Berechnungen

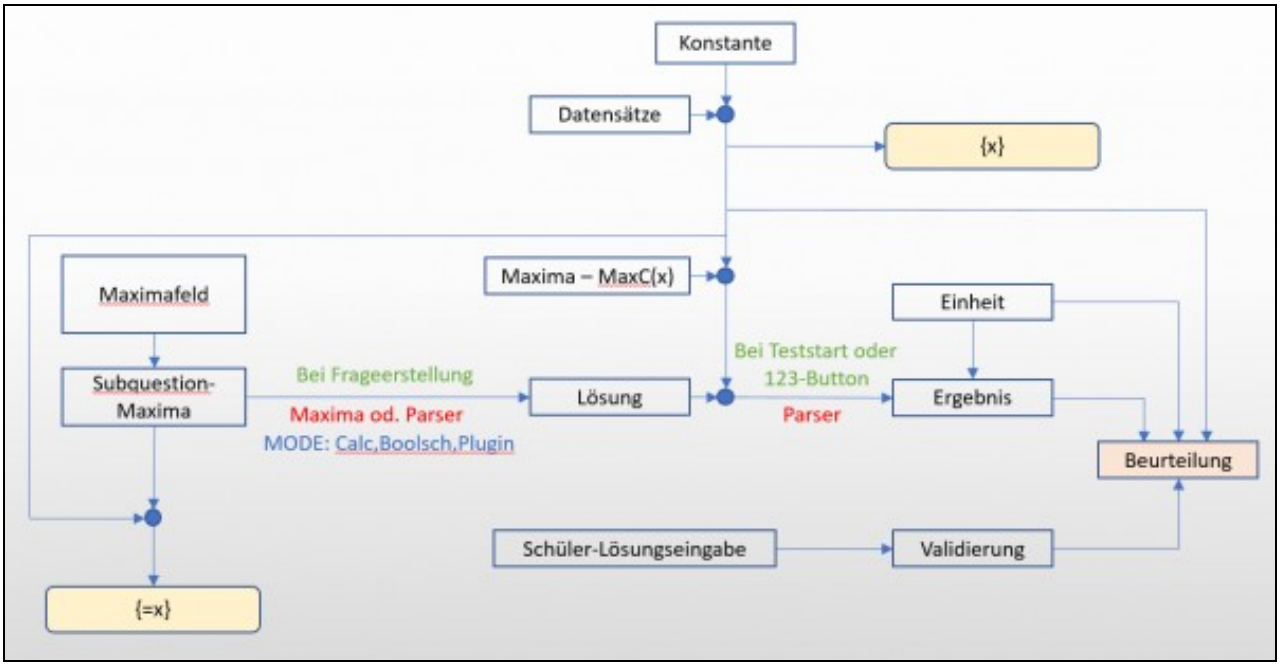
Inhaltsverzeichnis

Allgemeines

Berechnungen werden in mehreren Bereichen der Frageerstellung verwendet und bilden die Basis für Berechnungsfrage und Mehrfachberechnungsfrage.

Alle Berechnungen unterstützen Einheiten und symbolische Auswertung.

Grundsätzlicher Aufbau der Ergebnis-Berechnung bei Fragen mit Berechnungen



Schema der Berechnung
Die Berechnung und die Beurteilung einer Frage teilt sich in 3 grundsätzliche Schritte:

- Berechnnug der geschlossenen Lösung (Formel) aus den Maxima-Feldern
- Berechnung des Ergebnisses einer Frage durch Einsetzen der Zahlenwerte aus den Datensätzen in die geschlossene Lösung

- Beurteilung der Schülereingabe durch Vergleich mit dem Ergebnis

Konstante

Alle Konstante welche in Letto definiert sind beginnen mit einem Prozentzeichen. Verwendet man den Variablennamen ohne Prozenzzeichen, so wird die Konstante wie eine Variable mit dem Wert der Konstanten verwendet.

