** Aufruf des Dialogs „Hintergrund“. Damit kann man ein Hintergrundbild laden, z.B. für Formblätter.

**Bereich** Fügt zwei Begrenzungslinien ein, zwischen denen das Rechenblatt zusammengeklappt (kollabiert) werden kann.

**Trennlinie**  Fügt eine horizontale Trennlinie ein. Diese erzeugt im Ausdruck einen Seitenumbruch und in exportierten Anwendungen einen neuen Tab.

**Slider** (Schieberegler). Steuerelement, das die interaktive Änderung von Variablen mit der Maus erlaubt.

**Combobox** (Auswahlliste), der Wert einer Variable kann aus einer Liste von Werten ausgewählt werden.

**Controls** (Steuerelemente)

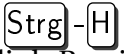
**Numeric up-down** Komfortables Eingabefeld für Zahlenwerte, die Werte können mit der Maus oder den Pfeiltasten geändert werden.

**Maxima Plugin** Fenster zur Steuerung der Maxima-Schnittstelle

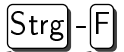
**Log** Fenster zur Sichtung des Sitzungs- und Übersetzungsprotokolls

**Debug** Fenster zur interaktiven Sichtung und Steuerung des Übersetzungsprozesses

**Settings** Fenster für Einstellungen der Schnittstelle.

**Hyperlink**  (wenn das Plugin *Hyperlink Region* installiert ist) Fügt einen Hyperlink-Bereich ein (siehe Seite 43)

**Image** (wenn das Plugin *ImageRegion* installiert ist) Fügt einen Rasterbildbereich zur Anzeige von Bilddateien oder Datenmatrizen ein.

**Snapshot**  Bereich für den automatisierten Export von Ausschnitten des Rechenblatts als Bilddatei (beispielsweise für die Erstellung von Bildern für Handbücher)

**Formatted label** Bedingt formatierter Text. Text, Textfarbe und Hintergrundfarbe können abhängig von Berechnungsergebnissen gesetzt werden.

**Checkbox** Schaltfläche, die eine Variable durch Mausklick zwischen Null und Eins umschaltet.

**X-Y Plot** Erweiterter 2D-Diagrammbereich, siehe Abschnitt 5.2)

**Modeller** Bereich für parametrische Skizzen

**Development Tools** Werkzeuge für Entwickler

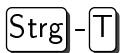
**Math⇒Terms** Übersetzt SMath-Ausdrücke in C#-Code für Plugins

**Math's visual debug** Übersetzt SMath-Ausdrücke in einen Strukturbaum

**Network analyzer** Zeigt Verbindungsdetails für Internet-Adressen an

**System information** Zeigt SMath-relevante Systeminformationen an.

**Bild** Bild erstellen oder aus Datei einfügen. Dient Illustrationszwecken.

**Bild erstellen**  Fügt einen Bereich ein, in dem mit der Maus freihand gezeichnet werden kann. Löschen/Radieren ist nicht möglich, daher hat diese Funktion wenig Wert.

**aus Datei** Rasterbilder in verschiedenen Formaten (PNG, JPG, Icons,...) können aus der Zwischenablage oder durch Ziehen mit der Maus eingefügt werden. Der Inhalt ist statisch, wird also nicht aktualisiert, wenn der Dateinhalt sich ändert.

**Diagramm** Diagramm erstellen

**Zweidimensional** (Tastatur @) Fügt einen 2D-Diagrammbereich ein.

**Dreidimensional** Fügt einen 3D-Diagrammbereich ein.

**Textbereich** (Tastatur ") Startet einen Textbereich.

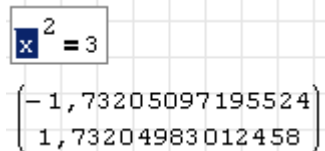
**Bereichs-Sperre** Damit kann ein kollabiertes Gebiet mit einem Passwort gegen Aufklappen geschützt werden.

**Sperren** Ruft den Dialog „Erstelle Passwort“ auf.

**Entsperren** Fordert zur Passworteingabe zum dauerhaften Entsperren des Gebiets auf.

## Berechnung

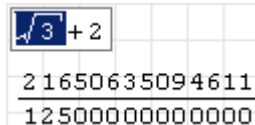
**Lösen** Löst eine Gleichung numerisch nach einer Variable auf. Die Variable muss vorher markiert werden.



$$x^2 = 3$$

$$\left( \begin{array}{l} -1,73205097195524 \\ 1,73204983012458 \end{array} \right)$$

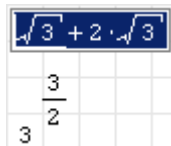
**Berechnen** Wertet einen markierten (Teil-)Ausdruck aus.



$$\sqrt{3} + 2$$

$$\frac{21650635094611}{12500000000000}$$

**Vereinfachen** Wertet einen markierten (Teil-)Ausdruck symbolisch aus.



$$\sqrt{3} + 2 \cdot \sqrt{3}$$

$$\frac{3}{2}$$

**Kehrwert** Berechnet den Kehrwert des markierten (Teil-)Ausdrucks symbolisch

**Differenzieren** Leitet den Ausdruck nach der markierten Variable ab

**Determinante** Berechnet die Determinante einer markierten Matrix

**Automatische Berechnung** Schalter für die automatische Berechnung nach jeder Änderung. Abschalten kann sinnvoll sein, wenn die Rechenzeit zu lang ist und mehrere Änderungen gemacht werden müssen, bis eine neue Rechnung überhaupt sinnvoll ist.

**Blatt berechnen** **Strg**-**F9** Manueller Start der Neuberechnung, wenn die automatische Berechnung abgeschaltet ist.

**Prozess unterbrechen** Rechnung anhalten (wenn sie zu lange dauert).

### Extras

**Plugins** Öffnet die Seite „Plugins“ der Erweiterungs-Verwaltung, dort können Plugins (Anwendungserweiterungen) aus dem Internet geladen oder aktualisiert werden.

**Code-Baustein-Verwaltung** Öffnet die Seite „Code-Bausteine“ der Erweiterungs-Verwaltung, dort können Code-Bausteine aus dem Internet geladen oder vorhandene Bausteine ins aktuelle Rechenblatt eingefügt werden.

**Einstellungen** Öffnet den Dialog „Einstellungen“ für Berechnung und Benutzeroberfläche, siehe Abschnitt [3.11.3](#)

**Blätter** Bietet Zugriff auf die geöffneten Blätter und darüber hinaus folgende Funktionen:

**Blatt erstellen** **Strg**-**N** Neues Rechenblatt erstellen.

**Blatt schließen** **Strg**-**F4** Aktuelles Blatt schließen.

### Hilfe

**Referenzmaterial** Eine kleine mathematische Formelsammlung.

**Beispiele** Öffnet die Seite „Beispiele“ der Erweiterungs-Verwaltung. Darin kann man Beispiele aus dem Internet laden oder installierte Beispiele auswählen und als Rechenblatt öffnen.





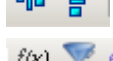



**Nach Aktualisierungen suchen** Öffnet die Seite „SMath Studio“ der Erweiterungs-Verwaltung und bietet eventuell vorhandene neuere Programmversionen zur Installation an.

**Spenden** Sie erhalten die Kontodaten des Entwicklers Andrey Ivashov. Unterstützt werden PayPal, Webmoney und Jandex-Dengi.


**SMath Studio Live** Öffnet eine Sitzung in der Web-Version von SMath. Diese hat gegenüber der Programmversion einen eingeschränkten Funktionsumfang.

**SMath Info** Versionsinformation wird angezeigt.

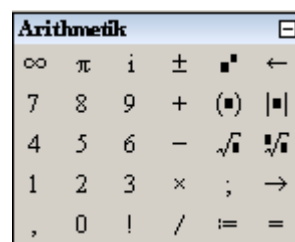
### 3.1.3 Werkzeugleiste

	Neues Blatt, Öffnen, Speichern, Drucken
	Ausschneiden, Kopieren, Einfügen
	Rückgängig, Wiederherstellen
	Schriftgröße, Schriftfarbe, Hintergrundfarbe, Rahmen
	Vertikal ausrichten, horizontal ausrichten
	Funktion einfügen, Einheit einfügen, Formelsammlung
	Neu berechnen, Berechnung stoppen
	Seitenleiste aus/an

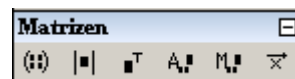
### 3.1.4 Seitenleiste

Die Seitenleiste bietet den Schnellzugriff auf Symbole, Operatoren und Funktionen, ohne dass man deren Tastaturkürzel kennen muss. Die Seitenleiste kann über die Taste  der Werkzeugleiste an- und ausgeschaltet werden.

Das **Arithmetik-Panel** enthält Symbole und Funktionen für die Grundrechenoperationen und einige weitere arithmetische Operationen.



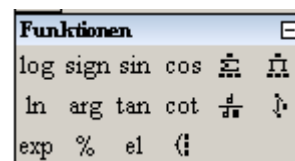
Das **Matrizen-Panel** enthält Funktionen für das Rechnen mit Matrizen.



Das **Boolesch-Panel** enthält logische (boolsche) Operationen.



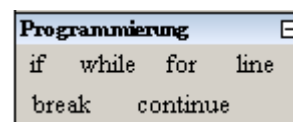
Das **Funktionen-Panel** enthält diverse Funktionen.



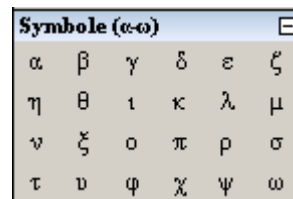
Das **Grafik-Panel** enthält Funktionen zur Steuerung der 2D- und 3D-Grafikanzeige.



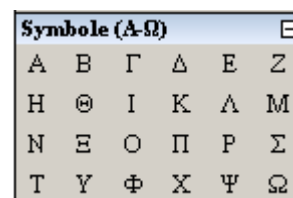
Das **Programmierung-Panel** enthält Funktionen für die Ablaufsteuerung in Funktionsdefinitionen (Programmen)



Das **Panel „Symbole  $\alpha - \omega$ “** enthält die griechischen Kleinbuchstaben.

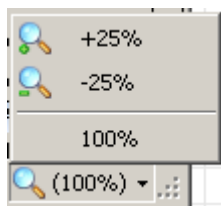


Das **Panel „Symbole  $A - \Omega$ “** enthält die griechischen Großbuchstaben.



### 3.1.5 Statuszeile

Die Statuszeile zeigt die aktuelle Rechenzeit an und bietet rechts Zugriff auf die Zoom-Einstellung des Rechenblatts.



## 3.2 Das Rechenblatt

Jede SMath-Datei enthält ein Rechenblatt, also ein zweidimensionales Gebiet, auf dem Bereiche unter- und nebeneinander frei angeordnet werden können. Es gibt standardmäßig folgende Bereichstypen:

- Formel (Abschnitt 3.4)
- Text (Abschnitt 3.5)
- 2D-Diagramm (Abschnitt 5.1)
- 3D-Diagramm (Abschnitt 5.1.7)
- Bild (Rasterbild, statisch)
- Blattbereich (zur Gruppierung anderer Bereiche, einklappbar, Abschnitt 3.9)
- Trennlinien (Erzeugen einen Seitenumbruch, Abschnitt 3.9)

Darüber hinaus können externe Plugins weitere Bereichstypen beisteuern. Beispiele sind:

- Image (dynamisches Rasterbild aus Datei oder Datenmatrix, Plugin *ImageRegion*, Abschnitt 3.7)
- X-Y Plot (2D Diagramm mit erweiterten Grafikmöglichkeiten, Plugin *XYPlotRegion*)
- Steuerelemente wie Schieberegler, Schaltknöpfe und Auswahllisten

**Bereiche bearbeiten** Bereiche können auf dem Rechenblatt beliebig, auch übereinander, angeordnet werden.

Bevor man sie verschieben, löschen oder kopieren kann, müssen sie markiert werden. Das geschieht durch Ziehen mit der Maus, dabei werden die Bereiche hellblau eingefärbt.

Ausnahme: Bei gedrückter **Strg**-Taste kann man mit der linken Maustaste einen noch nicht markierten Bereich kopieren und anderswo auf das Rechenblatt ziehen. Die Kopie ist anschließend hellblau markiert.

Die Auswahl kann bei gehaltener Umschalttaste **↑** erweitert oder reduziert werden.

Anschließend kann man die markierten Bereiche

- Verschieben (durch Ziehen mit der Maus oder mit den Pfeiltasten)
- Löschen (mit „Löschen“ im Kontextmenü oder mit der Taste **Entf**)
- Ausschneiden, also Löschen und in die Zwischenablage übernehmen (mit „Ausschneiden“ im Kontextmenü oder **Strg**-**X**)
- Kopieren (mit „Kopieren“ im Kontextmenü oder mit **Strg**-**C**)
- Duplizieren (durch Ziehen bei gedrückter **Strg**-Taste)

Ausgeschnittene oder kopierte Bereiche können an der Einfügemarke ins Rechenblatt eingefügt werden mit **Strg**-**V** oder mit „Einfügen“ aus dem Kontextmenü.

Die Befehle „Ausschneiden“, „Löschen“, „Einfügen“ und „Kopieren“ finden sich auch unter **Hauptmenü> Bearbeiten**.

## 3.3 Dynamische Auswahl






Eine Besonderheit von SMath Studio ist die Dynamische Auswahl. Wann immer Sie im Rechenblatt eine Formel eintippen, klappt ein dynamisches Fenster auf, welches Ihnen mögliche Ergänzungen und deren Beschreibung oder Definition anzeigt. Sie können in der Liste mit den Pfeiltasten auswählen und die Auswahl mit **↵** bestätigen.

Die dynamische Auswahl kennt nicht nur die eingebauten Funktionen, Maßeinheiten und Konstanten, sondern auch die von Ihnen selbst definierten, sowie alle Funktionen und Konstanten aus eventuell installierten Anwendungserweiterungen (Plugins).



Die Symbole in der Liste haben folgende Bedeutung:

- Eingebaute Konstante oder Anweisung (Eulersche Zahl  $e$ , imaginäre Einheit  $i$ , aber auch Programmanweisungen wie `break` und `continue`)
- selbiges, aber vom Benutzer überschrieben (tun Sie das nur, wenn Sie wissen, was Sie tun)
- Eingebaute Funktion

-  Variable oder Funktion aus einem Plugin (extern oder intern)
-  Benutzerdefinierte Variable oder Funktion
-  Eingebaute Maßeinheit oder Konstante
-  Benutzerdefinierte Maßeinheit oder Konstante
-  Code-Baustein

Bei selbstdefinierten Bezeichnern können Sie eine Beschreibung angeben, die in der dynamischen Auswahl erscheint, siehe Abschnitt 3.8.

### 3.4 Formelbereich

Formelbereiche entstehen an der Cursorposition durch Tastatureingabe von Bezeichnern (Variablennamen oder Funktionsnamen) oder Operatoren mit der Tastatur oder aus Menüs. Der Inhalt von Formelbereichen wird mathematisch formatiert und mathematisch ausgewertet.

Formelbereiche können als Ganzes einheitlich formatiert werden (der Bereich muss dazu als Ganzes blau markiert sein):

- Schriftgröße (Werkzeugleiste > Auswahlbox)
- Rahmen an/aus (Werkzeugleiste > „Die Grenze des Elements“)
- Hintergrundfarbe (Werkzeugleiste > „Hintergrundfarbe“)
- Textfarbe (Werkzeugleiste > „Textfarbe“)

#### 3.4.1 Markieren in Formelbereichen

Die Wirkung mancher Aktionen hängt davon ab, welche Ausdrücke in der Formel markiert sind. Die Markierung wird mit der Maus vor oder nach einem Bezeichner gesetzt und kann mit der Leertaste erweitert werden. Die Markierung besteht aus den Teilen

- Unterstreichung: Sie kennzeichnet den Wirkungsbereich der Markierung
- Senkrechte Einfügemarke: Sie kennzeichnet den Ort der nächsten Eingabe













Markierung				
Eingabe /				
Eingabe *				

Abbildung 3.2: Wirkung von Eingaben in Formeln abhängig von der Markierung

#### 3.4.2 Größe von Matrizen, Anweisungsblöcken und Listen ändern

Symbol anklicken, erscheinenden Marker rechts unten ziehen. Dadurch entstehen neue leere Platzhalter unten oder rechts. Verkleinern geht auch, aber nur durch Abschneiden unten

oder rechts. Streichen von einzelnen Zeilen oder Spalten ist nicht durch Editieren, sondern nur durch entsprechende Indexoperationen möglich.

In einspaltigen Objekten (Spaltenmatrix, Anweisungsblock, Listen) kann man Elemente mit Backspace löschen und neue hinzufügen, indem man das Argumenttrennzeichen (Semikolon in unserer Standardeinstellung) an der entsprechenden Stelle eintippt.

### 3.4.3 Griechische Buchstaben

Griechische Buchstaben können in Formel- und Textbereichen eingegeben werden durch

- Buchstabe tippen, dann  $\boxed{\text{Strg}}-\boxed{\text{G}}$ . Die Zuordnung zeigt Tabelle 3.2.
- Auswahl aus den Seitenpanels „Symbole (A-Ω)” oder „Symbole (α-ω)”

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Α	Β	Χ	Δ	Ε	Φ	Γ	Η	Ι	Θ	Κ	Λ	Μ
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
α	β	χ	δ	ε	φ	γ	η	ι	θ	κ	λ	μ
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Ν	Ο	Π	Θ	Ρ	Σ	Τ	Υ	Φ	Ω	Ξ	Ψ	Ζ
n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
ν	ο	π	ϑ	ρ	σ	τ	υ	ω	ω	ξ	ψ	ζ

Tabelle 3.2: Griechische Buchstaben unter den jeweiligen lateinischen Buchstaben, aus denen sie erzeugt werden.

### 3.4.4 Maßeinheiten

Maßeinheiten und andere vordefinierte Konstanten werden in Formelbereichen kursiv blau dargestellt. Sie werden durch Variablen gleichen Namens nicht überschrieben. Intern werden sie durch ein vorangestelltes Hochkomma (') markiert. Maßeinheiten können eingegeben werden durch

- Symbol tippen, dynamische Auswahl korrigieren ( $\boxed{\uparrow}$  oder  $\boxed{\downarrow}$ ) und mit  $\boxed{\leftrightarrow}$  bestätigen. Wird die Auswahl nicht mit  $\boxed{\leftrightarrow}$  bestätigt, ist der eingetippte Bezeichner eine normale Variable. So kann man die Variable m definieren, ohne die Einheit m unbrauchbar zu machen.
- Hochkomma tippen, dann Einheitsname. Die dynamische Auswahl erscheint, muss aber nicht bestätigt werden.
- **Hauptmenü > Einfügen > Einheit > Dialog „Einheit einfügen”**
- $\boxed{\text{Strg}}-\boxed{\text{W}}$  ruft den Dialog „Einheit einfügen” ebenfalls auf.

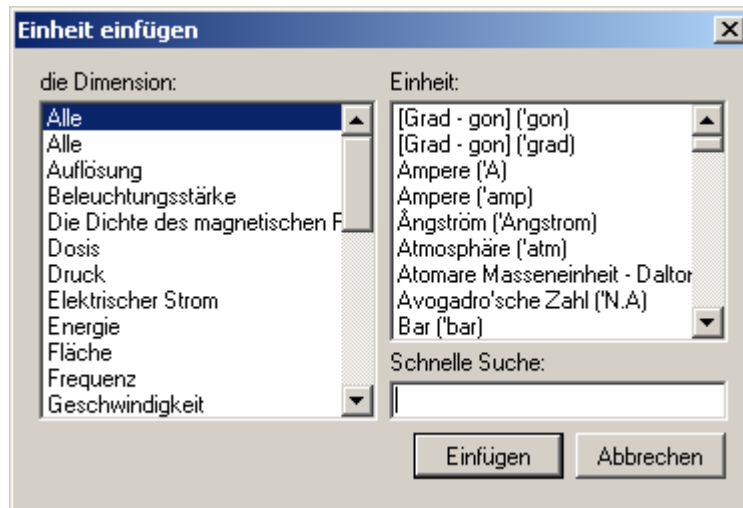


Abbildung 3.3: Dialog „Einheit einfügen“

### 3.4.5 Funktionen

Es gibt vordefinierte Funktionen und benutzerdefinierte Funktionen. Der Funktionsaufruf besteht aus dem Funktionsnamen, gefolgt von den durch Kommas getrennten Argumenten in einer Klammer.

Funktionen können mit dem Dialog „Einfügen - Funktion“ ausgewählt werden. Dieser Dialog wird aufgerufen durch

- **Hauptmenü> Einfügen> Funktion**

- Werkzeugleiste> 

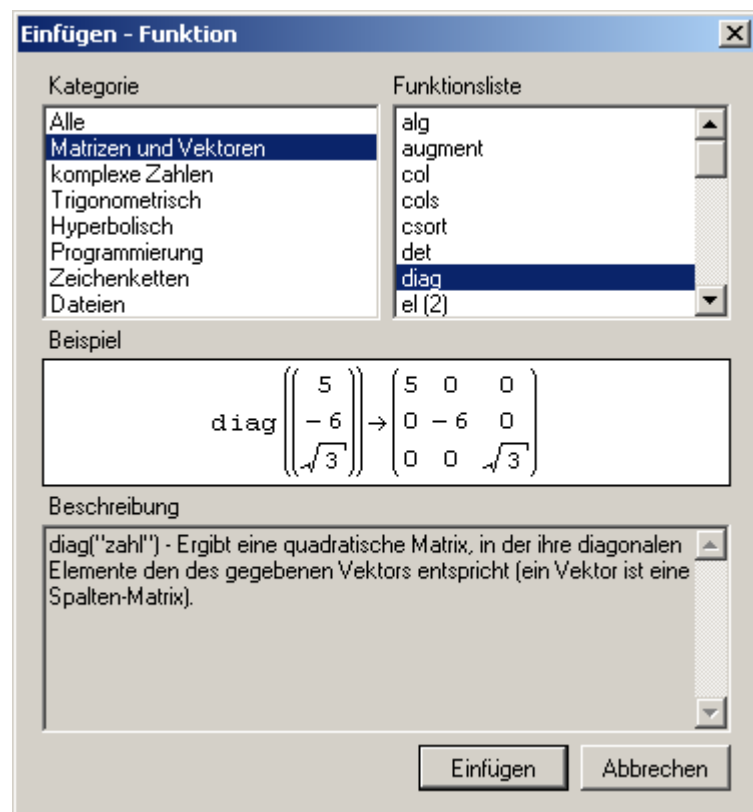
- **Strg-E**

Winkelfunktionen erwarten ihr Argument im Bogenmaß. Mit der Maßeinheit ° kann man sich aber behelfen.

$$\sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = 1$$

$$\sin(90^\circ) = 1$$

Beim Eintippen des Namens einer Funktion in einem Formelbereich bietet die dynamische Auswahl eine Liste passender bekannter Funktionsnamen an.



### 3.4.6 Internes Format

Der Inhalt jedes Formelbereichs wird intern als eine Textzeile dargestellt (eindimensionale oder serialisierte Form). Diese Darstellung wird in der Zwischenablage und beim Import oder Export symbolischer Ausdrücke verwendet.

In den .sm-Dateien wird das Format nicht verwendet, dort kommt eine XML-Darstellung in umgekehrter polnischer Notation zur Anwendung (UPN).

Das interne Format entspricht weitgehend der Zeichenfolge, mit der Ausdrücke von der Tastatur eingegeben werden.

Operatoren werden durch die zugehörigen internen Funktionen dargestellt (siehe auch Tabelle 4.2)

Man kann das interne Format eines Formelbereiches oder eines Teils davon ermitteln, indem man ihn markiert und in die Zwischenablage kopiert. Fügt man den Inhalt in einen existierenden Textbereich ein, erhält man die interne Darstellung.

Ein Beispiel: Ein markierter Ausdruck

wird mit **Strg**-**C** in die Zwischenablage kopiert. Er ist dort als

`d.A1: nthroot(I.A1*64/π,4)`

gespeichert.

## 3.5 Textbereich

Ein Textbereich enthält Text, der nicht mathematisch formatiert und nicht mathematisch ausgewertet wird.

Textbereiche entstehen, wenn Sie

- " (Anführungszeichen) am Cursor im Rechenblatt eintippen
- Text eintippen, der Leerzeichen enthält (bevor Rechenoperatoren auftreten, sonst wird der Bereich endgültig als Formel betrachtet)
- **Hauptmenü**> **Einfügen**> **Textbereich** aufrufen

Wenn Sie Objekte aus Mathematik-Bereichen einfügen, ist die Anzeige unterschiedlich. Manche Operatoren erscheinen formatiert (z.B. die Relationszeichen), andere erscheinen in ihrer Eingabetextversion oder als unbrauchbares Ersatzsymbol. Griechische Buchstaben erscheinen korrekt und können wie in Mathe-Bereichen erzeugt werden.

Textbereiche können als Ganzes einheitlich formatiert werden:

- Schriftgröße (Werkzeugleiste > Auswahlbox)
- Schriftstil, z.B. **fett** (**Strg**-**B**), *kursiv* (**Strg**-**I**) oder unterstrichen (**Strg**-**U**)
- Rahmen an/aus (Werkzeugleiste > „Element umrahmen ein/aus“)
- Hintergrundfarbe (Werkzeugleiste > „Hintergrundfarbe“)
- Textfarbe (Werkzeugleiste > „Textfarbe“)

### 3.5.1 Zeilenumbruch

Es gibt keinen automatischen Zeilenumbruch. Eine neue Zeile wird angefangen mit

- `Strg` - `↵` oder `↑` - `↵` , neue Zeile im gleichen Textbereich, oder
- `↑` , neue Zeile in neuem Textblock, linksbündig ausgerichtet.

## 3.6 Diagrammbereich

2D-Diagrammbereiche werden erzeugt mit

- `@`
- **Hauptmenü**> **Einfügen**> **Diagramm**> **Zweidimensional**

3D-Diagrammbereiche werden mit **Hauptmenü**> **Einfügen**> **Diagramm**> **Zweidimensional** erzeugt.

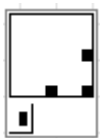
Details zur Erzeugung von Diagrammen sind im Kapitel 115 zu finden.

## 3.7 Bereiche aus externen Plugins

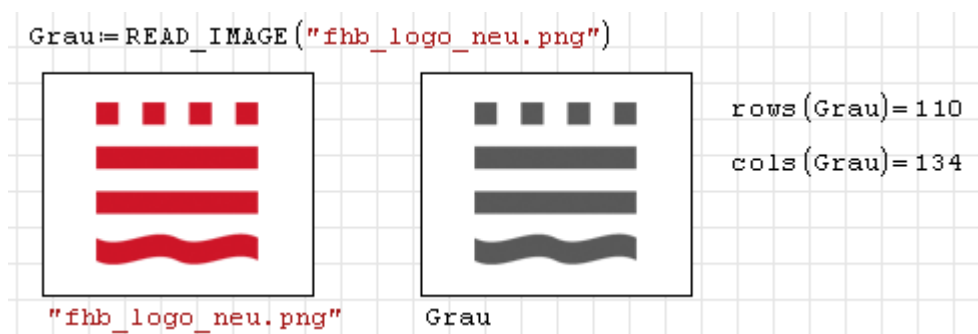
Externen Plugins können Bereichstypen bereitstellen, die man dann unter **Hauptmenü**> **Einfügen**> findet. Die meisten dieser Bereiche befinden sich noch im Experimentierstadium. Einige davon werden hier erwähnt, weil sie bereits mit Vorteil angewendet werden können.

### Image-Bereich

Dieser wird vom Plugin *ImageRegion* bereitgestellt und mit **Hauptmenü**> **Einfügen**> **Image** eingefügt.



In den Platzhalter kann ein Dateiname oder eine Matrix geschrieben werden.



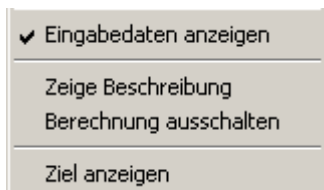
Die Funktionen `Draw2D()` und `Draw3D()` erzeugen Bilddateien, die mit dem Image-Bereich angezeigt werden können.

## Hyperlink-Bereich

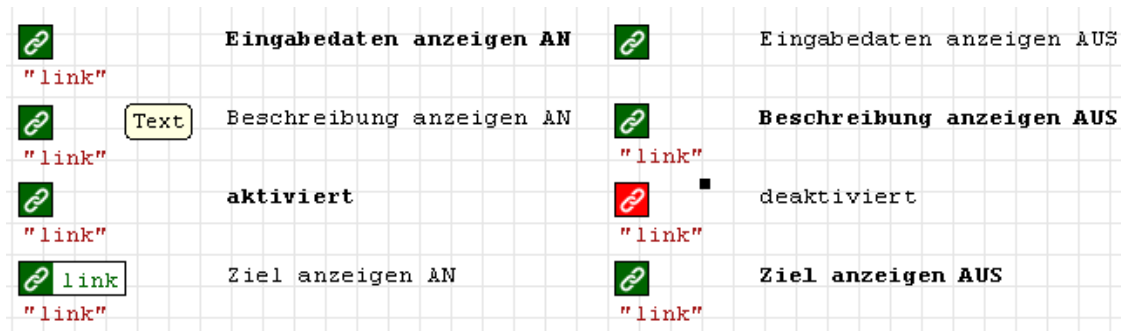
Dieser Bereich wird vom Plugin *Hyperlink Region* bereitgestellt. Eingefügt wird er mit **Hauptmenü**> **Einfügen**> **Hyperlink** oder mit **Strg**-**H** .



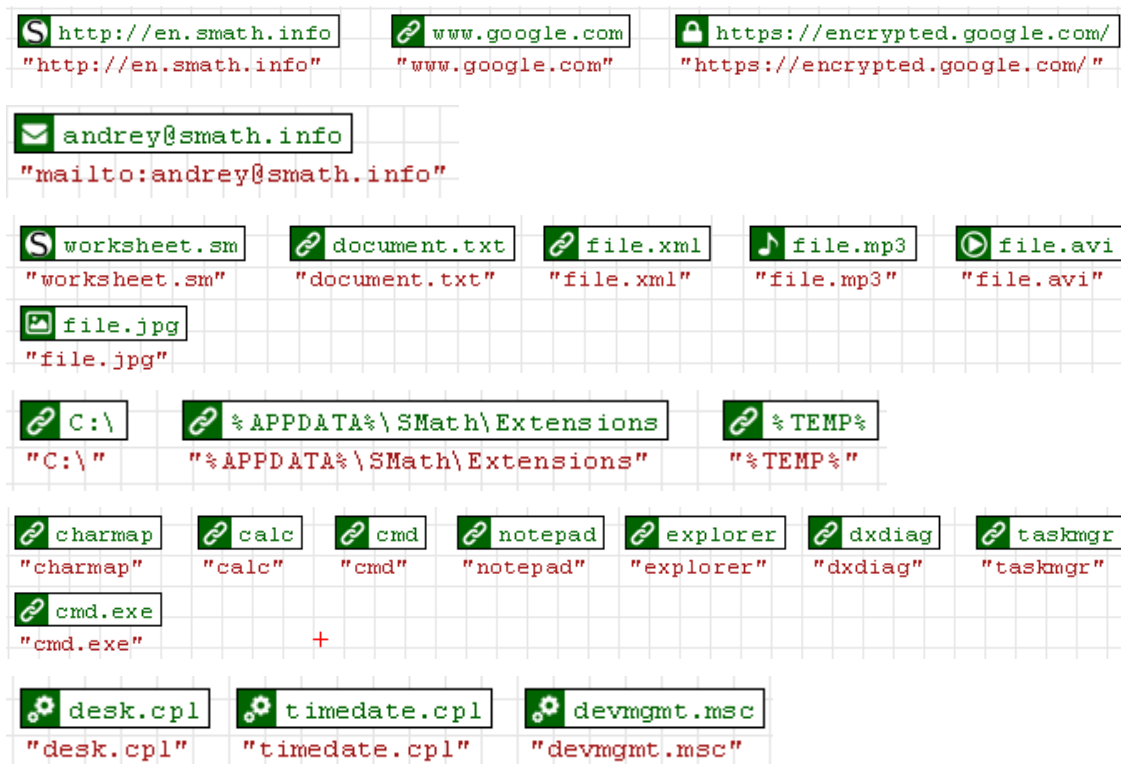
In den Platzhalter kann man das Verweisziel als Zeichenkette einfügen. Das Erscheinungsbild kann im Kontextmenü mit vier Optionen beeinflusst werden:

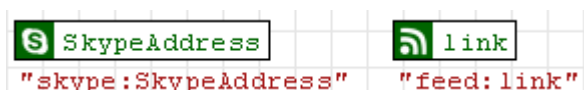


Im folgenden Beispiel sind die Standardeinstellungen hervorgehoben:



Hyperlink-Bereiche können auf die verschiedensten Ziele verweisen, z.B. Dateien, Verzeichnisse, Internet-Seiten oder Programme. Je nach Typ passt sich das Symbol im Hyperlink-Bereich an. Hier einige Beispiele:

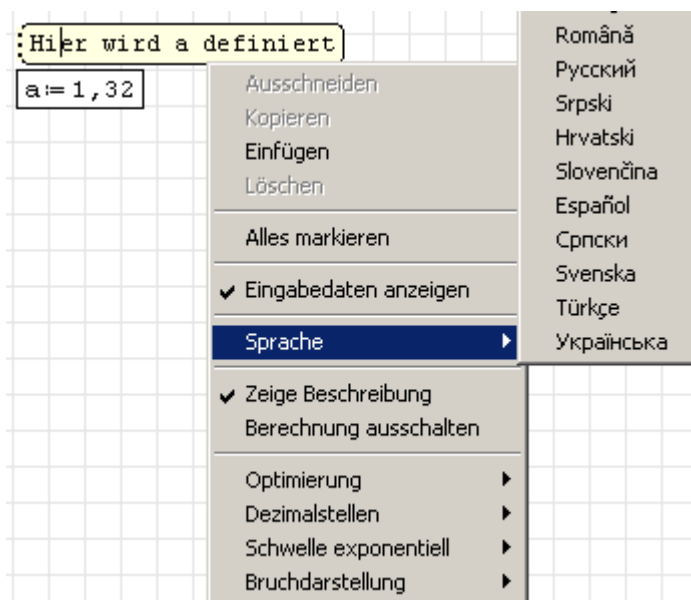




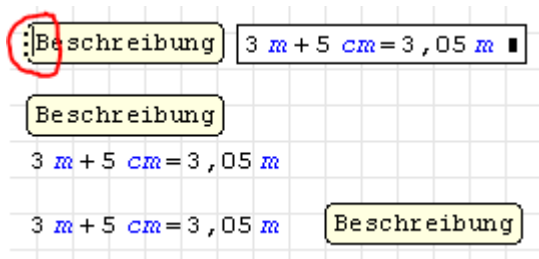
Dateien und Programme werden mit dem Windows-Befehl *run* gestartet. Relative Pfadangaben beziehen sich auf das aktuelle Verzeichnis, das nicht unbedingt das Verzeichnis ist, in dem sich das aktuelle Dokument befindet.

## 3.8 Beschreibungstexte

SMath besitzt einen Mechanismus, mit dem Beschreibungstexte für Bereiche mehrsprachig angegeben werden können. Die Beschreibung wird im Kontextmenü mit der Einstellung „Zeige Beschreibung“ aktiviert. Die Sprache ist auf die Sprache der Benutzeroberfläche vor-eingestellt. Sie kann im Kontextmenü umgestellt werden, so dass für jede unterstützte Sprache ein Text eingegeben werden kann. Auf diese Weise kann man mehrsprachige Dokumente erzeugen, die in der jeweils vom Benutzer eingestellten Sprache angezeigt werden.



Beschreibungstexte können mit der Maus an verschiedene Seiten des jeweiligen Bereichs gezogen werden. Fassen Sie beim Ziehen an dem rot markierten, gepunkteten Rand an.



Werden in einem Formelbereich Variablen oder Funktionen definiert, so sind die Beschreibungstexte der dynamischen Auswahl bekannt (spätestens nach einmaliger Neuberechnung des Rechenblatts):

Querschnittsbreite      Querschnittshöhe

$b := 1 \text{ cm}$        $h := 3 \text{ cm}$

Axiales Flächenträgheitsmoment eines Rechtecks der Höhe  $h$  und der Breite  $b$  um die Querachse

$$I(b; h) := \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

I

- ICDF Binomial
- ICDF Cauchy (1)
- ICDF Cauchy (3)
- ICDF Exponential (1)

Axiales Flächenträgheitsmoment eines Rechtecks der Höhe  $h$  und der Breite  $b$  um die Querachse

$$I(b; h) = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

TAB drücken zum Einfügen

Beschreibungstexte an Definitionen können auch mit der Funktion `description()` abgefragt werden. Bei Funktionen muss die korrekte Anzahl von Argumenten angegeben werden, da sich die Definitionen je nach deren Anzahl unterscheiden können.

```
description(b) = "Querschnittsbreite"
description(h) = "Querschnittshöhe"
description(I(b; h)) = "Axiales Flächenträgheitsmoment eines Rechtecks"
```

Beschreibungstexte werden im SMath Viewer (Kapitel 8) für Formelbereiche als Beschriftungstext benutzt, der den Formelinhalt ersetzt.

## 3.9 Trennlinien und Blattbereiche

Trennlinien und Blattbereiche dienen der Strukturierung des Rechenblatts. Beim Export in den SMath Viewer haben sie besondere Formatierungswirkung (Kapitel 8).

**Trennlinien** werden eingefügt mit **Hauptmenü > Einfügen > Trennlinie** oder mit **Strg** - .

Im Rechenblatt erzeugen sie einen Seitenumbruch, der nur in der Druckansicht von Bedeutung ist. Im Viewer erzeugen sie eine neue Registerkarte.

Trennlinien können mit einem Titel versehen werden, der im Viewer als Titel für die Registerkarte benutzt wird.

— Trennlinie mit Titel —

Trennlinien können wie alle anderen Bereiche auch nach Anklicken mit der Maus oder nach Markieren mit der Maus oder den Pfeiltasten verschoben werden.

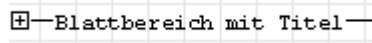
**Blattbereiche** bestehen aus zwei zusammengehörigen Trennlinien, die die dazwischen liegenden Bereiche gruppieren. Sie werden eingefügt mit **Hauptmenü > Einfügen > Bereich**.

☐ — Blattbereich mit Titel —

a = 1    b = 2

Die Trennlinien können dann nach Bedarf verschoben werden, um den gewünschten Bereich einzugrenzen.

Die Gruppe kann durch Anklicken der Box  eingeklappt werden. Dann sieht man nur noch die obere Trennlinie mit dem Titel und einer Box , mit der man den Bereich wieder aufklappen kann.



Im Viewer werden eingeklappte Blattbereiche nicht angezeigt, aufgeklappte Bereiche werden mit einer Box umrahmt.

## 3.10 Mehrsprachige Arbeitsblätter

SMath Studio ist von vornherein auf die Unterstützung verschiedener Sprachen angelegt. Das betrifft nicht nur die Benutzeroberfläche, sondern auch die Arbeitsblätter selbst.

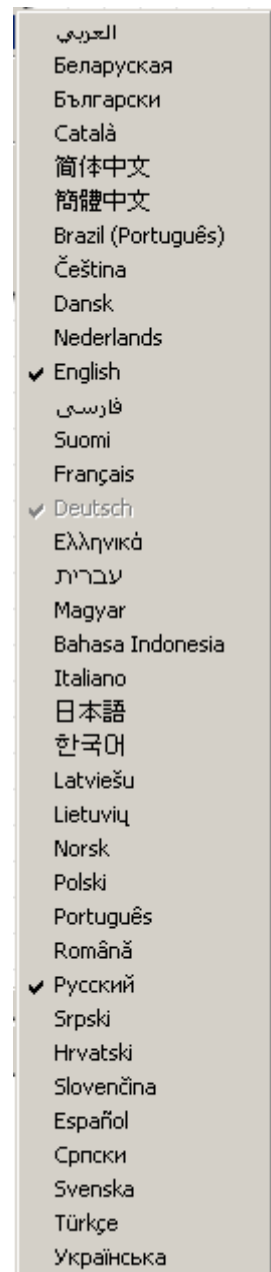
Für einige Elemente können alternative Sprachvarianten angegeben werden. Je nach dem, welche Sprache der Benutzer für die Oberfläche eingestellt hat, bekommt er die jeweilige Sprachvariante zu sehen, wenn sie vorhanden ist.

Alternative Sprachvarianten können angegeben werden für

- Dateieigenschaften
- Beschreibungstexte an Formel- und Diagrammbereichen
- Trennlinien und Überschriften von Blattbereichen

Die Spracheinstellung ist bei Beschreibungstexten, Trennlinien und Blattbereichsüberschriften über das Kontextmenü erreichbar. In nebenstehendem Bild ist die aktuelle Einstellung (Deutsch) ausgegraut und die weiteren verfügbaren Beschreibungen (Englisch, Russisch) sind angehakt.

Die Angaben zu den Dateieigenschaften (Titel, Autor, Beschreibung, Firma, Stichworte) können in mehreren Sprachen angegeben werden. Der Dialog wird aufgerufen mit **Hauptmenü > Datei > Eigenschaften**. Dort kann man unter „Sprache“ auswählen, in welcher Sprache man die Angaben machen will. Theoretisch könnte man dies für alle verfügbaren Sprachen parallel tun.





Einige der Angaben wirken sich auf den Export des Arbeitsblatts als ausführbares Programm aus (SMath Viewer, siehe Kapitel 8)

## 3.11 Einstellungen

Die Einstellungen sind auf mehrere Dialoge verteilt.

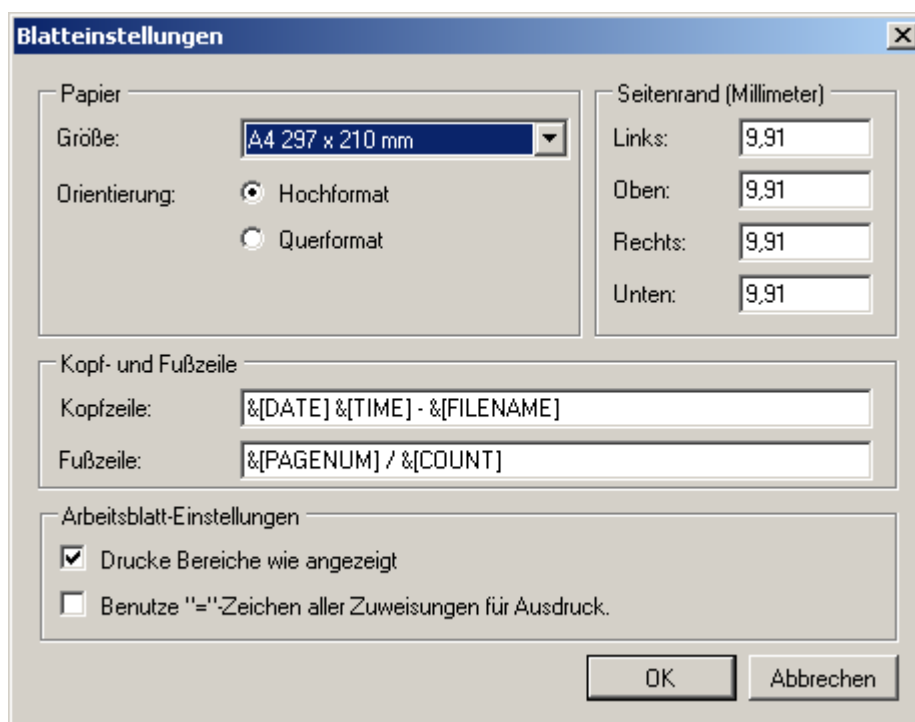
**Blatteinstellungen** Format, Ränder, Kopf- und Fußzeile, Abbildung, Abschnitt 3.11.1

**Dateieigenschaften** Standard-Dialog, nicht zwingend erforderlich, Abschnitt 3.11.2

**Einstellungen** Einstellungen zur Berechnung und zur Benutzeroberfläche, Abschnitt 3.11.3

### 3.11.1 Dialog „Blatteinstellungen“

Aufruf: **Hauptmenü**> **Datei**> **Blatteinstellungen**



### 3.11.1.1 Platzhalter für die Kopf- und Fußzeile:

Platzhalter	Inhalt
&[DATE]	Datum
&[TIME]	Uhrzeit
&[FILENAME]	Dateiname
&[PAGENUM]	aktuelle Seite
&[COUNT]	Seitenzahl

Tabelle 3.3: Platzhalter für Kopf- und Fußzeile

### 3.11.1.2 Weitere Optionen:

**Drucke Bereiche wie angezeigt** Probieren!

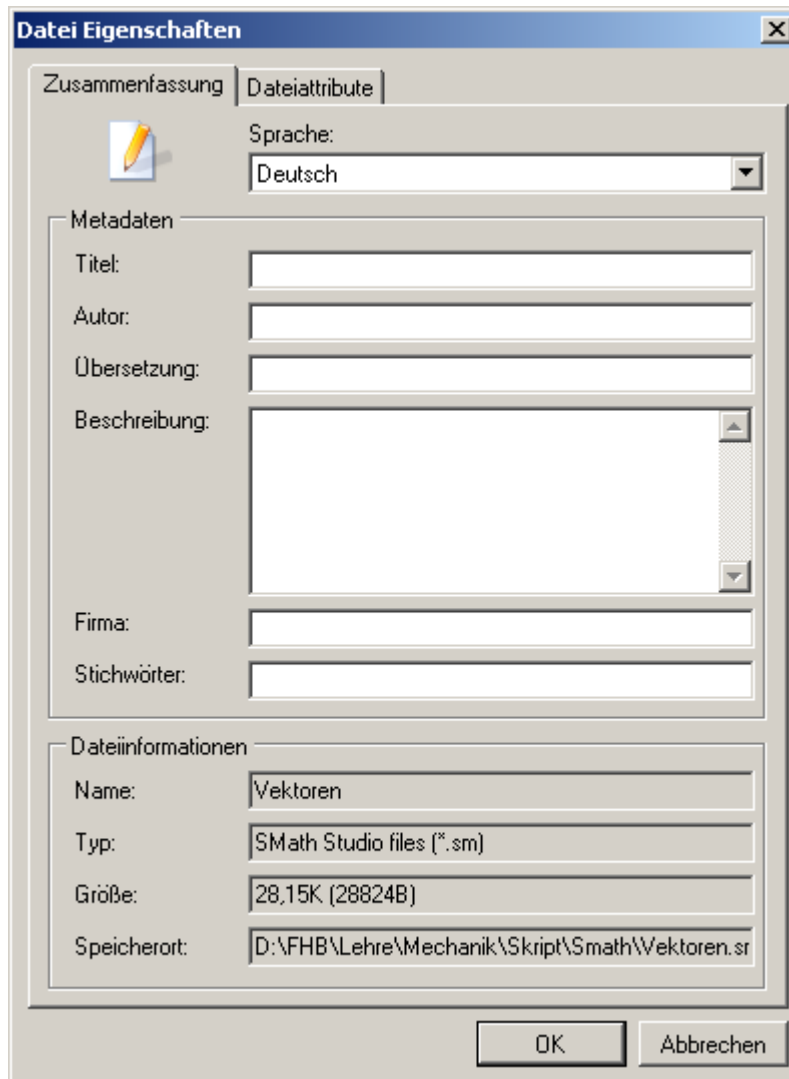
**Benutze „=”-Zeichen aller Zuweisungen für Ausdruck** Standardmäßig ist := der Zuweisungsoperator. Bei der Druckausgabe kann man aber das normale Gleichheitszeichen benutzen. Davon ist abzuraten, denn damit wird eine Abweichung von Erscheinungsbild und Funktion erzeugt.

## 3.11.2 Dialog „Datei Eigenschaften“

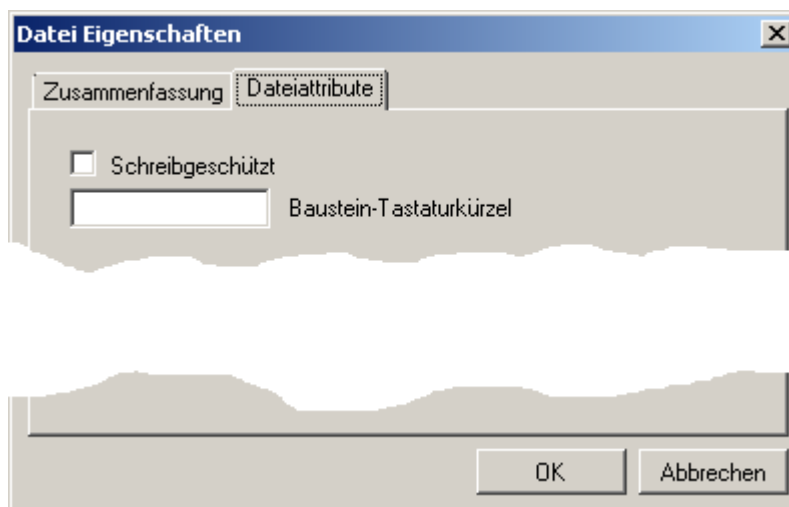
Aufruf: **Hauptmenü> Datei> Eigenschaften**

### 3.11.2.1 Einstellungsseite „Zusammenfassung“

Die Einträge sind alle selbsterklärend. Die Felder sind wichtig, wenn die Datei als Code-Baustein (snippet) oder Beispiel verwendet werden soll. Dann werden diese Daten im entsprechenden Auswahldialog angezeigt. Beim Export als ausführbare Anwendung (siehe Kapitel 8) werden die englischsprachigen Angaben zu Titel, Autor und Firma im Dateimanager angezeigt.



### 3.11.2.2 Einstellungsseite „Dateiattribute“

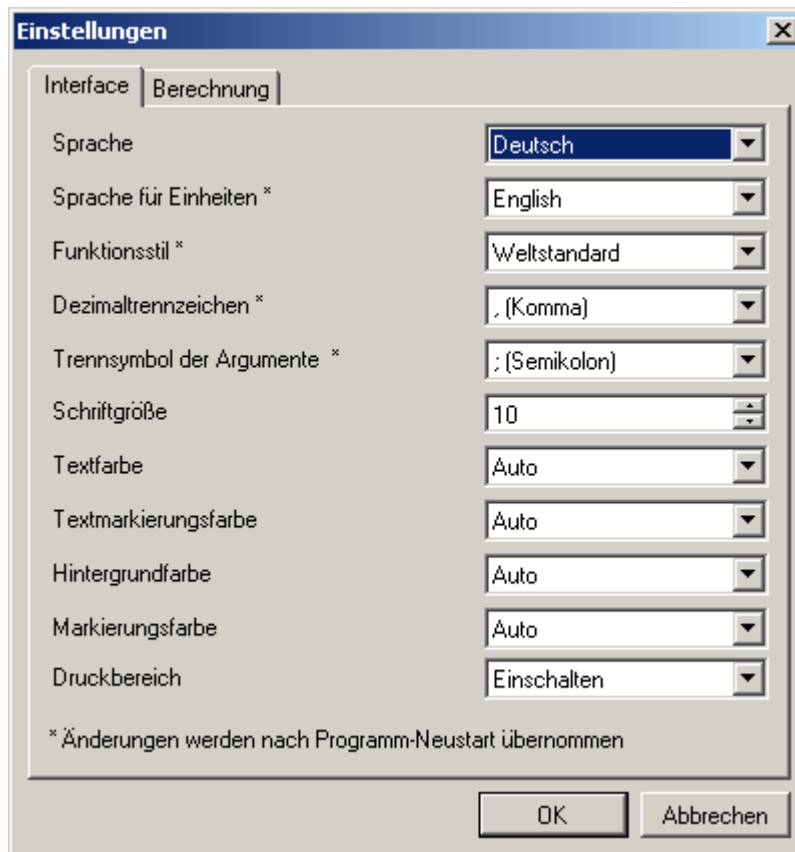


**Baustein-Tastaturkürzel** Name, unter dem das Rechenblatt in ein anderes Rechenblatt eingefügt werden kann (Code-Baustein, siehe Abschnitt 7.5). Dafür muss die Datei im Verzeichnis „Snippets“ des Installationsverzeichnis liegen.

### 3.11.3 Dialog „Einstellungen“

Aufruf: **Hauptmenü**> **Extras**> **Einstellungen**

#### 3.11.3.1 Einstellungsseite „Interface“



**Sprache** Sprache der Bedienoberfläche. Eine breite Auswahl wird angeboten. Die vorliegende Anleitung setzt „Deutsch“ voraus.

**Sprache für Einheiten** Darstellung der Maßeinheiten. Neben dem Standard „English“ gibt es dänische und russische Versionen (bei letzterer kommen dann kyrillische Buchstaben vor). Für deutsche Benutzer ist „English“ angemessen.

**Funktionsstil** Steuert die Namen der Arkus-Funktionen (Umkehrfunktionen der Winkelfunktionen). „Weltstandard“ bedeutet  $\text{asin}$ ,  $\text{acos}$ ,  $\text{atan}$  usw. „Europa“ bedeutet  $\text{arcsin}$ ,  $\text{arccos}$ ,  $\text{arctan}$  usw.

**Dezimaltrennzeichen** Trennzeichen vor den Nachkommastellen von Dezimalbrüchen. Für deutsche Benutzer ist „Komma“ angemessen. Alternativen sind „Punkt“, wie es im Englischen üblich ist, oder „Semikolon“, was eine nirgendwo gebräuchliche Variante ist.

**Trennzeichen für Argumente** Trennzeichen zwischen den Argumenten von Funktionen mit mehreren Parametern. Wenn das Dezimaltrennzeichen auf „Komma“ steht, sollte hier „Semikolon“ verwendet werden.

**Schriftgröße** Voreinstellung der Schriftgröße für neu eingefügte Text- oder Mathebereiche. Die Voreinstellung ist 10 Punkt. Die dargestellte Größe kann auch durch Mausrad-Zoom (nach Klick auf den Hintergrund des Rechenblatts) verstellt werden.

**Textfarbe** Voreinstellung für neu eingefügte Text- oder Mathebereiche. Es stehen vordefinierte Grundfarben und die Voreinstellung „Auto“ zur Verfügung. Es gibt keinen guten Grund, hier rumzuspielen.

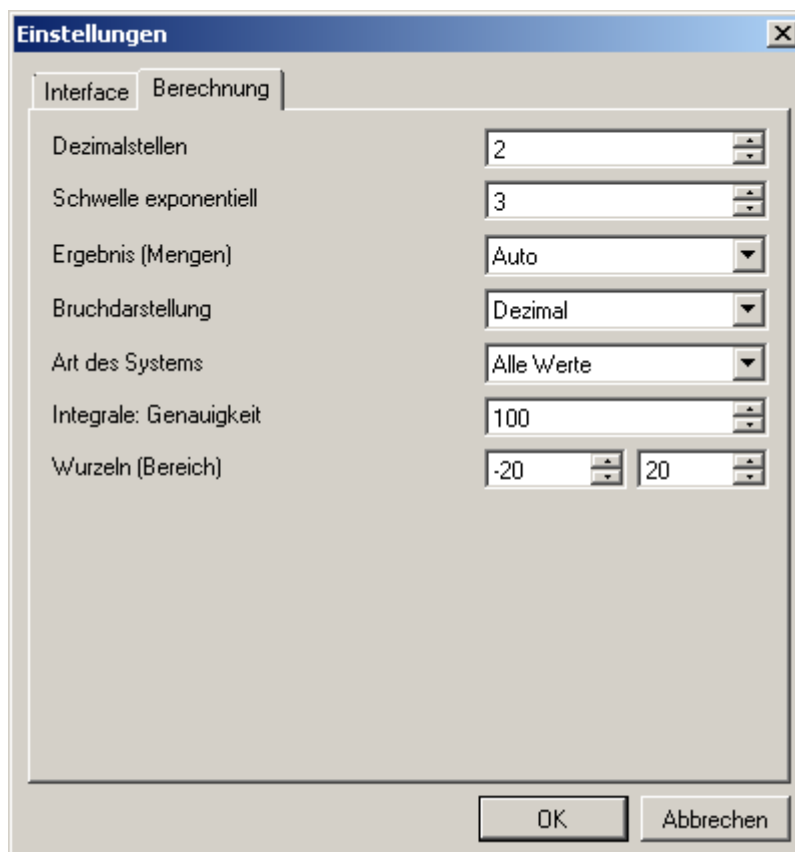
**Textmarkierungsfarbe** Voreinstellung für die Farbe, in der markierter Text in neu eingefügten Textbereichen erscheint. Es stehen vordefinierte Grundfarben und die Voreinstellung „Auto“ zur Verfügung. Es gibt keinen guten Grund, hier rumzuspielen.

**Hintergrundfarbe** Voreinstellung für die Hintergrundfarbe neu eingefügter Text- oder Mathebereiche. Es stehen vordefinierte Grundfarben und die Voreinstellung „Auto“ zur Verfügung. Es gibt keinen guten Grund, hier rumzuspielen.

**Markierungsfarbe** Voreinstellung für die Markierungsfarbe in neu eingefügten Text- oder Mathebereichen. Es stehen vordefinierte Grundfarben und die Voreinstellung „Auto“ zur Verfügung. Es gibt keinen guten Grund, hier rumzuspielen.

**Druckbereich** Voreinstellung für die Anzeige von Seitenumbruch und Rand auf dem Rechenblatt. Diese kann für die laufende Sitzung mit **Hauptmenü**> **Anzeige**> **Druckbereich** geändert werden. Geänderte Voreinstellungen werden nach Neustart des Programms übernommen.

### 3.11.3.2 Einstellungsseite „Berechnung“



**Dezimalstellen** Voreinstellung für die angezeigten Nachkommastellen (0...15). Kann im Kontextmenü für markierte Mathebereiche geändert werden. Gegebenenfalls wird wissenschaftlich gerundet. Nullen am Ende des Nachkommanteils werden nur angezeigt, wenn dies im Kontextmenü des jeweiligen Formelbereichs angewählt wird.

**Schwelle exponentiell** Voreinstellung für den Übergang auf abgetrennte Zehnerpotenzen (0...15). Gilt für negative und positive Exponenten. Kann im Kontextmenü geändert werden.

**Ergebnis (Mengen)** „komplex“, „reell“, „imaginär“, „Auto“, „Standard“

**Bruchdarstellung** Dezimal, gewöhnlich, Auto

**Art des Systems** „Alle Werte“, „wiederholte Werte nur einmal“

**Integrale: Genauigkeit** Intervallzahl bei numerischer Integration, in 50er Schritten einstellbar.

**Wurzeln (Bereich)** Intervall, in welchem mit der Funktion `solve()` nach Nullstellen gesucht wird.

## 3.12 Die Zwischenablage

### 3.12.1 Aus SMath in die Zwischenablage kopieren

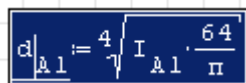
Ausdrücke in Formelbereichen und Text in Textbereichen können markiert und mit **Strg**-**C** in die Zwischenablage übernommen werden. Der Inhalt steht auch Anwendungen außerhalb SMath zur Verfügung.

Benutzt wird ein internes Textformat, das weitgehend den Tastatureingaben für den Ausdruck entspricht. Siehe dazu auch Abschnitt [3.4.6](#)

### 3.12.2 Übernahme von Ausdrücken in Forumbeiträge

Eine Anwendung ist die Übernahme von Ausdrücken aus SMath in Forumbeiträge. Wenn man sie im Forum-Beitragseditor zwischen die Marken `[MATH]` und `[/MATH]` setzt, dann werden sie wie in SMath formatiert angezeigt. Bei deutschen Einstellungen für Dezimaltrennzeichen und Argumenttrennzeichen (Komma und Semikolon) muss das Argument `lang=ENG` hinzugefügt werden.

Ein Beispiel: In SMath wird der Ausdruck

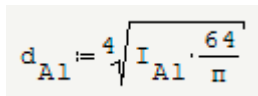


markiert und mit **Strg**-**C** in die Zwischenablage kopiert.

Im Forum-Editor fügt man mittels **BB/** die Marken `[MATH]` `[/MATH]` ein, ergänzt `lang=ENG` und fügt den Inhalt der Zwischenablage zwischen den Marken ein, so dass dann dasteht:

```
[MATH lang=ENG]d_{A1}:=\sqrt[4]{I_{A1}\cdot\frac{64}{\pi}}[/MATH]
```

Das wird dann im Forum (mit „Preview“ zu prüfen) so angezeigt:



### 3.12.3 Einfügen aus der Zwischenablage

Aus der Zwischenablage können folgende Arten von Daten eingefügt werden:

- Bilder: Rastergrafiken werden als Bildbereich eingefügt, der anschließend in der Größe geändert und verschoben werden kann.
- Text: Gültige SMath-Ausdrücke im internen SMath-Format können eingefügt werden:
  - in Formelbereiche (wenn die Einfügemarke darin steht) oder
  - als Formelbereiche (wenn die Einfügemarke auf dem Blatt steht).
- Enthält die Zwischenablage Leerzeichen, wird der Inhalt als Textbereich eingefügt. Befindet man sich in einem Formelbereich, wird das Einfügekommendo ignoriert.

Das Einfügen von Text in Formelbereiche, etwa um eine durch Anführungszeichen "" erzeugte Zeichenkette mit Inhalt zu füllen, ist nicht möglich. Das ist insbesondere bei Dateioperationen lästig, wenn man Dateinamen einfügen will.

Mit folgendem Trick kann man sich helfen:

1. Einfügen des Textes als Textbereich
2. Ergänzung der Anführungszeichen
3. Kopieren des Textes mit Anführungszeichen
4. Einfügen in einen Formelbereich, der Ausdruck wird als Zeichenkette erkannt.

## 3.13 Verzeichnisse

In SMath Studio spielen drei Verzeichnisse eine Rolle, die jeweils mit einer Funktion angezeigt werden können:

```

Aktuelles Verzeichnis
CurrentDirectory("")="D:\Programme\SMath\SMath Studio\"

Dokumentverzeichnis
DocumentDirectory("")="D:\FHB\Software\SMath\SMath Skript\Bilder\"

Einstellungsverzeichnis
SettingsDirectory("")="C:\Users\Kraska\AppData\Roaming\SMath\"

```

Außerdem ist noch das Installationsverzeichnis wichtig, welches man sich allerdings nicht anzeigen lassen kann.

Arbeitet man mit externen Dateien, dann ist es in der Regel sinnvoll, das aktuelle Verzeichnis auf das Dokumentverzeichnis zu setzen. So beziehen sich relative Pfadnamen auf das Verzeichnis, wo das aktuell offene Rechenblatt liegt:

```

dir:=CurrentDirectory(DocumentDirectory(""))
dir="D:\FHB\Software\SMath\SMath Skript\Bilder\"

```

## Installationsverzeichnis

Das Installationsverzeichnis ist das Verzeichnis, wo SMath installiert wurde, z.B. `D:\Programme\SMath\`. Dort liegt die ausführbare Datei `SmathStudio_Desktop.exe`. Wird SMath Studio über das Startmenü gestartet, dann ist dieses Verzeichnis auch das aktuelle Verzeichnis (*current directory*).

Im Installationsverzeichnis befinden sich weitere Unterverzeichnisse:

**book** Hier liegt das mitgelieferte Referenzmaterial (Mathematik-Formelsammlung). In der inoffiziellen portablen Distribution liegt hier auch das interaktive zweisprachige Handbuch (deutsch/englisch).

**entries** Enthält momentan nur die Maßeinheitendefinition.

**examples** Mitgelieferte Beispieldateien.

**extensions** In der portablen Version legt die Erweiterungsverwaltung (siehe Kapitel 10) hier die aus der Online-Galerie heruntergeladenen Erweiterungen (Plugins, Code-Bausteine, Beispiele) ab.

**lang** Texte für die verschiedenen Sprachversionen der Benutzeroberfläche.

**plugins** Hier liegen die dynamisch gelinkte Bibliotheken (.dll) des Standard-Programms.

**snippets** Hier liegen die als .sm Dateien bereitgestellten Bausteine (Snippets), siehe Kapitel 7.5.

## Einstellungsverzeichnis

Dies ist das Verzeichnis, in welchem SMath benutzerspezifische Daten ablegt, darunter auch die Datei `settings.inf` mit den Programmeinstellungen. Der Erweiterungsmanager legt hier die Verzeichnisstruktur *Extensions* an, in der die heruntergeladenen Erweiterungen abgelegt werden.

Dieses Verzeichnis wird zum Beispiel von den Funktionen `wfile()` (Seite 290), `rfile()` (Seite 290) oder `dfile()` (Seite 235) benutzt.

Man kann das Verzeichnis mit der Funktion `SettingsDirectory()` aus dem Plugin *custom-Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3) ermitteln:

```
SettingsDirectory(■) = "C:\Users\Kraska\AppData\Roaming\SMath\"
SettingsDirectory(0) = "C:\Users\Kraska\AppData\Roaming\SMath\"
```

Bei der Installer-Version liegt dieses Verzeichnis in der Windows-Anwenderdatenstruktur, bei der portablen Version ist das Einstellungsverzeichnis mit dem Installationsverzeichnis identisch.

## Aktuelles Verzeichnis

Einige Dateifunktionen wie `ImportData()` (siehe Seite 260) oder `exportData.CSV()` benötigen Dateinamen oder Pfade, die entweder relativ oder absolut sein können.

Relative Namen beziehen sich auf das aktuelle Verzeichnis, absolute Namen enthalten den vollständigen Pfad.

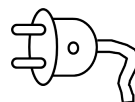
Das aktuelle Verzeichnis ist das Verzeichnis, wo SMath gestartet wurde. Wird das Programm ohne zu öffnende Datei gestartet, dann ist das Installationsverzeichnis, also da, wo die ausführbare Datei liegt, das aktuelle Verzeichnis.

Wurde eine .sm-Datei als registrierter Dateityp im Dateimanager gestartet, dann wird das Verzeichnis, wo die .sm-Datei liegt, das aktuelle Verzeichnis.

Das aktuelle Verzeichnis ändert sich nicht, wenn eine Datei an anderer Stelle gespeichert wird.

Mit der Funktion `CurrentDirectory()` aus dem Plugin *MathcadFileAccess* (siehe Abschnitt 10.2.9) kann das aktuelle Verzeichnis ermittelt und gesetzt werden:

```
CWD:=CurrentDirectory("")
CurrentDirectory("")="D:\FHB\Software\SMath\SMath Skript\SMath\MathcadFileAccess\"
CWD="D:\FHB\Software\SMath\SMath Skript\SMath\MathcadFileAccess\"
CurrentDirectory("d:\tmp")="d:\tmp\"
CurrentDirectory(CWD)="D:\FHB\Software\SMath\SMath Skript\SMath\MathcadFileAccess\"
```



## Dokumentverzeichnis

Das Dokumentverzeichnis ist das Verzeichnis, in welchem das aktuell offene Dokument liegt. Man kann es mit der Funktion `DocumentDirectory()` anzeigen. Mit der Kombination `CurrentDirectory(DocumentDirectory(""))` kann man sicherstellen, dass das aktuelle Verzeichnis auf das Dokumentverzeichnis gesetzt ist.

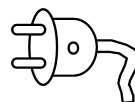
Damit das funktioniert, muss allerdings das aktuelle Rechenblatt bereits gespeichert und nach dem Speichern mindestens einmal ausgeführt worden sein. Auch nach dem Wechseln in ein anderes Rechenblatt muss man dieses zunächst ausführen (neu berechnen), damit das Dokumentverzeichnis richtig gesetzt ist.

## Systemverzeichnisse

Unter Windows können einige Systemverzeichnisse mit der Funktion `GetFolderPath()` aus dem Plugin *MathcadFileAccess* (siehe Abschnitt 10.2.9) bestimmt werden. Die Funktion muss mit einer Kennzahl aufgerufen werden und liefert dann den zugehörigen Pfad als Zeichenkette:

PROGRAMS := 2	PERSONAL := 5	FAVORITES := 6	STARTUP := 7	RECENT := 8	SEND TO := 9
STARTMENU := 11	MUSIC := 13	DESKTOP := 16	TEMPLATES := 21	APPDATA := 26	
LOCALAPPDATA := 28	INTERNETCASH := 32	COOKIES := 33	HISTORY := 34		
COMMONAPPDATA := 35	SYSTEM := 37	PROGRAMFILES := 38	PICTURES := 39		
COMMONPROGRAMFILES := 43					

Hier einige Beispiele:



```

GetFolderPath(PERSONAL)="C:\Users\Kraska\Documents"
GetFolderPath(FAVORITES)="C:\Users\Kraska\Favorites"
GetFolderPath(COOKIES)="C:\Users\Kraska\AppData\Roaming\Microsoft\Windows\Cookies"
GetFolderPath(HISTORY)="C:\Users\Kraska\AppData\Local\Microsoft\Windows\History"
GetFolderPath(COMMONAPPDATA)="C:\ProgramData"
GetFolderPath(SYSTEM)="C:\Windows\system32"

```

## 3.14 Import/Export

SMath Studio verfügt über umfangreiche Möglichkeiten zum Import oder Export von Rechenblättern, Daten und Bildern. Diese Funktionen sind an verschiedenen Stellen verfügbar:

- Im Hauptmenü unter **Datei> Speichern unter**. Dort kann das ganze Rechenblatt in verschiedenen Formaten exportiert werden.
- Als Schreib- oder Lesefunktionen für bestimmte Dateitypen (Text, Tabellenkalkulation, Bilder, Audio, allgemeine Binärdateien).
- Der Image-Bereich kann externe Bild-Dateien anzeigen.
- Der Snapshot-Bereich kann Ausschnitte des Rechenblatts als Bilddatei exportieren.

Das aktuelle Rechenblatt kann über **Hauptmenü> Datei> Speichern unter** in verschiedenen Formaten abgespeichert/exportiert werden.

Format	Endung	Export	Import	Bemerkung
SMath Studio XML-Format	sm	++	++	
komprimiertes SMath Studio XML-Format	smz	++	++	
MathCad XML-Format	xmcd	o	o	Plots können nicht exportiert werden
HTML	htm	++		Formeln und Bilder als Grafik
Rastergrafik	bmp, png, gif, jpg	++		Ein einziges Bild ohne Seitenumbruch
Xe $\LaTeX$	tex	++		mit Xe $\LaTeX$ zu compilieren Erfordert Plugin <i>DataExchange</i> (Seite 206)
OpenOffice Text	odt	+		Erfordert Plugin <i>DataExchange</i> (Seite 206)
Ausführbare Datei	.exe	+		Siehe Kapitel 8. Das Maxima-Plugin wird nicht unterstützt.

Tabelle 3.4: Unterstützte Export- und Importformate für SMath-Dokumente

Ein direkter pdf-Export ist nicht vorgesehen. Es gibt aber diverse PDF-Konverter, die sich als Druckertreiber installieren, so zum Beispiel PDF24.

Das Plugin *DataExchange* (siehe Abschnitt 10.2.4) stellt Exportformate für Formeln und Ergebnisse bereit.

Format	Endung	Exportfunktion	Importfunktion
Text mit Spaltentrennzeichen	csv	<code>exportData.CSV()</code> 240	<code>importData()</code> 260
MS Excel	xlsx	<code>exportData.XLSX()</code> 242	<code>importData.XLSX()</code> 262
OpenOffice Calc	ods	<code>exportData.ODS()</code> 241	<code>importData.ODS()</code> 260
OpenOffice Formel	odf	<code>exportData.ODF()</code> 240	

Tabelle 3.5: Export- und Importformate für Ergebnisse und Formeln.

Der odf- oder  $\text{\LaTeX}$ -Export ist hilfreich, wenn man Formeln in Texte übernehmen will.

Im Plugin *MathcadFileAccess* (Abschnitt 10.2.9) finden sich Funktionen für das Lesen und Schreiben von Binärdaten sowie für das Lesen von Rasterbilddaten.

Format	Endung	Exportfunktion	Importfunktion
Bilddaten	png, tif, bmp...		<code>READ_IMAGE()</code> 287
			<code>READ_RED()</code> 287
			<code>READ_GREEN()</code> 286
			<code>READ_BLUE()</code> 286
			<code>READRGB()</code> 287
	bmp		<code>READ_BMP()</code> 288
Audiodaten	wav	<code>WRITEWAV()</code> 304	<code>READWAV()</code> 289
Binärdateien (Matrizen)		<code>WRITEBIN()</code> 303	<code>READBIN()</code> 288

Tabelle 3.6: Mathcad-kompatible Datenaustauschfunktionen.

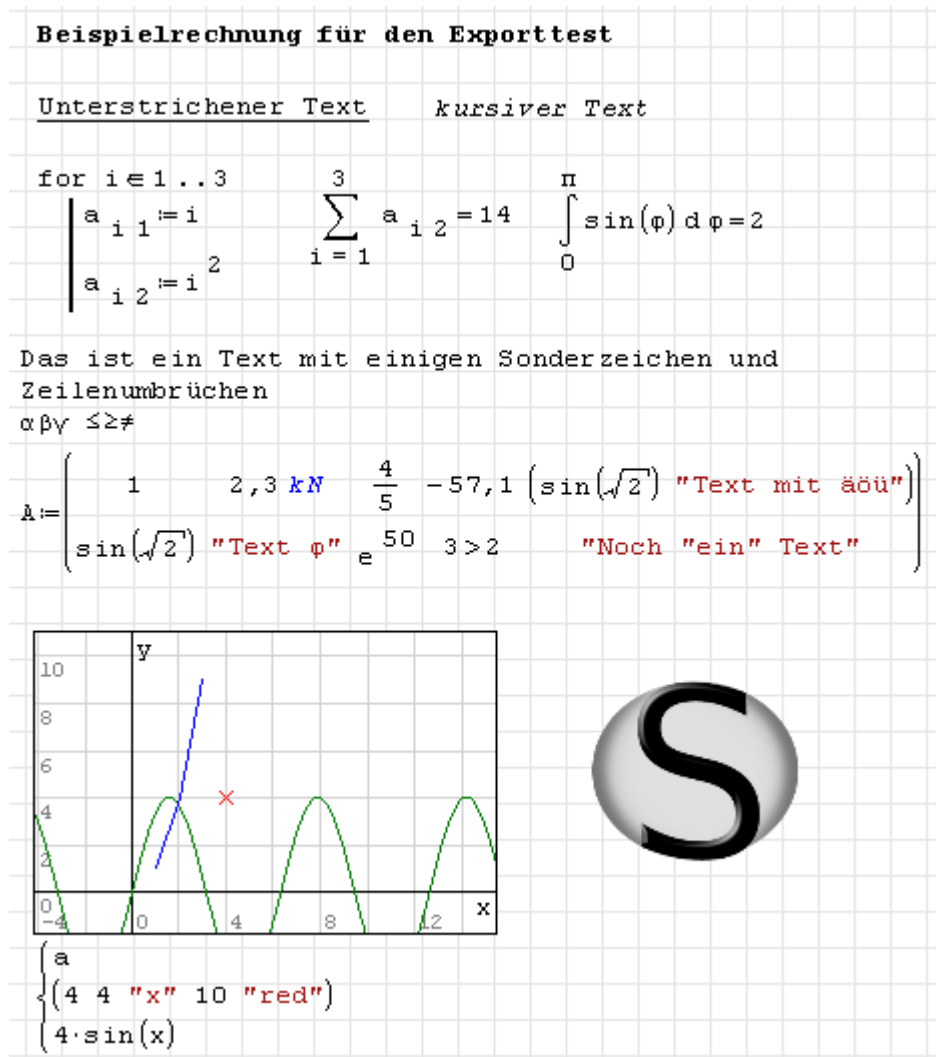


Abbildung 3.4: Rechenblatt zur Demonstration der Exportfunktionen

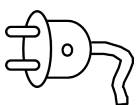
### 3.14.1 Schreiben und Lesen von XLSX- und ODS-Tabellen

Diese Funktionen sind mit dem Plugin *DataExchange* (siehe Abschnitt 10.2.4) verfügbar.

Die Exportfunktionen `exportData.XLSX()` und `exportData.ODS()` schreiben den Inhalt des ersten Arguments in eine Datei des passenden Typs. Typischerweise ist dieses Argument eine Matrix, die je nach Inhalt der Einträge unterschiedliche Exportergebnisse erzeugt:

- Zahlenkonstanten und Zeichenketten (z.B. 4,5, "ein Beispiel") werden als numerische bzw. Textzelle direkt übernommen.
- Ausdrücke werden zunächst numerisch ausgewertet. Ist das Ergebnis eine Zahl, wird diese exportiert (z.B. 2,0943951023932).
- Kann das Objekt nicht zu einer Zahl oder Zeichenkette ausgewertet werden, wird die interne symbolische Darstellung des Ausdrucks als Formel exportiert (z.B. `mat(1,2,2,1)`).

Die Importfunktionen `importData.XLSX()` und `importData.ODS()` lesen ein anzugebendes Blatt aus einer anzugebenden Datei. Optional kann eine Zelladresse oder ein Adressbereich angegeben werden.



Die Adressen sind als Zeichenkette aus Spalten-Kennbuchstabe und Zeilennummer anzugeben, also z.B. "A1", "B10".

Die Zellen werden je nach Inhalt unterschiedlich importiert:

- Zahlenkonstanten werden als solche übernommen.
- Textzellen werden als Zeichenketten importiert.
- numerisch auswertbare Formelzellen werden als Zahlen importiert.
- Formelzellen der Form `=mat(1,2,2,1)` werden als symbolische Ausdrücke importiert.

### Symbolische SMath-Ausdrücke in Rechentabellen

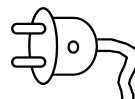
Symbolische Ausdrücke werden in ODS- oder XLSX-Dateien als Formelzelle in der Form `=mat(1,2,2,1)` gespeichert oder erwartet, also mit Gleichheitszeichen und eingeschlossen in Anführungszeichen.

Dabei werden die Standardeinstellungen für Dezimaltrenner (Punkt) und Argumenttrenner (Komma) verwendet. Die in diesem Handbuch empfohlene Einstellung (Komma und Semikolon) wird ignoriert.

In symbolischen Ausdrücken enthaltene Zeichenketten werden durch doppelte Hochkommas (') anstelle von Gänsefüßchen eingeschlossen, da letztere bereits den Ausdruck selbst markieren.

### 3.14.2 Speichern als Xe<sub>Λ</sub>TeX

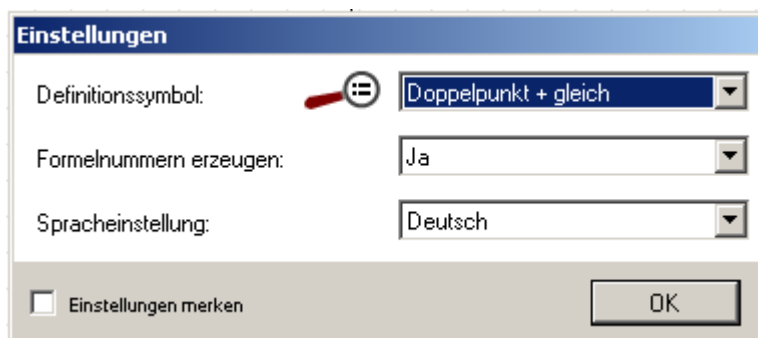
Hauptmenü > Datei > Speichern unter: Dateityp wählen:



Es erscheint ein Dialog mit Einstellungen für

- Darstellung des Zuweisungsoperators (`:=` in SMath), Optionen sind: `:=`, `=` oder `=def`
- Numerierte oder nicht numerierte Formeln
- Spracheinstellung in Xe<sub>Λ</sub>TeX

Die aktuellen Einstellungen können als Standard gesetzt werden. Nach Drücken von  wird die Datei exportiert.



Für die Weiterverarbeitung der Datei benötigt man eine  $\text{\LaTeX}$ -Installation, z.B.  $\text{\MiKTeX}$  unter Windows. Die Kompilation funktioniert nur mit einer wirklich aktuellen Installation (mindestens  $\text{\XeLaTeX}$  0.9998). Zudem müssen die Pakete XITS und Libertine nachinstalliert werden. (Stand Februar 2013).

$\text{\XeLaTeX}$  ist ein  $\text{\LaTeX}$ -Kompiler mit kompletter Unicode-Unterstützung und weiteren Fähigkeiten, die ihn befähigen, Texte in beliebigen Sprachen zu übersetzen. Er produziert PDF-Dateien.

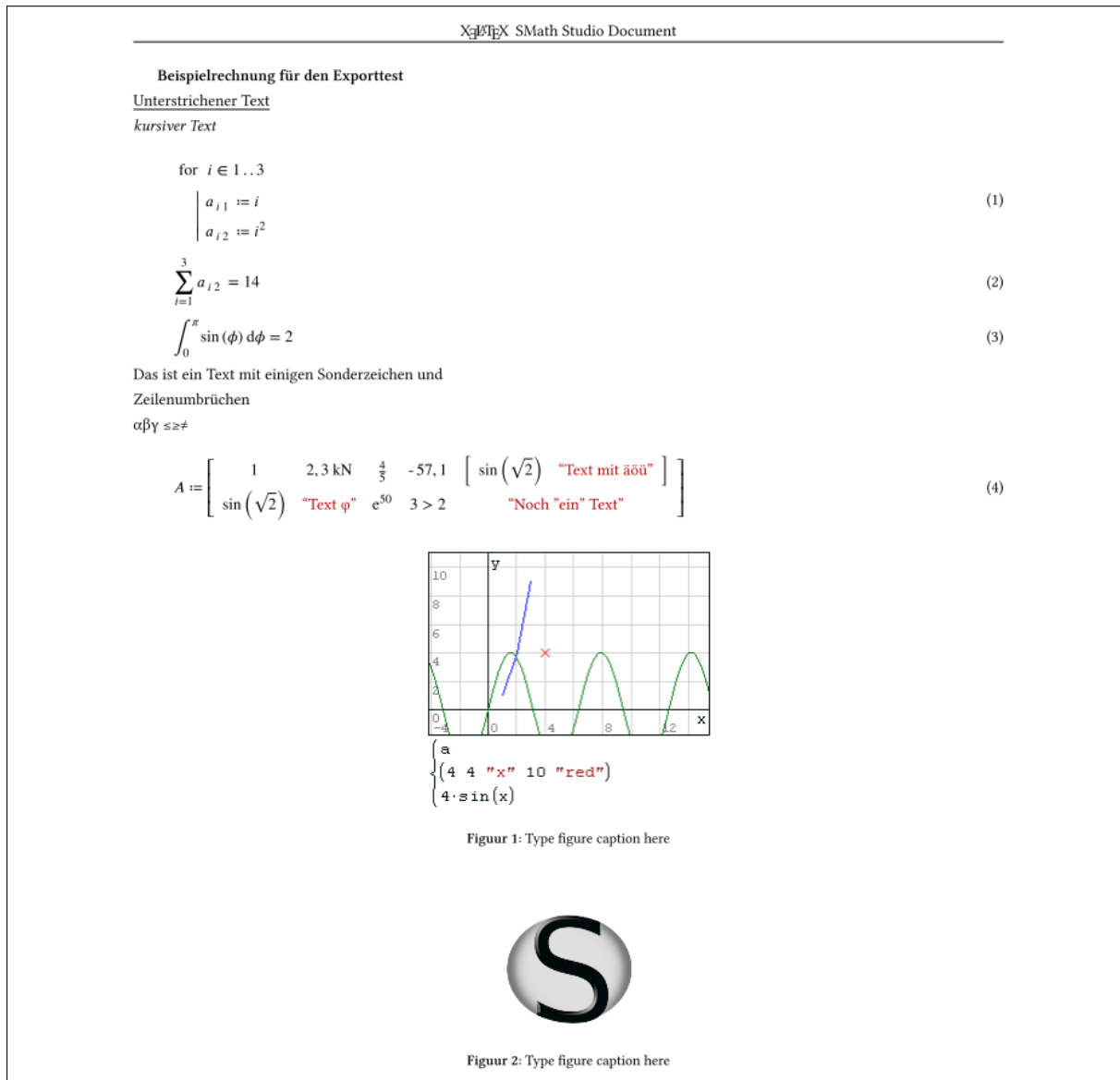


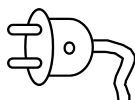
Abbildung 3.5: Kompilierter  $\text{\XeLaTeX}$ -Export (pdf)

### 3.14.3 Speichern als OpenDocument Text

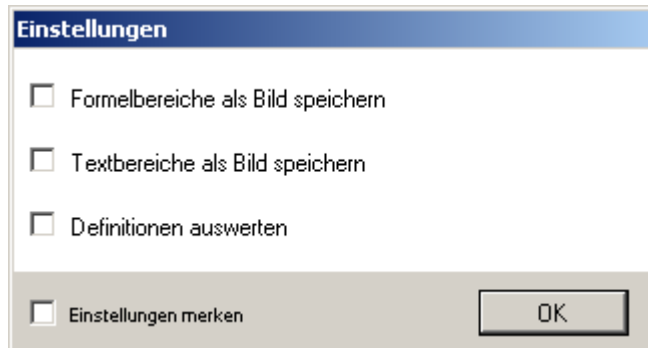
Hauptmenü > Datei > Speichern unter: Dateityp wählen:



Es erscheint ein Dialog mit Einstellungen:



- Formeln können optional als Grafik exportiert werden. Das ist dann sinnvoll, wenn man sie nicht weiterbearbeiten
- Text kann optional als Grafik exportiert werden
- Ausdrücke können optional ausgewertet werden.



Wenn „Definitionen auswerten“ eingestellt ist, dann werden drei Versionen jeder Definition ausgegeben:

1. Definition, wie sie im Rechenblatt steht,
2. symbolisch vereinfachte Version,
3. numerisch ausgewertete Version.

$$\begin{aligned}
 A &\stackrel{\text{def}}{=} \begin{bmatrix} 1 & 2,3 \text{ kN} & \frac{4}{5} & -57,1 & \sin(\sqrt{2}) & \text{"Text mit äöü"} \\ \sin(\sqrt{2}) & \text{"Text } \varphi & e^{50} & 3>2 & & \text{"Noch "ein" Text"} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 1 & \frac{2300 \text{ kg m}}{\text{s}^2} & \frac{4}{5} & -\frac{571}{10} & \sin(2^{\frac{1}{2}}) & \text{"Text mit äöü"} \\ \sin(2^{\frac{1}{2}}) & \text{"Text } \varphi & e^{50} & 1 & & \text{"Noch "ein" Text"} \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} 1 & 2300 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} & 0,8 & -57,1 & [0,987765945992735 & \text{"Text mit äöü"}] \\ [0,987765945992735 & \text{"Text } \varphi & 5,18470552858706 \cdot 10^{21} & 1 & & \text{"Noch "ein" Text"} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

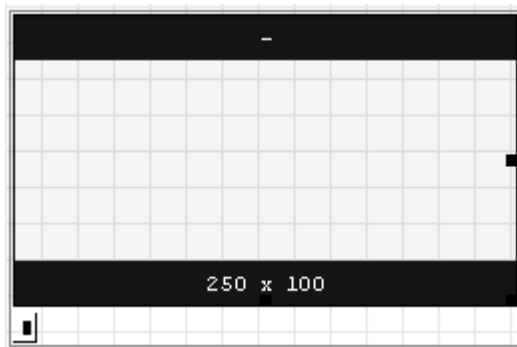
Ansonsten wird nur die eigentliche Definition ausgegeben, so wie in SMath angezeigt, siehe die angefügte Datei.



### 3.14.4 Snapshot-Bereich für Bildschirmfotos (Screenshots)

Wenn SMath-Rechnungen in Arbeiten dokumentiert werden sollen, die nicht selbst mit SMath Studio erstellt werden, dann kann man dies mit Screenshots tun. Das vorliegende Handbuch enthält hunderte davon.

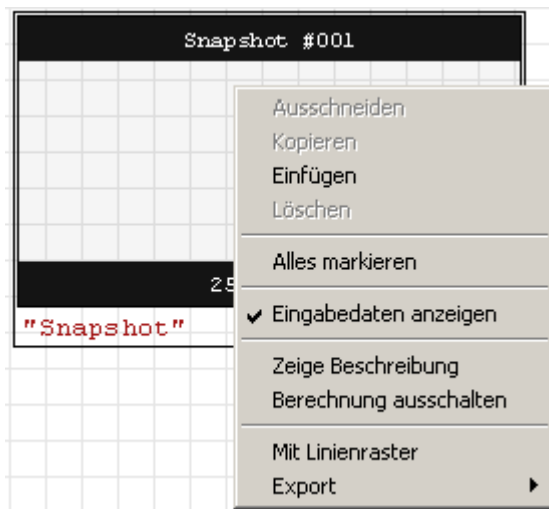
Ein Snapshot-Bereich wird eingefügt mit **Einfügen** > **Snapshot** oder  $\text{Strg} - \text{F}$



Ein solcher Bereich kann den Inhalt des Rechenblatts zwischen den zwei schwarzen Balken als Bilddatei exportieren.

Im Platzhalter ist ein Zeichenkette anzugeben, aus dem dann die Dateinamen beim Export gebildet werden. Position und Größe des Bereichs werden wie bei Diagrammen angepasst. Um den Bereich als ganzes zu verschieben, wird er blau markiert. Zur Größenänderung muss der Bereich aktiviert werden (zwischen die Streifen klicken) und kann dann an den Randmarken links und unten gezogen werden.

Im unteren Balken wird die Bildgröße in Pixeln angezeigt, der obere Balken zeigt den Dateinamen des Bildes. Mehrere Snapshot-Bereiche mit gleichem Text im Platzhalter bilden einen Satz, innerhalb derer die Bilder eine dreistellige Nummer erhalten, die Bestandteil des Dateinamens wird (*name\_xxx.png*).



Im Kontextmenü (rechte Maustaste) stehen die folgenden Optionen und Funktionen zur Verfügung:

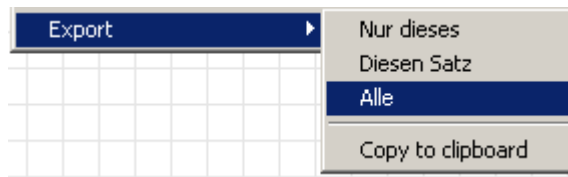
**Eingabedaten anzeigen:** Damit wird der Platzhalter für den Dateinamen ein- oder ausgeblendet.

**Zeige Beschreibung:** Wie jeder Bereich kann auch der Snapshot-Bereich mit einer Beschreibung versehen werden (siehe Abschnitt 3.8).

**Berechnung ein-/ausschalten:** Damit wird der Bereich aktiviert oder deaktiviert. Ein deaktivierter Bereich wird bei der Erzeugung der Dateinamen nicht mitgezählt. Aktivieren und Deaktivieren von Bereichen ändert also die Dateinamen der erzeugten Screenshots.

**Mit Linienraster:** Das Linienraster des Rechenblatts kann beim Screenshot abgeschaltet werden.

**Export:** Hier wird der eigentliche Export veranlasst. Es stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung:



**Nur dieses:** Nur das aktuelle Bild exportieren

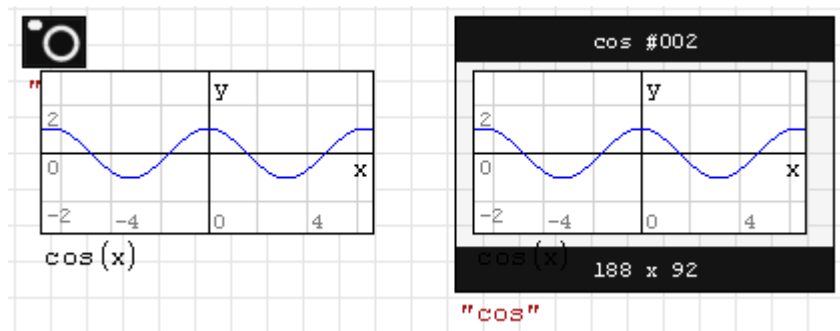
**Diesen Satz:** Alle Bilder mit dem gleichen Namen exportieren. Die Bilder werden fortlaufend nummeriert: *name\_xxx.png*

**Alle:** Alle Snapshot-Bereiche des Rechenblatts exportieren,

**Zwischenablage:** Bild in die Zwischenablage übernehmen (alternativ zum Windows Snipping Tool)

Beim Export öffnet sich ein Dialog zur Auswahl des Exportverzeichnis, dieses ist voreingestellt auf das Dokumentverzeichnis (da, wo das aktuelle Rechenblatt liegt). Daher wird in der Regel einfach eine Bestätigung reichen.

Um die Bearbeitung der unter dem Snapshot-Bereich liegenden Bereiche zu ermöglichen, kann der Bereich durch Doppelklick geschrumpft und wieder erweitert werden.



## 3.15 Tastenbelegung

Taste	Anweisung	Funktion
"		Rechenblatt: Textblock Formelbereich: Zeichenkette
' (Hochkomma)		Platzhalter für vordefinierte Einheit, Funktion oder Konstante
\	sqrt()	Quadratwurzel
[	e1()	Platzhalter für Elementindex (Vektor, Matrix) erzeugen
]	line()	Anweisungsblock
.		Textindex an Bezeichnern
~		Platzhalter für Exponent

Taste	Anweisung	Funktion
%		$\mp$
!		Fakultät
&		$\wedge$ Logisches Und
		$\vee$ Logisches Oder
~		$=$ Logisches Gleich
@		2D-Diagramm
Strg-.		Symbolische Auswertung
Strg-^	nthroot()	$\sqrt[n]{\quad}$ n-te Wurzel
Strg-↵		Blatt: Trennlinie einfügen Textblock: Neue Zeile
Strg-Leert.		Dynamische Auswahlliste aktivieren
↔		Gehe zum nächsten Bereich
↑ - ↔		Gehe zum vorigen Bereich
Strg-+		$=$ Logisches Gleich
Strg-1	transpose()	$T$ $\neq$ Transposition (Matrix)
Strg-3		$\neq$ Ungleich
Strg-8		$\times$ Kreuzprodukt (von Vektoren)
Strg-9		$\leq$ Kleiner oder gleich
Strg-0		$\geq$ Größer oder gleich
Strg-A		Alles markieren
Strg-B		Textblock Fettschrift an/aus
Strg-C		Markierung in die Zwischenablage kopieren
Strg-E		Dialog „Funktion einfügen“
Strg-F		Snapshot-Bereich einfügen
Strg-G		vorherigen Buchstaben griechisch machen
Strg-H		Hyperlink(-bereich) einfügen
Strg-I		Textblock Kursivschrift an/aus
Strg-M	mat()	Matrix
Strg-N		Neues Rechenblatt erzeugen
Strg-O		Dialog „Blatt Öffnen“
Strg-P		Dialog „Drucken“
Strg-S		Blatt speichern
Strg-T		Zeichenfläche einfügen
Strg-U		Textblock Unterstreichung an/aus
Strg-V		Zwischenablage einfügen
Strg-W		Dialog „Einheit einfügen“
Strg-X		Markierung ausschneiden und in Zwischenablage kopieren
Strg-Y		Wiederholen
Strg-Z		Rückgängig

Taste	Anweisung	Funktion
Strg - ↑ - P		$\pi$ Pi
Strg - ↑ - Z		$\infty$ Unendlich
Pos1		Anfang des Ausdrucks oder Textblocks
End		Ende des Ausdrucks oder Textblocks
Strg - F4		Rechenblatt schließen
F8		gleichzeitiges Editieren eines Namens an allen Stellen eines Formelbereichs
F9		Rechenblatt neu berechnen
F12		Gehe zur Definition (des Bezeichners, in dem sich die Einfügemarke befindet)
In der dynamischen Auswahl		
↔		Auswahl bestätigen
Strg - Leert.		Auswahl bestätigen
Strg - ↵		Auswahl bestätigen
↑ - ↵		Auswahl bestätigen

# 4 Mathematik

## 4.1 Begriffe

**Ausdruck** Besteht aus Zahlen, Variablen, Operatoren, Funktionen und ihren Argumenten und kann zu einem Ergebnis ausgewertet werden.

**Bezeichner** Name für eine Variable oder eine Funktion.

**Funktion** Berechnet aus ihren Argumenten einen Rückgabewert. Die Argumente stehen in Klammern, getrennt durch das Argumenttrennzeichen (in der deutschen Standard-einstellung das Semikolon)

**Index, Adresse** Tiefgestellter Index für die Angabe von Zeile und eventuell Spalte bei vektor- oder matrixwertigen Bezeichnern und Ausdrücken. Er wird durch Eingabe von [ (eckige Klammer auf) erzeugt und ist durch einen Zwischenraum abgetrennt.

**Index, beschreibender** Tiefgestellter Bestandteil eines Bezeichners, der zur näheren Erläuterung dient. Die Tiefstellung wird durch Einfügen eines Punkts erzeugt. Zwischen Bezeichner und beschreibendem Index ist kein Zwischenraum.

**Operator** Spezielles Symbol für eine Funktion, wie z.B. +, -, \*, /,  $\Sigma$

**Variable** Enthält einen Ausdruck, der unter einem Namen (Bezeichner) angesprochen werden kann.

**Zahlen** Ganze Zahlen bestehen aus einer Folge von Ziffern. Dezimalbrüche bestehen aus einer Folge von Ziffern und dem Dezimaltrennzeichen (in der deutschen Standard-einstellung das Komma). Fließkommazahlen werden in SMath als Produkt eines Dezimalbruchs mit einer Zehnerpotenz dargestellt.

## 4.2 Arithmetik - Rechnen mit Zahlen

SMath kann die üblichen Operationen mit ganzen Zahlen ausführen.

8+7=	$8 + 7 = 15$
25-16=	$25 - 16 = 9$
34*49=	$34 \cdot 49 = 1666$
1000/8=	$\frac{1000}{8} = 125$
2^16=	$2^{16} = 65536$

Werden die Ergebnisse zu groß oder kommen gebrochene Werte heraus, werden sie als Fließkommazahl angezeigt, also als Produkt aus Dezimalbruch und Zehnerpotenz.



## 4.3 Symbolisches Rechnen mit Variablen

SMath kann mit Variablen symbolisch rechnen. Das geht immer dann, wenn der Variablen kein Zahlenwert zugewiesen wurde. Die folgenden Beispiele müssen also in einem neuen Rechenblatt nachvollzogen werden.

Die folgende Definition weist der Variable *ymb* den Wert  $a + b$  zu. Da aber weder  $a$  noch  $b$  vorher mit einer Zahl belegt wurden, sind *ymb*,  $a$  und  $b$  symbolische Variable.

```
s ymb := a + b
```

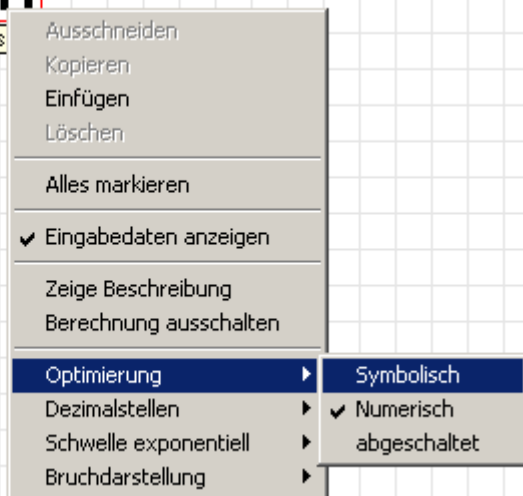
$a$  und  $b$  sind undefiniert, während *ymb* den eben definierten Ausdruck  $a + b$  zum Inhalt hat. Das Gleichheitszeichen = eignet sich nur zur Anzeige definierter Variablen. Bei undefinierten Variablen erzeugt es einen Zuweisungsoperator :=, so als hätte man : gedrückt.

```
a := ■    b := ■    s ymb = ■ ■
a - unbes
```

Standardmäßig wird bei der Anzeige versucht, einen numerischen Wert für den Ausdruck zu ermitteln. Da im vorliegenden Fall aber  $a$  und  $b$  undefiniert sind, kann auch  $a + b$  nicht berechnet werden. Die Fehlermeldung weist auf das erste Problem hin, über das die Berechnung stolpert.

Anstelle des Werts kann aber auch der symbolische Ausdruck, mit dem die Variable definiert wurde, angezeigt werden. Dies geschieht, indem man die Anzeige im Kontextmenü (rechte Maustaste) auf „Optimierung symbolisch“ umstellt:

```
a := ■    b := ■    s ymb = ■ ■
a - unbes
```



```
a := ■    b := ■    s ymb = a + b
```

Der symbolische Auswertungsoperator  $\rightarrow$ , den Sie im Arithmetikpanel der Seitenleiste finden, zeigt sofort das symbolische Ergebnis an (Sie können auch das Tastenkürzel  $\text{Strg} - \text{.}$  verwenden).

```
a = a
b = b
s ymb = a + b
```

In früheren SMath-Versionen wurde dieser Operator mit einem Pfeil ( $\rightarrow$ ) dargestellt, so dass man ein symbolisches von einem numerisch ausgewerteten Ergebnis unterscheiden konnte. Gegenwärtig wird in beiden Fällen das Gleichheitszeichen benutzt. Das ist besonders lästig, weil der symbolische Auswertungsoperator die Kontextmenü-Einstellung „Numerisch“ ignoriert. Von seiner Benutzung ist daher abzuraten. Statt dessen sollte immer das normale Gleichheitszeichen mit der passenden Einstellung im Kontextmenü gewählt werden.

Werden nun  $a$  oder  $b$  definiert, so wird dies bei der nächsten Anzeige von  $ymb$  berücksichtigt. Zunächst die Definitio

```
a := xx    b := yy
```

und nun die Anzeige (symbolisch, denn Zahlenwerte bekommt man natürlich nach wie vor nicht):

```
a = xx    b = yy    symb = xx + yy
```

Der für  $ymb$  gespeicherte Ausdruck lautet nach wie vor  $a + b$ . Allerdings wird bei der Auswertung alles eingesetzt, was SMath über  $a$  und  $b$  weiß, auch wenn diese Information erst nach der Definition von  $ymb$  hinzugefügt wurde. Entscheidend ist, was zur Auswertungszeit bekannt ist.

Werden  $a$  und  $b$  geändert, so ändert sich auch das symbolische Auswertungsergebnis von  $ymb$ :

```
a := uu    b := vv
symb = uu + vv
```

Die Variablen  $xx$  und  $yy$  sind nun für den Ausdruck  $ymb = a + b$  irrelevant, da sie nicht mehr mit  $a$  und  $b$  zusammenhängen. Daher wirken sich Änderungen an  $xx$  und  $yy$  nicht mehr aus:

```
xx := XX    yy := YY
symb = uu + vv
```

Wenn Zahlenwerte bekannt sind, dann werden diese bei symbolischer Auswertung als Quotient und bei numerischer Auswertung als Gleitkommazahl angezeigt:

```
a = 5,8    b = 5,72
symb = 288 / 25    (symbolisch)
symb = 11,52    (numerisch)
```

### Symbolische Optimierung bei Definitionen

Die Optimierungseinstellung (Kontextmenü „Optimierung“ mit den Werten „Symbolisch“, „Numerisch“ oder „Abgeschaltet“) hat auch bei Definitionen Einfluss.

**Symbolisch** (Standardeinstellung bei Definitionen) Der Ausdruck auf der rechten Seite wird symbolisch vereinfacht, allerdings ohne existierende Variablenbelegungen außerhalb der Definition einzusetzen. Es gibt Fälle, in denen die symbolische Optimierung Fehler in die Definition bringt. Beispielsweise werden Vereinfachungsregeln für die Multiplikation von Zahlen angewendet, die nicht gültig sind, wenn die Variablen

vektor- oder matrixwertig sind. Zur Definitionszeit ist dies normalerweise nicht bekannt.

**Numerisch** Das Ergebnis des Ausdrucks auf der rechten Seite wird berechnet. Wenn dies nicht gelingt, weil einer der beteiligten Werte nicht definiert ist, dann wird der Ausdruck unverändert als Definition gespeichert.

**Abgeschaltet** Der Ausdruck auf der rechten Seite wird unverändert gespeichert. Dies müsste angesichts der unsicheren symbolischen Vereinfachung die Voreinstellung sein.

### 4.3.1 Datentypen

Es gibt skalare Größen, die einen einzigen Ausdruck als Wert haben können oder Felder, die mehrere, durch Adressindizes ansprechbare Ausdrücke aufnehmen können.

Es gibt drei Typen von Feldern:

- **Matrizen**, das sind zweidimensionale Felder, die mit einem oder zwei Indizes angesprochen werden können und die in runden Klammern angezeigt werden. Interne Darstellung: `mat ()`
- **Listen**, das sind eindimensionale Felder, die mit einer geschweiften Klammer von links angezeigt werden. Interne Darstellung: `sys ()`
- **Anweisungsblöcke**, das sind eindimensionale Felder deren Ausdrücke bei Aufruf zeilenweise ausgeführt werden. Sie werden links durch eine vertikale Linie begrenzt. Interne Darstellung: `line ()`

Ausdrücke sind Kombinationen aus Bezeichnern, Funktionen, Operatoren, Zahlenkonstanten, Zeichenketten und Maßeinheiten.

- **Bezeichner** sind Zeichenfolgen, die nicht mit einer Ziffer beginnen und keine reservierte Operationszeichen enthalten. Sie dienen als Namen von Variablen und Funktionen.
- **Funktionen** sind Bezeichner mit nachfolgenden in Klammern gesetzten Argumenten. Die Argumente werden durch das Argumenttrennzeichen getrennt.
- **Operatoren** sind spezielle Symbole, die zugehörige Ausdrücke (die Operanden) mathematisch verknüpfen. Man kann sie als Funktionen mit speziellem Anzeigeformat auffassen.
- **Zahlenkonstanten** sind Folgen von Ziffern, die ein Dezimaltrennzeichen enthalten können. Das Vorzeichen ist in SMATH nicht Bestandteil der Zahlenkonstante, sondern ein unärer Operator (Zeichen, das für eine Funktion mit genau einem Argument steht).
- **Zeichenketten** sind beliebige, in Anführungszeichen eingeschlossene Zeichenfolgen. Sie werden mit den Anführungszeichen in rotbrauner Farbe dargestellt. Funktionen für Zeichenketten werden im Kapitel „Programmierung“, Abschnitt 7.4 erläutert.
- **Maßeinheiten** sind spezielle Bezeichner, die mit einem Apostroph beginnen. Das Apostroph wird in der Anzeige unterdrückt und der Bezeichner wird blau und kursiv dargestellt. Multiplikationszeichen vor Maßeinheiten werden unterdrückt.

Argumenttrennzeichen in Funktionen und Dezimaltrennzeichen in Zahlenkonstanten sind von der individuellen Programmeinstellung abhängig (**Hauptmenü**> **Extras**> **Einstellungen**> **Interface**).

In **Deutschland** ist das Komma als Dezimaltrennzeichen üblich. Daher kann es nicht als Argumenttrennzeichen verwendet werden, wie es in vielen Programmiersprachen üblich ist. Man weicht daher auf das Semikolon aus.

Die **englischsprachige** Standardeinstellung ist der Punkt als Dezimaltrennzeichen (Dezimalpunkt) und das Komma als Argumenttrennzeichen.

**Logische (Boolesche) Werte** werden durch Zahlenwerte dargestellt:

- Null für Falsch
- Ungleich Null (typischerweise Eins) für Wahr

**Zehnerpotenzen** werden nicht als Bestandteil der Zahlenkonstante, sondern als die entsprechende Rechenoperation dargestellt und eingegeben.

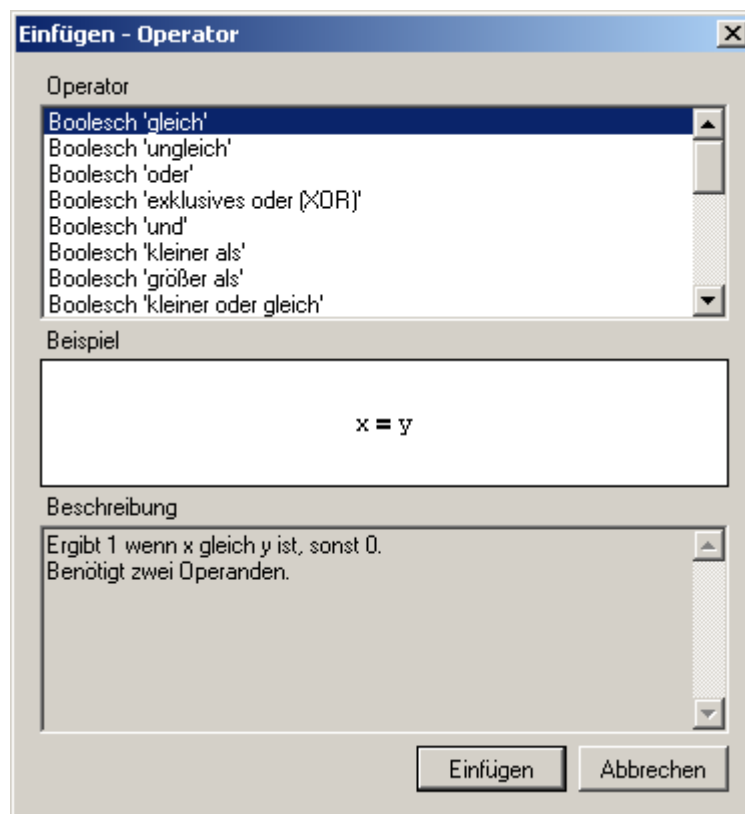
**Komplexe Zahlen** werden als Summe aus dem Realteil (Zahlenkonstante) und dem Imaginärteil (Produkt aus imaginärer Einheit  $i$  und einer Zahlenkonstante) dargestellt.

### 4.3.2 Operatoren

In SMath werden als Operatoren diejenigen Funktionen bezeichnet, die auch intern durch Sonderzeichen ohne Klammern um die Argumente dargestellt werden. Bei der Eingabe von Operatoren werden die benötigten Operanden durch Platzhalter (■) dargestellt, die mit Ausdrücken ausgefüllt werden müssen.

Unter **Hauptmenü**> **Einfügen**> **Operatoren** findet man den Dialog „Einfügen-Operator“:

Die Booleschen Operatoren werden weiter unten in Abschnitt [4.5.2](#) erläutert. Die folgende Übersicht listet die restlichen Operatoren auf:




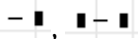







Operator	Tastatureingabe	Bedeutung
$+$ 	$+$	Positives Vorzeichen (reine Optik) oder Addition
$-$ 	$-$	Negatives Vorzeichen oder Subtraktion
$,$ 	$\%$	Plus/Minus
$\mp$ 	$\backslash$	Minus/Plus
$\cdot$ 	$*$	Multiplikation
$\frac{\quad}{\quad}$ 	$/$	Division
$\quad^{\quad}$ 	$\wedge$	Potenzierung
$\times$ 	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Strg</span> - <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">8</span>	Kreuzprodukt (Vektoren)
$!$ 	$!$	Fakultät
$:=$	$:$	Zuweisung, Definition
$=$	$=$	Auswertung (im Kontextmenü von numerisch auf symbolisch umstellbar)

Tabelle 4.1: Operatoren in SMath

Zur Lesbarkeit von SMath-Dokumenten trägt die Operator-Formatierung einiger Rechenoperationen bei, die intern als Funktionen geschrieben werden, also als `Funktionsname(Argument1; Argument2...)`. Diese Funktionen mit Sonderformatierung listet die folgende Tabelle auf.














Operator	Tastatureingabe	Bedeutung	Funktion
	\	Quadratwurzel	sqrt(#)
	Strg-^	n-te Wurzel	nthroot(##)
		Betrag einer Zahl	abs(#)
		Determinante einer Matrix	det(#)
	[	Elementadressierung in Feldern	el(##)
	[ → ] ;	mit zwei Indizes	el(###)
		Differentiation	diff(##)
			diff(###)
		Integration	int(####)
		Summe	sum(#)
			sum(####)
		Produkt	product(####)
		Wertebereich (Vektor)	range(##)
			range(###)

Tabelle 4.2: Funktionen mit Operatordarstellung in SMath

Nicht immer ist den Operatoren anzusehen, wie weit sich ihre Wirkung erstreckt. Beim Editieren kann man dies anhand der Einfügemarke (Länge des Unterstrichs) erkennen. Für Eindeutigkeit im gedruckten Dokument muss man eventuell mit Klammern sorgen.

### 4.3.3 Variablen löschen

SMath kennt standardmäßig keine Möglichkeit, eine einmal definierte Variable wieder zu löschen, z.B. um sie weiter unten im Rechenblatt neu verwenden zu können. Das Plugin *Custom Functions* (Seite 204) enthält die Funktion `Clear()`, (Seite 233), mit der man Variablen löschen kann:

```
A:=0 B:=1 C:=2
Clear(A)=1
A=■ B=1 C=2
Clear(B;C)=1
A=■ B=■ C=■
```

Beachten Sie, dass die Funktion ausgewertet werden muss, damit sie tatsächlich ausgeführt wird. Die Löschung ist nicht ganz vollständig, denn die Variable enthält einen Anweisungsblock mit sich selbst als Rückgabewert (man sieht das, wenn man die Maus über das Argument A in Clear(A) stellt:

```
A = ( 1 0 2 )
      ( 3  4 )
      ( 5  6 )
Clear(A)=1 A=■
+
| A = A |
|       |
| A     |
| A     |
```

Sie kann daher nicht wie jungfräuliche Variablen elementweise als Matrix definiert werden.

```
A_3 := 2 A=2
| A = A |
|       |
| A     |
| 2     |
```

Vorher muss man die Variable explizit als Matrix deklarieren, in dem man ihr eine solche als Wert zuweist. Dann kann man diese Matrix wie gewohnt durch Elementzuweisung dynamisch erweitern.

```
A:=matrix(1;1) A=(0)
A_3 := 2 A = ( 0 )
          ( 0 )
          ( 2 )
A_2_2 := 3 A = ( 0 0 )
                ( 0 3 )
                ( 2 0 )
```

### 4.3.4 Automatische Multiplikation

Wird nach einer Zahl ein Buchstabe eingegeben, versteht SMATH das automatisch als Multiplikation und fügt einen Punkt ein. Zwischen Zahlen und Einheiten wird kein Punkt eingefügt.

```
2x          2 · x
3s sin ← 3p Strg-G 3 · sin(3 · π)
10N ← 10 N
```

### 4.3.5 Vorsicht mit symbolischer Auswertung!

An dieser Stelle werden Beispiele für Fehler in der symbolischen Auswertung angeführt. In der Regel sind diese Probleme durch numerische Auswertung vermeidbar. Sie illustrieren die

## Überlebensregel

„Äußerste Vorsicht bei symbolischer Auswertung! Im Zweifelsfall verzichten Sie auf die Benutzung dieses Leistungsmerkmals.“

Die jeweils falschen Ergebnisse sind rot gekennzeichnet.

## Beispiel 1

Bei der Bildung **gemischter zweiter Ableitungen** ist das Ergebnis von der Reihenfolge abhängig und kann daher falsch sein ([Forum-Beitrag](#)):

$$\frac{d}{dx} \frac{d}{dy} (x^3 + y^3) = -y \cdot (-1 + y)$$

$$\frac{d}{dy} \frac{d}{dx} (x^3 + y^3) = 0$$

Dieses Problem wird durch Verwendung des Maxima-Plugins vermieden.

## Beispiel 2

**Unzulässige Vereinfachung von Ausdrücken, wenn die Variablen vektorwertig sind.** Die folgenden Vereinfachungen sind für skalare Zahlen korrekt:

$$(a \cdot b) \cdot c = a \cdot b \cdot c \quad a \cdot (b \cdot c) = a \cdot b \cdot c \quad b \cdot (a \cdot c) = b \cdot a \cdot c$$

Sind die Variablen allerdings vektorwertig (was SMATH hier bekannt ist), dann werden trotzdem bei symbolischer Auswertung die gleichen Vereinfachungen vorgenommen, obwohl sie nicht mehr zulässig sind:

$$a := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \quad c := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$a \cdot b = 6 \quad a \cdot c = 6 \quad b \cdot c = 10$$

Auswertung symbolisch

$$(a \cdot b) \cdot c = \begin{pmatrix} 6 \\ 12 \\ 18 \end{pmatrix} \quad a \cdot (b \cdot c) = \begin{pmatrix} 6 \\ 12 \\ 18 \end{pmatrix} \quad b \cdot (a \cdot c) = \begin{pmatrix} 6 \\ 12 \\ 18 \end{pmatrix}$$

Dieses Beispiel wird auch noch einmal im Abschnitt [4.8.3](#) im Kontext der Matrizenoperationen besprochen.

## Beispiel 3

Falsche Auswertung von benutzerdefinierten Funktionen, die Vektoroperationen enthalten. Die folgende Funktion kann als Argumente entweder Skalare oder  $2 \times 2$ -Matrizen annehmen:

$$f(x) = (x^{-1} - 1) \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

Bei Matrizen wird die 1 elementweise abgezogen. Korrekte Ergebnisse sind beispielsweise:

$$f(1) = \left(\frac{1}{1} - 1\right) \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad f\left(\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}\right) = \left(\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}^{-1} - \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}\right) \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ -3 \end{bmatrix}.$$

Das Ergebnis in SMath hängt von der Optimierungseinstellung sowohl bei der Funktionsdefinition als auch beim Funktionsaufruf (Auswertung) ab. Falsche Ergebnisse sind rot gekennzeichnet:

sym	num	symp	num	symp
$f(x) := \left(\frac{1}{x} - 1\right) \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$	$f(1) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$f(1) = 0$	$f\left(\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix}$	$f\left(\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix}$
num	num	symp	num	symp
$f(x) := \left(\frac{1}{x} - 1\right) \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$	$f(1) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$f(1) = 0$	$f\left(\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} -2 \\ -3 \end{bmatrix}$	$f\left(\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} -2 \\ -3 \end{bmatrix}$

Auch hier liegt die Ursache in symbolischen Umformungen der Definition, die nur für skalare Argumente zulässig sind. Dies erkennt man in der dynamischen Auswahl (Mauszeiger auf der Definition verweilen lassen).

sym	num
$f(x) := \left(\frac{1}{x} - 1\right) \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$	$f(x) := \frac{1}{x} - 1 \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$
$f(x) = \frac{-x + 1}{x} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$	$f(x) = \left(\frac{1}{x} - 1\right) \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$

Der symbolisch umgeformte Ausdruck wird dann völlig korrekt weiterverarbeitet, nur eben war die Umformung für Matrixargumente nicht gültig:

$$\frac{1 - \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}} \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix} \quad \left(\frac{1}{\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}} - 1\right) \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ -3 \end{bmatrix}$$

Die line()-Funktion (eigentlich zur Bildung von Anweisungsblöcken gedacht) unterdrückt die symbolische Vereinfachung bei der Definition.

sym	num	symp	num	symp
$f(x) := \left(\frac{1}{x} - 1\right) \cdot \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix}$	$f(1) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$	$f(1) = 0$	$f\left(\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} -2 \\ -3 \end{bmatrix}$	$f\left(\begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \end{bmatrix}\right) = \begin{bmatrix} -2 \\ -3 \end{bmatrix}$

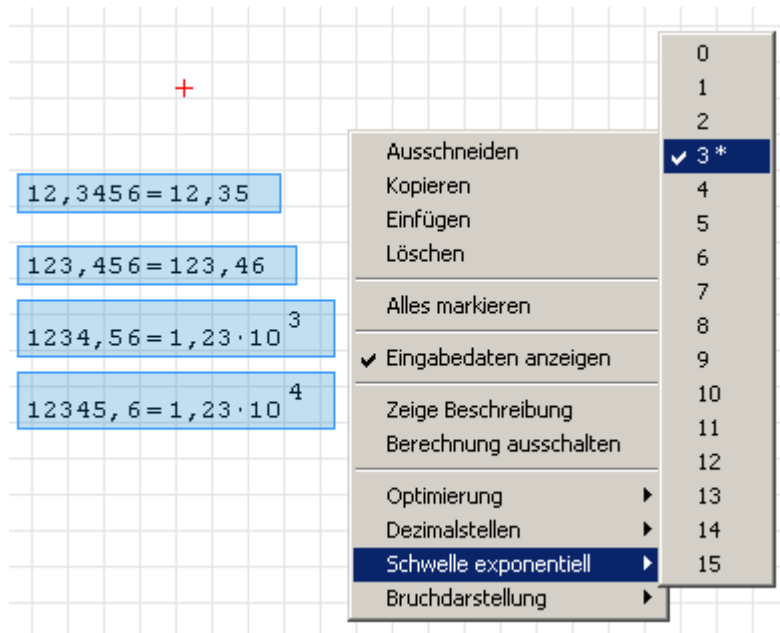
## 4.4 Format der Ergebnisanzeige

Die Ergebnisanzeige kann mit folgenden Einstellungen modifiziert werden.

- Zahl der Nachkommastellen (mit oder ohne nachfolgende Nullen am Ende)
- Exponentialschwelle (ab welcher Zahl von Stellen vor dem Komma auf Exponentialdarstellung umgeschaltet wird)
- Abtrennung eines vorgegebenen Faktors (Maßeinheit, Bezugsgröße)

### 4.4.1 Darstellung von Dezimalzahlen

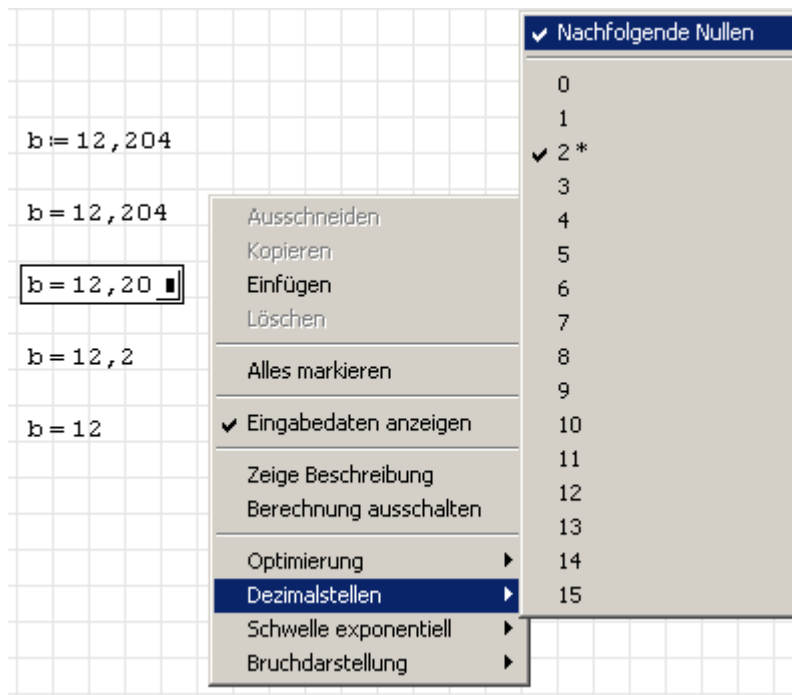
Ebenfalls im Kontextmenü kann die Exponentialschwelle eingestellt werden, also ab welcher Zehnerpotenz Zahlen in Exponentialform dargestellt werden. Im Kontextmenü sind die aktuelle Einstellung für den Formelbereich mit einem  $\checkmark$  und die Voreinstellung mit einem \* gekennzeichnet. Die Voreinstellung kann unter **Hauptmenü**> **Extras**> **Einstellungen**> **Rechnung** eingestellt werden.



Die Zahl der Nachkommastellen wird mit der Option „Dezimalstellen“ im Kontextmenü eingestellt.

Dezimalstellen	a = 123,456	b = 12,204
3	a = 123,456	b = 12,204
2	a = 123,46	b = 12,2
1	a = 123,5	b = 12,2
0	a = 123	b = 12

Optional kann eingestellt werden, dass Nullen am Ende des Dezimalbruchs („nachfolgende Nullen“) angezeigt werden sollen:



Eine eingebaute Funktion zur Rundung auf eine bestimmte Gesamtzahl von Stellen steht leider nicht zur Verfügung. Man kann natürlich eine entsprechende Funktion schreiben:

```

format(x_ ; n_ ) :=  $\left\{ \begin{array}{l} \text{oom} := \text{round}(\log_{10}(x_) - 0,5 ; 0) \\ \text{round}\left(\frac{x}{10^{\text{oom}}}; n_ - 1\right) \cdot 10^{\text{oom}} \end{array} \right.$ 
format(123456 ; 3) = 123000

```

#### 4.4.2 Abtrennen eines Faktors (Zehnerpotenz, Konstante, Maßeinheit)

Von jedem Ergebnis kann man einen beliebig vorgebbaren Faktor abspalten. Sobald man ein angezeigtes Ergebnis anklickt, erscheint ein Platzhalter ■, in den man den separat anzuzeigenden Faktor eingibt. Dieser Mechanismus ist für Maßeinheiten gedacht, er funktioniert aber auch mit Zahlen und Variablen.

123456 = 1,23 · 10<sup>5</sup> ■

10<sup>-3</sup>

123456 = ■ 10<sup>-3</sup>



123456 = 123,46 10<sup>3</sup>

Im folgenden Beispiel wird der Wert von  $\arcsin(1)$  einmal unmodifiziert, dann als Vielfaches von  $\pi$  und dann in der Maßeinheit  $^\circ$  angezeigt:

arcsi	$\leftarrow$	1=	$\downarrow$		arcsin(1)=1,571			
arcsi	$\leftarrow$	1=	$\rightarrow$	$\rightarrow$	p	Strg-G	$\downarrow$	arcsin(1)=0,5 $\pi$
arcsi	$\leftarrow$	1=	$\rightarrow$	$\rightarrow$	°	$\leftarrow$	$\downarrow$	arcsin(1)=90 °

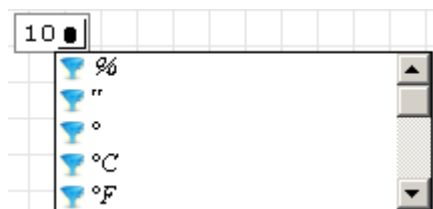
### 4.4.3 Prozentrechnung

Für Prozentrechnung gibt es eine Maßeinheit %<sup>1</sup>. Diese kann nur über die dynamische Hilfe eingegeben werden, da das eigentliche Prozentzeichen in Formelbereichen nicht eingebbar ist.

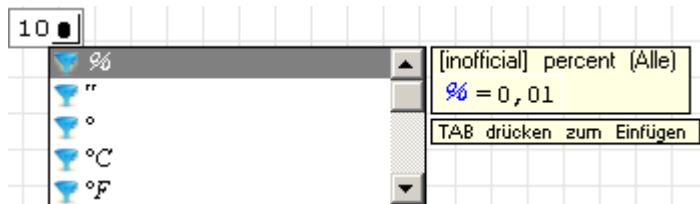
Um etwa z.B. 10% einzugeben, tippen Sie zunächst

10'

Es erscheint die dynamische Hilfe mit einer Liste aller Maßeinheiten, an deren Anfang das Prozentzeichen steht.



Wählen Sie das Prozentzeichen mit der Pfeiltaste  $\downarrow$  aus



und bestätigen Sie mit  $\leftarrow$ :

10 %

Das Prozentzeichen steht für einen Faktor von 0,01 und kann damit weitgehend intuitiv verwendet werden.

15% von 23	$23 \cdot 15 \% = 3,45$	
20 von 39	$\frac{20}{39} = 51,2821 \%$	
123 erhöht um 19%	$123 + 123 \cdot 19 \% = 146,37$	$123 \cdot (1 + 19 \%) = 146,37$
123 vermindert um 30%	$123 \cdot (1 - 30 \%) = 86,1$	

Das Prozentzeichen kann alternativ auch über den Dialog „Einheit einfügen“ in der Kategorie „Alle“ eingefügt werden. Der Dialog wird mit **Hauptmenü**> **Einfügen**> **Einheit** oder **Strg**-**W** aufgerufen.

<sup>1</sup>Sie müssen dazu die **inoffizielle portable Programmversion** benutzen, dort sind zusätzliche Maßeinheiten definiert.

## 4.5 Funktionen

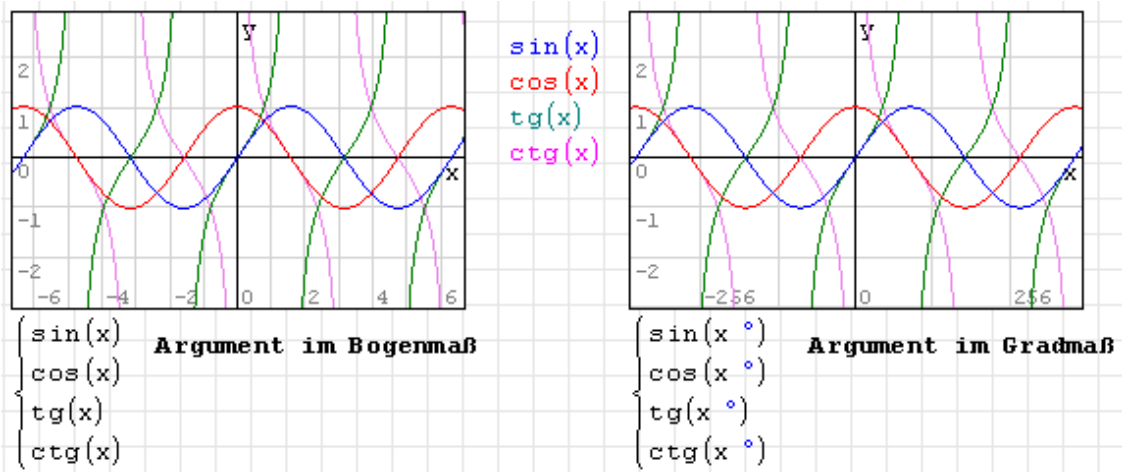
In diesem Abschnitt wird auf die in SMath verfügbaren Funktionen eingegangen. Gegenwärtig ist die Beschreibung allerdings unvollständig und beschränkt sich auf die Winkelfunktionen und ihre Umkehrung, sowie auf logische und Vergleichsoperationen.

Die Definition eigener Funktionen wird im Kapitel „Programmierung“ im Abschnitt 7.1 erläutert.

### 4.5.1 Winkelfunktionen

SMath kennt die elementaren trigonometrischen Funktionen. Ihre Argumente können im Bogenmaß (linkes Bild) und im Gradmaß angegeben werden (rechtes Bild). Werte im Gradmaß werden durch Multiplikation mit der Maßeinheit  $^\circ$  erzeugt:

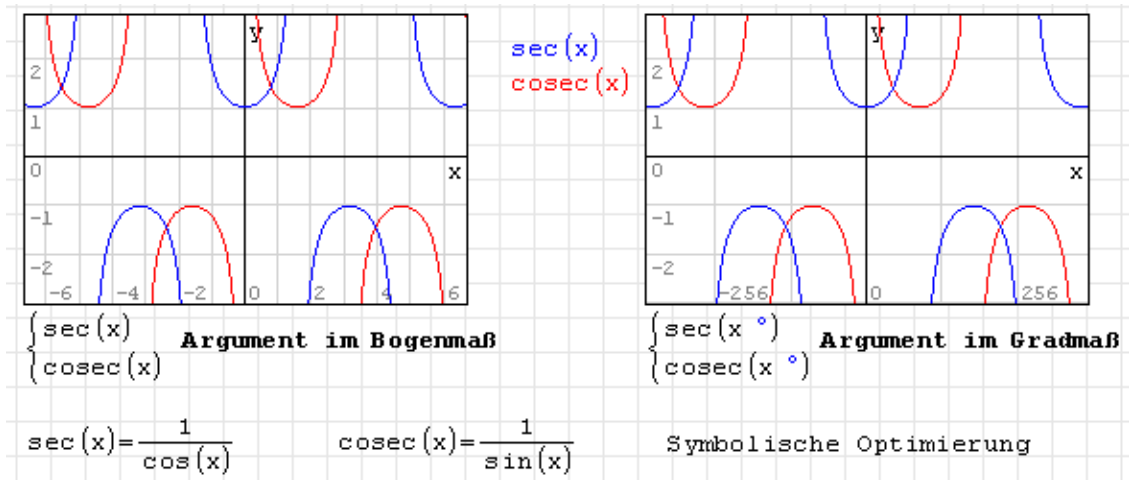
$$x * ^\circ \Leftrightarrow x ^\circ$$



Einige Werte sind symbolisch bekannt (Anzeige mit „Optimierung symbolisch“)

$\sin(0^\circ) = 0$	$\sin(30^\circ) = \frac{1}{2}$	$\sin(45^\circ) = \frac{1}{\sqrt{2}}$	$\sin(60^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2}$	$\sin(90^\circ) = 1$
$\cos(0^\circ) = 1$	$\cos(30^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2}$	$\cos(45^\circ) = \frac{1}{\sqrt{2}}$	$\cos(60^\circ) = \frac{1}{2}$	$\cos(90^\circ) = 0$
$\text{tg}(0^\circ) = 0$	$\text{tg}(30^\circ) = \frac{1}{\sqrt{3}}$	$\text{tg}(45^\circ) = 1$	$\text{tg}(60^\circ) = \sqrt{3}$	$\text{tg}(90^\circ) = \blacksquare$
$\text{ctg}(0^\circ) = \blacksquare$	$\text{ctg}(30^\circ) = \sqrt{3}$	$\text{ctg}(45^\circ) = 1$	$\text{ctg}(60^\circ) = \frac{1}{\sqrt{3}}$	$\text{ctg}(90^\circ) = 0$

Die Sekans- und Kosekans-Funktion werden nicht direkt bereitgestellt, sondern intern auf den Sinus und Kosinus zurückgeführt.

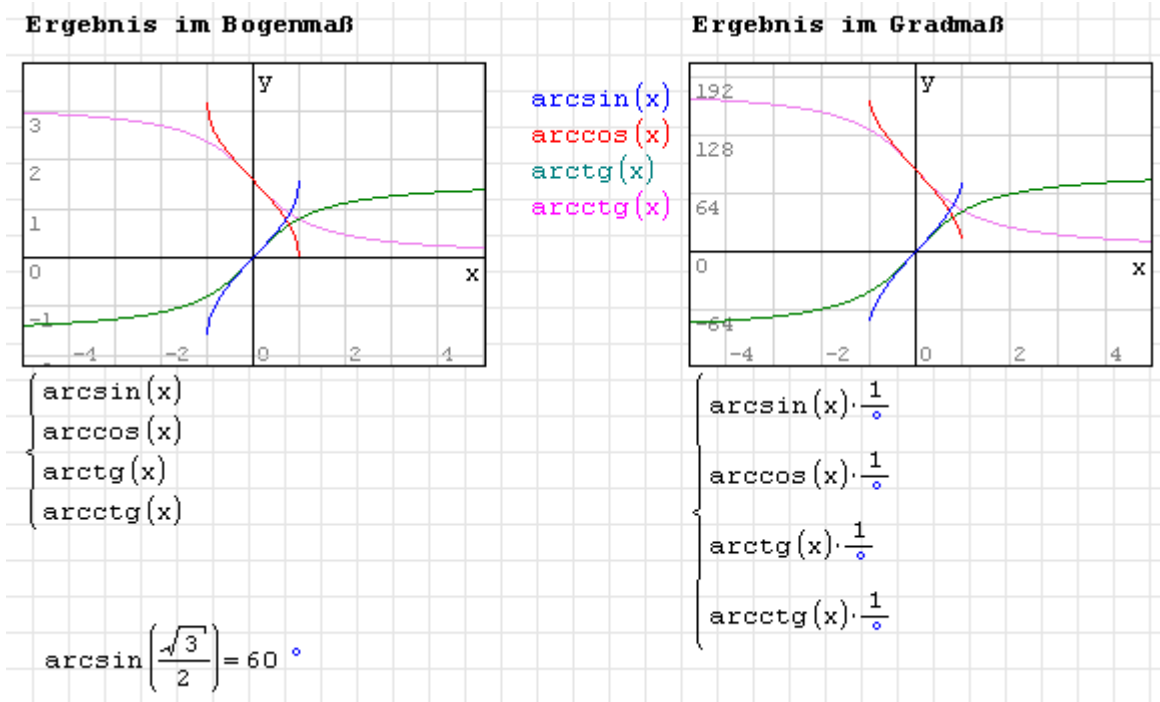


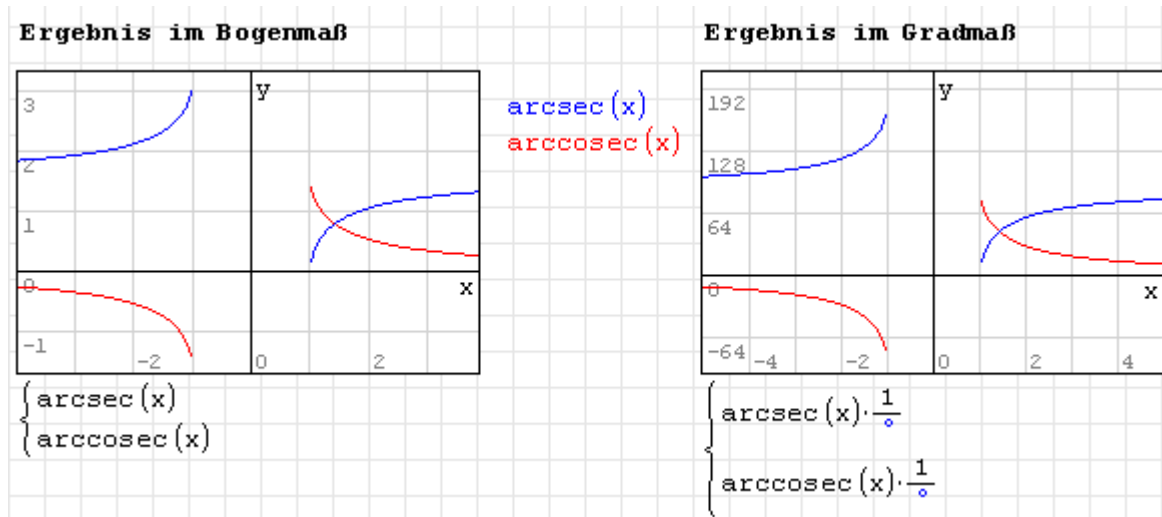
Allerdings reicht die symbolische Rechenleistung nicht aus, die eigentlich bekannten Werte auch einzusetzen.



$\sec(0) = \frac{1}{\cos(0)}$	$\operatorname{cosec}(30^\circ) = \frac{1}{\sin\left(\frac{\pi}{6}\right)}$	Symbolische Optimierung
$\cos(0) = 1$	$\sin(30^\circ) = \frac{1}{2}$	Symbolische Optimierung
$\frac{1}{\cos(0)} = 1$	$\frac{1}{\sin(30^\circ)} = 2$	Symbolische Optimierung
$\sec(0) = 1$	$\operatorname{cosec}(30^\circ) = 2$	Numerische Optimierung

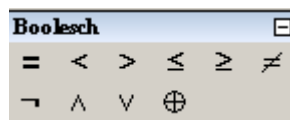
Umkehrfunktionen der Winkelfunktionen:





### 4.5.2 Logische und Vergleichsoperationen

SMath verfügt über die üblichen logischen und Vergleichsoperationen. Diese liefern den Zahlenwert 1 wenn sie wahr sind und 0 wenn sie falsch sind. Die Operationen sind über das Panel „Boolesch“ der Seitenleiste erreichbar, zudem gibt es einige Tastaturkürzel.



Funktion	Taste	Priorität gegenüber :=
$\mathbf{=}$	~	niedriger
$\mathbf{<}$	<	höher
$\mathbf{>}$	>	höher
$\mathbf{\leq}$	Strg-9	höher
$\mathbf{\geq}$	Strg-0	höher
$\mathbf{\neq}$	Strg-3	niedriger
$\mathbf{\neg}$		
$\mathbf{\wedge}$	&	niedriger
$\mathbf{\vee}$		niedriger
$\mathbf{\oplus}$		niedriger

Das Verhalten der Operatoren kann man anhand einer Wahrheitstabelle prüfen:

```

a:=(0 0 1 1)  b:=(0 1 0 1)

for i ∈ 1..4
  T1 i := (ai = bi)
  T2 i := (ai ≠ bi)
  T3 i := (ai ∧ bi)
  T4 i := (ai ∨ bi)
  T5 i := (ai ⊕ bi)
  a = (0 0 1 1)
  b = (0 1 0 1)
  T = (1 0 0 1)
      (0 1 1 0)
      (0 0 0 1)
      (0 1 1 1)
      (0 1 1 0)
  a = b
  a ≠ b
  a ∧ b
  a ∨ b
  a ⊕ b

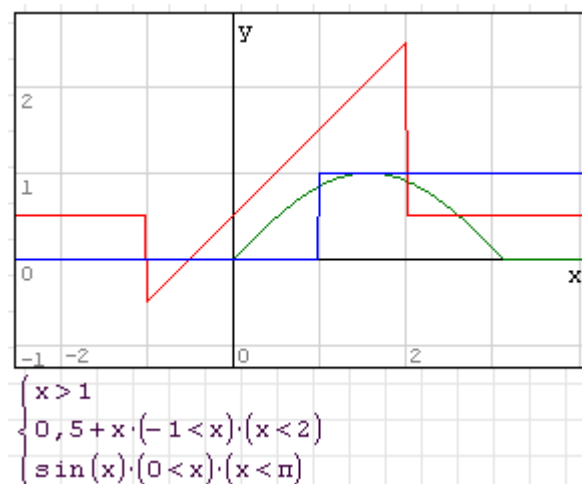
```

Aufgrund der niedrigen Priorität einiger Operatoren muss die rechte Seite von Zuweisungen in solchen Fällen in Klammern gesetzt werden.

$a : 1 \& \rightarrow (a := 1) \wedge \blacksquare$  (erst Zuweisung, dann Und-Verknüpfung)

$a : (1 \& \rightarrow a := (1 \wedge \blacksquare))$  (erst Und-Verknüpfung, dann Zuweisung)

Logische Ausdrücke können auch benutzt werden, um stückweise stetige Funktionen zu definieren:



## 4.6 Komplexe Zahlen

Hinweise:

- Vermeiden Sie die Umdefinition der imaginären Einheit  $i$  (z.B. durch Verwendung als Schleifenzähler). Sie sind auf der sicheren Seite, wenn Sie statt  $i$  immer  $\sqrt{-1}$  schreiben.
- Einige wichtige Funktionen wie  $\operatorname{Re}()$ ,  $\operatorname{Im}()$ ,  $\operatorname{arg}()$  kommen nicht mit Maßeinheiten zurecht.

```
z := 3 m + i · 20 cm
```

$\operatorname{Re}(z) = \blacksquare$     $\operatorname{Im}(z) = \blacksquare$     $\operatorname{arg}(z) = \blacksquare$     $|z| = 3,0067 \text{ m}$

- Beachten Sie, dass manche Funktionen für komplexe Zahlen nur ordentlich arbeiten, wenn komplexe Lösungsmengen zugelassen sind. Bei Problemen erkunden Sie bitte

stets die Auswirkung der Einstellung unter **Hauptmenü> Extras> Einstellungen> Berechnung**: Ergebnis (Mengen).

## 4.7 Integrale

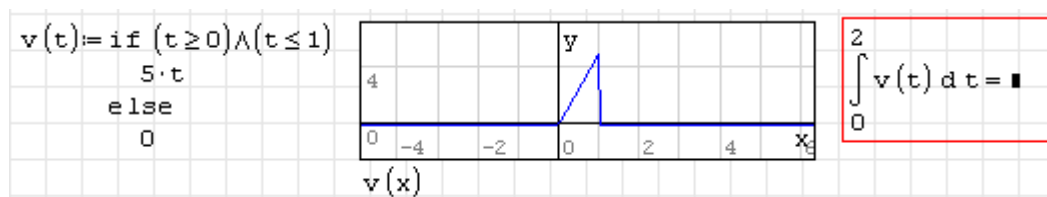
SMath kann nur bestimmte Integrale (mit Integrationsgrenzen) und diese auch nur numerisch berechnen.

- Maßeinheiten an den Integrationsgrenzen werden ignoriert. Die Integrationsvariable wird daher als dimensionslos betrachtet.
- Funktionen dürfen keine `if()`-Anweisung enthalten. Sollen stückweise stetige Funktionen integriert werden, kann man sie wie im vorigen Abschnitt angegeben durch arithmetische Ausdrücke mit logischen Operatoren definieren.
- Die Integrationsgenauigkeit wird global unter **Hauptmenü> Extras> Einstellungen> Berechnung> Integrale: Genauigkeit** eingestellt. Der Wert gibt die Zahl der Intervalle zwischen den Integrationsgrenzen an, die bei der numerischen Berechnung verwendet wird. Im Zweifelsfall muss man den Wert erhöhen und prüfen, in welchem Maße das Ergebnis von der Einstellung abhängt. Bei hinreichend glatten Funktionen ist die Voreinstellung (100) gut geeignet, bei Funktionen mit Unstetigkeiten können schnell höhere Werte erforderlich sein.
- Im Interesse der Genauigkeit ist es vorteilhaft, das Integrationsgebiet an Unstetigkeitsstellen aufzuteilen.

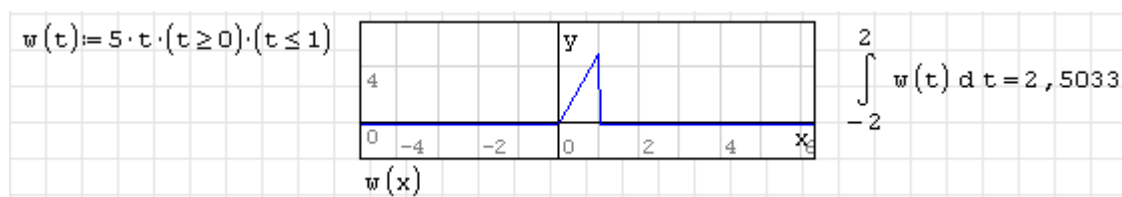
Unbestimmte Integrale oder symbolische Auswertung ist mit den eingebauten Funktionen in SMath nicht möglich. Alternativ kann das Plugin *Maxima* benutzt werden.

### 4.7.1 Integrale stückweise stetiger Funktionen

Die Integrationsfunktion `int()` versagt, wenn Funktionen unter Verwendung von `if()` definiert werden. Es kommt dann die unsinnige Fehlermeldung, die Integrationsvariable sei nicht definiert.



Der Ausweg besteht in der Verwendung von logischen Operatoren, mit denen man Ausdrücke definieren kann, die nur in einem bestimmten Bereich Eins, ansonsten aber Null sind (Integrationsgenauigkeit hier auf 1000 eingestellt):



Eine Konvergenzanalyse zeigt folgende Abhängigkeit des Ergebnisses von der eingestellten Genauigkeit (**Hauptmenü> Extras> Einstellungen> Berechnung> Integrale: Genauigkeit**):

Genauigkeitseinstellung	Wert
exakt	2,5000
100	2,5333
1000	2,5033
10000	2,5003

Aufgrund der Unstetigkeit bei  $t = 1$  kommt es bei der Standardeinstellung (Genauigkeit 100) zu einem Fehler von über einem Prozent.

### 4.7.2 Integrale mit variablen Grenzen

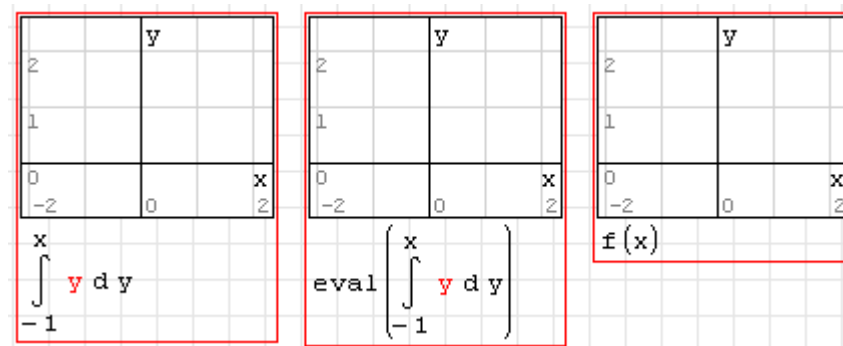
Man kann Funktionen definieren, die Integrationen mit variablen Grenzen enthalten. Achten Sie darauf, unterschiedliche Variablen für Grenzen (hier  $x$ ) und Integration (hier  $y$ ) zu verwenden!

$$f(x) := \int_{-1}^x y \, dy$$

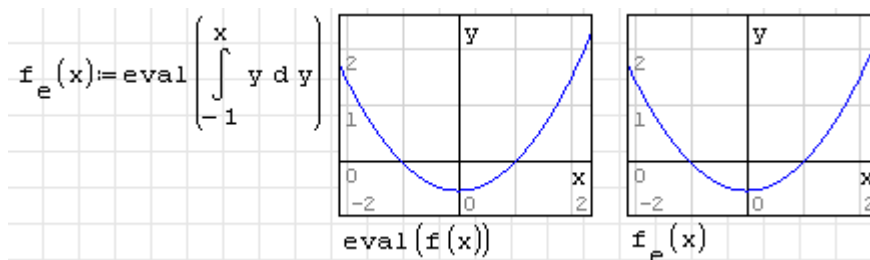
```
M:=matrix(0;2) for X∈-1;-1+0,5..1
M:=stack(M;(X f(X)))
```

$$M = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ -0,5 & -0,375 \\ 0 & -0,5 \\ 0,5 & -0,375 \\ 1 & 2,9606 \cdot 10^{-17} \end{pmatrix}$$

Ausdrücke mit variablen Grenzen lassen sich allerdings nicht ohne weiteres plotten.



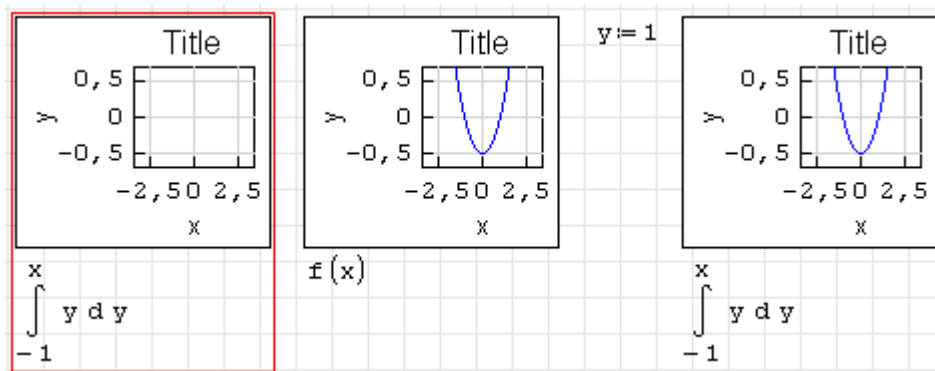
Beim Standard-Diagrammbereich gelingt der Plot erst, wenn man den Ausdruck als Funktion definiert und bei Definition oder Aufruf `eval()` anwendet.



Auch beim X-Plot Diagrammbereich (siehe Abschnitt 5.2) gelingt die Darstellung nur unter bestimmten Bedingungen:

- es wird eine Funktion definiert, wobei `eval()` nicht erforderlich ist, oder

- die Integrationsvariable, die im Ausdruck verwendet wird, darf nicht undefiniert sein. Der Plotbereich identifiziert sonst zwei undefinierte Variablen im Ausdruck und geht von einer impliziten Funktion aus.



### 4.7.3 Integrale über Größen mit Maßeinheiten

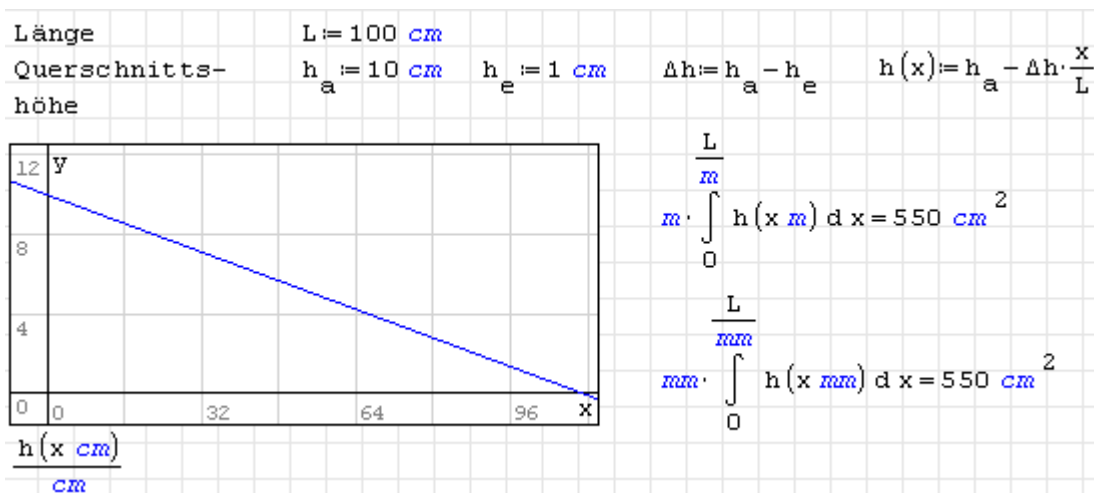
Will man beispielsweise das Integral über eine Länge berechnen, so muss man eine dimensionslose Koordinate  $\xi = x/\ell$  einführen:

$$\int_0^\ell f(x) dx = \ell \int_0^1 f(\xi \ell) d\xi$$

Als Bezugsgröße  $\ell$  kann man auch direkt eine Längeneinheit  $LE$  verwenden. Dann schreibt sich das Integral:

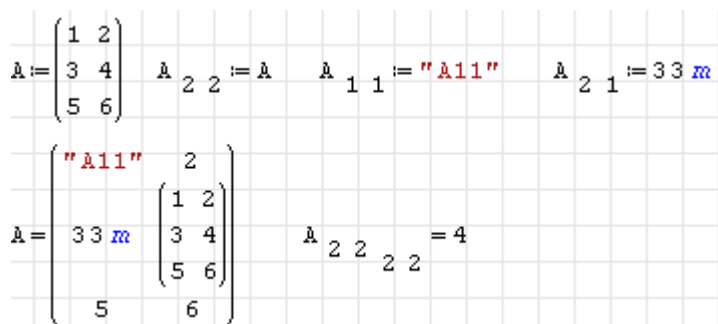
$$\int_0^\ell f(x) dx = LE \int_0^{l/LE} f(\xi \cdot LE) d\xi$$

Im folgenden Beispiel wird als Längeneinheit das Meter verwendet, das Ergebnis ist aber von dieser Wahl unabhängig, lediglich die Dimension muss passen.



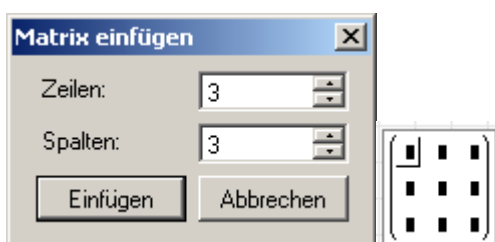
## 4.8 Matrizen und Vektoren

Matrizen in SMath können beliebige Ausdrücke als Elemente haben, auch andere Matrizen, Zeichenketten oder Listen.



Matrizenelemente können durch Adress-Indizes angesprochen werden, die mit der eckigen Klammer [ erzeugt werden.

Der Dialog „Matrix einfügen“ erlaubt die Angabe der Zeilen- und Spaltenzahl und erzeugt mit  ein entsprechend großes Feld von Platzhaltern



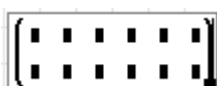
Der Dialog wird aufgerufen mit

- -
- Menü > Einfügen > Matrix
- Seitenpanel Matrizen >

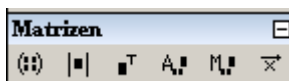
Ein 3 × 3 Platzhalter wird erzeugt durch Eintippen von mat (

Ein 2 × 2 Platzhalter wird erzeugt durch Eintippen von mat

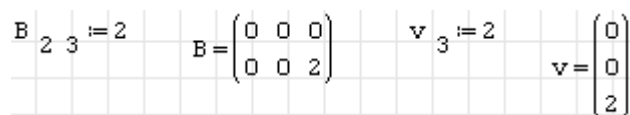
**Größe verändern:** linke oder rechte Klammer anklicken, dann erscheint eine Marke rechts unten, an der die Größe mit der Maus gezogen werden kann.



Die Funktion matrix(m,n) erzeugt eine m × n-Nullmatrix.



Mit der Zuweisung eines Matrixelements wird eine Matrix der erforderlichen Größe angelegt, wenn sie noch nicht existiert, oder vergrößert, wenn sie nicht groß genug war.



**Adressindizes** werden mit der Funktion el() oder mit dem Tastaturkürzel [ erzeugt. Dabei entsteht zunächst nur ein Index, ein zweiter kann durch Eingabe eines Argumenttrennzeichens (Semikolon) hinzugefügt werden.

Matrizenelemente können durch Adress-Indizes angesprochen werden, die mit der eckigen Klammer [ erzeugt werden.

### 4.8.1 Der SMatMatrixEditor

Momentan ist es innerhalb von SMath Studio nicht möglich, Zeilen oder Spalten zu Matrizen hinzuzufügen, lediglich bei Vektoren funktionieren die gleichen Methoden wie bei Listen und Anweisungsblöcken.

Um diesen Mangel auszugleichen, hat Peter Streipardt ein separates Programm geschrieben, den *SMathMatrixEditor*. Er ist Bestandteil der inoffiziellen SMath-Distribution.

### 4.8.2 Funktionen zur Erzeugung von Matrizen und Vektoren

**Einheitsmatrix** gegebener Dimension erzeugen

$$\text{identity}(2) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{identity}(3) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

**Diagonalmatrix** aus einem Vektor

$$\text{diag} \left( \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \end{pmatrix}$$

**Nullmatrix** gegebener Dimension erzeugen:

$$\text{matrix}(2; 4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Die Funktion `range()` erzeugt **Vektoren mit auf- oder absteigenden Zahlenwerten**. Anzugeben sind der erste Wert und der Maximalwert. Optional kann der zweite Wert angegeben werden, der dann die Schrittweite definiert. Sie ist auf +1 oder -1 voreingestellt, je nach dem, ob der Maximalwert größer oder kleiner als der Endwert ist.

$$2 \dots -2 = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \\ -2 \end{pmatrix} \quad 1 \dots 5 = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad 0,5 \dots 3,5 = \begin{pmatrix} 0,5 \\ 1,5 \\ 2,5 \\ 3,5 \end{pmatrix}$$

$$x_1 := 0 \quad x_2 := \frac{\pi}{2} \quad x_n := 2 \cdot \pi$$

$$x_1; x_2 \dots x_n = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,5 \\ 1 \\ 1,5 \\ 2 \end{pmatrix} \pi$$

### 4.8.3 Rechnen mit Matrizen

**Multiplikation mit einer Zahl**

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \cdot 3 = \begin{pmatrix} 3 & 6 \\ 9 & 12 \end{pmatrix} \quad 5 \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 & 10 \\ 15 & 20 \end{pmatrix}$$

**Addition, Subtraktion**

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3 & 6 \\ 9 & 12 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & 8 \\ 12 & 16 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 3 & 6 \\ 9 & 12 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & -4 \\ -6 & -8 \end{pmatrix}$$

**Transposition** (Eingabe als `transpose()` oder  $\boxed{\text{■}^T}$  aus dem Matrixpanel der Seitenleiste)

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix}$$

**Matrixmultiplikation**

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 & 11 & 17 \\ 11 & 25 & 39 \\ 17 & 39 & 61 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 7 & 10 \\ 15 & 22 \\ 23 & 34 \end{pmatrix}$$

**Determinante** (Eingabe als `det()` oder  $\boxed{|\cdot|}$  aus dem Matrixpanel der Seitenleiste)

$$\left| \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \right| = -2$$

**Rang einer Matrix**

$$\text{rank} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \right) = 2 \quad \text{rank} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix} \right) = 2$$

$$C := \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \quad |C| = a \cdot d - c \cdot b \quad \text{rank}(C) = 2$$

$$D := \begin{pmatrix} a & b \\ 2 \cdot a & 2 \cdot b \end{pmatrix} \quad |D| = 0 \quad \text{rank}(D) = 1$$

Die numerische Berechnung von Determinante und Rang ist nicht robust, da die Zwischenergebnisse für die interne Zahlendarstellung zu groß werden. Im Einzelfall kann die symbolische Auswertung noch sinnvolle Werte liefern, stößt aber auch an Grenzen der Zahlendarstellung.



$A := \begin{pmatrix} 8 & 0 & 4 & 8 & 8 & 2 & 8 & 3 & 3 & 2 \\ 5 & 3 & 0 & 7 & 4 & 7 & 5 & 4 & 6 & 7 \\ 5 & 8 & 4 & 1 & 8 & 3 & 1 & 8 & 6 & 9 \\ 6 & 3 & 5 & 0 & 0 & 3 & 8 & 9 & 8 & 0 \\ 5 & 8 & 3 & 5 & 8 & 3 & 4 & 6 & 6 & 5 \\ 9 & 6 & 7 & 2 & 8 & 9 & 6 & 3 & 9 & 5 \\ 1 & 9 & 6 & 4 & 5 & 1 & 8 & 0 & 6 & 1 \\ 9 & 5 & 5 & 5 & 1 & 7 & 5 & 8 & 2 & 4 \\ 8 & 4 & 2 & 1 & 9 & 9 & 5 & 2 & 1 & 1 \\ 6 & 5 & 9 & 3 & 9 & 5 & 1 & 8 & 0 & 7 \end{pmatrix}$	numerische Auswertung:
	$\text{rank}(A) = \blacksquare$
	$ A  = \blacksquare$
	symbolische Auswertung:
	$\text{rank}(A) = 10$
	$ A  = \frac{\phantom{1621309359234030000000}}{1621309359234030000000}$
<code>maple( A ) = 784894425</code>	

Dieses Problem wird durch das Maxima-Plugin beseitigt.

**Inverse Matrix** (Eingabe als  $\wedge -1$ )

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 1,5 & -0,5 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} -\frac{d}{b \cdot c - a \cdot d} & \frac{b}{b \cdot c - a \cdot d} \\ \frac{c}{b \cdot c - a \cdot d} & -\frac{a}{b \cdot c - a \cdot d} \end{pmatrix}$$

Der **Minor** ist der Wert der Unterdeterminante, die sich durch Streichung der  $i$ -ten Zeile und der  $j$ -ten Spalte ergibt. Die Eingabe erfolgt als `minor()` oder mit  $M_{i,j}$  aus dem Matrixpanel der Seitenleiste. Die Funktion `vminor()` liefert die entsprechende Matrix, leider ist das an der Operatordarstellung nicht zu unterscheiden.

$$\begin{array}{l} \text{minor()} \quad M_{1,2} \left( \begin{pmatrix} 5 & 11 & 17 \\ 11 & 25 & 39 \\ 17 & 39 & 61 \end{pmatrix} \right) = 8 \\ \\ \text{vminor()} \quad M_{1,2} \left( \begin{pmatrix} 5 & 11 & 17 \\ 11 & 25 & 39 \\ 17 & 39 & 61 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 11 & 39 \\ 17 & 61 \end{pmatrix} \quad \left| \begin{pmatrix} 11 & 39 \\ 17 & 61 \end{pmatrix} \right| = 8 \end{array}$$

Das **algebraische Komplement** ist gleich dem Minor, multipliziert mit  $(-1)^{i+j}$ . Eingabe mit `alg()` oder  $A_{i,j}$  aus dem Matrixpanel der Seitenleiste. Vorsicht, die Funktion wird genauso dargestellt wie Adressindizes an einer Matrix  $A$

$$A_{1,2} \left( \begin{pmatrix} 5 & 11 & 17 \\ 11 & 25 & 39 \\ 17 & 39 & 61 \end{pmatrix} \right) = -8$$

**Spur** einer Matrix (Summe der Diagonalelemente)

$$\text{tr} \left( \begin{pmatrix} 5 & 11 & 17 \\ 11 & 25 & 39 \\ 17 & 39 & 61 \end{pmatrix} \right) = 91$$

## Symbolisches Rechnen mit Matrizen und Vektoren

Seien Sie extrem vorsichtig mit symbolischer Auswertung (Optimierung) bei Matrizen und Vektoroperationen. SMath vereinfacht arithmetische Ausdrücke nach den Regeln für skalare Werte (Distributivität und Kommutativität der Multiplikation). Diese gelten im Allgemeinen nicht für Vektoren und Matrizen. **Schalten Sie also im Zweifelsfall auf numerische Auswertung.**

Ein Beispiel ist die Multiplikation dreier Vektoren, bei dem mit zwei Vektoren ein Skalarprodukt gebildet wird und das Ergebnis mit dem dritten Vektor multipliziert wird. Dabei kommt es entscheidend auf die Klammersetzung an. Die Vektoren  $\underline{a}$ ,  $\underline{b}$  und  $\underline{c}$  sind hier noch nicht definiert (SMath weiß überhaupt noch nicht, dass die Variablen mal Vektoren werden sollen). Daher muss symbolisch ausgewertet werden.

$$(\underline{a} \cdot \underline{b}) \cdot \underline{c} = \underline{a} \cdot \underline{b} \cdot \underline{c} \quad \underline{a} \cdot (\underline{b} \cdot \underline{c}) = \underline{a} \cdot \underline{b} \cdot \underline{c} \quad \underline{b} \cdot (\underline{a} \cdot \underline{c}) = \underline{b} \cdot \underline{a} \cdot \underline{c}$$

Wie man sieht, verschwinden die Klammern. Der Ausdruck wird bei der Berechnung von links nach rechts abgearbeitet. Das Produkt  $\underline{a} \cdot \underline{b}$  oder  $\underline{b} \cdot \underline{a}$  wird zuerst berechnet. Betrachten wir, was passiert, wenn wir den Variablen Vektoren zuweisen:

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{a} := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{b} := \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{c} := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} \\
 \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = 6 \quad \mathbf{a} \cdot \mathbf{c} = 6 \quad \mathbf{b} \cdot \mathbf{c} = 10 \\
 \text{Auswertung symbolisch} \\
 (\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}) \cdot \mathbf{c} = \begin{pmatrix} 6 \\ 12 \\ 18 \end{pmatrix} \quad \mathbf{a} \cdot (\mathbf{b} \cdot \mathbf{c}) = \begin{pmatrix} 6 \\ 12 \\ 18 \end{pmatrix} \quad \mathbf{b} \cdot (\mathbf{a} \cdot \mathbf{c}) = \begin{pmatrix} 6 \\ 12 \\ 18 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Wenn SMath merkt, dass beide Faktoren Vektoren sind, dann wird das Skalarprodukt berechnet. Dies ergibt eine Zahl, die dann im zweiten Schritt mit dem Vektor  $\underline{c}$  multipliziert wird. Dies ist aber definitiv nicht gemeint. **Die rot markierten Ausdrücke sind falsch berechnet**, weil SMath die symbolischen Vereinfachungen der Ausdrücke vor dem Einsetzen der konkreten Werte vornimmt. Stellt man auf numerische Auswertung um, so erhält man die richtigen Ergebnisse:

$$\begin{array}{l}
 \text{Optimierung numerisch} \\
 (\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}) \cdot \mathbf{c} = \begin{pmatrix} 6 \\ 12 \\ 18 \end{pmatrix} \quad \mathbf{a} \cdot (\mathbf{b} \cdot \mathbf{c}) = \begin{pmatrix} 10 \\ 10 \\ 10 \end{pmatrix} \quad \mathbf{b} \cdot (\mathbf{a} \cdot \mathbf{c}) = \begin{pmatrix} 18 \\ 12 \\ 6 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

#### 4.8.4 Manipulation von Matrizen

Abmessungen von Matrizen ermitteln (**Zeilenzahl, Spaltenzahl, Elementanzahl**):

$$\mathbf{A} := \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \quad \text{cols}(\mathbf{A}) = 2 \quad \text{rows}(\mathbf{A}) = 3 \quad \text{length}(\mathbf{A}) = 6$$

**Zugriff auf Zeilen, Spalten und Elemente:**

**Adressindizes** werden mit der Funktion `el()` oder mit dem Tastaturkürzel `[]` erzeugt. Dabei entsteht zunächst nur ein Index, ein zweiter kann durch Eingabe eines Argumenttrennzeichens (Semikolon) hinzugefügt werden.

$$\text{col}(\mathbf{A}; 1) = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} \quad \text{row}(\mathbf{A}; 1) = (1 \ 2) \quad \mathbf{A}_{2 \ 2} = 4$$

Matrizelemente können einzeln definiert werden:

$$\mathbf{A} := \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \quad \mathbf{A}_{1 \ 1} := 10 \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 10 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$$

Überschreiten die Indexwerte die Größe der Matrix, wird diese dynamisch erweitert:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 10 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \quad \mathbf{A}_{3 \ 4} := 1 \quad \mathbf{A} = \begin{pmatrix} 10 & 2 & 0 & 0 \\ 3 & 4 & 0 & 0 \\ 5 & 6 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

**Lineare Adressierung:** Matricelemente können auch über einen einzelnen Index angesprochen werden, der von 1 bis zur Länge der Matrix läuft. Allerdings funktioniert dies nicht auf der linken Seite von Zuweisungen.

Matrizen können bei passenden Abmessungen **übereinander oder nebeneinander verbunden** werden:

$$\text{augment} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 3 & 4 & 3 \\ 5 & 6 & 5 \end{pmatrix} \quad \text{stack} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$$

Eine wichtige Anwendung ist der zeilenweise oder spaltenweise Aufbau von Matrizen in Programmschleifen. Zeilenweise aufzubauende Matrizen können dafür mit null Zeilen und der passenden Spaltenzahl initialisiert werden:

```
M:=matrix(0;2)
for x∈0;π/4..π
  M:=stack(M;(x sin(x)))
```

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0,7854 & 0,7071 \\ 1,5708 & 1 \\ 2,3562 & 0,7071 \\ 3,1416 & 0 \end{pmatrix} \quad +$$

Zugriff auf **Teilmatrizen**:

$$\text{submatrix} \left( \begin{pmatrix} 5 & 11 & 17 \\ 11 & 25 & 39 \\ 17 & 39 & 61 \end{pmatrix}; 1; 2; 2; 3 \right) = \begin{pmatrix} 11 & 17 \\ 25 & 39 \end{pmatrix}$$

### Suchen und Sortieren

Die Funktion `findrows(Matrix; Ausdruck; i)` greift aus einer Matrix alle Zeilen heraus, deren Wert in Spalte `i` gleich dem Ausdruck ist. Wird kein passender Eintrag gefunden, liefert die Funktion den Wert Null.

$$\text{findrows} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}; 4; 2 \right) = \begin{pmatrix} 3 & 4 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \quad \text{findrows} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}; 5; 1 \right) = \begin{pmatrix} 5 & 6 \end{pmatrix} \quad +$$

$$\text{findrows} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}; 7; 1 \right) = 0$$

Mit `csort(Matrix; i)` werden die Zeilen einer Matrix anhand der `i`-ten Spalte sortiert:

$$\text{csort} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}; 1 \right) = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$$

Entsprechend sortiert `rsort(Matrix; i)` die Spalten einer Matrix anhand der *i*-ten Zeile:

$$\text{rsort} \left( \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 7 & 8 & 6 \end{pmatrix}; 1 \right) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 3 & 3 & 5 \\ 2 & 7 & 4 & 8 & 6 \end{pmatrix}$$

Die Funktion `sort()` sortiert die Elemente einer Spaltenmatrix (eines Vektors) der Größe nach.

$$\text{sort} \left( \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 1 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 3 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix}$$

`reverse()` kehrt die Reihenfolge der Zeilen in einer Matrix um:

$$\text{reverse} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

Man kann dies benutzen, um absteigend zu sortieren:

$$\text{reverse} \left( \text{csort} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 7 \\ 3 & 8 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}; 2 \right) \right) = \begin{pmatrix} 3 & 8 \\ 1 & 7 \\ 5 & 6 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

Maximum und Minimum einer Matrix bestimmt man mit folgenden Funktionen:

$$\max \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = 6 \quad \min \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = 1$$

Das Plugin *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3) enthält erweiterte Versionen der Maximum- und Minimum-Funktionen, die auch mit mehreren Argumenten unterschiedlicher Formen (Listen, Matrizen, Zahlen) zurechtkommen.

$$\text{Min} \left( 8; \begin{pmatrix} \pi \\ 7 \\ 5 \\ (1 \ 2 \ 5 \ 4 \ 4) \\ -10 \\ 3 \end{pmatrix}; \frac{14}{6}; \begin{pmatrix} \sqrt{2} & 12,7 \\ \pi & e^4 \\ \begin{cases} 2 \\ 5 \\ -4 \\ 7 \end{cases} & -\frac{6}{7} \end{pmatrix} \right) = -10$$

$$\text{Max} \left( 8 ; \begin{pmatrix} \pi \\ 7 \\ 5 \\ (1 \ 2 \ 5 \ 4 \ 4) \\ -10 \\ 3 \end{pmatrix} ; \frac{14}{6} ; \begin{pmatrix} \sqrt{2} & 12,7 \\ \pi & e^4 \\ \begin{cases} 2 \\ 5 \\ -4 \\ 7 \end{cases} & \begin{cases} -6 \\ -7 \end{cases} \end{pmatrix} \right) = 54,6$$

### 4.8.5 Funktionen auf Vektor- oder Matrixelemente anwenden

Matrizen kann man als Datentabellen auffassen, ähnlich wie in Excel. Will man Spalten mit Funktionen zu neuen Spalten verknüpfen, dann sind in der Regel Schleifen über alle Datenzeilen erforderlich.

Datenvektoren mit einem Wertebereich erzeugen:

Dazu dient die Funktion `range(2)`:

`x: rang`  `1`  `5`

$$x := 1 \dots 5 \quad x = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad 2 \dots -2 = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \\ -2 \end{pmatrix} \quad 0,5 \dots 3,5 = \begin{pmatrix} 0,5 \\ 1,5 \\ 2,5 \\ 3,5 \end{pmatrix}$$

Alternativ kann eine Schrittweite vorgegeben werden, dies leistet die Funktion `range(3)`

`s: rang`   `0`  `p`   `p`

$$s := 0 ; \frac{\pi}{4} \dots 2 \cdot \pi \quad s = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,79 \\ 1,57 \\ 2,36 \\ 3,14 \\ 3,93 \\ 4,71 \\ 5,5 \\ 6,28 \end{pmatrix}$$

### Berechnungen mit for-Schleifen

Typischerweise benötigt man eine Schleife, deren Zähler von 1 bis zur Länge des Vektors läuft. Diese erzeugt man so:

```
for  i  rang  1  len  s 
  for i ∈ 1 .. length(s)
    ■
```

Im Schleifenkörper weist man dann dem *i*-ten Element des Ergebnisvektors den gewünschten Wert zu. Dabei wird typischerweise das *i*-te Element eines oder mehrerer anderer Vektoren verwendet.

```

y[i] := sin(s[i])
for i ∈ 1..length(s)
  y_i := sin(s_i)

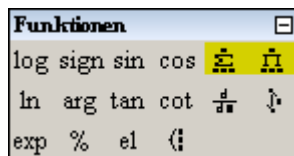
```

$$y = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,7071 \\ 1 \\ 0,7071 \\ 0 \\ -0,7071 \\ -1 \\ -0,7071 \\ -2,4492 \cdot 10^{-16} \end{pmatrix}$$

### 4.8.6 Summen und Produkte

Summen- und Produktzeichen können auf drei Wegen in das Rechenblatt eingefügt werden:

- über das Funktionen-Panel der Seitenleiste



- über das Menü **Einfügen > Funktionen > Alle > sum(4)** oder **product**
- über die Tastatur

sum  $\downarrow$   $\leftrightarrow$   
 pr  $\leftrightarrow$

Die Summe aller Zahlen von 1 bis 100 berechnet sich so:

sum  $\downarrow$   $\leftrightarrow$  i  $\rightarrow$  i  $\rightarrow$  1  $\rightarrow$  100 =

$$\sum_{i=1}^{100} i = 5050$$

Größen, die man in einer Summe mit ihrem Index ansprechen will, müssen als Vektor definiert werden. Achten Sie darauf, Adress-Indizes (statt Textindizes) zu verwenden. Man erzeugt sie mit der Funktion `e1()` aus dem Funktionenpanel der Seitenleiste oder durch das Tastaturzeichen `[` (eckige Klammer auf).

Im folgenden Beispiel wird der Gesamtschwerpunkt dreier Flächen  $A_i$  mit den Teilschwerpunkten  $x_i$  berechnet. Die Größen werden definiert

A[1:20cm]  $\leftrightarrow$   $\sim 2$

$$A_1 := 20 \text{ cm}^2 \quad A_2 := 30 \text{ cm}^2 \quad A_3 := 20 \text{ cm}^2$$

$$x_1 := 2 \text{ cm} \quad x_2 := 4 \text{ cm} \quad x_3 := -2 \text{ cm}$$

$$A = \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \\ 20 \end{pmatrix} \text{ cm}^2 \quad x = \begin{pmatrix} 20 \\ 40 \\ -20 \end{pmatrix} \text{ mm} \quad n := \text{length}(A)$$

x.S: sum  $\downarrow$   $\Leftrightarrow$  A[j]  x[j]  $\rightarrow$   $\rightarrow$   $\rightarrow$   $\rightarrow$  j  $\rightarrow$  1  $\rightarrow$  n   
 /sum  $\Leftrightarrow$  A=

$$x_S := \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot x_j}{\sum A} = 17,1 \text{ mm}$$

Im Nenner steht eine verkürzte Form des Summenzeichens, diese summiert über alle Elemente eines Vektors und kann über den Dialog „Funktion einfügen“ oder die Tastatur eingegeben werden, dabei ist sum(1) auszuwählen.

### 4.8.7 Matrizen aus Dateien einlesen oder in Dateien schreiben

Standardmäßig steht nur die Funktion `importData()` zur Verfügung, die es erlaubt, Daten aus Textdateien zu lesen. Dabei können das Dezimaltrennzeichen und das Spaltentrennzeichen sowie Start- und End-Zeilen und -Spalten vorgegeben werden. Es können allerdings nur Zahlen oder interne SMath-Ausdrücke gelesen werden.

Die Funktion `importCell()` aus dem Plugin *Excel Collaboration* liest eine einzelne Zelle aus einer *xls* (Excel)-Datei, dies funktioniert aber nicht für Fließkommazahlen, nur für ganze Zahlen oder Zeichenketten.

Das Plugin *Data Exchange* bietet die Funktionen `ImportData.ODS()` und `ImportData.XLSX()`, die ganze Matrizen auf einmal einlesen können. *ods* ist das Dateiformat von OpenOffice Calc, *xlsx* ist das Format von MS Excel.

Das Plugin *Mathcad File Access* bietet Funktionen für das Einlesen von Pixeldaten aus Audio- und Grafikdateien sowie für das Lesen und Schreiben von Audio- und Binärdateien.

Dateinamen können mit relativem oder absoluten Pfaden versehen sein. Die Regeln für das aktuelle Verzeichnis beschreibt Abschnitt 3.13.

Funktion	Seite	Plugin	Format	Num.	Zeichenk.	Ausdr.
<code>importData()</code>	260	(Standard)	Ascii	x		x
<code>importCell()</code>	260	<i>Excel Collaboration</i>	xls	(Int.)	x	x
<code>importData.ODS()</code>	260	<i>Data Exchange</i>	ods	x	x	x
<code>importData.XLSX()</code>	260	<i>Data Exchange</i>	xlsx	x	x	x
<code>READ_IMAGE()</code>	287	<i>Mathcad File Access</i>	Bild	x		
<code>READ_RED()</code>	287	<i>Mathcad File Access</i>	Bild	x		
<code>READ_GREEN()</code>	286	<i>Mathcad File Access</i>	Bild	x		
<code>READ_BLUE()</code>	286	<i>Mathcad File Access</i>	Bild	x		
<code>READ_RGB()</code>	289	<i>Mathcad File Access</i>	Bild	x		
<code>READ_BMP()</code>	288	<i>Mathcad File Access</i>	bmp	x		
<code>READBIN()</code>	288	<i>Mathcad File Access</i>	binär	x		
<code>READWAV()</code>	289	<i>Mathcad File Access</i>	wav	x		

Tabelle 4.4: Funktionen für den Datenimport. (Int.): nur ganze Zahlen

Ausgegeben werden können Daten mit den Funktionen

Funktion	Seite	Plugin	Format	Num.	Zeichenk.	Ausdr.
exportCell()	239	Excel Collaboration	(xls)	(Int.)	x	x
exportData.CSV()	240	Data Exchange	csv	x	x	x
exportData.ODS()	240	Data Exchange	ods	x	x	x
exportData.XLSX()	242	Data Exchange	xlsx	x	x	x
WRITEBIN()	303	Mathcad File Access	binär	x		
WRITEWAV()	304	Mathcad File Access	wav	x		

Tabelle 4.5: Funktionen für den Datenexport. (Int.): nur ganze Zahlen, (xls): Format mit Excel nicht lesbar

### 4.8.8 Vektor- und Tensorrechnung in kartesischen Koordinaten

Vektoren werden durch Spaltenmatrizen ihrer kartesischen Koordinaten dargestellt. Entsprechend werden Tensoren als quadratische Koordinatenmatrizen dargestellt.

#### Basis, Vektorkomponenten und Vektorkoordinaten

Basisvektoren im kartesischen Koordinatensystem:

$$e_x := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad e_y := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad e_z := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Man kann Basisvektoren auch als Funktion definieren. Der  $i$ -te Basisvektor ist die  $i$ -te Spalte in einer Einheitsmatrix passender Dimension (hier 3):

$$e(k) := \text{col}(\text{identity}(3); k) \quad e(1) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad e(2) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad e(3) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Ein physikalischer Vektor kann dargestellt werden als Summe aus den Produkten einheitenbehafteter Koordinaten und den zugehörigen Basisvektoren.  $F_x, F_y, F_z$  seien beispielsweise die Koordinaten eines Kraftvektors:

$$F_x := 1 \text{ N} \quad F_y := 3 \text{ N} \quad F_z := 2 \text{ N}$$

Dann sind die Produkte dieser Koordinaten mit den zugehörigen Basisvektoren die sogenannten Komponenten des Kraftvektors in Richtung der Koordinatenachsen. Merke: Koordinaten sind (gegebenenfalls einheitenbehaftete) Zahlen, Komponenten sind Vektoren, haben also eine Richtung.

$$F_x \cdot e_x = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ N} \quad F_y \cdot e_y = \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ N} \quad F_z \cdot e_z = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix} \text{ N}$$

Die Summe der Komponenten ergibt den kompletten Kraftvektor:

$$F := F_x \cdot e_x + F_y \cdot e_y + F_z \cdot e_z \quad F = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix} \text{ N}$$

Man kann auch direkt die Koordinaten in eine Spaltenmatrix schreiben:

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix} \text{ N}$$

Mit SMath kann man die Koordinaten eines Vektors mit der Indexfunktion ansprechen:

$$F_1 = 1 \text{ N} \quad F_2 = 3 \text{ N} \quad F_3 = 2 \text{ N}$$

## Skalarprodukt

Das Skalarprodukt zweier Vektoren **a** und **b** ist eine Zahl, die gleich dem Produkt aus dem Betrag **|a|** des einen, dem Betrag **|b|** des anderen und dem Kosinus des eingeschlossenen Winkels ist. In kartesischen Koordinaten ist dies gleich der Summe über die Produkte der Koordinaten beider Vektoren:

$$\mathbf{a} := \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \quad \mathbf{b} := \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} \quad \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a_x \cdot b_x + a_y \cdot b_y + a_z \cdot b_z$$

(symbolische Auswertung)

Die Basisvektoren kartesischer Koordinatensysteme haben die Länge 1 und stehen senkrecht aufeinander. Daher hat das Skalarprodukt eines Basisvektors mit sich selbst den Wert 1 und mit einem anderen Basisvektor den Wert 0. Solch eine Basis nennt man orthonormiert (rechtwinklig und Länge 1).

$$\text{for } i \in 1..3 \quad \text{for } j \in 1..3 \quad M_{ij} := \mathbf{e}(i) \cdot \mathbf{e}(j) \quad \mathbf{M} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

## Betrag


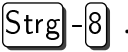
Der Betrag eines Vektors ist gleich der Wurzel aus dem Skalarprodukt mit sich selbst.

$$\mathbf{F} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 2 \end{pmatrix} \text{ N} \quad \mathbf{F} \cdot \mathbf{F} = 14 \text{ N}^2 \quad \sqrt{\mathbf{F} \cdot \mathbf{F}} = 3,7417 \text{ N} \quad \text{norme}(\mathbf{F}) = 3,7417 \text{ N}$$

$$\sqrt{\mathbf{a} \cdot \mathbf{a}} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (\text{symbolische Auswertung})$$

## Kreuzprodukt

Das Kreuzprodukt zweier Vektoren **a** und **b** ist gleich einem Vektor, der auf beiden Vektoren senkrecht steht und dessen Betrag gleich der von **a** und **b** aufgespannten Trapezfläche ist. Diese Fläche wiederum ist gleich dem Produkt aus den Beträgen von **a** und **b** und dem Sinus des eingeschlossenen Winkels. Das Kreuzprodukt kann sehr einfach aus den kartesischen Koordinaten der beiden Vektoren berechnet werden. In SMath steht dafür aber eine separate

Funktion bereit, erreichbar über den Knopf  im Panel „Matrizen“ der Seitenleiste oder .

$$a \times b = \begin{pmatrix} a_y \cdot b_z - a_z \cdot b_y \\ a_z \cdot b_x - a_x \cdot b_z \\ a_x \cdot b_y - a_y \cdot b_x \end{pmatrix}$$

Die Kreuzprodukte zweier Basisvektoren liefern jeweils den senkrecht auf beiden stehenden, also den dritten Basisvektor:

$$e_x \times e_y = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad e_y \times e_z = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad e_z \times e_x = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

### Spatprodukt

Das Spatprodukt dreier Vektoren ist das Volumen des von diesen drei Vektoren aufgespannten Parallelepipeds (Spat).

$$c := \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \quad a \cdot (b \times c) = a_x \cdot (b_y \cdot c_z - b_z \cdot c_y) + a_y \cdot (b_z \cdot c_x - b_x \cdot c_z) + a_z \cdot (b_x \cdot c_y - b_y \cdot c_x)$$

(symbolische Auswertung) +

## 4.9 Listen

Listen sind eindimensionale Felder, die in SMath als Spalte mit einer geschweiften Klammer links angezeigt werden.


Listen werden in unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet:

- Darstellung mehrerer Ausdrücke in einem Diagramm
- 
- Gleichzeitige Verwendung mehrerer Werte für eine Variable in Ausdrücken, Mengenobjekt.


Im Englischen werden diese Objekte auch *multiple values objects* oder *systems* genannt.

### 4.9.1 Listenobjekte erzeugen

Listen erzeugt man mit dem Knopf  im Seitenpanel „Funktionen“ oder durch Eingabe von

sys 



Elemente können eingefügt werden, indem ein Semikolon vor oder hinter einem Ausdruck eingegeben wird. Leere Platzhalter werden durch  (Rücktaste) gelöscht.

Die Länge von Listen kann wie bei Matrizen durch Anklicken der Klammer und Ziehen an der rechten unteren Ecke vergrößert oder verkleinert werden.



Manche Funktionen oder Rechenoperationen liefern auch Listen als Ergebnisse, so zum Beispiel der Plus/Minus-Operator (auf dem Arithmetik-Seitenpanel zu finden) und der Minus/Plus-Operator (durch Eingabe des %-Zeichens):

$$a \mp b = \begin{cases} a - b \\ a + b \end{cases} \quad a \pm b = \begin{cases} a + b \\ a - b \end{cases}$$

Das Beispiel mit undefinierten Variablen und symbolischer Auswertung zeigt deutlich den Unterschied zwischen beiden Operatoren.

Die Listeneinträge können für Anzeige oder Definition mit Adressindizes angesprochen werden. Falls erforderlich, wird die Liste dabei verlängert. Im folgenden Beispiel wird

- die Liste  $s$  mit den Elementen 1 und 2,5 definiert,
- das Element Nummer 2 angezeigt,
- das Element Nummer 4 auf den Wert 3 gesetzt
- die ganze Liste angezeigt.

$$s := \begin{cases} 1 \\ 2,5 \end{cases} \quad s_2 = 2,5 \quad s_4 := 3 \quad s = \begin{cases} 1 \\ 2,5 \\ 0 \\ 3 \end{cases}$$

Eine weitere Anzeigeoption ist die Frage, ob mehrfach auftretende Werte zusammengefasst werden. Dabei kann sich die Listenlänge ändern. Die Einstellung erfolgt in Hauptmenü> Extras> Einstellungen> Berechnung> Art des Systems. Mit „Alle Werte“ werden alle erzeugten Listenelemente angezeigt:

Art des Systems Alle Werte

$$1 \pm 1 \pm 1 = \begin{cases} 3 \\ 1 \\ 1 \\ -1 \end{cases} \quad \begin{cases} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 3 \end{cases} = \begin{cases} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 3 \end{cases}$$

Mit „Wiederholte Werte nur einmal“ werden Wertwiederholungen unterdrückt, so dass die Liste keine gleichen Werte mehrfach enthält:

Art des Systems Wiederholte Werte nur ei

$$1 \pm 1 \pm 1 = \begin{cases} 3 \\ 1 \\ -1 \end{cases} \quad \begin{cases} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 3 \end{cases} = \begin{cases} 1 \\ 2 \\ 3 \end{cases}$$

Standardmäßig werden im vorliegenden Handbuch „alle Werte“ angezeigt.

## 4.9.2 Rechnen mit Listen

Rechenoperationen können gleichzeitig auf alle Elemente einer Liste angewendet werden.

$$s := \begin{Bmatrix} 1 \\ 2,5 \end{Bmatrix} \quad s + 2 = \begin{Bmatrix} 3 \\ 4,5 \end{Bmatrix} \quad s^2 = \begin{Bmatrix} 1 \\ 6,25 \end{Bmatrix} \quad \cos(s) = \begin{Bmatrix} 0,5403 \\ -0,8011 \end{Bmatrix}$$

Treten in einem Ausdruck zwei oder mehrere Listen auf, so wird der Ausdruck für alle möglichen Elementkombinationen ausgewertet:

$$s + s = \begin{Bmatrix} 2 \\ 3,5 \\ 3,5 \\ 5 \end{Bmatrix} \quad s \cdot s = \begin{Bmatrix} 1 \\ 2,5 \\ 2,5 \\ 6,25 \end{Bmatrix} \quad s^s = \begin{Bmatrix} 1 \\ 2,5 \\ 1 \\ 9,8821 \end{Bmatrix} \quad s^s + s = \begin{Bmatrix} 2 \\ 3,5 \\ 2 \\ 10,8821 \\ 3,5 \\ 5 \\ 3,5 \\ 12,3821 \end{Bmatrix}$$

Das kann man beispielsweise benutzen, um Toleranzanalysen durchzuführen. In welchen Grenzen schwankt das Volumen eines Quaders, wenn die Kantenlängen mit ihren Toleranzen bekannt sind? Zunächst werden die Abmessungen mit ihren Toleranzen definiert:

$$l := 10 \text{ cm} + \begin{Bmatrix} 0 \text{ mm} \\ 0,5 \text{ mm} \end{Bmatrix} \quad b := 5 \text{ cm} \pm 0,2 \text{ mm} \quad h := 3 \text{ cm} \cdot \begin{Bmatrix} 0,9 \\ 1,1 \end{Bmatrix} \quad (\text{entspricht } \pm 10\%)$$

$$l = \begin{Bmatrix} 100 \\ 100,5 \end{Bmatrix} \text{ mm} \quad b = \begin{Bmatrix} 50,2 \\ 49,8 \end{Bmatrix} \text{ mm} \quad h = \begin{Bmatrix} 27 \\ 33 \end{Bmatrix} \text{ mm}$$

Das Volumen ist das Produkt der drei Kantenlängen. Berechnet wird das Volumen jeder möglichen Kombination von Einzelwerten.

$$V := l \cdot b \cdot h$$

$$V = \begin{Bmatrix} 135,54 \\ 136,2177 \\ 134,46 \\ 135,1323 \\ 165,66 \\ 166,4883 \\ 164,34 \\ 165,1617 \end{Bmatrix} \text{ cm}^3$$

Nun sind noch die Extremwerte zu ermitteln. Dafür hat SMATH keine eingebaute Funktion, denn  $\min()$  und  $\max()$  funktionieren nur mit Vektoren und Matrizen. Dabei hilft das Plugin *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

## 4.9.3 Listenfunktionen im Plugin Custom Functions

Das Plugin *Custom Functions* stellt unter anderem die Funktionen  $\text{Min}()$  und  $\text{Max}()$  bereit, die mit beliebig strukturierten Kombinationen aus Matrizen und Listen zurechtkommen.

$$V = \begin{cases} 135,54 \\ 136,2177 \\ 134,46 \\ 135,1323 \\ 165,66 \\ 166,4883 \\ 164,34 \\ 165,1617 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{Min}(V) = 134,46 \text{ cm}^3 \\ \text{Max}(V) = 166,4883 \text{ cm}^3 \end{array}$$

Daneben bietet das Plugin auch Umwandlungsfunktionen für Matrizen in Listen und umgekehrt.

$$\text{sys2mat} \left( \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

$$\text{mat2sys} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix} \quad \text{mat2sys} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix}$$

## 4.10 Gleichungslösung

Für die Lösung von linearen und nichtlinearen Gleichungssystemen ist stets die Funktion `Solve()` aus dem Maxima-Plugin (siehe Kapitel 9) zu empfehlen.

- Lineare und nichtlineare Gleichungssysteme werden symbolisch gelöst.
- Startwerte oder Suchbereiche werden nicht benötigt.
- Das Ergebnis wird in Form von Listen mit Gleichungen `Variable=Wert` zurückgegeben.
- Die Funktion kann mit Maßeinheiten umgehen.

In manchen Fällen werden die symbolischen Ausdrücke zu kompliziert und `Solve()` findet keine Lösung. Dann kann man auf die Funktion `FindRoot()` aus dem Plugin *Nonlinear Solvers* benutzen. Das ist ein numerischer Löser, der Startwerte für die Variablen benötigt. Er kann ebenfalls mit Maßeinheiten umgehen. Darauf wird in Abschnitt 4.10.2 eingegangen.

Hat man nur eine Gleichung für eine Variable und kennt den Bereich, in dem die Lösung liegen muss, bietet sich auch das Halbteilungsverfahren an (Funktion `Bisection()`, siehe Abschnitt 4.10.3).

### 4.10.1 Symbolische Lösungen mit `Solve()`

Das Gleichungssystem wird als Liste oder Vektor von Gleichungen vorgegeben, dabei wird das boolesche Gleichheitszeichen verwendet. Eine weitere Liste oder ein weiterer Vektor geben die Variablen an, nach denen aufzulösen ist.

Die Lösung kommt als Liste von Gleichungen der Form Name=Wert. Wenn es mehrere Lösungen gibt, werden diese als Matrix von Listen (bei mehreren Variablen) oder als Liste (bei einer Variablen) zurückgegeben.

Für die Zuweisung der Lösung auf die Variablen gibt es die Funktion Assign(). Sie interpretiert die Gleichungen Name=Wert als Zuweisungen und führt diese aus. Bei mehreren Lösungen muss man sich dabei für eine Lösung entscheiden, die man über einen Adressindex an der Ergebnismatrix auswählen kann.

### Eine Gleichung, eine Unbekannte, eine Lösung

Einzelne Gleichungen oder Variablen können auch skalar (also nicht als Liste oder Matrix) angegeben werden.

$$\text{Solve}(a \cdot x + b = y, a) = a = \frac{y - b}{x}$$

### Zwei Gleichungen, zwei Unbekannte, eine Lösung

$$L := \left( \text{Solve} \left( \left( \begin{array}{l} 3 \cdot x + 4 \cdot y = 7 \\ 2 \cdot x + a \cdot y = 13 \end{array} \right), \left( \begin{array}{l} x \\ y \end{array} \right) \right) \right)$$

$$L = \left( \left( \begin{array}{l} x = \frac{-52 + 7 \cdot a}{-8 + 3 \cdot a} \\ y = \frac{25}{-8 + 3 \cdot a} \end{array} \right) \right)$$

$$\text{Assign}(L) = \left( \begin{array}{l} \frac{-52 + 7 \cdot a}{-8 + 3 \cdot a} \\ \frac{25}{-8 + 3 \cdot a} \end{array} \right) \quad x = \frac{-52 + 7 \cdot a}{-8 + 3 \cdot a} \quad y = \frac{25}{-8 + 3 \cdot a}$$

### Eine Gleichung, eine Unbekannte, drei Lösungen

$$L := \left( \text{Solve} \left( x^3 - 3 \cdot x^2 + 5 \cdot x = 15, x \right) \right)$$

$$L = \left( \begin{array}{l} (x = (-i \cdot \sqrt{5})) \\ (x = i \cdot \sqrt{5}) \\ (x = 3) \end{array} \right)$$

Mehrere Lösungen für eine einzelne Variable werden als Listen angezeigt. Man kann per Adressindex eine davon auswählen.

$$\begin{array}{lll} \text{Assign}(L_1) = -i \cdot \sqrt{5} & x = -2.2361 \cdot i & \text{Clear}(x) = 1 \\ \text{Assign}(L_2) = i \cdot \sqrt{5} & x = 2.2361 \cdot i & \text{Clear}(x) = 1 \\ \text{Assign}(L_3) = 3 & x = 3 & \text{Clear}(x) = 1 \end{array}$$

Bei der Lösung und der Auswahl der Lösung dürfen die verwendeten Variablen noch keinen Wert haben. Gegebenenfalls muss ein vorhandener Wert mit Clear() gelöscht werden.