Liste der definierten Konstanten:

Name	Wert	Beschreibung
%i	i	komplexer Parameter als Lösung der Gleichung x^2=-1
%j	i	komplexer Parameter als Lösung der Gleichung x^2=-1
%e	2.718281828459045	Eulersche Zahl
%pi	3.141592653589793	Kreiszahl
%mu0	magnetische Feldkonstante	4*%pi*1E-7'Vs/Am'
%m0	magnetische Feldkonstante (alt, wird bald entfernt werden)	4*%pi*1E-7'Vs/Am'
%epsilon0	elektrische Feldkonstante	8.85418781762039E-12'As/Vm'
%e0	elektrische Feldkonstante (alt, wird bald entfernt werden)	8.85418781762039E-12'As/Vm'
%c0	Lichtgeschwindigkeit	299792458'm/s'
%Qe	Elementarladung	1.602176620898E-19As
%g	Erdbeschleunigung	9.81'm/s^2'
%NA	Avogadro Konstante	6.02214085774E23/mol
%k	Stefan Bolzman Konstante	1.3806485279E-23'J/K'
%R0	Universelle Gaskonstante	8.314459848'J/Kmol'
%h	plancksches Wirkungsquantum	6.6260704081E-34Js

Berechnung mit Maxima

- Maxima wird **nur für symbolische Berechnungen** bei der Erstellung von Beispielen verwendet. Hierbei wird, wie schon oberhalb im Schema angegeben, zuerst die Moodle.mac geladen, dann das Maxima-Feld berechnet und anschließend die Maxima-Felder aller Teilfragen. Das Ergebnis der Berechnung wird dann als symbolischer Ausdruck im Lösungfeld eingetragen.
- Da zum Zeitpunkt der **Maxima-Berechnung keine Datensätze** vorhanden sind, kann keine numerische Berechnung in Maxima durchgeführt werden, welche die Datensätze benötigt. Dies muss der interne Parser zum Zeitpunkt des Online-Test-Laufes erledigen. Numerische Berechnungen, welche der interne Parser nicht kann können deshalb auch nicht mit Maxima berechnet werden.
- Da das Lösungsfeld, welches mit Maxima berechnet wird symbolisch ausgewertet wird, können in Maxima sämtliche symbolischen Berechnungsverfahren angewendet werden, welche ein symbolisches Ergebnis liefern und keine numerischen Werte der Datensätze benötigen.
- Reicht im Maximafeld die Zeilenlänge nicht aus ist es möglich einen defninierten Zeilenumbruch zu realisieren. Schreiben Sie dazu "\" (einfacher Backslash) am Ende der Zeile.
- **Funktionsdeklarationen** wie **f(x):=**x^2 mit Doppelpunkt-Ist-Gleich sind im Maxima-Feld nur eingeschränkt bis gar **nicht verwendbar**, da sie vom Parser nicht unterstützt werden.
- **Mengen von Maxima** sind in LeTTo n**icht verwendbar**. LeTTo verwender hierzu eigene Funktionen des Parsers welche mit "set" beginnen und auf Vektoren basieren.

Berechnung mit dem internen Parser

- Der interne Parser kann durch Wahl der Checkbox "Parser" anstatt von Maxima für die Berechnung des Maxima-Feldes verwendet werden.
- Jedenfalls wird der Parser zur Test-Laufzeit für die Berechnung des Ergebnisses einer Frage aus Lösung und Datensätzen und zum Berechnen der Schülereingabe verwendet.

Operatoren

VORSICHT mit MAXIMA

- Einige Operatoren sind in **Maxima anders**, oder **nicht definiert**. Möchte man im Maximafeld die Operatoren des Parsers-verwenden, so muss das gesamte Maxima-Feld **mit dem Parser gerechnet** werden. Man verliert dadurch jedoch die Vorteile der Maxima-Berechnung.
- Alternativ kann man statt der Operatoren auch **Funktionen verwenden** (zB: ne() statt !=). Diese werden dann von Maxima zwar nicht ausgewertet, die Berechnung bleibt aber trotzdem korrekt und kann mit Maxima durchgeführt werden.
- Es gibt einige Funktionen welche in **Maxima existieren** aber im **Parser nicht, oder mit anderem Syntax**.
    - Wenn diese von Maxima nicht ausgewertet werden können, da sie **Datensätze** enthalten welche zu Auswertezeitpunkt von Maxima noch **nicht mit Werten belegt** sind, **dürfen sie in der Berechnung nicht verwendet werden**, da der Parser dann damit nichts anfangen kann.
    - Solche Funktionen haben entweder im Parser eine alternative Schreibweise welche auch mit Maxima verwendet werden kann (z.B.: wenn), oder sie können prinzipell nicht verwendet werden. (Für wichtige Funktionsweisen könnte man in zukünftigen Versionen neue Funktionalitäten in den Parser einbauen, die die gewünschte Funktion erfüllen)
    - Ein weiter Möglichkeit für die Verwendung solcher Funktionen ist der Verzicht auf Datensätze in diesen Funktionen, damit diese Funktion beim Auswerten des Maxima-Feldes bereits ausgewertet werden kann und somit der Parser davon nichts mehr sieht.
    - zB:

```
if then
```