## Zwei Gleichungen, zwei Unbekannte, zwei Lösungen

Hier werden die Gleichungen einzeln zugewiesen. G1 ist ein Vektor, der alle Gleichungen des Systems enthält. Das kann sinnvoll sein, wenn Sie die Bedeutung oder Herleitung der Gleichungen einzeln erläutern wollen. Bei der Zuweisung muss die Gleichung in Klammern stehen, da der Zuweisungsoperator eine höhere Priorität als das Boolesche Gleichheitszeichen hat.

$$G1_1 := (x^2 + 3 \cdot x \cdot y + y^2 = 0) \quad G1_2 := (3 \cdot x + y = 1)$$

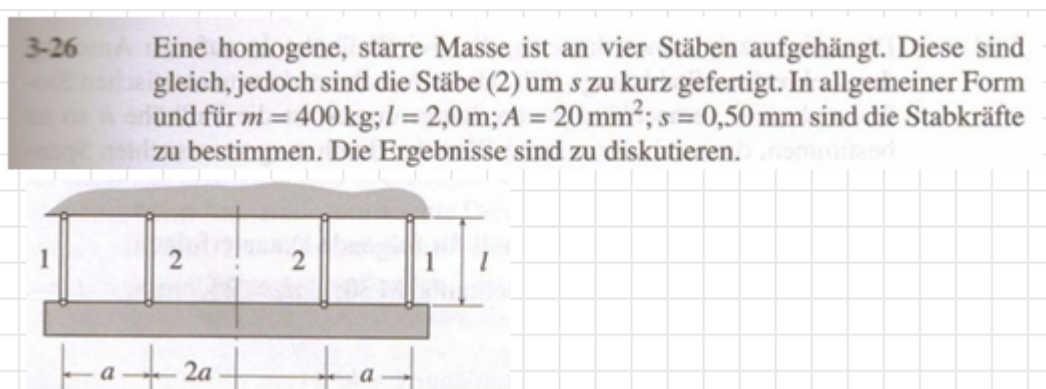
$$L := \text{Solve}(G1, \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}) \quad L = \left( \left( \begin{pmatrix} x = -\frac{-3 + \sqrt{5}}{2} \\ y = \frac{-7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \end{pmatrix} \right), \left( \begin{pmatrix} x = \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \\ y = -\frac{7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \end{pmatrix} \right) \right)$$

$$\text{Assign}(L_1) = \left\{ \begin{array}{l} -\frac{-3 + \sqrt{5}}{2} \\ -\frac{7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \end{array} \right. \quad x = -\frac{-3 + \sqrt{5}}{2} \quad y = \frac{-7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \quad \text{Clear}(x, y) = 1$$

$$\text{Assign}(L_2) = \left\{ \begin{array}{l} \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \\ -\frac{7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \end{array} \right. \quad x = \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \quad y = -\frac{7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \quad \text{Clear}(x, y) = 1$$

## 4.10.1.1 Anwendungsbeispiel: Lineares System

Die Aufgabenstellung wurde aus [Assmann/Selke 2009](#), Aufgabe 3-26, gescannt und als Bildbereich eingefügt.



Die gegebenen Größen werden mit den Maßeinheiten aus der Aufgabenstellung übernommen.

<u>Gegeben</u>	$m = 400 \text{ kg}$	$l = 2 \text{ m}$	$A = 20 \text{ mm}^2$	$s = 0,5 \text{ mm}$
	$E = 210000 \text{ MPa}$	(Annahme, hat keine Auswirkung auf das Ergebnis)		
<u>Gesucht</u>	$S_1, S_2$			

Aus dem elastischen Gesetz für die Stäbe, der Geometriebedingung (alle Stäbe müssen im verformten Zustand gleich lang sein) und der Gleichgewichtsbedingung ergeben sich vier

Gleichungen, die das mathematische Modell des Problems bilden. Die Gleichungen werden in die Variable G1 an die durch den jeweiligen Adressindex bezeichnete Stelle geschrieben. Wenn diese Variable vorher nicht existiert, wird sie durch die Zuweisung von Elementen automatisch zu einem Vektor.

Modellbildung

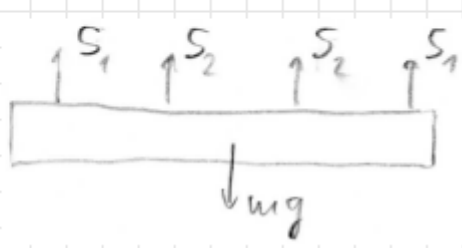
Elastisches Gesetz für die Stäbe

$$G1_1 := \left( \Delta l_1 = \frac{1}{E \cdot A} \cdot S_1 \right) \quad G1_2 := \left( \Delta l_2 = \frac{1}{E \cdot A} \cdot S_2 \right)$$

Geometrie

$$G1_3 := \left( \Delta l_2 = \Delta l_1 + s \right)$$

Gleichgewicht an der Masse in vertikaler Richtung

$$G1_4 := \left( m \cdot g = 2 \cdot S_1 + 2 \cdot S_2 \right)$$


Mit der Funktion `Unknowns()` kann man prüfen, welche Variablen im Gleichungssystem unbekannt sind, also noch keinen Wert haben. Die Funktion `Solve()` löst das System und liefert das Ergebnis als Liste von logischen Gleichungen `Variable=Wert` zurück. Das ist hier nicht zu sehen, da das Ergebnis direkt in `Assign()` als Variablendefinition weiter verwendet wird.

Berechnung

$$\text{Unknowns}(G1) = \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \Delta l_1 \\ \Delta l_2 \end{pmatrix} \quad \text{Assign} \left( \text{Solve} \left( G1; \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \Delta l_1 \\ \Delta l_2 \end{pmatrix} \right) \right) = \begin{pmatrix} 455,665 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} \\ 1505,665 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} \\ 0,0002 \text{ m} \\ 0,0007 \text{ m} \end{pmatrix}$$

$S_2 = 1506 \text{ N}$

$S_1 = 456 \text{ N}$

#### 4.10.1.2 Anwendungsbeispiel: Nichtlineares System

Die Aufgabenstellung ist wiederum [Assmann/Selke 2009](#), Aufgabe 7-7, entnommen.

Eine Druckspindel,  $l = 800 \text{ mm}$  lang, mit  $F = 20 \text{ kN}$  belastet, soll als Hohlwelle mit  $d_i = 25 \text{ mm}$  ausgeführt werden. Für  $S_K > 3,5$  ist der Außendurchmesser auf volle mm gerundet zu bestimmen.

Gegebene Größen	
$l := 800 \text{ mm}$	Spindellänge
$F := 20 \text{ kN}$	Druckkraft
$d_i := 25 \text{ mm}$	Innendurchmesser
$S_K := 3,5$	Knicksicherheit
$E := 210000 \text{ MPa}$	E-Modul Stahl (Annahme)
$l_K := 1$	beidseitig gelenkig gelagert (Annahme)

Gleichungen	
Knicklast	Flächenträgheitsmoment der Hohlwelle
$G1_1 := \left( F \cdot S_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_K^2} \right)$	$G1_2 := \left( I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_a^4 - d_i^4) \right)$
Unknowns (G1) = $\begin{pmatrix} d_a \\ I \end{pmatrix}$	

Gleichung 2 ist nichtlinear, es können also mehrere Lösungen auftreten. Die korrekte Lösung muss dann aus dem Zusammenhang der Aufgabenstellung ermittelt werden. Im vorliegenden Fall gibt es vier Lösungen (vier mögliche Werte für die vierte Wurzel).

Lösung

$$L := \left( \text{Solve} \left( G1; \begin{pmatrix} d_a \\ I \end{pmatrix} \right) \right)$$

$$L_1 = \left\{ \begin{pmatrix} d_a = \frac{i \cdot m \cdot \sqrt[4]{65536 + 1875 \cdot \pi^3}}{200 \cdot \pi^{\frac{3}{4}} \cdot \sqrt[4]{3}} \\ I = \frac{m^4}{4687500 \cdot \pi^2} \end{pmatrix} \right\}$$

$$L_2 = \left\{ \begin{pmatrix} d_a = \frac{-m \cdot \sqrt[4]{65536 + 1875 \cdot \pi^3}}{200 \cdot \pi^{\frac{3}{4}} \cdot \sqrt[4]{3}} \\ I = \frac{m^4}{4687500 \cdot \pi^2} \end{pmatrix} \right\}$$

$$L_3 = \left\{ \begin{pmatrix} d_a = \frac{-i \cdot m \cdot \sqrt[4]{65536 + 1875 \cdot \pi^3}}{200 \cdot \pi^{\frac{3}{4}} \cdot \sqrt[4]{3}} \\ I = \frac{m^4}{4687500 \cdot \pi^2} \end{pmatrix} \right\}$$

$$L_4 = \left\{ \begin{pmatrix} d_a = \frac{m \cdot \sqrt[4]{65536 + 1875 \cdot \pi^3}}{200 \cdot \pi^{\frac{3}{4}} \cdot \sqrt[4]{3}} \\ I = \frac{m^4}{4687500 \cdot \pi^2} \end{pmatrix} \right\}$$

Da der Durchmesser  $d_a$  positiv und reell sein muss, kommt nur Lösung 4 in Frage. Diese wird mit `Assign()` zugewiesen und weiterverarbeitet. Der gewählte Durchmesser wird als der nächstgrößere ganzzahlige mm-Wert mit Hilfe der Funktion `Ceil()` bestimmt, die bei Benutzung des Plugins *FunctionsExtensions* in der Operatorform `[x]` dargestellt wird.

$$\text{Assign}(L_4) = \begin{cases} 0,0302 \text{ m} \\ 2,1615 \cdot 10^{-8} \text{ m} \end{cases} \quad d_a = 30,1923 \text{ mm}$$

$$d_{a\_gew} := \left[ \frac{d_a}{\text{mm}} \right] \text{ mm} \quad \boxed{d_{a\_gew} = 31 \text{ mm}}$$

### 4.10.2 Numerische Lösung mit Startwerten: FindRoot()

Das Plugin *Non Linear Solvers* (Abschnitt 10.2.10) stellt eine Reihe von Funktionen zur Gleichungslösung bereit. Die wichtigste davon ist `FindRoot()`, die intern verschiedene spezielle Funktionen ausprobiert, um eine Lösung zu finden. Das Besondere an den Funktionen des Plugins ist, dass sie alle mit Maßeinheiten umgehen können, obwohl sie rein numerische Verfahren enthalten.

Die Funktion `FindRoot()` nimmt zwei oder drei Argumente:

1. Eine skalare Gleichung oder ein Gleichungssystem, gegeben als Vektor oder Matrix,
2. eine skalare Variable mit Anfangswert, gegeben als `Variable=Anfangswert` (logisches Gleichheitszeichen) oder ein Vektor oder eine Liste solcher Gleichungen.
3. Optional: eine Liste mit Toleranzen für die Erfüllung der Gleichungen. Dabei ist zu beachten, dass die Toleranzen die für die jeweilige Gleichung richtigen Maßeinheiten haben.

Da abhängig von den Anfangswerten immer nur eine Lösung ermittelt wird, kann diese auch gleich auf die Variablen zugewiesen werden, so dass der Zusatzschritt mit `Assign()` nicht erforderlich ist.

Die Lösung des Beispiels in Abschnitt 4.10.1.2 kann mit `FindRoot()` so aussehen:

Gleichungen	
Knicklast	Flächenträgheitsmoment der Hohlwelle
$G1_1 := \left( F \cdot S_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{1_K^2} \right)$	$G1_2 := \left( I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_a^4 - d_i^4) \right)$
$\text{Unknowns}(G1) = \begin{pmatrix} d_a \\ I \end{pmatrix}$	
$\text{Clear}(d_a; I) = 1$	
$\text{FindRoot} \left( G1; \begin{cases} d_a = d_i \\ I = d_i^4 \end{cases}; \begin{cases} 1 \text{ N} \\ 1 \text{ mm}^4 \end{cases} \right) = \begin{cases} 0,0302 \text{ m} \\ 2,1615 \cdot 10^{-8} \text{ m} \end{cases}$	
$d_a = 30,1923 \text{ mm}$	$d_{a\_gew} := \left[ \frac{d_a}{\text{mm}} \right] \text{ mm} \quad \boxed{d_{a\_gew} = 31 \text{ mm}}$

Gleichung 1 hat die Dimension einer Kraft, daher wird als Toleranz hier ein Newton vorgegeben. Gleichung 2 hat die Dimension eines Flächenträgheitsmoments, daher ist auch eine entsprechende Toleranz erforderlich.

### 4.10.3 Numerische Lösung mit vorgegebenem Intervall:

Bisection()

Wenn man sicher ist, dass es in einem bestimmten Intervall genau eine Lösung gibt, kann man auch die Funktion `Bisection()` aus dem Plugin *Non Linear Solvers* verwenden. Dabei wird das Halbteilungsverfahren verwendet. Dieses teilt das Intervall in zwei Teile und ermittelt das Vorzeichen, wenn die rechte Gleichungsseite von der linken abgezogen wird. Wechselt das Vorzeichen, muss die Lösung in dem betreffenden Intervall liegen. Auf diese Weise kann man die Lösung immer weiter eingrenzen, bis eine vorgegebene Toleranz erreicht ist.

Die Funktion `Bisection()` kann nur skalare Gleichungen nach einer Variablen auflösen, Gleichungssysteme sind hier also nicht lösbar. Die Argumente sind:

1. Die zu lösende Gleichung,
2. Die Variable, nach der aufzulösen ist und deren Untergrenze in der Form `Variable=Untergrenze`
3. Die Obergrenze der Variable
4. Optional: Toleranz für die Erfüllung der Gleichung.

Das soll wieder am Beispiel aus Abschnitt 4.10.1.2 demonstriert werden. Man muss jetzt allerdings die Gleichungen nacheinander auflösen, da `Bisection()` ja immer nur eine Gleichung lösen kann.

Wir bestimmen zunächst das erforderliche Flächenträgheitsmoment. Als Untergrenze setzen wir Null an, als Obergrenze einen Wert, von dem wir glauben, dass er größer als die tatsächliche Lösung ist.

$$\text{Clear}(d_a; I) = 1$$

$$\text{Bisection}\left(F \cdot S_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{2 \cdot l_K^3}; I = 0; 10 \text{ cm}^4\right) = 2,1615 \text{ cm}^4$$

Wir haben hier auf die Angabe einer Toleranz verzichtet, die Voreinstellung ist  $10^{-4}$  bei Verwendung der Basiseinheit, hier also  $10^{-4}$  N. Bei der Ermittlung des Durchmessers aus dem Trägheitsmoment funktioniert das nicht, der ermittelte Wert ist völlig falsch.

$$\text{Bisection}\left(I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_a^4 - d_i^4)\right); d_a = d_i; 10 \cdot d_i = 137,5 \text{ mm}$$

Mit einer Toleranz von  $10^{-4} I$  bekommen wir ein brauchbares Ergebnis:

$$\text{Clear}(d_a) = 1$$

$$\text{Bisection}\left(I = \frac{\pi}{64} \cdot (d_a^4 - d_i^4)\right); d_a = d_i; 10 \cdot d_i; 10^{-4} \cdot I = 30,1919 \text{ mm}$$

$$d_a = 30,1919 \text{ mm} \quad d_{a\_gew} := \left\lfloor \frac{d_a}{\text{mm}} \right\rfloor \text{ mm} \quad d_{a\_gew} = 31 \text{ mm}$$

### 4.10.4 Lösungen mit `solve()` und `roots()`

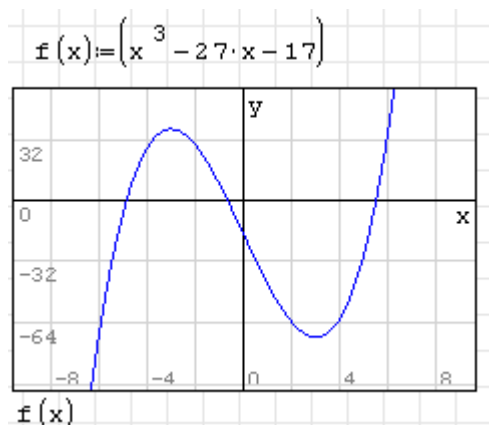
Diese Funktionen sollten Sie nur nutzen, wenn Sie genau wissen, warum Sie die in den vorigen Abschnitten beschriebenen Funktionen nicht benutzen wollen. Das kann z.B. der Fall sein, wenn Sie die Plugins nicht benutzen können oder eine ausführbare Anwendung erzeugen wollen (dies funktioniert aktuell mit Maxima nicht).

SMath bietet zwei eingebaute Funktionen, die auch nichtlineare Gleichungen lösen können: `solve()` und `roots()`. Bei beiden Funktionen ist das erste Argument die Gleichung, das zweite Argument die Unbekannte, nach der aufzulösen ist. Wird nur eine Seite der Gleichung angegeben, dann wird angenommen, dass die Nullstellen dieses Ausdrucks zu suchen sind. Als rechte Seite wird also eine Null ersetzt.

`solve()` sucht innerhalb eines Intervalls nach den Lösungen, `roots()` sucht von einem Startpunkt aus nach einer Lösung und kann Gleichungssysteme nach mehreren Variablen auflösen.

Die Gleichung kann einheitenbehaftet sein, die Unbekannte wird aber als dimensionslos betrachtet. Man kann also nicht direkt nach Längen, Kräften oder ähnlichem suchen. Vielmehr muss man die Variable dann als Vielfaches einer Bezugsgröße einbauen. Das ist insofern lästig, als dass in praktischen Anwendungen meist nach einheitenbehafteten Größen zu suchen ist.

Es ist stets zu empfehlen, die Funktion, deren Nullstellen man sucht, zunächst zu plotten, um eine Vorstellung davon zu bekommen, wie die Funktion aussieht und wo die Nullstellen ungefähr liegen könnten. Auch dabei ist zu beachten, dass die Variable  $x$  im Plot dimensionslos ist.



In diesem Beispiel benutzt `solve()` den voreingestellten Suchbereich (**Hauptmenü** > **Extras** > **Einstellungen** > **Berechnung** > **Wurzeln (Bereich)**). Er ist von -20 bis 20 eingestellt und enthält alle Nullstellen der Funktion  $f(x)$ .

$$\text{solve}(f(x); x) = \begin{pmatrix} -4,85 \\ -0,64 \\ 5,49 \end{pmatrix}$$

Wie man sieht, finden `solve()` alle Nullstellen. Im folgenden Fall werden die Nullstellen von  $f(x/10)$  gesucht. Sie entsprechen dem Zehnfachen der oben gefundenen Werte. Nun liegt nur noch eine Nullstelle im voreingestellten Intervall:

$$\text{solve}\left(f\left(\frac{x}{10}\right); x\right) = -6,39$$

Man kann aber `solve()` explizit ansagen, in welchem Intervall gesucht werden soll. Diese Angabe überstimmt die Voreinstellung, ändert sie jedoch nicht. Das geht nur über das Menü.

$$\text{solve}(f(x); x; -100; 100) = \begin{pmatrix} -4,85 \\ -0,64 \\ 5,49 \end{pmatrix}$$

Damit man nicht von der Voreinstellung abhängig ist, sollte man stets die Bereichsgrenzen angeben.

Die Funktion `roots()` findet von vornherein nur eine Lösung.

$$\text{roots}(f(x); x) = -0,64$$

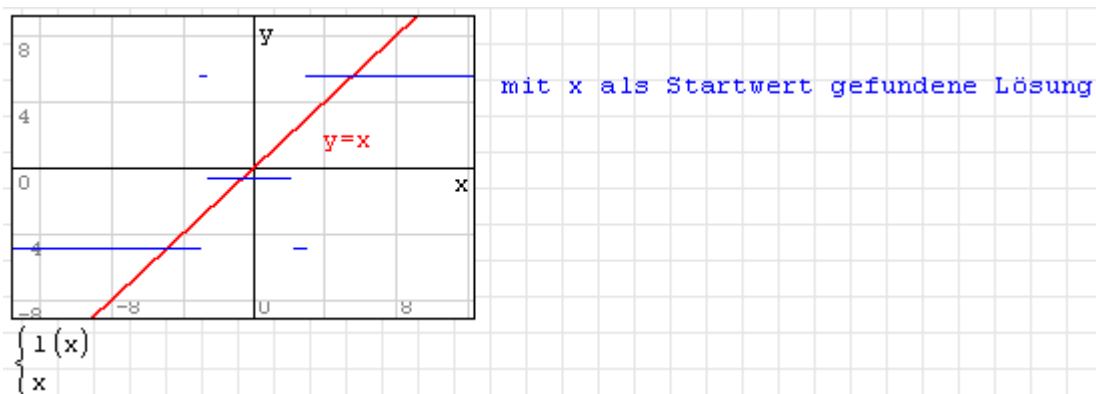
Diese ist vom Startpunkt der Suche abhängig, den der Anwender nicht kennt, wenn er ihn nicht vorgibt. Vermutlich ist Null als Startwert voreingestellt, aber das kann man weder direkt prüfen, noch ändern. Der Startpunkt kann aber als drittes Argument angegeben werden:

$$\text{roots}(f(x); x; 4) = 5,49$$

Man darf sich nicht darauf verlassen, dass immer die zum Startwert nächstliegende Lösung gefunden wird. Das kann man mit verschiedenen Startwerten ausprobieren. Dafür definiert man sich eine Funktion, die den Startwert als Argument bekommt und die damit bestimmte Lösung als Ergebnis liefert. Damit sich SMath nicht beschwert, dass  $x$  in der Funktion unbekannt ist, verpacken wir die Rechnung in einen Anweisungsblock (in welchem lokale Variablen möglich sind).

$$l(x_0) := \text{roots}(f(y); y; x_0)$$

Ein Plot dieser Funktion (blau) zeigt nun, mit welchem Startwert man welche Lösung bekommt. zum Vergleich ist in Rot die Linie  $y = x$  gezeichnet.



Der Plot wurde auf Punktdarstellung umgeschaltet, damit die blaue Kurve der gefundenen Lösungen keine vertikalen Linien enthält.

### Gleichungslösung mit Maßeinheiten

Wie bereits erwähnt, werden die Variablen, nach denen `roots()` und `solve()` auflösen, als dimensionslose Zahlen betrachtet. Wenn der Wert einer einheitenbehafteten physikalischen Größe ermittelt werden soll, so muss diese in der zu lösenden Gleichung als Produkt aus Zahlenwert (Variable, nach der gelöst wird) und einer Maßeinheit dargestellt werden. Das

Ergebnis ist dann mit der gleichen Maßeinheit zu multiplizieren, um die gesuchte Größe zu bestimmen.

Hier ein Beispiel:

Assmann/Selke, Technische Mechanik 2, Aufgabe 7.7	
Eine Druckspindel, $l = 800$ mm lang, mit $F = 20$ kN belastet, soll als Hohlwelle mit $d_i = 25$ mm ausgeführt werden. Für $S_K > 3,5$ ist der Außendurchmesser auf volle mm gerundet zu bestimmen.	
7-7	$d_a = 33$ mm; $F_d = 23$ kN
$l = 800$ mm	Spindellänge
$F_{dzul} = 20$ kN	Druckkraft
$d_i = 25$ mm	Innendurchmesser
$S_K = 3,5$	Knicksicherheit
$E = 210000$ MPa	E-Modul Stahl (Annahme)
$l_K = 1$	beidseitig gelenkig gelagert (Annahme)

Das Flächenträgheitsmoment  $I_{min}$  wird durch den Zahlenwert  $\{I_{min}\} = zI_{min}$  und eine beliebige Längeneinheit zur vierten Potenz ausgedrückt. Das Ergebnis ist nicht abhängig von der gewählten Einheit. Die Funktion `roots()` sucht Werte für  $zI_{min}$ , die die gegebene Gleichung erfüllen. An der Gleichung selbst muss nichts geändert werden. Die Löser berücksichtigen bei der Auswertung alle bereits definierten Zusammenhänge für die in der Gleichung vorkommenden Größen. Daher kann nach  $zI_{min}$  aufgelöst werden, auch wenn es in der Gleichung nicht explizit vorkommt.

Erforderliches Flächenträgheitsmoment	
$I_{min} = zI_{min}$ cm <sup>4</sup>	
$zI_{min} = \text{roots}\left(F_{dzul} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{S_K \cdot l_K^2}; zI_{min}; 0\right)$	$I_{min} = 2,16$ cm <sup>4</sup>

Die Bestimmungsgleichung zur Ermittlung des Durchmessers ist nichtlinear. Die Vorgehensweise ist aber identisch.

Erforderlicher Außendurchmesser	
$D = zD$ mm	+
$zD = \text{roots}\left(I_{min} = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d_i^4); zD; \frac{d_i}{mm}\right)$	$D = 30,19$ mm
$D_{gew} = \text{Ceil}\left(\frac{D}{mm}\right)$ mm	$D_{gew} = 31$ mm

## 4.11 Gewöhnliche Differenzialgleichungen

SMath verfügt über keinerlei eingebaute Funktionen zur Lösung von gewöhnlichen Differenzialgleichungen. Allerdings gibt es einige Plugins, die numerische Verfahren bereitstellen. Zudem bietet das Plugin *MapleWrapper* Zugriff auf die symbolischen Lösungsmöglichkeiten mit MapleV.

Funktion	Seite	Erläuterung
Plugin <i>AlgLib</i>		
<code>al_rkckadapt()</code>		Runge-Kutta-Cash-Karp-Verfahren
Plugin <i>DotNumerics</i>		
<code>dn_AdamsMoulton()</code>		Adams-Moulton-Verfahren für steife Systeme
<code>dn_ExplicitRK45()</code>		Explizites Runge-Kutta-Verfahren
<code>dn_GearsBDF()</code>		Gears BDF-Verfahren
<code>dn_ImplicitRK45()</code>		Implizites Runge-Kutta-Verfahren für steife Systeme
Plugin <i>ODE Solver</i>		
<code>Rkadapt()</code>	291	Runge-Kutta-Verfahren mit adaptiver Schrittweite
<code>rkfixed()</code>	292	Runge-Kutta-Verfahren mit fester Schrittweite

Tabelle 4.6: Funktionen zur numerischen Lösung gewöhnlicher Differenzialgleichungen

## 4.12 Statistik

Dank des Plugins *Statistical Tools* von Davide Carpi verfügt SMath über umfangreiche Funktionen auf diesem Gebiet. Neben einigen Funktionen zur deskriptiven Statistik gibt es auch Häufigkeits-, Verteilungs- und Quantilfunktionen für viele statistische Verteilungen.

### 4.12.1 Deskriptive Statistik

Funktion	Seite	Bedeutung
HarmonicMean()	251	Harmonischer Mittelwert
Max()	268	Maximum <sup>2</sup>
Mean()	270	Arithmetischer Mittelwert
Median()	270	Median
Min()	271	Minimum <sup>3</sup>
Mode()	271	Modalwert
Moment()	271	Moment
Skewness()	293	Schiefe
Slope()	293	Geradensteigung
StdDev()	296	Standardabweichung
Variance()	301	Varianz
WeightedMean()	302	Gewichteter Mittelwert

Tabelle 4.7: Funktionen für die statistische Beschreibung von Daten

### 4.12.2 Spezielle Funktionen

Name	Seite	Bedeutung
Beta()	221	Beta-Funktion, Eulersches Integral 1. Art
BetaRegularized()	222	Regularisierte unvollständige Beta-Funktion
Dirac()	236	Dirac-Funktion
erf()	237	Fehlerfunktion
erfc()	238	Komplementäre Fehlerfunktion
erfinv()	238	Inverse Fehlerfunktion
Gamma()	244	Gamma-Funktion
GammaRegularized.P()	244	Regularisierte Gamma-Funktion der oberen Grenze
GammaRegularized.Q()	245	Regularisierte Gamma-Funktion der unteren Grenze
Heaviside()	252	Sprungfunktion
Heaviside.D()	252	unsymmetrische Sprungfunktion

Abbildung 4.1: Spezielle Funktionen aus dem Plugin *Statistical Tools*

### 4.12.3 Verteilungen

Verteilungen werden in der Regel mit jeweils drei Funktionen unterstützt, die mit den Bezeichnern CDF, pdf oder ICDF beginnen und den Verteilungsnamen als Index tragen:

- CDF (cumulative density function) Verteilungsfunktion oder kumulative Dichtefunktion, sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, gemäß der Verteilung einen Wert kleiner gleich  $x$  zu finden.
- pdf (probability density function) Häufigkeitsfunktion oder Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion.
- ICDF (inverse cumulative density function) Quantilfunktion oder inverse Verteilungsfunktion, sie gibt an, bei welchem  $x$ -Wert die Verteilungsfunktion einen bestimmten Wahrscheinlichkeitswert erreicht hat.

Verteilung	Bezeichner	CDF	ICDF	pdf
Binomialverteilung	Binomial	223	254	276
Cauchy-Verteilung	Cauchy	224	254	277
$\chi^2$ -Verteilung	ChiSquare	224		277
Exponentialverteilung	Exponential	225	255	278
Fisher-Verteilung	F	226		278
Geometrische Verteilung	Geometric	226	255	279
Verschobene geometrische Verteilung	GeometricShifted	227	256	280
Normalverteilung	Normal	227	256	280
Poisson-Verteilung	Poisson	228	257	281
Rayleigh-Verteilung	Rayleigh	229	257	281
Studentsche t-Verteilung	t	230		282
Gleichverteilung	Uniform	231	258	282
diskrete Gleichverteilung	UniformDiscrete	231	258	283
Weibullverteilung	Weibull	232	259	283

Tabelle 4.8: Statistische Verteilungen mit den zugehörigen Verteilungs- (CDF), Quantil- (ICDF) und Häufigkeitsfunktionen (pdf). Die Verweise beziehen sich auf die Seitenzahlen der Funktion in der alphabetischen Funktionsliste in Kapitel 11.

# 5 Grafik

SMath bringt standardmäßig zwei Diagrammtypen mit:

- 2D-Diagramm
- 3D-Diagramm

Externe Plugins liefern alternative Diagrammbereiche:

- Plugin *X-Y Plot Region*: 2D-Diagramm
- Plugin *3D Plot Region*: 3D-Diagramm

Das Plugin *GPCPlugin* enthält Funktionen zum Umgang mit ebenen Polygonen.

Funktion	2D intern	3D intern	X-Y Plot	ZedGraph	3D Plot	Maxima
Objekte						
Funktionen	f(x)	f(x,y)	f(1)		f(2)	beliebig
Implizite Funktionen	-	-	<b>f(2)</b>		-	beliebig
Ausdrücke	x	x,y	beliebig		-	beliebig
Matrizen	$n \times 2$	$n \times 3$	$n \times 2$		-	$n \times 2, n \times 3,$
Text	<b>x</b>	-	-		-	x
Achsen						
Gitter	fest	fest	<b>variabel</b>	<b>variabel</b>	<b>variabel</b>	variabel
Grenzen	Maus	Maus	Menü	Menü	Menü	variabel
lin/log	-	-	-		-	x
polar	-	-	-		-	x
Formatierung						
Linien	fest	fest	<b>variabel</b>	<b>variabel</b>	?	variabel
Marker	separat	-	<b>variabel</b>	<b>variabel</b>	?	variabel
Sonderfunktionex						
Animation	<b>x</b>	<b>x</b>	-	-	-	-

## 5.1 2D-Diagramme (Standard)

2D-Diagrammbereiche werden erzeugt mit


- @
- Hauptmenü> Einfügen> Grafik> Zweidimensional

Diagrammbereiche können vier Arten von Ausdrücken anzeigen:

- Funktionen, als Argument wird ein dimensionsloses  $x$  bereitgestellt, als Ergebnis wird eine dimensionslose Zahl erwartet.
- 2-spaltige Matrizen, die einen Polygonzug definieren ( $xy$ )

- 3-spaltige Matrizen, die zeilenweise einen Text (Zeichenkette) anzeigen ( $x$   $y$  Text). Größe und Farbe haben dann die voreingestellten Standardwerte.
- 5-spaltige Matrizen, die zeilenweise einen Text anzeigen ( $x$   $y$  Text Größe Farbe)

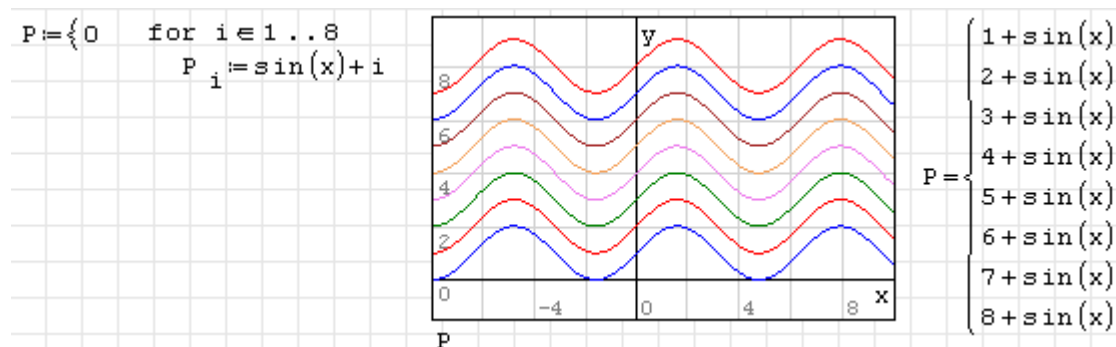
Alle zu plottenden Ausdrücke können mit der Variable  $t$  parametrisiert sein. Animierte Plots werden erzeugt, indem die Variable  $t$  die Werte eines beliebigen Vektors durchläuft, der im Rechenblatt definiert ist.

Wenn mehrere Ausdrücke in einem Bild dargestellt werden sollen, sind diese in einer Liste  zu kombinieren.

### 5.1.1 Funktionen

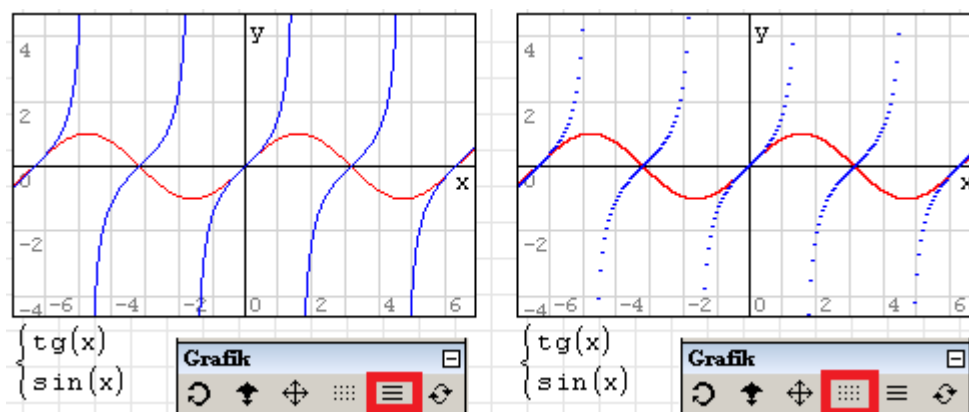
Funktionen werden als Polygonzug dargestellt, dessen  $x$ -Werte gleichmäßig über den Wertebereich (sichtbarer Achsenbereich) verteilt sind und dessen  $y$ -Werte durch Aufruf der Funktion an diesen  $x$ -Werten berechnet werden.

Um mehrere Funktionen gleichzeitig darzustellen, ordnet man sie in einer Liste an. Für die Linien werden sechs Farben zyklisch verwendet.



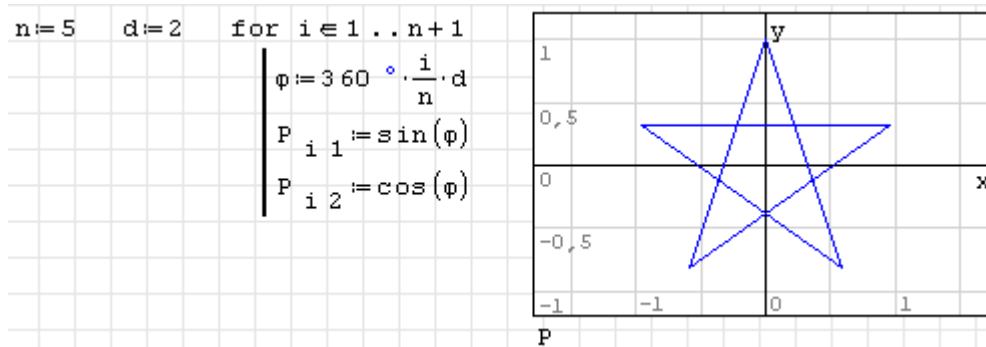
Leider gibt es keine Legendenfunktion. Man kann sich mit farbigen Textbereichen behelfen, dies ist allerdings fehleranfällige Handarbeit.

Das Aussehen der Graphen kann man durch Umschalten zwischen Punktdarstellung und Liniendarstellung im Panel „Grafik“ der Seitenleiste beeinflussen:



### 5.1.2 Polygonzüge

SMath kann Polygonzüge darstellen, die als zweispaltige Matrizen gegeben sind, jede Zeile steht für einen Punkt. Die 1. Spalte enthält die  $x$ -Werte, die zweite Spalte die  $y$ -Werte.



$$P = \begin{pmatrix} 0,588 & -0,809 \\ -0,951 & 0,309 \\ 0,951 & 0,309 \\ -0,588 & -0,809 \\ -4,898 \cdot 10^{-16} & 1 \\ 0,588 & -0,809 \end{pmatrix}$$

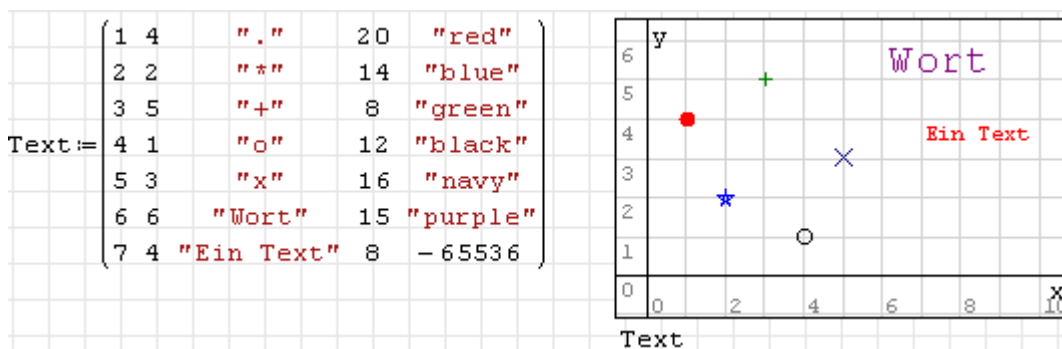
### 5.1.3 Text

Einzelne Zeichen oder Textzeilen können im Plot frei platziert werden. Jede Zeile einer fünf-spaltigen Matrix definiert einen Texteintrag:

$$[ x \ y \ \text{Text} \ s \ \text{Farbe} ]$$

$x, y$       Koordinaten  
 Text      darzustellender Text (als Zeichenkette anzugeben)  
 $s$         Schriftgröße (Einheit Punkt)  
 Farbe      Textfarbe (als Zeichenkette anzugeben)

Die Koordinaten geben die Position der linken oberen Ecke des Textfeldes an. Die Zeichen  $\cdot$   $*$   $+$   $o$   $x$  werden bei  $x, y$  zentriert, wenn sie einzeln vorkommen. Damit können sie auf einfache Weise als Punktsymbole in Plots verwendet werden.



### 5.1.4 Farben

Es gibt mehrere Wege, Farben für Textobjekte in Diagrammen zu spezifizieren:

1. Zeichenkette mit HTML-Farbnamen, z.B. "red"

2. Zeichenkette mit RGB-Hexcode, z.B. "#FF0000". Je zwei Bytes codieren die Werte R, G und B.
3. Zeichenkette mit  $\alpha$ RGB-Hexcode, z.B. "880000FF". Je zwei Bytes codieren die Werte  $\alpha$  (Deckkraft), R, G und B.
4. Dezimale 8-Byte-Ganzzahlen entsprechend den Hexcodes. Bei 6-Byte-Codes wird  $\alpha = 1$  ("FF") ergänzt. Auf diese Weise können Farbwerte auch berechnet werden.

SMath kennt die HTML-Farben, diese sind in Abbildung 5.1 dargestellt. Die Namen werden intern von Leerzeichen befreit und in Kleinbuchstaben umgewandelt, "darkblue", "DarkBlue", "DARKBLUE" und "dark blue" bezeichnen also alle die gleiche Farbe.

Das folgende SMath-Blatt<sup>1</sup> ordnet die Farbnamen jeweils passend eingefärbt in einer rechteckigen Matrix (Spaltenzahl c) an.

```
F := importData_ODS("Farben.ods"; "Farben"; "A1"; "A140")
c := 4 P := {}
for i ∈ 1..length(F) P_i = (1 0 "aliceblue" 10 "aliceblue")
  x := mod(i; c)
  y := -Floor(i/c)
  P_i := (x y F_i 10 F_i)
```

Abbildung 5.1 zeigt einen Plot der Liste P. Das Gitter und die Achsen wurden in diesem Bild ausgeblendet.

<sup>1</sup>Die Funktion Floor() ist im Plugin *Statistical Tools* enthalten, importData.ODS() im Plugin *Custom Functions*



aquamarine	aliceblue	antiquewhite	aqua
blanchedalmond	black	beige	bisque
brown	burlywood	blue	blueviolet
chocolate	coral	cadetblue	chartreuse
crimson	cyan	cornflowerblue	cornsilk
darkgoldenrod	darkgray	darkblue	darkcyan
darkmagenta	darkolivegreen	darkgreen	darkkhaki
darkred	darksalmon	darkorange	darkorchid
darkslategray	darkturquoise	darkseagreen	darkslateblue
deepskyblue	dimgrey	darkviolet	deeppink
firebrick	forestgreen	dodgerblue	firebrick
ghostwhite	gold	fuchsia	gainsboro
green	greenyellow	goldenrod	gray
indianred	indigo	honeydew	hotpink
lavender	lavenderblush	ivory	khaki
lightblue	lightcoral	lawngreen	lemonchiffon
lightgray	lightgreen	lightcyan	lightgoldenrodyel
lightseagreen	lightsalmon	lightpink	lightsalmon
lightyellow	lightskyblue	lightslategray	lightsteelblue
magenta	lime	limegreen	linen
mediumorchid	maroon	mediumaquamarine	mediumblue
mediumspringgreen	mediumpurple	mediumseagreen	mediumslateblue
mediumslateblue	mediumturquoise	mediumvioletred	midnightblue
navy	mistyrose	moccasin	navajowhite
orange	oldlace	olive	olivedrab
palegreen	orangered	orchid	palegoldenrod
peachpuff	paleturquoise	palevioletred	papayawhip
powderblue	peru	pink	plum
royalblue	purple	red	rosybrown
seagreen	saddlebrown	salmon	sandybrown
skyblue	seashell	sienna	silver
springgreen	slateblue	slategray	teal
thistle	steelblue	tan	violet
wheat	tomato	turquoise	yellow
yellowgreen		whitesmoke	

Abbildung 5.1: Vordefinierte Farben für die Darstellung von Symbolen und Texten in 2D-Plots. Die Liste ist dem [Wiki-Eintrag zu Grafik \(englisch\)](#) entnommen. Die dortige Liste wurde in eine Textdatei kopiert. Leider gibt es keine Möglichkeit, Zeichenketten aus Textdateien einzulesen, die Funktion `importData()` kann nur Zahlenwerte lesen. Daher musste die Textdatei in `Farben.csv` umbenannt, mit Excel geöffnet und als ods-Datei wieder abgespeichert werden.

Umfangreicher [Wiki-Eintrag zu Grafik \(englisch\)](#)

### 5.1.5 Achsengrenzen ändern

Mauszeiger auf Diagrammbereich:




- Ziehen: Achsen verschieben
- Scrollen: Achsen skalieren
-  -Scroll: nur  $x$ -Achse skalieren
-  -Scroll: nur  $y$ -Achse skalieren

### 5.1.6 Animationen steuern

Wenn der darzustellende Ausdruck die Variable  $t$  enthält, kann SMATH dieser nacheinander die Werte aus einer vorhandenen Liste (Spaltenvektor) zuweisen und die dadurch entstehende Bildsequenz als Animation abspielen.

Die Werteliste muss als Variable definiert sein. Im Kontextmenü (rechte Maustaste) des Plots kann unter „Animation“ die Liste gewählt werden. Angeboten wird alles, was definiert ist.

Ebenfalls im Kontextmenü kann man unter „Bildfrequenz“ die Grundeinstellungen für die Animation machen:

- Einstellung der Bildfrequenz (auf einzelne, vordefinierte Werte)
- Animationsmodus (unbegrenzt, keine Animation, einmalig)
  - unbegrenzt: Die Bildfolge wird beliebig oft wiederholt
  - einmalig: Die Bildfolge wird nur einmal wiederholt (nach jeder Neuberechnung), sie kann also mit  neu gestartet werden.
  - keine Animation: man kann mit **Alt** -  und **Alt** -  vorwärts und rückwärts einzeln durch die Bilder schalten.

Ein Anwendungsbeispiel mit Erläuterungen zur Erstellung der Animation finden Sie in Abschnitt 12.5.

**Video-Anleitung**

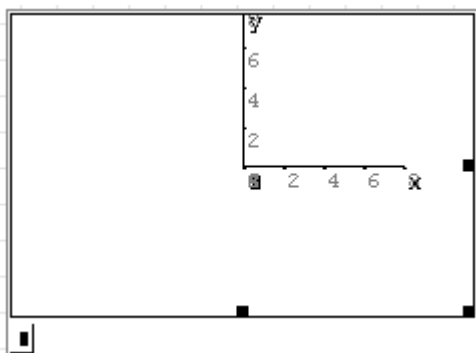
## 5.1.7 3D-Diagramme (Standard)

SMath kann 3D-Diagramme darstellen. Die Funktion ist allerdings noch sehr unausgereift:

- Die Ansicht (Zoom, Richtung und Verschiebung) werden nicht korrekt in der Rechenblattdatei gespeichert.
- Die angezeigten Achsen verlieren die Skalierung und Richtung bei Neuberechnung des Blattes.
- Das Koordinatensystem ist linkshändig.
- Bereichsgrenzen und Netzdichte für Funktionen von  $x$  und  $y$  können nicht beeinflusst werden.

### 5.1.7.1 3D-Diagrammbereich erzeugen

**Hauptmenü > Einfügen > Grafik > Dreidimensional**



Der Diagrammbereich erscheint dann mit der  $x$ -Achse nach rechts, der  $y$ -Achse nach oben und der  $z$ -Achse nach hinten (Linkssystem!). Diese Ansicht wird stets wiederhergestellt, wenn die Datei geladen wird oder wenn der Knopf „Aktualisieren“ im Grafikpanel der Seitenleiste gedrückt wird.



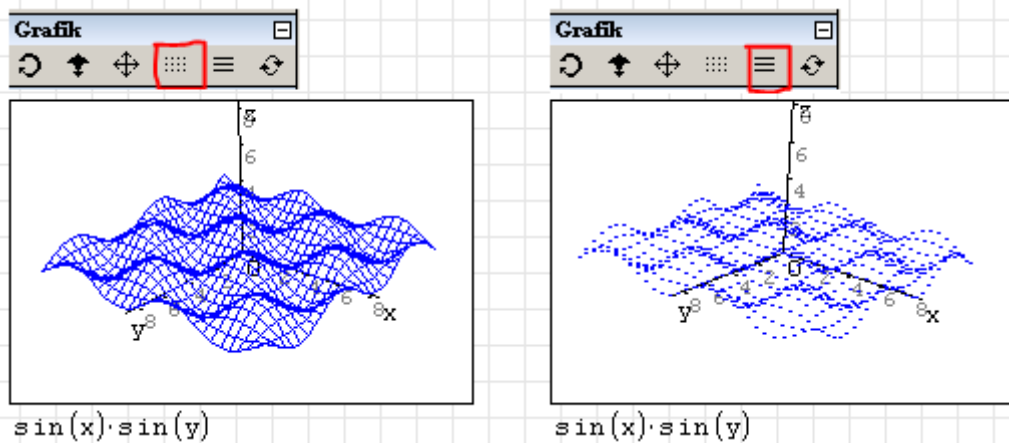
Der Diagrammbereich kann mit der Maus am rechten und unteren Rand in die gewünschte Größe gezogen werden.

Die Einfügemarke links unten nimmt darstellbare Objekte oder Listen darstellbarer Objekte auf.

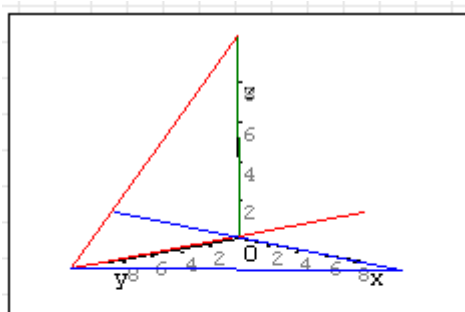
### 5.1.7.2 Darstellbare Objekte

**Funktionen von  $x$  und  $y$ .** Dabei kann weder auf die Zahl der Gitterlinien, noch auf den Wertebereich von  $x$  und  $y$  Einfluss genommen werden.

Im Grafikpanel der Seitenleiste kann man einstellen, ob man Linien oder Punkte sehen will.



**Dreispaltige Matrizen**, deren Zeilen jeweils die Koordinaten  $x$ ,  $y$  und  $z$  eines Punktes enthalten. Die Punkte einer Matrix werden mit einem Linienzug verbunden. Das Koordinatensystem scheint linkshändig zu sein. Die  $x$ -Achse weist nach vorn rechts, die  $y$ -Achse weist nach vorn links und die  $z$ -Achse weist nach oben. Dies passt nicht zu einem rechtshändigen Koordinatensystem.



$$\begin{pmatrix} -10 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 0 \\ 0 & 10 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & -10 & 0 \\ 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 10 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10 \end{pmatrix}$$

**Parametrische Flächen** Mit der Funktion `CreateMesh()` aus dem Plugin `3DPlotRegion` können Gitternetze aus parametrischen Funktionen

$$\begin{bmatrix} x(u, v) \\ y(u, v) \\ z(x, y) \end{bmatrix}$$

erzeugt werden. Mit der Einstellung

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ f(u, v) \end{bmatrix}$$

erzeugt diese Funktion Darstellungen analog zur eingebauten Funktionsdarstellung, allerdings sind dann Wertebereich und Netzdichte einstellbar. Siehe dazu auch das Beispiel in Abschnitt 10.2.1.

### 5.1.7.3 Navigation im 3D-Diagrammfenster

Die Ansicht kann im 3D-Fenster mit der Maus geändert werden. Diese Einstellungen bleiben aber beim Schließen der Datei nicht erhalten.

Beachten Sie: Koordinatenachsen und angezeigte Grafikobjekte passen nur zusammen, wenn vorher der Knopf „Aktualisieren“ im Grafikpanel der Seitenleiste gedrückt wird.



Die Navigationsfunktionen werden in der Seitenleiste im Panel „Grafik“ angewählt.

Aktion				
Ziehen		Drehen		
Mausrad		Zoom		Zoom

## 5.2 X-Y Plot (erweiterte 2D-Diagrammfunktion)

Das Plugin `X-Y Plot Region` stellt einen alternativen Diagrammbereich bereit, der den internen Standard-Diagrammbereich ergänzt.

Dieser Bereich bietet zusätzliche Möglichkeiten:

- Darstellung implizit gegebener Kurven  $f(x, y) = 0$
- Darstellung unterbrochener Linienzüge (Vektoren von Wertepaar-Matrizen)
- Frei formatierbare Achsenbeschriftungen und Diagrammtitel (ohne Formelformatierung)
- Frei einstellbare Linien- und Markerform für Funktionen und Wertematrizen
- Frei einstellbarer Achsenbereich und Gitternetzweite
- Zweite y-Achse
- Legende

Einschränkungen gegenüber dem Standard-2D-Diagramm sind

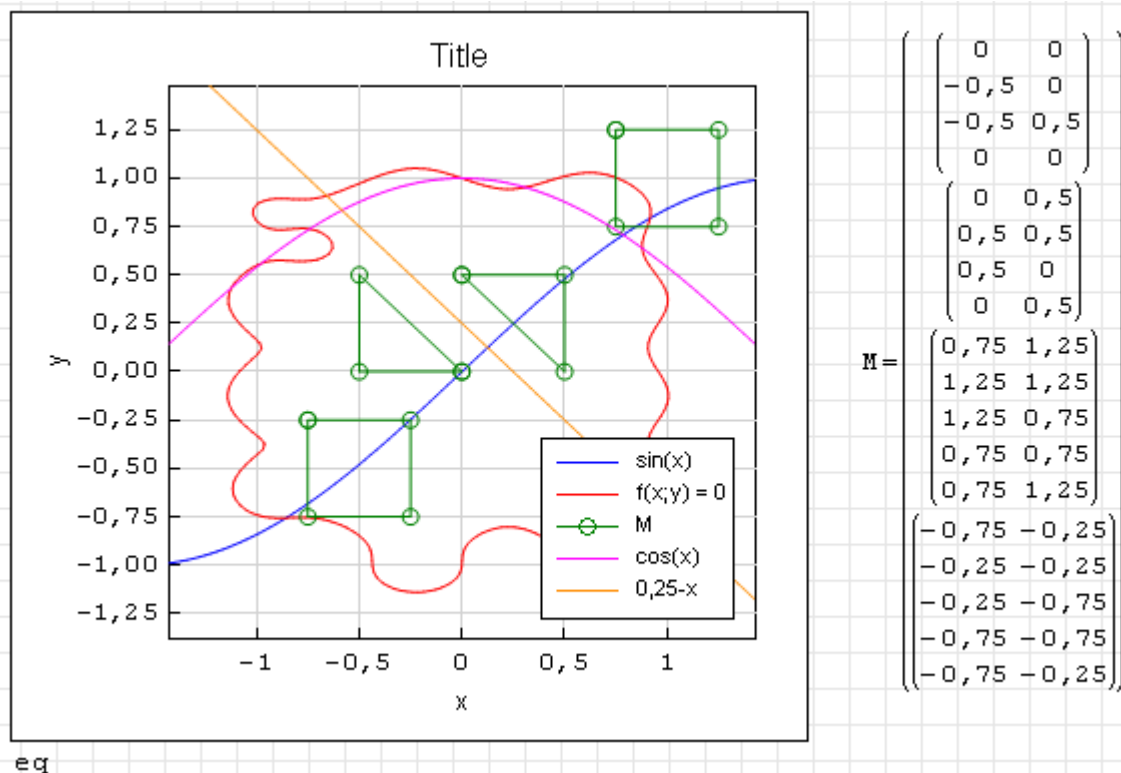
- keine Textobjekte darstellbar
- Keine Animationsfunktion
- Mauszoom nur für beide Achsen gleichzeitig.

Hier ein Beispiel für die Darstellungsmöglichkeiten.

$$f(x; y) := x^4 + y^4 + 0,4 \cdot \sin(7 \cdot x) + 0,3 \cdot \sin(4 \cdot \pi \cdot y) - 1$$

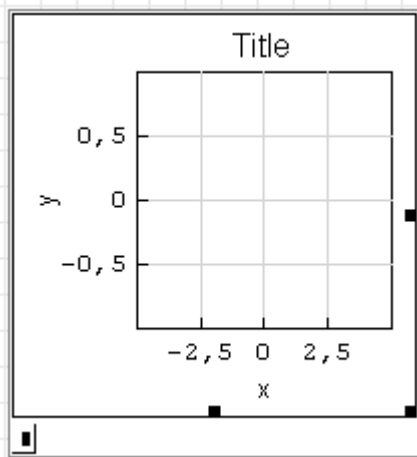
$$M_1 := \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -0,5 & 0 \\ -0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \quad M_2 := \begin{pmatrix} 0 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0 \\ 0 & 0,5 \end{pmatrix} \quad M_3 := \begin{pmatrix} 0 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0,5 \end{pmatrix} + 0,75 \quad M_4 := M_3 - 1,5$$

$$eq := \begin{cases} \sin(x) \\ f \\ M \\ \cos(x) \\ -x + 0,25 \end{cases}$$



### 5.2.1 X-Y Plot einfügen

Ein X-Y Plotbereich kann über das **Hauptmenü**> **Einfügen**> **X-Y Plot** eingefügt werden.



An den Platzhaltern am Rahmen kann die Größe des Bereichs durch Ziehen mit der Maus verändert werden.

In den Platzhalter links unten schreibt man den darzustellenden Ausdruck.

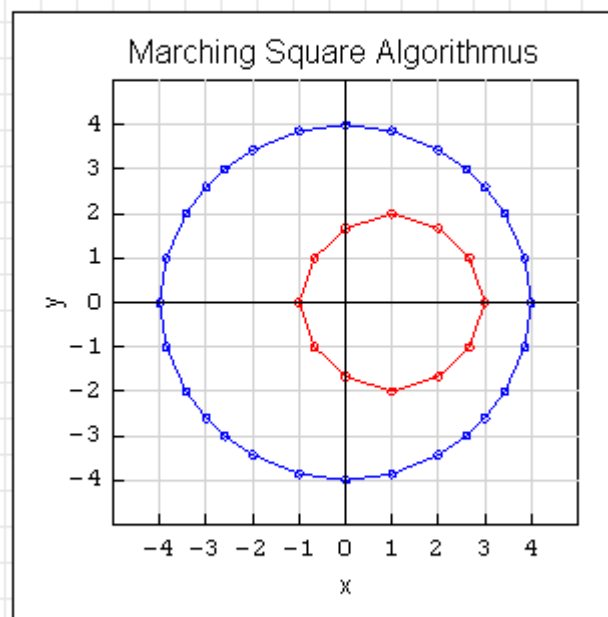
### 5.2.2 Implizite Funktionen

Der Y-X-Plotbereich kann implizit gegebene Funktionen darstellen. Die Funktion ist als  $f(x,y)$  zu definieren, deren Nullstellen dargestellt werden. Dafür wird der sogenannte **Marching-Squares-Algorithmus** verwendet. Dabei fallen nur Punkte auf einem regelmäßigen Gitter an, dessen Dichte mit der Format-Einstellung „Points“ vorgegeben wird. Hier ein Beispiel (Points = 11)

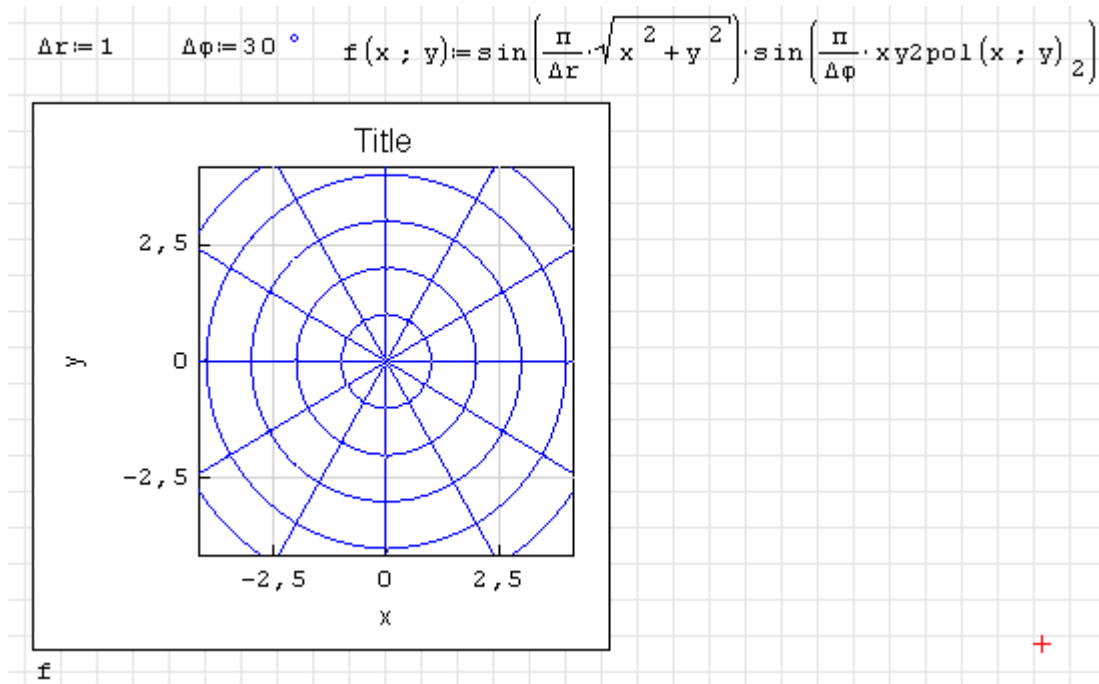
Formatting Currently Selected X-Y Plot	
Darstellung	
Grid	Chart2DLib.Grid
Label	Chart2DLib.XYLabel
Legend	Chart2DLib.Legend
Points	11

Ein weiteres Beispiel mit einer komplexeren Funktion, die Nullstellen bilden ein Polarkoordinatenraster mit wählbarem Radius- und Winkelschritt.

$$\begin{aligned}
 f(x ; y) &:= x^2 + y^2 - 4^2 \\
 g(x ; y) &:= (x-1)^2 + y^2 - 2^2
 \end{aligned}
 \quad \text{axes} := \begin{pmatrix} 0 & -10 \\ 0 & 10 \\ -10 & 0 \\ 10 & 0 \end{pmatrix}$$



$$\begin{cases} f \\ g \\ \text{axes} \end{cases}$$



### 5.2.3 Mausfunktionen im X-Y Plot

**Doppelklick links:** Öffnen des Format-Editors (alternativ zum Kontextmenü-Eintrag „Format“)

**Klick links:** Aktivierung des Diagramms für die Bearbeitung (Größe ändern, Achsen mit der Maus skalieren und verschieben, Zugriff auf das Kontextmenü).

**Ziehen an den Randmarkern:** Größe der Diagrammfläche ändern, dabei bleiben die Achsgrenzen erhalten, d.h. die Achsen werden entsprechend gedehnt oder gestaucht.

**Mausrad:** Skalierung der Achsen (x und y gleichzeitig). Eine eventuell aktive y2-Achse ist davon nicht betroffen.

**Ziehen:** Achsen verschieben.

## 5.3 Ebene Polygone

Ebene Polygone sind Grafikobjekte, die in SMath als speziell formatierte Matrizen dargestellt werden. Funktionen zum Umgang mit solchen Objekten werden vom Plugin *GPCPlugin* bereitgestellt. Die Installation ist in Abschnitt 10.2.6 beschrieben.

Das Plugin bindet eine Bibliothek *GPC* der Uni Manchester für 2D-Geometrieoperationen mit Polygonen (stückweise geradlinig berandete Flächen) ein. Die Bibliothek ist frei nutzbar für nichtkommerzielle Zwecke. Lizenzinformationen finden Sie [hier](#). Der Leistungsumfang:

- Geometrieoperationen: Differenz, Schnittmenge, Exklusives Oder und Vereinigung
- Flächen können durch mehrere Randkonturen gebildet werden.
- Die Randpunkte können mit oder gegen den Uhrzeigersinn angegeben werden.
- Ränder können konvex, konkav oder selbstüberschneidend sein.

- Ränder können geschachtelt werden (d.h. Flächen können Löcher haben).
- Ergebnisformat als Randkurve (contour) oder Dreieckskette (triangle strip)
- Außen- und Innenränder im Ergebnis unterscheidbar
- Robust gegen doppelte Punkte und entartete Gebiete.

Polygone werden als Matrizen dargestellt:

$$\begin{bmatrix} r & p_1 & \dots & p_r & x_{11} & \dots & x_{1p_1} & \dots & x_{r1} & \dots & x_{rp_r} \\ p & f_1 & \dots & f_r & y_{11} & \dots & y_{1p_1} & \dots & y_{r1} & \dots & y_{rp_r} \end{bmatrix}$$

- $r$  Zahl der Randkurven
- $p$  Gesamtzahl der Eckpunkte
- $p_i$  Zahl der Eckpunkte in Randkurve  $i$
- $f_i$  Schalter für Randkurve  $i$ : 1 = Innenrand (schneidet ein Loch), 0 = Außenrand
- $x_{ij}$   $x$ -Koordinate des  $j$ -ten Punktes von Randkurve  $i$
- $y_{ij}$   $y$ -Koordinate des  $j$ -ten Punktes von Randkurve  $i$

Die Matrix hat demzufolge  $1 + r + \sum p_i$  Spalten.

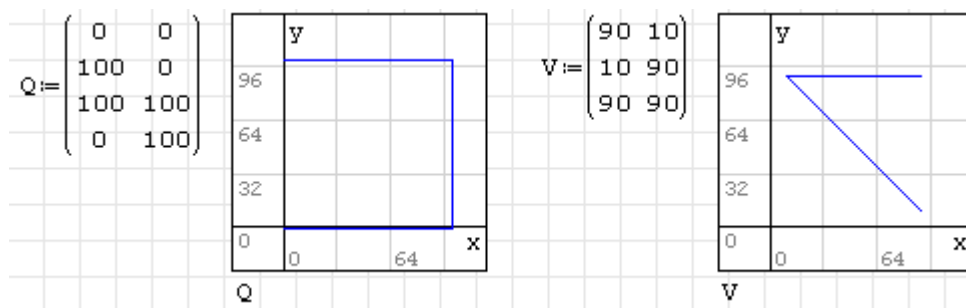
Die gleiche innere Darstellung wird für Dreiecksketten verwendet, dabei ist  $r$  die Zahl der Dreiecksketten und  $f_i$  ist stets gleich Null.

Beispiele (im russischen SMath-Forum)

### 5.3.1 Polygon-Objekte erzeugen

Polygon-Objekte können aus Koordinatenmatrizen erzeugt werden, die die Randpunktfolge darstellen (Zeilen: Knoten, Spalte 1:  $x$ , Spalte 2:  $y$ ). Die Randpunktfolge kann, muss aber nicht geschlossen sein.

Gegeben sind beispielsweise zwei Matrizen  $Q$  und  $V$ .  $Q$  enthält 4 Spalten und stellt ein Quadrat dar,  $V$  stellt die drei Ecken eines Dreiecks dar, das vollständig in das Quadrat hineinpasst:



Derartige Koordinatenlisten kann man mit `gpc_polygon()` zu einem Polygon-Objekt machen. Spalte 1 der Ergebnismatrix besagt, dass es einen Rand und 4 Punkte im ganzen Polygon gibt. Spalte 2 gibt an, dass der erste Rand 4 Punkte hat und ein Außenrand ist (Kennzahl 0, Innenrand wäre Kennzahl 1). Die weiteren Spalten sind die  $x, y$ -Koordinaten der jeweiligen Punkte.

$$P := \text{gpc\_polygon}(Q) \quad P = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 0 & 100 & 100 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 100 & 100 \end{bmatrix}$$

Fügen wir nun das Dreieck als Innenrand hinzu. Die Funktion `gpc_add_contour(Polygon; Punktematrix; Kennzahl)` fügt je nach Kennzahl einen Außen- oder einen Innenrand hinzu.

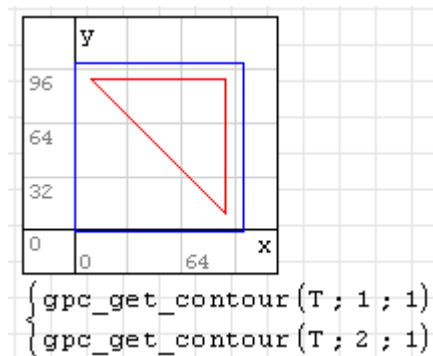
```
T:=gpc_add_contour(P;V;1)  T= $\begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 & 0 & 100 & 100 & 0 & 90 & 10 & 90 \\ 7 & 0 & 1 & 0 & 0 & 100 & 100 & 10 & 90 & 90 \end{pmatrix}$ 
```

Das Polygon  $T$  besteht nun aus 2 Rändern mit insgesamt 7 Punkten. Der erste Rand hat 4 Punkte und ist ein Außenrand (das erkennt man an Spalte 2), der zweite Rand (Info aus Spalte 3) enthält 3 Punkte und ist ein Innenrand. Es folgen die Punkte in der Reihenfolge der Ränder, also erst die vier Punkte des Außenrandes und dann die drei Punkte des Innenrandes.

### 5.3.2 Polygon-Objekte darstellen

Das Ergebnis von Polygon-Operationen will man natürlich auch darstellen können. Im Plugin *GPCPlugin* gibt es die Funktion `gpc_get_contour(Polygon; Rand; Schalter)`, die einen beliebigen Rand wieder in eine plotbare Koordinatenmatrix umwandelt. Ist der Schalter 0, wird ein offener Rand erzeugt, ist er 1, wird der Rand geschlossen, d.h. der erste ist gleich dem letzten Punkt.

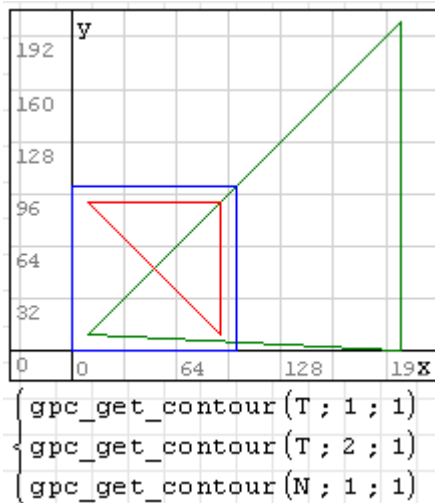
```
Randpunkte extrahieren          Randpunkte für Plot extrahieren
gpc_get_contour(T;2;0)= $\begin{pmatrix} 90 & 10 \\ 10 & 90 \\ 90 & 90 \end{pmatrix}$   gpc_get_contour(T;2;1)= $\begin{pmatrix} 90 & 10 \\ 10 & 90 \\ 90 & 90 \\ 90 & 10 \end{pmatrix}$ 
```



### 5.3.3 Polygon-Operationen

Erzeugen wir zunächst ein weiteres Polygon  $N$ , welches beide Ränder von  $T$  schneidet und sich auch außerhalb von  $T$  erstreckt:

```
N:=gpc_polygon( $\begin{pmatrix} 10 & 10 \\ 200 & 200 \\ 200 & 0 \end{pmatrix}$ )  N= $\begin{pmatrix} 1 & 3 & 10 & 200 & 200 \\ 3 & 0 & 10 & 200 & 0 \end{pmatrix}$ 
```



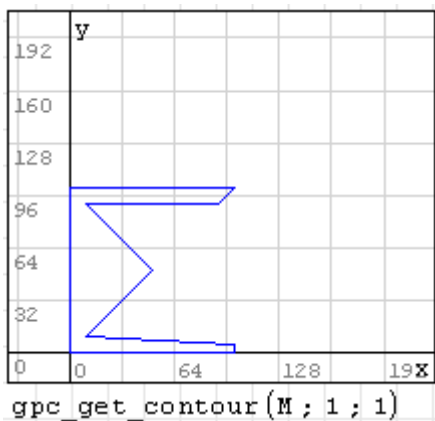
Polygon-Operationen werden mit der Funktion `gpc_clip(Kennzahl; Polygon1; Polygon2)` ausgeführt. Die Kennzahl steht für die auszuführende Operation:

Kennzahl	Operation
0	Differenz
1	Schnittmenge
2	Exklusives Oder
3	Vereinigung

**Differenz:** Polygon *N* wird von *T* abgezogen. Ergebnis sind die Flächen, die in *T*, aber nicht in *N* vorhanden sind.

```

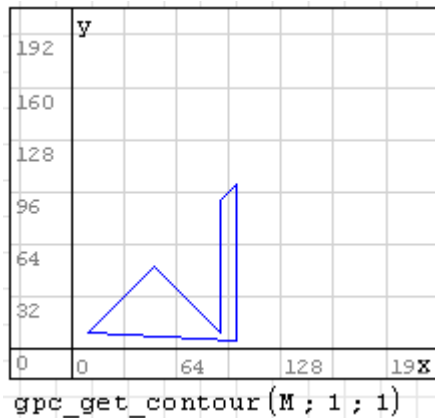
M:=gpc_clip(0 ; T ; N)
M=
( 1 9 90 10 50 10 100 100 0 0 100 )
( 9 0 90 90 50 10 5,2632 0 0 100 100 )
    
```



**Schnittmenge:** Ergebnis ist die gemeinsame Fläche beider Polygone.

```

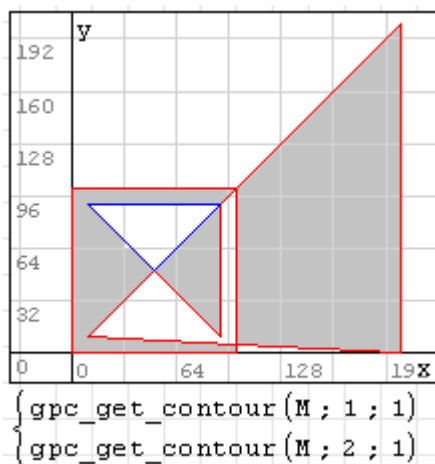
M:=gpc_clip(1 ; T ; N)
M=
( 1 6 100 10 50 90 90 100 )
( 6 0 5,2632 10 50 10 90 100 )
    
```



**Exklusives Oder:** Ergebnis sind die Flächen, die nur in einem der beiden Polygone vorkommen. Im Diagramm sind die Gebiete grau gekennzeichnet (manuelle Nachbearbeitung)

```
M:=gpc_clip(2; T; N)
```

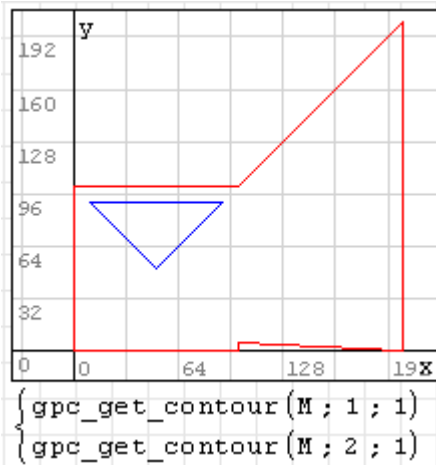
```
M = ( 2 3 13 90 10 50 200 100 100 0 0 100 90 90 50 10 100 100 200 )
      ( 16 1 0 90 90 50 0 5,2632 0 0 100 100 90 10 50 10 5,2632 100 200 )
```



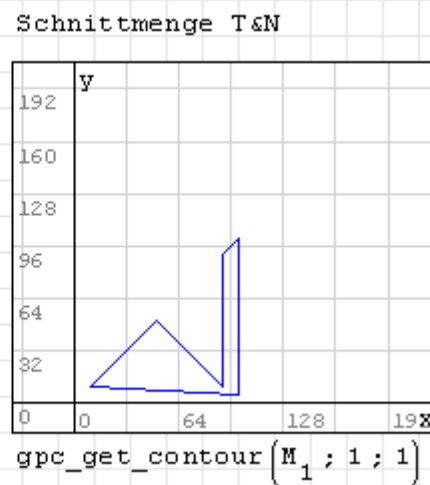
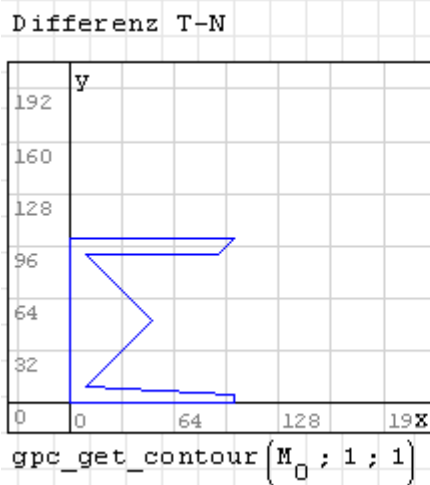
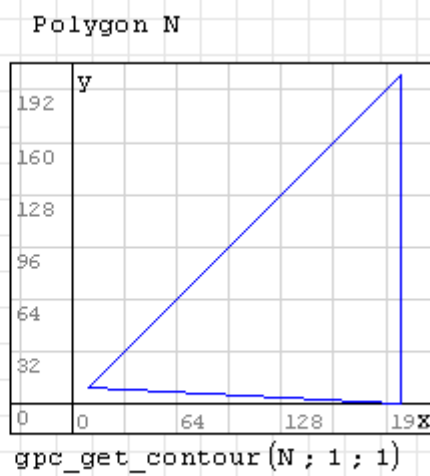
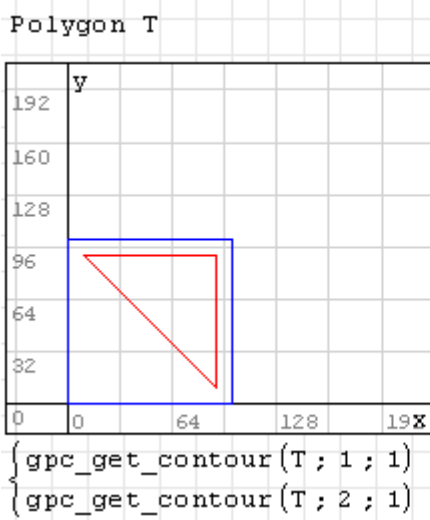
**Vereinigung:** Das sind die Flächen, die in mindestens einem der beiden Polygone vorhanden sind.

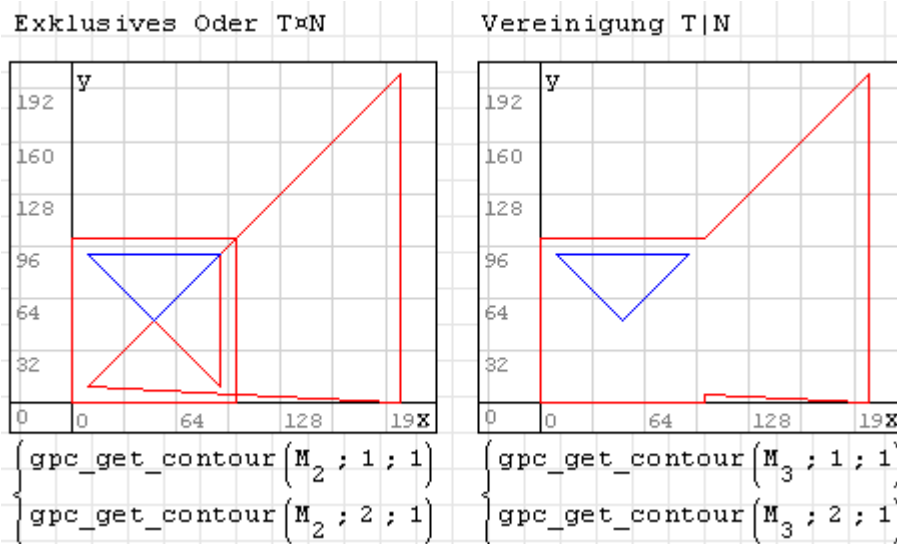
```
M:=gpc_clip(3; T; N)
```

```
M = ( 2 3 7 90 10 50 200 100 100 0 0 100 200 )
      ( 10 1 0 90 90 50 0 5,2632 0 0 100 100 200 )
```



Hier noch mal zur Übersicht die Diagramme zusammengefasst:



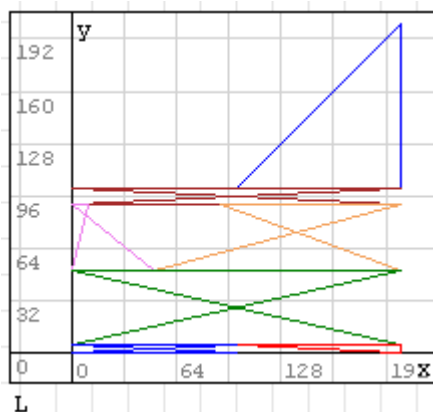


**Dreieckszerlegung:** Die Funktion `gpc_polygon_to_tristrip()` zerlegt die Polygonfläche in Dreiecksketten, also Linienzüge, bei denen zwei aufeinanderfolgende Geradenabschnitte immer ein Dreieck bilden. Zur Funktion `gpc_clip()` gibt es die Entsprechung `gpc_tristrip_clip(Kennzahl; Polygon1; Polygon2)`, die gleich Dreiecksketten liefert. Das Matrixformat ist das gleiche wie bei der Randdarstellung, nur sind die Linienzüge nicht mehr als Rand, sondern als Dreieckskette zu interpretieren.

```

Tri:=gpc_polygon_to_tristrip(M3)
L={0 for i∈1..Tri 1 1
    Li:=gpc_get_contour(Tri ; i ; 1)

```



### 5.3.4 Polygon-Objekte lesen und schreiben

Das Plugin bietet auch zwei Funktionen zum Lesen und schreiben. Das letzte Argument ist jeweils der Schalter für die Randkennzahl. Steht er auf 1, wird die Randkennzahl (innerer oder äußerer Rand) mitgeschrieben und gelesen, ansonsten nicht. Verwenden Sie nur einen anderen Wert als 1, wenn Sie genau wissen, warum.

```


T= $\begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 & 0 & 100 & 100 & 0 & 90 & 10 & 90 \\ 7 & 0 & 1 & 0 & 0 & 100 & 100 & 10 & 90 & 90 \end{pmatrix}$ 
gpc_write_polygon(T ; "GpcTest.txt" ; 1)=0

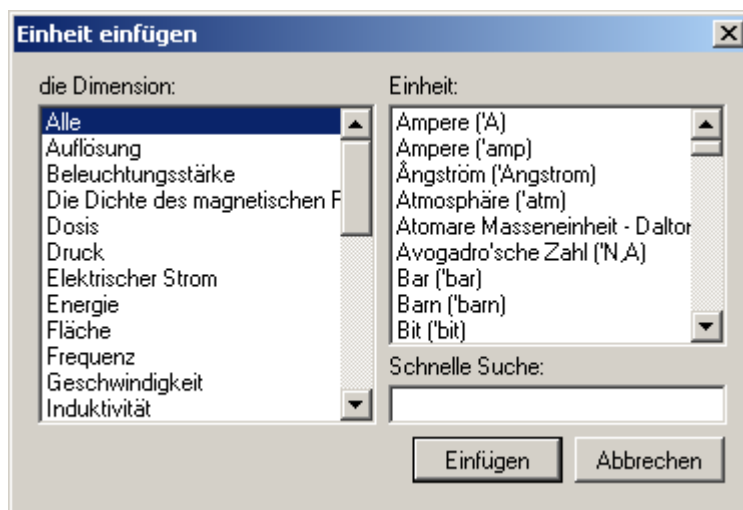
```

```
R:=gpc_read_polygon("GpcTest.txt"; 1)
R=
(
  2 4 3 0 100 100 0 90 10 90
  7 0 1 0 0 100 100 10 90 90
)
```

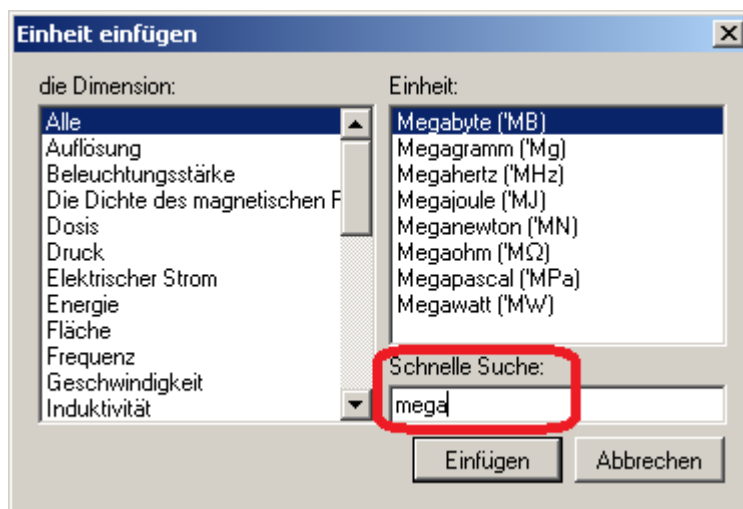
Der Dateiname kann absolut oder relativ (bezogen auf das aktuelle Verzeichnis) sein.

## 6 Maßeinheiten

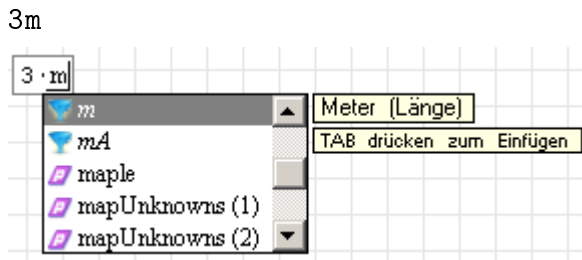
Eine besondere Stärke von SMath ist die Fähigkeit, mit Maßeinheiten zu rechnen. Jede Zahl kann mit einer Maßeinheit versehen werden. In SMath ist eine ganze Reihe von Einheiten verschiedener Dimensionen vordefiniert (aufgelistet in Abschnitt 138). Darüber hinaus sind auch einige physikalische Konstanten dabei. Einen Überblick verschafft man sich im Dialog **Hauptmenü> Einfügen> Einheit** (auch über **Strg**W oder mit  in der Werkzeugleiste erreichbar)




Im linken Fenster wählt man die Dimension, im rechten Fenster erscheinen dann die zugehörigen Maßeinheiten mit ihrem Namen und ihrer internen Darstellung, Im Feld „Schnelle Suche“ kann man die Liste auf die Einheiten eingrenzen, die die angegebene Zeichenkette enthalten



Die interne Darstellung beginnt immer mit einem Hochkomma (z-B. 'm für Meter).  
Maßeinheiten können auch direkt mit der Tastatur eingegeben werden:

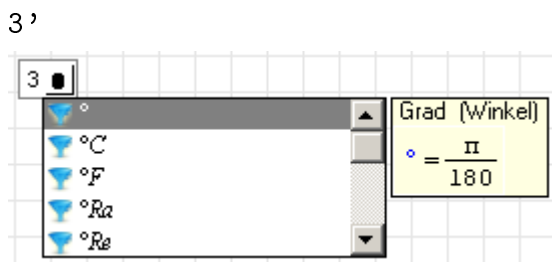


Sobald Sie einen Buchstaben in einem Formelbereich tippen, erscheint die dynamische Auswahl. Sie können weitere Buchstaben eintippen oder mit den Pfeiltasten aus der Liste auswählen. Mit  (Tabulator) wird bestätigt.



Maßeinheiten werden kursiv und blau dargestellt.

Tippt man vor dem Einheitennamen ein Hochkomma, schränkt sich die dynamische Auswahl direkt auf Maßeinheiten ein und der Platzhalter nimmt runde Form an:



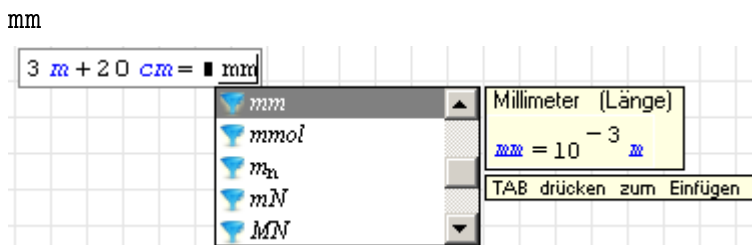
Hier die Summe zweier Längen:



$$3\text{m} \quad \text{↵} \quad + 20\text{cm} \quad \text{↵} \quad =$$

$$3 \text{ m} + 20 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

Die interne Darstellung dieses Ausdrucks ist  $3 * 'm + 20 * 'cm = 3.2 * 'm @ \#$

Um das Ergebnis in mm anzuzeigen, stellen Sie die Eingabemarke auf den Platzhalter hinter dem Ergebnis und tippen



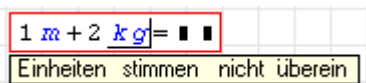
 zur Bestätigung der Auswahl. Die Berechnung erfolgt erst nach Verlassen des Formelbereichs ( drücken oder irgendwo anders im Rechenblatt klicken, dann verschwindet der Rahmen um die Formel):

$$3 \text{ m} + 20 \text{ cm} = 3200 \text{ mm}$$

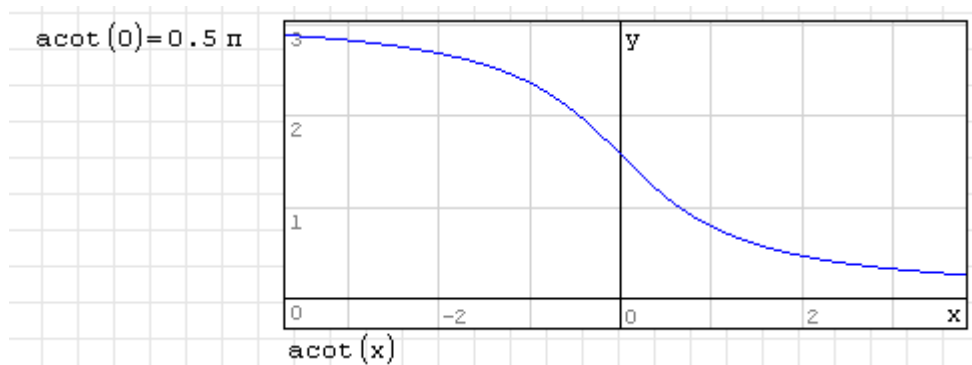
Intern rechnet SMATH mit SI-Einheiten. Bei der Eingabe kann jeder Zahl eine Einheit zugeordnet werden. Diese legt die Dimension und den Vorfaktor gegenüber der SI-Einheit fest.

Die Einheit mm kennzeichnet die Dimension Länge und hat den Faktor 0.001 in Bezug auf die SI-Einheit m.

Nur Größen gleicher Dimension können addiert, subtrahiert oder verglichen werden. Multiplikation und Division ist uneingeschränkt möglich.



Bei der Ergebnisanzeige (mit =) können nicht nur Maßeinheiten, sondern auch andere Faktoren, wie etwa  $\pi$ , abgespalten werden. Im linken Platzhalter erscheint dann einfach der verbleibende Restfaktor



Als Argumente von Winkelfunktionen, Logarithmen als Exponenten sind Maßeinheiten nicht definiert. Entsprechend weigert sich SMATH völlig korrekt, solche Berechnungen durchzuführen. Ausnahmen sind dimensionslose Maßeinheiten wie Grad ( $^\circ$ ) oder das Bogenmaß (rad).

Achtung: Der Vorsatz  $\mu$  (Mikro) muss als `m` `Strg`-`G` eingegeben werden, also nicht das Zeichen `AltGr`-`m` eingeben. Die beiden Befehle scheinen unterschiedliche Zeichencodes zu erzeugen.

## 6.1 Definition eigener Maßeinheiten

Maßeinheiten können vom Anwender wie normale Variable definiert werden. Damit sie blau und kursiv erscheinen, stellt man dem Variablennamen ein Hochkomma (') voran, das in der Anzeige dann unsichtbar ist.

```
Bier := 1      Sixpack := 6 Bier      Kasten := 20 Bier
2 Kasten + 3 Sixpack = 58 Bier
2 Kasten + 3 Sixpack = 2,9 Kasten
2 Kasten + 3 Sixpack = 9,6667 Sixpack
```

## 6.2 Vektoren und Matrizen mit Maßeinheiten

Elemente einer Matrix können verschiedene Einheiten haben. Matrixoperationen sind ausführbar, solange nicht Elemente unterschiedlicher Dimension addiert oder subtrahiert wer-

den.

Bei der Anzeige ist es allerdings nicht möglich, auf die Maßeinheiten einzelner Elemente, Zeilen oder Spalten Einfluss zu nehmen. Wenn das erforderlich ist, müssen diese z.B. mit `row()`, `col()`, `submatrix()` oder Elementindex herausgegriffen und dann angezeigt werden.

## 6.3 Temperatureinheiten

SMath kennt die Temperatureinheiten Kelvin (K), Grad Celsius (°C), Grad Fahrenheit (°F), Grad Rankine (°Ra, die Absoluttemperatur passend zu Fahrenheit) und Grad Reamur (°Re).

Temperaturen können beliebig ineinander umgerechnet werden, wie dies bei anderen Dimensionen auch üblich ist. Die Nullpunktverschiebung wird dabei berücksichtigt.

**Vorsicht ist bei negativen Zahlenwerten** in nicht-absoluten Einheiten geboten!

```
- 10 °C == -556,3 °C
```

Was ist hier passiert? Auf der linken Seite steht genau genommen: Null minus zehn Grad Celsius. Wegen Punktrechnung vor Strichrechnung rechnet SMath zunächst  $10^{\circ}\text{C} = 283,15\text{K}$ , und wendet dann das Minuszeichen an. Die linke Seite wird also völlig korrekt ausgewertet zu  $-(10^{\circ}\text{C}) = -(283,15\text{K})$ . Bei der Anzeige in °C müssen vom Kelvin-Zahlenwert wieder 273,15 abgezogen werden, was dann den Wert von -556,3 ergibt.

Die Irritation ergibt sich daraus, dass das negative Vorzeichen (der unäre Minus-Operator) normalerweise höhere Priorität als alle anderen Rechenoperationen hat, in SMath aber als normale Strichrechnung betrachtet wird.

Das gewohnte Verhalten muss man daher mit Klammern erzwingen:

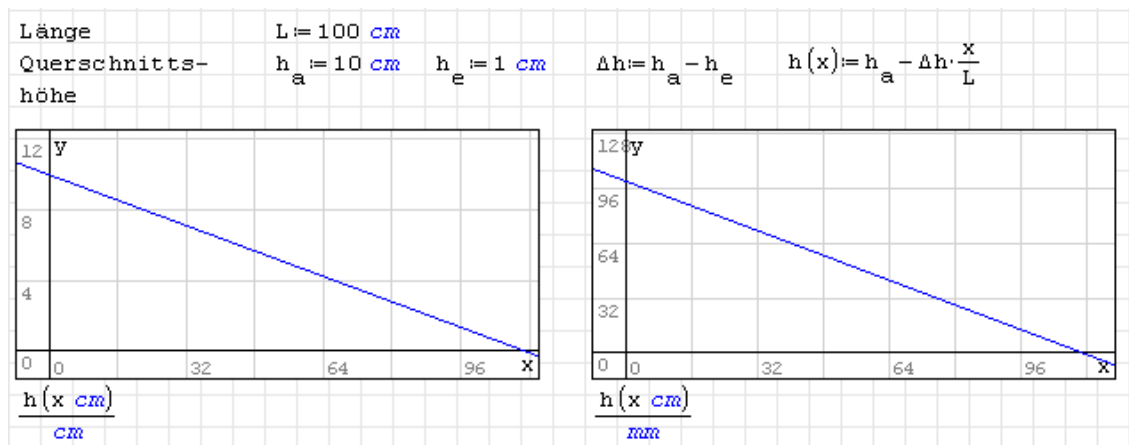
```
(-10) °C == -10 °C
```

Temperaturdifferenzen dürfen nur mit Absolutskalen (also Kelvin oder Grad Rankine) angegeben und angezeigt werden!

$T_1 := (-10) ^{\circ}\text{C}$	$T_1 = 263,15\text{K}$	
$T_2 := 20 ^{\circ}\text{C}$	$T_2 = 293,15\text{K}$	
$\Delta T := T_2 - T_1$	$\Delta T = 30\text{K}$	richtig
	$\Delta T = -243,15 ^{\circ}\text{C}$	falsch

## 6.4 Plotten mit Maßeinheiten

Die unabhängige Variable  $x$  in 2D-Plots (und  $y$  in 3D-Plots) ist dimensionslos. Die Plotfunktion erwartet dimensionslose Werte vom zu plottenden Ausdruck. Soll eine dimensionsbehaftete Funktion einer dimensionsbehafteten Größe geplottet werden, so multipliziert man das Argument mit der gewünschten Einheit der  $x$ -Achse und teilt das Ergebnis durch die gewünschte Einheit der  $y$ -Achse:



## 6.5 Integration und Gleichungslösen

Die Integrationsvariable in bestimmten Integralen wird als dimensionslos betrachtet. Wie mit dimensionsbehafteten Integrationsvariablen umzugehen ist, wird in Abschnitt 4.7.3 erläutert.

Die Funktionen zur Lösung von Gleichungen `solve()` und `roots()` funktionieren nur, wenn die gesuchte Variable dimensionslos ist, siehe dazu Abschnitt ???. Das Plugin *Non Linear Solvers* stellt Löser bereit, die auch nach einheitenbehafteten Größen auflösen können. Der Umgang mit diesen Funktionen wird im Abschnitt 4.10.4 erläutert.

## 6.6 Funktionen zum Umgang mit Maßeinheiten

Die Funktion `UoM(Ausdruck)` im Plugin *Custom Functions* (Abschnitt 10.2.3) liefert die zur Dimension des Ausdrucks passende Basiseinheit. Bei Matrizen oder Listen erfolgt dies elementweise.

Das Ergebnis hängt von der Auswertungseinstellung (Kontextmenü > Optimierung) ab.

Numerisches Ergebnis	Symbolisches Ergebnis
$\text{UoM}(2) = 1$	$\text{UoM}(2) = 1$
$\text{UoM}\left(2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) = 1 \text{ m Pa}$	$\text{UoM}\left(2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}\right) = \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$
$\text{UoM}(2 \text{ ft kip}) = 1 \text{ J}$	$\text{UoM}(2 \text{ ft kip}) = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$
$\text{UoM}\left(2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right) = 1 \text{ Pa}$	$\text{UoM}\left(2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right) = \frac{\text{kg s}}{\text{m s}^2}$
$\text{UoM}(2 \text{ cm}) = 1 \text{ m}$	$\text{UoM}(2 \text{ cm}) = \text{m}$

$$\begin{array}{cc}
 \text{UoM} \left( \begin{array}{c} 3 \text{ kN} \\ 4 \text{ kN} \end{array} \right) = \begin{array}{c} 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{s} \\ 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{s} \end{array} & \text{UoM} \left( \begin{array}{c} 3 \text{ kN} \\ 4 \text{ kN} \end{array} \right) = \begin{array}{c} \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{s} \\ \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{s} \end{array} \\
 \\
 \text{UoM} \left( \left\{ \begin{array}{c} 3 \text{ kN} \\ 4 \text{ kN} \end{array} \right\} \right) = \begin{array}{c} 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{s} \\ 1 \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{s} \end{array} & \text{UoM} \left( \left\{ \begin{array}{c} 3 \text{ kN} \\ 4 \text{ kN} \end{array} \right\} \right) = \begin{array}{c} \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{s} \\ \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \\ \text{s} \end{array}
 \end{array}$$

Mit dieser Funktion kann man beispielsweise Größen vorübergehend dimensionslos machen, etwa zur Anwendung von numerischen Verfahren.

## 6.7 Vordefinierte Einheiten und Konstanten

Konstanten und Maßeinheiten werden in der Datei *Installationsverzeichnis/Entries/Units.xml* definiert. Man könnte dort eigene Einheiten und Sprachversionen definieren. Das ist allerdings nicht zu empfehlen, da diese Definitionen in anderen SMath-Installationen nicht bekannt sind. Für die Portabilität ist es besser, solche Definitionen im SMath-Rechenblatt selbst vorzunehmen.

In SMath sind für einige Dimensionen Standardeinheiten definiert. Diese geben an, in welcher Einheit ein Ergebnis angezeigt wird, sofern man nicht selbst eine Einheit vorgibt.

Achtung: Der Vorsatz  $\mu$  (Mikro) muss als `m` `Strg`-`G` eingegeben werden, also nicht das Zeichen `AltGr`-`m` eingeben. Die beiden Befehle scheinen unterschiedliche Zeichencodes zu erzeugen.

### Winkel

Der Anschaulichkeit halber werden die Ergebnisse hier in  $^\circ$  (Grad) angezeigt, standardmäßig würde die Anzeige im Bogenmaß erfolgen.

<code>1 rad = 57,2958 °</code>	Standardeinheit: Radiant
<code>1 ° = 1 °</code>	Grad
<code>1 gon = 0,9 °</code>	Neugrad, Gon
<code>1 rev = 360 °</code>	Umdrehung

## Länge

$1 \text{ m} = 1 \text{ m}$	Standardeinheit: Meter
$1 \text{ mi} = 1609,344 \text{ m}$	Meile
$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$	Kilometer
$1 \text{ dm} = 0,1 \text{ m}$	Dezimeter
$1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$	Zentimeter
$1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$	Millimeter
$1 \text{ }\mu\text{m} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}$	Mikrometer
$1 \text{ nm} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$	Nanometer
$1 \text{ pm} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ m}$	Picometer
$1 \text{ Angstrom} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$	Angström
$1 \text{ bohr} = 5,2918 \cdot 10^{-11} \text{ m}$	Bohrscher Radius
$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$	Fuß (Zollsystem)
$1 \text{ furlong} = 201,168 \text{ m}$	Furlong ("Furche")
$1 \text{ in} = 0,0254 \text{ m}$	Zoll
$1 \text{ yd} = 0,9144 \text{ m}$	Yard
$1 \text{ Smoot} = 1,7018 \text{ m}$	Smoot (Körpergröße von O. Smoot)

## Fläche

$1 \text{ acre} = 4046,8564 \text{ m}^2$	Morgen
$1 \text{ barn} = 1 \cdot 10^{-28} \text{ m}^2$	Barn (Atomphysik)
$1 \text{ hectare} = 10000 \text{ m}^2$	Hektar

## Volumen

$1 \text{ L} = 0,001 \text{ m}^3$	Liter
$1 \text{ mL} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$	Milliliter
$1 \text{ gal} = 0,0038 \text{ m}^3$	Gallone

## Zeit

$1 \text{ s} = 1 \text{ s}$	Sekunde
$1 \text{ yr} = 3,1557 \cdot 10^7 \text{ s}$	Jahr
$1 \text{ day} = 86400 \text{ s}$	Tag
$1 \text{ hr} = 3600 \text{ s}$	Stunde
$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$	Minute
$1 \text{ ks} = 1000 \text{ s}$	Kilosekunde
$1 \text{ ms} = 0,001 \text{ s}$	Millisekunde
$1 \text{ }\mu\text{s} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ s}$	Mikrosekunde
$1 \text{ ns} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ s}$	Nanosekunde
$1 \text{ ps} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ s}$	Picosekunde

## Winkelgeschwindigkeit, Kreisfrequenz

Die Standardeinheit für Drehzahl, Winkelgeschwindigkeit und Kreisfrequenz ist Radiant pro Sekunde. Eine Umdrehung entspricht  $2\pi$  Radiant.

$1 \text{ rpm} = 0,1047 \cdot \frac{1}{\text{s}}$	Umdrehung pro Minute
$1 \text{ rph} = 0,0017 \cdot \frac{1}{\text{s}}$	Umdrehung pro Stunde
$1 \text{ radpm} = 0,0167 \cdot \frac{1}{\text{s}}$	Radiant pro Minute

## Frequenz

$1 \text{ Hz} = 1 \cdot \frac{1}{\text{s}}$	Hertz
$1 \text{ GHz} = 1 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{\text{s}}$	Gigahertz
$1 \text{ MHz} = 1 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{\text{s}}$	Megahertz
$1 \text{ kHz} = 1000 \cdot \frac{1}{\text{s}}$	Kilohertz

## Masse

$1 \text{ kg} = 1 \text{ kg}$	Standardeinheit: Kilogramm
$1 \text{ Mg} = 1000 \text{ kg}$	Megagramm (Tonne)
$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$	Tonne
$1 \text{ ton} = 907,1847 \text{ kg}$	Tonne (Zollsystem)
$1 \text{ gram} = 0,001 \text{ kg}$	Gramm (Symbol g durch Erdbeschleunigung belegt)
$1 \text{ mg} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$	Milligramm
$1 \text{ }\mu\text{g} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$	Mikrogramm
$1 \text{ oz} = 0,0283 \text{ kg}$	Unze (Zollsystem)
$1 \text{ lb} = 0,4536 \text{ kg}$	Pfund (Zollsystem)
$1 \text{ slug} = 14,5939 \text{ kg}$	Slug (kohärente Masseneinheit im Zollsystem)
	$1 \text{ lbf} = 1 \frac{\text{slug ft}}{\text{s}^2}$

## Kraft

$1 \text{ N} = 1 \text{ N}$	Standardeinheit: Newton
$1 \text{ TN} = 1 \cdot 10^{12} \text{ N}$	Teranewton
$1 \text{ GN} = 1 \cdot 10^9 \text{ N}$	Giganewton
$1 \text{ MN} = 1 \cdot 10^6 \text{ N}$	Meganewton
$1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$	Kilonewton
$1 \text{ mN} = 0,001 \text{ N}$	Millinewton
$1 \text{ }\mu\text{N} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ N}$	Mikronewton
$1 \text{ dyn} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ N}$	Dyn
$1 \text{ lbf} = 4,4482 \text{ N}$	Pfund Kraft (Zollsystem)
$1 \text{ kgf} = 9,8066 \text{ N}$	Kilogramm Kraft (Kilopond)
$1 \text{ tonnef} = 9806,65 \text{ N}$	Tonne Kraft (Megapond)
$1 \text{ tonf} = 8896,4432 \text{ N}$	Tonne Kraft (Zollsystem)
$1 \text{ kip} = 4448,2216 \text{ N}$	Tausend Pfund Kraft (Zollsystem)

## Druck

$1 \text{ Pa} = 1 \text{ Pa}$	Standardeinheit: Pascal
$1 \text{ GPa} = 1 \cdot 10^9 \text{ Pa}$	Gigapascal
$1 \text{ MPa} = 1 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	Megapascal
$1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}$	Kilopascal

$1 \text{ atm} = 1,0133 \cdot 10^5 \text{ Pa}$	Atmosphäre
$1 \text{ torr} = 133,3224 \text{ Pa}$	Torr (mm Quecksilbersäule)
$1 \text{ psi} = 6894,7573 \text{ Pa}$	Pfund Kraft pro Quadratzoll (Zollsystem)
$1 \text{ psf} = 47,8803 \text{ Pa}$	Pfund Kraft pro Quadratfuß (Zollsystem)
$1 \text{ ksi} = 6,8948 \cdot 10^6 \text{ Pa}$	Tausend Pfund Kraft pro Quadratzoll
$1 \text{ ksf} = 47880,259 \text{ Pa}$	Tausend Pfund Kraft pro Quadratfuß

## Energie

$1 \text{ J} = 1 \text{ J}$	Standardeinheit: Joule
$1 \text{ TJ} = 1 \cdot 10^{12} \text{ J}$	Terajoule
$1 \text{ GJ} = 1 \cdot 10^9 \text{ J}$	Gigajoule
$1 \text{ MJ} = 1 \cdot 10^6 \text{ J}$	Megajoule
$1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$	Kilojoule
$1 \text{ mJ} = 0,001 \text{ J}$	Millijoule
$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$	Kalorie
$1 \text{ kcal} = 4186,8 \text{ J}$	Kilokalorie
$1 \text{ BTU} = 1055,0559 \text{ J}$	British Thermal Unit
$1 \text{ erg} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ J}$	Erg

## Leistung

$1 \text{ W} = 1 \text{ W}$	Standardeinheit: Watt
$1 \text{ GW} = 1 \cdot 10^9 \text{ W}$	Gigawatt
$1 \text{ MW} = 1 \cdot 10^6 \text{ W}$	Megawatt
$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$	Kilowatt
$1 \text{ mW} = 0,001 \text{ W}$	Milliwatt
$1 \text{ }\mu\text{W} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ W}$	Mikrowatt
$1 \text{ nW} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ W}$	Nanowatt
$1 \text{ pW} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ W}$	Picowatt
$1 \text{ hp} = 745,6999 \text{ W}$	Britische Pferdestärke (Zollsystem)
$1 \text{ hhp} = 746,043 \text{ W}$	Britische Pferdestärke (hydraulisch, inkorrekt)
	Metrische Pferdestärke:
	$PS = 75 \text{ kgf} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ $PS = 735,4988 \text{ W}$

**Stromstärke**

$1 \text{ A} = 1 \text{ A}$	Standardeinheit: Ampere
$1 \text{ kA} = 1000 \text{ A}$	Kiloampere
$1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$	Milliampere
$1 \text{ }\mu\text{A} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ A}$	Mikroampere
$1 \text{ nA} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ A}$	Nanoampere
$1 \text{ pA} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ A}$	Picoampere

**Spannung**

$1 \text{ V} = 1 \text{ V}$	Standardeinheit: Volt
$1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$	Kilovolt
$1 \text{ mV} = 0,001 \text{ V}$	Millivolt
$1 \text{ }\mu\text{V} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ V}$	Mikrovolt
$1 \text{ nV} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ V}$	Nanovolt
$1 \text{ pV} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ V}$	Picovolt

**Kapazität**

$1 \text{ F} = 1 \text{ F}$	Standardeinheit: Farad
$1 \text{ mF} = 0,001 \text{ F}$	Millifarad
$1 \text{ }\mu\text{F} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ F}$	Mikrofarad
$1 \text{ nF} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ F}$	Nanofarad
$1 \text{ pF} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ F}$	Picofarad

**Ladung**

$1 \text{ C} = 1 \text{ C}$	Standardeinheit: Coulomb
$1 \text{ mC} = 0,001 \text{ C}$	Millicoulomb
$1 \text{ }\mu\text{C} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ C}$	Mikrocoulomb
$1 \text{ nC} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ C}$	Nanocoulomb
$1 \text{ pC} = 1 \cdot 10^{-12} \text{ C}$	Picocoulomb

## Induktivität

$1 \text{ H} = 1 \text{ H}$	Standardeinheit: Henry
$1 \text{ mH} = 0,001 \text{ H}$	Millihenry
$1 \text{ }\mu\text{H} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ H}$	Mikrohenry

## Magnetische Flussdichte

$1 \text{ T} = 1 \text{ T}$	Standardeinheit: Tesla
$1 \text{ G} = 0,0001 \text{ T}$	Gauss

## Widerstand

$1 \text{ }\Omega = 1 \text{ }\Omega$	Standardeinheit: Ohm
$1 \text{ M}\Omega = 1 \cdot 10^6 \text{ }\Omega$	Megaohm
$1 \text{ k}\Omega = 1000 \text{ }\Omega$	Kiloohm

## Strahlendosis

$1 \text{ Gy} = 1 \text{ Gy}$	Standardeinheit: Gray
$1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy}$	Sievert

## Lichtstärke, Lichtstrom

$1 \text{ cd} = 1 \text{ cd}$	Standardeinheit: Candela
$1 \text{ lm} = 1 \text{ cd}$	Lumen

## Beleuchtungsstärke

$1 \text{ lx} = 1 \text{ lx}$	Standardeinheit: Lux	$1 \text{ lx} = 1 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$
-------------------------------	----------------------	---

## Stoffmenge

$1 \text{ mol} = 1 \text{ mol}$	Standardeinheit: Mol
$1 \text{ kmol} = 1000 \text{ mol}$	Kilomol
$1 \text{ mmol} = 0,001 \text{ mol}$	Millimol
$1 \text{ }\mu\text{mol} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$	Mikromol

## Geschwindigkeit

$1 \text{ kn} = 0,5144 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Knoten
$1 \text{ kph} = 0,2778 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Kilometer pro Stunde (kmh)
$1 \text{ mph} = 0,447 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Meilen pro Stunde

## Viskosität

Dynamische Viskosität (Maßeinheit Poise) und kinematische Viskosität (Maßeinheit Stokes):

$1 \text{ P} = 0,1 \text{ s Pa}$	Poise	$1 \text{ P} = 0,1 \frac{\text{kg}}{\text{m s}}$
$1 \text{ St} = 1 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$	Stokes	

## Katalytische Aktivität

$1 \text{ katal} = 1 \frac{\text{mol}}{\text{s}}$	Katal
---	-------

## Auflösung

$1 \text{ dpi} = 39,3701 \cdot \frac{1}{\text{m}}$	Punkte pro Zoll
--	-----------------

## Information

$1 \text{ bit} = 1 \text{ bit}$	Standardeinheit: Bit
$1 \text{ B} = 8 \text{ bit}$	Byte
$1 \text{ TB} = 8 \cdot 10^{12} \text{ bit}$	Terabyte
$1 \text{ GB} = 8 \cdot 10^9 \text{ bit}$	Gigabyte
$1 \text{ MB} = 8 \cdot 10^6 \text{ bit}$	Megabyte
$1 \text{ kB} = 8000 \text{ bit}$	Kilobyte
$1 \text{ TiB} = 8,7961 \cdot 10^{12} \text{ bit}$	Tebibyte
$1 \text{ GiB} = 8,5899 \cdot 10^9 \text{ bit}$	Gibibyte
$1 \text{ MiB} = 8,3886 \cdot 10^6 \text{ bit}$	Mebibyte
$1 \text{ kiB} = 8192 \text{ bit}$	Kibibyte

## Temperatur

Absoluttemperaturskalen, auch für Temperaturdifferenzen verwendbar:

$1 \text{ K} = 1 \text{ K}$	Kelvin
$1 \text{ }^\circ\text{Ra} = 0,5556 \text{ K}$	Grad Rankine

Temperaturskalen mit verschobenem Nullpunkt:

$0 \text{ }^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K}$	Grad Celsius
$0 \text{ }^\circ\text{F} = 255,3722 \text{ K}$	Grad Fahrenheit
$0 \text{ }^\circ\text{Re} = 273,15 \text{ K}$	Grad Reamur

Temperaturdifferenzen von einem Grad auf verschiedenen Skalen:

$1 \text{ }^\circ\text{C} - 0 \text{ }^\circ\text{C} = 1 \text{ K}$	
$1 \text{ }^\circ\text{F} - 0 \text{ }^\circ\text{F} = 0,5556 \text{ K}$	$1 \text{ }^\circ\text{F} - 0 \text{ }^\circ\text{F} = 1 \text{ }^\circ\text{Ra}$
$1 \text{ }^\circ\text{Re} - 0 \text{ }^\circ\text{Re} = 1,25 \text{ K}$	

Hinweis: Temperaturen in Differenzen dürfen in  $^\circ\text{C}$ ,  $^\circ\text{F}$  und  $^\circ\text{Re}$  angegeben werden, die Temperaturdifferenz selbst kann aber nur die Einheit K oder  $^\circ\text{Ra}$  besitzen.

## Konstanten

$c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum
$G_N = 6,6743 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^2}{\text{kg}^2} \text{ N}$	Gravitationskonstante
$h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \frac{\text{J}}{\text{s}}$	Plancksches Wirkungsquantum
$m_e = 9,1094 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$	Elektronenmasse
$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	Protonenmasse
$m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	Neutronenmasse
$m_u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	Atomare Masseneinheit
$R = 8,3145 \frac{\text{J}}{\text{K mol}}$	Gaskonstante
$k = 1,3807 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$	Boltzmann-Konstante
$g = 9,8066 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	Erdbeschleunigung

# 7 Programmierung

Man kann in SMATH Programme schreiben. Das wird unterstützt durch

- Benutzerdefinierte Funktionen
- Funktionen zur Ablaufsteuerung (Schleifen, Verzweigungen, Anweisungsblöcke)
- Funktionen für Zeichenketten
- Debug-Funktionen
- Zeitmessung (inoffizielle Funktion `time()`, siehe Seite 299)

## 7.1 Benutzerdefinierte Funktionen

Funktionen werden definiert, indem man dem Namen in Klammern eine Argumentliste anfügt. Ergebnis ist der mit den Argumentwerten ausgewertete Ausdruck auf der rechten Seite der Definition.

```
f(x):=x^2    f(4)=16
```

Mehrere Argumente werden durch das Argumenttrennzeichen getrennt, das je nach Einstellung ein Komma oder ein Semikolon ist (der ebenfalls verfügbare Punkt ist eher unüblich). Im vorliegenden Handbuch wird stets das Semikolon benutzt, da das Komma Dezimaltrennzeichen ist.

```
g(x ; y):=x+y    g(1 ; 3)=4
```

Verwenden Sie stets Namen für die Parameter, die weiter oben im Blatt noch nicht definiert wurden. Um Konflikte zu vermeiden, kann man Namen verwenden, die man im Blatt normalerweise nicht verwendet, z.B. `a_` oder `a#`.

Der Buchstabe *i* kann nicht als Parametername in Funktionsdefinitionen verwendet werden. Das wird intern verhindert, da sich SMATH in diesem Fall unlogisch verhalten würde. Beim Aufruf wird *i* nicht durch den Aktualparameter ersetzt, sondern es wird die globale Konstantendefinition  $i = \sqrt{-1}$  eingesetzt.

Beide Probleme haben ihre Ursache in unsauberer Trennung des globalen Namensraums vom lokalen Namensraum. Leider können die Formalparameter nicht uneingeschränkt als lokale Variable betrachtet werden.

### 7.1.1 Funktionen als Argumente

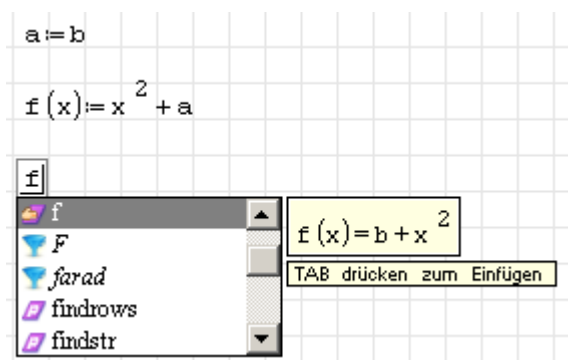
Definiert man numerische Algorithmen für Integration, Ableitung oder Nullstellensuche, ist es oft nützlich, die zu integrierende, abzuleitende oder Null zu setzende Funktion als Argument zu übergeben. Das geht auch in SMATH. Man kennzeichnet ein Funktionsargument

durch nachgestellte Klammern, die eine Zahl enthalten, die die Zahl der Argumente für diese Funktion benennt. Alternativ kann man die entsprechende Anzahl ansonsten bedeutungsloser Formalargumente angeben.

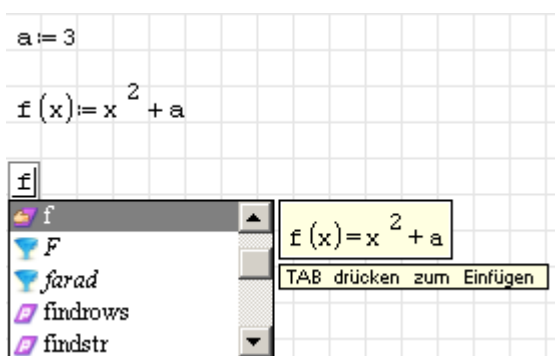
### 7.1.2 Symbolische/Numerische Optimierung, Verwendung von `eval()`:

Funktionsdefinitionen können im Kontextmenü (rechte Maustaste) wie jeder Formelbereich auf symbolische oder numerische Optimierung umgestellt werden.

**Optimierung symbolisch:** Die rechte Seite wird symbolisch vereinfacht und erst dann als Definition verwendet. Eventuell bekannte globale Bezeichner werden berücksichtigt und durch ihre Werte ersetzt. Im angegebenen Beispiel wird der globale Bezeichner  $a$  durch den bekannten Wert  $b$  ersetzt. Beim Funktionsaufruf ist der aktuelle Wert von  $b$  maßgebend.



**Optimierung numerisch:** Die rechte Seite wird unverändert als Definition verwendet. Auch bekannte numerische Werte für globale Bezeichner werden ignoriert. Eine Abfrage der Bezeichner erfolgt erst beim Funktionsaufruf, wenn der aufrufende Ausdruck auf Optimierung symbolisch gestellt ist. Im Beispiel wird der bekannte Zahlenwert von  $a$  zur Definitionszeit ignoriert. Beim Funktionsaufruf ist dann der aktuelle Wert von  $a$  maßgebend.



**eval()-Funktion:** Ihre Verwendung hat zwei Folgen:

- Alles was innerhalb der `eval()`-Klammer steht, wird nicht symbolisch vereinfacht, auch wenn „Optimierung symbolisch“ eingestellt ist.
- Eine symbolische Vereinfachung des Klammerinhalts bei Funktionsaufruf ist nicht möglich (Einstellung „Optimierung symbolisch“ im aufrufenden Ausdruck wird ignoriert)

**line()-Funktion (Anweisungsblock):** Anweisungsblöcke sind zunächst nur aufeinanderfolgende Anweisungen, die mit der Funktion `line()` gruppiert werden.

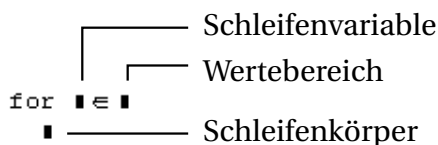
Besonderheiten sind zu beachten, wenn der Anweisungsblock die rechte Seite einer Zuweisung bildet.

- Dann bildet der Block einen lokalen Namensraum.
- Alle außerhalb des Blocks definierten Variablen sind innerhalb sichtbar.
- Lokale Zuweisungen (innerhalb des Blocks) erzeugen stets lokale Variablen, die grundsätzlich nicht außerhalb sichtbar sind.
- Zuweisungen auf Bezeichner, die schon außerhalb verwendet wurden, erzeugen eine lokale Variable gleichen Namens, so dass die gleichnamige globale Variable innerhalb nicht mehr sichtbar ist, durch diese Operation aber auch nicht global geändert wird.
- Ergebnis des Anweisungsblocks ist das Ergebnis der letzten Zeile im Block.
- Rekursion ist möglich, das heißt, die durch den Anweisungsblock definierte Funktion kann im Anweisungsblock selbst aufgerufen werden.

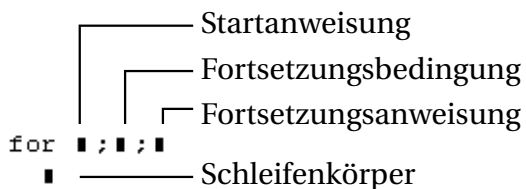
Variablennamen, die ausschließlich in der letzten Zeile eines Anweisungsblocks auftauchen, ohne dabei oder weiter oben im Block in Operationen verwendet zu werden, werden von SMath als undefiniert betrachtet. Das wird beispielsweise in der Funktion `Clear()` des Plugins *Custom Functions* benutzt.

## 7.2 Schleifen

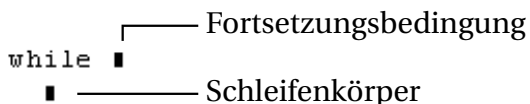
Schleifen dienen der wiederholten Ausführung von Anweisungen. Eine häufige Anwendung ist die elementweise Bearbeitung von Listen (Matrizen).


  
`for i ∈`

Mengenschleife, bei der die Schleifenvariable nacheinander alle Werte des Wertebereichs annimmt. Der Wertebereich ist meist ein Vektor von Zahlen, der mit der Funktion `range` erzeugt wird.


  
`for ; ;`

Kopfgesteuerte Schleife. Zuerst wird die Startanweisung ausgeführt. Ist die Fortsetzungsbedingung erfüllt, wird der Schleifenkörper ausgeführt und anschließend die Fortsetzungsanweisung ausgeführt und die Fortsetzungsbedingung erneut geprüft.


  
`while`

Kopfgesteuerte Schleife. Die Schleife wird durchlaufen, solange die Fortsetzungsbedingung erfüllt ist.

Wenn eine Schleifenvariable  $i$  ganzzahlige Werte von 1 bis  $n$  annehmen soll, dann schreibt man unter Verwendung der Funktion `range(2)`

```
n:=5   for i ∈ 1..n
      
```

So kann man beispielsweise einen Vektor der Kubikzahlen erzeugen. Beachten Sie, dass die Variable  $c$  nicht als Matrix vordefiniert werden muss. Sie wird dynamisch genau so groß dimensioniert, dass das Element mit dem höchsten Index noch reinpasst.

```
n:=5  for i ∈ 1..n
      c_i := i^3
      c = ( 1
           8
          27
          64
          125)
```

Als Wertebereich der Schleifenvariable kann jeder Vektor oder jede Matrix angegeben werden. Matrizen werden dabei mit nur einem Index indiziert, wobei die Elemente zeilenweise abgearbeitet werden. Im folgenden Beispiel ist  $v$  die Schleifenvariable, die nacheinander die Werte aus der Matrix  $M$  annimmt. Die Variable  $i$  ist der Index für den Ergebnisvektor  $c$ , in den die Werte der Schleifenvariable nacheinander geschrieben werden, so dass die Bearbeitungsreihenfolge (zeilenweise) sichtbar wird.

```
M := ( 1,2 2,4
        3,1 4,3
        5,8 6,7)
      i := 0
      for v ∈ M
        i := i + 1
        c_i := v
      c = ( 1,2
           2,4
           3,1
           4,3
           5,8
           6,7)
```

Bei der folgenden Schleife kommt es aber auf die Bearbeitungsreihenfolge nicht an.

```
M := ( 1,2 2,4
        3,1 4,3
        5,8 6,7)
      s := 0
      for i ∈ M
        s := s + i
      s = 23,5
      ∑ M = 23,5
```

Gerade wenn man aus Funktionen Grafikobjekte erzeugen will, ist es oft bequemer, der Schleifenvariable direkt die  $x$ -Werte zuzuweisen. Dazu dient die Funktion `range(3)`, die einen Vektor durch Angabe des ersten, des zweiten und des letzten Arguments definiert. Das folgende Beispiel zeigt, wie es funktionieren soll:

```
x := -π ; -π + π/2 .. π
      x = ( -1
           -0,5
            0
            0,5
            1) π
```

Aus dem ersten und dem zweiten Wert wird das Inkrement (die Schrittweite) bestimmt. Die Schleife wird beginnend mit dem ersten Wert abgearbeitet. Dann wird die Schleifenvariable um das Inkrement erhöht. Wenn damit der Endwert noch nicht überschritten wurde, wird der Durchlauf wiederholt.

Es ist ein Grundgesetz sauberer Programmierung, dass die Gleichheit zweier Fließkommazahlen nie ohne eine sinnvolle Toleranz geprüft werden soll. Die exakte Übereinstimmung zwischen auf verschiedenen Wegen, also mit unterschiedlichen Rundungsfehlern, berechneten Fließkommazahlen ist reine Glückssache. Im Beispiel oben hat es funktioniert, in folgendem Beispiel funktioniert es nicht:

```
x:=0,03 ; 0,035 .. 0,05
```

$$x = \begin{pmatrix} 0,03 \\ 0,035 \\ 0,04 \\ 0,045 \end{pmatrix}$$

Die Schleife sollte eigentlich fünfmal durchlaufen werden, aber offenbar ist intern  $0,045 + 0,005$  schon größer als der Endwert  $0,05$ . Das ist kein Bug in SMath, sondern ein normales Verhalten von Fließkommazahlen. Dennoch ist dieses Verhalten unschön. Man macht das Verhalten solcher Schleifen robust, indem man

- den Endwert um einen kleinen Betrag erhöht, der aber kleiner als das Inkrement sein muss, sonst erzeugt man einen zusätzlichen Durchlauf:

```
x:=0,03 ; 0,035 .. 0,05 + 10-16
```

$$x = \begin{pmatrix} 0,03 \\ 0,035 \\ 0,04 \\ 0,045 \\ 0,05 \end{pmatrix}$$

- ganzzahlige Schleifenvariable benutzt und die erforderlichen Fließkommazahlen daraus berechnet:

```
x:=0,03 + 0,005 · (0 .. 4)
```

$$x = \begin{pmatrix} 0,03 \\ 0,035 \\ 0,04 \\ 0,045 \\ 0,05 \end{pmatrix}$$

Ideal wäre eine Schleifenfunktion, die

- die Argumente `start`, `stop` und `schritt` verwendet (damit man den Schritt direkt angeben kann, und nicht erst das zweite Schleifenelement aus dem Startwert und dem Schritt berechnen muss)
- die Abbruchbedingung robust prüft, indem z.B. als Toleranz die halbe Schrittweite verwendet wird (diese wird beim Vergleich auf den Endwert aufgeschlagen)
- den Wertebereich in der Form `start .. stop by schritt` darstellt, wenn Schritt von Eins verschieden ist.

## Anwendungsbeispiel: Zeilen- oder spaltenweiser Aufbau von Matrizen

Matrizen können mit der Funktion `stack()` um weitere Zeilen erweitert werden. Wenn man dies in einer Schleife tut, dann muss die Matrix vorher initialisiert werden, damit die Matrix im ersten Durchlauf schon existiert. Wenn dort aber die erste Zeile berechnet werden soll, muss man die Matrix mit leerer Zeilenzahl und passender Spaltenzahl initialisieren.

```
M:=matrix(0;2)
for x∈0;π/4..π
  M:=stack(M;(x sin(x)))
```

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0,7854 & 0,7071 \\ 1,5708 & 1 \\ 2,3562 & 0,7071 \\ 3,1416 & 0 \end{pmatrix} \quad +$$

Spaltenweise geht das mit der Funktion `augment()` genauso:

```
M:=matrix(2;0)
for x∈0;π/4..π
  M:=augment(M;(x sin(x))^T)
```

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0,7854 & 1,5708 & 2,3562 & 3,1416 \\ 0 & 0,7071 & 1 & 0,7071 & 0 \end{pmatrix}$$

## 7.3 Fehlersuche

Wenn Probleme mit Programmen auftreten, dann kann stehen einige Hilfsmittel zur Verfügung:

- die dynamische Auswahl: Sie zeigt für alle definierten Objekte die Belegung an.
- die Funktion `trace()` und das Ausgabefenster.

Die Funktion `trace()` kann in Anweisungsblöcke integriert werden, um zur Laufzeit die Belegung von Variablen anzuzeigen. Die Ausgabe erfolgt im Ausgabefenster, welches mit **Hauptmenü**> **Ansicht** ein- und ausgeschaltet werden kann.

Die Verwendungsmöglichkeiten und die Ausgabeformatierung werden im [SMath Wiki](#) erläutert.

## 7.4 Funktionen für Zeichenketten

Für Zeichenketten stehen folgende Funktionen zur Verfügung:

### Zusammenfügen

```
concat("abc";"def";"ghi")="abcdefghi"
```

### Teilketten herausgreifen

Startposition und Länge können angegeben werden.

```
substr("abcdefghijkldef" ; 5) = "efghijkdef"
substr("abcdefghijkldef" ; 5 ; 3) = "efg"
```

### Teilketten ersetzen oder löschen

```
strrep("abcdefghijkldef" ; "def" ; "123") = "abc123ghijk123"
strrep("abcdefghijkldef" ; "def" ; "") = "abcghijk"
```

### Teilketten suchen

Die Funktion `findstr()` liefert einen Vektor mit den Anfangspositionen der Teilkette in einer gegebenen Zeichenkette. Wenn die Teilkette nicht vorkommt, liefert die Funktion den Wert -1.

```
findstr("abcdefghijkldef" ; "def") = [ 4
                                       12]
findstr("abcdefghijkldef" ; "ab") = (1)
findstr("abcdefghijkldef" ; "xy") = -1
```

### Länge bestimmen

```
strlen("12345") = 5
```

### Prüfen, ob eine Zeichenkette vorliegt:

```
IsString("abc") = 1
IsString((sqrt(2))) = 0
IsString({ "abc"
           sqrt(2) }) = 0   Ausdruck ist vom Typ "Liste" (system)
```

### Ausdruck in Zeichenkette umwandeln

Die Ausdrücke werden symbolisch ausgewertet und in die interne Textdarstellung umgewandelt. Man kann kein Format für die Zahlen vorgeben.

```

num2str(2,3) = "23/10"

num2str(a+b) = "a+b"

num2str(⎧⎩ "a"
           π
        ⎫⎭) = "sys("a",π,2,1)"

num2str(⎡⎣ 1 2
           3 4
        ⎤⎦) = "mat(1,2,3,4,2,2)"

num2str(∫ x^2 dx) = "int(x^2,x)"

```

Der umzuwandelnde Ausdruck darf keine Zeichenketten mit Leerzeichen enthalten, sonst gibt es seltsame Fehler



```

num2str(⎧⎩ "a number"
           1
        ⎫⎭)
num2str(⎧⎩ "a number"
           1,2,1
        ⎫⎭)

```

### Zeichenketten in Ausdrücke umwandeln

str2num() ist die Umkehrfunktion zu num2str().

```

num2str(⎧⎩ "abc"
           √2
        ⎫⎭) = "sys("abc",sqrt(2),2,1)"

str2num(num2str(⎧⎩ "abc"
                   √2
                ⎫⎭)) = ⎧⎩ "abc"
                       √2
                ⎫⎭      Optimierung symbolisch

str2num("sqrt(x^2+y^2)") = √(x^2+y^2)  Optimierung symbolisch

```

### Groß- und Kleinschreibung

Diese Funktionen sind im Plugin *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3) enthalten. Anders als die Standardfunktionen für Zeichenketten können sie auch auf Matrizen und Listen angewendet werden, die Zeichenketten enthalten.

Alles in Kleinbuchstaben umwandeln:

```

strtolower("the QUICK bRoWn FoX...") = "the quick brown fox..."

strtolower(⎧⎩ "the QUICK bRoWn FoX..."
              √2
              "another sTRING"
            ⎫⎭) = ⎧⎩ "the quick brown fox..."
                    √2
                    "another string"
            ⎫⎭

```

Alles in Großbuchstaben umwandeln:

```
strtoupper("the QUICK bRoWn FoX...")="THE QUICK BROWN FOX..."
strtoupper(
  (
    "the QUICK bRoWn FoX..."
     $\sqrt{2}$ 
    "another sTRING"
  )
) = (
  "THE QUICK BROWN FOX..."
   $\sqrt{2}$ 
  "ANOTHER STRING"
)
```

Anfangsbuchstaben der Zeichenketten in Großbuchstaben umwandeln:

```
ucfirst("the QUICK bRoWn FoX...")="The QUICK bRoWn FoX..."
ucfirst(
  (
    "The QUICK bRoWn FoX..."
     $\sqrt{2}$ 
    "another sTRING"
  )
) = (
  "The QUICK bRoWn FoX..."
   $\sqrt{2}$ 
  "Another sTRING"
)
```

Anfangsbuchstaben aller Wörter in Zeichenketten in Großbuchstaben umwandeln:

```
ucwords("the QUICK bRoWn FoX...")="The QUICK BRoWn FoX..."
ucwords(
  (
    "The QUICK bRoWn FoX..."
     $\sqrt{2}$ 
    "another sTRING"
  )
) = (
  "The QUICK BRoWn FoX..."
   $\sqrt{2}$ 
  "Another sTRING"
)
```

Beschreibungstext von Definitionen abfragen

Nähere Erläuterungen in Abschnitt 3.8

```
Hier wird a definiert
a:=1,32
description(a)="Hier wird a definiert"
```

## 7.5 Code-Bausteine

Code-Bausteine, in der englischen Version „snippets“, sind .sm-Dateien, die zum Einfügen in andere Dateien vorgesehen sind, um dort bestimmte Funktionen bereitzustellen. Das geschieht in den Schritten:

- Schreiben des gewünschten Inhalts in eine .sm-Datei.
- Definition, unter welchem Namen der Baustein in SMath bekannt sein soll. Dieser Name wird in der dynamischen Auswahl aufgelistet. Dafür wird unter **Hauptmenü> Datei> Eigenschaften** auf der Seite „Dateiattribute“ das Feld „Baustein-Tastaturkürzel“ ausgefüllt.
- Titel, Beschreibung, Autor und Firma aus der Dateibeschreibung werden in der Erweiterungs-Verwaltung angezeigt.
- .sm-Datei in den Ordner *snippets* der SMath-Installation verschieben (das geht nur bei der Installer-Version, nicht bei der portablen).
- Beim nächsten Neustart ist die Datei dem SMath-System bekannt.

- Bausteine können als Blattbereich eingefügt werden, der standardmäßig eingeklappt ist und den Namen des Bausteins als Titel hat.

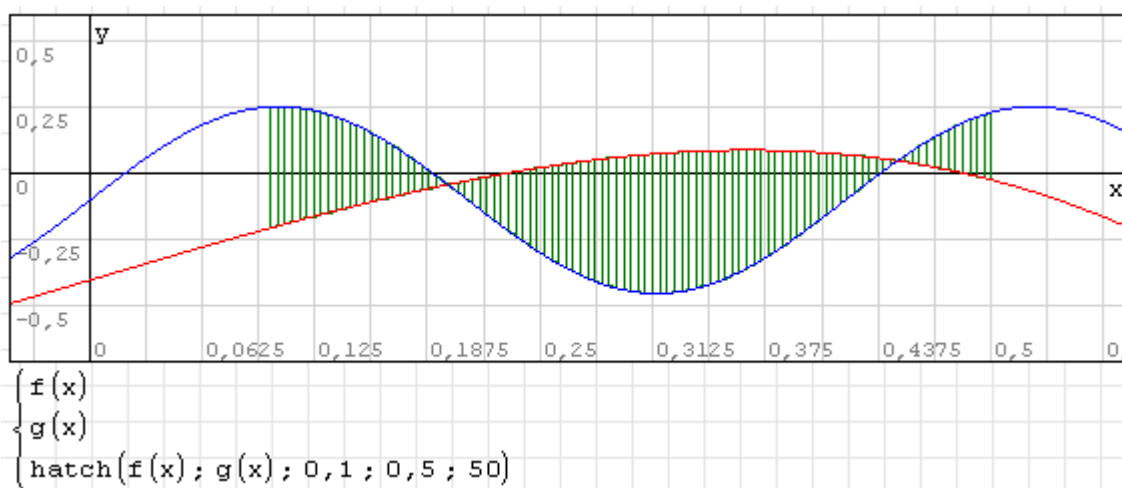
Diese Funktion wurde in SMath 0.90 eingeführt. Sehen Sie hier das [Ankündigungsvideo](#).

Eingefügte Bausteine sind völlig gleichwertig zu anderweitig eingefügten Anweisungen im Rechenblatt, es gibt also keinen getrennten Namensraum und keine Eingabe- und Ausgabe-parameter. Das muss von den Funktionsdefinitionen im Baustein geregelt werden.

### 7.5.1 Erstellung von Bausteinen

Die Schritte werden anhand einer Funktion zum Schraffieren der Fläche zwischen zwei Kurven in 2D-Diagrammen erläutert. Das kann man beispielsweise folgendermaßen realisieren:

```
f(x):=0,35·sin(15·x)-0,1    g(x):=-5·x3+2·x-0,4
hatch(f(1);g(1);x1;x2;n):=
  dx:= $\left(\frac{x_2-x_1}{n}\right)$ 
  h:= $\left(\begin{array}{l} x_1 \quad f(x_1) \\ x_1 \quad g(x_1) \end{array}\right)$ 
  for x ∈ x1; x1+dx .. x2-dx
    h:=stack $\left(h; \left(\begin{array}{l} x+\frac{dx}{2} \quad g\left(x+\frac{dx}{2}\right) \\ x+\frac{dx}{2} \quad f\left(x+\frac{dx}{2}\right) \\ x+dx \quad f(x+dx) \\ x+dx \quad g(x+dx) \end{array}\right)\right)$ 
  h
```

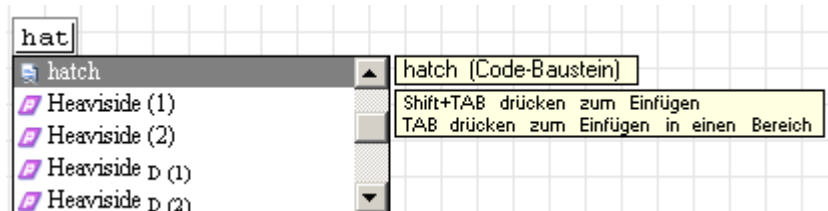


Grundsätzlich reicht es zunächst, die Funktion `hatch()` in eine `.sm`-Datei beliebigen Namens zu schreiben und diese im Ordner `snippets` der SMath-Installation abzulegen. Dann findet sie die Code-Baustein-Verwaltung beim nächsten Aufruf und von dort kann man den Baustein ins aktuelle Rechenblatt einfügen.

Gibt man in den Dateieigenschaften das „Tastaturkürzel“ an,



dann kennt auch die dynamische Auswahl den Baustein:



Wirklich wiederverwendbar wird der Baustein aber erst, wenn er ordentlich dokumentiert wird. Es gibt gegenwärtig keine Möglichkeit, irgendeine Baustein-Beschreibung für die dynamische Auswahl anzugeben. Was man bekommt, erfährt man hier also erst, wenn der Baustein eingefügt ist. Dann kennt die dynamische Auswahl alle enthaltenen Definitionen nebst deren Beschreibungen.

Man sollte es sich daher zur Gewohnheit machen, die Funktionen mit Beschreibungen zu versehen. In unserem Fall also beispielsweise so:

Erzeugt eine Matrix für die Darstellung vertikaler Linien zwischen den Funktionen  $f(x)$  und  $g(x)$  im Bereich von  $x_1$  bis  $x_2$  mit  $2*n$  Linien.

$$\text{hatch}(f(1); g(1); x_1; x_2; n) := \int_{x_1}^{x_2} \left( \frac{x_2 - x_1}{n} \right)$$

Bausteine, die Sie im SMath-Forum veröffentlichen wollen, sollten mindestens noch eine englische Beschreibung erhalten:

Generates a matrix for  $2*n$  vertical lines (hatching) between functions  $f(x)$  and  $g(x)$  in  $x$ -range from  $x_1$  to  $x_2$

$$\text{hatch}(f(1); g(1); x_1; x_2; n) := \int_{x_1}^{x_2} \left( \frac{x_2 - x_1}{n} \right)$$


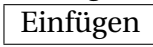
Bei Code-Bausteinen ist es sinnvoll, die Datei-Eigenschaften (gegebenenfalls auch mehrsprachig) auszufüllen. Diese Information kann man im Fenster „Datei-Eigenschaften“ mehrsprachig angeben.

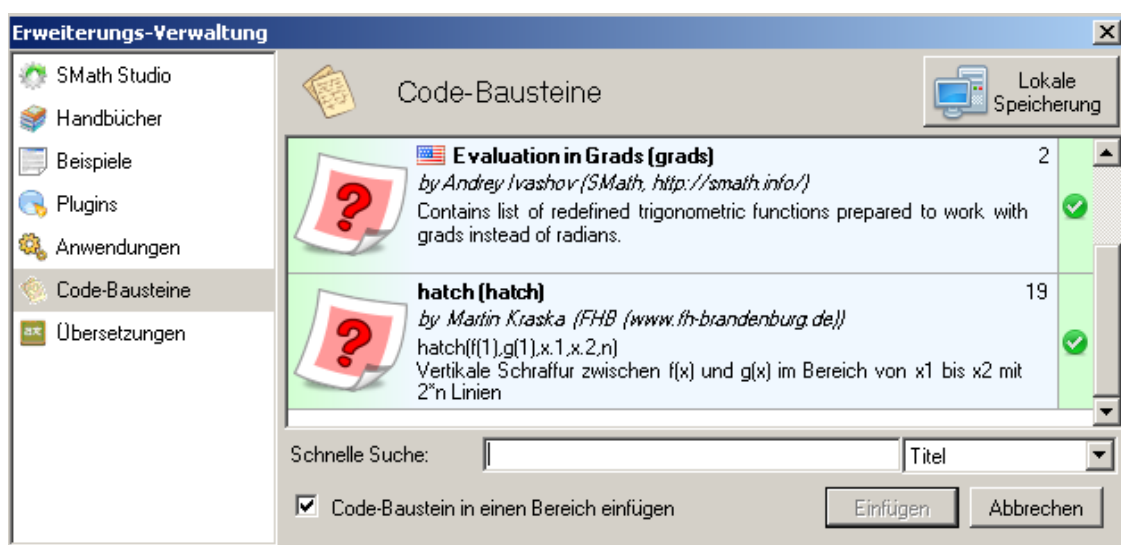



In der Baustein-Verwaltung werden der Titel, die Beschreibung, das Baustein-Tastaturkürzel und die Autor (Firma)-Information angezeigt, siehe nächster Abschnitt.

## 7.5.2 Verwendung von Bausteinen

Zunächst muss der Baustein ins Rechenblatt eingefügt werden. Dafür gibt es zwei Optionen:

1. Durch Eintippen des Namens an der gewünschten Stelle des Rechenblatts. Dann erscheint die dynamische Auswahl. Der Baustein-Name kann dann mit  bestätigt werden, damit wird der Baustein in einem zugeklappten Blattbereich eingefügt.
2. **Hauptmenü> Extras> Code-Baustein-Verwaltung** ruft den Dialog „Erweiterungsverwaltung“ auf. Dort kann der Baustein ausgewählt und per  ins aktuelle Rechenblatt eingefügt werden.



Wird in der dynamischen Auswahl mit  bestätigt oder in der Baustein-Verwaltung der Haken bei „Code-Baustein in einem Bereich einfügen“ stehen gelassen, so wird der Inhalt des Bausteins in einen zugeklappten Blattbereich eingefügt. Der Titel wird gemäß Dateieigenschaften gesetzt.

hatch

Alternativ wird der Inhalt direkt ins Arbeitsblatt eingefügt (ohne einklappbaren Blattbereich).

In jedem Fall sind die enthaltenen Definitionen mit ihren Beschreibungen nun der dynamischen Auswahl bekannt und können verwendet werden.

hatch

- hatch
- Heaviside (1)
- Heaviside (2)
- Heaviside D (1)

Erzeugt eine Matrix für die Darstellung vertikaler Linien zwischen den Funktionen f(x) und g(x) im Bereich von x1 bis x2 mit 2^n Linien.

$hatch(f(x); g(x); x_1; x_2; n) =$

$$dx := \frac{x_2 - x_1}{n}$$

$$h := \begin{pmatrix} x_1 & f(x_1) \\ x_1 & g(x_1) \end{pmatrix}$$

for  $x \in x_1; x_1 + dx .. x_2 - dx$

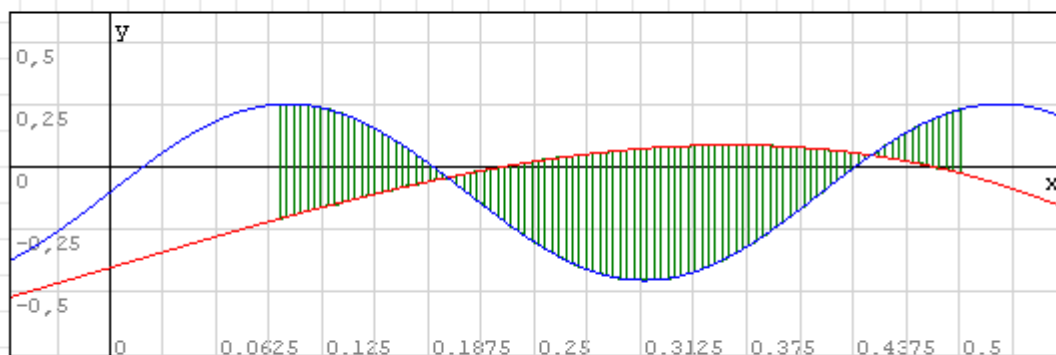
$$h := stack \left( h; \begin{pmatrix} x + \frac{dx}{2} & g\left(x + \frac{dx}{2}\right) \\ x + \frac{dx}{2} & f\left(x + \frac{dx}{2}\right) \\ x + dx & f(x + dx) \\ x + dx & g(x + dx) \end{pmatrix} \right)$$

h

TAB drücken zum Einfügen

$$f(x) := 0,35 \cdot \sin(15 \cdot x) - 0,1 \quad g(x) := -5 \cdot x^3 + 2 \cdot x - 0,4$$

hatch



```

{
  f(x)
  g(x)
}
hatch(f(x); g(x); 0,1; 0,5; 50)
    
```

### 7.5.3 Bausteine im Netz

Man kann seine eigenen Bausteine auf die SMath-Webseite hochladen ([Upload-Link](#)).

Enter to Upload.

Login:

Password:

Diese stehen dann in der Online-Galerie der Erweiterungsverwaltung zur Verfügung.

# 8 Der SMath Viewer

Der Inhalt dieses Kapitels basiert auf einem [Forum-Beitrag](#) des Entwicklers Andrey Ivashov.

Seit der Version 0.96 kann SMath das aktuelle Rechenblatt als interaktive Anwendung exportieren. Diese Anwendung beinhaltet ein komplettes SMath-System, welches das exportierte Rechenblatt in einem speziellen Modus anzeigt. Darin kann der Anwender Zahlenwerte ändern, hat aber keinen Zugriff auf das Rechenblatt selbst.

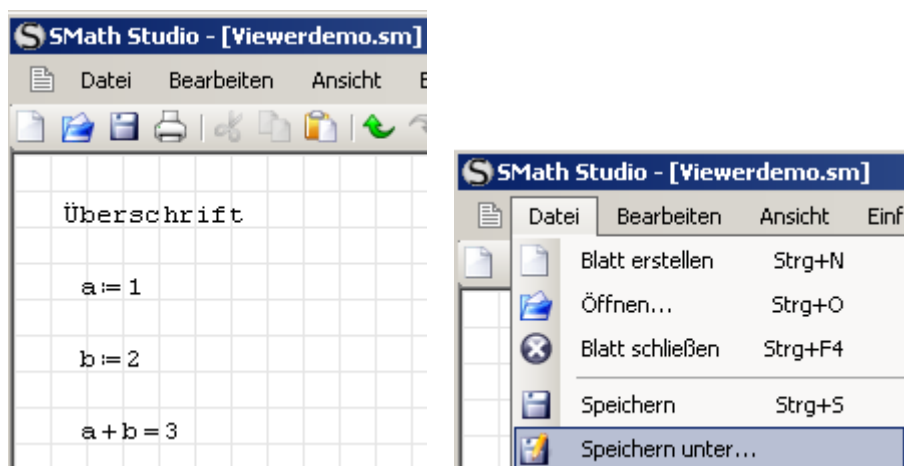
Der Grundgedanke ist, dass SMath Studio (wie auch Mathcad) eine hervorragende Anwendung ist, aber mitunter zu komplex für den normalen Ingenieur sein kann. SMath Studio wurde ursprünglich entwickelt, um die Erstellung beliebig komplexer Rechenblätter durch leistungsfähige Funktionen zu unterstützen. mit der Unterstützung leistungsfähiger Funktionen zu erstellen. Anwender, die keine Rechenblätter erstellen, sondern dort nur komfortabel Eingaben machen und Ergebnisse ermitteln wollen, sind mitunter mit zu vielen Details in den Rechenblättern konfrontiert.

Im SMath Viewer werden den Anwendern nur die Daten gezeigt, die sie benötigen. Gleichzeitig erfolgt der Export direkt aus SMath Studio Rechenblättern, so dass man keinen nennenswerten Aufwand treiben muss, um existierende Sammlungen zu verwerten.

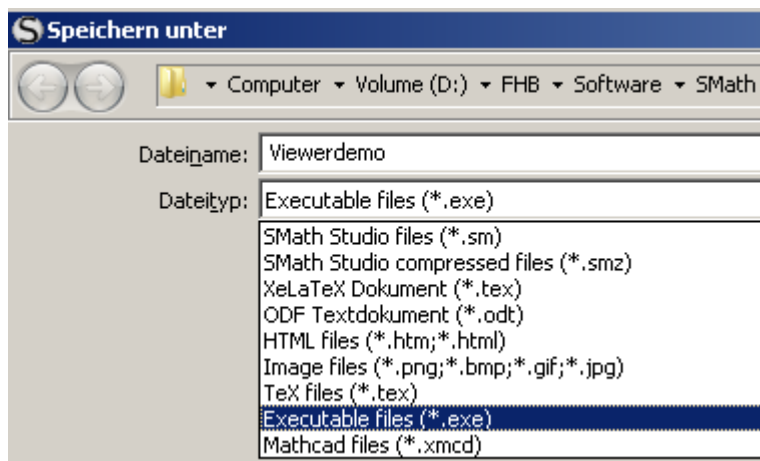
SMath Viewer ist ein Auslieferungsweg für Arbeitsblätter, und SMath Studio die zugehörige Entwicklungsumgebung.

## 8.1 Einführungsbeispiel

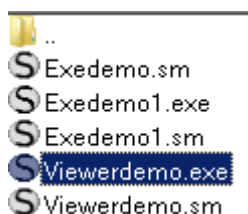
Erzeugen Sie ein beliebiges Arbeitsblatt mit ein paar Variablen, Formeln und etwas Text in SMath Studio und wählen Sie im Hauptmenü **Datei> Speichern unter**



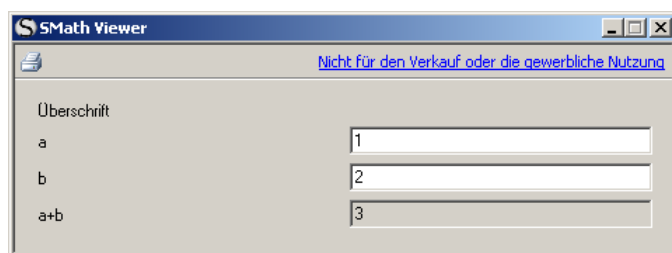
Wählen Sie „Executable files (\*.exe)“ als Dateityp im Dialog „Speichern unter“ aus und drücken Sie  .



In dem von Ihnen gewählten Verzeichnis erscheint nun die einsatzbereite ausführbare Anwendung.



Starten Sie diese mit Doppelklick und Sie sehen die SMath Viewer-Oberfläche mit betriebs-systemtypischen Bedienelementen.



## 8.2 Gestaltungsmöglichkeiten

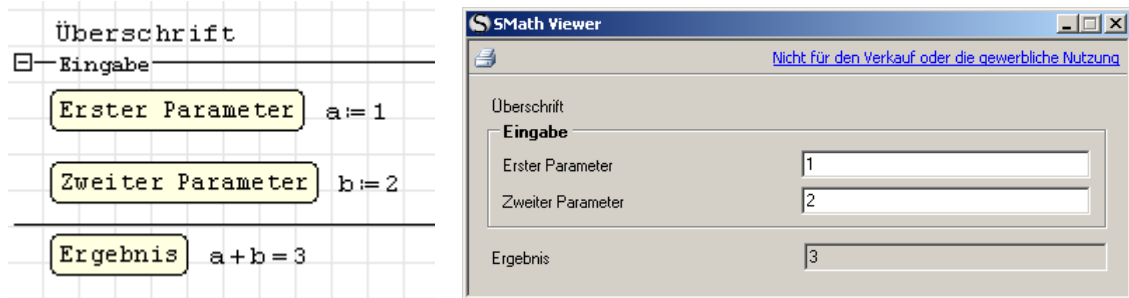
Damit das Programm besser bedienbar wird, brauchen wir einige Gestaltungselemente, die SMath Studio auch bereithält. Sie müssen nur ein paar Ergänzungen an Ihrem Rechenblatt vornehmen.

Einige Bereichstypen können mit Beschreibungstexten (siehe Abschnitt 3.8) versehen werden. Diese werden im Viewer anstelle der Formel oder des Variablennamens angezeigt:

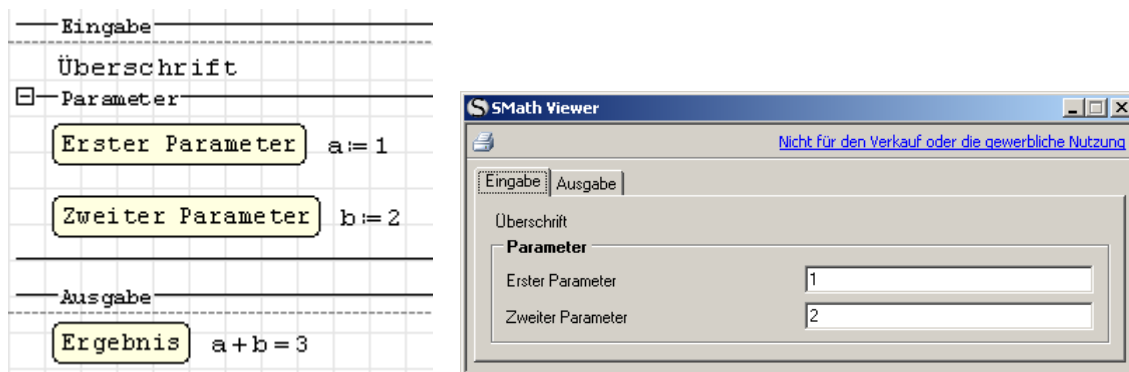


Von den Beschreibungstexten werden dabei die ersten 26 Zeichen und nur die jeweils erste Zeile benutzt.

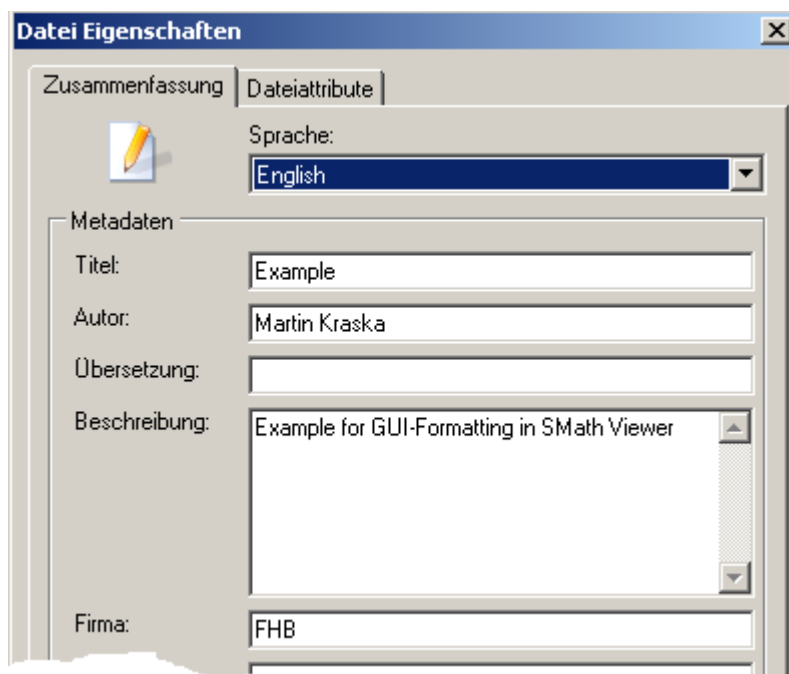
Benutzen Sie Blattbereiche, um deren Inhalt in der Vieweransicht zu gruppieren, die Gruppe kann auch einen Namen bekommen:



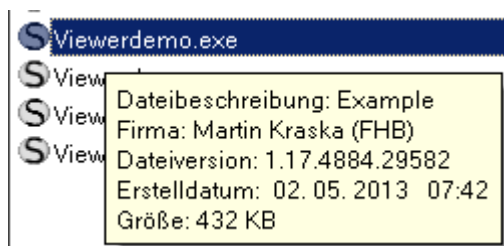
Mit Trennlinien können Sie Ihre Anwendung in mehrere Registerkarten gliedern. Trennlinientitel werden zu Namen der Registerkarten. Fehlt der Titel, werden Nummern vergeben.



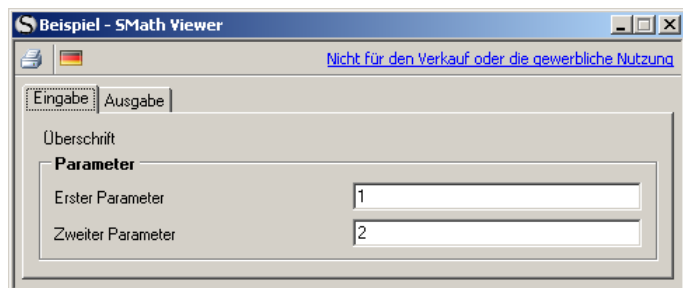
Unter **Hauptmenü** > **Datei** > **Eigenschaften** können Sie Angaben zu Ihrem Dokument in verschiedenen Sprachen machen.



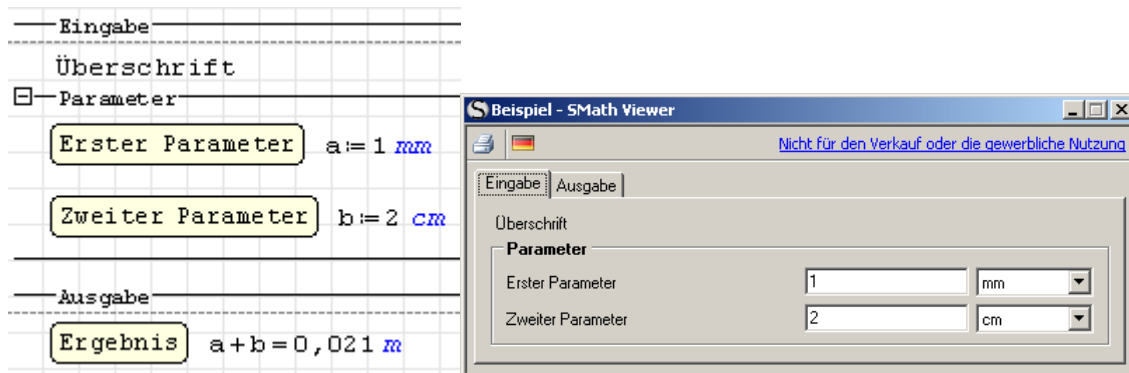
Die englischen Einträge werden im Dateimanager angezeigt.



Der Fenstertitel zeigt den Titel aus den Dateieigenschaften in der eingestellten Sprache an.



Maßeinheiten werden unterstützt. Sowohl bei Ein- als auch bei Ausgabe kann die Maßeinheit aus einer Liste gewählt werden. Diese ist beschränkt auf die dimensionsmäßig passenden Einheiten.



## 8.3 Anwendungshinweise

Vorteile der Weitergabe von Viewer-Dateien (.exe) gegenüber Rechenblättern (.sm)

- Der Anwender benötigt keine SMath-Installation und keine Erfahrung mit SMath,
- Sie können die Berechnungslogik vor dem Anwender verbergen
- Der Anwender kann die Berechnung nicht versehentlich beschädigen, es wird immer das ausgeführt, was Sie ausgeliefert haben.
- Es kann im Einzelfall zu Geschwindigkeitsvorteilen kommen, da bei Änderungen immer nur der Inhalt der gerade angezeigten Registerkarte neu berechnet wird.
- Trotz des komplett enthaltenen SMath-Systems sind die exe-Dateien vergleichsweise kompakt (ab 0,5 MB, je nach Zahl und Größe der benutzten Plugins)

### Plugin-Unterstützung.

Die exportierte Viewer-Anwendung enthält alle in der Rechnung benötigten Plugins. Das Verhalten erzeugter Bereiche (z.B. Plots) kann aber vom Verhalten im Rechenblatt abwei-

chen.

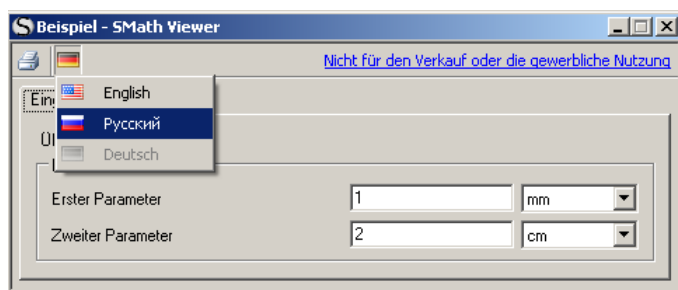
Werden keine externen Plugins benutzt, bleibt die ausführbare Datei unter 0,5 MB.

## Sprachanpassung

Sie können Ihre Anwendung mehrsprachig machen, indem Sie bei allen Texten alternative Sprachvarianten angeben. Dies ist bei allen relevanten Texten möglich.

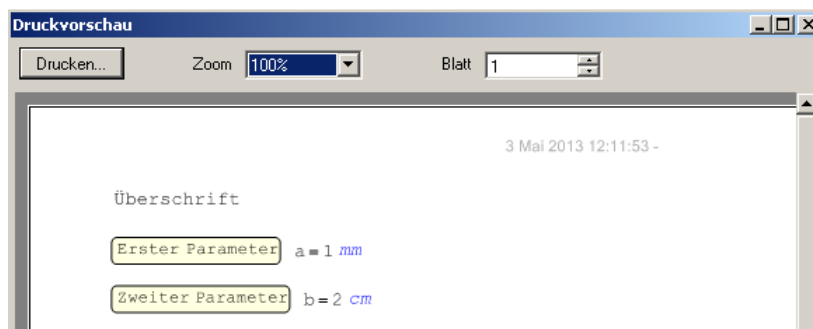
In der Regel kann die voreingestellte Sprache im Kontextmenü des jeweiligen Bereichs oder der Beschreibung geändert werden, so dass die Eingabe alternativer Texte möglich ist. Bei umfangreichen Übersetzungen kann es vorteilhaft sein, vorübergehend die Spracheinstellung in SMath zu ändern.

Der Viewer zeigt die Anwendung standardmäßig passend zur Systemkonfiguration des Benutzers an. Der Schaltknopf in der Werkzeugleiste bietet aber auch die anderen verfügbaren Sprachen an.



## Druckansicht

In der Anwendung steht eine Druckansicht zur Verfügung, die der ursprünglichen Rechenblattansicht entspricht.



### 8.3.1 Lizenz

Der SMath Viewer ist gegenwärtig (Mai 2013) für die private Nutzung und für Bildungszwecke kostenlos. Dabei ist der Verkauf oder die kommerzielle Nutzung der erzeugten Anwendungen nicht gestattet, ein entsprechender Hinweis findet sich auf der Benutzeroberfläche.

Der Autor von SMath Studio, Andrey Ivashov, bietet allerdings auch kommerzielle Lizenzen an, deren Konditionen im Einzelfall zu erfragen sind (z.B. über private Mail im Forum).

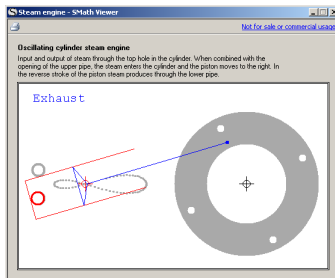
Besonderheiten bei kommerziellen Lizenzen:

- Verkauf und kommerzielle Nutzung von Viewer-Anwendungen ist erlaubt (Beschränkungshinweis in der Oberfläche entfällt)
- Signierung durch ein Code-Zertifikat. Dadurch wird die Datei gegen Modifikation durch Viren oder Hackerangriff geschützt und die sichere Ausführung gewährleistet.
- Das Rechenblatt wird verschleiert, so dass es nicht möglich ist, aus der exe-Datei das ursprüngliche Rechenblatt zu extrahieren.
- Das Anwendungs-Icon kann in jedes gewünschte geändert werden.

## 8.4 Beispiele im Netz

Zunächst einige Beispiele mit unveröffentlichtem Rechenblatt (.sm), die das Potenzial der Viewer-Anwendungen demonstrieren sollen.

**Oscillating.exe** (ENG, RUS) Beispiel mit Animation.



## 9 SMath mit Maxima

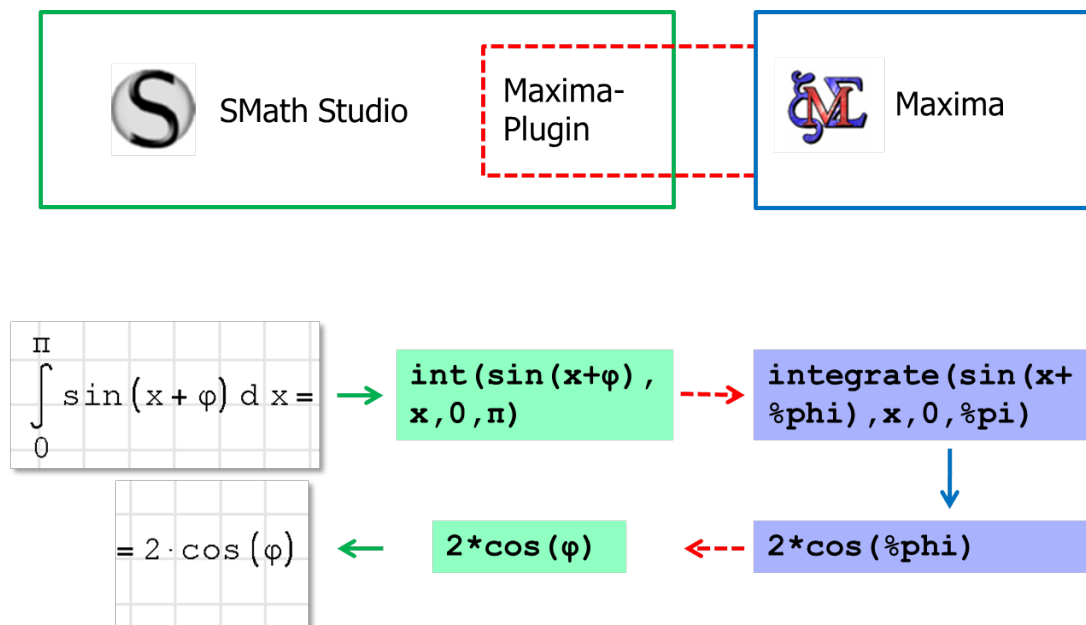


Abbildung 9.1: Grundsätzliche Arbeitsweise der SMath-Maxima-Schnittstelle. Die Kommunikation erfolgt über einen TCP/IP-Socket.

Maxima ist ein quelloffenes und kostenloses Computeralgebra-Programm, also eine Software für das symbolische Rechnen mit Variablen. An der Fachhochschule Brandenburg wurde von Kay Graubmann und Martin Kraska ein Plugin entwickelt, welches den Zugriff auf Maxima von SMath Studio aus erlaubt.

- Es gibt eine Funktion `Maxima()`, mit der Ausdrücke an Maxima übergeben, dort bearbeitet und an SMath zurückgegeben werden. Mit den gegenwärtig realisierten Übersetzungsfähigkeiten kann man bereits einen erheblichen Anteil des Funktionsumfangs von Maxima ansprechen.
- Das Plugin kann die internen Funktionen für Integration `int()`, Grenzwertbildung `lim()`, Ableitung `diff()`, Determinante `det()` und Summierung `sum()` übernehmen und zu Maxima umleiten. Das hat den Vorteil, dass die übersichtlichen Operatorformen dieser Funktionen weiter benutzt werden können.
- Darüber hinaus können einige Maxima-Funktionen direkt angesprochen werden, z.B. für die Lösung von algebraischen Gleichungen, z.B. die Funktion `Solve()` und von Differentialgleichungen, z.B. die Funktion `ODE.2()`.
- Diagramme können in Maxima erzeugt und mit dem Image-Bereich aus dem Plugin `ImageRegion` angezeigt werden. Da Maxima intern mit Gnuplot für die Diagrammerstellung arbeitet, stehen viele Möglichkeiten von Gnuplot nun auch innerhalb von SMath zur Verfügung.

- Maßeinheiten, Textindizes und griechische Buchstaben in Bezeichnern werden voll unterstützt.
- Als Datentypen werden Zahlen (reell und komplex), Zeichenketten, Listen und Matrizen unterstützt.

Einschränkungen:

- Bisläng ist die Schnittstelle nur unter Windows getestet.
- Die numerischen Verfahren in Maxima kommen nicht mit Maßeinheiten zurecht.
- Logische Ausdrücke werden zwar übersetzt, aber in Maxima anders interpretiert. In Maxima gibt es den Datentyp `boolean`, der die Werte `true` oder `false` annehmen kann. In SMath entspricht dies den Zahlenwerten Null für `false` und ungleich Null für `true`.
- Es gibt Beschränkungen für die Länge von Ausdrücken, bedingt durch die Übersetzung mit Hilfe von regulären Ausdrücken in der Schnittstelle.

Ein deutschsprachiges Maxima-Handbuch findet man [hier](#).

## 9.1 Installation

Schritte:

1. Installation von Maxima
2. Installation der Schnittstelle als Plugin im Erweiterungsmanager
3. Einstellung des Pfades zu Maxima in SMath. Wenn mehrere Maxima-Installationen vorhanden sind, kann man hier eine davon auswählen.

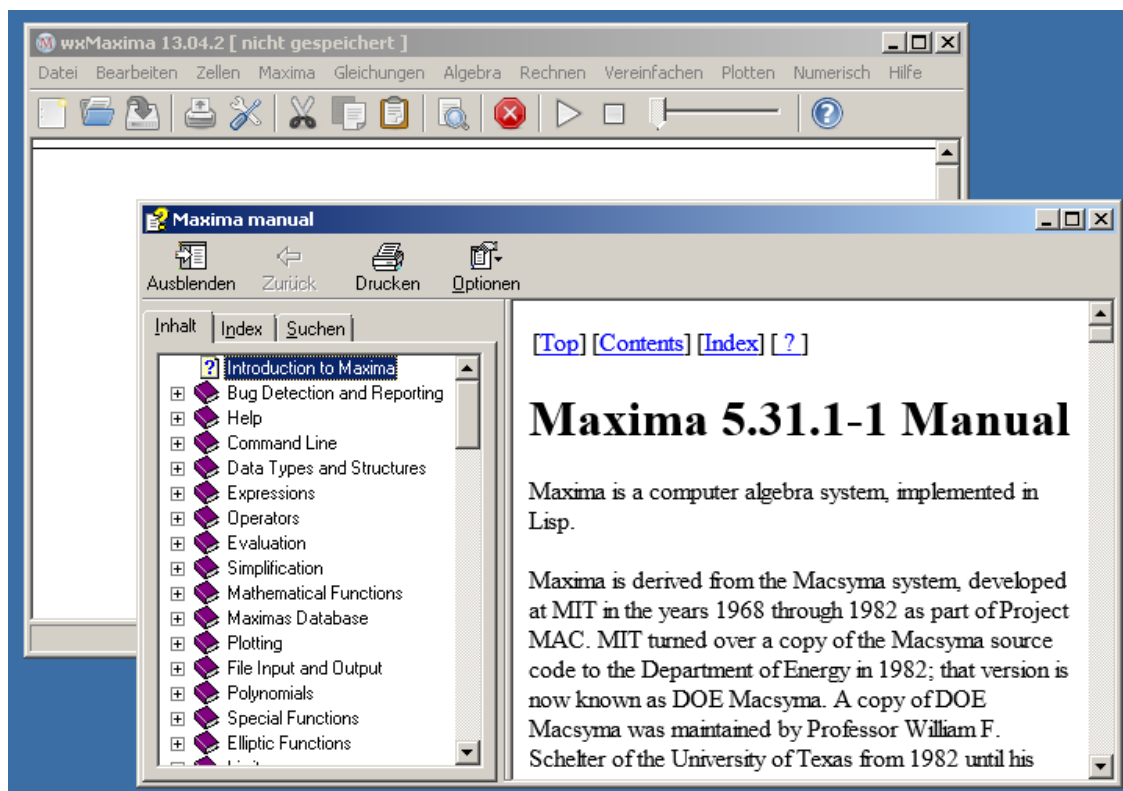
### 9.1.1 Installation von Maxima

Die Schnittstelle funktioniert am besten mit Maxima 5.31.1-1 ([Windows-Installer](#)).

Das Installationsverzeichnis kann beliebig gewählt werden, allerdings ist die Installation nicht portabel. Man kann Maxima also nicht auf einem USB-Stick installieren und dann auf beliebigen Rechnern benutzen. Die Maxima-Installation umfasst etwa 105 MB.

Nach erfolgreicher Installation finden Sie die Maxima-Benutzeroberfläche *wxMaxima* im Startmenü. Mit F1 oder über das Hilfemenü bekommen Sie Zugriff auf das englische Maxima-Handbuch.





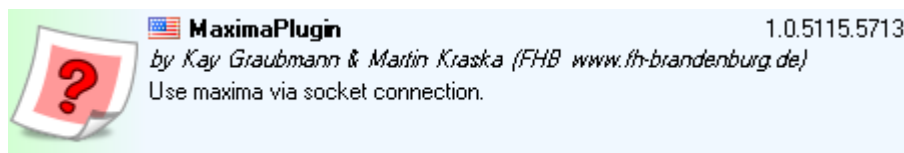
Einige Funktionen sind so in SMath integriert, dass man von Maxima nichts wissen muss, um sie zu benutzen. Insbesondere bei der Diagrammerstellung sind Maxima-Kenntnisse allerdings von Vorteil.

### 9.1.2 Installation des Plugins

Benutzen Sie den Erweiterungsmanager, z.B. mittels **Extras> Plugins**. Stellen Sie rechts oben auf Online-Galerie um

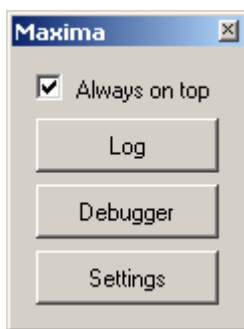


und wählen Sie das Maxima-Plugin aus:

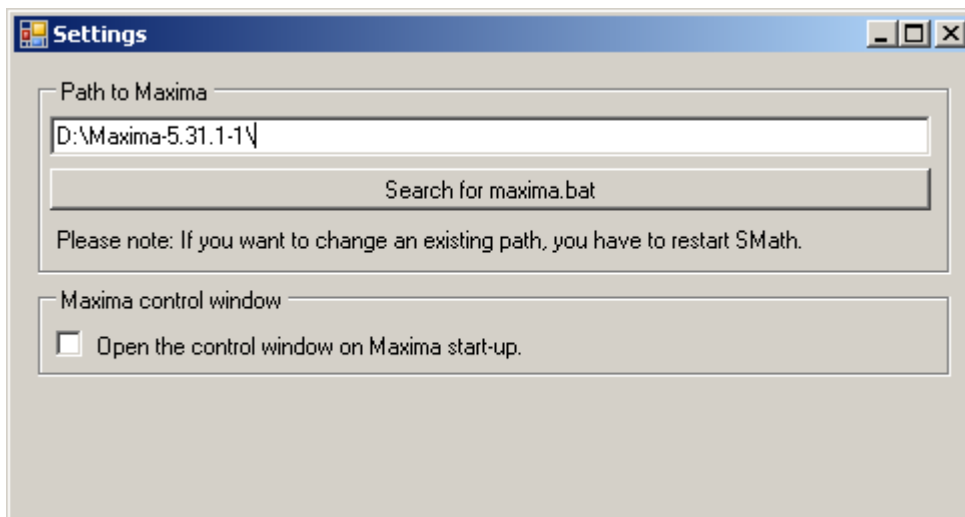


Wählen Sie „Installieren“.

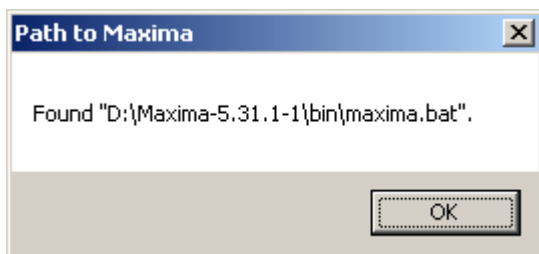
Schließen Sie SMath und starten Sie es erneut. Nun steht die Schnittstelle zur Verfügung. Öffnen Sie das Einstellungs-Fenster für die Schnittstelle: **Einfügen> Maxima control window**



Wählen Sie hier „Settings“ und geben Sie den Pfad Ihrer Maxima-Installation an:



Wählen Sie nun „Search for maxima.bat“. Wenn Sie die folgende Meldung bekommen, ist die Konfiguration abgeschlossen:



## 9.2 Die Maxima-Sitzung

Jedes laufende SMath Studio kann bei Bedarf über eine TCP-IP-Verbindung eine Maxima-Sitzung aufbauen.

- Jede SMath-Instanz (Programmfenster) hat eine eigene Maxima-Sitzung, mit der das jeweils offene Rechenblatt kommuniziert.
- Einmal gestartet, läuft die Sitzung durch.
- Die Sitzung kann mit der Funktion `MaximaControl()` zurückgesetzt werden. Ein Neustart wird mit dem Argument „restart“ erzeugt, mit „cleanup“ werden definierte Variable und geladene Pakete wieder vergessen.

```
MaximaControl("restart")="Restart complete."
MaximaControl("cleanup")="Maxima was re-initialized"
```

- Um unerwünschte Nebenwirkungen beim Umschalten zwischen Rechenblättern zu vermeiden, sollte man die Maxima-Sitzung am Anfang eines Rechenblatts zurücksetzen oder für jedes Rechenblatt ein neues SMath-Programmfenster öffnen.
- Es ist nicht auszuschließen, dass Maxima oder SMath abstürzen. Daher speichern Sie bitte ausreichend oft. Normalerweise schafft die Schnittstelle es, abgestürzte Sitzungen zu beenden. In Ausnahmefällen müssen Sie maxima.exe im Windows-Task-Manager beenden.

Da sich die Schnittstelle noch in der Entwicklung befindet, ist die Übernahme der Funktionen für Integration, Grenzwerte, Ableitungen, Determinanten und Summen standardmäßig ausgeschaltet. Sie können einzeln oder gemeinsam ab- oder angeschaltet werden. Dazu dient die Funktion `MaximaTakeover()`.

Folgende Ausdrücke kann SMath standardmäßig nicht symbolisch berechnen oder vereinfachen:

$$\frac{d}{dx} \operatorname{sech}(x) = \frac{d}{dx} \operatorname{sech}(x) \quad \int \sin(x) dx = \int \sin(x) dx$$

$$\left| a \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ b & 3 \end{pmatrix} \right| = \left| a \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ b & 3 \end{pmatrix} \right| \quad \sum_{j=1}^n j = \blacksquare \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{x} = \lim_{x \rightarrow \infty} x$$

All diese Funktionen können aber durch Maxima übernommen werden, dann funktioniert es:

```
MaximaTakeover("all")="int(), diff(), det(), lim() and sum() now use Maxima"
```

$$\frac{d}{dx} \operatorname{sech}(x) = -\operatorname{sech}(x) \cdot \tanh(x) \quad \int \sin(x) dx = -\cos(x)$$

$$\left| a \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ b & 3 \end{pmatrix} \right| = a^2 \cdot (3 - 2 \cdot b) \quad \sum_{j=1}^n j = \frac{n \cdot (1+n)}{2} \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{x} = \infty$$

Diese Umschaltung kann an jeder Stelle eines Rechenblatts vorgenommen werden. Mit dem Argument "none" wird die Übernahme wieder komplett abgeschaltet, mit den Argumenten "int()", "diff()", "lim()", "det()" und "sum()" können die Funktionen einzeln eingeschaltet werden.

Die symbolischen Ergebnisse können mit der Optimierungseinstellung „Symbolisch“ oder „abgeschaltet“ angezeigt werden. Bei „symbolisch“ versucht SMath selbst noch, das Ergebnis weiter zu vereinfachen. Probieren Sie im Einzelfall aus, welche Einstellung Ihnen besser gefällt.

Die Lösung von Gleichungssystemen mit `Solve()` wird im Abschnitt 4.10.1 erläutert.

## 9.3 Integrale

Maxima kann die SMath-interne Integralfunktion `int()` übernehmen. Dann können bestimmte und unbestimmte Integrale symbolisch gelöst werden.

```
MaximaTakeover("int()")="int() now use Maxima"
```

$$\int x^2 dx = \frac{x^3}{3}$$

$$\int \ln(x)^3 dx = x \cdot (\ln(x)^3 - 3 \cdot \ln(x)^2 + 6 \cdot \ln(x) - 6)$$

$$\int \frac{x^3 + 2 \cdot x^2 - x + 1}{x^3 + 3 \cdot x^2 + x + 3} dx = -\frac{\ln(x^2 + 1)}{4} - \frac{\ln(x + 3)}{2} - \frac{\operatorname{atan}(x)}{2} + x$$

Die Integrationsfunktion kann mit Maßeinheiten umgehen. Integrand, Integrationsvariable und Integrationsgrenzen können Maßeinheiten haben.

$$q(x) := q_0 + m \cdot x \quad q_0 := 10 \frac{N}{mm} \quad m := 0.2 \frac{N}{mm^2} \quad q(2 m) = 410 \frac{N}{mm}$$

$$x_1 := 1 m \quad x_2 := 3 m$$

$$\int_{x_1}^{x_2} q(x) dx = 820 kN$$

Maxima geht beim symbolischen Integrieren nicht automatisch davon aus, dass die Untergrenze kleiner als die Obergrenze ist und fragt zurück. Da der Anwender normalerweise keinen Grund hat, die Untergrenze größer als die Obergrenze zu setzen, wird diese Abfrage von der Maxima-SMath-Schnittstelle abgefangen. Dem Ergebnis wird dann die Meldung hinzugefügt, dass eine Annahme getroffen wurde:

$$\varepsilon(x) := \varepsilon_0 \cdot \left(\frac{x}{x_0}\right) \quad y(x) := y_0 \cdot \left(\frac{x}{x_0}\right)^2$$

$$\int_0^{x_0} \varepsilon(x) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{d}{dx} y(x)\right)^2} dx = \left[ \begin{array}{l} \text{"Variables assumed to be positive"} \\ \varepsilon_0 \cdot \left( \frac{\left(4 \cdot y_0^2 + x_0^2\right)^{\frac{3}{2}} - x_0^3}{12 \cdot y_0^2} \right) \end{array} \right]$$

Meldung und eigentliches Ergebnis werden in einer Liste zurückgegeben. Möchte man die Frage vermeiden, muss man vorher Maxima eine Annahme mitteilen. Das macht man mit der Maxima-Funktion `assume()`.

```
Maxima(assume(x_0 > 0)) = x_0 > 0
```

$$\int_0^{x_0} \varepsilon(x) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{d}{dx} y(x)\right)^2} dx = \frac{\varepsilon_0 \cdot \left( \left(4 \cdot y_0^2 + x_0^2\right)^{\frac{3}{2}} - x_0^3 \right)}{12 \cdot y_0^2}$$

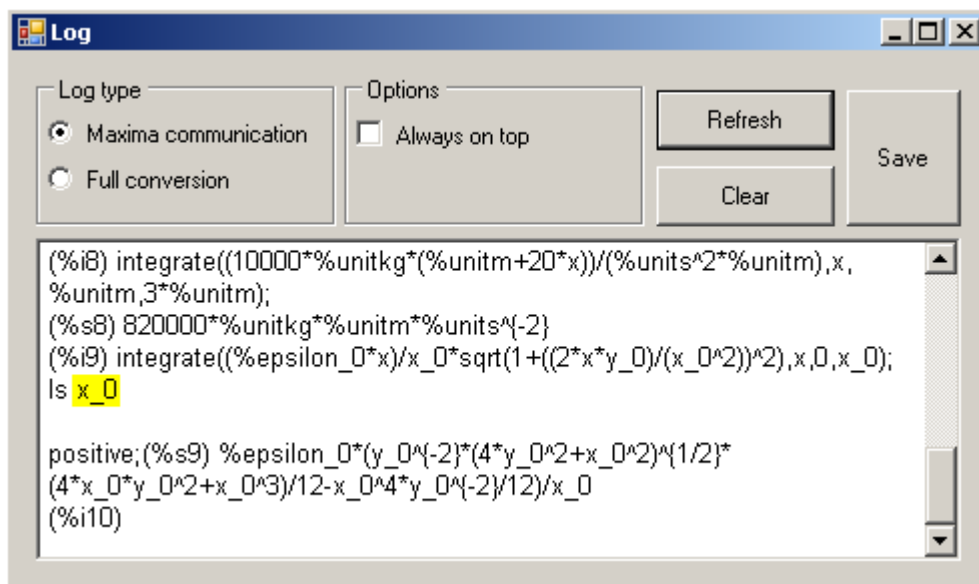
Macht man mehrmals die gleiche Annahme, kommt die Meldung redundant als Ergebnis der `assume()`-Funktion.

Bei Maßeinheiten weiß die Integrationsfunktion in Maxima, dass sie positiv sind. Man kann also auch eine Variable als Maßeinheit kennzeichnen (vorangestelltes Hochkomma), um Vorzeichenfragen zu vermeiden:

$$x_0 := x_0 \quad y_0 := y_0$$

$$\int_0^{x_0} \epsilon(x) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{d}{dx} y(x)\right)^2} dx = \frac{\epsilon_0 \cdot \left( \left(4 y_0^2 + x_0^2\right)^{\frac{3}{2}} - x_0^3 \right)}{12 y_0^2}$$

Leider kann die Schnittstelle gegenwärtig noch nicht mitteilen, nach welcher Variable gefragt wurde. Dem Logfile der Maxima-Sitzung kann dies jedoch entnommen werden (**Einfügen**> **Maxima control window**> **Log**)



```

Log
Log type
  (x) Maxima communication
  (x) Full conversion
Options
  (x) Always on top
Refresh
Save
Clear

(%i8) integrate((10000*%unitkg*(%unitm+20*x))/(%units^2*%unitm),x,
%unitm,3*%unitm);
(%s8) 820000*%unitkg*%unitm*%units^{-2}
(%i9) integrate((%epsilon_0*x)/x_0*sqrt(1+((2*x*y_0)/(x_0^2))^2),x,0,x_0);
ls x_0

positive;(%s9) %epsilon_0*(y_0^{-2}*(4*y_0^2+x_0^2)^{1/2}*
(4*x_0*y_0^2+x_0^3)/12-x_0^4*y_0^{-2}/12)/x_0
(%i10)
  
```

## 9.4 Die Funktion Maxima()

Diese Funktion nimmt einen Ausdruck, übersetzt ihn in die Maxima-Syntax, führt ihn in Maxima aus und übersetzt das Ergebnis zurück nach Maxima. Nicht alles, was in Maxima geht, kann man auch von SMATH Studio aus machen, es ist aber schon sehr viel.

Objekt	SMath Studio	Maxima
Dezimaltrennzeichen	Komma oder Punkt	Punkt
Argumenttrennzeichen	Semikolon oder Komma	Komma
Textindex	$\overset{a}{b}$	a_b
Griechische Buchstaben	$\alpha$	%alpha
Spezielle Konstanten	e, i	%e, %i
Listen	$\left\{ \begin{array}{l} \blacksquare \\ \blacksquare \end{array} \right.$	[]
Matrizen	$\left( \begin{array}{cc} \blacksquare & \blacksquare \\ \blacksquare & \blacksquare \end{array} \right)$	matrix()
Adressindex	$v_j$	v[j]
Zeichenketten	"abc"	"abc"
Maßeinheiten	cm	%unitcm

Tabelle 9.1: SMath-Objekte und ihre Entsprechung in Maxima

### 9.4.1 Maxima-Funktionen für Listen

Maxima ist in Lisp (list processing language) geschrieben, also spielen Listen im Umgang mit Maxima auch eine bedeutende Rolle. Einige Funktionen, die die Arbeit mit Listen vereinfachen, seien hier genannt.

`args()` liefert die Parameter einer Funktion als Liste. Das kann nützlich sein, wenn Maxima Funktionen mit Argumenten als Ergebnis liefert und man diese Argumente extrahieren möchte:

$$\text{Maxima}(\text{args}(f(x; y))) = \begin{cases} x \\ y \end{cases}$$

Andersrum kann man mit `apply()` die Elemente einer Liste zu Argumenten einer Funktion machen:

$$\text{Maxima}(\text{apply}(f; \begin{cases} a \\ b \end{cases})) = f(a; b)$$

Mit `append()` können Listen aneinandergehängt werden:

$$\text{Maxima}(\text{append}(\begin{cases} a \\ b \end{cases}; \begin{cases} c \\ d \end{cases})) = \begin{cases} a \\ b \\ c \\ d \end{cases}$$

Um eine Matrix in eine Liste von Listen (mit den Matrixzeilen) umzuwandeln, benutzen Sie ebenfalls die Funktion `args()`:

$$\text{Maxima}(\text{args}(\left( \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 1 \\ 3 & 5 & 7 \\ 10 & 3 & 1 \\ 17 & 6 & 2 \end{array} \right))) = \left( \begin{array}{ccc} \begin{cases} 1 \\ 3 \\ 10 \\ 17 \end{cases} & \begin{cases} 2 \\ 5 \\ 3 \\ 6 \end{cases} & \begin{cases} 1 \\ 7 \\ 1 \\ 2 \end{cases} \end{array} \right)$$

Das Ergebnis ist Maxima-intern eine Liste von Listen, diese wird zur Platzersparnis aber als Zeilenmatrix angezeigt.

## 9.5 Differenzialgleichungen

Bemerkenswerte Erweiterungen für Differenzialgleichungen durch das Plugin Maxima sind:

- die Funktion `ODE.2()` zur symbolischen Lösung gewöhnlicher DGL bis zweiter Ordnung,
- die Maxima-Funktionen zur Laplace-Transformation,
- die Richtungsfeld-Diagrammfunktionen des Pakets *drawdf* (draw direction field).

### 9.5.1 Funktion ODE.2()

Für die Lösung von Differenzialgleichungen bis zu zweiter Ordnung steht die Funktion `ODE.2()` zur Verfügung. Anzugeben sind die Differenzialgleichung, die unbekannte Funktion und die unabhängige Variable.

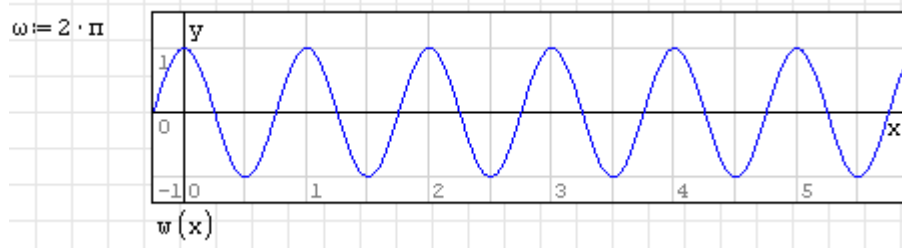
```
Maxima (assume (omega^2 > 0)) = omega^2 > 0
L := ODE_2 ( ( ( d^2 w(t) / dt^2 + omega^2 * w(t) = 0 ) ; w(t) ; t )
L = w(t) = ( k1 * sin(omega * t) + k2 * cos(omega * t) )
```

Zurückgegeben wird eine boolesche Gleichung, die mit `Assign()` zur Definition der unbekanntenen Funktion verwendet werden kann. Die Lösung enthält abhängig von der Ordnung der DGL eine oder zwei Integrationskonstanten, *c* (erste Ordnung) oder *k1* und *k2* bei zweiter Ordnung.

```
Assign(L) = ( k1 * sin(omega * t) + k2 * cos(omega * t) )      w(t) = k1 * sin(omega * t) + k2 * cos(omega * t)
```

Die Konstanten können aus den Anfangsbedingungen bestimmt werden, hier z.B. wird die Auslenkung zu Eins gesetzt und die Geschwindigkeit gleich Null.

```
Assign ( Solve ( ( ( w(0) = 1
                  ( d/dt (w(t)) | t=0 = 0 ; { k1
                  { k2 } = { { 0
                          { 1 }
                  w(t) = ( 0 * sin(omega * t) + 1 * cos(omega * t) )
```



## 9.6 Matrizen und Vektoren

Maxima erweitert die Möglichkeiten von SMath Studio auch in der linearen Algebra:

- verbesserte Determinantenberechnung (Übernahme der Funktion `det()`)
- Zugriff auf Matrixfunktionen in Maxima über die Funktion `Maxima()`, z.B. auf die Eigenwertberechnung.

### 9.6.1 Determinante

SMath Studio bekommt schon bei moderat großen Matrizen Probleme mit der numerischen oder symbolischen Berechnung der Determinante.

$A := \begin{pmatrix} 8 & 0 & 4 & 8 & 8 & 2 & 8 & 3 & 3 & 2 \\ 5 & 3 & 0 & 7 & 4 & 7 & 5 & 4 & 6 & 7 \\ 5 & 8 & 4 & 1 & 8 & 3 & 1 & 8 & 6 & 9 \\ 6 & 3 & 5 & 0 & 0 & 3 & 8 & 9 & 8 & 0 \\ 5 & 8 & 3 & 5 & 8 & 3 & 4 & 6 & 6 & 5 \\ 9 & 6 & 7 & 2 & 8 & 9 & 6 & 3 & 9 & 5 \\ 1 & 9 & 6 & 4 & 5 & 1 & 8 & 0 & 6 & 1 \\ 9 & 5 & 5 & 5 & 1 & 7 & 5 & 8 & 2 & 4 \\ 8 & 4 & 2 & 1 & 9 & 9 & 5 & 2 & 1 & 1 \\ 6 & 5 & 9 & 3 & 9 & 5 & 1 & 8 & 0 & 7 \end{pmatrix}$	Numerische Optimierung	
	<code>rank(A) = ■</code>	
	<code> A  = ■</code>	
	symbolische Optimierung	
	<code>rank(A) = 10</code>	
	<code> A  =</code> <hr style="width: 100%; border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 0;"/> <code>16213093592340300000</code>	

Auch skalierte (mit einem Faktor multiplizierte) Determinanten werden nicht symbolisch berechnet:

$$D \cdot \begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & j \end{vmatrix} = D \cdot \begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & j \end{vmatrix}$$

Beide Probleme werden behoben, wenn die Determinantenfunktion `det()` durch Maxima übernommen wird:

```
MaximaTakeover("det()") = "det() now use Maxima"
|A| = 784894425
D * \begin{vmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & j \end{vmatrix} = D^3 * (-b * (d * j - f * g) + a * (e * j - f * h) + c * (d * h - e * g))
```

### 9.6.2 Eigenwertproblem

Die Maxima-Funktion `eigenvalues()` liefert Eigenwerte und Eigenvektoren quadratischer  $n \times n$ -Matrizen. Das Ergebnis besteht aus zwei Matrizen, die erste enthält die Eigenwerte  $\lambda_i$

und deren Vielfachheit  $m_i$ , die zweite die zugehörigen Eigenvektoren.

$$\begin{bmatrix} \lambda_1 & \dots & \lambda_k \\ m_1 & \dots & m_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \left[ \begin{array}{c} \underline{\Phi}_1 \\ \vdots \\ \underline{\Phi}_{m_1} \end{array} \right] \\ \vdots \\ \left[ \begin{array}{c} \vdots \\ \underline{\Phi}_{m_k} \end{array} \right] \end{bmatrix}$$

```
Maxima (eigenvectors ([[100 50],[50 0]]) = [[[-20,7107 120,7107] [(1 -2,4142)]]
[[ 1 1] [(1 0,4142)]]])
```

```
Maxima (eigenvectors ([[1 m 0 0],[0 3 s 0],[0 0 1 m]]) = [[(3 s m) [(0 1 0)]]
[[ 1 2] [(1 0 0)]]
[[ 0 0 1] [(0 0 1)]]])
```

Die Funktion `eigens_by_jacobi()` berechnet die Eigenwerte und -vektoren reeller symmetrischer Matrizen numerisch.

```
M := [[1 -2 4 2]
[-2 2 -2 6]
[4 -2 3 8]
[2 6 8 4]]
```

```
Maxima (eigens_by_jacobi (M)) = [[[-1,95 [0,84 0 0,47 0,27]
[-7,83 [0,34 0,51 -0,76 0,22]
[6,33 [-0,41 0,57 0,37 0,61]
[13,45 [-0,08 -0,64 -0,27 0,71]]]]
```

Der Rückgabewert besteht aus einer Liste der Eigenwerte und einer Matrix der zugehörigen Eigenvektoren. Für die weitere Verwendung kann es hilfreich sein, die Eigenwertliste in einen Vektor umzuwandeln.

```
lambda := sys2mat (Maxima (eigens_by_jacobi (M) 1))
phi := Maxima (eigens_by_jacobi (M) 2)
```

```
phi = [[0,8416 0,0037 0,4651 0,2746]
[0,3446 0,5103 -0,7569 0,2188]
[-0,4076 0,5693 0,374 0,6082]
[-0,0823 -0,6446 -0,2662 0,7119]]
lambda = [[-1,952]
[-7,8257]
[6,3272]
[13,4505]]
```

Aus Eigenwerten und Eigenvektoren kann die Spektraldarstellung gebildet werden:

```
phi * diag (lambda) * phi^T = [[1 -2 4 2]
[-2 2 -2 6]
[4 -2 3 8]
[2 6 8 4]]
phi^T * M * phi = [[-1,95 0 0 0]
[0 -7,83 0 0]
[0 0 6,33 0]
[0 0 0 13,45]]
```

## 9.7 Nichtlineare Regression

Multilineare Regressionen nach der Fehlerquadratmethode können mit den SMath-Bordmitteln durchgeführt werden. Für nichtlineare Regressionsprobleme kann das Maxima-Paket *lsquares* benutzt werden. Hier ein Beispiel aus der Werkstofftechnik. Abhängig von der Abkühlgeschwindigkeit  $t_{85}$  von 800°C auf 500°C kommt es in der Wärmeeinflusszone einer Schweißnaht zu einer Aufhärtung.