Infix Operatoren

arithmetische Operatoren

Operator	Priorität	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
+	40	Addition	4+5	9
-	40	Subtraktion	6-2	4
*	50	Multiplikation	4*5	20
/	51	Division	20/4	5
%	51	Divisionsrest	104%20	4

/ /	60	Parallelschaltung	x / / y	x*y/(x+y)
^	90	Potenz	2^3	8
.*.	200	Operator der intern für eine fehlende bindende Multiplikation verwendet wird	4x	4*x

Bitoperatoren

Operator	Priorität	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
|	20	Bitweise oder logisches ODER	9|5 true|false	13 true
or	20	Bitweise oder logisches ODER	9 or 5	13
&	21	Bitweise oder logisches UND	13&10	8
and	21	Bitweise oder logisches UND	13 and 10	8
xor	22	Bitweise oder logisches exklusiv oder XOR	13 xor 10	7
imp	23	Bitweise oder logisches impliziert IMP	13 imp 10	8
<<	35	Bitweise links schieben	5<<2	20
>>	35	Bitweise rechts schieben	8>>2	2

Vergleichsoperatoren

Operator	Priorität	Beschreibung	Beispiel
=	3	Gleichungsoperator	x=y
==	30	Gleichungsoperator	x==y
!=	30	Ungleichungsoperator	x!=y
<	32	Kleiner	x<y
<=	32	Kleiner gleich	x<=y
>	32	größer	x>y
>=	32	größer gleich	x>=y

Organisative Operatoren

Operator	Priorität	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
,	0	Listen-Trennzeichen	x,y	
$	1	Trennzeichen zwischen mehreren Berechnungen		
;	1	Trennzeichen zwischen mehreren Berechnungen		
:	2	Zuweisung an eine Variablen auf der linken Seite	x:5	

Prefix Operatoren

Operator	Priorität	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
+	45	positives Vorzeichen	+5	5
-	45	negatives Vorzeichen	-(-5)	5
~	95	bitweise Inversion einer 64bit-Ganzzahl	~0x0F0F	0xFFFFFFFFFFFF0F0
!	120	logisches NOT	!(3<4)	false
++	130	Inkrement von Ganzzahlen	++x	erhöht x um eins und gibt das Ergebnis nach der Erhöhung zurück
--	130	Dekrement von Ganzzahlen	--x	vermindert x um eins und gibt das Ergebnis nach der Verminderung zurück
%	200	Prefix für Namen, welche als Konstante definiert sind	%pi	3.141592653589793

Suffix Operatoren

Operator	Priorität	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
++	135	Inkrement von Ganzzahlen	x++	erhöht x um eins und gibt den Variablenwert vor der Erhöhung zurück
--	135	Dekrement von Ganzzahlen	x--	vermindert x um eins und gibt den Variablenwert vor der Verminderung zurück

Klammern

- () runde Klammern werden für mathematische Ausdrücke zur Klammerung verwendet
- {} geschwungene Klammer werden im Angabetext für die Namen der Datensätze verwendet
- [] eckige Klammern werden für Vektoren und Matrizen verwendet

Funktionen

Funktionen für Ganzzahlen

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
band	bitweises UND	band(4,12)	4
bor	bitweises ODER	bor(4,1)	5
bxor	bitweises EXKLUSIV ODER	band(4,5)	1
bimp	bitweises Parameter1 impliziert Parameter2	bimp(13,10)	8
binv	bitweises NICHT mit 8 bit	binv(0x0F)	0xF0
shl	Schiebe Ganzzahl bitweise nach links	shl(8,2)	32
shr	Schiebe Ganzzahl bitweise nach rechts	shr(8,2)	2
div	Ganzzahldivision, Ergebnis wird abgeschnitten	div(5,2)	2
inv8	bitweise Invertieren und die letzten 8 Bit bestimmen	inv8(0b1001)	0b11110110
inv16	bitweise Invertieren und die letzten 16 Bit bestimmen	inv16(0xF0)	0xFF0F
inv32	bitweise Invertieren und die letzten 32 Bit bestimmen	inv32(0xF0)	0bFFFFFF0F