In der Datei *HV\_WEZ.prn* stehen Messwerte für  $t_{85}$  (Spalte 1, in s) und der Vickers-Härte HV (Spalte 2).

```
1      440
2      410
3      370
```

...

An diese Daten soll ein Ansatz der Form

$$HV(t_{85}) = a_1 + a_2 \arctan(a_3 \ln t_{85} + a_4)$$

angepasst werden.

Zunächst werden die Daten eingelesen und die Spalten

```
dir:=CurrentDirectory(DocumentDirectory(""))
Daten:=importData("HV_WEZ.prn")
```

Für die Regression muss zunächst das Maxima-Paket geladen werden:

```
msg:=Maxima(load(lsquares))
```

Nun wird die Ansatzfunktion definiert:

```
HV(t):=a_1+a_2*atan(a_3*ln(t)+a_4)
```

Die Parameter sollen so bestimmt werden, dass der mittlere quadratische Fehler minimiert wird. Die Maxima-Funktion *lsquares\_mse()* definiert diesen Fehler. Das erste Argument ist die Datenmatrix, das zweite ist eine Liste mit den Variablennamen für die Spalten der Datenmatrix, das dritte Argument ist der Ansatz.

```
Q:=lsquares_mse(Daten; {t; h; h=HV(t)})
```

Nun folgt die eigentliche Optimierung mit der Maxima-Funktion *lsquares\_estimates\_approximate()*. Das erste Argument ist die zu minimierende Zielfunktion, das zweite ist die Liste der variablen Parameter, eine Liste mit deren Parametern bildet das dritte Argument. Das vierte dient nur der Ausgabesteuerung.

```
ans:=Maxima(lsquares_estimates_approximate(Q; {a_1; a_2; a_3; a_4}; initial={300; -150; 4; 0}; iprint={-1; 0}))
```

$$\text{ans} = \left( \left( \begin{array}{l} a_1 = \frac{3289888842105647}{10000000000000} \\ a_2 = \frac{-23383237799857}{2000000000000} \\ a_3 = \frac{9557815582827}{10000000000000} \\ a_4 = \frac{-71920653170933}{50000000000000} \end{array} \right) \right)$$

$$\text{Assign}(\text{ans}) = \left( \begin{array}{l} 328,9888 \\ -116,9162 \\ 0,9558 \\ -1,4384 \end{array} \right)$$

Die Qualität des Abgleichs soll mit einem Diagramm mit logarithmischer  $x$ -Achse dargestellt werden. Dazu wird das Maxima-Paket *draw* verwendet. Dieses Paket wird zunächst geladen:

```
msg:=Maxima(load(draw))
```

Dann werden die Grafikbefehle und -optionen in Listen bereitgestellt. Die Gliederung ist weitgehend willkürlich. Hier sind die Befehle geordnet nach Ausgabesteuerung (dopt), Grafikobjekten (obj) und Diagrammsteuerung (opts).

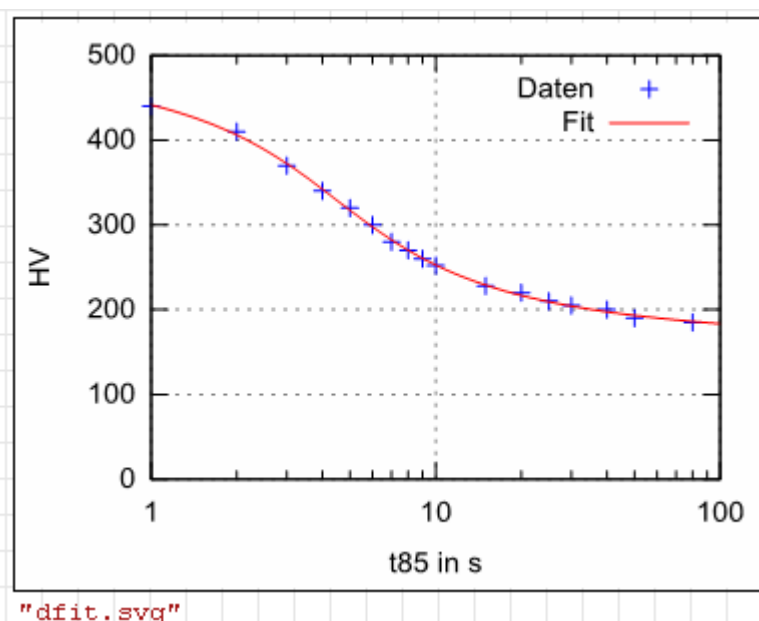
```
dopt:= {
  user_preamble="set terminal svg noenhanced size 400,300 dynamic"
  terminal=svg
  file_name="dfit"
  background_color="#fefefe"
}
```

```
obj:= {
  key="Daten"
  points(Daten)
  key="Fit"
  color=red
  explicit(HV(t); t; 1; 100)
}
opts:= {
  logx=true
  yrange={0; 500}
  grid=true
  xlabel="t85 in s"
  ylabel="HV"
}
```

Es folgt der eigentliche Grafikbefehl:

```
plot:=Maxima(draw2d(obj; opts; dopt))
```

Dieser schreibt das Diagramm in die Datei *dfit.svg*, die mit einem Image-Bereich angezeigt wird (**Einfügen**> **Image-Bereich**).



## 9.8 Diagramme mit plot2D/3D

Es stehen folgende Plot-Befehle in Maxima zur Verfügung

`contour_plot(expr; xrange; yrange...)` Höhenliniendiagramm für eine einzelne Funktion

`implicit_plot(expr_list; xrange; yrange...)` Darstellung einer oder mehrerer implizit gegebener Funktionen. Muss mit `load(implicit_plot)` geladen werden.

`plot2d(expr_list; xrange,...)` Darstellung von expliziten Funktionen

`plot2d(expr_list;...)` parametrische Funktionen oder Punktmengen, hier ist die Option `xrange` nicht Pflicht.

- Diskrete Punktmengen: Stellt Listen von Koordinatenpaaren dar, z.B. mittels `args(Matrix)` erzeugt)

$$M := \begin{pmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \end{pmatrix} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{discrete} \\ \text{args}(M) \end{array} \right.$$

- Parametrische Funktion:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{parametric} \\ fx \\ fy \\ t \\ tmin \\ tmax \end{array} \right.$$

`plot3d(expr; xrange; yrange...)` Parametrische oder explizit gegebene Funktion

### 9.8.1 Optionen

(immer als Listen mit dem Schlüsselwort zuerst angeben)

Option	Bedeutung
<code>adapt_depth</code>	(5) Maximale Teilungstiefe der adaptiven Kurvenabtastung
<code>axes</code>	(true): beide Achsen zeichnen false: keine Achse zeichnen x oder y: eine Achse zeichnen
<code>azimuth</code>	(30) Drehwinkel um z in °
<code>box</code>	(true): Kastenrand zeichnen false: keinen Kastenrand zeichnen
<code>color</code>	(blue, red, green, magenta, black, cyan): Farben für die Kurven oder die Ober- und Unterseite von 3D-Flächen (wenn keine Palette verwendet wird)
<code>colorbox</code>	(false): keine Farblegende zeichnen true: Farblegende zeichnen
<code>elevation</code>	(60): Drehung um x in °

gnuplot_term	() Ausgabe-Format-Spezifikation (Text nach „set terminal“)
gnuplot_out_file	(maxplot.xxx) Ausgabedateiname
grid	(30, 30): Abtastpunkte in $x$ - und $y$ -Richtung bei 3D-Diagrammen
legend	(Funktionsnamen): Liste der Legendeneinträge für die Kurven false: keine Legende zeichnen
logx	() : wenn vorhanden, wird $x$ logarithmisch skaliert
logy	() : wenn vorhanden, wird $y$ logarithmisch skaliert
mesh_lines_color	(black): Farbe der Gitterlinien, wenn eine Farbpalette benutzt wird. false: keine Gitterlinien anzeigen
nticks	(29): Punktezahl für die Kurvenabtastung
palette	({hue; 0,25, 0,7; 0,8; 0,5}) Farbpalette für die Flächenfärbung false: Flächen nicht färben
point_type	(Liste) Symbole für Kurvenart points oder linespoints
style	(lines), Parameter: Linienstärke, Farbe (1: blau, 2: rot, 3: magenta, 4: orange, 5: braun, 6: lime, 7: aqua points: Parameter: Radius, Farbe (wie bei lines), Symbol Linespoints: Linienstärke, Punktradius, Farbe, Symbol impulses:
t	(-3, 3): Parameterbereich für parametrische Kurven
transform_xy	(false): kartesische Koordinaten polar_to_xy: Polarkoordinaten spherical_to_xy: Kugelkoordinaten
x, y, z	min, max: Kurvenbereich oder Anzeigebereich
x/y/zlabel	() : Achsenbeschriftung

point_type		
bullet	1	
circle	2	
plus	3	
times	4	
asterisk	5	
box	6	
square	7	
triangle	8	
delta	9	
wedge	10	
nabla	11	
diamond	12	
lozenge	12	

## 9.9 Diagramme mit dem Paket *draw*

Mit den Funktionen `Draw2D()` und `Draw3D()` können 2D- und 3D-Diagramme erstellt werden. Das geschieht unter Verwendung von Gnuplot, einem flexiblen und leistungsfähigen quelloffenen Grafikprogramm. Fähigkeiten und Eigenschaften der Schnittstelle sind:

- 2D- und 3D-Diagramme
- Grafikobjekte:
  - explizit, implizit und parametrisch gegebene Kurven und Flächen
  - Datenpunkte und Farbewerte aus Matrizen
  - Vektoren
  - Polygone, Ellipsen, Rechtecke
  - Beschriftungen
  - zusätzliche  $x$ - und  $y$ -Achsen
- Objekte und Optionen (Einstellungen) werden in Listen an die Grafikbefehle übergeben.
- Andere Maxima-Pakete definieren Spezialdiagramme, z.B. aus der Statistik oder Richtungsfelder für Differenzialgleichungen.

Neben dem Maxima-Handbuch findet man auch [hier](#) eine Übersicht über die Möglichkeiten des Maxima-Pakets draw.

Für die Verwendung in SMath werden Diagramme als Grafikdatei exportiert (svg oder png) und dann mit einem Image-Bereich dargestellt.

Einschränkungen sind momentan:

- Programmier-ähnliche Erstellung von Diagrammen (man muss die Objekte und Optionen kennen, keine Menü-Führung),
- Keine interaktive Skalierung und Drehung der Achsen.
- Keine Sonderzeichen in Beschriftungen, z.B. Umlaute, °.
- Die Grafikobjekte `polar()` und `spherical()` funktionieren gegenwärtig nicht. In Maxima selbst ist das nicht reproduzierbar.

`Draw2D/3D(Objekte; Dateiname; Größe)`: Das erste Argument ist eine Liste mit darzustellenden Objekten und zugehörigen Optionen. Das zweite ist der Name der Ausgabedatei. Das dritte Argument ist optional und gibt die Größe des zu erzeugenden Bildes in Pixeln an. Voreinstellung ist 300x240 für 2D- und 300x300 für 3D-Diagramme.

Abhängig von der Endung des Dateinamens wird entweder eine png- oder eine svg-Datei erzeugt. Voreinstellung (wenn die Endung nicht angegeben wird) ist svg.

Die svg-Bilder passen sich der Größe des Image-Bereichs an (bei Beibehaltung des Seitenverhältnisses), die Schrift skaliert dabei mit.

### 9.9.1 Achsen und Gitter

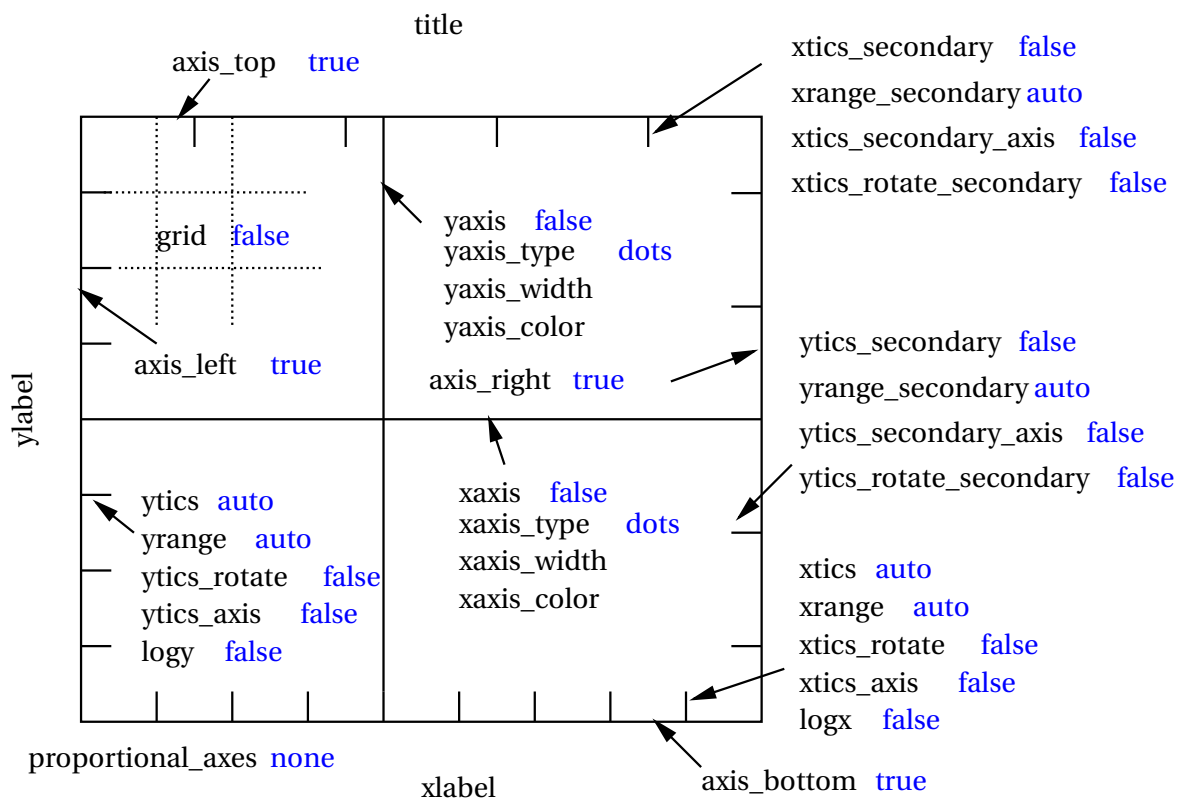


Abbildung 9.2: Optionen zur Achsenformatierung in Draw2D()

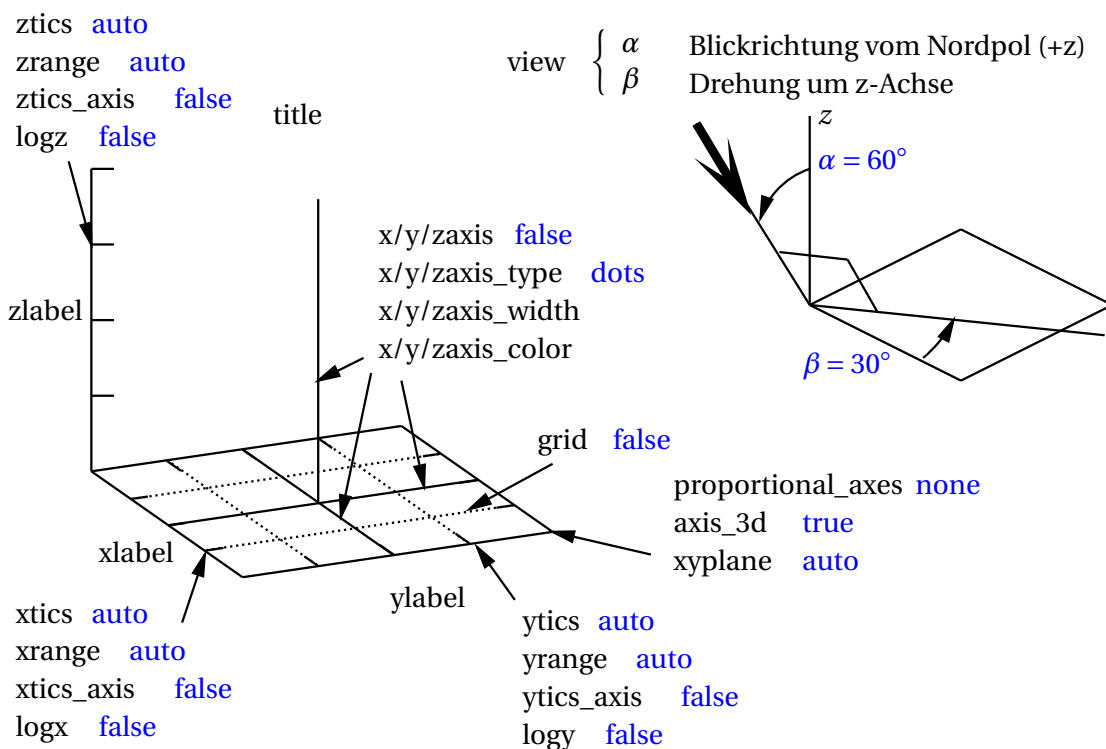
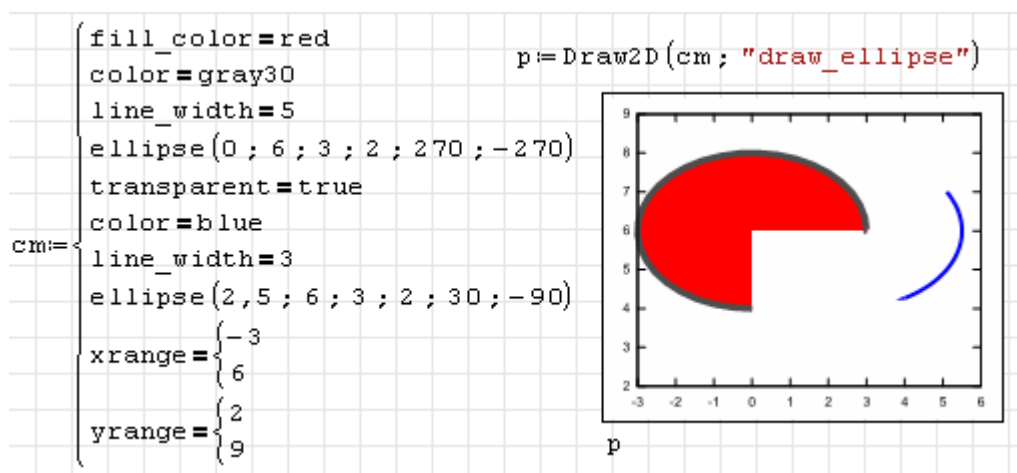


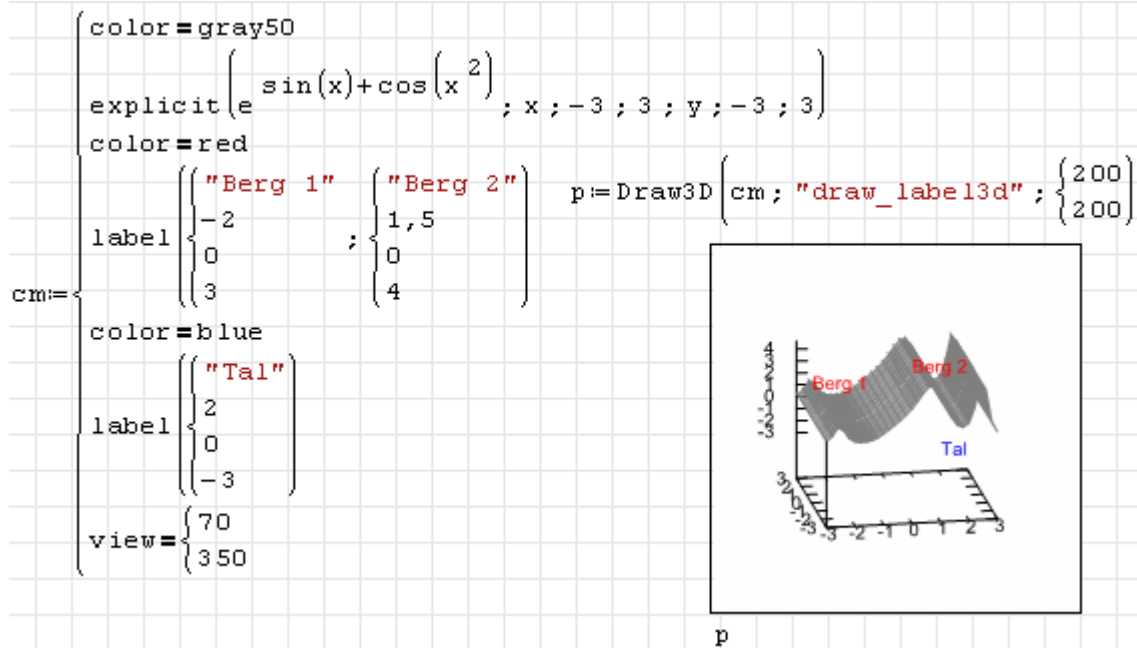
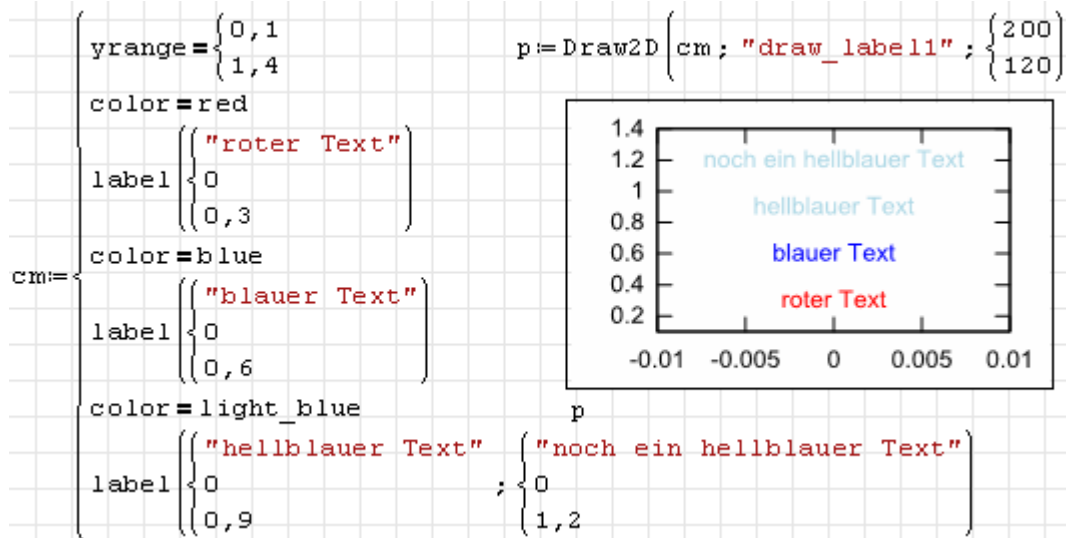
Abbildung 9.3: Optionen zur Achsenformatierung in Draw3D()

### 9.9.2 Einfache Grafikobjekte

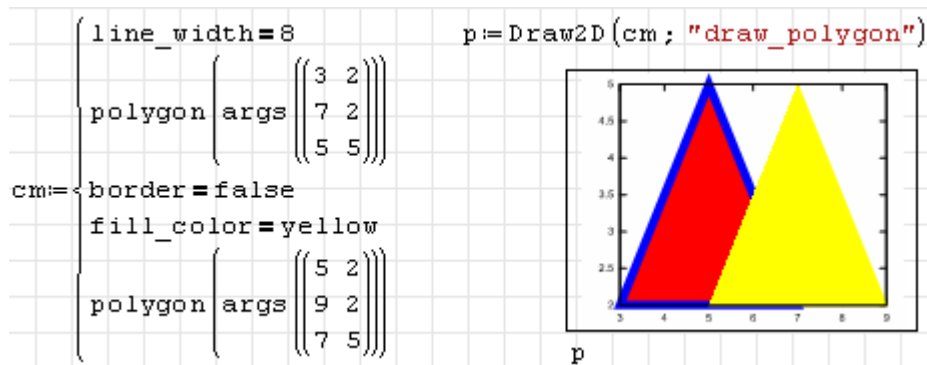
Ellipsen und Kreise können mit `ellipse()` gezeichnet werden, allerdings nicht mit gedrehten Hauptachsen.



Mit `label()` kann man Text an beliebigen Positionen einfügen (2D und 3D). Die Schriftgröße lässt sich jedoch nicht verändern.

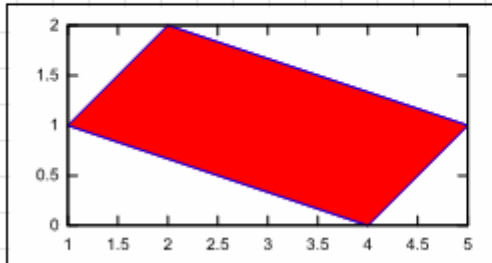


Geschlossene Polygone zeichnet man mit `polygon()`:



Eine Sonderform des Polygons ist quadrilateral(), dieses gibt es sowohl 2D als auch 3D:

```
p:=Draw2D(
  {
    quadrilateral(
      {
        {1; 2; 5; 4}
        {1; 2; 1; 0}
      };
      "draw_quad";
      {300; 160}
    );
    proportional_axes=xy
  }
)
```

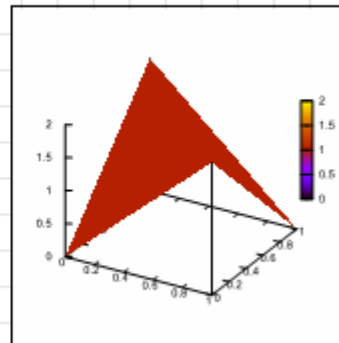


p

```

  {
    enhanced3d=true
    quadrilateral(
      {
        {0; 1; 0; 1}
        {0; 0; 1; 1}
        {0; 2; 2; 0}
      }
    );
    xyplane=0
  }
  p:=Draw3D(cm; "draw_quad3d")

```



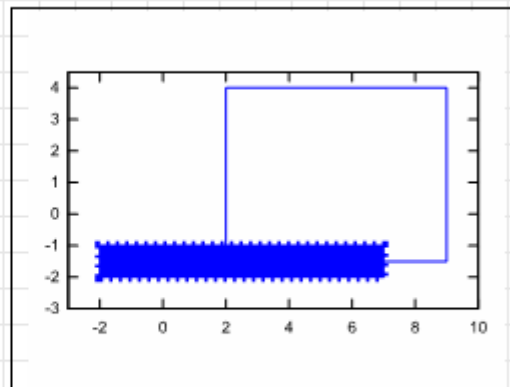
p

Rechtecke werden mit rectangle() gezeichnet:

```

  {
    line_width=6
    line_type=dots
    fill_color=blue
    rectangle(
      {
        {-2; 7}
        {-2; -1}
      }
    );
    transparent=true
    line_type=solid
    line_width=1
    rectangle(
      {
        {9; 2}
        {4; -1,5}
      }
    );
    xrange={-3; 10}
    yrange={-3; 4,5}
    proportional_axes=xy
  }
  p:=Draw2D(cm; "draw_rectangle")

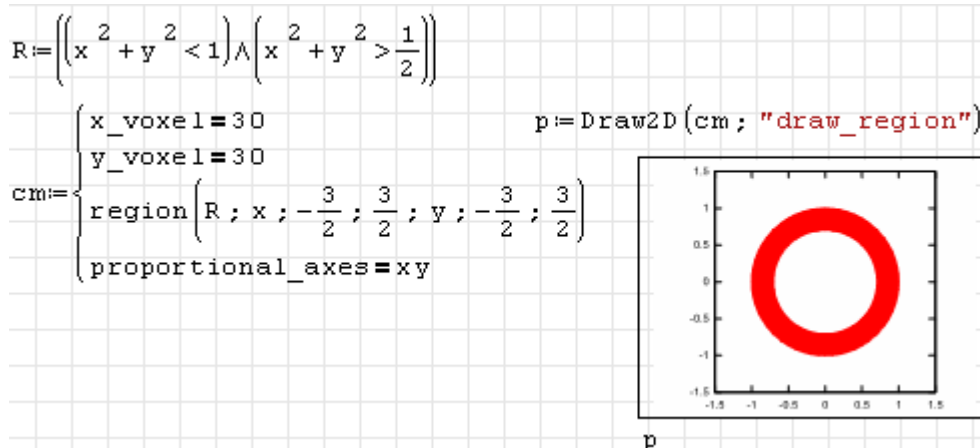
```



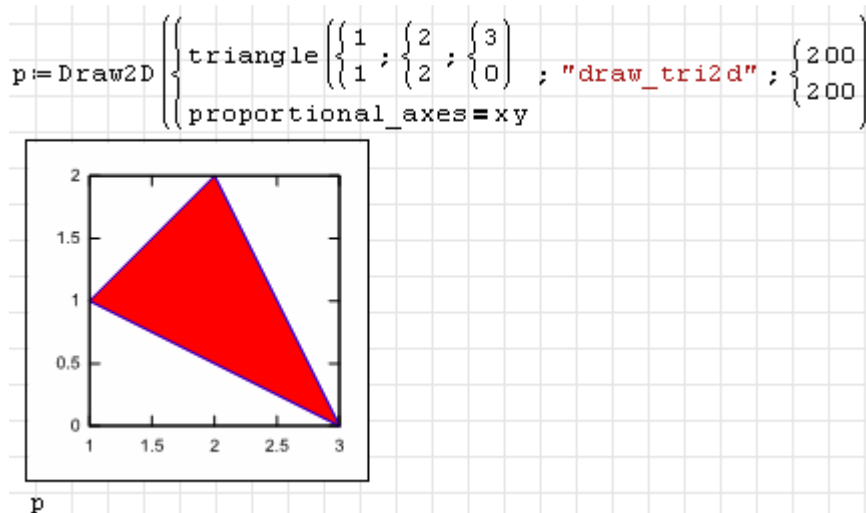
p

Mit region(Bedingung; x; xmin; xmax; y; ymin; ymax) wird ein Gebiet gezeichnet

(nur Flächenfüllung, kein Rand), welches eine logische Bedingung erfüllt:

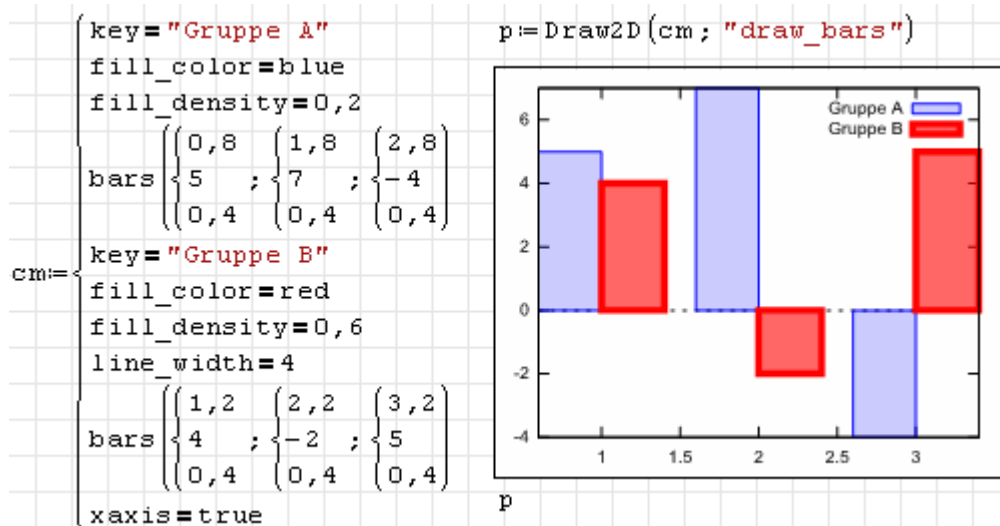


Dreiecke werden mit triangle() gezeichnet 2D und 3D:



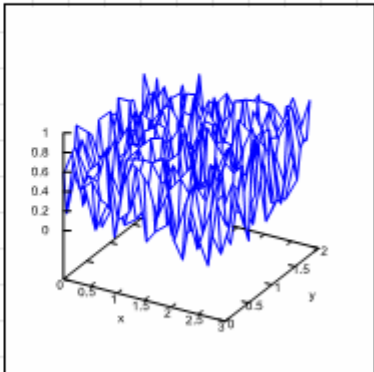
### 9.9.3 Darstellung von Wertetabellen

Die Funktion bars() kann für die Konstruktion von Balkendiagrammen benutzt werden, die Balkenabmessungen müssen allerdings komplett vorgegeben werden. Argumente sind Listen aus x-Position der Balkenmitte, Balkenhöhe und Balkenbreite.



Mit `elevation_grid()` kann man Matrizen als Höhenwerte auf einem äquidistanten  $xy$ -Gitter interpretieren.

```
M:=Random(30; 20)
cm:= {
  elevation_grid(M; 0; 0; 3; 2)
  xlabel="x"
  ylabel="y"
  ztics=0,2
  surface_hide=true
}
p:=Draw3D(cm; "draw_elevation")
```



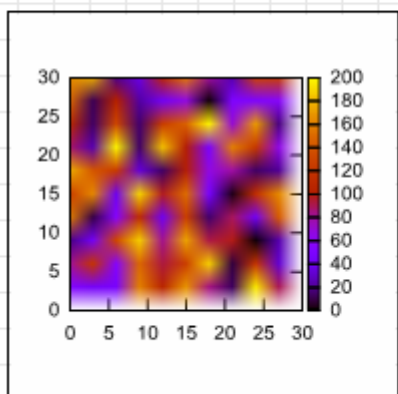
A 3D plot showing a random surface. The x and y axes range from 0 to 3, and the z-axis ranges from 0 to 1. The surface is a blue wireframe mesh. The plot is labeled 'p'.

Mit `errors()` können Fehlerbalken dargestellt werden.

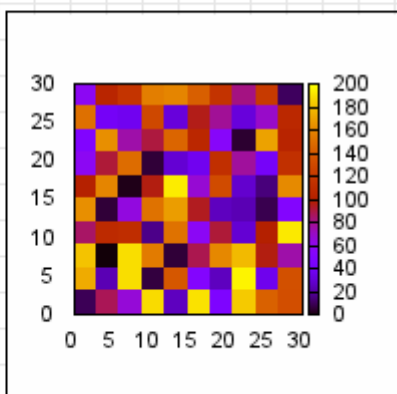
```
{
  error_type=y
  points_joined=true
  errors args {
    { 1 2 1 }
    { 3 5 7 }
    { 10 3 1 }
  }
}
```

Mit `image(Matrix; xmin; ymin; xmax; ymax)` kann man Matrizen reeller Werte als Farbwerte in der  $xy$ -Ebene darstellen. Dabei sieht in diesem Fall die png-Ausgabe besser aus.

```
obj:= {
  palette=color
  image(Random_N(10; 10; 0; 200); 0; 0; 30; 30)
  proportional_axes=xy
}
ps:=Draw2D(obj; "draw_im"; {200; 200})
pp:=Draw2D(obj; "draw_im.png"; {200; 200})
```



ps



pp

`points(Liste_x; Liste_y)` 2D Punkte darstellen

`points(Liste_x; Liste_y; Liste_z)` 3D Punkte darstellen

`points(Matrix)` 2D oder 3D Punkte darstellen

`color=blue` Farbe

key="" Legendeneintrag

point\_size=1 Punktgröße

point\_type=plus Punktart, gegeben als Zahl oder als Name.

points\_joined=false Verbindungsart:

false keine Verbindung

true Polygonzug

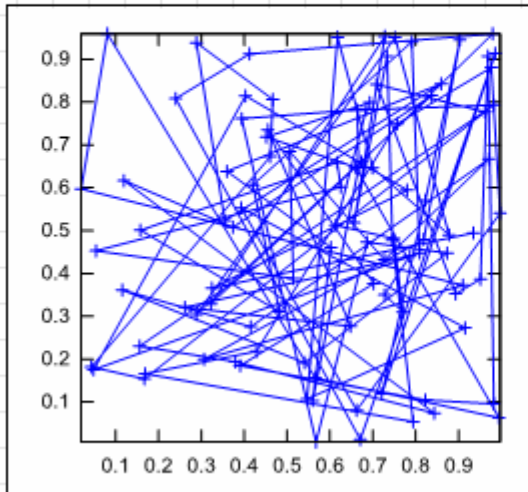
impulses Linien zur  $x$ -Achse oder zur  $xy$ -Ebene (bei 3D Punkten)

Bezeichnung	Kennzahl	Symbol
none	-1	keines
dot	0	.
plus	1	+
multiply	2	×
asterisk	3	★
square	4	□
filled_square	5	■
circle	6	○
filled_circle	7	●
up_triangle	8	△
filled_up_triangle	9	▲
down_triangle	10	▽
filled_down_triangle	11	▼
diamant	12	◇
filled_diamant	13	◆

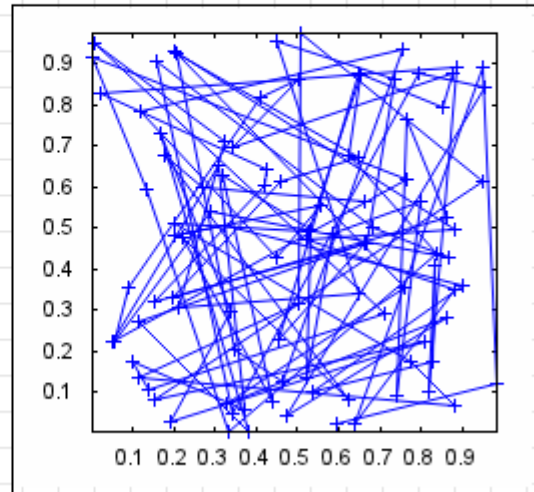
Tabelle 9.3: Punktarten (Werte für point\_type)

Die folgenden Diagramme zeigen verbundene Punkte mit zufälligen Koordinaten. Links die svg-Version und rechts die png-Version (gesteuert durch die Dateierweiterung).

```
cm:= { points_joined=true
      points(Random(100 ; 2))
      proportional_axes=xy
      s:= { 260
          240
      }
      p1:=Draw2D(cm ; "draw_points" ; s)
      p2:=Draw2D(cm ; "draw_points.png" ; s)
```



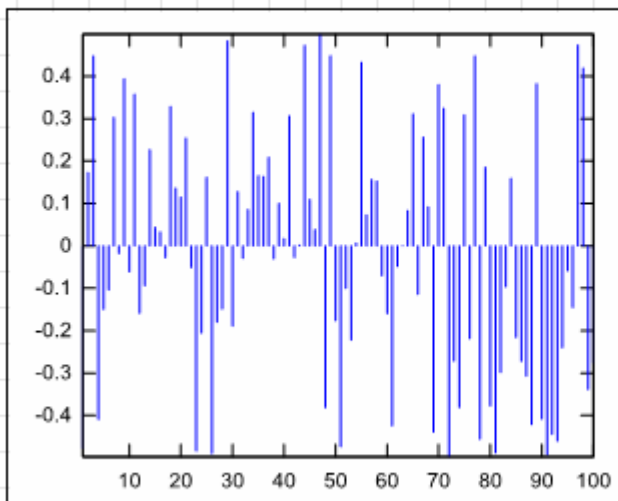
p1



p2

Punkte mit zufälligen y-Werten, als x-Wert wird die laufende Nummer verwendet.

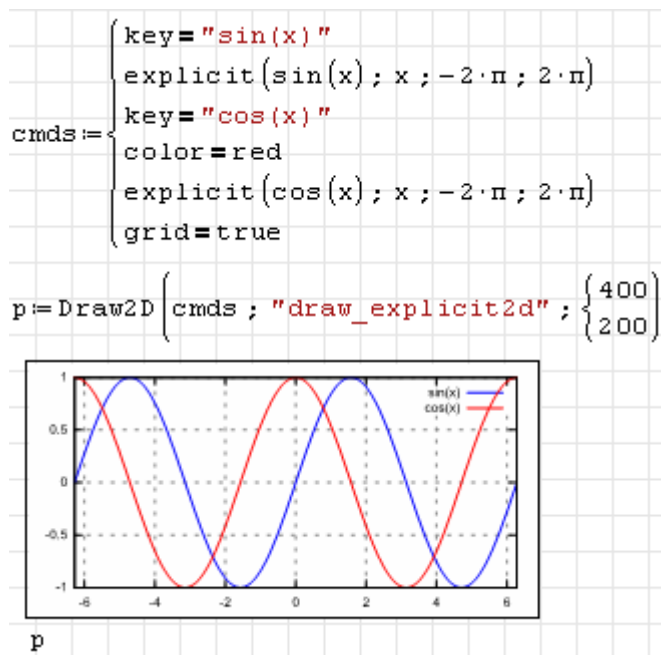
```
p:=Draw2D({ points_joined=impulses
            points(Random(100 ; 1)-0,5) ; "draw_points1" })
```



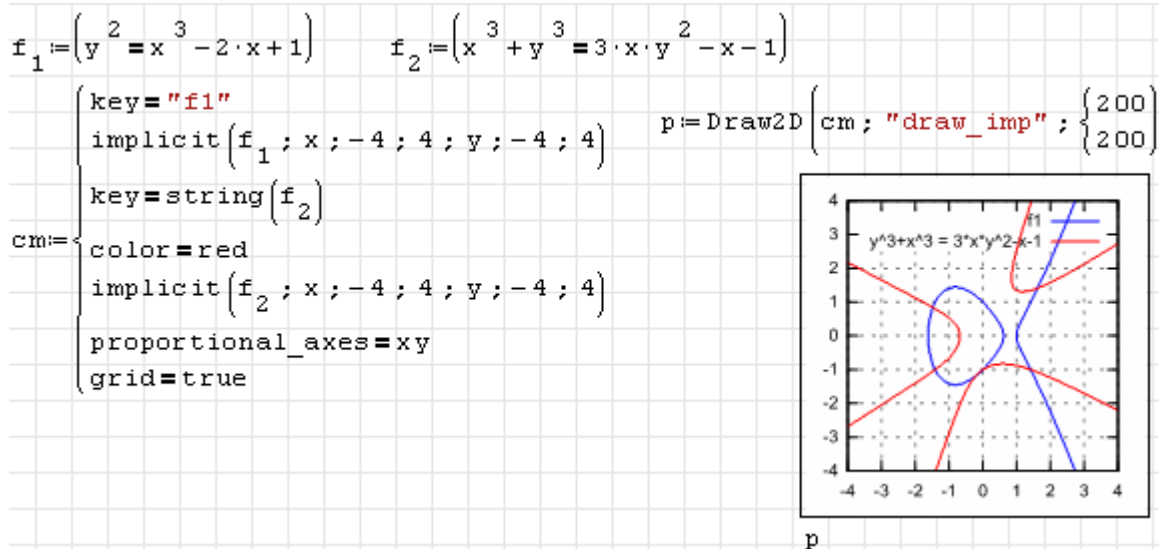
p

### 9.9.4 Funktionen 2D

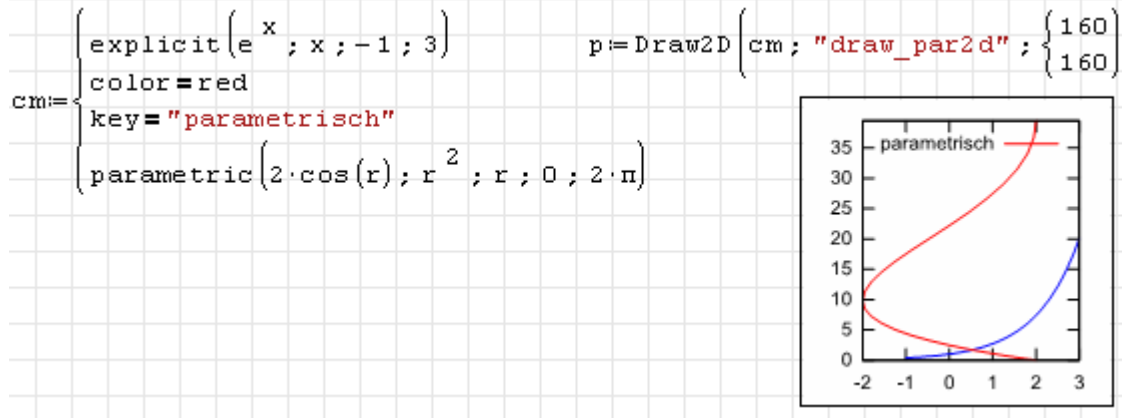
Die Funktion `explicit(f(x); x; xmin; xmax)` dient der Darstellung explizit gegebener Funktionen  $y(x)$  innerhalb eines vorgegebenen Intervalls:



Mit `implicit(f(x; y); x; xmin; xmax; y; ymin; ymax)` können implizit gegebene Funktionen dargestellt werden.

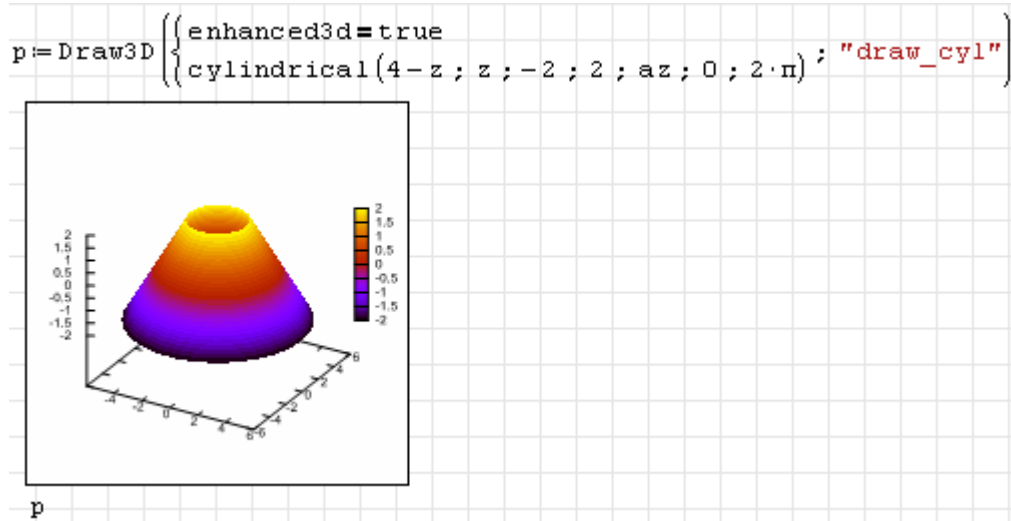


Parametrische Funktionen werden mit `parametric(x(t); y(t); t; tmin; tmax)` dargestellt.



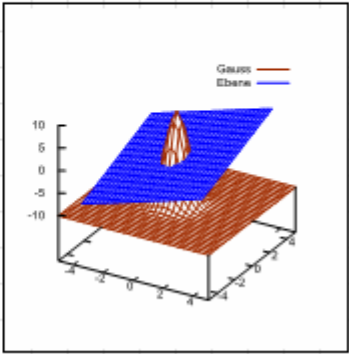
### 9.9.5 Funktionen 3D

Die Funktion `cylindrical(r(z; φ); z; zmin; zmax; φ; φmin; φmax)` stellt Flächen dar, die als Funktion  $\begin{cases} 60 \\ 30 \end{cases}$  der axialen Koordinate  $z$  und des Azimut-Winkels  $az$  gegeben sind.



Die Funktion `explicit(z(x; y); x; xmin; xmax; y; ymin; ymax)` dient der Darstellung explizit gegebener Funktionen  $z(x, y)$  innerhalb eines vorgegebenen Intervalls:

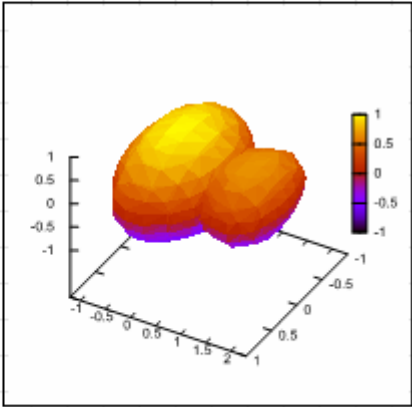
```
gauss:=explicit(20·e-x2-y2-10; x;-5;5; y;-5;5)
ebene:=explicit(x+y; x;-4;4; y;-4;4)
cmds:= {
  key="Gauss"          p:=Draw3D(cmds; "draw_explicit3d")
  color="#a02c00"
  gauss
  key="Ebene"
  color=blue
  ebene
  surface_hide=true
}
```



p

Mit `implicit(f(x; y; z); x; xmin; xmax; y; ymin; ymax; z; zmin; zmax)` können implizit gegebene Funktionen dargestellt werden:

```
f:=((x2+y2+z2-1)·(x2+(y-1,5)2+z2-0,5))=0,015)
cmds:= {
  enhanced3d=true
  implicit(f; x;-1;1; y;-1,2;2,3; z;-1;1)
  view={
    50
    120
  }
  cbtics=0,5
  p:=Draw3D(cm; "draw_implicit3d")
}
```



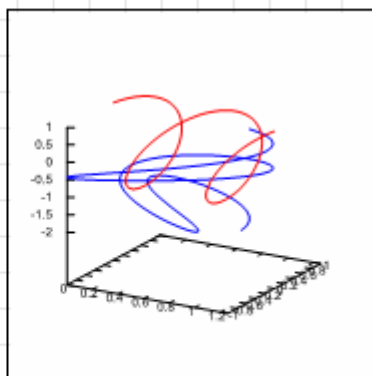
p

Parametrische Kurven werden mit `parametric(x; y; z; t; tmin; tmax)` dargestellt:

```

cm:= {
  nticks = 100
  parametric (cos(5·u)2; sin(7·u); u-2; u; 0; 2)
  color = red
  parametric (0, 1·t; sin(t); cos(t); t; 0; 4·π)
  view = {
    70
    30
  }
  p := Draw3D(cm; "draw_param3d")

```



p

Parametrische Flächen werden mit `parametric_surface(x; y; z; u; umin; umax; v; vmin; vmax)` dargestellt. Das folgende Beispiel ist von der [Gnuplot-Beispiel-Seite](#) inspiriert.

```

user_preamble = {
  "set terminal svg size 1000 700 dynamic"
  "set style fill transparent solid 0.65 border"
  "set view 120, 357, 1.75, 1.08"
}
axis_3d = false
colorbox = false
enhanced3d = true
surface_hide = true
xu_grid = 51
yv_grid = 51
xtics = none
ytics = none
ztics = none
wired_surface = true
parametric_surface (fx; fy; fz; u; -4,5; 4,5; v; 0,05; π-0,05)

```

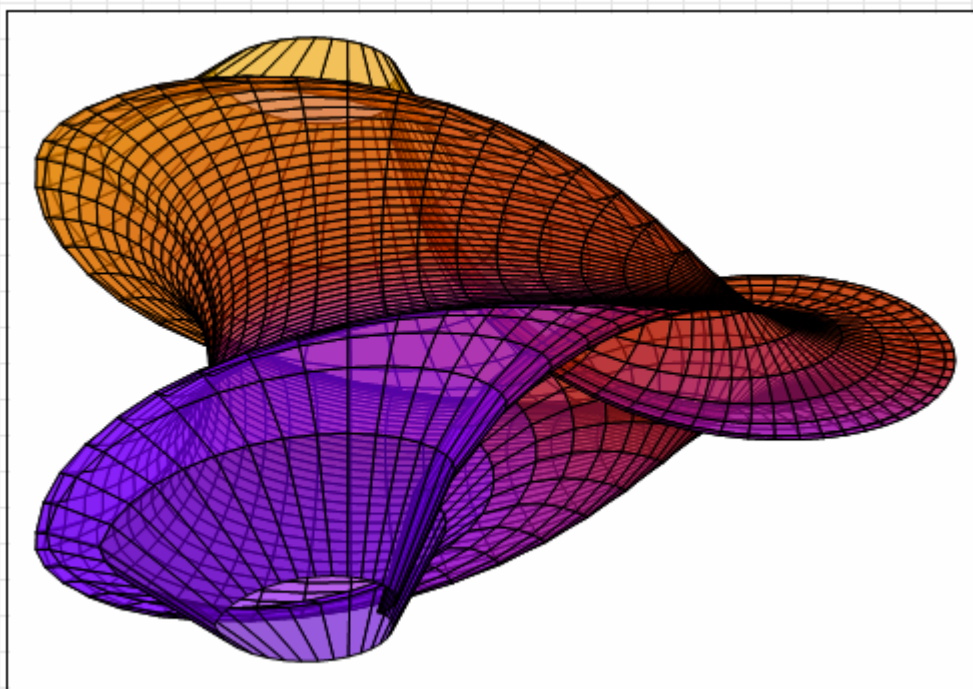
$$a := 1$$

$$fx := \frac{2 \cdot a \cdot (\cos(u) + u \cdot \sin(u)) \cdot \sin(v)}{1 + u^2 \cdot \sin(v)^2}$$

$$fy := \frac{2 \cdot a \cdot (\sin(u) - u \cdot \cos(u)) \cdot \sin(v)}{1 + u^2 \cdot \sin(v)^2}$$

$$fz := a \cdot \ln\left(\tan\left(\frac{v}{2}\right)\right) + \frac{2 \cdot \cos(v)}{1 + u^2 \cdot \sin(v)^2}$$

```
p:=Draw3D(cm;"draw_ps1")
```



p

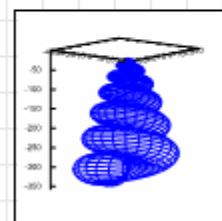
Hier noch eine parametrische Fläche aus dem Maxima-Handbuch:

$$fx := \frac{u}{2} \cdot \cos(u) \cdot (\cos(v) + 1) \quad fy := \frac{u}{2} \cdot \sin(u) \cdot (\cos(v) + 1) \quad fz := u \cdot \sin(v) - \left( \frac{u+3}{8} \cdot \pi \right)^2 - 20$$

```

user_preamble = { "set term svg noenhanced size 400,400 dynamic"
                  "set view 100, 320, 1, 1.5"
terminal = svg
background_color = "#fefefe"
file_name = "draw_ps2"
cm:= { xu_grid=150
       yv_grid=25
       surface_hide=true
       xyplane=0
       parametric_surface(fx; fy; fz; u; 0; 13*pi; v; -pi; pi)
p:=Draw3D(cm;"draw_ps2")

```



p

Mit `tube(x; y; z; r; p; min; max)` können Schlauchflächen durch die Lage der Mittellinie  $x, y, z$  und den Radius  $r$  als Funktionen eines Längenparameters  $p$  vorgegeben werden. Hier als Beispiel die Kleinsche Flasche. Zunächst werden die Funktionen definiert. Den einzelnen Abschnitten werden Farben zugeordnet, damit man sie später im Bild eindeutig identifizieren kann.

```

a:=2,5  b:=1,5  c:=2  d:=3

{
color=blue
tube(0;0;(-a)·sin(t);a+b·cos(t);t;0;π/2)
tube(0;0;(-a)·sin(t);a+b·cos(t);t;π/2;π)
}
obj:= {
color=red
tube(0;0;d·t;a+b·cos(t);t;0;π)
color=forest_green
tube(c-c·cos(t);0;d·t;a-b;t;0;π)
color=magenta
tube(c-c·cos(t);0;d·π+c·sin(t);a-b;t;0;π)
}

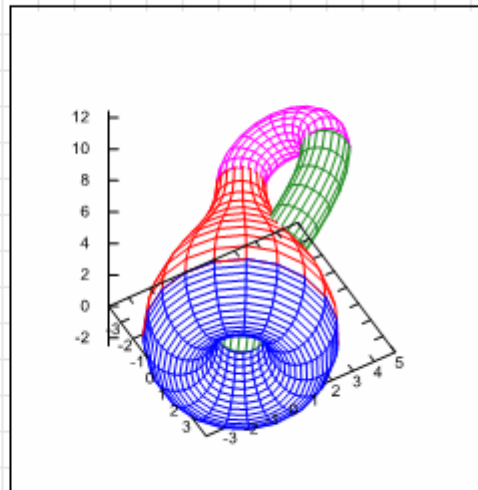
```

```

{
xu_grid=11
yv_grid=20
xyplane=0
surface_hide=true
proportional_axes=xyz
obj
view={
140
30
}
}

```

```
p:=Draw3D(cm;"draw_tube0")
```



**Darstellung als Gitternetz  
mit verdeckten Kanten**

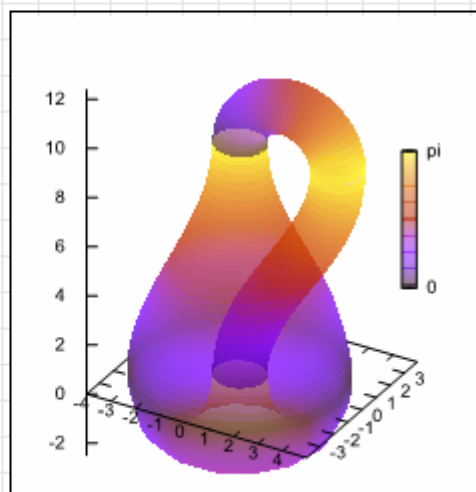
p

```

user_preamble={
"set term svg noenhanced size 400,400 dynamic"
"set style fill transparent solid 0.5 border"
"set view 60, 30, 1.2, 1.2"
}
xu_grid=29
yv_grid=15
enhanced3d={
t
t
}
xyplane=0
surface_hide=true
proportional_axes=xyz
cbtics=set({{"0";{"pi"}}, {"0";{"pi"}})
obj

```

```
p:=Draw3D(cm;"draw_tube1")
```



**Darstellung als transparente  
Fläche mit dem Längenparameter  
als Farbwert**

p

## 9.9.6 Spezielle Diagrammformen aus anderen Paketen

### 9.9.7 Optionen

Die Optionen für die Funktionen Draw2D() und Draw3D() sind als logische Gleichungen Option=Wert anzugeben. Genau wie die Grafikobjekte können sie beliebig in Listen verschachtelt werden und gelten immer für die nachfolgenden Grafikobjekte oder global für das Diagramm.

Option	(Voreinstellung): Bedeutung
adapt_depth	(10) Maximale Teilungstiefe der adaptiven Kurvenabtastung
axis_3d	(true): Achsen im 3D zeichnen false: keine Achse zeichnen
axis_bottom/top axis_left/right	analog für die Achsen im 2D
azimuth	(30) Drehwinkel um z in °
background_color	(white) Hintergrundfarbe
border	(true): Ränder von polygon, ellipse oder rectangle zeichnen
cbrange	(auto): Farbbereich (Liste mit min und max)
cbtics	(auto): Marken am Farbbalken
color	(blue): Farbe für Linien, Punkte, Kanten und Text, als Namen oder hexadezimal in der Form "#rrggbb"
colorbox	(true): Farblegende ohne Beschriftung zeichnen false: keine Farblegende zeichnen text: Farblegende mit Beschriftung text zeichnen
contour	(none) keine Höhenlinien base: Höhenlinien auf der xy-Ebene surface: Höhenlinien auf der Fläche both: Höhenlinien auf der xy-Ebene und auf der Fläche map: xy-Ebene und Blickrichtung senkrecht
contour_levels	(5) Zahl der Höhenlinien Dreier-Liste mit Minimum, Schritt und Maximum Satz (set) mit Werten
data_file_name	("data.gnuplot") Kurvendaten für Gnuplot
delay	(5) Zeitschritt in animierten gif-Dateien zwischen zwei Bildern
dimensions	(600x500) Liste mit Breite und Höhe
draw_realpart	(true) Realteil bei komplexen Funktionen darstellen.
enhanced3d	(none) keinen Farbverlauf verwenden, die Oberflächen werden als Gitter dargestellt (steuerbar mit color und surface_hide) $\begin{cases} f(x, y, z) \\ x \\ y \\ z \end{cases}, \begin{cases} f(x, y) \\ x \\ y \end{cases} \text{ Färbung anhand der}$ Koordinaten, 2D-Fall für explicit() und elevation_grid()

	$\left\{ \begin{array}{l} f(u, v) \\ u \\ v \end{array} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} f(u) \\ u \end{array} \right\}$ Färbung anhand der Objektparameter $\left\{ \begin{array}{l} f(k) \\ k \end{array} \right\}$ Färbung anhand der Reihenfolge (bei Punkten, <code>points()</code> ) true: entspricht Färbung gemäß der $z$ -Koordinate
<code>error_type</code>	(y) oder x, xy oder boxes: Fehlerbalkenformat
<code>file_name</code>	("maxima_out") mit Endung gemäß Ausgabeformat
<code>fill_color</code>	(red) Füllfarbe für Polygone und explizite Funktionen $y(x)$ im 2D
<code>fill_density</code>	(0) Deckungsgrad der Füllfarbe in <code>bars()</code> -Objekten, zwischen 0 und 1
<code>filled_func</code>	(false) explizite Funktionen $y(x)$ werden nicht gefüllt true: Füllung bis zur Unterkante des Diagramms $g(x)$ Füllung zwischen $g(x)$ und $y(x)$
<code>gnuplot_file_name</code>	("maxout.gnuplot") Kommandodatei für Gnuplot
<code>gnuplot_term</code>	() Ausgabe-Format-Spezifikation (Text nach „set terminal“)
<code>gnuplot_out_file</code>	(maxplot.xxx) Ausgabedateiname
<code>grid</code>	(false) kein Gitterraster zeichnen true: Gitter zeichnen
<code>head_angle</code>	(45) Pfeilwinkel an Vektoren (halber Öffnungswinkel in °)
<code>head_both</code>	(false) ob bei <code>vector()</code> -Objekten zwei Pfeilspitzen gezeichnet werden.
<code>head_length</code>	(2) Länge der Pfeilspitze in Einheiten der $x$ -Achse
<code>head_type</code>	(filled) ►, empty ▷ oder nonfilled >
<code>ip_grid</code>	$\left\{ \begin{array}{l} 50 \\ 50 \end{array} \right\}$ Primäres Gitter für die Darstellung impliziter Funktionen
<code>ip_grid_in</code>	$\left\{ \begin{array}{l} 5 \\ 5 \end{array} \right\}$ Sekundäres Gitter für die Darstellung impliziter Funktionen
<code>key</code>	("") Legendeneintrag für das nachfolgende Grafikobjekt.
<code>label_alignment</code>	(center), left oder right: Ausrichtung von Texten
<code>label_orientation</code>	(horizontal) oder vertical: Ausrichtung von Texten
<code>line_type</code>	(solid) oder dots: Linienart
<code>line_width</code>	(1) Linienbreite, < 0
<code>logcb</code>	(false) oder true: logarithmische Farbskala
<code>logx/y/z</code>	(false) oder true: logarithmische $x$ -, $y$ - oder $z$ -Achse
<code>nticks</code>	(29): Punktezahl für die Kurvenabtastung
<code>palette</code>	(color) Standard-Farbpalette gray: Graustufen $\left\{ \begin{array}{l} \text{Farbe}_1 \\ \text{Farbe}_2 \\ \vdots \\ \text{Farbe}_n \end{array} \right\}$

	false: Flächen nicht färben
point_size	(1) Größe von points()-Symbolen
point_type	(1) Symbol für points()
points_joined	(false), true oder impulses: Verbindungsart für points()
proportional_axes	(none), xy oder xyz: Achsen mit gleicher Skalierung
surface_hide	(false) oder true: Ausblendung verdeckter Flächen bei Linienrasterdarstellung
terminal	(screen): Separates Gnuplot-Fenster öffnet sich png, jpg, gif, eps, svg, pdf, animated_gif
title	("") Überschrift für das Diagramm
transform	(none) Koordinatentransformation $\begin{cases} f_1(x, y, z) \\ f_2(x, y, z) \\ x \\ y \end{cases} \text{ für 2D oder } \begin{cases} f_3(x, y, z) \\ x \\ y \\ z \end{cases} \text{ für 3D}$
transparent	(false) oder true: ob die Rechtecke, Polygone oder Ellipsen gefüllt werden sollen (bei false werden sie gefüllt)
tube_extremes	( $\begin{cases} \text{open} \\ \text{open} \end{cases}$ ) open oder closed: Endscheiben von tube()-Objekten
unit_vectors	(false) oder true: Vektoren in originaler Länge oder als Einheitsvektoren zeichnen.
user_preamble	("") Zeichenkette oder Liste von Zeichenketten, die unmittelbar vor dem eigentlichen Diagrammbefehl an Gnuplot übergeben werden.
view	( $\begin{cases} 60 \\ 30 \end{cases}$ ) Blickrichtung
wired_surface	(false) oder true: Gitternetz auf eingefärbten Flächen anzeigen oder nicht.
x/y/z_voxel	(10) Bereichsteilungen bei implizit gegebenen Flächen
x/yaxis	(false) oder true: Anzeige der entsprechenden Achse
x/yaxis_color	(black) Farbe der entsprechenden Achse
x/yaxis_secondary	(false) oder true: Anzeige der zweiten x- oder y-Achse (oben oder rechts)
x/yaxis_type	(dots) oder solid: Linienart der entsprechenden Achse
x/yaxis_width	(1) Linienbreite der entsprechenden Achse
x/y/zlabel	("") Achsenbeschriftung
x/y/zrange	(auto) oder $\begin{cases} \min \\ \max \end{cases}$ : Achsenbereich
x/yrange_secondary	(auto) oder $\begin{cases} \min \\ \max \end{cases}$ : Achsenbereich der Zweitachsen
x/y/ztics x/ytics_secondary	(auto) automatische Achsmarken none: keine Achsmarken Zahl: Schrittweite der Achsmarken

	$\left\{ \begin{array}{l} \text{min} \\ \text{Schritt} \\ \text{max} \end{array} \right.$ <p>Satz (set) von Zahlen: Explizite Vorgabe der Achsmarkenpositionen</p> <p>Satz (set) von Listen <math>\left\{ \begin{array}{l} \text{"text"} \\ \text{pos} \end{array} \right.</math></p>
x/yticks_axis	(false): Achsmarken am Rand
x/yticks_secondary_axia	true: Achsmarken an der Achse
x/y/zticks_rotate	(false) oder true: Drehen der Achsmarkenbeschriftungen um 90°
x/yticks_rotate_secondary	(false) oder true: Drehen der Achsmarkenbeschriftungen um 90°
xu_grid	(30) Werteanzahl in die erste Koordinatenrichtung
xyplane	(false): xy-Koordinatenebene automatisch plazieren Zahl: bei vorgegebenem z-Wert plazieren
yv_grid	(30) Werteanzahl in die zweite Koordinatenrichtung

# 10 Erweiterungen

Anwender können auf verschiedenen Wegen zur Erweiterung und Verbesserung von SMath beitragen:

- Handbücher schreiben. Der Mangel an ordentlicher Dokumentation ist ein ständiger Begleiter freier Software.
- Beispiele. Diese können die Benutzung bestimmter Funktionen oder die Lösung bestimmter Fragestellungen erläutern.
- Plugins (Anwendungserweiterungen). Das sind dynamisch ladbare Funktionsbibliotheken (dll), die den Funktionsumfang von SMath Studio erweitern.
- Anwendungen. Das sind Rechenblätter, die als eigenständige Programme (SMath Viewer) exportiert wurden.
- Code-Bausteine (sogenannte „snippets“). Diese kann der Anwender in sein Rechenblatt einfügen und dann die darin definierten Funktionen benutzen.
- Übersetzungen. Die Benutzeroberfläche von SMath Studio ist mehrsprachig. Wenn in Ihrer Sprachversion Übersetzungen fehlen oder falsch sind, können Sie das selbst ändern.

## 10.1 Erweiterungsmanager

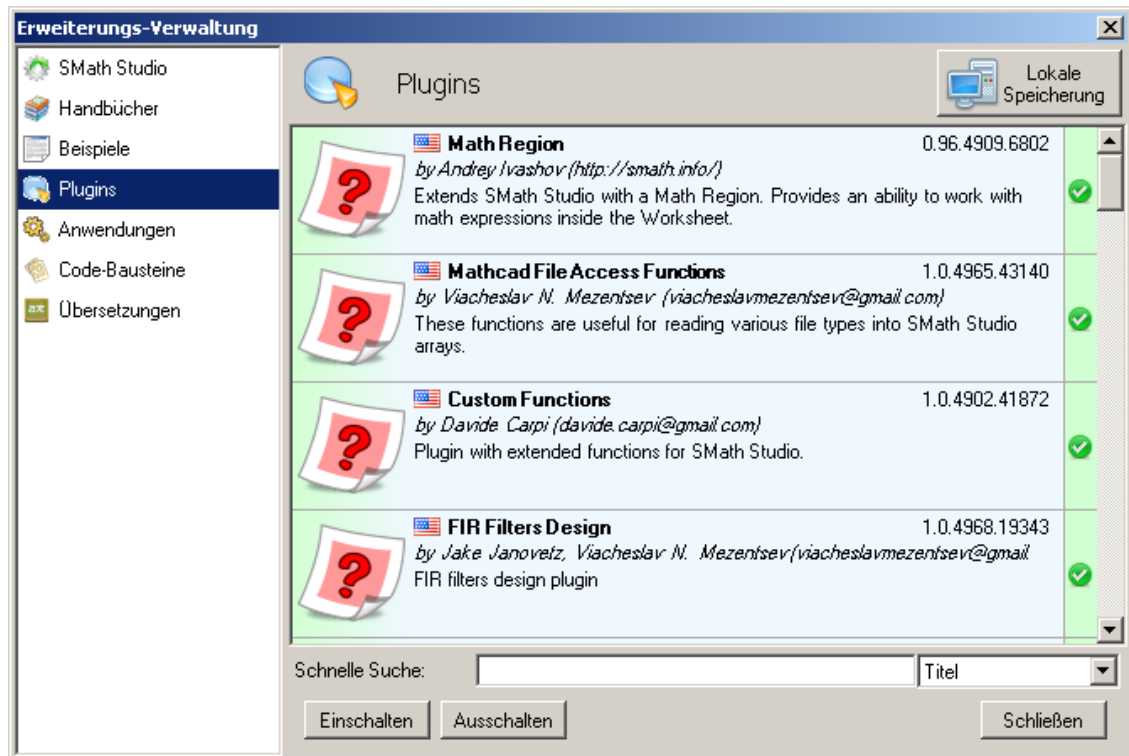
Der Zugriff auf Erweiterungen wird durch den Erweiterungsmanager verwaltet. Dieser wird aufgerufen durch:

**Extras> Plugins**

**Extras> Code-Baustein-Verwaltung**

**Hilfe> Beispiele**

**Hilfe> Nach Aktualisierungen suchen**



Der Erweiterungsmanager zeigt nach Aufruf die lokal auf Ihrem Rechner gespeicherten Erweiterungen an. Er kann aber auch die online verfügbaren Erweiterungen anzeigen. Zwischen beiden Ansichten schalten Sie mit dem Knopf rechts oben um:



In der Online Galerie werden Ihnen die Erweiterungen angezeigt, die bei Ihnen lokal nicht vorhanden sind oder aktualisiert werden können.

Die heruntergeladenen Erweiterungen werden im Einstellungsverzeichnis gespeichert (siehe Abschnitt 3.13). Sie sind dort unter kryptisch bezeichneten Unterverzeichnissen zu finden. In der Online-Hilfe (**Hilfe** > **Referenzmaterial** > **Handbuch** > **Anwendungserweiterungen (Plugins)**) finden Sie eine Seite mit aktiven Links zu den Plugin-Verzeichnissen.

## 10.2 Plugins

Plugins sind Programmergänzungen, die als kompilierte Anwendungserweiterung (dynamisch anbindbare Bibliothek, .dll) bereitgestellt werden und den Funktionsumfang von SMATH ergänzen. Sie können über den Erweiterungsmanager installiert werden.

Der Autor dieses Handbuchs hat eine inoffizielle portable **Distribution** zusammengestellt, die sowohl unter Linux als auch unter Windows funktionieren sollte und die meisten der in diesem Kapitel beschriebenen Plugins bereits enthält.

Was können Plugins bieten:

- **Zusätzliche Funktionen.** Diese werden in der dynamischen Hilfe aufgelistet, in der Regel mit einer Kurzbeschreibung.

- Zusätzliche Bereichstypen. Diese sind dann unter **Hauptmenü> Einfügen** verfügbar.
- Zusätzliche Exportformate. Diese erscheinen als mögliche Dateitypen unter **Hauptmenü> Datei> Speichern unter**

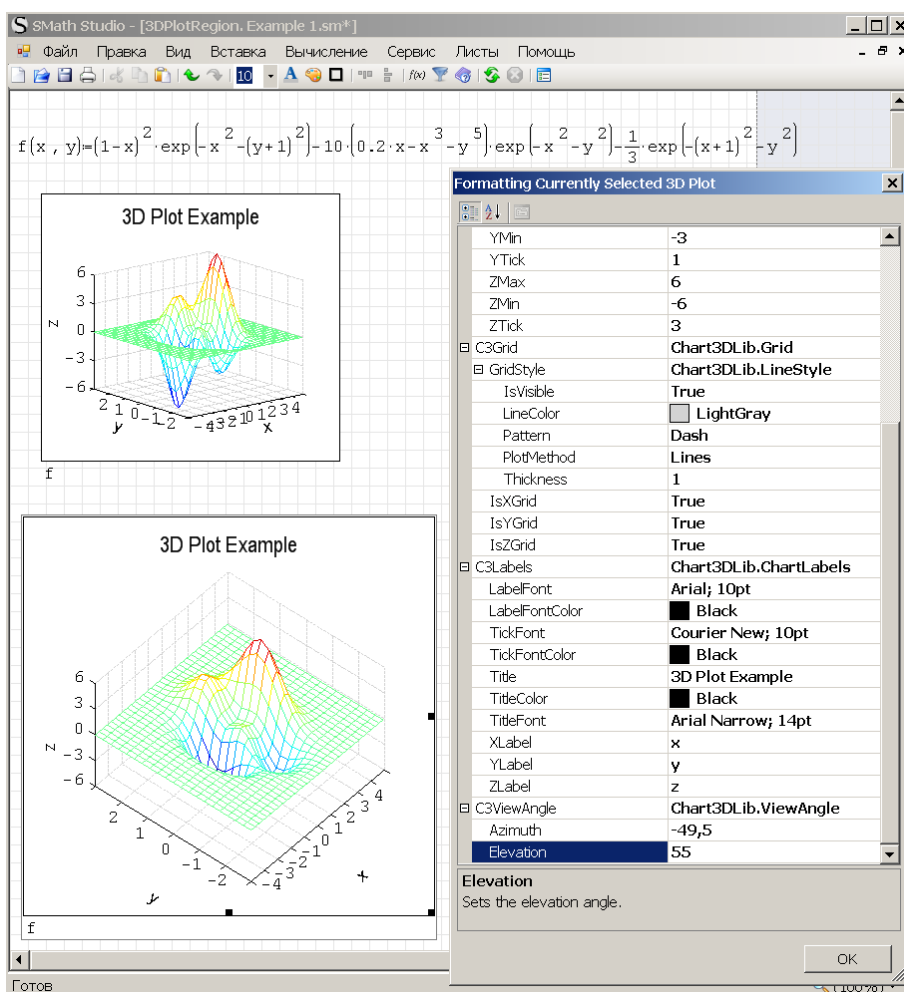
In der Regel ist die Dokumentation nur im SMath-Forum zu finden. Daher wird in diesem Abschnitt einiges zu den Funktionen gesagt, die von den Plugins bereitgestellt werden.

Die im folgenden erläuterten Plugins sind nicht Teil der Standardinstallation von SMath, sondern müssen separat geladen und installiert werden, wenn Sie nicht die inoffizielle portable **Distribution** benutzen.

### 10.2.1 3D Plot Region von Viacheslav N. Mezentsev

Das Plugin stellt einen 3D-Plotbereich zur Verfügung. Er befindet sich noch am Anfang der Entwicklung und ist momentan noch nicht wirklich nutzbar, insbesondere weil sich die Einstellungen der Bereiche (Achsenbereiche, Ansicht) nicht mit dem Rechenblatt speichern lassen.

Die Funktion `CreateMesh()` erzeugt 3D Gitternetze aus parametrisch gegebenen Funktionen, so dass man diese mit dem Standard-3D-Diagrammbereich darstellen kann. Hier zum Beispiel die Kleinsche Flasche:

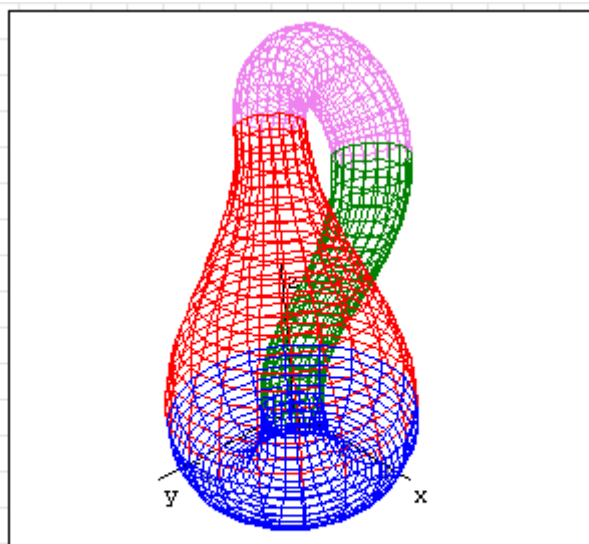


$$\begin{array}{l}
 a:=2,5 \quad b:=1,5 \quad c:=2 \quad d:=3 \\
 S1(u; v) := \begin{pmatrix} (a+b \cdot \cos(u)) \cdot \cos(v) \\ (a+b \cdot \cos(u)) \cdot \sin(v) \\ -a \cdot \sin(u) \end{pmatrix} \quad S2(u; v) := \begin{pmatrix} (a+b \cdot \cos(u)) \cdot \cos(v) \\ (a+b \cdot \cos(u)) \cdot \sin(v) \\ d \cdot u \end{pmatrix} \\
 S3(u; v) := \begin{pmatrix} c - c \cdot \cos(u) + \sin(v) \\ \cos(v) \\ d \cdot u \end{pmatrix} \quad S4(u; v) := \begin{pmatrix} c + (c + \cos(v)) \cdot \cos(u) \\ \sin(v) \\ d \cdot \pi + (2 + \cos(v)) \cdot \sin(u) \end{pmatrix}
 \end{array}$$

```

M1:=CreateMesh(S1(u;v);0;pi;0;2*pi;20;20)
M2:=CreateMesh(S2(u;v);0;pi;0;2*pi;20;20)
M3:=CreateMesh(S3(u;v);0;pi;0;2*pi;20;20)
M4:=CreateMesh(S4(u;v);0;pi;0;2*pi;20;20)

```



```

{
M1
M2
M3
M4
}

```

[Beispiele](#), [Download](#)

### 10.2.2 AlgLib-Schnittstelle von Viacheslav N. Mezentsev

**Alglib** ist eine plattformunabhängige und quelloffene Bibliothek für numerische Verfahren und Datenanalyse. Das **Plugin** erschließt beispielhaft einige wenige Funktionen dieser Bibliothek für die Anwendung in SMath.

Das sind im einzelnen:

- `al_airy()` Airy-Funktionen und ihre Ableitungen  $Ai(x)$ ,  $Ai'(x)$ ,  $Bi(x)$  und  $Bi'(x)$ .
- `al_beta()` Beta-Funktion
- `al_conv1d()` Eindimensionale Faltung (Konvolution) zweier reeller Vektoren
- `al_conv1dinv()` Inverse eindimensionale Faltung (Entfaltung, Dekonvolution) zweier reeller Vektoren
- `al_fftc1d()` Schnelle Fourier-Transformation (komplex)
- `al_fftc1dinv()` Inverse Schnelle Fourier-Transformation (komplex)
- `al_neqsolve()` Nichtlinearer Löser nach dem Levenberg-Marquardt-Verfahren

### 10.2.3 Custom Functions - Funktionspaket von Davide Carpi

Das Plugin stellt verbesserte Versionen der Minimum- und Maximum-Funktionen bereit. Außerdem enthält es Funktionen für die Arbeit mit Maßeinheiten.

## Download

Die Funktionen `Max()` und `Min()` bestimmen das Maximum oder das Minimum beliebig vieler beliebig strukturierter Objekte (also auch geschachtelter Matrizen). Die Standardfunktionen `min()` und `max()` in SMath erlauben jeweils nur ein Argument.

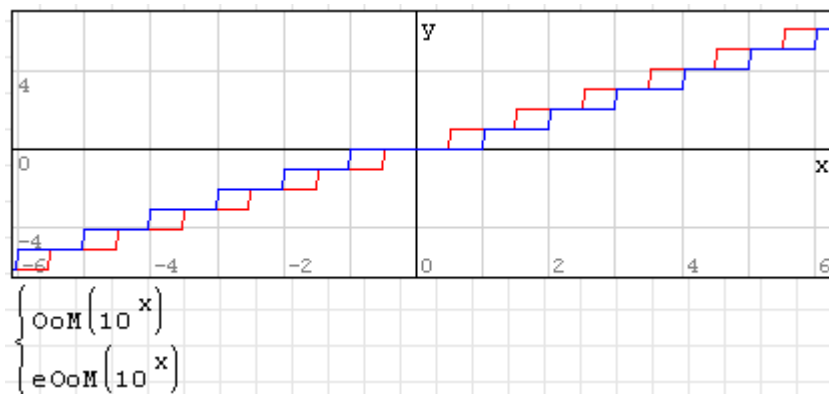
$$\text{Max} \left( 8 ; \begin{pmatrix} \pi \\ \frac{7}{5} \\ (1 \ 2 \ 5 \ 44) \\ -10 \\ 3 \end{pmatrix} ; \frac{14}{6} ; \begin{pmatrix} \sqrt{2} & 12,7 \\ \pi & e^4 \\ \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \\ -4 \\ 7 \end{pmatrix} & -\frac{6}{7} \end{pmatrix} \right) = 54,6$$

$$\text{Min} \left( 8 ; \begin{pmatrix} \pi \\ \frac{7}{5} \\ (1 \ 2 \ 5 \ 44) \\ -10 \\ 3 \end{pmatrix} ; \frac{14}{6} ; \begin{pmatrix} \sqrt{2} & 12,7 \\ \pi & e^4 \\ \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \\ -4 \\ 7 \end{pmatrix} & -\frac{6}{7} \end{pmatrix} \right) = -10$$

`UoM(Ausdruck)` liefert die SMath-Basiseinheit des Ausdrucks.

`OoM(Ausdruck)` liefert die Größenordnung des Ausdrucks als abgerundeten Betrag des dekadischen Logarithmus. Bei Ausdrücken mit Maßeinheiten wird die Basiseinheit zugrundegelegt.

`eOoM(Ausdruck)` liefert die Größenordnung des Ausdrucks als gerundeten Betrag des dekadischen Logarithmus. Bei Ausdrücken mit Maßeinheiten wird die Basiseinheit zugrundegelegt.



Weitere Funktionen erleichtern das Arbeiten mit Matrizen:

`Zeros()` erzeugt Nullmatrizen

`Ones()` erzeugt Eins-Matrizen

`Diag()` erzeugt Diagonal-Matrizen

`sys2mat()` wandelt Listen in Matrizen um

`mat2sys()` wandelt Matrizen in Listen um

Die Funktion `Clear()` löscht Variablenwerte.

Die Funktion `SettingsDirectory()` zeigt das Verzeichnis für benutzerspezifische Daten an.

Funktionen für Zeichenketten:

`strtolower()` wandelt Zeichenketten in Kleinbuchstaben um,

`strtoupper()` wandelt Zeichenketten in Großbuchstaben um,

`ucfirst()` wandelt den ersten Buchstaben von Zeichenketten in Großbuchstaben um,

`ucwords()` wandelt jeden Wortanfang in Zeichenketten in Großbuchstaben um.

## 10.2.4 Data Exchange von Davide Carpi

### Download

Das Plugin ergänzt den Menüpunkt Datei > Speichern unter: um das OpenOffice Textformat (odt) und  $\LaTeX$  (tex). Das odt-Format kann auch mit MS Word gelesen werden, allerdings wird die Formatierung von Formeln nicht gut übernommen.

Das Plugin stellt Funktionen zum Datenexport in csv (Comma Separated Values) und zum Import und Export von ods (Open Office Calc) Dateien bereit. Ebenfalls enthalten ist eine Funktion zum Export von Ausdrücken in das Open Office Formel-Format (odf).

Import und Export des xlsx-Formats wird durch ein separates Plugin (siehe Abschnitt 10.2.13) realisiert, welches nur für Windows zur Verfügung steht.

Die Optionen zum Datenaustausch werden im Zusammenhang mit Matrizen in Abschnitt 4.8.7 erläutert. Eine Übersicht über alle Import- und Exportfunktionen findet sich in Abschnitt 3.14.

Funktion	Seite	Verwendung
<code>ExportData.CSV()</code>	240	Export von Ausdrücken als csv (Comma Separated Values)
<code>ExportData.ODF()</code>	240	Export von Ausdrücken als odf (Open Office Formel)
<code>ExportData.ODS()</code>	241	Export von Ausdrücken als ods (Open Office Calc)
<code>ImportData.ODS()</code>	260	Import von ods-Daten (Open Office Calc)

Die XLSX-Funktionen stehen unter Linux nicht zur Verfügung.

## 10.2.5 Excel Collaboration von Andrey Ivashov

Das Plugin erlaubt das Lesen und Schreiben von Zellen in Excel-Dateien.

### Download, Beispiele

Funktion	Seite	Verwendung
<code>ExportCell()</code>	239	Schreibt Werte in Zellen existierender xls-Dateien (MS Excel)
<code>ImportCell()</code>	240	Liest Werte aus Zellen in xls-Dateien (MS Excel)

### 10.2.6 GPC Wrapper von Davide Carpi

Das Plugin bindet eine Bibliothek **GPC** der Uni Manchester für 2D-Geometrieoperationen mit Polygonen (stückweise geradlinig berandete Flächen) ein. Die Bibliothek ist frei nutzbar für nichtkommerzielle Zwecke. Lizenzinformationen finden Sie [hier](#). Der Leistungsumfang:

- Geometrieoperationen: Differenz, Schnittmenge, Exklusives Oder und Vereinigung
- Flächen können durch mehrere Randkonturen gebildet werden.
- Die Randpunkte können mit oder gegen den Uhrzeigersinn angegeben werden.
- Ränder können konvex, konkav oder selbstüberschneidend sein.
- Ränder können geschachtelt werden (d.h. Flächen können Löcher haben).
- Ergebnisformat als Randkurve (contour) oder Dreieckskette (triangle strip)
- Außen- und Innenränder im Ergebnis unterscheidbar
- Robust gegen doppelte Punkte und entartete Gebiete.

Polygone werden als Matrizen dargestellt:

$$\begin{bmatrix} r & p_1 & \dots & p_r & x_{11} & \dots & x_{1p_1} & \dots & x_{r1} & \dots & x_{rp_r} \\ p & f_1 & \dots & f_r & y_{11} & \dots & y_{1p_1} & \dots & y_{r1} & \dots & y_{rp_r} \end{bmatrix}$$

$r$	Zahl der Randkurven
$p$	Gesamtzahl der Eckpunkte
$p_i$	Zahl der Eckpunkte in Randkurve $i$
$f_i$	Schalter für Randkurve $i$ : 1 = Innenrand (schneidet ein Loch), 0 = Außenrand
$x_{ij}$	$x$ -Koordinate des $j$ -ten Punktes von Randkurve $i$
$y_{ij}$	$y$ -Koordinate des $j$ -ten Punktes von Randkurve $i$

Die Matrix hat demzufolge  $1 + r + \sum p_i$  Spalten.

Die gleiche innere Darstellung wird für Dreiecksketten verwendet, dabei ist  $r$  die Zahl der Dreiecksketten und  $f_i$  ist stets gleich Null.

### 10.2.7 Image Region von Viacheslav N. Mezentsev

Das Plugin stellt einen Bereichstyp zur Anzeige von Pixeldaten aus Bilddateien oder aus Matrizen bereit. Sehen Sie dazu auch den Abschnitt [3.7](#). Die zugehörige Forumdiskussion finden Sie [hier](#).

### 10.2.8 Maple-Schnittstelle von Viacheslav N. Mezentsev

Das Plugin ist eine Schnittstelle zur DOS-Version des Computeralgebrasystems MapleV, die im Download mitgeliefert wird. Die symbolischen Fähigkeiten von MapleV sind wesentlich besser als die von SMATH selbst.

Vorteil gegenüber dem Maxima-Plugin: Die erforderliche MapleV-Version ist Bestandteil der Installation über die Erweiterungsverwaltung, es muss also keine extra Software installiert werden.

Nachteil: Die Rechtefrage zur benutzten MapleV-Version ist zumindest zweifelhaft, daher ist das Plugin auch nicht Bestandteil der inoffiziellen portablen SMath-Distribution.

Das Plugin stellt die Funktion `maple(Ausdruck)` bereit, die je nach Ergebnistyp symbolisch oder numerisch (wenn das Ergebnis keine unbekanntenen Bezeichner enthält) ausgewertet wird.

Ablauf beim Funktionsaufruf

1. Der Ausdruck wird in Zeilenform gebracht und auf Maple-Syntax transformiert.
2. Die so erhaltene Zeile wird in eine temporäre Textdatei geschrieben.
3. Maple wird mit der Textdatei als Parameter aufgerufen.
4. Maple schreibt das Ergebnis in eine Textdatei.
5. Die Ergebnisdatei wird gelesen, auf SMath Syntax transformiert und an SMath zurückgegeben.

Beispiele

$$\text{maple}(\text{asin}(1)) = \frac{\pi}{2}$$
$$\text{maple}\left(\int x^2 dx\right) = \frac{x^3}{3}$$
$$\text{maple}(\text{solve}(\sqrt{\ln(x)} = 2; x)) = \exp(4)$$

### 10.2.9 Mathcad File Access von Viacheslav N. Mezentsev

Das Plugin stellt Mathcad-kompatible Funktionen für den Zugriff auf Datenfiles bereit.

Funktion	Seite	Verwendung
READBIN()	288	Lesen von Binärdaten
WRITEBIN()	303	Schreiben von Binärdaten
READWAV()	289	Lesen von .wav-Dateien
WRITEWAV()	304	Schreiben von .wav-Dateien
GETWAVINFO()	247	Lesen von .wav-Dateiinformatioren
READ_IMAGE()	287	Einlesen eines Bildes als Grauwertmatrix
READ_RED()	287	Einlesen des Rot-Anteils eines Bildes
READ_GREEN()	286	Einlesen des Grün-Anteils eines Bildes
READ_BLUE()	286	Einlesen des Blau-Anteils eines Bildes
READBMP()	288	Einlesen eines .bmp-Bildes als Grauwertmatrix
READRGB()	289	Einlesen eines Bildes als drei Matrizen mit RGB-Werten
GetFolderPath()	247	Ermittelt Systempfade
CurrentDirectory()	234	Ermittelt oder setzt das aktuelle Verzeichnis
DocumentDirectory()		Verzeichnis des aktuell offenen Dokuments

### 10.2.10 Non Linear Solvers von Davide Carpi

Das Plugin stellt nichtlineare Löser sowie Optimierungsalgorithmen für Gleichungen und Gleichungssysteme bereit. Die meisten Algorithmen kommen auch im Klartext als SMath-Programme, was für den Test der Plugin-Funktionen benutzt wird.

Die Löser und Optimierer erwarten als erstes Argument einen Satz von Funktionen (oder eine einzelne Funktion). Als unabhängige Variable werden in der Funktionsdefinition alle vorkommenden Variablen betrachtet, die nicht definiert sind, und zwar in alphabetischer Reihenfolge. Weitere Argumente sind je nach Verfahren:

$\underline{x}_0$	Vektor der Startwerte für die unabhängigen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge)
$\underline{x}_L$	Vektor der Bereichsuntergrenzen für die unabhängigen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge)
$\underline{x}_H$	Vektor der Bereichsobergrenzen für die unabhängigen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge)
$\underline{\varepsilon}$	Vektor der Genauigkeit für die Funktionen. Bei den Funktionen mit Bereichsangaben ( $\underline{x}_L$ , $\underline{x}_H$ ) ist das eine Liste aus Genauigkeit für die Funktionswerte und einer optionalen Genauigkeit für die Variablen.
$n_{\max}$	Maximale Anzahl der Iterationen
$h$	Schrittweite für den zentralen Differenzenquotienten bei Verfahren mit dem Zusatz „CD“

Ein letztes optionales Argument zeigt an, ob die Zahl der Iterationen als Ergebnis mitgeliefert werden soll (es muss dann vorhanden und von Null verschieden sein).

Beim Umgang mit diesen Funktionen ist zu beachten:

- Die Löser finden die Nullstellen von Ausdrücken  $f$  (diese sind stets als erstes Argument anzugeben). Diese Funktionen sind als erstes Argument anzugeben.
- Aufgelöst wird nach allen enthaltenen, nicht definierten Variablen. Diese werden automatisch identifiziert und alphabetisch sortiert (Vektor  $\underline{x}$ ). Man kann dies mit der Funktion `Unknowns()` prüfen. Es ist also nicht erforderlich, die zu suchenden Variablen anzugeben. Man kann aber die Startwerte oder die Untergrenzen in der Form `Variable=Wert` (boolsches Gleichheitszeichen) angeben. Dann wird die eingebettete Zuweisung aktiviert, die Lösung wird auf die betreffende Variable zugewiesen. In diesem Fall ist auch die Reihenfolge der Variablen unerheblich.
- Es gibt Löser, die einen Startpunkt  $\underline{x}_0$  benötigen und solche, die ein Intervall benötigen, begrenzt durch  $\underline{x}_L$  und  $\underline{x}_H$ .
- Startwerte oder Intervallgrenzen werden durch Vektoren oder Listen angegeben, deren Werte den Unbekannten in alphabetischer Reihenfolge ihrer Namen zugeordnet werden. Die Werte sind einheitenmäßig passend zur jeweiligen Variable anzugeben.
- Die geforderte Genauigkeit  $\underline{\varepsilon}$  ist als Toleranz auf den Ausdruck anzugeben, muss also einheitenmäßig zum Ausdruck passen. Wird die Maßeinheit weggelassen, dann wird die Basiseinheit der entsprechenden Dimension verwendet.
- In fast allen Lösern kann die maximale Zahl der Iterationen  $n_{\max}$  angegeben werden. Ausnahme: `Bisection()`, diese Funktion arbeitet mit dem Halbteilungsverfahren, dessen Iterationszahl durch die geforderte Genauigkeit festliegt.
- Die Funktion `NewtonRaphson.CD()` verwendet den zentralen Differenzenquotienten als Näherungswert für den Gradienten. In diesem Fall muss die Schrittweite  $h$  des Differenzenquotienten angegeben werden.
- Ein optionales letztes Argument  $s$  steuert die Ausgabe des Ergebnisses. Ist der Wert von Null verschieden, dann wird zusätzlich die Zahl der benötigten Iterationen (Funktionsaufrufe) ausgegeben.

Folgende Funktionen werden bereitgestellt:

<b>Nichtlineare Löser</b>		
BDQRF()	$\underline{x}_L, \underline{x}_H, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	222
Bisection()	$\underline{x}_L, \underline{x}_H, \underline{\varepsilon}$	222
Brent()	$\underline{x}_L, \underline{x}_H, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	223
Broyden()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	223
FindRoot()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	??
HRE.B()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	253
HRE.NR()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	253
HRE.RK()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	253
NewtonRaphson()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	273
NewtonRaphson.CD()	$\underline{x}_0, h, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	274
Ridder()	$\underline{x}_L, \underline{x}_H, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	291
Secant()	$\underline{x}_L, \underline{x}_H, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	292
<b>Optimierer</b>		
GaussNewton()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	244
GaussNewton.CD()	$\underline{x}_0, h, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	246
GaussNewton.CDGSS()	$\underline{x}_0, h, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	246
GaussNewton.GSS()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	246
GoldenSectionSearch.max()	$\underline{x}_L, \underline{x}_H, ?, n_{\max}$	248
GoldenSectionSearch.min()	$\underline{x}_L, \underline{x}_H, ?, n_{\max}$	248
GradientAscent()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	250
GradientAscent.GSS()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	251
GradientDescent()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	251
GradientDescent.GSS()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	251
LevenbergMarquardt()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	265
LevenbergMarquardt.CD()	$\underline{x}_0, h, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	265
NCGM()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	272
NCGM.CD()	$\underline{x}_0, h, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	272
NewtonMethod()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	272
NewtonMethod.CD()	$\underline{x}_0, h, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	273
NewtonMethod.CDGSS()	$\underline{x}_0, h, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	264
NewtonMethod.GSS()	$\underline{x}_0, \underline{\varepsilon}, n_{\max}$	273
<b>Hilfsfunktionen</b>		
Diag()	Diagonalmatrix	236
Gradient()	Gradient	250
Hessian()	Hesse-Matrix	253
Hessian.CD()	Hesse-Matrix mit Zentralem Differenzenquotienten	253
Jacobian()	Jacobi-Matrix	264
Jacobian.CD()	Jacobi-Matrix mit Zentralem Differenzenquotienten	264
mapUnknowns()	Undefinierte Variablen identifizieren	266

### 10.2.11 ODE Solvers von Viacheslav N. Mezentsev

Das Plugin stellt das Runge-Kutta-Verfahren zur Lösung von Systemen gewöhnlicher Differenzialgleichungen bereit.

#### Beispiele

Funktion	Seite	Verwendung
<code>Rkadapt()</code>	291	Runge-Kutta-Fehlberg-Verfahren mit adaptiver Schrittweite
<code>rkfixed()</code>	292	Runge-Kutta-Verfahren mit fester Schrittweite

### 10.2.12 Statistical Tools von Davide Carpi

Das Plugin bietet eine umfangreiche Funktionssammlung. Es gliedert sich in die Gruppen

- Deskriptive Statistik
- Verteilungsfunktionen
- Dichtefunktionen
- Zufallszahlen
- Hilfsfunktionen

Die Funktionen sind alle in der Funktionsreferenz Kapitel 11 enthalten. Das Zusammenspiel der Funktionen wird im Abschnitt 4.12 erläutert.

### 10.2.13 XLSX Import/Export von Davide Carpi

Das Plugin stellt Funktionen zum Import und Export von xlsx (MS Excel) Dateien bereit.

Die Optionen zum Datenaustausch werden im Zusammenhang mit Matrizen in Abschnitt 4.8.7 erläutert. Eine Übersicht über alle Import- und Exportfunktionen findet sich in Abschnitt 3.14.

Funktion	Seite	Verwendung
<code>ExportData.XLSX()</code>	242	Export von Ausdrücken als xlsx (MS Excel)
<code>ImportData.XLSX()</code>	262	Import von xlsx-Daten (MS Excel)

Dieses Plugin funktioniert nicht unter Linux.

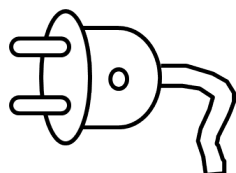
### 10.2.14 X-Y Plot Region von Viacheslav N. Mezentsev

[Download im SMath-Forum](#). Dieses Plugin stellt eine Alternative zum eingebauten 2D-Diagrammbereich zur Verfügung. Es befindet sich noch in der Entwicklung. Näheres findet sich in Abschnitt 5.2.

# 11 Funktionsreferenz

Einige Funktionsnamen (inverse Winkelfunktionen) sind von der Benutzereinstellung im Menü **Extras> Einstellungen> Interface> Funktionsstil** abhängig. Diese Anleitung geht von der Einstellung „Europa“ aus.

In den Beschreibungstexten sind solche Funktionen, die ein externes Plugin benötigen, mit einem Stecker (plug) gekennzeichnet. Im Beschreibungstext wird das erforderliche Plugin benannt und verlinkt. Wenn Sie die inoffizielle portable **Distribution** des Autors benutzen, dann sind die meisten Plugins vorinstalliert.



## 11.1 Übersicht

Hier sind die Einträge thematisch geordnet. Die Seitenzahlen verweisen auf eventuelle Erläuterungen im alphabetisch sortierten Beschreibungsteil. Kursive Namen verweisen auf Funktionen in externen Plugins (siehe Abschnitt [10.2](#)).

### Reelle und komplexe Zahlen

+ (Addition)	- (Subtraktion)	* (Multiplikation)
/ (Division)	! (Fakultät)	^ (Potenzierung)
± (Plusminus)	∞ (unendlich)	π (Kreiszahl)
i (imaginäre Einheit)	= (Anzeige)	:= (Zuweisung)
∑ (Summe)	∏ (Produkt)	<b>abs()</b> <a href="#">216</a>
<b>arccos()</b>	<b>arccosec()</b>	<b>arctg()</b>
<b>arch()</b>	<b>arcsec()</b>	<b>arcsin()</b>
<b>arctg()</b>	<b>arth()</b>	<b>arg()</b>
<b>arsh()</b>	<b>arth()</b>	<i>Beta()</i> <a href="#">221</a>
<i>BetaRegularized()</i> <a href="#">222</a>	<i>Ceil()</i> <a href="#">232</a>	<b>ch()</b>
<i>Clear()</i> <a href="#">36</a>	<b>cos()</b>	<b>cosec()</b>
<b>cot()</b>	<b>cth()</b>	<b>diff()</b> <a href="#">236</a>
<b>description()</b> <a href="#">234</a>	<i>Dirac()</i> <a href="#">236</a>	<i>erf()</i> <a href="#">237</a>
<i>erfc()</i> <a href="#">238</a>	<i>erfinv()</i> <a href="#">238</a>	<b>eval()</b> <a href="#">239</a>
<b>exp()</b>	<i>Floor()</i> <a href="#">243</a>	<i>Gamma()</i> <a href="#">244</a>
<i>GammaRegularized.P()</i> <a href="#">244</a>	<i>GammaRegularized.Q()</i> <a href="#">245</a>	<i>Gradient()</i> <a href="#">250</a>
<i>Heaviside()</i> <a href="#">252</a>	<i>Heaviside.D()</i> <a href="#">252</a>	<b>Im()</b>
<b>int()</b> <a href="#">263</a>	<b>ln()</b>	<b>lg()</b>

log()	mod()	nthroot() 275
numden()	perc() 284	pol2xy()
polyroots()	product()	random()
Re()	roots()	round()
sech()	sign()	sin()
sinh()	solve() 295	sqrt() 296
sum() 298	sys() 299	tan()
tanh()	trunc()	xy2pol()

### Spezialfunktionen

<i>al_airy()</i> 217	<i>al_beta()</i> 217	<i>Beta()</i> 221
<i>BetaRegularized()</i> 222	<i>erf()</i> 237	<i>erfc()</i> 238
<i>erfinv()</i> 238	<i>Gamma()</i> 244	<i>GammaRegularized.P()</i> 244
<i>GammaRegularized.Q()</i> 245		

### Matrizen und Vektoren

+ (Addition)	- (Subtraktion)	* (Multiplikation)
/ (Division)	× (Kreuzprodukt)	<i>ainterp()</i> 216
<i>alg()</i> 220	<i>augment()</i> 221	<i>cinterp()</i> 233
<i>Clear()</i> 36	<i>col()</i> 233	<i>cols()</i> 233
<i>csort()</i> 234	<i>det()</i> 235	<i>diag()</i> 236
<i>Diag()</i> 236	<i>el()</i> 237	<i>findrows()</i> 243
<i>Gradient()</i> 250	<i>Hessian()</i> 250	<i>Hessian.CD()</i> 253
<i>identity()</i> 113	<i>invert()</i> 122	Jacob()
<i>Jacobian()</i> 264	<i>Jacobian.CD()</i> 264	<i>length()</i> 265
<i>linterp()</i>	<i>mat()</i> 267	<i>mat2sys()</i> 267
<i>matrix()</i> 267	<i>max()</i> 267	<i>Max()</i> 268
<i>Mean()</i> 270	<i>min()</i> 270	<i>Min()</i> 271
<i>minor()</i> 271	<i>norm1()</i> 274	<i>norme()</i> 274
<i>normi()</i> 275	<i>Ones()</i> 276	<i>Random()</i> 284
<i>Random.N()</i> 284	<i>range()</i> 184	<i>rank()</i> 185
<i>reverse()</i> 290	<i>row()</i> 292	<i>rows()</i> 292
<i>rsort()</i> 292	<i>sort()</i> 296	<i>stack()</i> 296
<i>submatrix()</i> 298	<i>sys2mat()</i> 299	<i>tr()</i> 300
<i>transpose()</i> 300	<i>sum()</i> 298	<i>sys()</i> 299
<i>vminor()</i> 302	<i>Zeros()</i> 304	

### Ebene Polygone

<i>gpc_add_contour()</i> 249	<i>gpc_clip()</i> 249	<i>gpc_get_contour()</i> 249
<i>gpc_polygon()</i> 249	<i>gpc_polygon_to_tristrip()</i> 250	<i>gpc_read_polygon()</i> 250
<i>gpc_tristrip_clip()</i> 250	<i>gpc_write_polygon()</i> 250	

**Zeichenketten**

*Clear()* 36  
*findstr()* 243  
*str2num()* 214  
*strtolower()* 217  
*ucfirst()* 227

*concat()* 234  
*IsString()* 123  
*strlen()* 215  
*strtoupper()* 218  
*ucwords()* 228

*description()* 234  
*num2str()* 163  
*strrep()* 216  
*substr()* 220

**Programmierung**

*break* 223  
*error()* 239  
*IsDefined()*  
*time()* 299

*Clear()* 36  
*for()* 243  
*line()* 266  
*trace()*

*continue* 234  
*if()* 259  
*range()* 284  
*while()* 303

**Dateien**

*CurrentDirectory()* 234  
*exportData.CSV()* 240  
*exportData.XLSX()* 242  
*importCell()* 260  
*importData.XLSX()* 262  
*READ\_IMAGE()* 287  
*READRGB()* 289  
*wfile()* 302  
*WRITEWAV()* 304

*dfile()* 235  
*exportData.ODF()* 240  
*GetFolderPath()* 247  
*importData()* 260  
*rfile()* 290  
*READBIN()* 288  
*READWAV()* 289  
*wfile()* 303

*exportCell()* 239  
*exportData.ODS()* 241  
*GETWAVINFO()* 247  
*importData.ODS()* 260  
*rfile()* 291  
*READBMP()* 288  
*SettingsDirectory()* 293  
*WRITEBIN()* 303

**Numerische Methoden**

*al\_convr1d()* 218  
*al\_fftc1dinv()* 219  
*Bisection()* 222  
*GaussNewton()* 246  
*GaussNewton.GSS()* 246  
*GradientAscent()* 250  
*GradientDescent.GSS()* 251  
*HRE.RK()* 253  
*mapUnknowns()* 266  
*NewtonMethod()* 272  
*NewtonMethod.GSS()* 273  
*Ridder()* 291  
*Secant()* 292

*al\_convr1dinv()* 218  
*al\_nleqsolve()* 220  
*Brent()* 223  
*GaussNewton.CD()* 246  
*GoldenSection...max()* 248  
*GradientAscent.GSS()* 251  
*HRE.B()* 253  
*LevenbergMarquardt()* 265  
*NCGM()* 272  
*NewtonMethod.CD()* 273  
*NewtonRaphson()* 273  
*Rkadapt()* 291

*al\_fftc1d()* 219  
*BDQRF()* 222  
*Broyden()* 223  
*GaussNewton.CDGSS()* 246  
*GoldenSection...min()* 248  
*GradientDescent()* 251  
*HRE.NR()* 253  
*LevenbergMarquardt.CD()* 265  
*NCGM.CD()* 272  
*NewtonMethod.CDGSS()* 273  
*NewtonRaphson.CD()* 274  
*rkfixed()* 292

**Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik**

*Beta()* 221  
*CDF.Cauchy()* 224

*BetaRegularized()* 222  
*CDF.ChiSquare()* 224

*CDF.Binomial()* 223  
*CDF.Exponential()* 225

<i>CDF.F()</i> 226	<i>CDF.Geometric()</i> 226	<i>CDF.GeometricShifted()</i> 227
<i>CDF.Normal()</i> 227	<i>CDF.Poisson()</i> 227	<i>CDF.Rayleigh()</i> 229
<i>CDF.t()</i> 230	<i>CDF.Uniform()</i> 231	<i>CDF.UniformDiscrete()</i> 231
<i>CDF.Weibull()</i> 232	<i>erf()</i> 237	<i>erfc()</i> 238
<i>erfinv()</i> 238	<i>Gamma()</i> 244	<i>GammaRegularized.P()</i> 244
<i>GammaRegularized.Q()</i> 245	<i>GeometricMean()</i> 247	<i>HarmonicMean()</i> 251
<i>ICDF.Binomial()</i> 254	<i>ICDF.Cauchy()</i> 254	<i>ICDF.Exponential()</i> 255
<i>ICDF.Geometric()</i> 255	<i>ICDF.GeometricShifted()</i> 256	<i>ICDF.Normal()</i> 256
<i>ICDF.Poisson()</i> 257	<i>ICDF.Rayleigh()</i> 257	<i>ICDF.Uniform()</i> 258
<i>ICDF.UniformDiscrete()</i> 258	<i>ICDF.Weibull()</i> 259	<i>Intercept()</i> 263
<i>Kurtosis()</i> 264	<i>KurtosisExcess()</i> 265	<i>Mean()</i> 270
<i>Median()</i> 270	<i>Mode()</i> 271	<i>Moment()</i> 271
<i>pdf.Binomial()</i> 276	<i>pdf.Cauchy()</i> 277	<i>pdf.ChiSquare()</i> 277
<i>pdf.Exponential()</i> 278	<i>pdf.F()</i> 278	<i>pdf.Geometric()</i> 279
<i>pdf.GeometricShifted()</i> 280	<i>pdf.Normal()</i> 280	<i>pdf.Poisson()</i> 281
<i>pdf.Rayleigh()</i> 281	<i>pdf.t()</i> 282	<i>pdf.Uniform()</i> 282
<i>pdf.UniformDiscrete()</i> 283	<i>pdf.Weibull()</i> 283	<i>Skewness()</i> 293
<i>Slope()</i> 293	<i>stdDev()</i> 296	<i>Variance()</i> 301
<i>WeightedMean()</i> 302		

## Grafik

<i>CreateMesh()</i> 234	<i>READ_BLUE()</i> 286	<i>READ_GREEN()</i> 286
<i>READ_IMAGE()</i> 287	<i>READ_RED()</i> 287	<i>READBMP()</i> 288
<i>READRGB()</i> 289		

## Maxima-Schnittstelle

<i>Assign()</i> 220	<i>Maxima()</i> 268	<i>MaximaControl()</i> 268
<i>MaximaLog()</i> 269	<i>MaximaTakeover()</i> 269	<i>Solve()</i> 294
<i>sum()</i> 298		

## Sonstiges

<i>eOoM()</i> 237	<i>eOoM.10()</i> 237	<i>UoM()</i> 301
-------------------	----------------------	------------------

# 11.2 Beschreibung

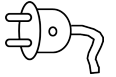
`abs(Zahl)`

Absoluter Betrag der Zahl.

`ainterp(X-Daten; Y-Daten; x)`

kubische Spline-Interpolation der Vektoren X-Daten und Y-Daten am Punkt  $x$  nach Akima [Erläuterung des Verfahrens \(TU Wien\)](#). Das Verfahren berechnet vor der Interpolation an den Stützstellen die Neigung aus einer 5-Punkte-Umgebung.

`al_airy(x)`



AlgLib-Implementation der Airy-Funktionen und ihrer Ableitungen ([AlgLib-Dokumentation](#)) für reelle Zahlen. Ergebnis ist ein Vektor mit den vier Elementen  $Ai(x)$ ,  $Ai'(x)$ ,  $Bi(x)$  und  $Bi'(x)$ .

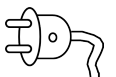
$$\text{al\_airy}(1) = \begin{pmatrix} 0,1353 \\ -0,1591 \\ 1,2074 \\ 0,9324 \end{pmatrix}$$



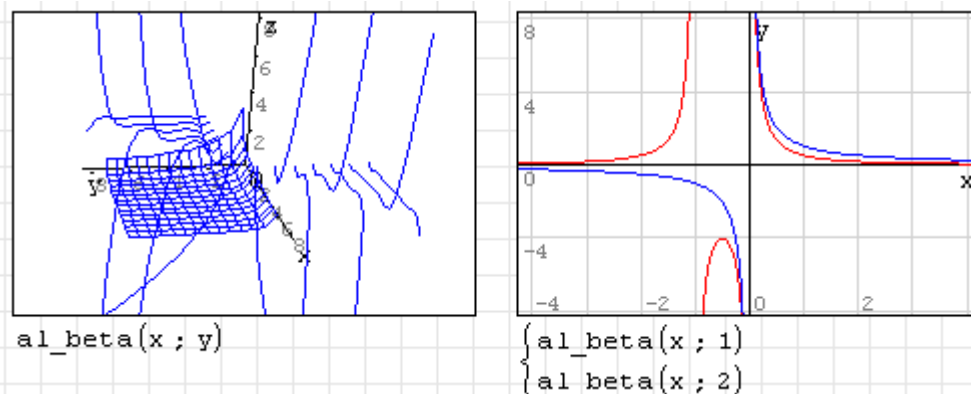
$$\begin{cases} \text{al\_airy}(x)_1 & Ai(x) \\ \text{al\_airy}(x)_2 & Ai'(x) \\ \text{al\_airy}(x)_3 & Bi(x) \\ \text{al\_airy}(x)_4 & Bi'(x) \end{cases}$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *AlgLib* (siehe Abschnitt 10.2.2).

`al_beta(p,q)`

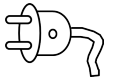


AlgLib-Implementation der Beta-Funktion ([AlgLib-Dokumentation](#)) für  $p, q > 0$ . Entgegen der Spezifikation liefert die Funktion auch Ergebnisse, wenn eines der beiden Argumente kleiner als Null ist.



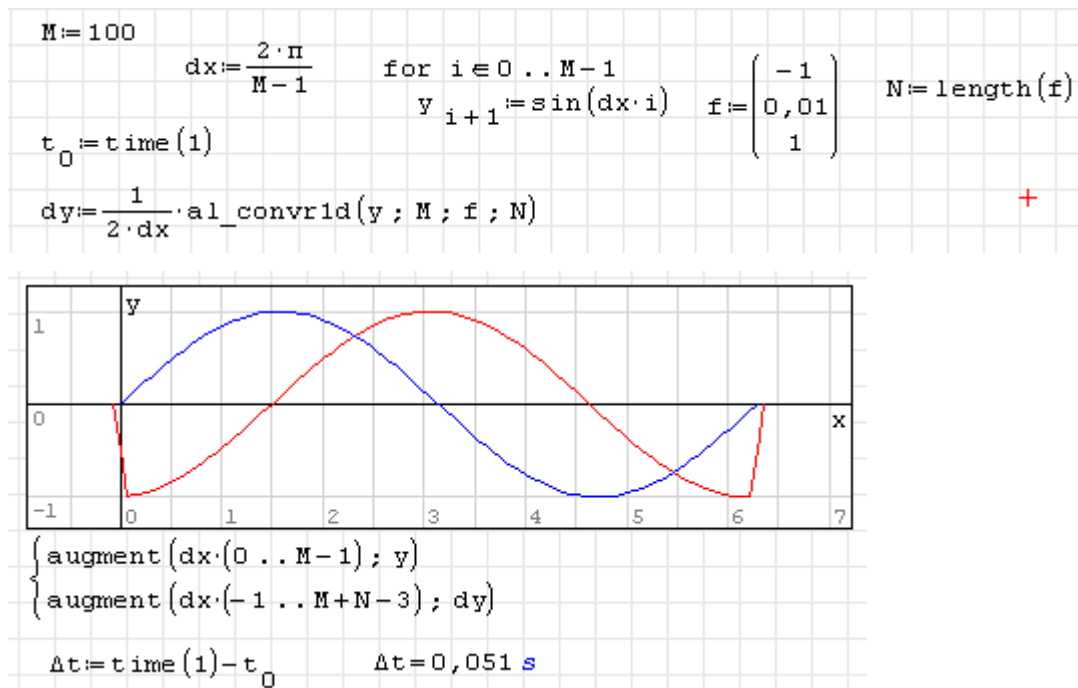
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *AlgLib* (siehe Abschnitt 10.2.2).

```
al_conv1d(A; B)
al_conv1d(A; LängeA; B; LängeB)
```



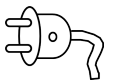
Reelle eindimensionale Faltung ([Alglib-Dokumentation](#)) der beiden Vektoren A und B. Ergebnis ist ein Vektor der Länge  $\text{LängeA} + \text{LängeB} - 1$ . Die Version mit vier Argumenten bietet keine Vorteile gegenüber derjenigen mit zwei Argumenten, außer dass sie den internen Aufruf 1:1 abbildet.

Das Beispiel zeigt die numerische Ableitung mit dem zentralen Differenzenquotienten.



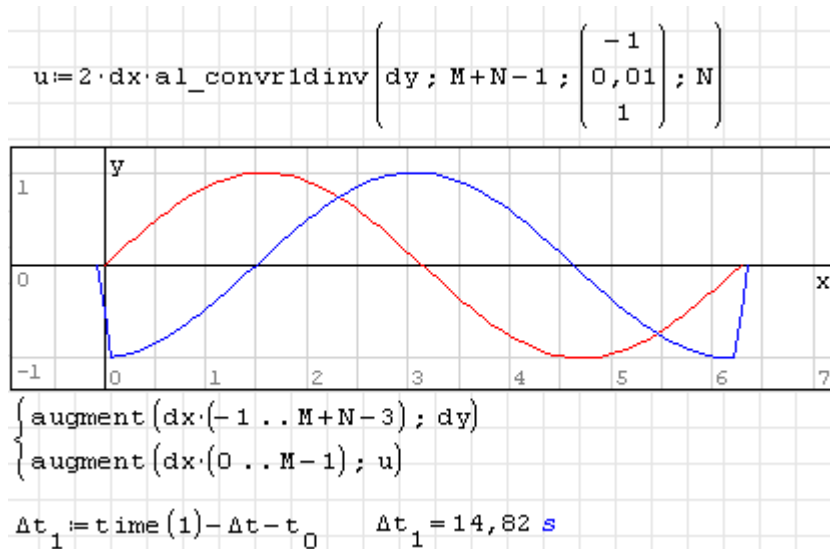
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *AlgLib* (siehe Abschnitt [10.2.2](#)).

```
al_conv1dinv(A; LängeA; B; LängeB)
al_conv1dinv(A; LängeA; B; LängeB)
```



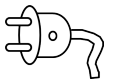
Inverse reelle eindimensionale Faltung ([Alglib-Dokumentation](#)) der beiden Vektoren A und B., Umkehrfunktion von `al_conv1d()`. Ergebnis ist ein Vektor der Länge  $\text{LängeA} - \text{LängeB} + 1$ . Die Version mit vier Argumenten bietet keine Vorteile gegenüber derjenigen mit zwei Argumenten, außer dass sie den internen Aufruf 1:1 abbildet.

Das Beispiel ist eine Fortsetzung des Beispiels für die Funktion `al_conv1d()` (siehe Seite [5](#)).



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *AlgLib* (siehe Abschnitt 10.2.2).

`al_fftc1d(A; LängeA)`



Schnelle Fourier-Transformation ([Alglib-Dokumentation](#)) des komplexen Vektors  $A$  der Länge  $\text{LängeA}$ . Ergebnis ist ein Vektor gleicher Länge. In der gegenwärtigen Version (28.4.2013) muss die Länge des Vektors angegeben werden, obwohl diese innerhalb von *SMath* bekannt ist.

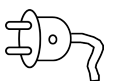
```

M := (i i i i)T
M1 := al_fftc1d(M; length(M))      M1T = (4·i 0 0 0)
M2 := al_fftc1dinv(M1; length(M1))  M2T = (i i i i)

```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *AlgLib* (siehe Abschnitt 10.2.2).

`al_fftc1dinv(A; LängeA)`



Schnelle inverse Fourier-Transformation ([Alglib-Dokumentation](#)) des komplexen Vektors  $A$  der Länge  $\text{LängeA}$ . Ergebnis ist ein Vektor gleicher Länge. In der gegenwärtigen Version (28.4.2013) muss die Länge des Vektors angegeben werden, obwohl diese innerhalb von *SMath* bekannt ist.

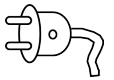
```

M := (i i i i)T
M1 := al_fftc1d(M; length(M))      M1T = (4·i 0 0 0)
M2 := al_fftc1dinv(M1; length(M1))  M2T = (i i i i)

```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *AlgLib* (siehe Abschnitt 10.2.2).

```
al_nleqsolve(x0; StepMax; epsF; f(v); j(v))
```



Nichtlinearer Löser ([Alglib-Dokumentation](#))

- $x_0$  Anfangswerte der unabhängigen Variablen
- StepMax Maximale Schrittlänge, Null entspricht unbegrenztem Schritt.
- epsF Abbruchtoleranz für die Quadratsumme der Funktionswerte.
- $f(v)$  zu lösende Funktion des Unbekanntenvektors  $v$
- $j(v)$  Jacobimatrix der Funktion

$$F(\beta; x; y) := \begin{pmatrix} y \cdot \operatorname{tg}(a) - w + x \\ \operatorname{tg}(\beta) \cdot (r - x) - y - z \\ r^2 - (r - x)^2 - (y + z)^2 \end{pmatrix} \quad f(v) := F(v_1; v_2; v_3)$$

$$\operatorname{Jac}(\beta; x; y) := \operatorname{Jacob} \left( \begin{pmatrix} y \cdot \operatorname{tg}(a) - w + x \\ \operatorname{tg}(\beta) \cdot (r - x) - y - z \\ r^2 - (r - x)^2 - (y + z)^2 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} \beta \\ x \\ y \end{pmatrix} \right) \quad j(v) := \operatorname{Jac}(v_1; v_2; v_3)$$

$a := 0,025$        $w := 0,005$        $r := 0,125$        $z := 0,000135$   
 $\beta_0 := 0,1$        $x_0 := 0,01$        $y_0 := 0,001$        $X_0 := \operatorname{stack}(\beta_0; x_0; y_0)$   
StepMax := 0      Eps :=  $10^{-7}$   
 $\operatorname{res} := \operatorname{al\_nleqsolve}(X_0; \operatorname{StepMax}; \operatorname{Eps}; f(v); j(v))$

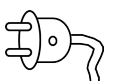
$$\operatorname{res} = \begin{pmatrix} 0,26 \\ 0,0042 \\ 0,032 \end{pmatrix} \quad F(\operatorname{res}_1; \operatorname{res}_2; \operatorname{res}_3) = \begin{pmatrix} -9,8227 \cdot 10^{-10} \\ -1,8648 \cdot 10^{-10} \\ 3,7394 \cdot 10^{-9} \end{pmatrix}$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *AlgLib* (siehe Abschnitt 10.2.2). Das Beispiel ist der mitgelieferten Dokumentation entnommen.

```
alg(Matrix; i; j)
```

Algebraisches Komplement der Matrix zum Element  $i, j$ .

```
Assign(L)
```



Interpretiert die im Ausdruck  $L$  gegebenen booleschen Gleichungen der Form  $\operatorname{var} = \operatorname{expr}$  als Zuweisungen. Die Variablen dürfen vorher keine Werte haben, sind also gegebenenfalls mit  $\operatorname{Clear}()$  zu löschen. Die Funktion dient der Zuweisung von Ergebnissen der Lösungsfunktionen.

$$G1_1 := (x^2 + 3 \cdot x \cdot y + y^2 = 0) \quad G1_2 := (3 \cdot x + y = 1)$$

$$L := \text{Solve}(G1, \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}) = \left( \left( \begin{pmatrix} x = \frac{-3 + \sqrt{5}}{2} \\ y = \frac{-7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \end{pmatrix} \right), \left( \begin{pmatrix} x = \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \\ y = \frac{-7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \end{pmatrix} \right) \right)$$

$$\text{Assign}(L_1) = \left\{ \begin{matrix} \frac{-3 + \sqrt{5}}{2} & x = -\frac{3 + \sqrt{5}}{2} & y = \frac{-7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \end{matrix} \right. \quad \text{Clear}(x, y) = 1$$

Die Funktion kann auch direkt angewendet werden (das setzt natürlich voraus, dass man bei mehreren Lösungen die richtige auswählt).

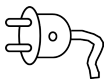
$$\text{Assign}\left(\text{Solve}\left(\begin{matrix} x^2 + 3 \cdot x \cdot y + y^2 = 0 \\ 3 \cdot x + y = 1 \end{matrix}, \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right)_2\right) = \begin{pmatrix} \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \\ -\frac{7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \end{pmatrix}$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Maxima* (siehe Abschnitt 9).

```
augment(Matrix1; Matrix2)
```

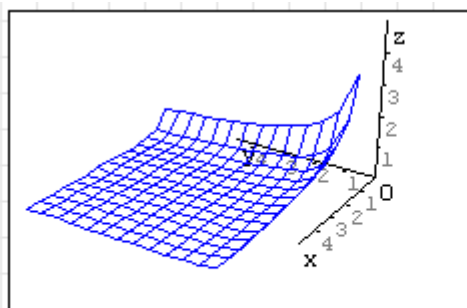
Nebeneinanderstellen von Matrix1 und Matrix2. Beide Matrizen müssen gleiche Zahl von Zeilen haben.

```
Beta(p; q)
```

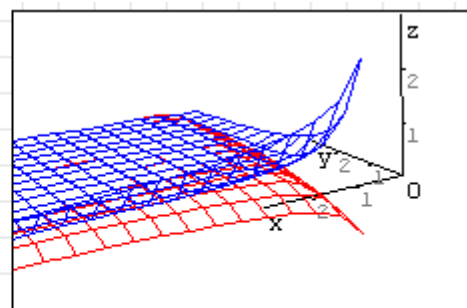


Betafunktion zweier komplexer Zahlen mit positivem Realteil, Eulersches Integral 1. Art:

$$B(p, q) = \frac{\Gamma(p)\Gamma(q)}{\Gamma(p+q)} = \int_0^1 t^{p-1}(1-t)^{q-1} dt$$



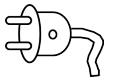
Beta(x; y)



$\begin{cases} \text{Re}(\text{Beta}(x+x \cdot i; y)) \\ \text{Im}(\text{Beta}(x+x \cdot i; y)) \end{cases}$

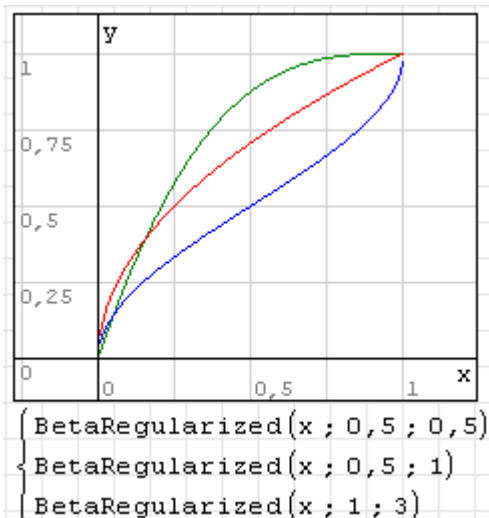
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

BetaRegularized(z; p; q)



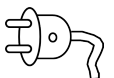
Regularisierte unvollständige Betafunktion  $I(z, p, q)$  dreier komplexer Zahlen. Der Betrag der Integrationsobergrenze  $z$  muss kleiner als 1 sein, die Realteile der Parameter  $p$  und  $q$  müssen wie bei der Betafunktion selbst positiv sein. Sie ist definiert als Quotient aus der unvollständigen Betafunktion  $B_z(p, q)$  und der Betafunktion  $B(p, q)$

$$I(z, p, q) = \frac{B_z(p, q)}{B(p, q)} \quad \text{mit} \quad B_z(p, q) = \int_0^z t^{p-1}(1-t)^{q-1} dt$$



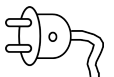
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

BDQRF(Funktion; Untergrenze; Obergrenze; Genauigkeit; maxIter)  
 BDQRF(Funktion; Untergrenze; Obergrenze; Genauigkeit; maxIter; Schalter)



Nichtlinearer Löser nach dem Bisectioned Direct Quadratic Regula Falsi Verfahren. Erfordert Plugin *Non Linear Solvers* (Seite 209). Wenn „Schalter“ angegeben und ungleich Null ist, wird auch die Zahl der Iterationen ausgegeben

Bisection(Funktion; Untergrenze; Obergrenze; Genauigkeit)  
 Bisection(Funktion; Untergrenze; Obergrenze; Genauigkeit; Schalter)



Nichtlinearer Löser nach der Halbteilungsmethode. Wenn „Schalter“ angegeben und ungleich Null ist, wird auch die Zahl der Iterationen ausgegeben. Hier eine Referenzimplementierung des Verfahrens:

```

Bisection_ref(f(i); a; b; ε) := i:=0
                               while 1
                                 c := (a+b)/2
                                 i := i+1
                                 if |f(c)| < ε
                                   break
                                 else
                                   if f(a)·f(c) > 0
                                     a = c
                                   else
                                     b = c
                               ( c )
                               ( i )

```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (Seite 209).

break

Bricht eine unmittelbar übergeordnete Schleife ab. Ein Anwendungsbeispiel finden Sie in der Referenzimplementierung des Halbteilungsverfahrens (Funktion `Bisection()`)

```

Brent(Funktion; Untergrenze; Obergrenze; Genauigkeit; MaxIter)
Brent(Funktion; Untergrenze; Obergrenze; Genauigkeit; MaxIter; Schalter)

```

Nichtlinearer Löser nach Brent. Wenn „Schalter“ angegeben und ungleich Null ist, wird auch die Zahl der Iterationen ausgegeben. Erfordert Plugin *Non Linear Solvers* (Seite 209).

```

Broyden(Funktion; Untergrenze; Obergrenze; Genauigkeit; MaxIter)
Broyden(Funktion; Untergrenze; Obergrenze; Genauigkeit; MaxIter; Schalter)

```

Nichtlinearer Löser nach Broyden. Wenn „Schalter“ angegeben und ungleich Null ist, wird auch die Zahl der Iterationen ausgegeben. Erfordert Plugin *Non Linear Solvers* (Seite 209).

```

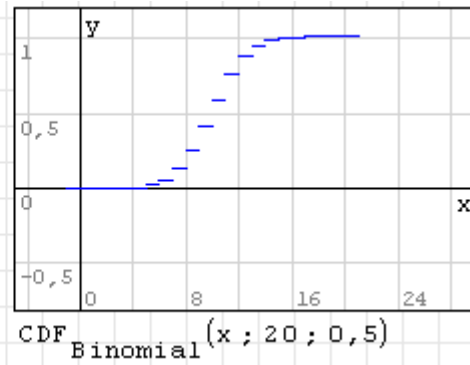
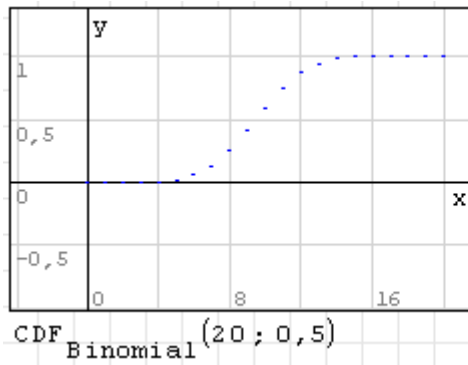
CDF.Binomial(n; p)
CDF.Binomial(k; n; p)

```

Verteilungsfunktion der (diskreten) Binomialverteilung. Sie beschreibt die Anzahl der Erfolge in einer Serie von gleichartigen und unabhängigen Versuchen, die jeweils genau zwei mögliche Ergebnisse haben („Erfolg“ oder „Misserfolg“).  $p$  ist die Erfolgswahrscheinlichkeit bei einem Versuch,  $n$  ist die Zahl der Versuche.

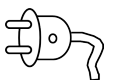
$$F(k, p, n) = \sum_{i=1}^k \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} = \sum_{i=1}^k \frac{n!}{i! (n-i)!} p^i (1-p)^{n-i}$$

Wird das Argument  $k$  nicht angegeben, dann liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren von  $k$  und  $F(k, p, n)$  mit  $k \in 0 \dots n$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

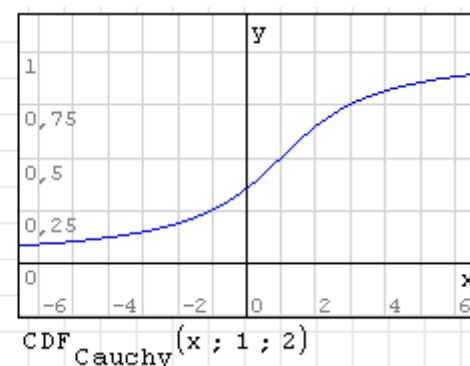
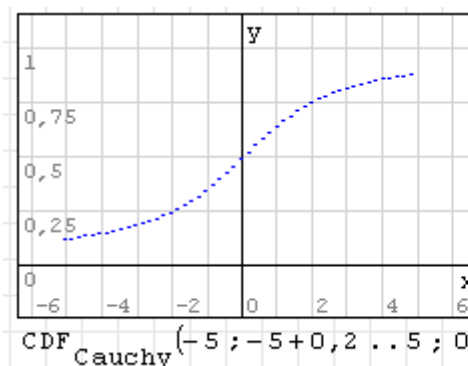
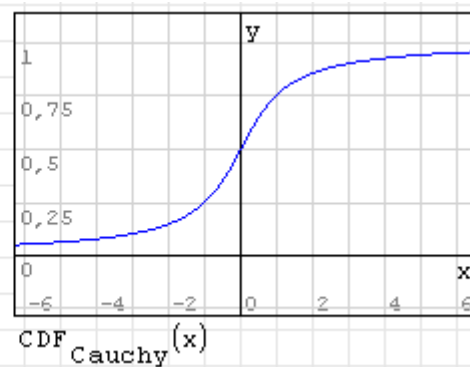
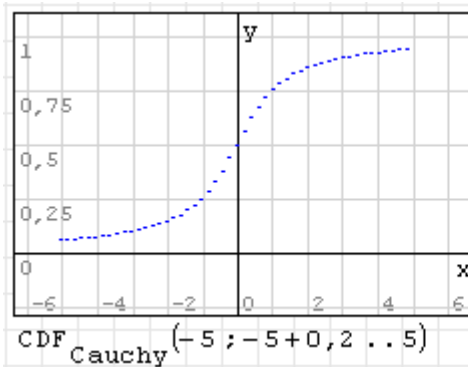
CDF.Cauchy(x)  
 CDF.Cauchy(x, t, s)



Verteilungsfunktion der Cauchy-Verteilung mit dem Ortsparameter  $t$  (Standardwert 0) und dem Breitenparameter  $s$  (Standardwert 1):

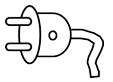
$$F(x, t, s) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctan \frac{x - t}{s}$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $F(x, t, s)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

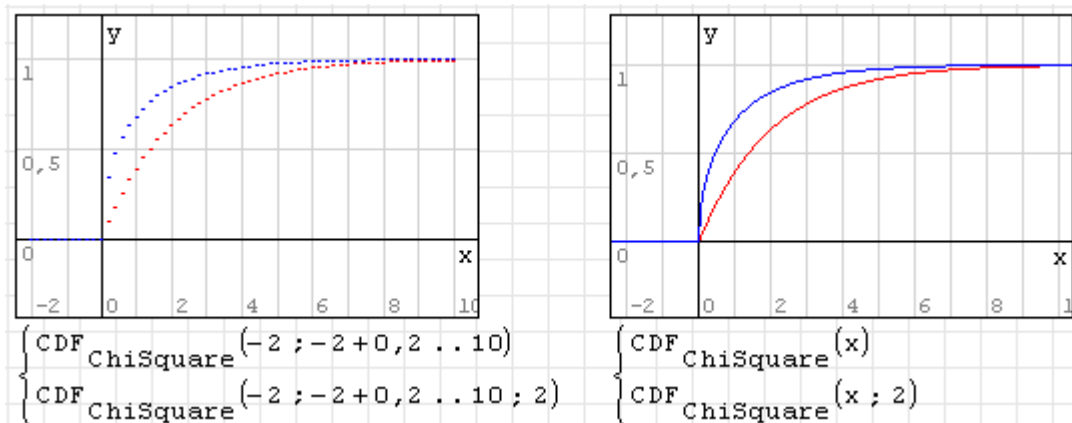
CDF.ChiSquare(x)  
 CDF.ChiSquare(x, n)



Verteilungsfunktion der  $\chi_n^2$ - (Chi-Quadrat-)Verteilung mit der Zahl der Freiheitsgrade  $n$  (Standardwert 1). Sie beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass die Quadratsumme von  $n$  standardnormalverteilten Zahlen kleiner oder gleich  $x$  ist. Sie kann mit Hilfe der regularisierten unvollständigen Gammafunktion  $P$  dargestellt werden:

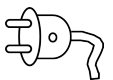
$$\chi_n^2(x) = F(x, n) = P\left(\frac{n}{2}, \frac{x}{2}\right)$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $F(x, n)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

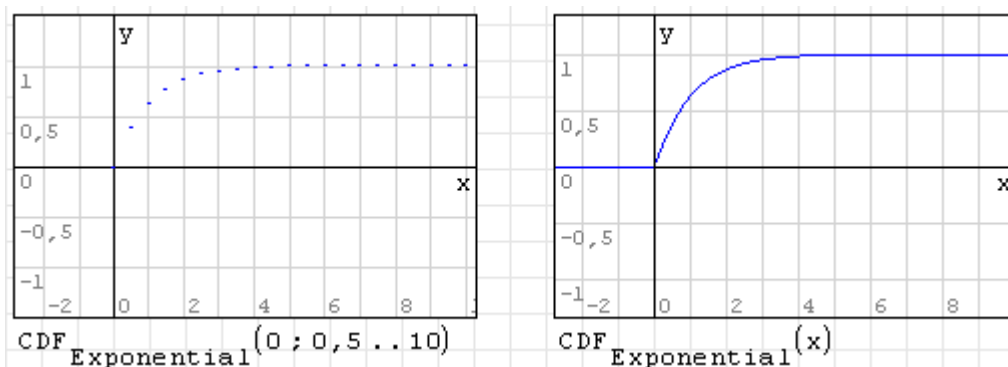
CDF.Exponential(x)  
 CDF.Exponential(x; Ereignisrate)

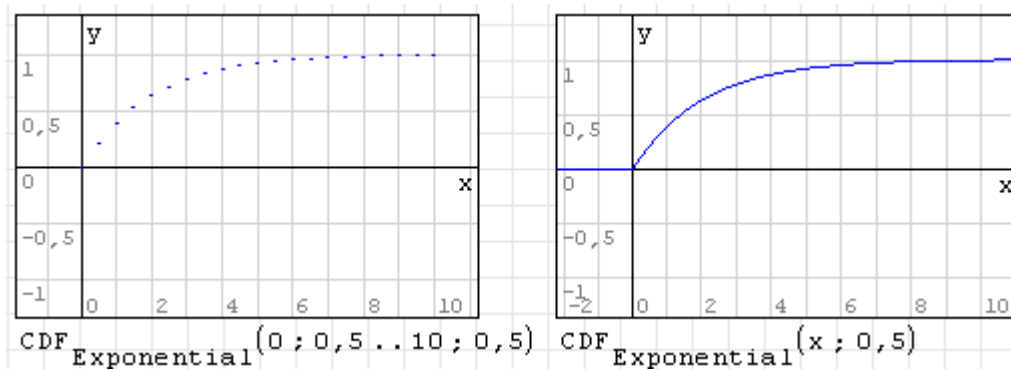


Verteilungsfunktion der Exponentialverteilung mit mittlerer Ereignisrate  $\lambda$ . Gibt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des nächsten Ereignisses innerhalb eines Bereichs von 0 bis  $x$  an. Voreinstellung der Ereignisrate ist  $\lambda = 1$ . Es gilt:

$$F(x, \lambda) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

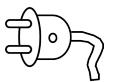
Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $F(x, \lambda)$ .





Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

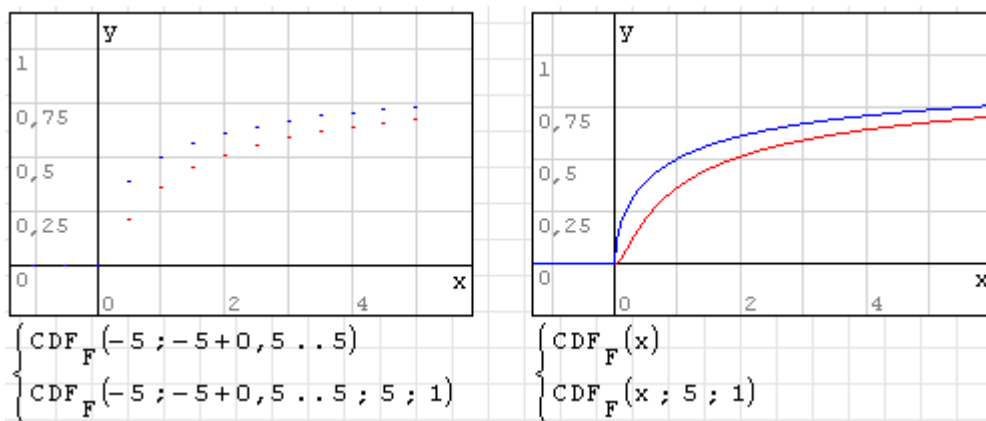
CDF.F(x)  
 CDF.F(x, m, n)



Verteilungsfunktion der Fisher- oder F-Verteilung mit  $m$  Freiheitsgraden im Zähler und  $n$  Freiheitsgraden im Nenner. Sie entspricht der Verteilung des Quotienten aus zwei normierten Quadratsummen standardnormalverteilter Zahlen. Die Verteilung wird mit der regulierten unvollständigen Betafunktion  $I(z, p, q)$  (siehe Seite 222) berechnet.

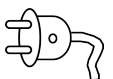
$$F_{m,n}(x) = \frac{\chi_m^2/m}{\chi_n^2/n} = I\left(\frac{xm}{xm+n}, \frac{m}{2}, \frac{n}{2}\right).$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $F_{m,n}(x)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

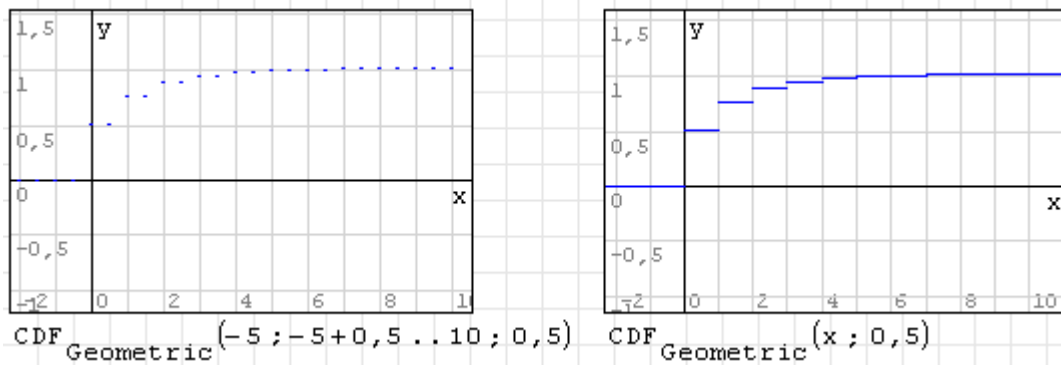
CDF.Geometric(x; p)



Verteilungsfunktion der Geometrischen Verteilung. Sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, maximal  $x$  Fehlversuche zu benötigen, bevor ein Versuch mit der Erfolgswahrscheinlichkeit  $p$  erfolgreich ist. Es gilt

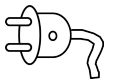
$$F(x, p) = 1 - (1 - p)^x$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $F(x, p)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

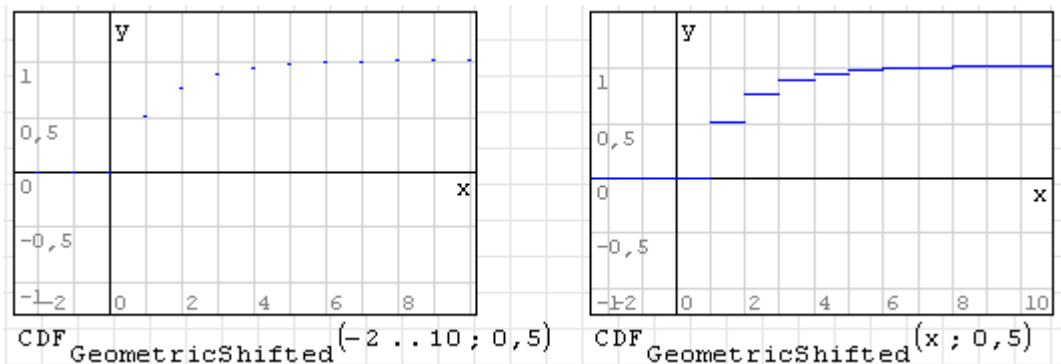
CDF.GeometricShifted(x; p)



Häufigkeitsfunktion der verschobenen Geometrischen Verteilung. Sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, maximal  $x$  Versuche der Erfolgswahrscheinlichkeit  $p$  zu benötigen, damit der Erfolg eintritt. Es gilt

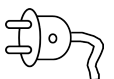
$$F(x, p) = 1 - (1 - p)^{x-1}$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $F(x, p)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

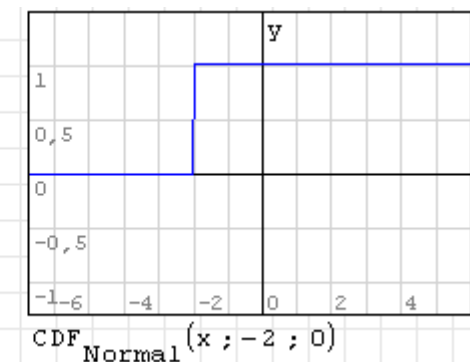
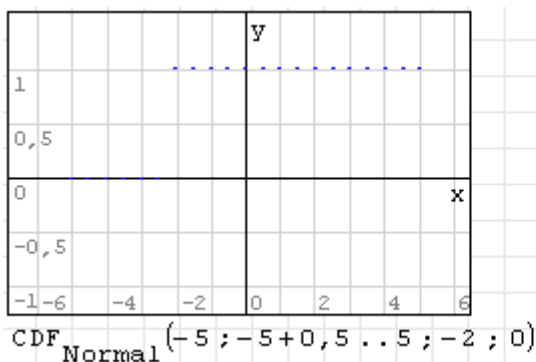
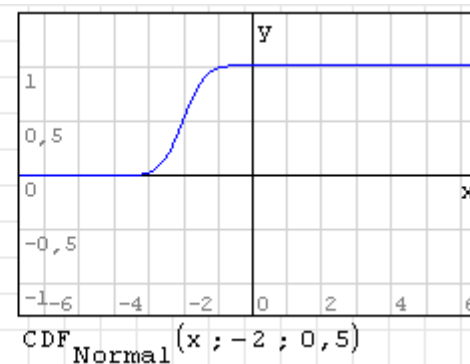
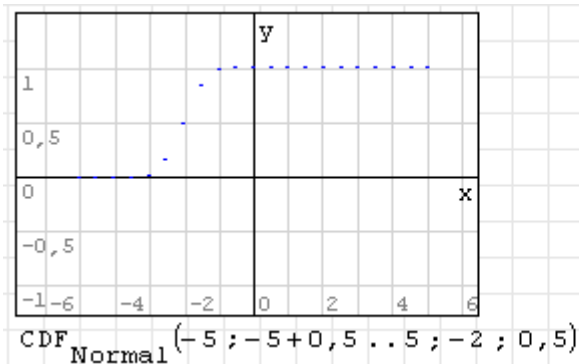
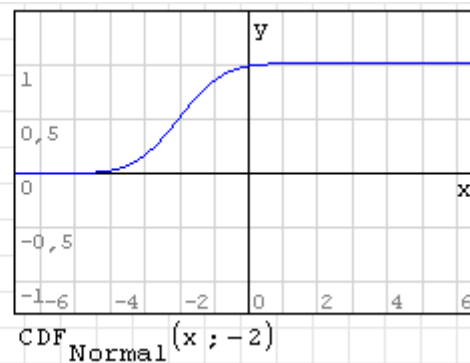
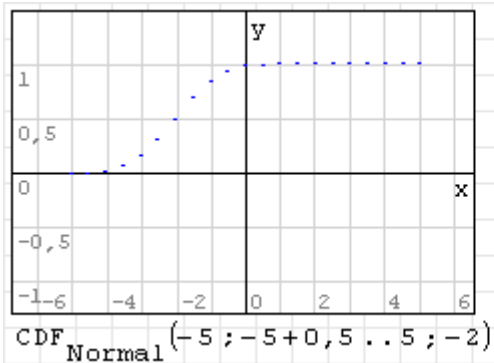
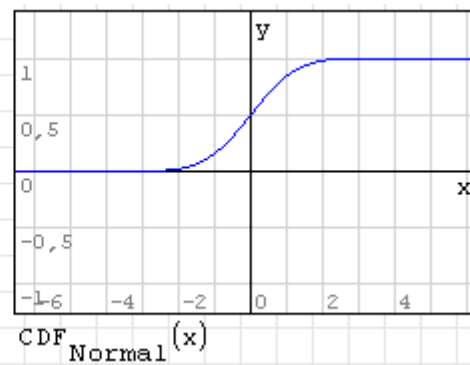
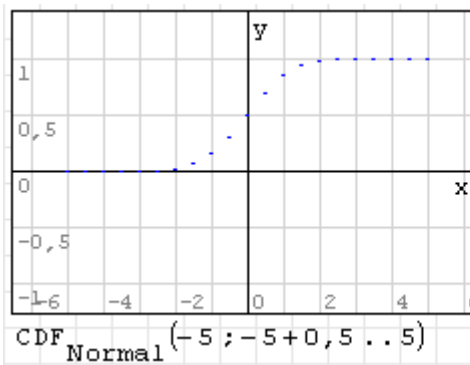
CDF.Normal(x)  
 CDF.Normal(x; Mittelwert)  
 CDF.Normal(x; Mittelwert; Standardabweichung)



Verteilungsfunktion der Normalverteilung, Voreinstellung ist Mittelwert  $\mu = 0$  und Standardabweichung  $\sigma = 1$  (Standardnormalverteilung). Es gilt:

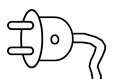
$$F(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{2} \left( 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{x - \mu}{\sigma \sqrt{2}} \right) \right)$$

Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $F(x, \mu, \sigma)$  erzeugt.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

`CDF.Poisson(x)`  
`CDF.Poisson(x; lambda)`

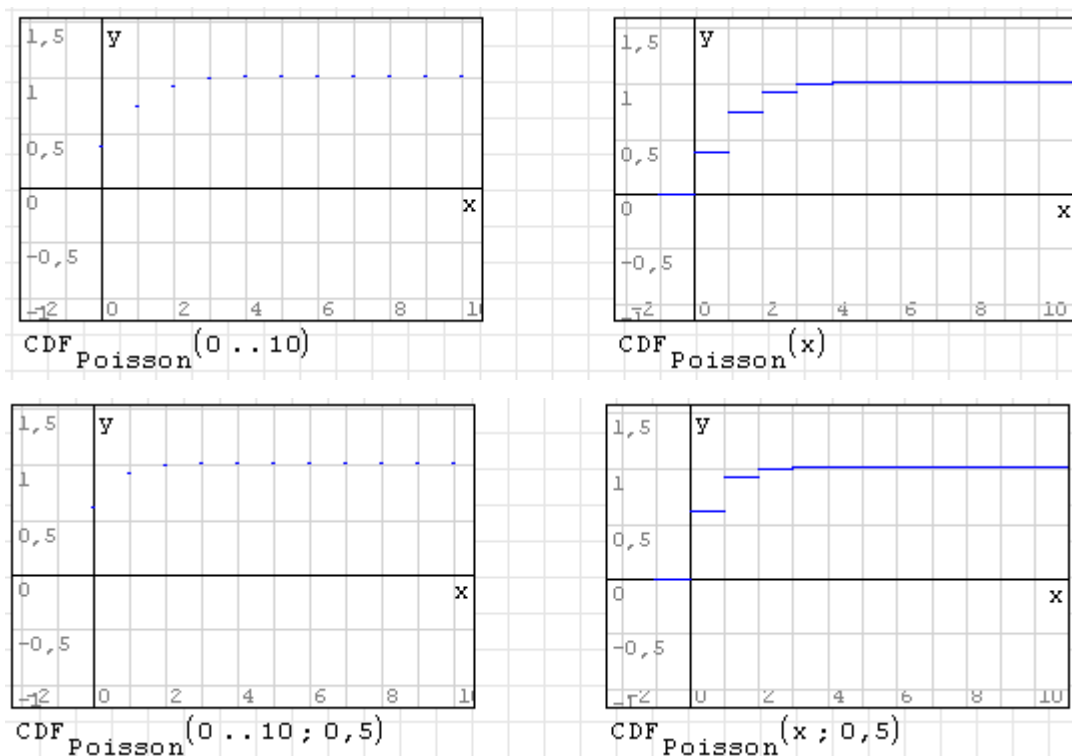


Verteilungsfunktion der (diskreten) Poisson-Verteilung. Gibt die Wahrscheinlichkeit an, innerhalb eines Zeitraums oder eines Gebiets höchstens  $x$  seltene Ereignisse anzutreffen,

wenn das Ereignis im Mittel  $\lambda$  mal in diesem Zeitraum oder Gebiet erwartet wird. Voreinstellung ist  $\lambda = 1$ . Es gilt:

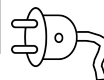
$$F(x, \lambda) = e^{-\lambda} \sum_{k=0}^x \frac{\lambda^k}{k!}$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $F(x, \lambda)$ .  $x$  muss ganzzahlig sein.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

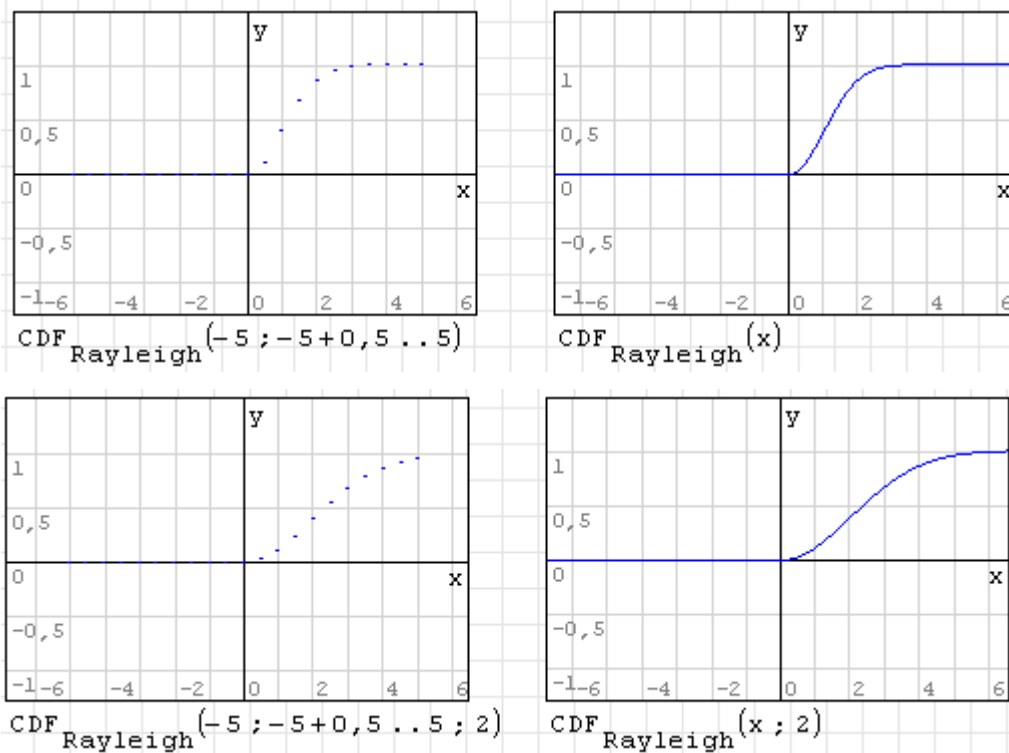
CDF.Rayleigh(x)  
 CDF.Rayleigh(x;  $\sigma$ )



Verteilungsfunktion der Rayleigh-Verteilung. Gibt die Wahrscheinlichkeitsdichte an, dass ein Vektor aus zwei mit  $\mu = 0$  und  $\sigma$  normalverteilten Komponenten höchstens den Betrag  $x$  hat. Die Standardabweichung ist auf  $\sigma = 1$  voreingestellt. Es gilt:

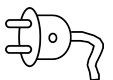
$$F(x, \sigma) = \begin{cases} 1 - e^{-x^2/2\sigma^2} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $F(x, \sigma)$  erzeugt.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

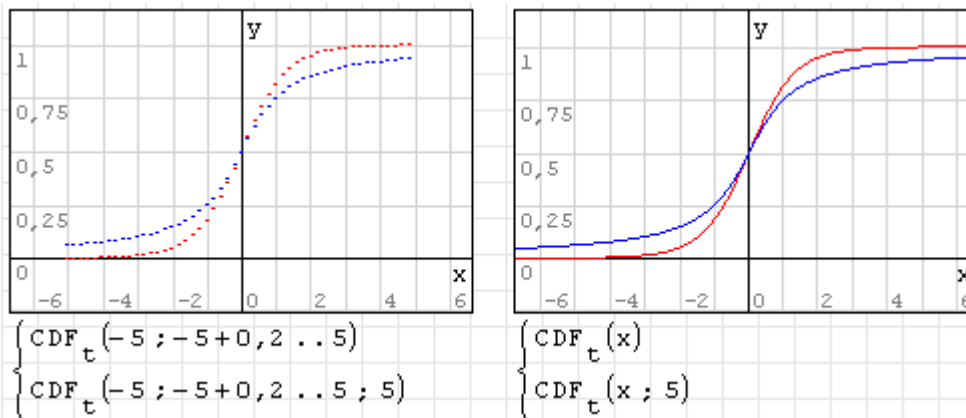
CDF. t(x)  
 CDF. t(x,n)



Verteilungsfunktion der Studentischen t-Verteilung mit  $n$  Freiheitsgraden (Standardwert 1). Die Verteilung wird mit der regularisierten unvollständigen Betafunktion  $I(z, p, q)$  (siehe Seite 222) berechnet.

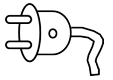
$$F(x, n) = I\left(\frac{x + \sqrt{x^2 + n}}{2\sqrt{x^2 + n}}, \frac{n}{2}, \frac{n}{2}\right).$$

Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $F(x, v)$  erzeugt.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

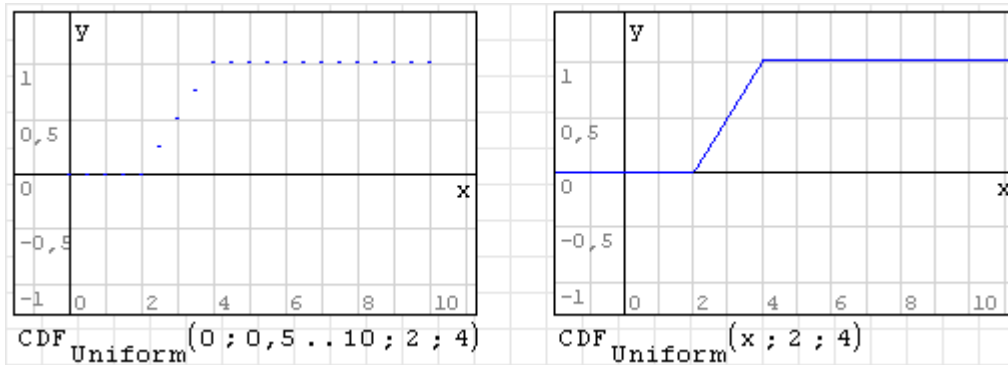
CDF.Uniform(x; a; b)



Verteilungsfunktion der stetigen Gleichverteilung im Intervall  $[a, b]$  mit

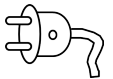
$$F(x, a, b) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & x > b \end{cases}$$

Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $F(x, a, b)$  erzeugt.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

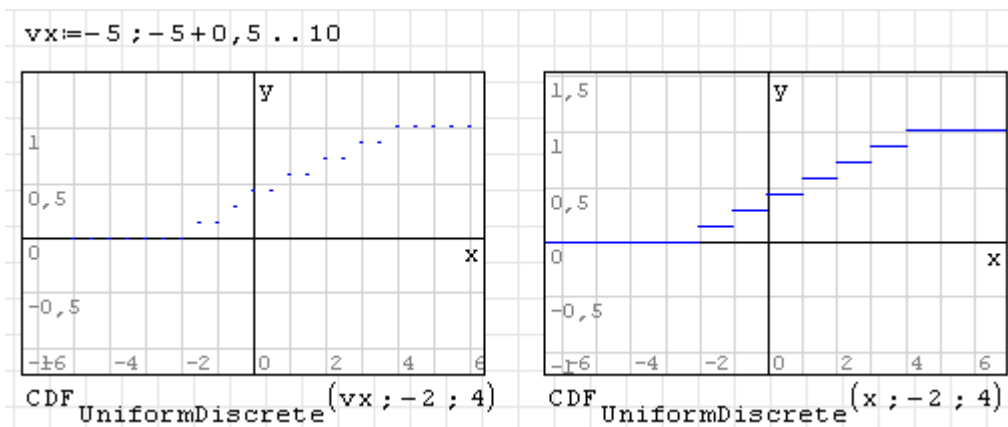
CDF.UniformDiscrete(x; a; b)



Verteilungsfunktion der diskreten Gleichverteilung im Intervall  $[a, b]$  mit

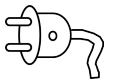
$$F(x, a, b) = \begin{cases} \frac{\lfloor x \rfloor - a + 1}{b - a + 1} & a \leq x \leq b \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Darin sind  $x$ ,  $a$  und  $b$  ganze Zahlen. Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $F(x, a, b)$  erzeugt.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

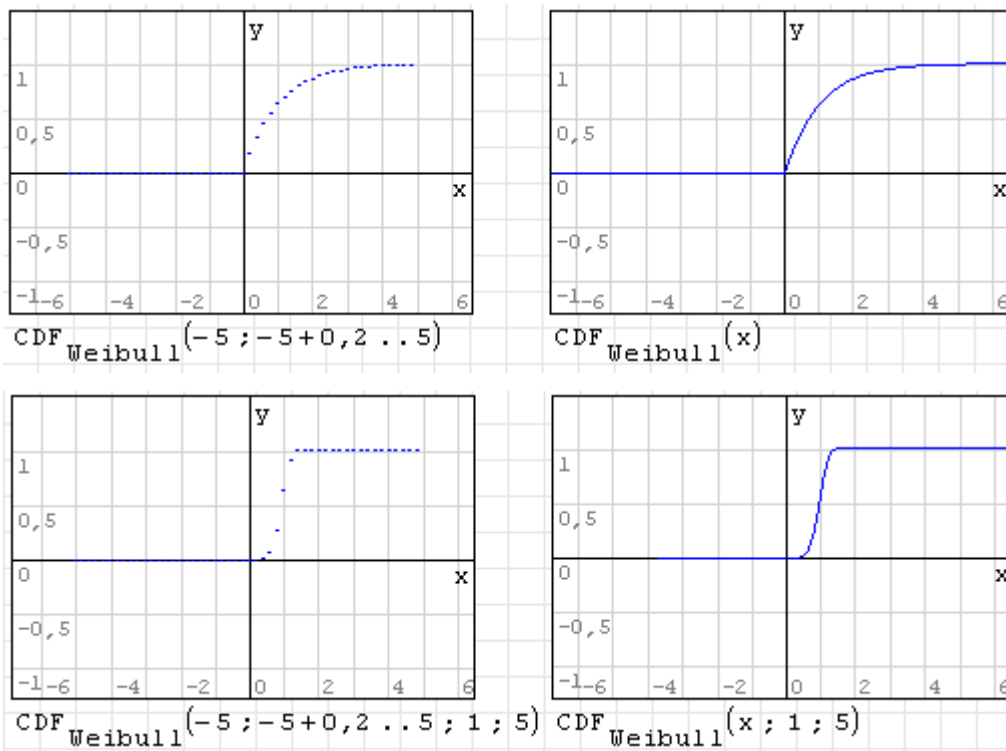
CDF.Weibull(t)  
 CDF.Weibull(t; T; k)



Verteilungsfunktion der Weibullverteilung mit der charakteristischen Lebensdauer  $T$  (Voreinstellung  $T = 1$ ) und dem Streuungsparameter  $k$  (Voreinstellung  $k = 1$ ). Es gilt:

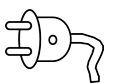
$$F(t, T, k) = 1 - e^{-(t/T)^k} \quad t \geq 0.$$

Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $t$  und  $F(t, T, k)$  erzeugt.

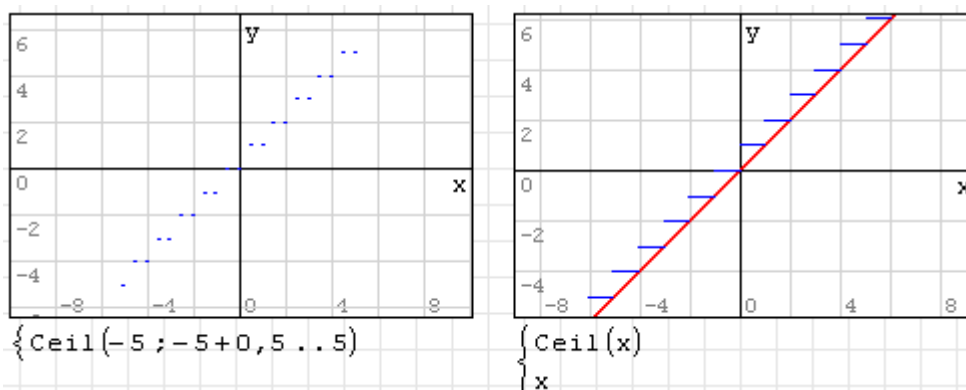


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

Ceil(x)



Liefert die nächste ganze Zahl, die größer oder gleich  $x$  ist. Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $\text{Ceil}(x)$  erzeugt.

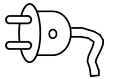


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
cinterp(X-Daten; Y-Daten; x)
```

Kubische Spline Interpolation der Daten am Punkt x

```
Clear(Variable1; Variable2; ...)
```



Löscht die Werte der Variablen.

```
A:=0   B:=1   C:=2
Clear(A)=1
A=■   B=1   C=2
Clear(B;C)=1
A=■   B=■   C=■
```

Die Funktion wird nur ausgeführt, wenn das Ergebnis abgefragt wird, daher reicht die Anweisung `Clear()` allein nicht aus, um eine Variable zu löschen.

```
A:=10   B:=11
Clear(A)=1   Clear(B)
A=■   B=11
```

Dabei wird ein Nebeneffekt der `line()`-Funktion verwendet. Dadurch ist die Variable bis zur Zuweisung anderer Datentypen vom Typ `line()`, also ein leerer Anweisungsblock.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

```
col(Matrix; i)
```

liefert die Spalte i der Matrix.

```
A:=⎛ 1 2 ⎞   col(A; 1)=⎛ 1 ⎞
   ⎛ 3 4 ⎞   ⎛ 3 ⎞
   ⎛ 5 6 ⎞
```

```
cols(Matrix)
```

Liefert die Zahl der Spalten der Matrix.

```
A:=⎛ 1 2 ⎞   cols(A)=2
   ⎛ 3 4 ⎞
   ⎛ 5 6 ⎞
```

```
concat(Zeichenkette; Zeichenkette [; Zeichenkette...])
```

Verbindet die gegebenen Zeichenketten.

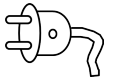
```
continue
```

Bricht den aktuellen Schleifendurchlauf ab, verlässt die Schleife aber nicht.

```
CreateMesh(Funktion; u0; u1; v0; v1; nu; nv)
```

Erzeugt ein plotfähiges Datenraster aus einer Funktion, die x-, y- und die z-Koordinaten einer Fläche als Funktion zweier unabhängiger Variablen. Beispiele siehe [Forumbeitrag](#)

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *3D Plot Region* (siehe Abschnitt [10.2.1](#)).



```
csort(Matrix; i)
```

Sortiert die Zeilen einer Matrix aufsteigend anhand der Spalte i.

$$\text{csort} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}; 1 \right) = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$$

```
CurrentDirectory(Pfadname)
```

Ermittelt oder setzt das aktuelle Verzeichnis. Pfadname ist eine Zeichenkette. Ist sie leer (""), wird das aktuelle Verzeichnis als Zeichenkette geliefert, ansonsten wird als Argument ein Pfadname erwartet, auf den das aktuelle Verzeichnis zu setzen ist.

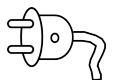
Rückgabewert ist immer das tatsächliche aktuelle Verzeichnis, so dass man prüfen kann, ob der Verzeichniswechsel erfolgreich war.

```
CWD := CurrentDirectory("")
CurrentDirectory("") = "D:\FHB\Software\SMath\SMath Skript\SMath\MathcadFileAccess\"
CWD = "D:\FHB\Software\SMath\SMath Skript\SMath\MathcadFileAccess\"
CurrentDirectory("d:\tmp") = "d:\tmp\"
CurrentDirectory(CWD) = "D:\FHB\Software\SMath\SMath Skript\SMath\MathcadFileAccess\"
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt [10.2.9](#)).

```
description(Bezeichner)
```

Liefert das Beschreibungsattribut eines Bezeichners passend zur aktuellen Spracheinstellung der Benutzeroberfläche. Die Beschreibung kann im Kontextmenü (rechte Maustaste) der Definition angezeigt und geändert werden.



```

Das ist einfach ein Bezeichner
a

Das Attribut "description" des Bezeichners "a" wurde nicht gesetzt
description(a)=0

Hier wird ein Wert zugewiesen.
a=1

Die Beschreibung an Zuweisungen setzt das Attribut "description"
description(a)="Hier wird ein Wert zugewiesen."

Noch eine Zuweisung
a:=2

Das Attribut "description" kann bei jeder Zuweisung
zum Bezeichner geändert werden.
description(a)="Noch eine Zuweisung"

```

det(Matrix)

Determinante der Matrix

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{vmatrix} = -2$$

Die numerische Berechnung von Determinante und Rang ist nicht robust, da die Zwischenergebnisse für die interne Zahlendarstellung zu groß werden. Im Einzelfall kann die symbolische Auswertung noch sinnvolle Werte liefern, stößt aber auch an Grenzen der Zahlendarstellung.

```

A:=
(8 0 4 8 8 2 8 3 3 2)
(5 3 0 7 4 7 5 4 6 7)
(5 8 4 1 8 3 1 8 6 9)
(6 3 5 0 0 3 8 9 8 0)
(5 8 3 5 8 3 4 6 6 5)
(9 6 7 2 8 9 6 3 9 5)
(1 9 6 4 5 1 8 0 6 1)
(9 5 5 5 1 7 5 8 2 4)
(8 4 2 1 9 9 5 2 1 1)
(6 5 9 3 9 5 1 8 0 7)

numerische Auswertung:
rank(A)=■
|A|=■

symbolische Auswertung:
rank(A)=10
|A|=
-----
16213093592340300000000

maple(|A|)=784894425

```

Maple findet die Determinante problemlos.

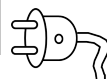
dfile(Dateiname)

Löscht eine mit wfile() (siehe Seite 233 geschriebene Datei, falls sie existiert. Liefert im Erfolgsfall 1 zurück, ansonsten 0. Beachten Sie, dass das Argument „Name“ buchstäblich genommen wird. Es wird nicht ausgewertet und kann keinen Pfad oder Endung enthalten.

Die Datei wird in einem speziellen Systemverzeichnis vermutet (unter XP: "C:\Documents and Settings\%USERNAME%\Application Data\SMath\user", unter Windows 7: C:\Users\%Benutzer%\AppData\Roaming\SMath\user). Sie können sich dieses Verzeichnis mit der Funktion `SettingsDirectory()` (im Plugin *Custom Functions*, siehe Seite 10.2.3) anzeigen lassen.

Man kann also nicht beliebige Dateien im ganzen Dateisystem löschen. Sowohl die Beschränkung auf das oben genannte Verzeichnis als auch der Verzicht auf berechnete Dateinamen tragen zur Sicherheit gegen Schäden durch versehentliche oder böswillige Löschung wichtiger Dateien bei.

`Diag(Matrix)`



Liefert eine Diagonalmatrix. Hat die Argumentmatrix mehr als eine Spalte, ist das Ergebnis die Argumentmatrix, bei der alle Nichtdiagonalelemente auf Null gesetzt werden. Ist die Argumentmatrix ein Spaltenvektor, wird eine Matrix mit den Vektorelementen als Diagonalelementen erzeugt. Das ist dann gleichwertig zur eingebauten Funktion `diag()`.

$$\text{Diag} \left( \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix} \quad \text{Diag} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 9 \end{pmatrix} \quad \text{Diag} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 4 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Diese Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (Abschnitt 10.2.3).

`diag(Spaltenmatrix)`

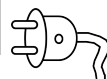
Liefert eine quadratische Matrix, deren Diagonaleinträge aus der Spaltenmatrix genommen werden.

$$\text{diag} \left( \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 5 \end{pmatrix}$$

`diff(Ausdruck; Variable)`  
`diff(Ausdruck; Variable; n)`

n-te Ableitung von Ausdruck nach Variable. Die Angabe von n ist optional und voreingestellt auf 1.

`Dirac(x)`  
`Dirac(x; x0)`



Dirac-Funktion, hat am Punkt  $x_0$  den Wert  $\infty$ , an allen anderen Stellen den Wert 1. Voreinstellung ist  $x_0 = 0$ .

$\text{Dirac}(0)=\infty$	$\text{Dirac}(1)=0$	$\text{Dirac}(-1)=0$
$\text{Dirac}(2; 2)=\infty$	$\text{Dirac}(1; 2)=0$	$\text{Dirac}(3; 2)=0$
$\text{Dirac}(-2 \dots 2)=\begin{pmatrix} -2 & 0 \\ -1 & 0 \\ 0 & \infty \\ 1 & 0 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}$	$\text{Dirac}(-1 \dots 3; 2)=\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 2 & \infty \\ 3 & 0 \end{pmatrix}$	

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt [10.2.12](#)).

```
el(Matrix; i)
el(Matrix; i; j)
```

Matrixelement  $i$  (Zeile),  $j$  (Spalte). Wird nur ein Index angegeben, wird zeilenweise durchgezählt. Die Indexfunktion kann auch auf der linken Seite von Zuweisungen verwendet werden. Wenn das adressierte Matrixelement nicht existiert, wird die Matrix erzeugt oder vergrößert.

```
e0oM(Variable)
```

Größenordnung der Variable (gerundeter dekadischer Logarithmus). Bei Variablen mit Einheiten bezieht sich das Ergebnis auf die Basiseinheit. Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *customFunction* (Seite [204](#)).

```
e0oM.10(Variable)
```

10 hoch Größenordnung der Variable. Die Größenordnung wird als korrekt gerundeter dekadischer Logarithmus berechnet. Bei Variablen mit Einheiten bezieht sich das Ergebnis auf die Basiseinheit.

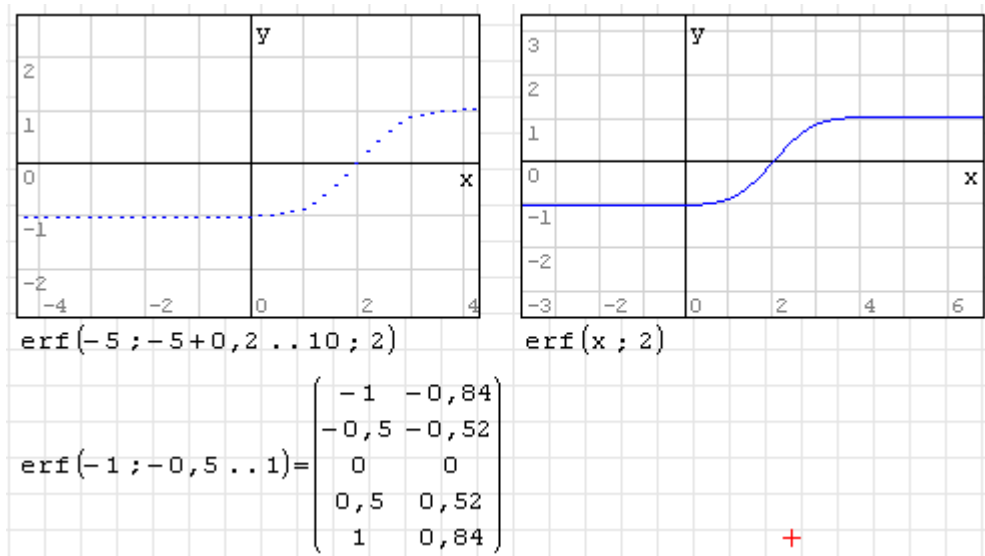
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Function* (Seite [204](#)).

```
erf(x)
erf(x; x0)
```

Fehlerfunktion, numerisch berechnet.

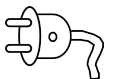
$$\text{erf}(z, z_0) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{-z_0}^{z-z_0} e^{-t^2} dt$$

Ist das Argument ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Argumentwertepaaren zurückgegeben. Ein optionales zweites Argument verschiebt den Symmetriepunkt entlang  $x$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

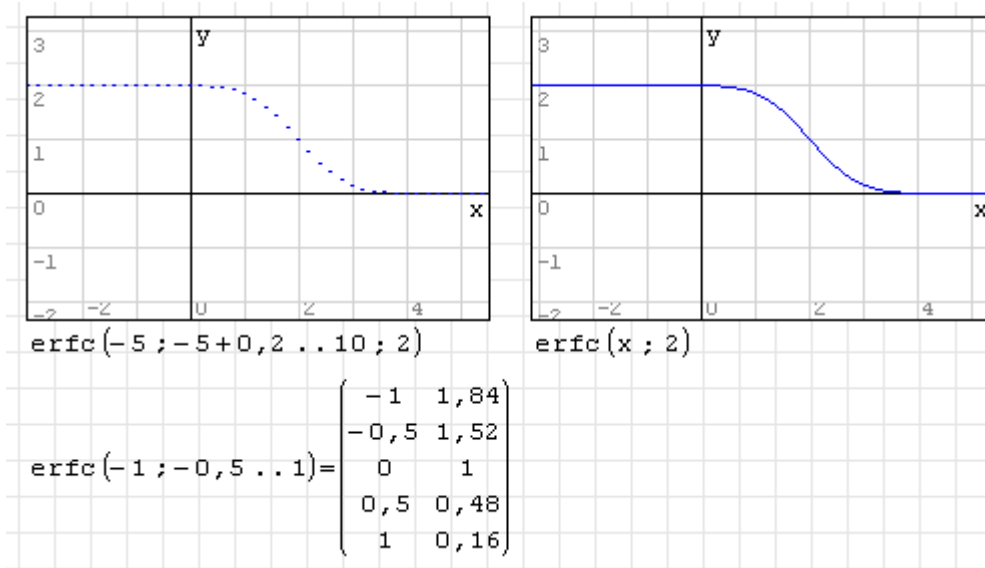
erfc(x)  
erfc(x; x0)



komplementäre Fehlerfunktion, numerisch berechnet.

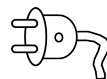
$$\text{erfc}(z, z_0) = 1 - \text{erf}(z, z_0) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{-z_0}^{z-z_0} e^{-t^2} dt$$

Ist das Argument ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Argument-Wertepaaren zurückgegeben. Ein optionales zweites Argument verschiebt den Symmetriepunkt entlang  $x$ .

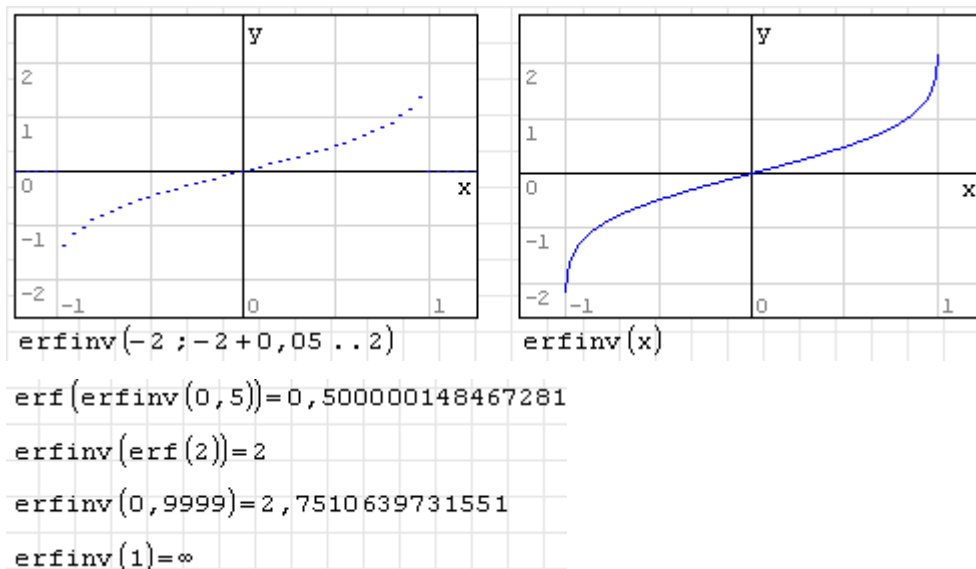


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

erfinv(x)



Inverse Fehlerfunktion, durch Reihenentwicklung berechnet. Ist das Argument ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Argument-Wertepaaren zurückgegeben.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt [10.2.12](#)).

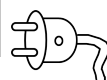
```
error(Text)
```

Erzeugt eine SMath-Fehlermeldung mit Text (Zeichenkette) als Inhalt.

```
eval(Ausdruck)
```

Erzwingt die numerische Auswertung des Ausdrucks. Wenn dies in Funktionsdefinitionen verwendet wird, erfolgt die numerische Auswertung zum Zeitpunkt des Aufrufs. Kann zu erheblicher Rechenzeitverkürzung führen.

```
exportCell(Wert; Dateiname; Blattname; Zeile; Spalte)
```



Schreibt den Wert in die angegebenen Zeile und Spalte (beides als Zahlen) des angegebenen Blatts in der angegebenen Datei (.xls). Die Datei und das Blatt (Tabelle) müssen bereits existieren. Die geschriebenen Werte können mit `importCell()`, siehe Seite [260](#) wieder eingelesen werden, das funktioniert aber nur für ganzzahlige Werte oder Zeichenketten. Fließkommazahlen können nicht korrekt eingelesen werden. Zudem sind die von SMath modifizierten Dateien nicht mit Excel unter Windows 7 lesbar.

```

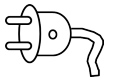
exportCell("a"; "Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 2)=1
importCell("Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 2)="a"
exportCell(3; "Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 3)=1
importCell("Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 3)=3
exportCell(3,1; "Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 4)=1
importCell("Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 4)=

```

3;1 - unbestimmt.

Diese Funktion ist Bestandteil des Plugins *Excel Collaboration* (siehe Abschnitt 10.2.5).

```
exportData.CSV(Variable; Dateiname; Pfadname)
```



Schreibt die Daten aus *Variable* in eine *csv*-Datei (Kommagetrennte Spalten) mit dem Namen *Dateiname* (Endung *.csv* wird automatisch ergänzt) im Verzeichnis *Pfadname*. Liefert im Erfolgsfall den Wert 1, ansonsten den Wert 0.

Wird die Verzeichnisangabe weggelassen, wird die Datei in das gleiche Verzeichnis geschrieben, in der die exportierende *.sm*-Datei liegt.

```

A:=
(
  1      2,3 kN      4/5      -57,1 (sin(√2) "Text mit äöü")
  sin(√2) "Text φ" e50 3>2      "Noch "ein" Text"
)

Dir := "D:\tmp"      Name := "export"

exportData_CSV(A; Name)=1
exportData_CSV(A; Name; Dir)=1

```

Das Dateiformat wird durch die aktuellen Einstellungen von Argumenttrennzeichen (im vorliegenden Handbuch standardmäßig das Semikolon) und Dezimaltrennzeichen (hier das Komma) bestimmt. In symbolischen Ausdrücken, die nicht als Zahl ausgewertet werden können, wird die einstellungsunabhängige interne Darstellung mit Komma und Punkt als Argument- und Dezimaltrennzeichen verwendet.

Die Datei *export.csv* hat im oben angegebenen Beispiel folgenden Inhalt:

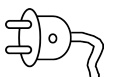
```

1,"2300*{'kg*'m}/'s^2",0.8,-57.1,"mat(0.987765945992735,""Text mit äöü"",1,2)"
0.987765945992735,"Text φ",5.18470552858706E+21,1,"Noch ""ein"" Text"

```

Diese Funktion ist Bestandteil des Plugins *Data Exchange* (siehe Abschnitt 10.2.4).

```
exportData.ODF(Ausdruck; Dateiname; Pfadname)
```



Exportiert *Ausdruck* in eine *odf*-Datei (Openoffice Formeleditor) mit dem Namen *Dateiname* (Endung *.odf* wird automatisch ergänzt) im Verzeichnis *Pfadname*. Liefert im Erfolgsfall den Wert 1, ansonsten den Wert 0.

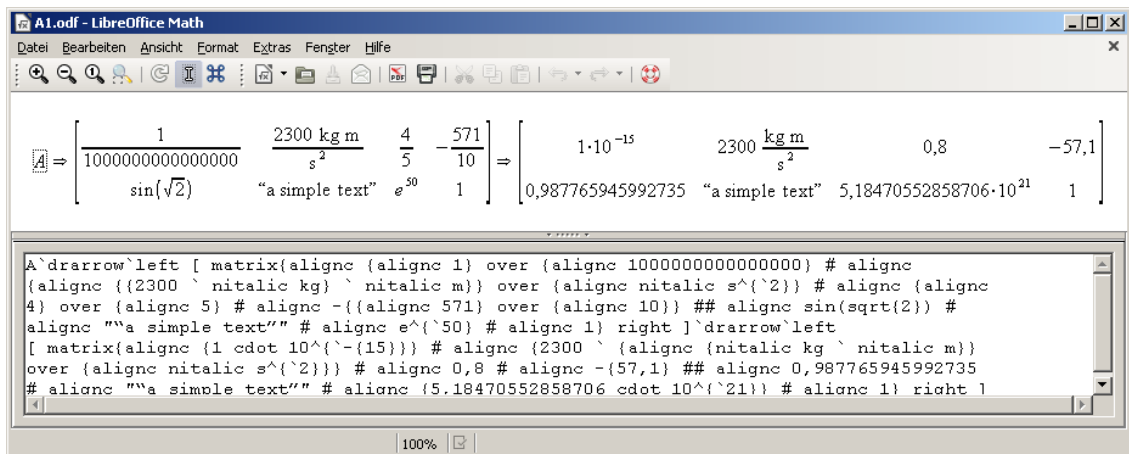
Wird die Verzeichnisangabe weggelassen, wird die Datei in das gleiche Verzeichnis geschrieben, in der die exportierende .sm-Datei liegt.

Die exportierte Formel hat die Struktur

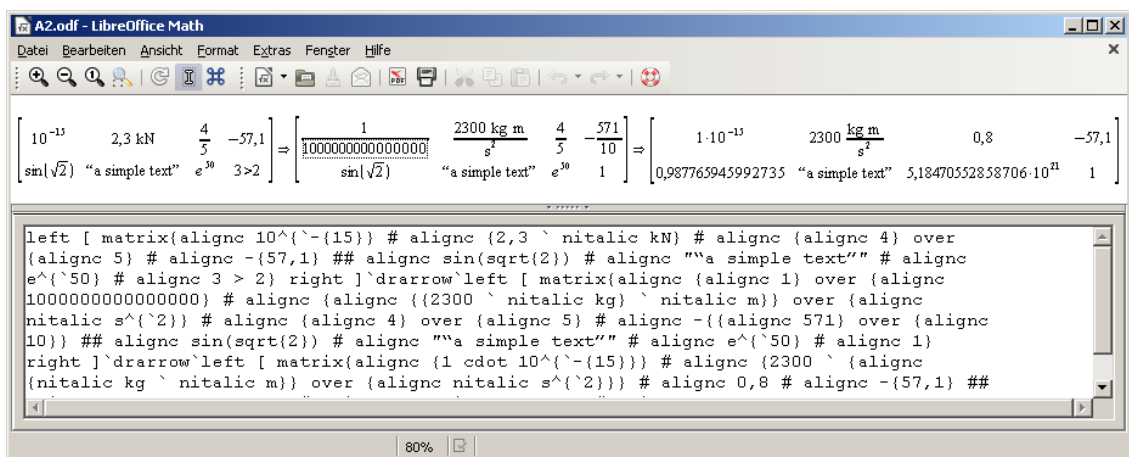
Ausdruck  $\Rightarrow$  symbolisch ausgewertet  $\Rightarrow$  numerisch ausgewertet

$$A := \begin{pmatrix} 10^{-15} & 2,3 \text{ kN} & \frac{4}{5} & -57,1 \\ \sin(\sqrt{2}) & \text{"a simple text"} & e^{50} & 3 > 2 \end{pmatrix}$$

`exportData_ODF(A ; "A1") = 1`

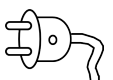


$$\text{exportData}_{\text{ODF}} \left( \begin{pmatrix} 10^{-15} & 2,3 \text{ kN} & \frac{4}{5} & -57,1 \\ \sin(\sqrt{2}) & \text{"a simple text"} & e^{50} & 3 > 2 \end{pmatrix} ; \text{"A2"} \right) = 1$$



Diese Funktion ist Bestandteil des Plugins *Data Exchange* (siehe Abschnitt 10.2.4).

```
exportData.ODS(Ausdruck; Dateiname)
exportData.ODS(Ausdruck; Dateiname; Pfadname)
```



Schreibt die Daten aus Ausdruck in eine ods-Datei (Openoffice Calc) mit dem Namen Dateiname (Endung .ods wird automatisch ergänzt) im Verzeichnis Pfadname. Liefert im Erfolgsfall den Wert 1, ansonsten den Wert 0.

Wird die Verzeichnisangabe weggelassen, wird die Datei in das gleiche Verzeichnis geschrieben, in der die exportierende .sm-Datei liegt.

```

A := (
  1          2,3 kN          4/5 -57,1 (sin(sqrt(2)) "a nested simple text")
  sin(sqrt(2)) "a simple text" e^50 3>2          "a more "complex" text"
)

Dir := "D:\tmp"      Name := "SMath Export"

exportData_ODS(A ; Name) = 1

exportData_ODS(A ; Name ; Dir) = 1

```

Die Einstellungen für Argumenttrennzeichen und Dezimaltrennzeichen haben keine Auswirkungen auf das Dateiformat. In symbolischen Ausdrücken, die nicht als Zahl ausgewertet werden können, wird die einstellungsunabhängige interne Darstellung mit Komma und Punkt als Argument- und Dezimaltrennzeichen verwendet. Das Ergebnis ist eine entsprechend formatierter Text.

Die so erzeugten ods-Dateien können auch mit Excel geöffnet werden (hier unter Windows 7):

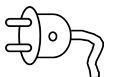
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	2300*{'kg*m	0,8	-57,1	mat(0.987765945992735."a nested simple text".1.2)			
2	0,98776595	a simple text	5,1847E+21	1	a more "complex" text			

Diese Funktion ist Bestandteil des Plugins *Data Exchange* (siehe Abschnitt 10.2.4).

```

exportData.XLSX(Ausdruck; Dateiname)
exportData.XLSX(Ausdruck; Dateiname; Pfadname)

```



Schreibt die Daten aus Ausdruck in eine xlsx-Datei (MS Excel) mit dem Namen Dateiname (Endung .xlsx wird automatisch ergänzt) im Verzeichnis Pfadname. Liefert im Erfolgsfall den Wert 1, ansonsten den Wert 0.

Wird die Verzeichnisangabe weggelassen, wird die Datei in das gleiche Verzeichnis geschrieben, in der die exportierende .sm-Datei liegt.

```

exportData_XLSX (
  10^-15          2,3 kN          4/5 -57,1
  sin(sqrt(2)) "a simple text" e^50 3>2
); "my SMath XLSX output" = 1

```

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	1E-15	2300*{'kg^	8	-571	mat(0.987765945992735,"a nested simple text",1,2)				
2	9,88E+14	a simple t	5,18E+35	1	a more "complex" text				

Diese Funktion ist Bestandteil des Plugins *Data Exchange* (siehe Abschnitt 10.2.4).

```
findrows(Matrix; Ausdruck; i)
```

Liefert eine Matrix mit allen Zeilen aus Matrix, deren Wert in Spalte i gleich Ausdruck ist. Wird kein passender Eintrag gefunden, liefert die Funktion den Wert Null.

$$\text{findrows} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} ; 4 ; 2 \right) = \begin{pmatrix} 3 & 4 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$$

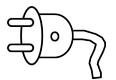
$$\text{findrows} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} ; 5 ; 1 \right) = \begin{pmatrix} 5 & 6 \end{pmatrix}$$

$$\text{findrows} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} ; 7 ; 1 \right) = 0$$

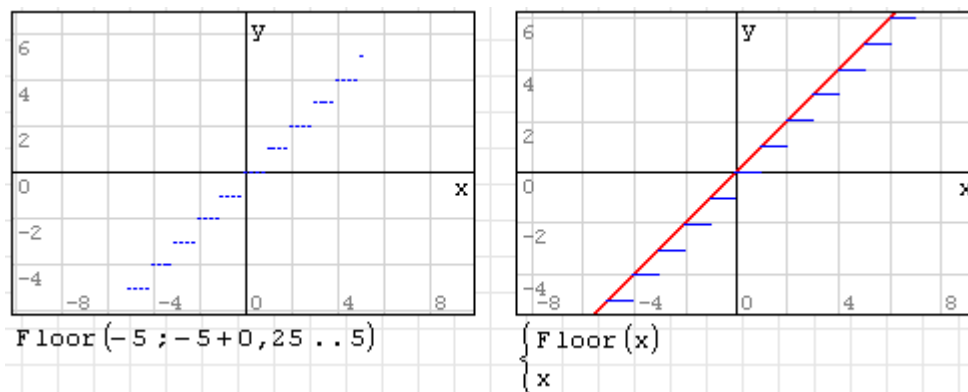
```
findstr(Zeichenkette1; Zeichenkette2)
```

liefert einen Vektor mit den Startpositionen der Zeichenkette2 in Zeichenkette1. Ist Zeichenkette2 nicht enthalten, wird -1 zurückgeliefert.

```
Floor(x)
```



Liefert die nächste ganze Zahl, die kleiner oder gleich  $x$  ist. Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zwispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $\text{Floor}(x)$  erzeugt.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
for(Variable; Wertebereich; Ausdruck)
```

Mengenschleife. Der Ausdruck wird wiederholt ausgeführt, wobei Variable nimmt nacheinander alle Werte aus Wertebereich an. Die Schleife liefert keinen Rückgabewert.

```

s:=0 ;  $\frac{\pi}{4}$  .. 2· $\pi$  for i ∈ 1 .. length(s)
      yi := sin(si)

s =  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0,79 \\ 1,57 \\ 2,36 \\ 3,14 \\ 3,93 \\ 4,71 \\ 5,5 \\ 6,28 \end{pmatrix}$       y =  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0,7071 \\ 1 \\ 0,7071 \\ 0 \\ -0,7071 \\ -1 \\ -0,7071 \\ -2,4492 \cdot 10^{-16} \end{pmatrix}$ 
    
```

for(Startanweisung; Bedingung; Fortsetzungsanweisung; Ausdruck)

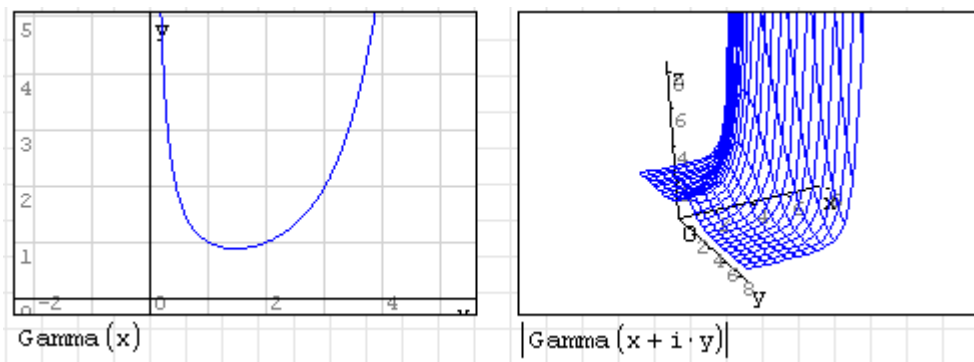
Kopfgesteuerte Schleife. Zunächst wird die Startanweisung ausgeführt. Wenn die Bedingung wahr ist, wird der Ausdruck und dann die Fortsetzungsanweisung ausgeführt. Dies wird wiederholt, solange die Bedingung wahr ist.

Gamma(x)

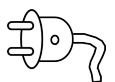
Liefert die Gamma-Funktion einer komplexen Zahl, allerdings nur für x mit nichtnegativem Realteil.

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty t^{x-1} e^{-t} dt.$$

Sie interpoliert die für natürliche Zahlen definierte Fakultätsfunktion.



GammaRegularized.P(a, x)



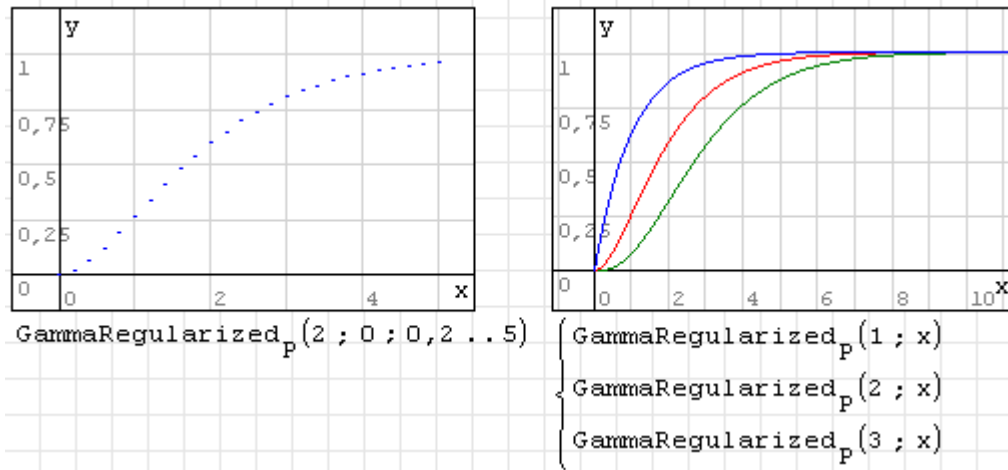
Liefert die regularisierte Gamma-Funktion der oberen Grenze

$$P(a, x) = \frac{\gamma(a, x)}{\Gamma(a)}$$

mit der unvollständigen Gammafunktion der oberen Grenze

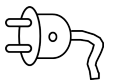
$$\gamma(a, x) = \int_0^x t^{a-1} e^{-t} dt$$

Ist das Argument  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Wertepaaren  $x, P(a, x)$  zurückgegeben.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

GammaRegularized.Q(a, x)



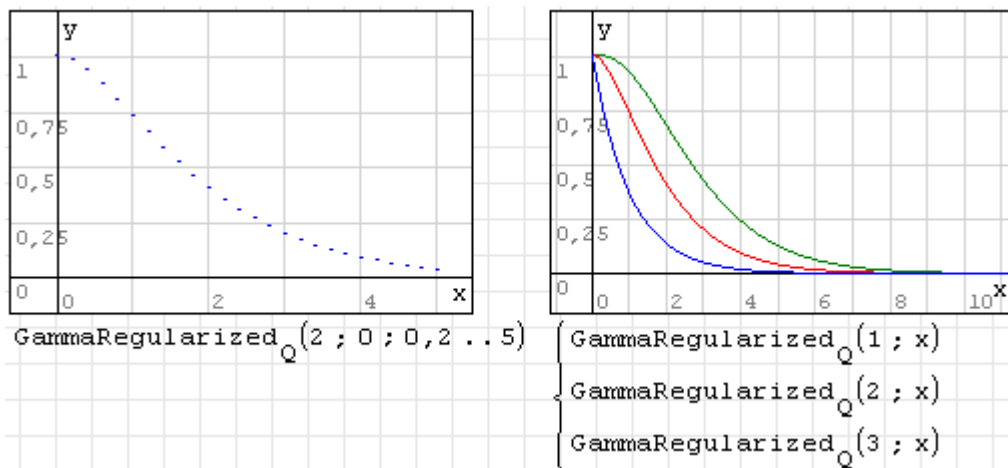
Liefert die regularisierte Gamma-Funktion der unteren Grenze

$$Q(a, x) = \frac{\Gamma(a, x)}{\Gamma(a)}$$

mit der unvollständigen Gammafunktion der unteren Grenze

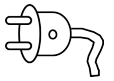
$$\Gamma(a, x) = \int_x^\infty t^{a-1} e^{-t} dt$$

Ist das Argument  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Wertepaaren  $x, Q(a, x)$  zurückgegeben.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt [10.2.12](#)).

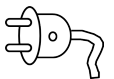
```
GaussNewton(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter)
GaussNewton(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter; Schalter)
```



Gauss-Newton-Optimierer. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

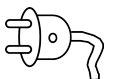
```
GaussNewton.CD(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeit;
maxIter)
GaussNewton.CD(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeit;
maxIter; Schalter)
```



Gauss-Newton-Optimierer mit numerischer Ableitungsberechnung mittels zentralem Differenzenquotient. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Schrittweite: Schrittweite im zentralen Differenzenquotienten. Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

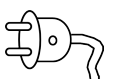
```
GaussNewton.CDGSS(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeit;
maxIter)
GaussNewton.CDGSS(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeit;
maxIter; Schalter)
```



Gauss-Newton-Optimierer mit numerischer Ableitungsberechnung mittels zentralem Differenzenquotient und Line Search nach dem Goldenen Schnitt-Suchverfahren. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Schrittweite: Schrittweite im zentralen Differenzenquotienten. Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

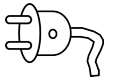
```
GaussNewton.GSS(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter)
GaussNewton.GSS(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter; Schalter)
```



Gauss-Newton-Optimierer mit Line Search nach dem Goldenen Schnitt-Suchverfahren. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

## GeometricMean(Daten)



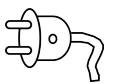
Liefert den geometrischen Mittelwert der Daten (Matrix, Vektor oder Liste):

$$m = \left( \prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$\text{GeometricMean} \left( \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \right) = 2,5198 \quad \text{GeometricMean} \left( \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 & 6 & 2 \\ 3 & 2 & 5 & 2 & 3 & 5 \\ 5 & 2 & 1 & 3 & 4 & 1 \end{pmatrix} \right) = 2,5405$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

## GetFolderPath(Kennzahl)



Liefert den zu Kennzahl gehörenden Systempfad unter Windows zurück. Bei ungültiger Kennzahl erfolgt eine Fehlermeldung. Die hier angegebenen Kennzahlen wurden durch Ausprobieren ermittelt.

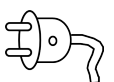
PROGRAMS := 2	PERSONAL := 5	FAVORITES := 6	STARTUP := 7	RECENT := 8	SENDTO := 9
STARTMENU := 11	MUSIC := 13	DESKTOP := 16	TEMPLATES := 21	APPDATA := 26	
LOCALAPPDATA := 28	INTERNETCASH := 32	COOKIES := 33	HISTORY := 34		
COMMONAPPDATA := 35	SYSTEM := 37	PROGRAMFILES := 38	PICTURES := 39		
COMMONPROGRAMFILES := 43					

Hier einige Beispiele:

```
GetFolderPath(PERSONAL) = "C:\Users\Kraska\Documents"
GetFolderPath(FAVORITES) = "C:\Users\Kraska\Favorites"
GetFolderPath(COOKIES) = "C:\Users\Kraska\AppData\Roaming\Microsoft\Windows\Cookies"
GetFolderPath(HISTORY) = "C:\Users\Kraska\AppData\Local\Microsoft\Windows\History"
GetFolderPath(COMMONAPPDATA) = "C:\ProgramData"
GetFolderPath(SYSTEM) = "C:\Windows\system32"
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

## GETWAVINFO(Dateiname)



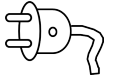
Lesen von .wav-Dateiinformatoren. Es wird ein Vektor mit vier Elementen zurückgegeben:

```
WavInfo := GETWAVINFO("test.wav")

WavInfo =  $\begin{pmatrix} 1 \\ 8000 \\ 8 \\ 8000 \end{pmatrix}$ 
           Kanäle
           Abtastrate (Werte pro Sekunde)
           Auflösung (Bit)
           Bytes pro Sekunde (im Mittel)
```

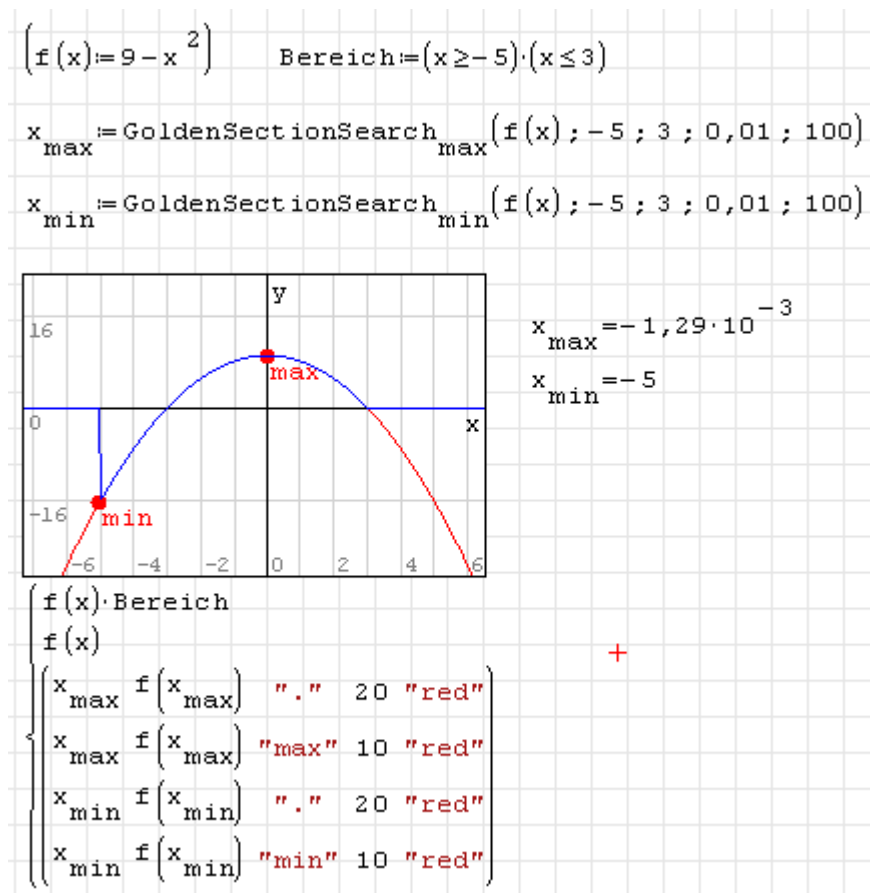
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

```
GoldenSectionSearch.max(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen;
Genauigkeiten, maxIter)
GoldenSectionSearch.max(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen;
Genauigkeiten, maxIter; Schalter)
```

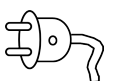


Optimierer nach dem Goldenen-Schnitt-Suchverfahren, maximiert die Zielfunktionen. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Untergrenze/Obergrenze: Liste der unteren/oberen Grenzwerte für die unbekanntnen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).



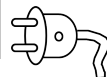
```
GoldenSectionSearch.min(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen;
Genauigkeiten, maxIter)
GoldenSectionSearch.min(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen;
Genauigkeiten, maxIter; Schalter)
```



Optimierer nach dem Goldenen-Schnitt-Suchverfahren, minimiert die Zielfunktionen. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntnen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

```
gpc_add_contour(Polygon; Randkurve; Lochschalter)
```



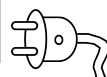
Fügt eine Randkurve zu einem Polygon hinzu. Wenn `Lochschalter=1` ist, dann definiert die Randkurve ein Loch. Die Randkurve ist als zweispaltige Matrix mit den Werten

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \end{bmatrix}$$

gegeben. Sind der erste und der letzte Punkt nicht identisch, wird die Randkurve automatisch geschlossen.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *GPCPlugin* (siehe Abschnitt 10.2.6).

```
gpc_clip(Nummer; Polygon1; Polygon2)
```

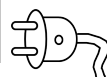


Führt eine Operation mit `Polygon1` und `Polygon2` aus. Folgende Operationen werden unterstützt:

Nummer	Operation
0	Differenz
1	Schnittmenge
2	Exklusives Oder
3	Vereinigung

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *GPCPlugin* (siehe Abschnitt 10.2.6).

```
gpc_get_contour(Gebiet; Randnummer; Format)
```

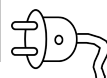


Liefert die Randkurve mit der Nummer `Randnummer` aus dem Gebiet `Gebiet`. `Format = 0` liefert jeden Randpunkt einmal, `Format = 1` wiederholt den ersten Punkt am Ende nochmal. Damit kann dann direkt eine geschlossene Randkurve geplottet werden. Das Ergebnis ist eine zweispaltige Matrix:

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \end{bmatrix}$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *GPCPlugin* (siehe Abschnitt 10.2.6).

```
gpc_polygon(Randpunkte)
```



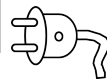
Erzeugt ein Polygon aus einer Matrix von Randpunkten im Format

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \end{bmatrix}.$$

Die Punkte können, müssen aber keinen geschlossenen Rand bilden. Das Ergebnispolygon ist in jedem Fall geschlossen.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *GPCPlugin* (siehe Abschnitt 10.2.6).

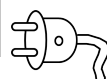
```
gpc_polygon_to_tristrip(Gebiet)
```



Erzeugt eine Dreieckskettendarstellung.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *GPCPlugin* (siehe Abschnitt 10.2.6).

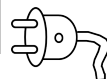
```
gpc_read_polygon(Datei; Lochschalter)
```



Liest ein Polygon aus einer Datei.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *GPCPlugin* (siehe Abschnitt 10.2.6).

```
gpc_tristrip_clip(Nummer; Polygon1; Polygon2)
```

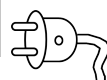


Führt eine Operation mit Polygon1 und Polygon2 aus und liefert das Ergebnis als Dreieckskette. Folgende Operationen werden unterstützt:

Nummer	Operation
0	Differenz
1	Schnittmenge
2	Exklusives Oder
3	Vereinigung

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *GPCPlugin* (siehe Abschnitt 10.2.6).

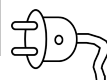
```
gpc_write_polygon(Polygon; Datei; Lochschalter)
```



Schreibt das Polygon Polygon in eine Datei namens Datei und setzt den Lochschalter auf den Wert Lochschalter

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *GPCPlugin* (siehe Abschnitt 10.2.6).

```
Gradient(Funktionen, Variable)
```

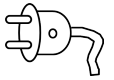


Funktionen: Liste von  $m$  Funktionen, Variable: Liste von  $n$  Variablen. Berechnet den Gradient der Funktionen in Richtung der Variablen. Das Ergebnis ist eine Liste von  $n$  Listen mit partiellen Ableitungen der  $m$  Funktionen.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

```
GradientAscent(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter)
```

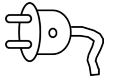
```
GradientAscent(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter; Schalter)
```



Optimierer nach dem Verfahren des steilsten Anstiegs. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

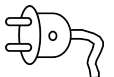
```
GradientAscent.GSS(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter)
GradientAscent.GSS(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter;
Schalter)
```



Optimierer nach dem Verfahren des steilsten Anstiegs mit Line Search nach dem Goldenen-Schnitt-Suchverfahren. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

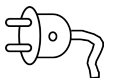
```
GradientDescent(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter)
GradientDescent(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter; Schalter)
```



Optimierer nach dem Verfahren des steilsten Abstiegs. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

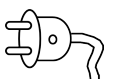
```
GradientDescent.GSS(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter)
GradientDescent.GSS(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter;
Schalter)
```



Optimierer nach dem Verfahren des steilsten Abstiegs mit Line Search nach dem Goldenen-Schnitt-Suchverfahren. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

```
HarmonicMean(Daten)
```



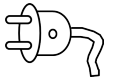
Liefert den harmonischen Mittelwert der Daten (Matrix, Vektor oder Liste). Der harmonische Mittelwert ist definiert als

$$H = n \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i} \right)^{-1}$$

$$\text{HarmonicMean} \left( \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \right) = 1,8462 \quad \text{HarmonicMean} \left( \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 & 6 & 2 \\ 3 & 2 & 5 & 2 & 3 & 5 \\ 5 & 2 & 1 & 3 & 4 & 1 \end{pmatrix} \right) = 2,1053$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

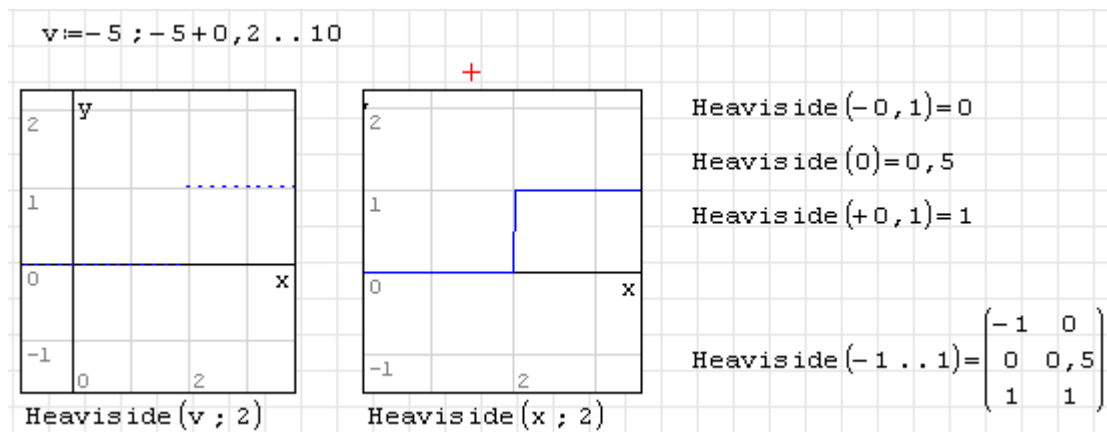
Heaviside(x)  
Heaviside(x; x0)



Sprungfunktion, wechselt bei  $x_0$  von 0 auf 1. Voreinstellung ist  $x_0 = 0$ . Es gilt

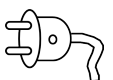
$$H(x - x_0) = \frac{1}{2} (1 + \text{sign}(x - x_0))$$

Bei dieser Version gilt  $H(x = x_0) = 1/2$ . Wird für  $x$  Bilder/ktor angegeben, so wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Wertepaaren  $x, H(x)$  zurückgegeben.

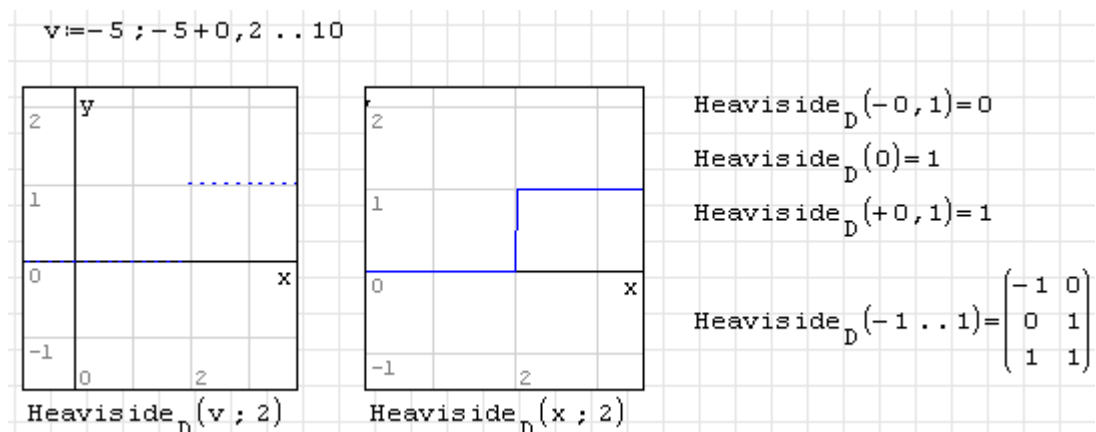


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

Heaviside.D(x)  
Heaviside.D(x; x0)

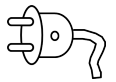


Sprungfunktion, wechselt bei  $x_0$  von 0 auf 1. Voreinstellung ist  $x_0 = 1$ . Es gilt  $H(x = x_0) = 0$ . Wird für  $x$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Wertepaaren  $x, H(x)$  zurückgegeben.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt [10.2.12](#)).

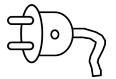
```
Hessian(Funktionen; Variable)
```



Hesse-Matrix der zweiten Ableitungen der als Liste gegebenen Funktionen nach den als Liste gegebenen Variablen.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

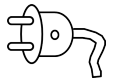
```
Hessian.CD(Funktionen; Variable; Schrittweite)
```



Hesse-Matrix der zweiten Ableitungen der als Liste gegebenen Funktionen nach den als Liste gegebenen Variablen. Die Berechnung erfolgt mittels zentralem Differenzenquotienten mit der gegebenen Schrittweite.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

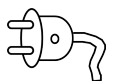
```
HRE.B(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen; Genauigkeiten, maxIter)
HRE.B(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen; Genauigkeiten, maxIter;
Schalter)
```



Nichtlinearer Löser nach dem Homotopy Root Estimation Verfahren. Benutzt intern das Broyden-Verfahren. Sucht die Nullstellen einer Liste von Funktionen für alle darin vorkommenden undefinierten Variablen in den gegebenen Grenzen. Der Vektor Genauigkeiten enthält eine Toleranz für jede der gegebenen Funktionen. Es werden maximal maxIter Homotopie-Transformationen durchgeführt. Die Funktion liefert einen Vektor mit Lösungsvektoren (falls diese existieren). Wird der optionale Schalter ungleich Null angegeben, wird auch die benötigte Zahl der Transformationen angegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

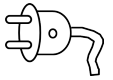
```
HRE.NR(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen; Genauigkeiten, maxIter)
HRE.NR(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen; Genauigkeiten, maxIter;
Schalter)
```



Nichtlinearer Löser nach dem Homotopy Root Estimation Verfahren. Benutzt intern das Newton-Raphson-Verfahren. Sucht die Nullstellen einer Liste von Funktionen für alle darin vorkommenden undefinierten Variablen in den gegebenen Grenzen. Der Vektor Genauigkeiten enthält eine Toleranz für jede der gegebenen Funktionen. Es werden maximal maxIter Homotopie-Transformationen durchgeführt. Die Funktion liefert einen Vektor mit Lösungsvektoren (falls diese existieren). Wird der optionale Schalter ungleich Null angegeben, wird auch die benötigte Zahl der Transformationen angegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

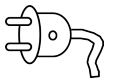
```
HRE.RK(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen; Genauigkeiten, maxIter)
HRE.RK(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen; Genauigkeiten, maxIter;
Schalter)
```



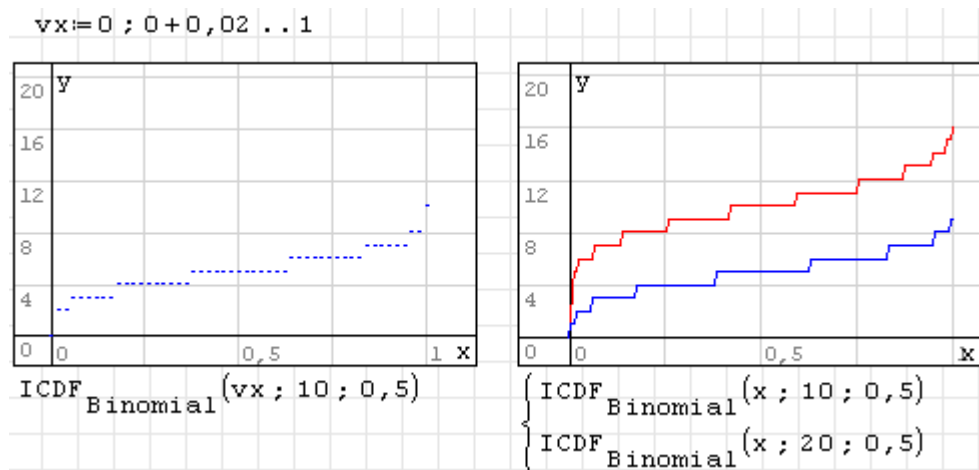
Nichtlinearer Löser nach dem Homotopy Root Estimation Verfahren. Benutzt intern das Runge-Kutta-Verfahren. Sucht die Nullstellen einer Liste von Funktionen für alle darin vorkommenden undefinierten Variablen in den gegebenen Grenzen. Der Vektor Genauigkeiten enthält eine Toleranz für jede der gegebenen Funktionen. Es werden maximal `maxIter` Homotopie-Transformationen durchgeführt. Die Funktion liefert einen Vektor mit Lösungsvektoren (falls diese existieren). Wird der optionale Schalter ungleich Null angegeben, wird auch die benötigte Zahl der Transformationen angegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

```
ICDF.Binomial(p; n; p0)
```

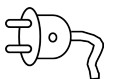


Quantilfunktion  $Q(p, n, p_0)$  der diskreten Binomialverteilung.  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil,  $n$  ist die Zahl der Versuche,  $0 \leq p_0 \leq 1$  ist die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Versuchs. Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.

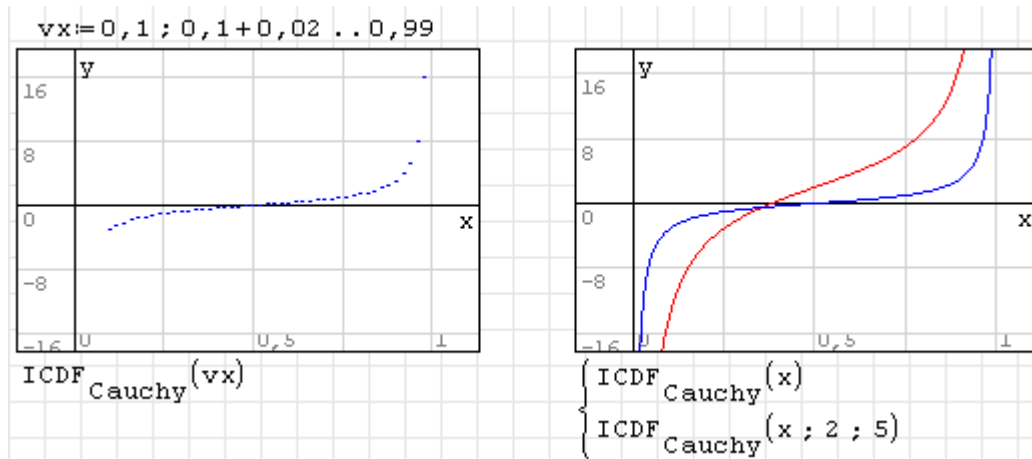


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
ICDF.Cauchy(p)
ICDF.Cauchy(p; t; s)
```

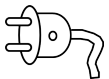


Quantilfunktion  $Q(p, t, s)$  der Cauchy-Verteilung.  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil,  $t$  ist der Ortsparameter (Standardwert 0),  $s$  ist der Breitenparameter der Verteilung (Standardwert 1). Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.

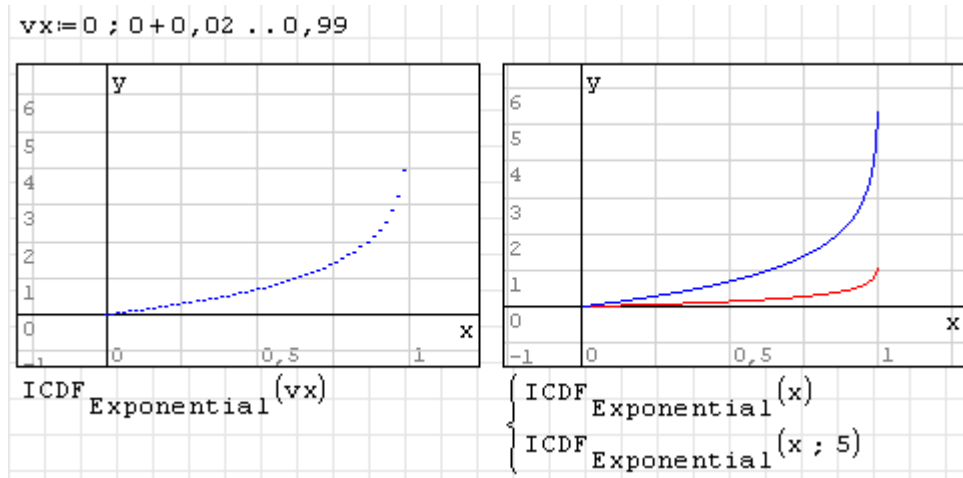


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
ICDF.Exponential(p)
ICDF.Exponential(p; Ereignisrate)
```

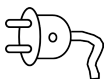


Quantilfunktion  $Q(p, \lambda)$  der Exponential-Verteilung.  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil,  $\lambda$  ist die Ereignisrate (Standardwert 1). Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.

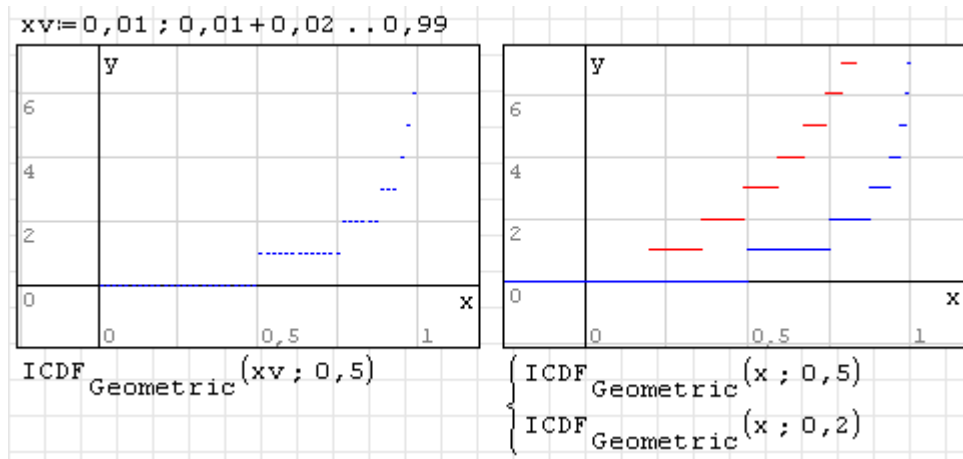


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
ICDF.Geometric(p; p0)
```

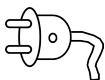


Quantilfunktion  $Q(p, p_0)$  der Geometrischen Verteilung.  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil,  $p_0$  ist die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Einzelversuchs. Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.

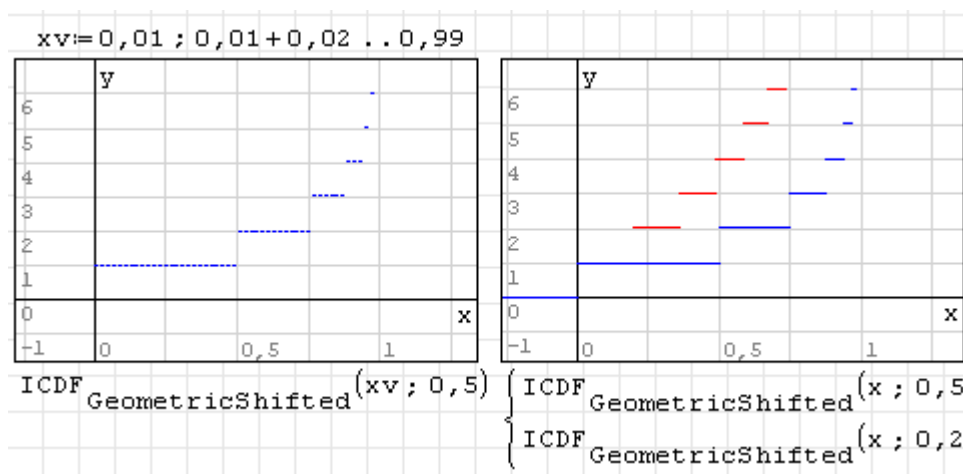


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
ICDF.GeometricShifted(p; p0)
```

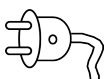


Quantilfunktion  $Q(p, p_0)$  der verschobenen Geometrischen Verteilung.  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil,  $p_0$  ist die Erfolgswahrscheinlichkeit eines Einzelversuchs. Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.

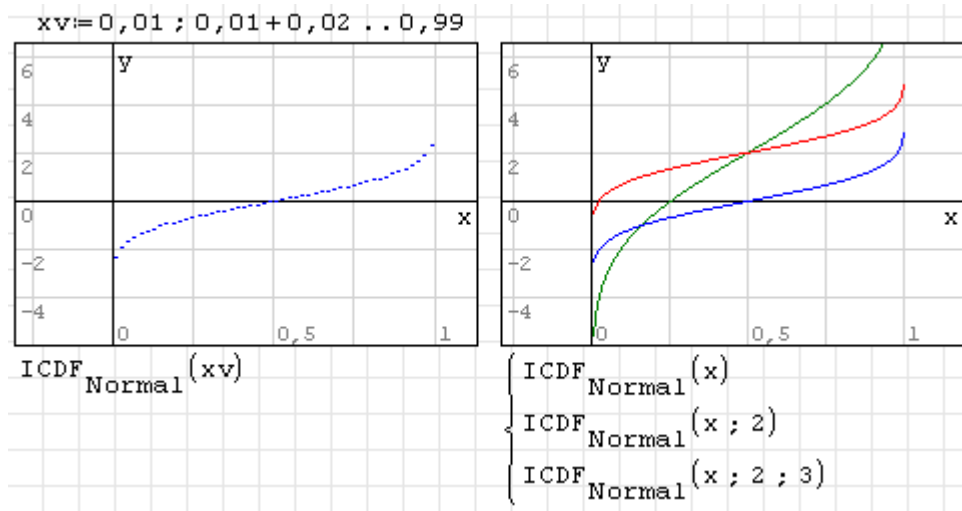


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
ICDF.Normal(p)
ICDF.Normal(p; Mittelwert)
ICDF.Normal(p; Mittelwert; Standardabweichung)
```

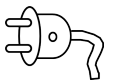


Quantilfunktion  $Q(p, \mu, \sigma)$  der Normalverteilung.  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil,  $\mu$  ist der Mittelwert (Voreinstellung 0),  $\sigma$  ist die Standardabweichung (Voreinstellung 1). Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zweispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.



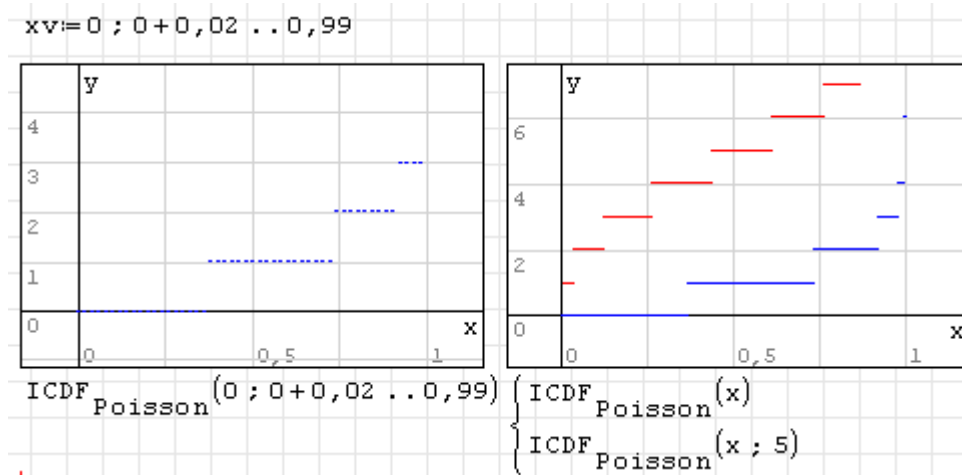
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

`ICDF.Poisson(p)`  
`ICDF.Poisson(p ; lambda)`



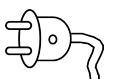
Quantilfunktion  $Q(p, \lambda)$  der (diskreten) Poisson-Verteilung.  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil,  $\lambda$  ist die mittlere Ereignisrate (Voreinstellung 1).

Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zwispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.



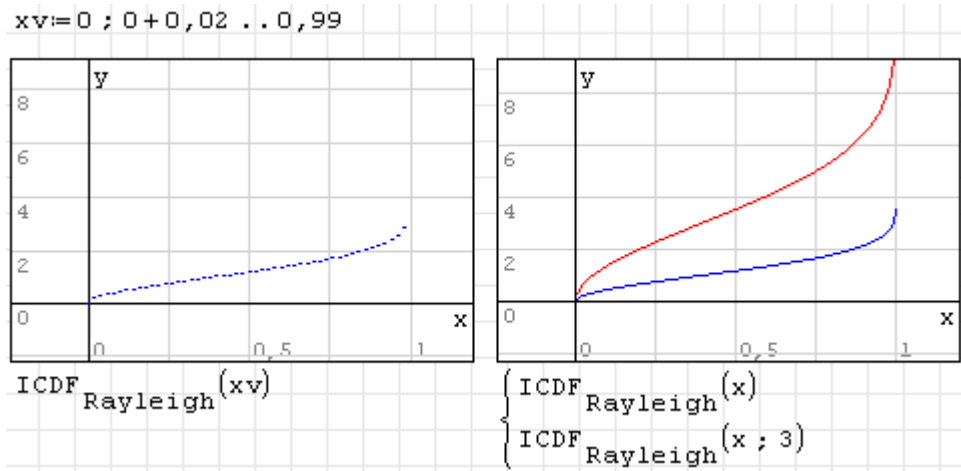
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

`ICDF.Rayleigh(p)`  
`ICDF.Rayleigh(p ; sigma)`



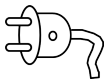
Quantilfunktion  $Q(p, \sigma)$  der Rayleigh-Verteilung.  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil,  $\sigma$  ist die Standardabweichung (Voreinstellung 1).

Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zwispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.



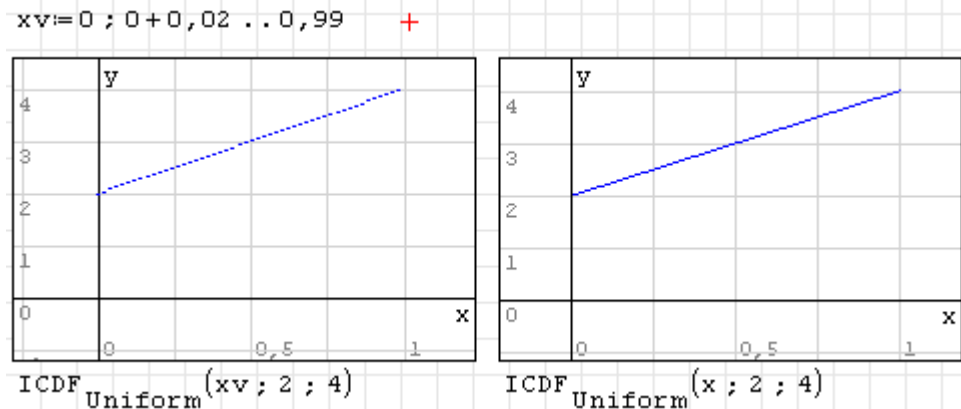
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
ICDF.Uniform(p; a; b)
```



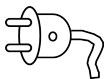
Quantilfunktion  $Q(p, a, b)$  der Gleichverteilung im Intervall  $[a, b]$ .  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil.

Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zwispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.



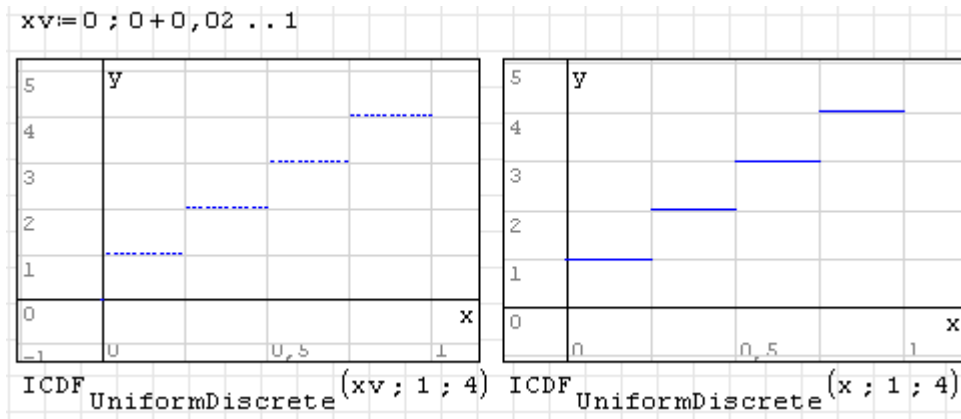
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
ICDF.UniformDiscrete(p; a; b)
```



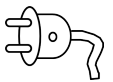
Quantilfunktion  $Q(p, a, b)$  der diskreten Gleichverteilung im Intervall  $[a, b]$ .  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil.

Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zwispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.



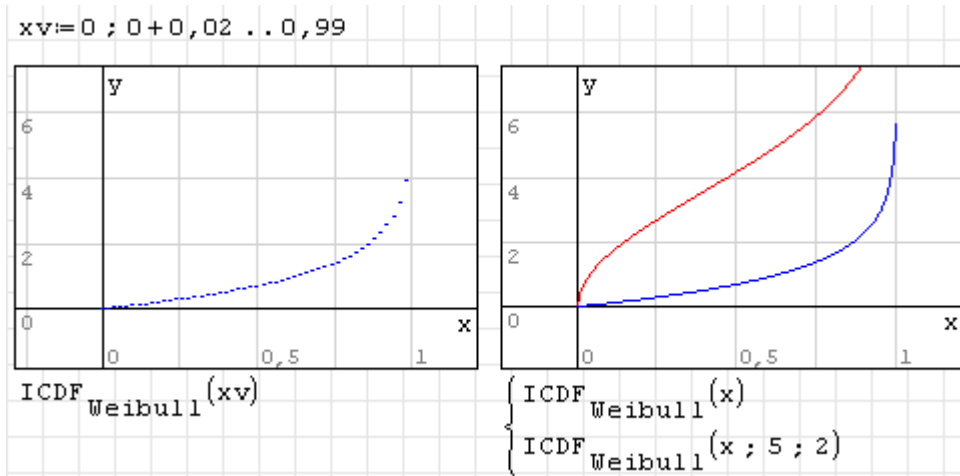
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
ICDF.Weibull(p)
ICDF.Weibull(p ; T ; k)
```



Quantilfunktion  $Q(p, T, k)$  der Weibullverteilung mit der charakteristischen Lebensdauer  $T$  (Voreinstellung  $T = 1$ ) und dem Streuungsparameter  $k$  (Voreinstellung  $k = 1$ ).  $0 \leq p \leq 1$  ist der Unterschreitungsanteil.

Wird für  $p$  ein Vektor angegeben, so wird eine plotbare zwispaltige Matrix mit Wertepaaren  $p, Q(p)$  zurückgegeben.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
identity(dim)
```

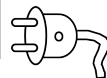
Liefert eine Einheitsmatrix der Dimension dim

$$\text{identity}(2) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \text{identity}(3) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

```
if(Bedingung ; Wahr-Ausdruck ; Falsch-Ausdruck)
```

Bedingte Anweisung. Ist Bedingung wahr, dann wird Wahr-Ausdruck ausgewertet, ansonsten Falsch-Ausdruck. Der Falsch-Ausdruck kann nicht weggelassen werden.

```
importCell(Datei,Blatt,Zeile,Spalte)
```



Liest den Wert der Zelle mit der Adresse Zeile, Spalte aus der Tabelle Blatt in der Excel- (xls) Datei Datei. Das funktioniert leider nur für Integerwerte oder Zeichenketten. Fließkommazahlen werden nicht richtig gelesen.

```
exportCell("a"; "Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 2)=1
importCell("Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 2)="a"
exportCell(3; "Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 3)=1
importCell("Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 3)=3
exportCell(3,1; "Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 4)=1
importCell("Blatt1.xls"; "Tabelle1"; 1; 4)= ■
3,1 - unbestimmt.
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Excel Collaboration* (siehe Abschnitt 10.2.5).

```
importData(Name)
importData(Name; Dezimaltrenner; Argumenttrenner; Spaltentrenner;
Startzeile; Endzeile; Startspalte; Endspalte; Schalter)
```

Liest Daten aus Textdateien ein. Siehe Hinweise zum aktuellen Verzeichnis in Abschnitt 3.13. Argumente, die nicht von der Voreinstellung abweichen sollen, können Null gesetzt werden.

**Name:** Dateiname, relativ zum aktuellen Verzeichnis oder mit vollständigem Pfad.

**Dezimaltrenner:** Je nach Dateiformat "." oder ",", "

**Argumenttrenner:** Je nach Dateiformat ",", " oder ";" nur bei symbolischer Auswertung relevant.

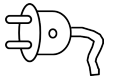
**Spaltentrenner:** Je nach Dateiformat. Mehrere Leerzeichen " " in der Datei hintereinander werden als ein Spaltentrenner aufgefasst.

**Start- und End-Indizes:** 0 bedeutet Standardwert (von der ersten Zeile/Spalte bis zur letzten Zeile/Spalte)

**Schalter:** 0: numerische Auswertung, 1: symbolische Auswertung

Hinweis: Die Funktion kann im numerischen Modus (Schalter=1) nur Zahlen einlesen, keine Zeichenketten. Im symbolischen Modus werden die Ausdrücke symbolisch ausgewertet.

```
importData.ODS(Datei; Blatt)
importData.ODS(Datei; Blatt; Zelle)
importData.ODS(Datei; Blatt; ZelleL0; ZelleRU)
```



Liest Daten aus ods-Dateien. Anzugeben sind der Dateiname (Datei), der Blattname (Blatt), die linke obere und die rechte untere Zelladresse des auszulesenden Bereichs (ZelleL0 und ZelleRU). Wenn nur eine Zelle auszulesen ist, reicht die Angabe einer Adresse (Zelle). In jedem Fall wird das Ergebnis als Matrix erzeugt, gegebenenfalls mit der Größe  $1 \times 1$ . Wird keine Zelle angegeben, dann wird das ganze Blatt gelesen, die Größe der Ergebnismatrix ist dann von der Datenmenge abhängig.

Die Adressen sind als Zeichenkette aus Spalten-Kennbuchstabe und Zeilennummer anzugeben.

Der Dateiname kann einen absoluten oder relativen Pfad enthalten, letzterer bezieht sich auf das aktuelle Verzeichnis (siehe dazu Abschnitt 3.13).

Die Beispieldatei *my SMath ODS input.ods* des Plugins *Data Exchange* wird von Excel nur unter Protest eingelesen:

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3		a text	2.54*kN/m	0,85714286	2,00		
4			another text	sin(5*6/14)	1,00	1,00	
5		9,46E-028	5,4567E+28		formatted text		
6			a "complex" string				G6 string

Lesen einer einzelnen Zelle

```
A:=importData_ODS("my SMath ODS input.ods", "Sheet2", "G6")
A=("G6 string")
```

Lesen eines Zellbereichs

```
B:=importData_ODS("my SMath ODS input.ods", "Sheet2", "B2", "G7")
```

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{"a text"} & 2.54 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} & 0.8571 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & \text{"another text"} & 0.8408 & 1 & 1 & 0 \\ 9.4567 \cdot 10^{-28} & 5.4567 \cdot 10^{28} & 0 & \text{"formatted text"} & 0 & 0 \\ 0 & \text{"a \"complex\" string"} & 0 & 0 & 0 & \text{"G6 string"} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

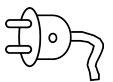
Lesen aller Zellen

```
C = importData_ODS("my SMath ODS input.ods"; "Sheet2")
```

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	"a text"	$2,54 \cdot 10^3 \frac{kg}{s^2}$	0,86	2	0	0
0	0	"another text"	0,84	1	1	0
0	$9,46 \cdot 10^{-28}$	$5,46 \cdot 10^{28}$	0	"formatted text"	0	0
0	0	"a \"complex\" string"	0	0	0	"G6 string"

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Data Exchange* (siehe Abschnitt 10.2.4).

```
importData.XLSX(Datei; Blatt)
importData.XLSX(Datei; Blatt; Zelle)
importData.XLSX(Datei; Blatt; ZelleL0; ZelleRU)
```

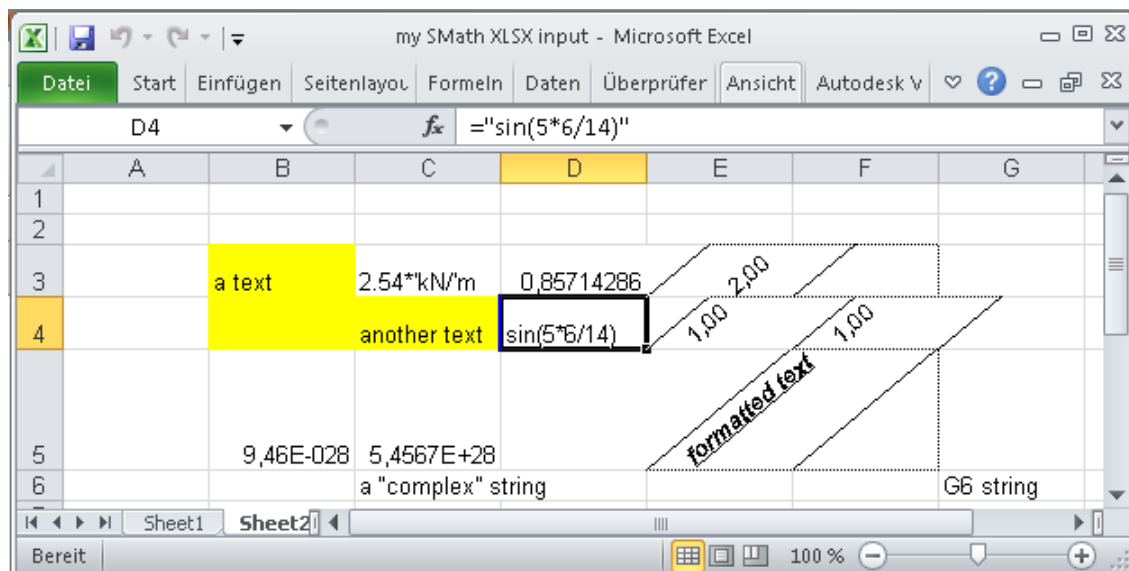


Liest Daten aus *xlsx*-Dateien. Anzugeben sind der Dateiname (Datei), der Blattname (Blatt), die linke obere und die rechte untere Zelladresse des auszulesenden Bereichs (ZelleL0 und ZelleRU). Wenn nur eine Zelle auszulesen ist, reicht die Angabe einer Adresse (Zelle). In jedem Fall wird das Ergebnis als Matrix erzeugt, gegebenenfalls mit der Größe  $1 \times 1$ .

Die Adressen sind als Zeichenkette aus Spalten-Kennbuchstabe und Zeilennummer anzugeben.

Der Dateiname kann einen absoluten oder relativen Pfad enthalten, letzterer bezieht sich auf das aktuelle Verzeichnis (siehe dazu Abschnitt 3.13).

Dies ist die Beispieldatei *my SMath XLSX input.ods* des Plugins *Data Exchange*:



Einlesen mit SMath:

```
A = importData_XLSX("my SMath XLSX input.xlsx"; "Sheet2"; "G6")
A = ("G6 string")
```

```
B:=importData_XLSX("my SMath XLSX input.xlsx"; "Sheet2"; "B2"; "G7")
```

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{"a text"} & 2,54 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2} & 0,8571 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & \text{"another text"} & 0,8408 & 1 & 1 & 0 \\ 9,4567 \cdot 10^{-28} & 5,4567 \cdot 10^{28} & 0 & \text{"formatted text"} & 0 & 0 \\ 0 & \text{"a \"complex\" string"} & 0 & 0 & 0 & \text{"G6 string"} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Data Exchange* (siehe Abschnitt 10.2.4).

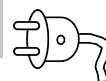
```
int(Integrand; Integrationsvariable)
```

Unbestimmtes Integral. Für die Berechnung ist das Maxima-Plugin erforderlich (siehe Abschnitt 9.3).

```
int(Integrand; Integrationsvariable; Untergrenze; Obergrenze)
```

bestimmtes Integral, SMath kann nur bestimmte Integrale mit zahlenmäßig auswertbaren Grenzen berechnen. Die Integrationsvariable und deren Grenzen müssen dimensionslos sein. Symbolische Integration bestimmter und unbestimmter Integrale erfordert das Maxima-Plugin (siehe Abschnitt 9.3).

```
Intercept(x; y)
```



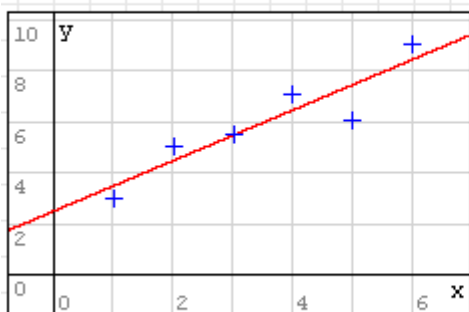
Achsenabschnitt der Regressionsgerade durch die mit den Vektoren  $\underline{x}$  und  $\underline{y}$  gegebenen Datenpunkte.

```
x:=
(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
(6)

y:=
( 3)
( 5)
(5,5)
( 7)
( 6)
( 9)

alpha:=Intercept(x; y)      alpha=2,4667
beta:=Slope(x; y)          beta=0,9857
```

```
Data:=Zeros(1; 5)
for i∈1..length(x)
  Data:=stack(Data; {x_i y_i "+" 10 "blue"})
```



```
{ Data
{ alpha + beta * x
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

`invert(M)`

Liefert die Inverse der Matrix  $M$ . Die Funktion verhält sich bei symbolischer Auswertung leider nicht identisch zu der Darstellung mit dem Exponenten  $-1$ .

numerische Auswertung	
<code>invert</code> $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 1,5 & -0,5 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 1,5 & -0,5 \end{pmatrix}$
symbolische Auswertung	
<code>invert</code> $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} = \frac{1}{\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}}$	$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ \frac{3}{2} & -\frac{1}{2} \end{pmatrix}$
<code>invert</code> $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} = \frac{1}{\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}}$	$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{d}{b \cdot c - a \cdot d} & \frac{b}{b \cdot c - a \cdot d} \\ \frac{c}{b \cdot c - a \cdot d} & -\frac{a}{b \cdot c - a \cdot d} \end{pmatrix}$

`IsString(Ausdruck)`

Liefert 1, wenn der Ausdruck eine Zeichenkette (*string*) ist, anderenfalls 0.

<code>IsString("abc")</code>	<code>= 1</code>
<code>IsString((<math>\sqrt{2}</math>))</code>	<code>= 0</code>
<code>IsString</code> $\left\{ \begin{matrix} "abc" \\ \sqrt{2} \end{matrix} \right\}$	<code>= 0</code> Ausdruck ist vom Typ "Liste" (system)

`Jacobian(Funktionen; Argumente)`

Berechnet die Jacobimatrix aus  $m$  als Liste gegebener Funktionen abgeleitet nach  $n$  als Liste gegebenen Variablen.

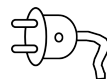
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

`Jacobian.CD(Funktionen; Argumente; Schrittweite)`

Berechnet die Jacobimatrix aus  $m$  als Liste gegebener Funktionen abgeleitet nach  $n$  als Liste gegebenen Variablen. Die Berechnung erfolgt mittels zentralem Differenzenquotienten mit der gegebenen Schrittweite.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

`Kurtosis(y)`



Wölbung (Kurtosis)  $\beta_2$  einer durch den Vektor  $\underline{y}$  gegebenen Datenreihe.

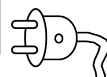
$$\beta_2 = \frac{\mu_4(y)}{\mu_2(y)^2}$$

mit den  $k$ -ten zentralen Momenten  $\mu_k$ .

$$\underline{y} := (3 \ 5 \ 5,5 \ 7 \ 6 \ 9)^T \quad \text{Kurtosis}(\underline{y}) = 2,4222$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

KurtosisExcess(y)



Exzess (Überkurtosis), die um die Wölbung der Normalverteilung ( $\beta_2 = 3$ ) reduzierte Wölbung einer durch den Vektor  $\underline{y}$  gegebenen Datenreihe.

$$\text{Exzess}(y) = \beta_2(y) - 3$$

$$\underline{y} := (3 \ 5 \ 5,5 \ 7 \ 6 \ 9)^T \quad \text{KurtosisExcess}(\underline{y}) = -0,5778$$

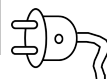
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

length(Matrix)

Liefert die Elementanzahl einer Matrix:

$$\text{length} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = 6$$

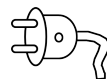
LevenbergMarquardt(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter;  
LevenbergMarquardt(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter;  
Schalter)



Optimierer nach dem Levenberg-Marquardt-Verfahren. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

LevenbergMarquardt.CD(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeit;  
maxIter)  
LevenbergMarquardt.CD(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeit;  
maxIter; Schalter)



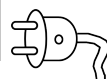
Optimierer nach dem Levenberg-Marquardt-Verfahren mit numerischer Ableitungsberechnung mittels zentralem Differenzenquotient. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Schrittweite: Schrittweite im zentralen Differenzenquotienten. Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

```
line()
```

Anweisungsblock. Er dient der Gruppierung von Ausdrücken. Rückgabewert ist der Wert des letzten Ausdrucks im Block.

```
maple(ausdruck)
```



Die Funktion benutzt eine DOS-Version von MapleV, um den Ausdruck symbolisch auszuwerten.

Ablauf beim Funktionsaufruf

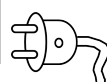
1. Der Ausdruck wird in Zeilenform gebracht und auf Maple-Syntax transformiert.
2. Die so erhaltene Zeile wird in eine temporäre Textdatei geschrieben.
3. Maple wird mit der Textdatei als Parameter aufgerufen.
4. Maple schreibt das Ergebnis in eine Textdatei.
5. Die Ergebnisdatei wird gelesen, auf SMath Syntax transformiert und an SMath zurückgegeben.

Beispiele

```
maple(asin(1)) = pi/2
maple(int(x^2 dx)) = x^3/3
maple(solve(sqrt(ln(x)) = 2 ; x)) = exp(4)
```

Die Funktion wird im Plugin *Maple Wrapper* bereitgestellt (siehe Abschnitt 10.2.8).

```
mapUnknowns(Funktion)
mapUnknowns(Funktion; Zustand)
mapUnknowns(Funktion; Zustand; Namen)
```



Liefert einen Vektor der undefinierten Variablen in der Definition der Funktion. Achtung: Symbolische Auswertung einschalten!

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

```
mat()
```

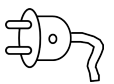
Matrixobjekt. Diese Funktion dient der internen Darstellung von Matrizen.

```
matrix(Zeilen; Spalten)
```

Erzeugt eine mit Nullen besetzte Matrix der angegebenen Größe.

$$\text{matrix}(2; 4) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

```
mat2sys(Matrix)
```

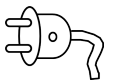


Wandelt die gegebene Matrix in eine Liste („System“) um. Dabei werden rekursiv alle eventuellen Verschachtelungsebenen aufgelöst.

$$\text{mat2sys}\left(\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix}\right) = \begin{cases} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{cases} \quad \text{mat2sys}\left(\left(\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}\right)\right) = \begin{cases} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{cases}$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

```
mat2sys.1(Matrix)
```



Wandelt die gegebene Matrix in eine Liste („System“) um. Dabei wird nur die äußere Matrix (erste Verschachtelungsebene) aufgelöst.

$$\text{mat2sys}_1\left(\left(\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}\right)\right) = \begin{cases} \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix} \\ 5 \\ 6 \end{cases}$$

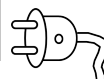
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

```
max(Matrix)
```

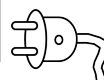
Liefert das maximale Element einer Matrix:

$$\text{max}\left(\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}\right) = 6$$

Max()



Maxima(expr)  
Maxima(expr; 'debug')



Ausführung des Ausdrucks expr in einer laufenden oder neu zu startenden Maxima-Sitzung. Für jede SMath-Instanz (Programmfenster) gibt es einen separaten Maxima-Prozess.

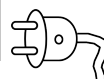
Zeichenketten werden als Zeichenketten übersetzt. Zeichenketten, die mit \$ beginnen und enden, werden direkt als Maxima-Input durchgereicht (ohne Übersetzung).

```
Maxima { "abc" } = { "abc"
        { abc   }   { abc
        { "$a+a$" } { 2·a
```

Ist das Argument "debug" (kann auch debug geschrieben werden) vorhanden, dann wird ein Debug-Fenster geöffnet, in dem die Übersetzung des Ausdrucks expr Schritt für Schritt nachvollzogen werden kann.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Maxima* (siehe Abschnitt 9).

MaximaControl(text)



Steuerung des Maxima-Plugins. Die folgenden Werte für text werden akzeptiert:

"settings" Aufruf des „Settings“-Fensters (Maxima-Einstellungen, auch zugänglich über das Menü **Einfügen**> **Maxima control window**> **Settings**)

"restart" Kaltstart, Neuaufbau der Kommunikation mit Maxima.

"cleanup" Warmstart, Zurücksetzen der Variablen in Maxima, etwas schneller als der Kaltstart.

"" oder leeres Argument: Anzeige der Maxima-Version.

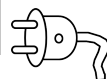
Die Wirkung von "restart" und "cleanup" erläutert folgende Tabelle:

Wirkung	"restart"	"cleanup"
Log löschen	x	x
Variablen löschen	x	x
Neue Sitzung	x	
Übernahmestatus der Funktionen zurücksetzen	x	x

```
t_0 := time (0)
MaximaControl ("restart") = "Restart complete."
t_1 := time (0)    t_1 - t_0 = 1.622 s
MaximaControl ("cleanup") = "Maxima was re-initialized"
t_2 := time (0)    t_2 - t_1 = 1.388 s
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Maxima* (siehe Abschnitt 9).

MaximaLog(text)



Funktion zum Zugriff auf den Datenaustausch zwischen SMath und Maxima. Die folgenden Werte für text werden akzeptiert:

"clear" Log zurücksetzen. Dies erfolgt auch bei den Aufrufen MaximaControl("restart") und MaximaControl("cleanup").

"all" gesamtes Log anzeigen.

"big" Log-Fenster öffnen, alternativ zu **Einfügen> Maxima control window> Log**.

"" oder leeres Argument: Detailinformation zum letzten ausgeführten Maxima-Befehl.

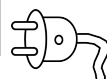
Die Log-Information wird im Arbeitsblatt als mehrzeilige Zeichenkette angezeigt. Anführungszeichen im Log werden dabei durch \$ dargestellt.

```
MaximaControl("restart")="Restart complete."
Maxima({{"a+b"},{a+a}})={{"a+b"},{2*a}}
Request: [$a+b$,a+a];
Answer:
(%s5) [$a+b$,2*a]
(%i6)
Received bytes: 25
SMath get: sys($a+b$,2*a,2,1)"

"pid=15884
Maxima 5.31.1-1 http://maxima.sourceforge.net
using Lisp GNU Common Lisp (GCL) GCL 2.6.8 (a.k.a. G
Distributed under the GNU Public License. See the fi
Dedicated to the memory of William Schelter.
The function bug_report() provides bug reporting inf
(%i1) load(%C:/Users/Kraska/AppData/Roaming/SMath/ex
(%i5) [$a+b$,a+a];
(%s5) [$a+b$,2*a]
(%i6) "
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Maxima* (siehe Abschnitt 9).

MaximaTakeover(text;...)



Feinststeuerung der Funktionsübernahme durch Maxima. Die Funktionen int(), diff(), det(), lim() und sum() können durch Maxima ausgeführt werden, um ihnen symbolischen Fähigkeiten zu verleihen oder diese zu erweitern. Die folgenden Werte für text werden akzeptiert:

"all" Übernahme aller Funktionen durch Maxima,

"none" alle Funktionen original SMath.

"diff()" bis zu fünf beliebig kombinierte Argumente zur Übernahme der Funktionen. Alle nicht angegebenen Funktionen sind original SMath.

`"int()"``"det()"``"sum()"``"lim()"`

Keine oder ungültige Argumente setzen den Zustand auf "none" zurück. Dies geschieht auch bei Zurücksetzen der Sitzung mit `MaximaControl("restart")` und `MaximaControl("cleanup")`.

Rückgabewert ist eine Bestätigungsmeldung, welche Funktionen übernommen werden.

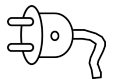
```
MaximaTakeover("all")="int(), diff(), det(), lim() and sum() now use Maxima"
```

$$\frac{d}{dx} \operatorname{sech}(x) = -\operatorname{sech}(x) \cdot \tanh(x) \quad \int \sin(x) dx = -\cos(x)$$

$$\begin{vmatrix} a & 1 & 2 \\ b & 3 & 3 \end{vmatrix} = a^2 \cdot (3 - 2 \cdot b) \quad \sum_{j=1}^n j = \frac{n \cdot (1+n)}{2} \quad \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^2}{x} = \infty$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Maxima* (siehe Abschnitt 9).

Mean(Daten)



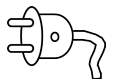
Liefert den arithmetischen Mittelwert der Werte in Daten Matrix, Vektor oder Liste):

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\operatorname{Mean} \left( \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \right) = 3,6667 \quad \operatorname{Mean} \left( \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 & 6 & 2 \\ 3 & 2 & 5 & 2 & 3 & 5 \\ 5 & 2 & 1 & 3 & 4 & 1 \end{pmatrix} \right) = 3 \quad \operatorname{Mean} \left( \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 8 \end{pmatrix} \right) = 3,6667$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

Median(Daten)



Liefert den Median der Daten (Matrix, Vektor, Liste).

$$\operatorname{Median} \left( \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \right) = 2 \quad \operatorname{Median} \left( \operatorname{Dice}_M \right) = 4$$

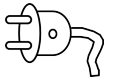
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

min(Matrix)

Liefert das kleinste Element einer Matrix:

$$\min \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = 1$$

Min()



Liefert den Minimalwert der Argumente, das können Zahlen, Listen oder Matrizen sein.

$$\text{Min} \left( 8 ; \begin{pmatrix} \pi \\ 7 \\ 5 \\ (1 \ 2 \ 5 \ 4 \ 4) \\ -10 \\ 3 \end{pmatrix} ; \frac{14}{6} ; \begin{pmatrix} \sqrt{2} & 12,7 \\ \pi & e^4 \\ \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \\ -4 \\ 7 \end{pmatrix} & -\frac{6}{7} \end{pmatrix} \right) = -10$$

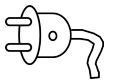
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

minor(Matrix; Index1; Index2)

Minor des Matricelements (Index1, Index2)

Mode(Daten)

Mode(Daten; 1)

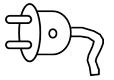


Liefert den Modalwert der Daten (den oder die am häufigsten vorkommenden Werte). Ist das optionale Argument vorhanden und ungleich Null, so wird auch die Häufigkeit des Wertes oder der Werte angegeben.

$$\begin{array}{ll} \text{Mode}(3) = 3 & \text{Mode}(3 ; 1) = \begin{pmatrix} 3 \\ (1) \end{pmatrix} \\ \text{Mode} \left( \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} & \text{Mode} \left( \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} ; 1 \right) = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \\ (1) \end{pmatrix} \\ \text{Mode} \left( \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} \right) = (3) & \text{Mode} \left( \begin{pmatrix} 3 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} ; 1 \right) = \begin{pmatrix} (3) \\ (2) \end{pmatrix} \\ \text{Mode} \left( \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 & 6 & 2 \\ 3 & 2 & 5 & 2 & 3 & 5 \\ 5 & 2 & 1 & 3 & 4 & 1 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} & \text{Mode} \left( \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 & 6 & 2 \\ 3 & 2 & 5 & 2 & 3 & 5 \\ 5 & 2 & 1 & 3 & 4 & 1 \end{pmatrix} ; 1 \right) = \begin{pmatrix} (1) \\ 2 \\ 3 \\ (5) \\ (4) \end{pmatrix} \end{array}$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

Moment(Daten; k)



$k$ -tes zentrales Moment einer Datenreihe  $x$ .

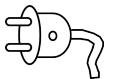
$$\mu_k(x, k) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^k$$

Darin ist  $\mu$  der Mittelwert der Datenreihe.

y =	3	Moment (y ; 1) = -1,9435 · 10 <sup>-15</sup>
	5	
	5,5	Moment (y ; 2) = 3,3681
	7	
	6	Moment (y ; 3) = 0,8218
	9	
		Moment (y ; 4) = 27,4773
		Moment (y ; 5) = 11,4061

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

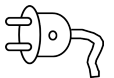
```
NCGM(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter)
NCGM(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter; Schalter)
```



Optimierer (konjugierte Gradienten). Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekannt Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

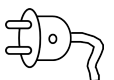
```
NCGM.CD(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeit; maxIter)
NCGM.CD(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeit; maxIter;
Schalter)
```



Optimierer (konjugierte Gradienten) mit numerischer Ableitungsberechnung mittels zentralem Differenzenquotient. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekannt Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Schrittweite: Schrittweite im zentralen Differenzenquotienten. Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

```
NewtonMethod(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter)
NewtonMethod(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter; Schalter)
```

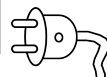


Optimierer nach dem Newton-Verfahren. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekannt Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen,

Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

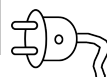
```
NewtonMethod.CD(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeit;
maxIter)
NewtonMethod.CD(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeit;
maxIter; Schalter)
```



Optimierer nach dem Newton-Verfahren mit numerischer Ableitungsberechnung (zentraler Differenzenquotient). Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Schrittweite: Schrittweite im zentralen Differenzenquotient. Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

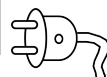
```
NewtonMethod.CDGSS(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter)
NewtonMethod.CDGSS(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter;
Schalter)
```



Optimierer nach dem Newton-Verfahren Line Search nach dem Goldenen-Schnitt-Suchverfahren und numerischer Ableitungsberechnung (zentraler Differenzenquotient). Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Schrittweite: Schrittweite im zentralen Differenzenquotient. Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

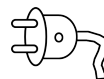
```
NewtonMethod.GSS(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter)
NewtonMethod.GSS(Funktionen; Startwerte; Genauigkeit; maxIter; Schalter)
```



Optimierer nach dem Newton-Verfahren mit Line Search nach dem Goldenen-Schnitt-Suchverfahren. Funktionen: Liste der Zielfunktionen, Startwerte: Liste der Startwerte für die unbekanntenen Variablen (in alphabetischer Reihenfolge), Genauigkeit: geforderte Vektornorm für den Gradienten, maxIter: maximale Zahl der Iterationen, Schalter: falls vorhanden und ungleich 0 wird die Zahl der benötigten Iterationen ausgegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt [10.2.10](#)).

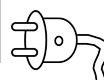
```
NewtonRaphson(Funktionen; Startwerte; Genauigkeiten; maxIter)
NewtonRaphson(Funktionen; Startwerte; Genauigkeiten; maxIter; Schalter)
```



Nichtlinearer Löser nach dem Newton-Raphson-Verfahren. Sucht die Nullstellen einer Liste von Funktionen für alle darin vorkommenden undefinierten Variablen mit den gegebenen Startwerten. Der Vektor Genauigkeiten enthält eine Toleranz für jede der gegebenen Funktionen. Es werden maximal maxIter Iterationen durchgeführt. Die Funktion liefert einen Vektor mit Lösungsvektoren (falls diese existieren). Wird der optionale Schalter ungleich Null angegeben, wird auch die benötigte Zahl der Iterationen angegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

```
NewtonRaphson.CD(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeiten;
maxIter)
NewtonRaphson.CD(Funktionen; Startwerte; Schrittweite; Genauigkeiten;
maxIter; Schalter)
```



Nichtlinearer Löser nach dem Newton-Raphson-Verfahren mit Berechnung der Ableitung durch den zentralen Differenzenquotienten. Sucht die Nullstellen einer Liste von Funktionen für alle darin vorkommenden undefinierten Variablen mit den gegebenen Startwerten. Der zentrale Differenzenquotient wird mit „Schrittweite“ berechnet. Der Vektor Genauigkeiten enthält eine Toleranz für jede der gegebenen Funktionen. Es werden maximal maxIter Iterationen durchgeführt. Die Funktion liefert einen Vektor mit Lösungsvektoren (falls diese existieren). Wird der optionale Schalter ungleich Null angegeben, wird auch die benötigte Zahl der Iterationen angegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

```
norm1(Matrix)
```

Spaltensummennorm der Matrix (Summennorm bei einem Vektor). Das Beispiel vergleicht die eingebaute Funktion norm1() mit einem Nachbau

$A := \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$	$b := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$		
Spaltensummennorm			
$norm_1(M\#) := \max(a\#)$	for $j \in 1..cols(M\#)$	$norm_1(A) = 12$	$norm1(A) = 12$
$a\#_j := \sum_{i=1}^{rows(M\#)}  M\#_{i,j} $		$norm_1(A^T) = 11$	$norm1(A^T) = 11$
		$norm_1(b) = 6$	$norm1(b) = 6$

```
norme(Matrix)
```

Euklidische Norm der Matrix (Wurzel aus der Quadratsumme aller Elemente).

$A := \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$	$b := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$
--	--

Euklidische Norm		
$\text{norm}_e(M\#) := \sqrt{\text{tr}(M\#^T \cdot M\#)}$	$\text{norm}_e(A) = 9,54$	$\text{norm}_e(A) = 9,54$
	$\text{norm}_e(A^T) = 9,54$	$\text{norm}_e(A^T) = 9,54$
	$\text{norm}_e(b) = 3,74$	$\text{norm}_e(b) = 3,74$

## normi(Matrix)

Zeilensummennorm der Matrix (Maximumnorm bei einem Vektor). Das Beispiel vergleicht die eingebaute Funktion normi() mit einem Nachbau

$A := \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$	$b := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$		
Zeilensummennorm			
$\text{norm}_\infty(M\#) := \max(a\#)$	for $i \in 1 \dots \text{rows}(M\#)$	$\text{norm}_\infty(A) = 11$	$\text{norm}_i(A) = 11$
	$a\#_i := \sum_{j=1}^{\text{cols}(M\#)}  M\#_{i,j} $	$\text{norm}_\infty(A^T) = 12$	$\text{norm}_i(A^T) = 12$
		$\text{norm}_\infty(b) = 3$	$\text{norm}_i(b) = 3$

## nthroot(Zahl1; Zahl2)

$n$ -te Wurzel aus Zahl2, Zahl1 =  $n$

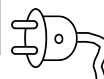
## num2str(Ausdruck)

liefert die symbolisch vereinfachte interne Textdarstellung des Ausdrucks als Zeichenkette.

$\text{num2str}(2,3) = "23/10"$
$\text{num2str}(a+b) = "a+b"$
$\text{num2str}\left(\frac{a}{\pi}\right) = "sys('a', \pi, 2, 1)"$
$\text{num2str}\left(\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}\right) = "mat(1,2,3,4,2,2)"$
$\text{num2str}\left(\int x^2 dx\right) = "int(x^2, x)"$

Bug: Wenn der Ausdruck Text mit Leerzeichen enthält, versagt die Funktion (unsinniges Verhalten).

Ones (Zeilen)  
Ones (Zeilen; Spalten)

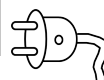


Erzeugt eine mit Einsen belegte Matrix.

$$\text{Ones}(5) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{Ones}(2; 3) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

ODE.2(ODE; f(x); x)



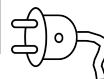
Löst gewöhnliche Differentialgleichungen bis zu zweiter Ordnung. ODE ist die Differentialgleichung. Diese wird so an Maxima übergeben, wie sie ist, ohne vorherige Ersetzung von Symbolen. f(x) ist die unbekannte Funktion, x ist die unabhängige Variable.

Das Ergebnis ist eine boolesche Gleichung, die von Assign() für die Definition der gesuchten Funktion verwendet werden kann. Die Lösung enthält abhängig von der Ordnung der DGL eine oder zwei Integrationskonstanten, c (erste Ordnung) oder k1 und k2 bei zweiter Ordnung.

$$\begin{aligned} &\text{Maxima}(\text{assume}(\omega^2 > 0)) = \omega^2 > 0 \\ &L := \text{ODE}_2\left(\left(\frac{d^2}{dt^2} w(t) + \omega^2 \cdot w(t) = 0\right); w(t); t\right) \\ &L = w(t) = (k1 \cdot \sin(\omega \cdot t) + k2 \cdot \cos(\omega \cdot t)) \end{aligned}$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Maxima* (siehe Kapitel 9).

pdf.Binomial(n; p)  
pdf.Binomial(k; n; p)

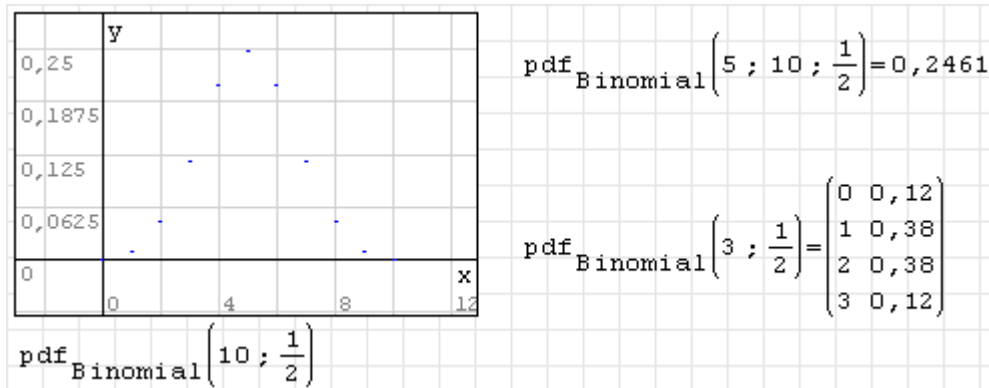


Häufigkeitsfunktion der Binomialverteilung. Sie beschreibt die Anzahl der Erfolge in einer Serie von gleichartigen und unabhängigen Versuchen, die jeweils genau zwei mögliche Ergebnisse haben („Erfolg“ oder „Misserfolg“). p ist die Erfolgswahrscheinlichkeit bei einem Versuch, n ist die Zahl der Versuche.

Wird das Argument k angegeben, liefert die Funktion die Wahrscheinlichkeit, mit den gegebenen Parametern p und n genau k Erfolge zu erzielen:

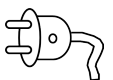
$$f(k, p, n) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} = \frac{n!}{k! (n-k)!} p^k (1-p)^{n-k}$$

Wird das Argument k nicht angegeben, dann liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren von k und f(k, p, n) mit  $k \in 0 \dots n$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

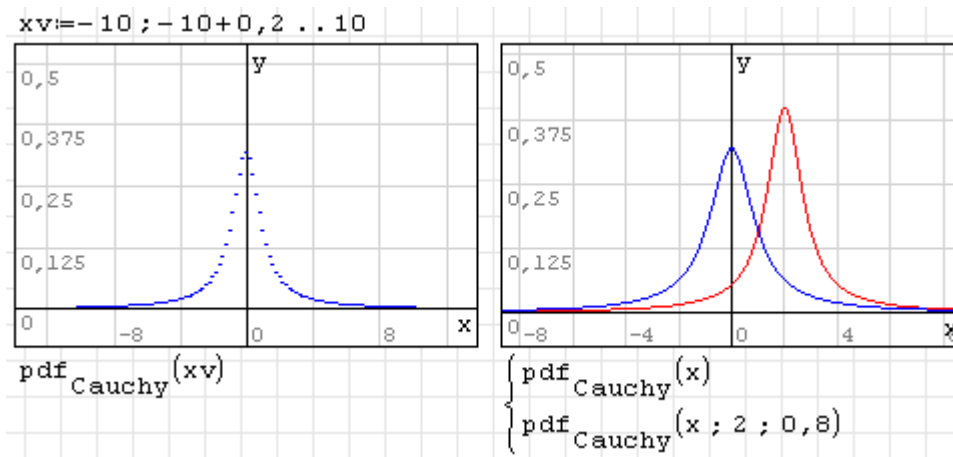
```
pdf.Cauchy(x)
pdf.Cauchy(x; t; s)
```



Häufigkeitsfunktion der Cauchy-Verteilung, mit dem Ortsparemeter  $t$  (Standardwert 0) und dem Breitenparameter  $s$  (Standardwert 1):

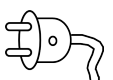
$$f(x, t, s) = \frac{1}{\pi} \frac{s}{s^2 + (x - t)^2}$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $f(x, t, s)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

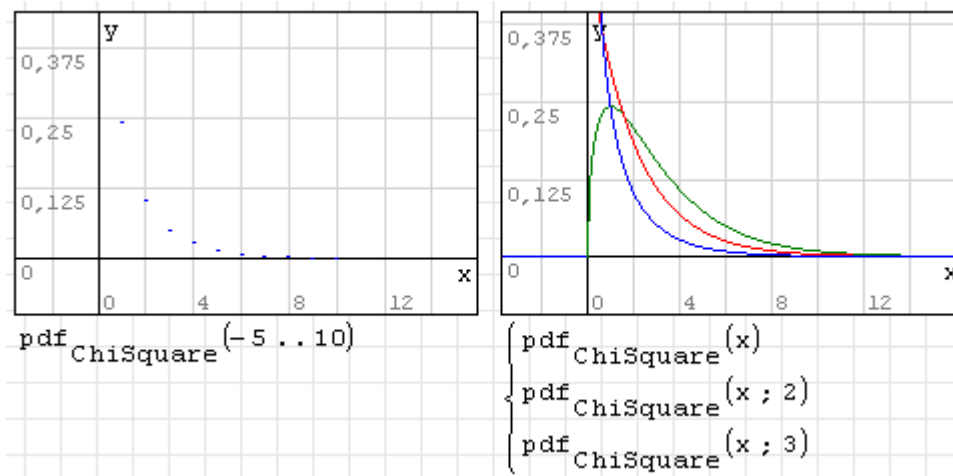
```
pdf.ChiSquare(x)
pdf.ChiSquare(x, n)
```



Häufigkeitsfunktion der  $\chi_n^2$ - (Chi-Quadrat-)Verteilung mit der Zahl der Freiheitsgrade  $n$  (Standardwert 1). Sie beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass die Quadratsumme von  $n$  standardnormalverteilten Zahlen kleiner oder gleich  $x$  ist.

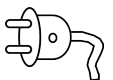
$$f(x, n) = \begin{cases} \frac{x^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}}}{2^{\frac{n}{2}} \Gamma(\frac{n}{2})} & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases}$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $f(x, n)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

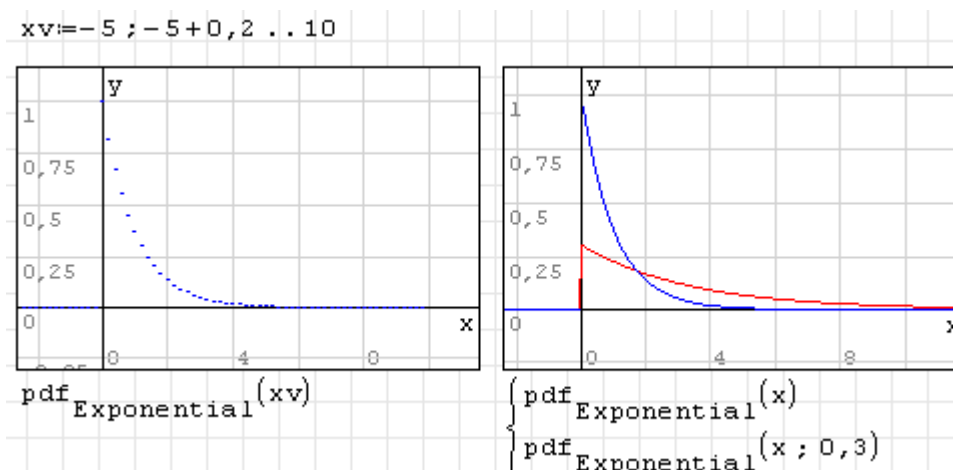
```
pdf.Exponential(x)
pdf.Exponential(x; Ereignisrate)
```



Häufigkeitsfunktion der Exponentialverteilung, kennzeichnet die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Ereignisabstandes  $x$  zwischen zufälligen Ereignissen mit mittlerer Ereignisrate  $\lambda$ . Voreinstellung der Ereignisrate ist  $\lambda = 1$ . Es gilt:

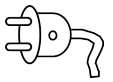
$$f(x, \lambda) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $f(x, \lambda)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

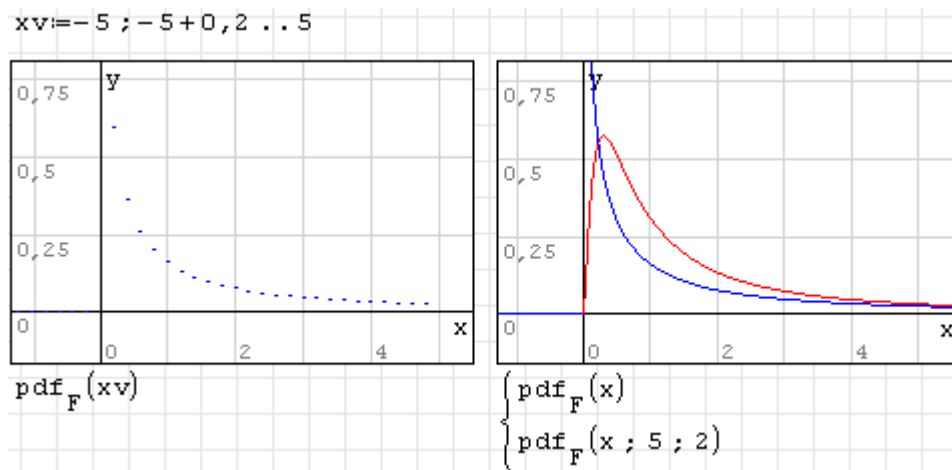
```
pdf.F(x)
pdf.F(x, m, n)
```



Häufigkeitsfunktion der Fisher- oder F-Verteilung mit  $m$  Freiheitsgraden im Zähler und  $n$  Freiheitsgraden im Nenner. Sie entspricht der Verteilung des Quotienten aus zwei normierten Quadratsummen standardnormalverteilter Zahlen.

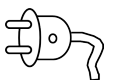
$$f(x, m, n) = \begin{cases} m^{\frac{m}{2}} n^{\frac{n}{2}} \frac{\Gamma(\frac{m+n}{2})}{\Gamma(\frac{m}{2})\Gamma(\frac{n}{2})} \frac{x^{\frac{m}{2}-1}}{(mx+n)^{\frac{m+n}{2}}} & x \geq 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $f(x, m, n)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

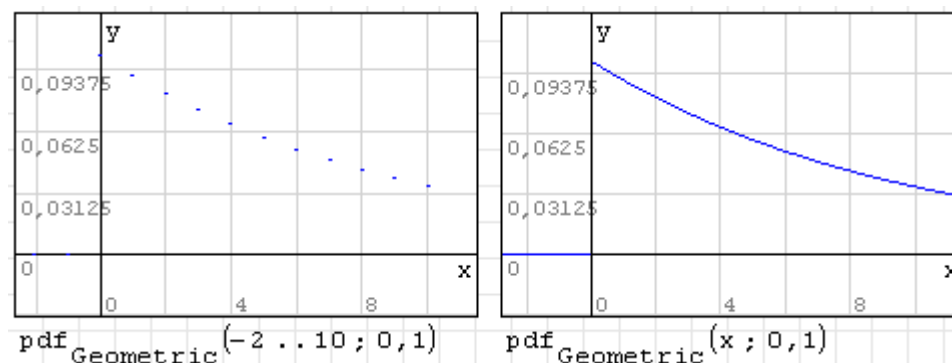
pdf.Geometric(x; p)



Häufigkeitsfunktion der Geometrischen Verteilung. Sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, genau  $x$  Fehlversuche zu benötigen, bevor ein Versuch mit der Erfolgswahrscheinlichkeit  $p$  erfolgreich ist. Es gilt

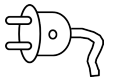
$$f(k, p) = p(1 - p)^k$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $f(x, p)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

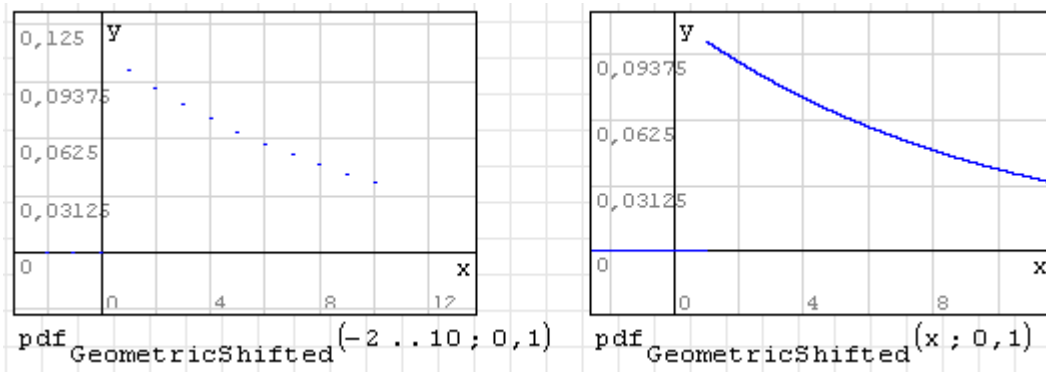
pdf.GeometricShifted(x; p)



Häufigkeitsfunktion der verschobenen Geometrischen Verteilung. Sie gibt die Wahrscheinlichkeit an, genau  $x$  Versuche der Erfolgswahrscheinlichkeit  $p$  zu benötigen, damit der Erfolg eintritt. Es gilt

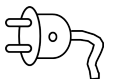
$$f(k, p) = p(1 - p)^{k-1}$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $f(x, p)$ .



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

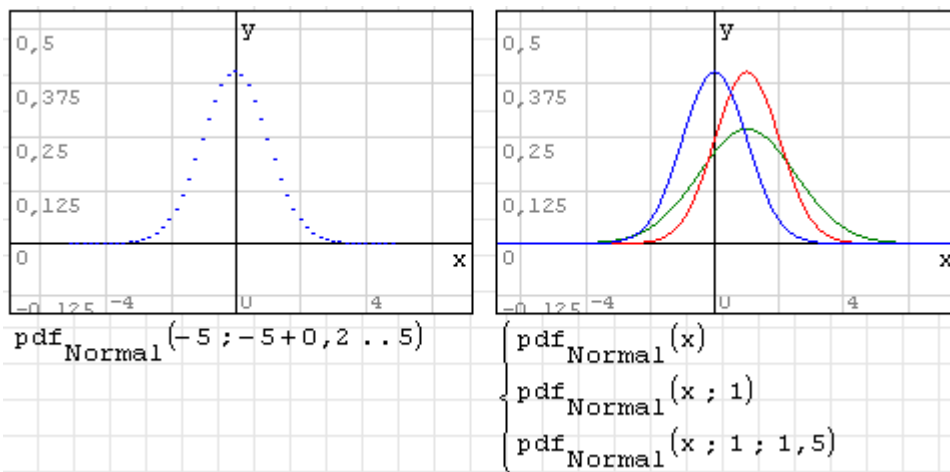
pdf.Normal(x)  
 pdf.Normal(x; Mittelwert)  
 pdf.Normal(x; Mittelwert; Standardabweichung)



Häufigkeitsfunktion der Normalverteilung, Voreinstellung ist Mittelwert  $\mu = 0$  und Standardabweichung  $\sigma = 1$  (Standardnormalverteilung). Es gilt:

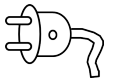
$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $f(x, \mu, \sigma)$  erzeugt.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

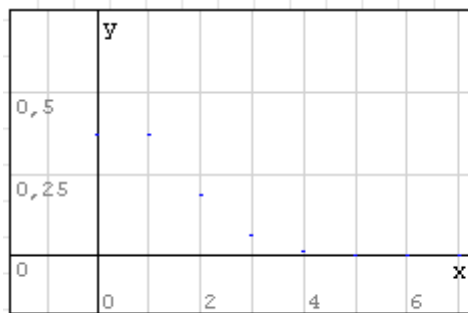
```
pdf.Poisson(x)
pdf.Poisson(x; lambda)
```



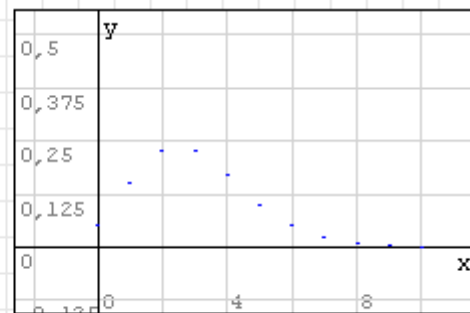
Häufigkeitsfunktion der Poisson-Verteilung. Gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein seltenes Ereignis innerhalb eines Zeitraums oder eines Gebiets genau  $x$  mal eintritt, wenn das Ereignis im Mittel  $\lambda$  (Erwartungswert) mal innerhalb dieses Zeitraums eintritt. Voreinstellung ist  $\lambda = 1$ . Es gilt:

$$f(x, \lambda) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}.$$

Ist  $x$  ein Vektor, liefert die Funktion eine plotbare zweispaltige Matrix aus Wertepaaren  $x$  und  $f(x, \lambda)$ .  $x$  muss ganzzahlig sein.



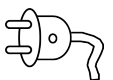
`pdf_Poisson(0..10)`



`pdf_Poisson(0..10; 3)`

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

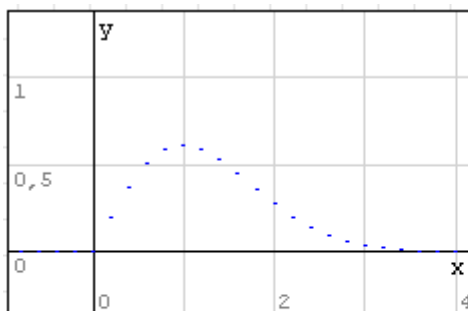
```
pdf.Rayleigh(x)
pdf.Rayleigh(x; sigma)
```



Häufigkeitsfunktion der Rayleigh-Verteilung. Gibt die Wahrscheinlichkeitsdichte an, dass ein Vektor aus zwei mit  $\mu = 0$  und  $\sigma$  normalverteilten Komponenten genau den Betrag  $x$  hat. Die Standardabweichung ist auf  $\sigma = 1$  voreingestellt. Es gilt:

$$f(x, \sigma) = \frac{x}{\sigma^2} e^{-x^2/2\sigma^2}$$

Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $f(x, \sigma)$  erzeugt.



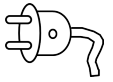
`pdf_Rayleigh(-5; -5+0,2..10)`



`pdf_Rayleigh(x)`  
`pdf_Rayleigh(x; 0,5)`  
`pdf_Rayleigh(x; 1,5)`

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

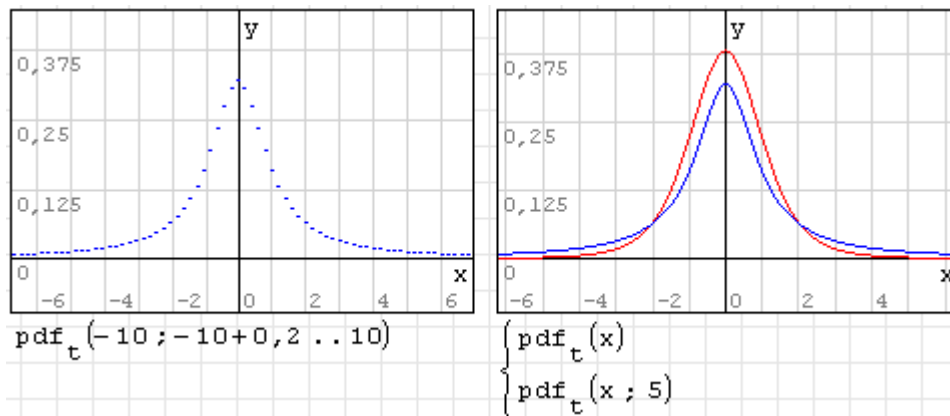
pdf.t(x)  
pdf.t(x,n)



Häufigkeitsfunktion der Studentschen t-Verteilung mit  $n$  Freiheitsgraden (Standardwert 1).

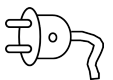
$$f(x, n) = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{n\pi}\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \left(1 + \frac{x^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}}.$$

Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $f(x, n)$  erzeugt.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

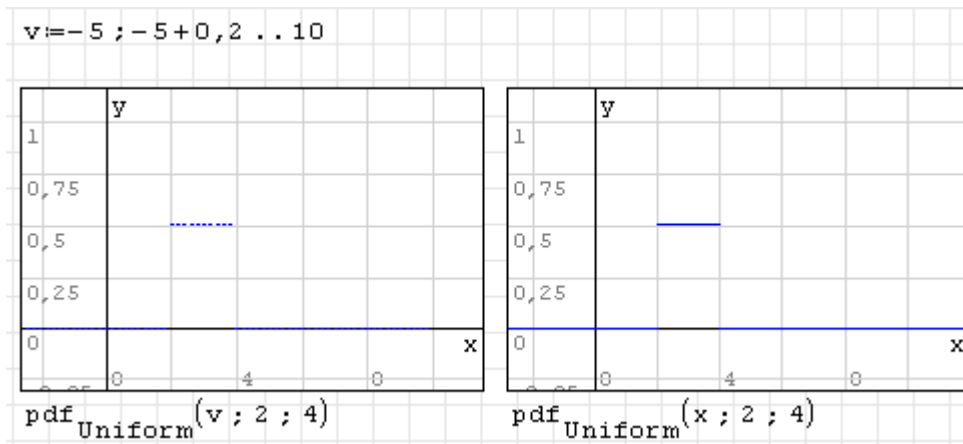
pdf.Uniform(x; a; b)



Dichtefunktion der stetigen Gleichverteilung im Intervall  $[a, b]$  mit

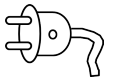
$$f(x, a, b) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $f(x, a, b)$  erzeugt.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

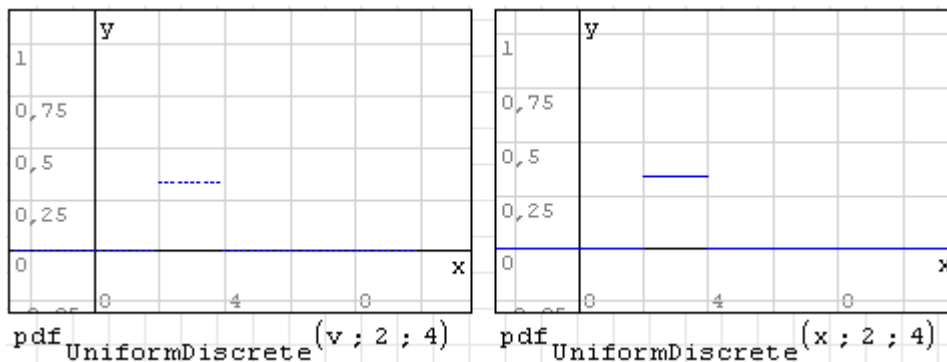
pdf.UniformDiscrete(x; a; b)



Häufigkeitsfunktion der diskreten Gleichverteilung im Intervall  $[a, b]$  mit

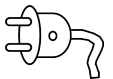
$$f(x, a, b) = \begin{cases} \frac{1}{b-a+1} & a \leq x \leq b \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Darin sind  $x$ ,  $a$  und  $b$  ganze Zahlen. Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $x$  und  $f(x, a, b)$  erzeugt.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

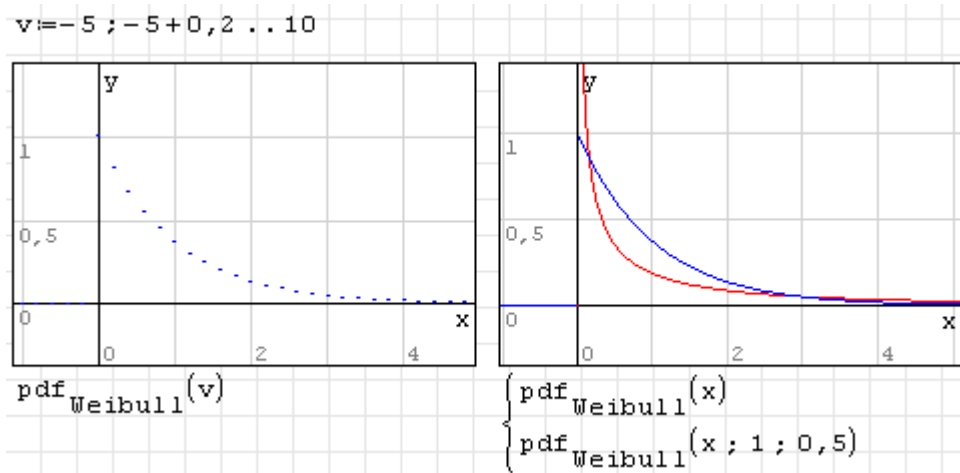
pdf.Weibull(t)  
pdf.Weibull(t; T; k)



Dichtefunktion der Weibullverteilung mit der charakteristischen Lebensdauer  $T$  (Voreinstellung  $T = 1$ ) und dem Streuungsparameter  $k$  (Voreinstellung  $k = 1$ ). Es gilt:

$$f(t, T, k) = \frac{k}{T} \left(\frac{t}{T}\right)^{k-1} e^{-(t/T)^k} \quad t \geq 0.$$

Ist  $x$  ein Vektor, wird eine plotbare zweispaltige Matrix aus Paaren  $t$  und  $f(t, T, k)$  erzeugt.

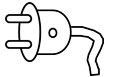


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
perc(Zahl1; Zahl2)
```

Zahl2 Prozent von Zahl1

```
Random(Zeilen)
Random(Zeilen; Spalten)
```

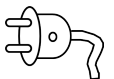


Einzelwert, Vektor oder Matrix gleichverteilter Zufallszahlen zwischen 0 und 1.

```
Random(0)=0,4147      Random(5)=
  (0,0657
   0,3653
   0,6441
   0,3029
   0,238)
Random(5; 2)=
  (0,0657 0,3653
   0,6441 0,3029
   0,238  0,1337
   0,1669 0,5175
   0,3432 0,8324)
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
Random.N(min; max)
Random.N(Zeilen; min; max)
Random.N(Zeilen; Spalten; min; max)
```



Einzelwert, Vektor oder Matrix gleichverteilter ganzer Zufallszahlen aus dem Intervall min bis max.

```
Dice_N:=Random_N(1; 6)      Dice_N=5
Dice_V:=Random_N(4; 1; 6)   Dice_V=
  (4
   6
   4
   5)
Dice_M:=Random_N(6; 12; 1; 6)
+                               Dice_M=
  (6 5 6 1 3 4 6 5 4 1 3 4)
  (6 2 2 4 1 1 4 2 5 6 3 3)
  (3 6 3 2 3 6 6 5 3 1 3 4)
  (2 3 1 4 2 6 6 5 5 3 1 3)
  (1 6 6 4 4 2 4 1 3 3 4 4)
  (1 5 2 4 1 4 1 5 5 4 2 5)
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
Random(Zahl)
```

Erzeugt eine ganzzahlige Zufallszahl zwischen Null und Zahl. Entspricht der Funktion `Random(0; Zahl)` aus dem Plugin *Statistical Tools*.

```
range(Startwert; Maximalwert)
range(Startwert; Maximalwert; zweiter_Wert)
```

Die Funktion `range()` erzeugt Vektoren mit auf- oder absteigenden Zahlenwerten. Anzugeben sind der erste Wert und der Maximalwert. Optional kann der zweite Wert angegeben werden, dessen Differenz zum Startwert die Schrittweite definiert. Sie ist auf +1 oder -1 vor-eingestellt, je nach dem, ob der Maximalwert größer oder kleiner als der Endwert ist.

`x := rang`  $\leftarrow$  1  $\rightarrow$  5  $\downarrow$

`x := 1 .. 5`

$$x = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix}$$

`2 .. -2 =`

$$\begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \\ -1 \\ -2 \end{pmatrix}$$

`0,5 .. 3,5 =`

$$\begin{pmatrix} 0,5 \\ 1,5 \\ 2,5 \\ 3,5 \end{pmatrix}$$

Die Schrittweite ist dann die Differenz zwischen Startwert und zweitem Wert.

`s := rang`  $\downarrow$   $\leftarrow$  0  $\rightarrow$  p `Strg-G`  $\rightarrow$  p `Strg-G` /4  $\downarrow$

`s := 0 ;  $\frac{\pi}{4}$  .. 2 *  $\pi$`

$$s = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,79 \\ 1,57 \\ 2,36 \\ 3,14 \\ 3,93 \\ 4,71 \\ 5,5 \\ 6,28 \end{pmatrix}$$

`x1 := 0`   `x2 :=  $\frac{\pi}{2}$`    `xn := 2 *  $\pi$`

$$x_1 ; x_2 \dots x_n = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,5 \\ 1 \\ 1,5 \\ 2 \end{pmatrix} \pi$$

## rank(M)

Liefert den Rang der Matrix M. Das ist die Zahl der linear unabhängigen Zeilen in M.

`A :=  $\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$`    `rank(A) = 2`   `|A| = -1`

Die Werte können auch symbolisch berechnet werden

`C :=  $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$`    `|C| = a * d - c * b`   `rank(C) = 2`

`D :=  $\begin{pmatrix} a & b \\ 2 * a & 2 * b \end{pmatrix}$`    `|D| = 0`   `rank(D) = 1`

Die Berechnung benötigt die numerisch nicht robust implementierte Determinante `det()`, die bereits bei moderat großen Matrizen und Zahlenwerten versagt.

$A :=$	8 0 4 8 8 2 8 3 3 2	numerische Auswertung:
	5 3 0 7 4 7 5 4 6 7	$\text{rank}(A) = 10$
	5 8 4 1 8 3 1 8 6 9	$ A  = 16213093592340300000001$
	6 3 5 0 0 3 8 9 8 0	symbolische Auswertung:
	5 8 3 5 8 3 4 6 6 5	$\text{rank}(A) = 10$
	9 6 7 2 8 9 6 3 9 5	$ A  = \frac{16213093592340300000001}{16213093592340300000001}$
	1 9 6 4 5 1 8 0 6 1	
	9 5 5 5 1 7 5 8 2 4	
	8 4 2 1 9 9 5 2 1 1	
	6 5 9 3 9 5 1 8 0 7	
$\text{maple}( A ) = 784894425$		

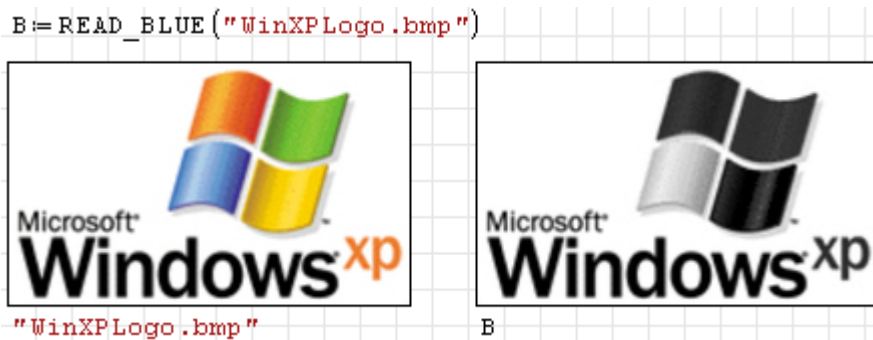
Bei symbolischer Berechnung können im Einzelfall noch Lösungen erhalten werden, diese sind aber auch durch die interne Zahlendarstellung begrenzt.

Re(z)

Realteil einer komplexen Zahl  $z$ . Die Funktion kommt nicht mit Maßeinheiten zurecht.

READ\_BLUE()

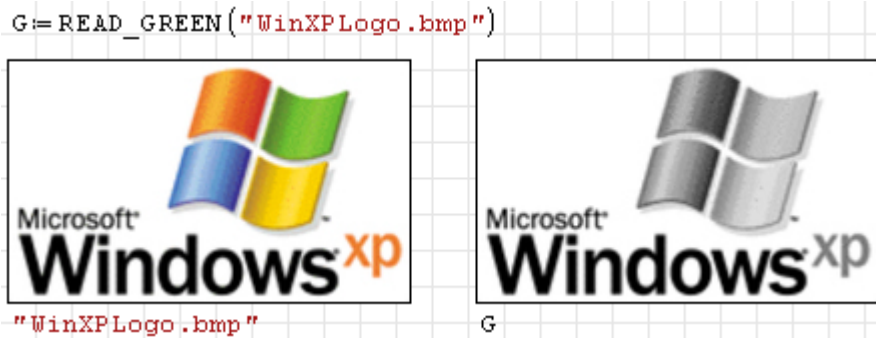
Einlesen des Blau-Anteils eines Bildes als Grauwertmatrix. Die Anzeige erfolgt hier mit dem Image-Bereich aus dem Plugin *Image Region* (siehe Abschnitt 207), links direkt aus der Datei, rechts aus der eingelesenen Matrix.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

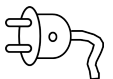
READ\_GREEN()

Einlesen des Grün-Anteils eines Bildes als Grauwertmatrix. Die Anzeige erfolgt hier mit dem Image-Bereich aus dem Plugin *Image Region* (siehe Abschnitt 10.2.7), links direkt aus der Datei, rechts aus der eingelesenen Matrix.

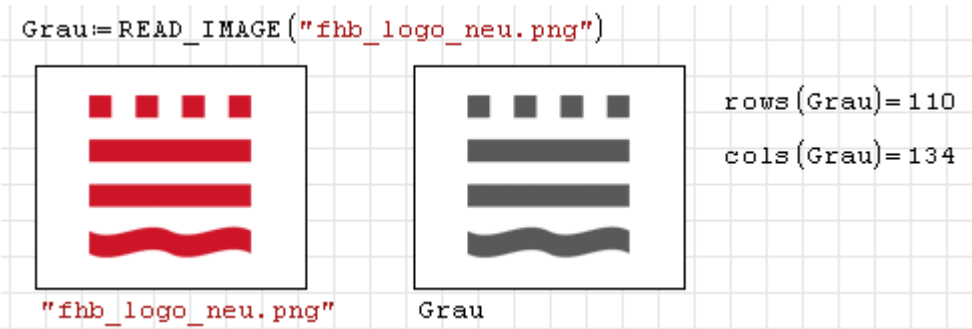


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

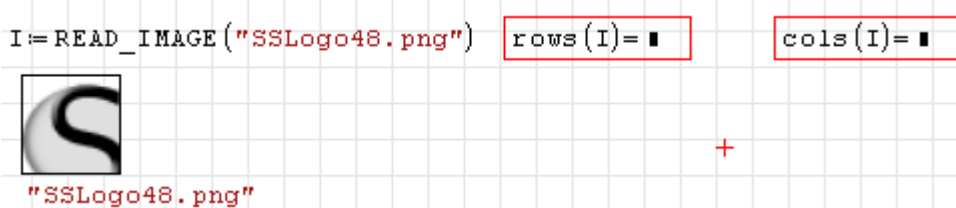
`READ_IMAGE(Dateiname)`



Einlesen eines Rasterbildes als Grauwertmatrix. Unterstützt werden die gängigen Formate. Die Anzeige erfolgt hier mit dem Image-bereich aus dem Plugin *Image Region* (siehe Abschnitt 10.2.7), links direkt aus der Datei, rechts aus der eingelesenen Matrix.

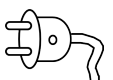


Bei manchen Bildern kommt es zu Problemen beim Laden. Beispielsweise gelingt es nicht, das SMath-Logo zu laden. Dieses wird auch direkt aus der Datei im Image-Bereich nicht richtig angezeigt.

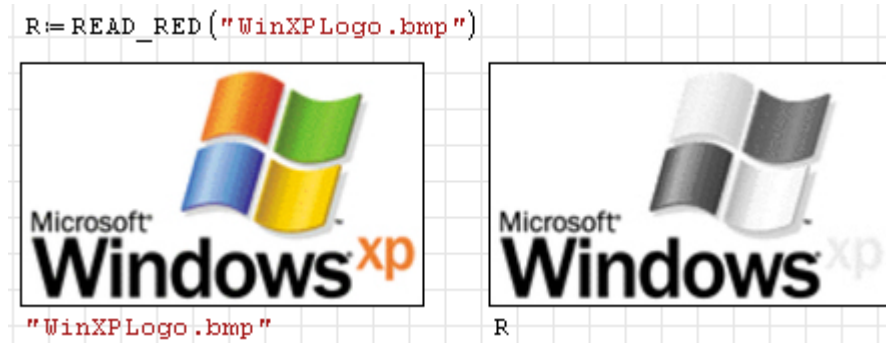


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

`READ_RED()`

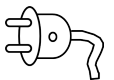


Einlesen des Rot-Anteils eines Bildes als Grauwertmatrix. Die Anzeige erfolgt hier mit dem Image-Bereich aus dem Plugin *Image Region* (siehe Abschnitt 10.2.7), links direkt aus der Datei, rechts aus der eingelesenen Matrix.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

```
READBIN(Dateiname; Datentyp; Endian; Spalten; Offset; maxZeilen)
```



Liest Daten aus Dateien mit Binärzahlen einheitlichen Typs. Der Dateiname wird als Zeichenkette angegeben. Der Datentyp kann sein:

- "byte" (8 Bit Integer ohne Vorzeichen)
- "int16" (16 Bit Integer mit Vorzeichen)
- "uint16" (16 Bit Integer ohne Vorzeichen)
- "int32" (32 Bit Integer mit Vorzeichen)
- "uint32" (32 Bit Integer ohne Vorzeichen)
- "float" (32 Bit Gleitkommazahl)
- "double" (64 Bit Gleitkommazahl)

Endian ist die Bitreihenfolge in der Binärdarstellung. Werte können sein:

- 0 - little endian (niedrigstes Bit zuerst, IBM-PC-Standard)
- 1 - big endian (höchstes Bit zuerst, Macintosh-Standard)

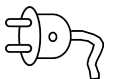
Spalten gibt die Zahl der Spalten in der Ergebnismatrix an.

Offset gibt die Zahl der am Anfang der Datei zu überspringenden Bytes an.

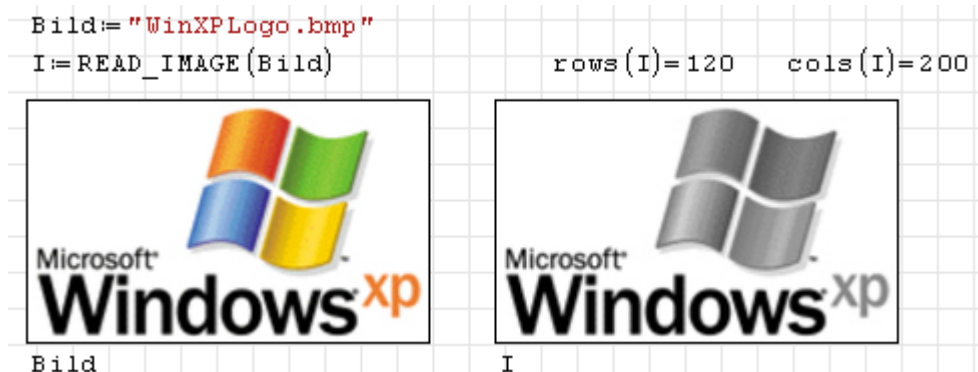
maxZeilen gibt die maximal zu lesende Zeilenzahl an.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

```
READBMP()
```

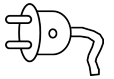


Einlesen eines .bmp-Bildes als Grauwertmatrix. Die Anzeige erfolgt hier mit dem Image-Bereich aus dem Plugin *Image Region* (siehe Abschnitt 10.2.7), links direkt aus der Datei, rechts aus der eingelesenen Matrix.

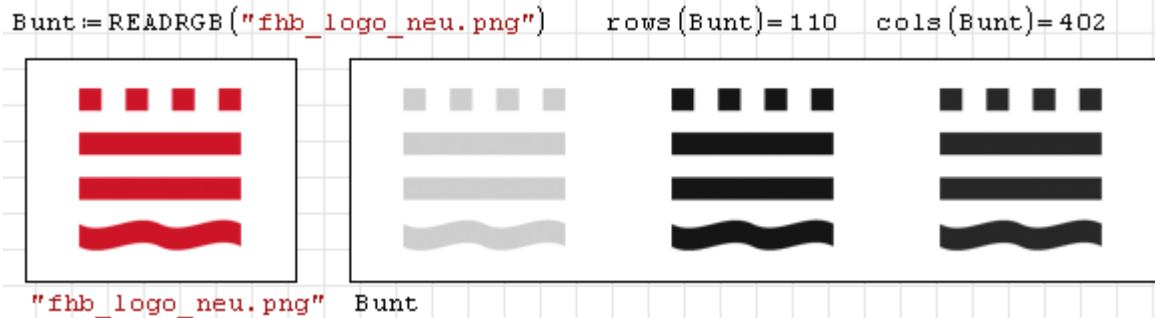


Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

READRGB(Dateiname)



Einlesen von Rasterbildern als RGB-Daten. Die Matrix enthält die Werte für rot, grün und blau nebeneinander angeordnet. Die Anzeige erfolgt hier mit dem Image-Bereich aus dem Plugin *Image Region* (siehe Abschnitt 10.2.7).



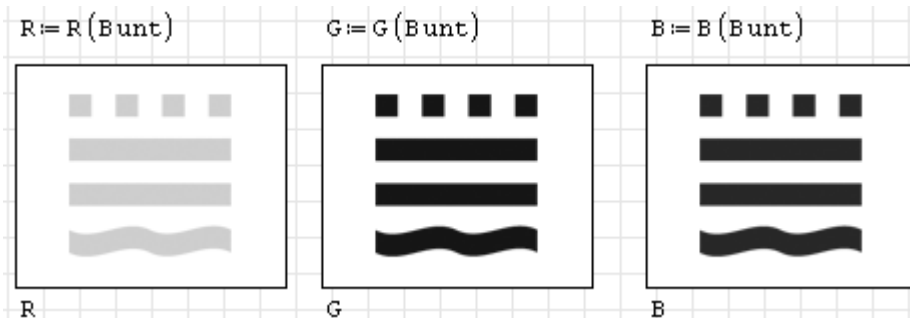
Die folgenden Funktionen trennen die Daten in die Teilmatrizen auf:

$$R(\text{RGB}) := \text{eval} \left( \text{submatrix} \left( \text{RGB} ; 1 ; \text{rows}(\text{RGB}) ; 1 ; \frac{\text{cols}(\text{RGB})}{3} \right) \right)$$

$$G(\text{RGB}) := \text{eval} \left( \text{submatrix} \left( \text{RGB} ; 1 ; \text{rows}(\text{RGB}) ; \frac{\text{cols}(\text{RGB})}{3} + 1 ; 2 \cdot \frac{\text{cols}(\text{RGB})}{3} \right) \right)$$

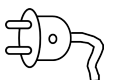
$$B(\text{RGB}) := \text{eval} \left( \text{submatrix} \left( \text{RGB} ; 1 ; \text{rows}(\text{RGB}) ; 2 \cdot \frac{\text{cols}(\text{RGB})}{3} + 1 ; \text{cols}(\text{RGB}) \right) \right)$$

Diese können dann separat angezeigt oder weiterverarbeitet werden.



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

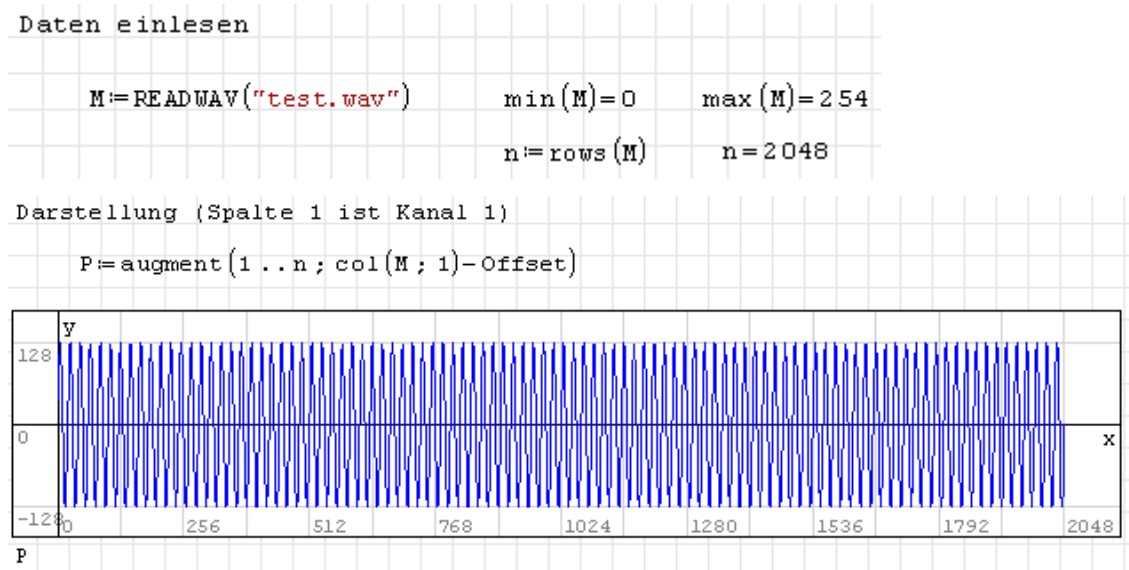
READWAV()



Lesen von .wav-Dateien. Abtastrate und Auflösung können mit der Funktion GETWAVEINFO() bestimmt werden. Die zurückgegebene Matrix hat die Dimension Wertezahl×Kanalzahl.

```
Offset für die Symmetrisierung

Auflösung := GETWAVEINFO("test.wav")_3
Offset = 2 * Auflösung - 1 - 1  Offset = 127
```



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

`reverse(Matrix)`

Kehrt die Reihenfolge der Zeilen in einer Matrix um.

$$\text{reverse} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$$

`rfile(Name)`

Liest den Inhalt aus einer internen Austauschdatei, die mit `wfile()` (siehe Seite 233) geschrieben wurde. Beachten Sie, dass das Argument „Name“ buchstäblich genommen wird. Es wird nicht ausgewertet und kann keinen Pfad oder Endung enthalten.

Die Datei wird in einem speziellen Systemverzeichnis (unter XP: "C:\Documents and Settings\%USERNAME%\Application Data\SMath\user", unter Windows 7: C:\Users\%Benutzer%\AppData\Roaming\SMath\user) gesucht. Sie können sich dieses Verzeichnis mit der Funktion `SettingsDirectory()` (im Plugin *Custom Functions*, siehe Seite 10.2.3) anzeigen lassen.

Die Funktion ist nicht für den Datenexport oder sonstigen Austausch, sondern nur zur internen Zwischenspeicherung von Daten gedacht und geeignet.

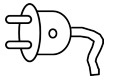
Das folgende Beispiel erzeugt eine Datei namens *t* mit dem Inhalt  $'m/1000$  und liest sie wieder ein.

```
t:=1 mm

wfile(t; t)=1

rfile(t)=1·10-3 m
```

```
rfile(Verzeichnis; Dateiname)
```



Diese Funktion ist eine flexiblere Variante der eingebauten Funktion `rfile()`, siehe vorheriger Eintrag. Sie liest einen Ausdruck aus der Datei `names Dateiname` (hier als Zeichenkette anzugeben) im ebenfalls als Zeichenkette anzugebenden Verzeichnis.

```

Plugin customFunctions Dir:=SettingsDirectory(1)

Dir:=concat(Dir; "user\ ")

Dir="C:\Users\Kraska\AppData\Roaming\SMath\user\ "

FileName:="myfile1"

Plugin MathcadFileAccess wfile( $\begin{pmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 4 \end{pmatrix}$ ; Dir; FileName)=1

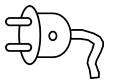
Plugin MathcadFileAccess rfile(Dir; FileName)= $\begin{pmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 4 \end{pmatrix}$ 

interne Funktion rfile(myfile1)= $\begin{pmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 4 \end{pmatrix}$ 

```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

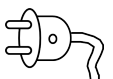
```
Ridder(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen; Genauigkeiten; maxIter)
Ridder(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen; Genauigkeiten; maxIter;
Schalter)
```



Nichtlinearer Löser nach dem Ridder-Verfahren. Sucht die Nullstellen einer Liste von Funktionen für alle darin vorkommenden undefinierten Variablen mit den gegebenen Startwerten. Der Vektor Genauigkeiten enthält eine Toleranz für jede der gegebenen Funktionen. Es werden maximal `maxIter` Iterationen durchgeführt. Die Funktion liefert einen Vektor mit Lösungsvektoren (falls diese existieren). Wird der optionale Schalter ungleich Null angegeben, wird auch die benötigte Zahl der Iterationen angegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

```
Rkadapt(y0; x0; x1; nstep; D(x,y))
```



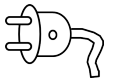
Integration gewöhnlicher Differenzialgleichungssysteme mit dem adaptiven Runge-Kutta-Fehlberg-Verfahren. `D(x, y)` enthält die Ableitungen der Unbekannten nach der unabhängigen Variable und ist eine vektorwertige Funktion der unabhängigen Variable  $x$  ( $x$ ) und des  $n$ -dimensionalen Unbekanntenvektors  $\underline{y}$  ( $y$ ).  $y_0$  ist der Anfangswert  $\underline{y}_0 = \underline{y}(x = x_0)$  des Unbekanntenvektors. Die unabhängige Variable durchläuft den Bereich von  $x_0$  ( $x_0$ ) bis  $x_1$  ( $x_1$ ) in  $n_{\text{step}}$  ( $n_{\text{step}}$ ) Schritten.

Ergebnis ist eine Matrix aus  $1 + n_{\text{step}}$  Zeilen und  $1 + n$  Spalten. Die erste Spalte enthält die  $x$ -Werte, die weiteren Spalten jeweils die Unbekannten  $y_1$  bis  $y_n$ . Die Zeilen enthalten die Werte für die  $1 + n_{\text{step}}$  Werte der unabhängigen Variable.

Obwohl der Algorithmus intern mit einer adaptiven Zeitschrittsteuerung arbeitet, werden genau  $1 + n_{\text{step}}$  Datensätze ausgegeben, die hinsichtlich der unabhängigen Variable äquidistant sind

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *ODE Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.11).

```
rkfixed(y0; x0; x1; nstep; D(x,y))
```



Integration gewöhnlicher Differentialgleichungssysteme mit dem Runge-Kutta-Verfahren vierter Ordnung bei fester Schrittweite.  $D(x, y)$  enthält die Ableitungen der Unbekannten nach der unabhängigen Variable und ist eine vektorwertige Funktion der unabhängigen Variable  $x$  ( $x$ ) und des  $n$ -dimensionalen Unbekanntenvektors  $\underline{y}$  ( $y$ ).  $y_0$  ist der Anfangswert  $\underline{y}_0 = \underline{y}(x = x_0)$  des Unbekanntenvektors. Die unabhängige Variable durchläuft den Bereich von  $x_0$  ( $x_0$ ) bis  $x_1$  ( $x_1$ ) in  $n_{\text{step}}$  ( $n_{\text{step}}$ ) Schritten.

Ergebnis ist eine Matrix aus  $1 + n_{\text{step}}$  Zeilen und  $1 + n$  Spalten. Die erste Spalte enthält die  $x$ -Werte, die weiteren Spalten jeweils die Unbekannten  $y_1$  bis  $y_n$ . Die Zeilen enthalten die Werte für die  $1 + n_{\text{step}}$  Werte der unabhängigen Variable.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *ODE Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.11).

```
row(Matrix; i)
```

liefert die Zeile  $i$  der Matrix.

```
A := (1 2)
      (3 4)
      (5 6)
row(A; 3) = (5 6)
```

```
rows(Matrix)
```

Liefert die Zahl der Spalten der Matrix.

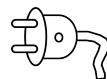
```
A := (1 2)
      (3 4)
      (5 6)
rows(A) = 3
```

```
rsort(Name)
```

Sortiert die Spalten einer Matrix anhand der  $i$ -ten Zeile.

```
rsort( ( (1 3 1 3 5)
         (2 4 7 8 6) ); 1 ) = ( (1 1 3 3 5)
                               (2 7 4 8 6) )
```

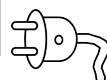
```
Secant(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen; Genauigkeiten; maxIter)
Secant(Funktionen; Untergrenzen; Obergrenzen; Genauigkeiten; maxIter;
Schalter)
```



Nichtlinearer Löser nach dem Sekanten-Verfahren. Sucht die Nullstellen einer Liste von Funktionen für alle darin vorkommenden undefinierten Variablen mit den gegebenen Startwerten. Der Vektor Genauigkeiten enthält eine Toleranz für jede der gegebenen Funktionen. Es werden maximal `maxIter` Iterationen durchgeführt. Die Funktion liefert einen Vektor mit Lösungsvektoren (falls diese existieren). Wird der optionale Schalter ungleich Null angegeben, wird auch die benötigte Zahl der Iterationen angegeben.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Non Linear Solvers* (siehe Abschnitt 10.2.10).

### SettingsDirectory()



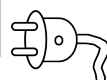
Liefert das Verzeichnis, in welchem SMath benutzerspezifische Daten ablegt. Dieses Verzeichnis wird zum Beispiel von den Funktionen `wfile()` (Seite 290), `rfile()` (Seite 290) oder `dfile()` (Seite 235) benutzt.

```
SettingsDirectory( ) = "C:\Users\Kraska\AppData\Roaming\SMath\ "
SettingsDirectory(0) = "C:\Users\Kraska\AppData\Roaming\SMath\ "
```

Das Argument kann weggelassen werden und hat keinen Einfluss auf das Ergebnis.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

### Skewness(y)



Schiefe  $\beta_2$  einer durch den Vektor  $\underline{y}$  gegebenen Datenreihe.

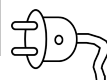
$$v(y) = \frac{\mu_3(y)}{\mu_2(y)^{\frac{3}{2}}}$$

mit den  $k$ -ten zentralen Momenten  $\mu_k$ .

```
y := (3 5 5,5 7 6 9)^T      Skewness(y) = 0,1329
```

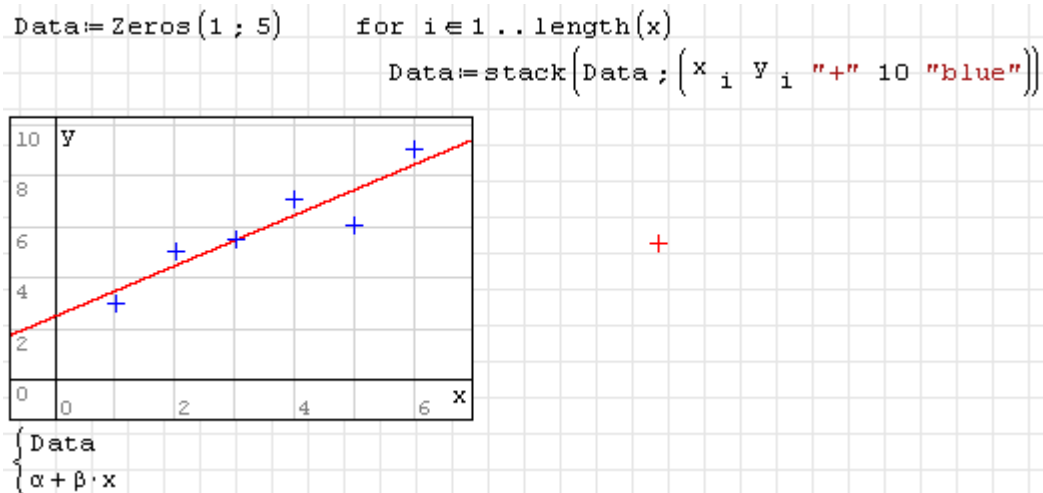
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

### Slope(x; y)



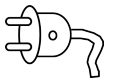
Neigung der Regressionsgerade durch die mit den Vektoren  $\underline{x}$  und  $\underline{y}$  gegebenen Datenpunkte.

```
x := ( 1 )
    ( 2 )
    ( 3 )
    ( 4 )
    ( 5 )
    ( 6 )
y := ( 3 )
    ( 5 )
    ( 5,5 )
    ( 7 )
    ( 6 )
    ( 9 )
alpha := Intercept(x ; y)      alpha = 2,4667
beta := Slope(x ; y)          beta = 0,9857
```



Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

Solve(G1, var)



Löst das als Vektor oder Liste von boolschen Gleichungen G1 gegebene Gleichungssystem nach den als Vektor oder Liste var gegebenen Variablen auf. Die Variablen müssen undefiniert sein.

Rückgabewert ist eine Zeilenmatrix von Listen. Jede Liste enthält die Variablenwerte einer Lösung, ausgedrückt als boolsche Gleichungen Name=Wert. Die Werte können mit Assign() zugewiesen werden. Die Funktion ruft solve() in Maxima auf.

$$G1_1 := (x^2 + 3 \cdot x \cdot y + y^2 = 0) \quad G1_2 := (3 \cdot x + y = 1)$$

$$L := \text{Solve}(G1, \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix})$$

$$L = \left( \left( \begin{pmatrix} x = -\frac{-3 + \sqrt{5}}{2} \\ y = \frac{-7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \end{pmatrix} \right) \left( \begin{pmatrix} x = \frac{3 + \sqrt{5}}{2} \\ y = -\frac{7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} \end{pmatrix} \right) \right)$$

$$\text{Assign}(L_1) = \begin{cases} -\frac{-3 + \sqrt{5}}{2} & x = -\frac{-3 + \sqrt{5}}{2} & y = \frac{-7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} & \text{Clear}(x, y) = 1 \\ -\frac{-7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} & & & \end{cases}$$

$$\text{Assign}(L_1) = \begin{cases} -\frac{-3 + \sqrt{5}}{2} & x = -\frac{-3 + \sqrt{5}}{2} & y = \frac{-7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} & \text{Clear}(x, y) = 1 \\ -\frac{-7 + 3 \cdot \sqrt{5}}{2} & & & \end{cases}$$

Ist nur eine Gleichung nach einer Variable aufzulösen, müssen die Argumente nicht als Vektor oder Liste gegeben werden. Der Rückgabewert ist dann ein Skalar oder bei mehreren Lösungen eine Liste.

$$\text{Solve}(a \cdot x + b = y, a) = a = \frac{y - b}{x}$$

$$L := \left( \text{Solve} \left( x^3 - 3 \cdot x^2 + 5 \cdot x = 15, x \right) \right) \quad L = \begin{cases} (x = -i \cdot \sqrt{5}) \\ (x = i \cdot \sqrt{5}) \\ (x = 3) \end{cases}$$

Ausführlich wird auf die Funktion in Abschnitt 4.10.1 eingegangen.

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Maxima* (siehe Abschnitt 9).

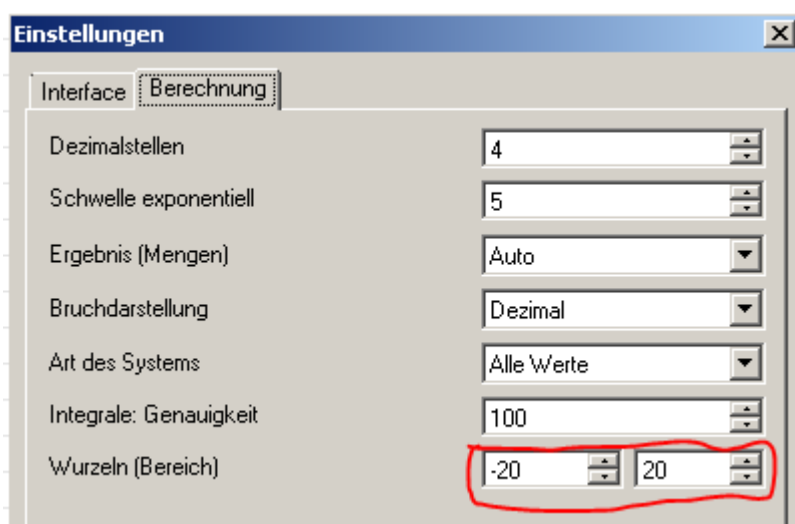
```
solve(expr; x)
solve(expr; x; a; b)
```

Nichtlinearer Löser. Sucht alle Lösungen für den von der skalaren Variablen  $x$  abhängigen skalaren Ausdruck  $\text{expr}$  im angegebenen Intervall zwischen  $a$  und  $b$ .

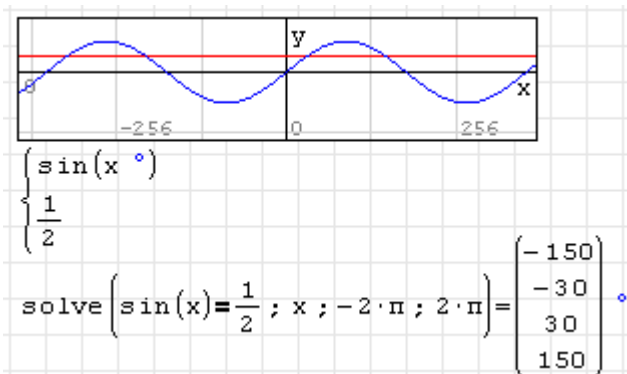
Die Variable  $x$  und die Intervallgrenzen müssen dimensionslos sein.

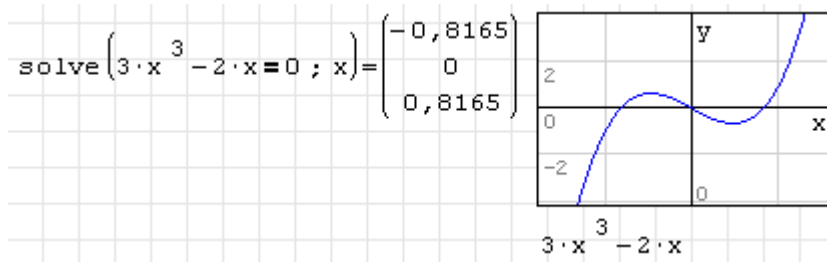
Ist der Suchbereich nicht angegeben, dann wird im voreingestellten Intervall  $-20 \dots 20$  gesucht. Diese Einstellung kann über das Hauptmenü geändert werden:

**Extras > Einstellungen > Berechnung > Wurzeln (Bereich)**



Beispiele:





Beachten Sie auch den Abschnitt 4.10.1 zur Gleichungslösung.

`sort(Spaltenmatrix)`

Sortiert die Elemente einer Spaltenmatrix (eines Vektors) der Größe nach (aufsteigend).

$\text{sort} \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 1 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 3 \\ 3 \\ 5 \end{pmatrix}$

`sqrt(Zahl)`

Quadratwurzel der Zahl

`stack(Matrix1; Matrix2)`  
`stack(Spaltenmatrix; Skalar)`

Stapelt zwei gegebene Matrizen gleicher Spaltenzahl.

$\text{stack} \left( \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 5 & 6 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 1 & 2 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$

An Vektoren können einzelne Zahlen (auch andere skalare Ausdrücke wie Zeichenketten) angehängt werden, ohne dass diese als  $1 \times 1$ -Matrizen angegeben werden müssen. Voranstellen kann man die Zahl auf diese Weise aber nicht.

$\text{stack} \left( \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}; 3 \right) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$

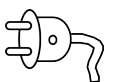
$\text{stack} \left( 3; \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \right) = \blacksquare$

$\text{stack} \left( 3; \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \\ 2 \end{pmatrix}$

`StdDev(Daten)`

Liefert die Standardabweichung der Daten (Matrix, Vektor oder Liste):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}$$



$$\text{StdDev} \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix} = 3,7859 \quad \text{StdDev} \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 1 & 6 & 2 \\ 3 & 2 & 5 & 2 & 3 & 5 \\ 5 & 2 & 1 & 3 & 4 & 1 \end{pmatrix} = 1,645$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12). Hinweis: in der ersten Version des Plugins (November 2012) wurde diese Funktion `stdDev()` geschrieben (kleiner Anfangsbuchstabe).

`str2num(Zeichenkette)`

Wandelt die als Zeichenkette gegebene interne Textdarstellung eines Ausdrucks in den Ausdruck selbst um.

$$\text{num2str} \left( \left\{ \begin{array}{l} \text{"abc"} \\ \sqrt{2} \end{array} \right\} \right) = \text{"sys("abc", sqrt(2), 2, 1)"} \\ \text{str2num} \left( \text{num2str} \left( \left\{ \begin{array}{l} \text{"abc"} \\ \sqrt{2} \end{array} \right\} \right) \right) = \left\{ \begin{array}{l} \text{"abc"} \\ \sqrt{2} \end{array} \right\} \quad \text{Optimierung symbolisch} \\ \text{str2num}(\text{"sqrt(x^2+y^2)"}) = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{Optimierung symbolisch}$$

`strlen(Zeichenkette)`

Liefert die Länge einer Zeichenkette. Kann keine Listen oder Matrizen von Zeichenketten verarbeiten.

$$\text{strlen}(\text{"12345"}) = 5 \\ \text{strlen} \left( \left\{ \begin{array}{l} \text{"12"} \\ \text{"123"} \end{array} \right\} \right) = \bullet \bullet \\ \text{Argument muss ein String sein.}$$

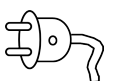
`strrep(Ziel; Suchmuster; Ersatz)`

Ersetzt alle Vorkommen von Suchmuster in Ziel durch Ersatz, alle Argumente sind Zeichenketten.

$$\text{strrep}(\text{"abcdefghijkdef"}; \text{"def"}; \text{"123"}) = \text{"abc123ghijk123"} \\ \text{strrep}(\text{"abcdefghijkdef"}; \text{"def"}; \text{""}) = \text{"abcghijk"}$$

`strtolower(Text)`

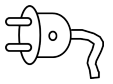
Wandelt Text (Zeichenketten) in Kleinbuchstaben um. Bei verschachtelten Strukturen (Matrizen, Listen) werden alle Zeichenketten umgewandelt.



```
strtolower("the QUICK bRoWn FoX...")="the quick brown fox..."
strtolower(
  (
    "the QUICK bRoWn FoX..."
    "another sTRING"
  )
) = (
  "the quick brown fox..."
  "another string"
)
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

```
strtoupper(Text)
```



Wandelt Text (Zeichenketten) in Großbuchstaben um. Bei verschachtelten Strukturen (Matrizen, Listen) werden alle Zeichenketten umgewandelt.

```
strtoupper("the QUICK bRoWn FoX...")="THE QUICK BROWN FOX..."
strtoupper(
  (
    "the QUICK bRoWn FoX..."
    "another sTRING"
  )
) = (
  "THE QUICK BROWN FOX..."
  "ANOTHER STRING"
)
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

```
submatrix(Matrix; r1; r2; c1; c2)
```

Liefert die Untermatrix von Zeilen r1 bis r2 und Spalten c1 bis c2.

```
submatrix(
  (
    ( 5 11 17 )
    ( 11 25 39 )
    ( 17 39 61 )
  ) ; 1 ; 2 ; 2 ; 3
) = (
  ( 11 17 )
  ( 25 39 )
)
```

```
substr(Zeichenkette; Start)
substr(Zeichenkette; Start; Länge)
```

Liefert ein Teilstück der Zeichenkette beginnend mit der Position Start. Optional kann eine Länge vorgegeben werden, Voreinstellung: alles ab Startposition.

```
substr("abcdefghijkdef" ; 5) = "efghijkdef"
substr("abcdefghijkdef" ; 5 ; 3) = "efg"
```

```
sum(v)
sum(expr; j; a; b)
```

Bildet die Summe über alle Elemente des Vektors  $v$  oder die Summe über alle Werte des Ausdrucks  $expr$ , wenn die Variable  $j$  alle ganzzahligen Werte von  $a$  bis  $b$  durchläuft. Die entsprechenden Operatordarstellungen sind:

$$\sum v \quad \sum_{var = a}^b expr$$

Beispiel:

$$\begin{aligned}
 A_1 &:= 20 \text{ cm}^2 & A_2 &:= 30 \text{ cm}^2 & A_3 &:= 20 \text{ cm}^2 \\
 x_1 &:= 2 \text{ cm} & x_2 &:= 4 \text{ cm} & x_3 &:= -2 \text{ cm} \\
 A &= \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \\ 20 \end{pmatrix} \text{ cm}^2 & x &= \begin{pmatrix} 20 \\ 40 \\ -20 \end{pmatrix} \text{ mm} & n &:= \text{length}(A) \\
 x_S &:= \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot x_j}{\sum A} = 17,1 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

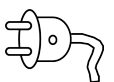
Die Funktion kann durch das Maxima-Plugin übernommen werden. Dann sind auch symbolische Summenberechnungen möglich .

$$\begin{aligned}
 &\text{MaximaTakeover}(\text{"sum()"}) = \text{"sum() now use Maxima"} \\
 &\sum_{i=1}^n i = 3 \cdot i
 \end{aligned}$$

`sys()`

Listenobjekt (in SMath als Gleichungssystem bezeichnet). Wird benötigt für die Anzeige mehrerer Grafikobjekte in Plots und (bezeichnungsgemäß) für die Darstellung von Gleichungssystemen. Funktionen für reelle oder komplexe Zahlen können auch Listen verarbeiten. Die Verwendung von Listen wird in Abschnitt 4.9 erläutert.

`sys2mat(Liste)`



Wandelt eine gegebene Liste in eine Matrix um.

$$\text{sys2mat} \left( \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

`time(dummy)`

Das ist eine inoffizielle Funktion! Sie ist nicht für den Standardnutzer gedacht und kann in künftigen Versionen wieder entfallen oder geändert werden.

Die Funktion liefert die Zeit seit dem 1.1.1601 bis zum Zeitpunkt der Funktionsauswertung in Sekunden. Das Argument `dummy` ist irrelevant.

Mehrmalige Auswertung liefert entsprechend steigende Werte.

```
time(1)=1,2998100926592·1010 s
time(1)=1,2998100926603·1010 s
```

Damit sind Zeitmessungen während der Ausführung von Berechnungen möglich:

```
t0 := time(1)
2020 = 1,05·1026
Δt := time(1) - t0
Δt = 3 ms
```

tr(Matrix)

Spur einer Matrix (Summe der Diagonalelemente)

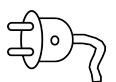
$$\text{tr} \left( \begin{pmatrix} 5 & 11 & 17 \\ 11 & 25 & 39 \\ 17 & 39 & 61 \end{pmatrix} \right) = 91$$

transpose(Matrix)

Transponierte Matrix

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{pmatrix}$$

ucfirst(Text)

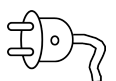


Wandelt den ersten Buchstaben von Zeichenketten in Großbuchstaben um. Bei verschachtelten Strukturen (Matrizen, Listen) werden alle Zeichenketten umgewandelt.

```
ucfirst("the QUICK bRoWn FoX...") = "The QUICK bRoWn FoX..."
ucfirst(
  (
    ("The QUICK bRoWn FoX...")
    ("another sTRING")
  )
) = (
  ("The QUICK bRoWn FoX...")
  ("Another sTRING")
)
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

ucwords(Text)

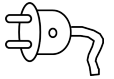


Wandelt Anfangsbuchstaben aller Wörter in Zeichenketten in Großbuchstaben um. Bei verschachtelten Strukturen (Matrizen, Listen) werden alle Zeichenketten umgewandelt.

```
ucwords("the QUICK bRoWn FoX...") = "The QUICK BRoWn FoX..."
ucwords(
  (
    "The QUICK bRoWn FoX..."
    "another sTRING"
  )
) = (
  "The QUICK BRoWn FoX..."
  "Another STRING"
)
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

### UoM(Ausdruck)

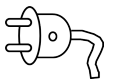


Liefert die zur Dimension des Ausdrucks passende Basiseinheit. Bei Matrizen oder Listen erfolgt dies elementweise.

Numerisches Ergebnis	Symbolisches Ergebnis
$UoM(2) = 1$	$UoM(2) = 1$
$UoM\left(2 \frac{kN}{m}\right) = 1 \text{ m Pa}$	$UoM\left(2 \frac{kN}{m}\right) = \frac{kg}{s^2}$
$UoM(2 \text{ ft kip}) = 1 \text{ J}$	$UoM(2 \text{ ft kip}) = \frac{kg m^2}{s^2}$
$UoM\left(2 \frac{N}{mm^2}\right) = 1 \text{ Pa}$	$UoM\left(2 \frac{N}{mm^2}\right) = \frac{kg}{m s^2}$
$UoM(2 \text{ cm}) = 1 \text{ m}$	$UoM(2 \text{ cm}) = m$
$UoM\left(\begin{pmatrix} 3 \text{ kN} \\ 4 \text{ kN} \end{pmatrix}\right) = \begin{pmatrix} 1 \frac{kg m}{s^2} \\ 1 \frac{kg m}{s^2} \end{pmatrix}$	$UoM\left(\begin{pmatrix} 3 \text{ kN} \\ 4 \text{ kN} \end{pmatrix}\right) = \begin{pmatrix} \frac{kg m}{s^2} \\ \frac{kg m}{s^2} \end{pmatrix}$
$UoM\left(\left\{\begin{matrix} 3 \text{ kN} \\ 4 \text{ kN} \end{matrix}\right.\right) = \left\{\begin{matrix} 1 \frac{kg m}{s^2} \\ 1 \frac{kg m}{s^2} \end{matrix}\right.$	$UoM\left(\left\{\begin{matrix} 3 \text{ kN} \\ 4 \text{ kN} \end{matrix}\right.\right) = \left\{\begin{matrix} \frac{kg m}{s^2} \\ \frac{kg m}{s^2} \end{matrix}\right.$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

### Variance(Daten)



Liefert die Varianz der Daten (Matrix, Vektor, Liste):

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$$

```
Variance(
  (
    8
    2
    1
  )
) = 14,3333
Variance(
  (
    1 3 5 1 6 2
    3 2 5 2 3 5
    5 2 1 3 4 1
  )
) = 2,7059
```

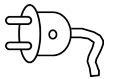
Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt 10.2.12).

```
vminor(Matrix; i; j)
```

Untermatrix der Matrix, die nach Streichen der Zeile  $i$  und der Spalte  $j$  übrigbleibt. Die Operatordarstellung ist die gleiche, wie bei der Funktion `minor()`, die die Determinante der Submatrix liefert.

$$\begin{array}{l} \text{minor}() \quad M_{1\ 2} \left( \begin{pmatrix} 5 & 11 & 17 \\ 11 & 25 & 39 \\ 17 & 39 & 61 \end{pmatrix} \right) = 8 \\ \\ \text{vminor}() \quad M_{1\ 2} \left( \begin{pmatrix} 5 & 11 & 17 \\ 11 & 25 & 39 \\ 17 & 39 & 61 \end{pmatrix} \right) = \begin{pmatrix} 11 & 39 \\ 17 & 61 \end{pmatrix} \quad \left| \begin{pmatrix} 11 & 39 \\ 17 & 61 \end{pmatrix} \right| = 8 \end{array}$$

```
WeightedMean(Daten; Gewicht)
```



Liefert den gewichteten Mittelwert der Daten (Matrix, Vektor, Liste). Das Argument „Gewicht“ muss die gleiche Form wie „Daten“ haben.

$$m(x, w) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

$$\text{WeightedMean} \left( \begin{pmatrix} 8 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} 0,5 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \right) = 2,8$$

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Statistical Tools* (siehe Abschnitt [10.2.12](#)).

```
wfile(Ausdruck; Name)
```

Schreibt den Ausdruck in eine Datei *Name*. Beachten Sie, dass das Argument „Name“ buchstäblich genommen wird. Es wird nicht ausgewertet und kann keinen Pfad oder Endung enthalten.

Die Datei wird in ein Systemverzeichnis geschrieben (unter XP: "*C:\Documents and Settings\%USERNAME%\Application Data\SMath\user*", unter Windows 7: *C:\Users\%Benutzer%\AppData\Roaming\SMath\user*). Sie können sich dieses Verzeichnis mit der Funktion `SettingsDirectory()` (im Plugin *Custom Functions*, siehe Seite [10.2.3](#)) anzeigen lassen.

Die Datei enthält den Wert des Ausdrucks in interner Text-Darstellung, wie sie auch in der Zwischenablage benutzt wird.

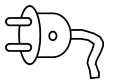
Die Funktion ist nicht für den Datenexport oder sonstigen Austausch, sondern nur zur internen Zwischenspeicherung von Daten gedacht und geeignet.

Beachten Sie, dass die Funktion `wfile()` nur ausgeführt wird, wenn ihr Wert angezeigt oder einer Variablen zugewiesen wird.

Das folgende Beispiel erzeugt eine Datei namens *t* mit dem Inhalt  $'m/1000$

```
t := 1 mm
wfile(t ; t) = 1
rfile(t) = 1 · 10-3 m
```

wfile(Ausdruck; Verzeichnis; Dateiname)



Diese Funktion ist eine flexiblere Variante der eingebauten Funktion `wfile()`, siehe voriger Eintrag. Sie schreibt den Ausdruck in eine Datei names `Dateiname` (hier als Zeichenkette anzugeben) ins ebenfalls als Zeichenkette anzugebende Verzeichnis.

Die Datei enthält den Wert des Ausdrucks in interner Text-Darstellung, wie sie auch in der Zwischenablage benutzt wird.

Beachten Sie, dass die Funktion `wfile()` nur ausgeführt wird, wenn ihr Wert angezeigt oder einer Variablen zugewiesen wird.

```
Plugin customFunctions Dir := SettingsDirectory(1)
Dir := concat(Dir ; "user\ ")
Dir = "C:\Users\Kraska\AppData\Roaming\SMath\user\ "
FileName := "myfile1"

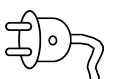
Plugin MathcadFileAccess wfile( $\begin{pmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 4 \end{pmatrix}$ ; Dir ; FileName) = 1
Plugin MathcadFileAccess rfile(Dir ; FileName) =  $\begin{pmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 4 \end{pmatrix}$ 
interne Funktion rfile(myfile1) =  $\begin{pmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 4 \end{pmatrix}$ 
```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

while(Bedingung; Ausdruck)

Kopfgesteuerte Schleife, Ausdruck wird ausgeführt, solange die Bedingung wahr ist.

WRITEBIN(Dateiname; Datentyp; Endian; Matrix)



Schreiben von Binärdaten. Die Daten in Matrix werden in die Datei `Dateiname` als `Datentyp` unter Beachtung von `Endian` geschrieben. Rückgabewert ist die Dateigröße in Byte. Zu den Werten von `Datentyp` und `Endian` siehe auch die zugehörige Lesefunktion `READBIN()`, Seite 288.

```

Datei := "data1.bin"

M :=  $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$     n := cols(M)    n = 2

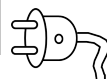
Endian := 0

bytes := WRITEBIN(Datei ; "byte" ; Endian ; M)    bytes = 6

```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

WRITEWAV(Dateiname; Abtastrate; Auflösung; Matrix)



Schreibt die Matrix in die angegebene Datei, dabei werden die Werte gemäß Auflösung diskretisiert. Die Abspielgeschwindigkeit wird über die Abtastrate (Werte pro Sekunde) festgelegt. Zurückgegeben wird die Dateigröße in Byte.

```

N := 2048    SampleRate := 8000    Resolution := 8

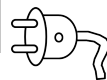
for ii ∈ 1 .. N
  Mii := 127 ·  $\sin\left(2 \cdot \pi \cdot 100 \cdot \frac{ii}{N}\right) + 1$ 

WRITEWAV("test.wav" ; SampleRate ; Resolution ; M) = 2092

```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Mathcad File Access* (siehe Abschnitt 10.2.9).

Zeros(Zeilen)  
Zeros(Zeilen; Spalten)



Erzeugt eine mit Nullen belegte Matrix mit der angegebenen Zeilen- und Spaltenzahl. Fehlt die Spaltenzahl, wird ein Vektor erzeugt.

```

Zeros(5) =  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ 

Zeros(2 ; 3) =  $\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ 

```

Die Funktion ist Bestandteil des Plugins *Custom Functions* (siehe Abschnitt 10.2.3).

# 12 Anwendungen

## 12.1 SMath in Berichten und Abschlussarbeiten

SMath dient in solchen Fällen der Dokumentation von verwendeten Daten, Berechnungswegen und Ergebnissen. Die Einbindung eines kleinen SMath-Rechenblatts ist in jedem Fall einer mit dem Formeleditor nachgebauten Handrechnung vorzuziehen, da man in der Regel davon ausgehen kann, dass das was SMath darstellt, auch das ist, was gerechnet wird. Diese Sicherheit hat man beim Formeleditor nicht.

Im Standardumfang von SMath ist nur der Export als Grafik vorgesehen. Gegenüber einem Screenshot (z.B. mit dem Windows 7 Snipping Tool) ist die Größe nicht begrenzt, denn auch mehrseitige Dokumente werden in eine einzige Grafikdatei exportiert.

Das Plugin *Data Exchange* (Seite 206) erweitert die Exportmöglichkeiten auf das OpenDocument Textformat (odt) und auf Xe<sub>La</sub>T<sub>E</sub>X (tex). Das odt-Format kann mit Word, OpenOffice oder LibreOffice weiterverarbeitet werden.

Mit dem Plugin kann man ebenfalls einzelne Formeln (Ausdrücke) als OpenOffice-Formeln (odf) exportieren.

Beim Export geht aber die zweidimensionale Struktur des Rechenblatts verloren, alle Bereiche werden untereinander angeordnet. Ein Beispiel finden Sie in Abschnitt 3.14.3.

## 12.2 Regeln für SMath-Dokumente

Bei kleineren Übungsaufgaben zum Beispiel aus der Technischen Mechanik muss man die SMath Rechnung nicht in ein anderes Dokument einbinden, sondern kann alle erforderliche Information gleich im Rechenblatt mitliefern. Dabei gelten folgende Regeln:

- Die Aufgabenstellung muss im Rechenblatt enthalten sein (z.B. Scan oder Screenshot).
- Verwenden Sie für alle vorkommenden Größen geeignete Variablennamen und weisen Sie diesen die gegebenen Werte zu. Verwenden Sie Namen, die so weit wie möglich an der natürlichen Schreibweise sind, also z.B.  $F_A$  statt  $FA$
- Verwenden Sie in Formeln stets die Variablennamen, nicht die Zahlenwerte.
- Benutzen Sie grundsätzlich die SMath-Maßeinheiten. Geben Sie Ergebnisse mit sinnvollen Maßeinheiten an, so dass die Zahlenwerte möglichst zwischen 1 und 1000 liegen und drei signifikante Stellen angegeben werden.
- Benennen Sie (mit Textbereichen) die definierten Größen und die verwendeten Formeln sowie die berechneten Ergebnisse, soweit dies nicht bereits aus der Aufgabenstellung hervorgeht.

- Seien Sie mit Formatierungen genauso sparsam wie bei Bleistiftrechnungen auf dem Papier. Zum Hervorheben von Textbereichen, z.B. für Zwischenüberschriften, müssen Fettschrift und Unterstreichung reichen. Ergebnisse können Sie einrahmen. Manchmal ist es sinnvoll, gegebene Daten hervorzuheben, z.B. hellgelb zu hinterlegen. Das ist besonders dann sinnvoll, wenn Sie ein Rechenblatt erstellen, das andere dann mit ihren eigenen Daten benutzen sollen.
- Bei Mechanikaufgaben muss jede Kraft, die Sie in einer Formel verwenden, auch in einer Skizze auftauchen. Skizzen können Sie von Hand erstellen und als Bild einfügen (fotografieren oder scannen). Alternativ benutzen Sie Zeichenprogramme und fügen Screenshots oder exportierte Bilder ein.
- Jedes Koordinatensystem, das Sie in der Rechnung verwenden oder auf das Sie sich beziehen, muss in einer Skizze gekennzeichnet sein.
- Wenn Sie externe Daten verwenden (Bilder, Tabellen), dann geben Sie deren Namen im Rechenblatt als Kommentar mit an, damit Sie diese später wiederfinden, falls Sie etwas ändern wollen.
- Wenn Sie Berechnungen manuell anstellen müssen (z.B. symbolische Umformungen, die Sie mit SMath nicht hinbekommen), dann benutzen Sie Formelbereiche einfach als Formeleditor ohne Rechenfunktion. Benutzen Sie dabei anstelle des einfachen Gleichheitszeichens (Auswertungsoperator) das logische (boolsche) Gleichheitszeichen.

## 12.3 Dateninterpolation

Interpolation ist die Berechnung von Funktionswerten in den Zwischenräumen zwischen gegebenen Datenpunkten ( $x$ ,  $y$ -Paaren). Wenn man Punkte sucht, die außerhalb des Bereichs der gegebenen Werte liegen, dann spricht man von Extrapolation, die aber häufig von Interpolationsverfahren gleich mit erledigt wird.

Im folgenden Rechenblatt können Sie die Eigenschaften der Interpolation nachvollziehen. Die Daten sind als Vektoren für die  $x$ -Werte und  $y$ -Werte gegeben. Die Werte werden mit der Funktion `linterp()` linear interpoliert und die Funktion gemeinsam mit den Datenpunkten dargestellt.

**Interpolation**

$$X := \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 4 \\ 7 \\ 10 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 5 \\ 5 \end{pmatrix}$$

`f(x) := linterp(X; Y; x)`

`P := { f(x) }`

`for i ∈ 1..rows(X)`

`Pi+1 := ( Xi Yi "o" 10 "red" )`

`P =`

$$P = \left\{ \begin{array}{l} \text{linterp} \left( \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \\ 4 \\ 7 \\ 10 \end{pmatrix} ; \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 2 \\ 5 \\ 5 \end{pmatrix} ; x \right) \\ (1 \ 1 \ \text{"o"} \ 10 \ \text{"red"}) \\ (3 \ 2 \ \text{"o"} \ 10 \ \text{"red"}) \\ (4 \ 2 \ \text{"o"} \ 10 \ \text{"red"}) \\ (7 \ 5 \ \text{"o"} \ 10 \ \text{"red"}) \\ (10 \ 5 \ \text{"o"} \ 10 \ \text{"red"}) \end{array} \right.$$

Die Anzeige von P muss umgestellt werden mit  
 Rechte Maustaste > Optimierung > symbolisch

Sonst beschwert sich SMath, dass x nicht definiert ist.

Hinweise zur Tastatureingabe

`X: Strg-M`

Element einfügen: ;

Element löschen: Backspace

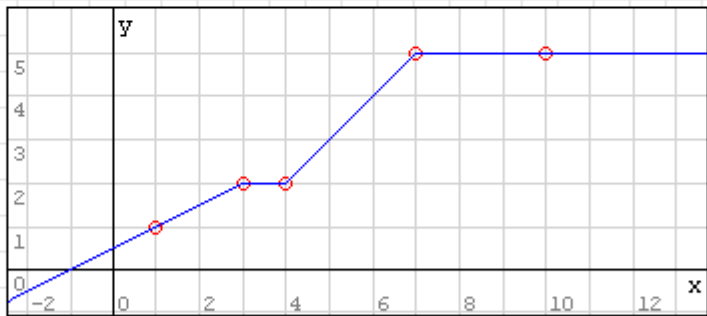
`f(x` Leertaste : `linterp` Tab

`P: sys` Tab    Element löschen mit Backspace

`for` Tab `i` Rechts `rang` Tab `1` Rechts `rows` Tab `X`

`P[i+1` Leertaste : `mat` Tab    Linke Klammer anklicken, an der Marke rechts unter die Matrix auf 1x5 ziehe  
`X[i`    `Y[i`    `"o`

`@`



`P`

Ausschnitt verändern: in Diagramm klicken und Ziehen: Achsen verschieben  
 Mausrad: Zoom x und y  
 Shift-Mausrad: Zoom x  
 Strg-Mausrad: Zoom y

Hinweis: SMath stellt neben der linearen Interpolation zwei weitere Funktionen zur Verfügung:

- `cinterp()` kubische Spline-Interpolation
- `ainterp()` kubische Spline-Interpolation nach Akima [Erläuterung des Verfahrens \(TU Wien\)](#). Das Verfahren berechnet vor der Interpolation an den Stützstellen die Neigung aus einer 5-Punkte-Umgebung. In unserem Beispiel funktioniert das nur für den mittleren Punkt.

## 12.4 Nichtlineare Regression

Dieses Beispiel ist der **SMath-Einführung** von Bernard V. Liengme (Kanada) entnommen. Die Aufgabe besteht darin, die Koeffizienten einer Funktion  $f(x) = c_1 f_1(x) + c_2 f_2(x) + \dots + c_n f_n(x)$  so zu bestimmen, dass ein Datensatz aus zugeordneten  $x$ - und  $y$ -Werten möglichst gut dargestellt wird.

Eine Möglichkeit dafür ist die Methode der kleinsten Fehlerquadrate, die den mittleren quadratischen (vertikalen) Abstand zwischen den Funktionswerten  $f(x)$  und den Datenwerten  $y(x)$  minimiert. Die Funktion kann als Skalarprodukt des Koeffizientenvektors  $\underline{c}$  und dem Funktionsvektor  $\underline{f}$  dargestellt werden:

$$f(x) = [c_1 \quad c_2 \quad \dots \quad c_n] \begin{bmatrix} f_1(x) \\ f_2(x) \\ \vdots \\ f_n(x) \end{bmatrix} = \underline{c}^\top \underline{f}$$

Man baut nun eine Matrix  $\underline{X}$  auf, in der die Spalten gebildet werden durch Anwendung der Funktionen  $f_i$  auf den ganzen Datenvektor  $\underline{x}$ . Die Koeffizienten berechnen sich dann wie folgt:

$$\underline{c} = (\underline{X}^\top \underline{X})^{-1} \underline{X}^\top \underline{y}$$

Diese Berechnung soll nun in SMath ausgeführt werden. Zunächst die Definition der Daten:

$$\underline{x} := \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{pmatrix} \quad \underline{y} := \begin{pmatrix} 0,9 \\ 2,4 \\ 7,0 \\ 17,4 \\ 30,5 \\ 48,3 \end{pmatrix}$$

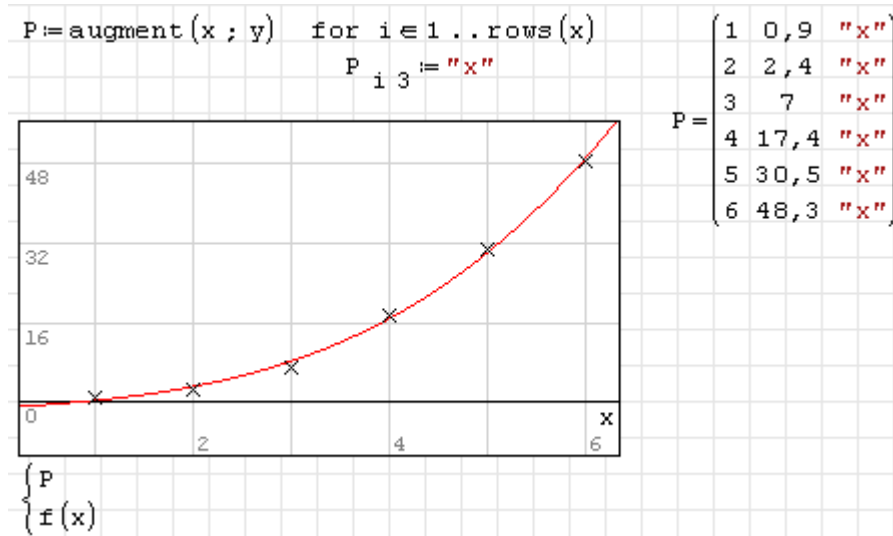
Dann geben wir den Vektor  $\underline{f}$  vor und berechnen die Matrix  $\underline{X}$ :

$$\underline{f}(x) := \begin{pmatrix} 1 \\ x \\ x^3 \end{pmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{for } i \in 1 \dots \text{rows}(x) \\ \text{for } j \in 1 \dots \text{rows}(\underline{f}(x)) \\ X_{ij} := \underline{f}(x_i)_j \end{array} \quad X = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 8 \\ 1 & 3 & 27 \\ 1 & 4 & 64 \\ 1 & 5 & 125 \\ 1 & 6 & 216 \end{pmatrix}$$

Nun berechnen wir die Koeffizienten und bilden daraus die Funktion  $f(x)$ . Die Funktion `eval()` sorgt dafür, dass die Koeffizienten bei späteren Funktionsauswertungen nicht ständig neu berechnet werden. Beachten Sie, dass das Matrixprodukt  $\underline{c}^\top \underline{f}$  in SMath eine  $1 \times 1$  Matrix ist. Um daraus eine plotbare skalare Funktion zu machen, muss das erste Element durch den Adressindex 1 extrahiert werden.

$$\underline{c} := \text{eval} \left( (\underline{X}^\top \underline{X})^{-1} \cdot \underline{X}^\top \cdot \underline{y} \right) \quad \underline{c} = \begin{pmatrix} -1,3552 \\ 1,4015 \\ 0,1932 \end{pmatrix} \quad \underline{f}(x) := \left( \underline{c}^\top \cdot \underline{f}(x) \right)_1$$

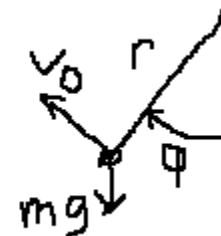
Nun soll noch die so bestimmte Funktion mit den Datenpunkten verglichen werden.



## 12.5 Pendelschwingungen bei großen Auslenkungen

Das folgende Beispiel zeigt, wie Differentialgleichungen mit dem Runge-Kutta-Verfahren integriert werden können. Wir betrachten ein mathematisches Pendel (Massenpunkt an starrer, masseloser Stange) mit gegebener Länge  $r$ . Gesucht ist die Bewegungsfunktion  $\varphi(t)$  für die Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  und den Anfangswinkel  $\varphi_0$ .

Radius	$r := 1 \text{ m}$
Anfangswinkel	$\varphi_0 := 90^\circ$
Anfangsgeschwindigkeit	$v_0 := 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Erdbeschleunigung	$g = 9,8066 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$



Die Bewegungsgleichung kann man beispielsweise aus der Drehimpulsbilanz um den Aufhangungspunkt gewinnen (SMath dient hier nur der Dokumentation, die Gleichungen sind nicht aktiv)

$$m \cdot r^2 \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -r \cdot g \cdot m \cdot \sin(\varphi)$$

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -\frac{1}{r} \cdot g \cdot \sin(\varphi)$$

Das ist eine gewöhnliche Differentialgleichung zweiter Ordnung mit der unabhängigen Variable  $t$  und der abhängigen Variable  $\varphi$ .

Als Lösungsverfahren steht uns das Runge-Kutta-Verfahren zur Verfügung, welches Systeme von Differentialgleichungen erster Ordnung integriert. Wir können z.B. die Funktion `rkfixed()` aus dem Plugin *ODE Solvers* (ODE = Ordinary Differential Equation, gewöhnliche Differentialgleichung) benutzen.

Dafür müssen wir die Differenzialgleichung zweiter Ordnung in ein System von Differenzialgleichungen erster Ordnung umwandeln. Das geht immer, indem man für die niedrigeren Ableitungen neue Variable einführt. Im vorliegenden Fall wird die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  als erste Ableitung des Winkels eingeführt. Die zweite Ableitung des Winkels nach der Zeit ist dann gleich der ersten Ableitung der Winkelgeschwindigkeit nach der Zeit.

$$\omega = \frac{d}{dt}\varphi, \quad \frac{d^2}{dt^2}\varphi = \frac{d}{dt}\omega = -\frac{g}{r}\sin(\varphi)$$

Die abhängigen Variablen und ihre ersten Ableitungen werden zu einem Vektor zusammengefasst:

$$\underline{y} = \begin{bmatrix} \varphi \\ \omega \end{bmatrix}, \quad \underline{y}' = \begin{bmatrix} \omega \\ -\frac{g}{r}\sin(\varphi) \end{bmatrix}.$$

Der Ableitungsvektor muss als Funktion der unabhängigen und der abhängigen Variable bereitgestellt werden.

$$D(t; \underline{y}) := \begin{bmatrix} \omega \\ -\frac{g}{r}\sin(\varphi) \end{bmatrix}$$

Außerdem wird der Vektor der Anfangsbedingungen benötigt:

$$\underline{y}_0 := \begin{bmatrix} \varphi_0 \\ \omega_0 \\ r \end{bmatrix}$$

Die Funktion `rkfixed()` integriert die abhängigen Variablen über einen Zeitraum von  $t_0$  bis  $t_e$  unterteilt in  $n$  gleichgroße Schritte.

$$t_0 := 0 \text{ s} \quad t_e := 2,6 \text{ s} \quad n := 100$$

$$L := \text{rkfixed}(\underline{y}_0; t_0; t_e; n; D(t; \underline{y}))$$

Zurückgeliefert wird eine Matrix mit den Werten der unabhängigen Variable in der ersten Spalte und den abhängigen Variablenwerten in den weiteren Spalten. Jede Zeile entspricht einem Zeitpunkt. Maßeinheiten sind im Ergebnis nicht mehr enthalten, dies ist ein Mangel des verwendeten Plugins. Die Endzeit  $t_e$  wird so bestimmt (durch Ausprobieren), dass sich in der Animations-Endlosschleife ein flüssiger Bewegungsablauf ergibt.

$$t_0 := 0 \text{ s} \quad t_e := 2,45 \text{ s} \quad n := 100$$

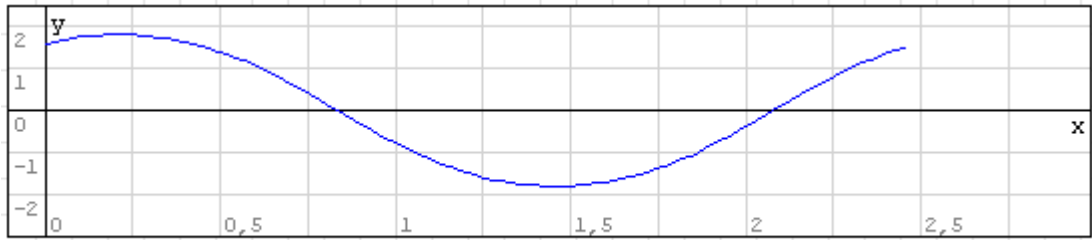
$$L := \text{rkfixed}(\underline{y}_0; t_0; t_e; n; D(t; \underline{y}))$$

$$\text{row}(L; 2) = (0,0245 \quad 1,6169 \quad 1,7598)$$

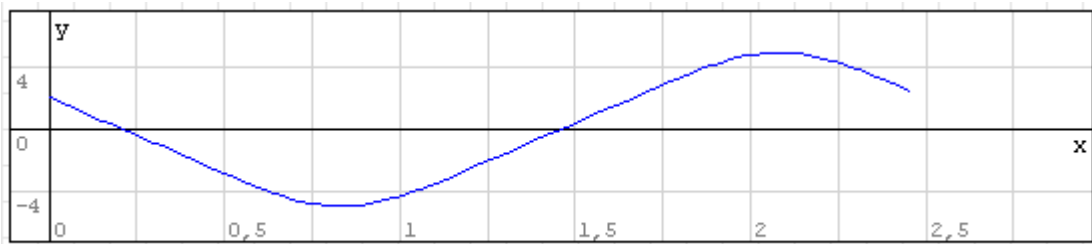
Die Ergebnisgrößen werden als Vektoren extrahiert und können dann grafisch dargestellt werden.

```

t=col(L ; 1)      unabhängige Variable
φ=col(L ; 2)     abhängige Variable 1
ω=col(L ; 3)     abhängige Variable 2
k:=1..rows(L)    Indexvektor für die Animation
    
```



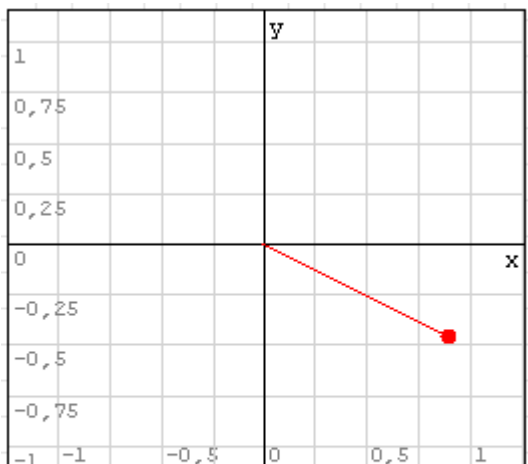
augment ( t ; φ )



augment ( t ; ω )

Besonders interessant ist die Möglichkeit, die Bewegung des Pendels animiert darzustellen. Die Koordinaten des Massenpunkts ergeben sich aus dem Winkel  $\varphi(t)$  und dem Radius  $r$ :

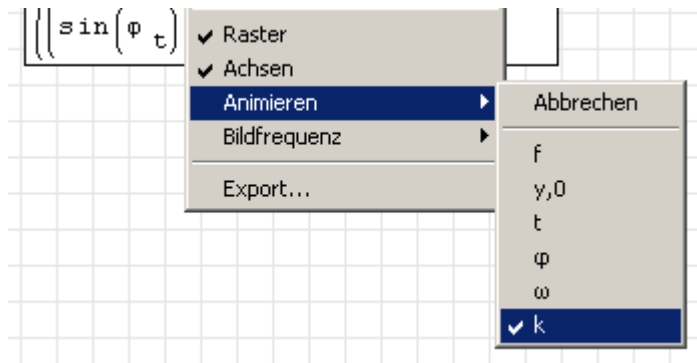
$$x = r \sin \varphi, \quad y = -r \cos \varphi$$



```

{ ( sin(φt) -cos(φt) "." 20 "red" )
  ( 0 0 )
  ( sin(φt) -cos(φt) )
    
```

Die Animation wird erzeugt, indem im Kontextmenü (rechte Maustaste) der oben erzeugte Indexvektor  $k$  als Wertebereich für  $t$  ausgewählt wird.  $t$  entspricht hier nicht der Zeit, sondern einem Zähler, der die berechneten Datensätze durchläuft.



## 12.6 Lorentz-Attraktor

Dieses Beispiel zeigt:

- die Integration von Systemen gewöhnlicher Differentialgleichungen
- die Verwendung des X-Y Plot-Bereichs

Attraktoren sind Gebiete im Phasenraum dynamischer Systeme, die auf die Umgebung anziehend wirken. Der Lorentz-Attraktor ist der Attraktor des folgenden Differentialgleichungssystems:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= a(y - x) \\ \dot{y} &= x(b - z) - y \\ \dot{z} &= xy - cz\end{aligned}$$

Dieses System kann mit dem Runge-Kutta-Verfahren integriert werden, geeignet ist dafür z.B. die Funktion `Rkadapt()` aus dem Plugin *ODE Solvers*.

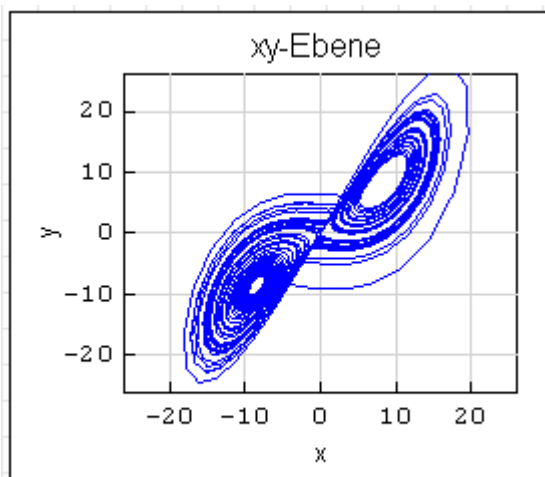
Im Beispiel ist  $t$  die unabhängige Variable, die von 0 bis 50 Sekunden läuft. Auszugeben sind 2000 Zeitschritte. Die abhängigen Variablen  $x, y, z$  sind Komponenten des Vektors  $\mathbf{x}$ , dessen Anfangswert ist  $\mathbf{x}_0$ .

$$D(t; \mathbf{x}) := \begin{pmatrix} a \cdot (x_2 - x_1) \\ x_1 \cdot (b - x_3) - x_2 \\ x_1 \cdot x_2 - c \cdot x_3 \end{pmatrix} \quad \mathbf{x}_0 := \begin{pmatrix} 0, 1 \\ 0, 1 \\ 0, 5 \end{pmatrix} \quad t_0 := 0 \quad t_{\max} := 50 \quad n := 2000$$

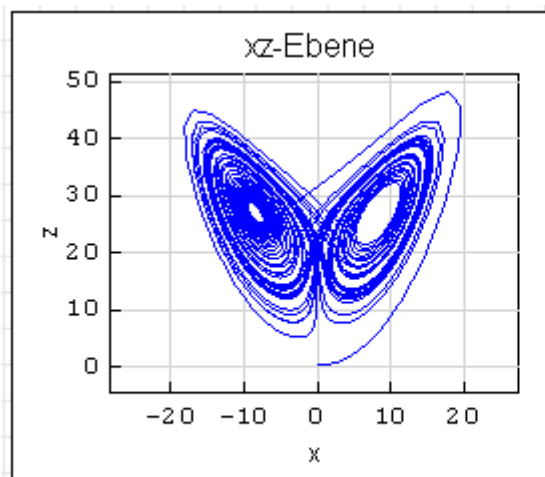
Im folgenden Abschnitt werden die Systemparameter angegeben, das Integrationsverfahren aufgerufen und die Spalten der Ergebnismatrix extrahiert.

$$\begin{aligned}a &:= 10 & b &:= 28 & c &:= \frac{8}{3} \\ L &:= \text{Rkadapt}(\mathbf{x}_0; t_0; t_{\max}; n; D(t; \mathbf{x})) \\ x &:= \text{col}(L; 2) & y &:= \text{col}(L; 3) & z &:= \text{col}(L; 4)\end{aligned}$$

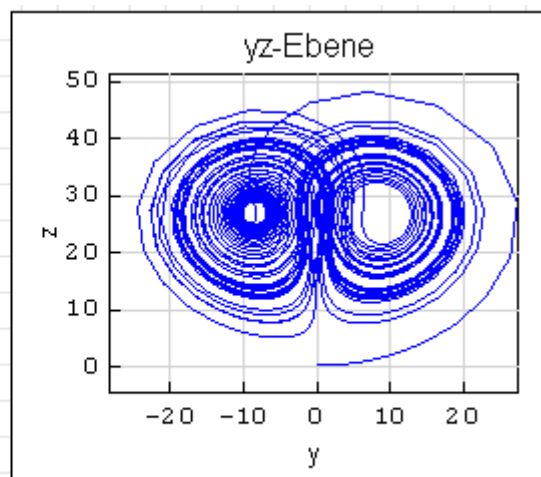
Die  $xy$ -,  $xz$ - und  $yz$ - Phasenebenen werden mit dem X-Y Plot-Bereich aus den Plugin X-Y Plot Region dargestellt.



`augment(x ; y)`



`augment(x ; z)`



`augment(y ; z)`

# Literaturverzeichnis

**Assmann, B./Selke, P. (2009):** Technische Mechanik 2. Festigkeitslehre. Oldenbourg 104, 105

# Index

- abs(), 216
- acre, 139
- Adress-Index, 23
- Adressindizes, 87
- ainterp(), 216
- Airy-Funktionen, 217
- aktuelles Verzeichnis, 54
- al\_airy(), 217
- al\_beta(), 217
- al\_convr1d(), 218
- al\_convr1dinv(), 218
- al\_fftc1d(), 219
- al\_fftc1dinv(), 219
- al\_nleqsolve(), 220
- alg(), 220
- Ampere, 143
- Angström, 139
- Argumenttrennzeichen, 50
- Assign(), 103, 220
- Atmosphäre, 142
- Atomare Masseneinheit, 146
- Auflösung, 145
- augment(), 221
  
- Barn, 139
- BDQRF(), 222
- Beleuchtungsstärke, 144
- Beschreibender Index, 18
- Beta(), 221
- Beta-Funktion, 217
- BetaRegularized(), 222
- Betrag eines Vektors, 98
- Bisection(), 222
- Bit, 145
- Blattbereich, 45
- Bohrscher Radius, 139
- Boltzmann-Konstante, 146
- break, 223
- Brent(), 223
- Broyden(), 223
- BTU, 142
  
- Byte, 145
  
- Candela, 144
- CDF.Binomial(), 223
- CDF.Cauchy(), 224
- CDF.ChiSquare(), 224
- CDF.Exponential(), 225
- CDF.F(), 226
- CDF.Geometric(), 226
- CDF.GeometricShifted(), 227
- CDF.Normal(), 227
- CDF.Poisson(), 228
- CDF.Rayleigh(), 229
- CDF.t(), 230
- CDF.Uniform(), 231
- CDF.UniformDiscrete, 231
- CDF.Weibull(), 232
- Ceil(), 232
- cinterp(), 233
- Clear(), 233
- col(), 233
- cols(), 233
- concat(), 234
- continue, 234
- Coulomb, 143
- CreateMesh(), 234
- csort(), 234
- CSV-Datei, 240
- CurrentDirectory(), 234
  
- description(), 234
- det(), 235
- Dezimaltrennzeichen, 50
- Dezimeter, 139
- dfile(), 235
- Diag(), 236
- diag(), 236
- Diagrammbereich, 42
- diff(), 236
- Differenzialgleichung, 276
- Dirac(), 236
- dpi, 145

- Druck, 141
- Druckbereich, 31
- Dyn, 141
- Dynamische Auswahl, 16, 37, 134
- Einstellungsverzeichnis, 54
- el(), 237
- Elektronenmasse, 146
- Energie, 142
- eOoM(), 237
- eOoM.10(), 237
- Erdbeschleunigung, 146
- erf(), 237
- erfc(), 238
- erfinv(), 238
- Erg, 142
- error(), 239
- Euklidische Norm, 274
- eval(), 239
- exportCell(), 239
- exportData.CSV(), 240
- exportData.ODF(), 240
- exportData.ODS(), 241
- exportData.XLSX(), 242
- Faltung, 218
- Farad, 143
- findrows(), 243
- findstr(), 243
- Flächeneinheiten, 139
- Fließkommazahl, 66
- Floor(), 243
- for(), 243, 244
- for-Schleife, 26
- Formelbereich, 16
- Fourier-Transformation, 219
- Frequenz, 140
- Fuß, 139
- Furlong, 139
- Gallone, 139
- Gamma(), 244
- GammaRegularized.P(), 244
- GammaRegularized.Q(), 245
- Gaskonstante, 146
- Gauss (Maßeinheit), 144
- GaussNewton(), 246
- GaussNewton.CD(), 246
- GaussNewton.CDGSS(), 246
- GaussNewton.GSS(), 246
- GeometricMean(), 247
- Geschwindigkeit, 145
- GetFolderPath(), 247
- GETWAVINFO(), 247
- Gigahertz, 140
- Gleichungssysteme
  - mit Maxima lösen, 102
- GoldenSectionSearch.max(), 248
- GoldenSectionSearch.min(), 248
- Gon, 138
- GPC, 125
- gpc\_add\_contour(), 249
- gpc\_clip(), 249
- gpc\_get\_contour(), 249
- gpc\_polygon(), 249
- gpc\_polygon\_to\_tristrip(), 250
- gpc\_read\_polygon(), 250
- gpc\_tristrip\_clip(), 250
- gpc\_write\_polygon(), 250
- Grad, 138
- Grad Celsius, 146
- Grad Fahrenheit, 146
- Grad Rankine, 146
- Grad Reamur, 146
- Gradient(), 250
- GradientAscent(), 250
- GradientAscent.GSS(), 251
- GradientDescent(), 251
- GradientDescent.GSS(), 251
- Gramm, 141
- Gravitationskonstante, 146
- Gray, 144
- Griechische Buchstaben, 18, 39
- HarmonicMean(), 251
- Heaviside(), 252
- Heaviside.D(), 252
- Hektar, 139
- Henry, 144
- Hertz, 140
- Hessian(), 253
- Hessian.CD(), 253
- HRE.B(), 253
- HRE.NR(), 253
- HRE.RK(), 253
- Hyperlink-Bereich, 43
- ICDF.Binomial(), 254
- ICDF.Cauchy(), 254
- ICDF.Exponential(), 255

- ICDF.Geometric(), 255
- ICDF.GeometricShifted(), 256
- ICDF.Normal(), 256
- ICDF.Poisson(), 257
- ICDF.Rayleigh(), 257
- ICDF.Uniform(), 258
- ICDF.UniformDiscrete(), 258
- ICDF.Weibull(), 259
- identity(), 259
- if, 259
- importCell(), 260
- importData(), 260
- importData.ODS(), 260
- importData.XLSX(), 262
- Index, beschreibender 18, Adress- 23
- Induktivität, 144
- Information, 145
- Installation, 15
- int(2), 263
- int(4), 263
- Integrale, 171
- Intercept(), 263
- Internes Format, 41
- Interpolation, 306
- invert(), 264
- IsString(), 264
  
- Jacobian(), 264
- Jacobian.CD(), 264
- Jahr, 140
- Joule, 142
  
- Kalorie, 142
- Kapazität, 143
- Katal, 145
- Katalytische Aktivität, 145
- Kelvin, 146
- Kilogramm, 141
- Kilohertz, 140
- Kilometer, 139
- Kilopond, 141
- Kilosekunde, 140
- Knoten, 145
- Kraft, 141
- Kreisfrequenz, 140
- Kreuzprodukt, 98
- Kurtosis(), 264
- KurtosisExcess(), 265
  
- Längeneinheiten, 139
  
- Ladung, 143
- Leistung, 142
- length(), 265
- LevenbergMarquardt(), 265
- LevenbergMarquardt.CD(), 265
- Lichtgeschwindigkeit, 146
- Lichtstärke, 144
- Lichtstrom, 144
- line(), 266
- Linux, 11
- Liter, 139
- Lorentz-Attraktor, 312
- Lumen, 144
- Lux, 144
  
- Maßeinheiten, 16, 133
  - Auflösung, 145
  - beim Gleichungslösen, 110
  - beim Plotten, 136
  - Beleuchtungsstärke, 144
  - Druck, 141
  - Energie, 142
  - Fläche, 139
  - Frequenz, 140
  - Geschwindigkeit, 145
  - in Integralen, 86
  - Induktivität, 144
  - Information, 145
  - Kapazität, 143
  - Katalytische Aktivität, 145
  - Länge, 139
  - Ladung, 143
  - Leistung, 142
  - Lichtstärke, 144
  - Lichtstrom, 144
  - Magnetische Flussdichte, 144
  - Masse, 141
  - Spannung, 143
  - Stoffmenge, 144
  - Strahlendosis, 144
  - Stromstärke, 143
  - Temperatur, 146
  - Viskosität, 145
  - Volumen, 139
  - Widerstand, 144
  - Winkel, 138
  - Winkelgeschwindigkeit, 140
  - Zeit, 140
- Magnetische Flussdichte, 144
- maple(), 208, 266

- MapleV, 207  
 mapUnknowns(), 266  
 Masse, 141  
 mat(), 267  
 mat2sys(), 267  
 mat2sys.1(), 267  
 Matrix  
     Lineare Adressierung, 92  
 matrix(), 267  
 Max(), 205, 268  
 max(), 267  
 Maxima  
     append(), 174  
     apply(), 174  
     args(), 174  
     assume(), 172  
     bars(), 187  
     cylindrical(), 192  
     eigens\_by\_jacobi(), 177  
     eigenvectors(), 176  
     elevation\_grid(), 188  
     ellipse(), 184  
     errors(), 188  
     explicit(), 191, 193  
     image(), 188  
     implicit(), 191, 193  
     label(), 185  
     lsquares\_estimates\_approximate(),  
         178  
     parametric(), 192, 194  
     parametric\_surface(), 194  
     points(), 188  
     polar(), 182  
     polygon(), 185  
     quadrilateral(), 186  
     rectangle(), 186  
     region(), 186  
     spherical(), 182  
     triangle(), 187  
     tube(), 195  
 Maxima(), 173, 268  
 MaximaControl(), 268  
 MaximaLog(), 269  
 MaximaTakeover(), 269  
 Mean(), 270  
 Median(), 270  
 Megagramm, 141  
 Megahertz, 140  
 Megapond, 141  
 Meile, 139  
 Meter, 139  
 Mikrogramm, 141  
 Mikrometer, 139  
 Mikrosekunde, 140  
 Milligramm, 141  
 Milliliter, 139  
 Millimeter, 139  
 Millisekunde, 140  
 Min(), 205, 271  
 min(), 270  
 minor(), 271  
 Minute, 140  
 Mode(), 271  
 Mol, 144  
 Moment(), 271  
 Mono, 11  
  
 Nanometer, 139  
 Nanosekunde, 140  
 NCGM(), 272  
 NCGM.CD(), 272  
 Neugrad, 138  
 Neutronenmasse, 146  
 Newton, 141  
 NewtonMethod(), 272  
 NewtonMethod.CD(), 273  
 NewtonMethod.CDGSS(), 273  
 NewtonMethod.GSS(), 273  
 NewtonRaphson(), 273  
 NewtonRaphson.CD(), 274  
 norm1(), 274  
 norme(), 274  
 normi(), 275  
 nthroot(), 275  
 Nullen am Ende eines Dezimalbruchs, 77  
 num2str(), 275  
  
 ODE.2(), 175, 276  
 ODF-Datei, 240  
 ODS-Datei, 241  
 Ohm, 144  
 Ones(), 276  
  
 Pascal, 141  
 pdf.Binomial(), 276  
 pdf.Cauchy(), 277  
 pdf.ChiSquare(), 277  
 pdf.Exponential(), 278  
 pdf.F(), 278

- pdf.Geometric(), 279
- pdf.GeometricShifted(), 280
- pdf.Normal(), 280
- pdf.Poisson(), 281
- pdf.Rayleigh(), 281
- pdf.t(), 282
- pdf.Uniform(), 282
- pdf.UniformDiscrete(), 283
- pdf.Weibull(), 283
- perc(), 284
- Pfund, 141
- Pfund (Kraft), 141
- Picometer, 139
- Picosekunde, 140
- Plancksches Wirkungsquantum, 146
- Plugin, 202
  - 3D Plot Region, 115, 203
  - AlgLib, 204
  - Custom Functions, 101, 137, 154, 204
  - Data Exchange, 96, 206
  - Excel Collaboration, 96, 206
  - GPCPlugin, 125, 207
  - Image Region, 207
  - Maple Wrapper, 207
  - Mathcad File Access, 96, 208
  - Non Linear Solvers, 107, 209
  - ODE Solvers, 211, 309, 312
  - Statistical Tools, 112, 212
  - X-Y Plot Region, 115, 122, 212, 313
  - XLSX Import/Export, 212
- Poise, 145
- Polygone, 125
- Produkt, 95
- Protonenmasse, 146
- Prozentrechnung, 79
- PS, 142
  
- Rückgängig machen, 16
- rad, 138
- Radiant, 138
- Random(), 284
- random(), 284
- Random.N(), 284
- range(), 284
- rank(), 285
- Re(), 286
- READ\_BLUE(), 286
- READ\_GREEN(), 286
- READ\_IMAGE(), 287
- READ\_RED(), 287
  
- READBIN(), 288
- READBMP(), 288
- READRGB(), 289
- READWAV(), 289
- Regression
  - nichtlineare, 307
- reverse(), 290
- rfile(), 290, 291
- Ridder(), 291
- Rkadapt(), 291
- rkfixed(), 292
- row(), 292
- rows(), 292
- rsort(Matrix; i), 292
  
- Schnelle Fourier-Transformation, 219
- Secant(), 292
- Sekunde, 140
- SettingsDirectory(), 293
- Sievert, 144
- Skalarprodukt, 98
- Skewness(), 293
- Slope(), 293
- Slug, 141
- SMath Viewer, 161
- SMathMatrixEditor, 88
- Smoot, 139
- Solve(), 294
- solve(), 295
- sort(), 296
- Spaltensummennorm, 274
- Spannung, 143
- Spatprodukt, 99
- Spracheinstellung, 15
- sqrt(), 296
- stückweise stetige Funktionen, 83
- stack(), 296
- StdDev(), 296
- Stoffmenge, 144
- Stokes, 145
- str2num(), 297
- Strahlendosis, 144
- strlen(), 297
- Stromstärke, 143
- strrep(), 297
- strtolower(), 297
- strtoupper(), 298
- Stunde, 140
- submatrix(), 298
- substr(), 298

---

sum(), 298  
Summe, 95, 298  
sys(), 299  
sys2mat(), 299

Tag, 140  
Temperatur, 136, 146  
Tesla, 144  
Textbereich, 41  
time(), 299  
Tonne, 141  
Tonne (Kraft), 141  
tr(), 300  
transpose(), 300  
Trennlinie, 45

ucfirst(), 300  
ucwords(), 300  
Umdrehung, 138  
Unze, 141  
UoM(), 301

Variance(), 301  
Viskosität, 145  
vminor(), 302  
Volt, 143  
Volumeneinheiten, 139

Watt, 142  
WeightedMean(), 302  
wfile(), 302, 303  
while(), 303  
Widerstand, 144  
Wiederherstellen, 16  
Winkleinheiten, 138  
Winkelgeschwindigkeit, 140  
WRITEBIN(), 303  
WRITEWAV(), 304

XLSX-Datei, 242

Yard, 139

Zeilensummennorm, 275  
Zeilenumbruch, 42  
Zeiteinheiten, 140  
Zentimeter, 139  
Zeros(), 304  
Zoll, 139  
Zwischenablage, 52