inv64	bitweise Invertieren und die letzten 64 Bit bestimmen	inv64(0xF0)	0bFFFFFFFFFFFFFF0F
byte	Zahl in eine Ganzzahl wandeln und die letzten 8bit der Zahl Abschneiden, Einheit geht verloren	byte(34.2)	34
word	Zahl in eine Ganzzahl wandeln und die letzten 16bit der Zahl Abschneiden, Einheit geht verloren	word(34.2)	34
int	Zahl in eine Ganzzahl wandeln und die letzten 32bit der Zahl Abschneiden, Einheit geht verloren	int(34.2)	34
long	Zahl in eine Ganzzahl wandeln , Einheit geht verloren	long(34.2)	34
parity	Paritätsberechnung : parity(Parität,Codewortlänge,Datenwort[,Datenwort,....])	parity(even,7,"xy")	
blockparity	Kreuz oder Blockparität : blockparity(Parität,Codewortlänge,Codewortanzahl,Datenwort[,Datenwort,....])	blockparity(even,7,3,"abc")	
bcd	Wandelt in eine Long-Zahl in ein Feld aus BCD-kodierten Zahlen um	bcd(124)	[1,2,4]
code	Code aus mehreren Codeworten zusammensetzen : code(Codewortlänge,Datenwort[,Datenwort,....])	code(5,4,3,5)	0b1000001100101
hamming	Bestimmt den Hamming-Abstand von mehreren Codeworten	hamming(1,2,4,8,16)	2
komplement	Bildet das Zweierkomplement mit einer negativen Zahl mit einer bestimmten Bitanzahl, fehlt die Bitanzahl, so wird ein 32Bit-2er-komplement gebildet	komplement(-5,8)	0b11111011
bitstream	Erzeugt aus einer Ganzzahl einen Bitstrom als String mit einer definierten Anzahl von Bit (MSB werden nötigenfalls mit 0 gefüllt) : bitstream(Daten,Bitanzahl)	bitstream(0x184,12)	"000110000100"

Funktionen für rationale und Ganzzahlen

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
kgV	berechnet das kleinste gemeinsame Vielfache von mehreren Zahlen	kgV(3,10)	30
ggT	berechnet den größten gemeinsamen Teiler von mehreren Zahlen	ggT(12,10)	2
isprim	prüft ob die angegebene Zahl eine Primzahl ist	isprim(13)	true
prims	zerlegt eine Ganzzahl in ihre Primfaktoren	prims(12)	[2,2,3]
defracmix	zerlegt eine rationale Zahl in einen gemischten Bruch aus ganzzahligem Summanden, Zähler und Nenner als Menge Die erhaltene Menge kann mit dem Format-Modfier **frac** als gemischter Bruch dargestellt werden (siehe Zahlendarstellung)	defracmix(14/12) defracmix(-15/12) defracmix(3/12)	[1,2/12] [-1,3,12] [0,3,12]
defrac	zerlegt eine rationale Zahl in Zähler und Nenner als Menge Die erhaltene Menge kann mit dem Format-Modfier **frac** als gemischter Bruch dargestellt werden	defrac(14/12)	[13,12]
frac	erzeugt aus einer Menge aus 2 oder 3 Elementen (von defrac) eine rationale Zahl	frac([3,7]) frac([1,2,3])	3/7 5/3
mod	Modulo: Divisionsrest einer Division mit ganzzahligem Ergebnis	mod(5,2) mod(6.2,2.5)	1 1.2

boolsche Funktionen

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
eq	gleich	eq(4,4)	true
eqruntime	symbolischer Vergleich, welcher **symbolisch erst bei der Ergebnisberechnung** ausgeführt wird. Muss verwendet werden, wenn bei Vergleichen symbolische Antworten von Schülern (Q0,Q1,...) verwendet werden.	eqruntime(x+3*y,3*y+x)	true
ne	ungleich	ne(6,4)	true
ge	größer gleich	ge(6,4)	true
le	kleiner gleich	le(6,4)	false
gt	größer	gt(6,4)	true
lt	kleiner	lt(6,4)	false
between	prüft ob Parameter1 kleiner als Parameter2 und Parameter2 kleiner als Parameter 3	between(3,4,5)	true
land	logisches UND	land(a<b,b<c)	
lor	logisches ODER	lor(a<b,b<c)	
not	logisches NICHT. Vorsicht ein symbolisches Ergebnis von Maxima liefert not als Prefix-Operator, welcher vom Parser nicht unterstützt wird (Verwende statt dessen **lnot**)	not(a<b)	
lnot	logisches NICHT, wie not jedoch wird es von Maxima nicht ausgewertet	lnot(a<b)	

arithmetische Funktionen

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
double	Zahl ein eine Gleitkommazahl umwandeln, die Einheit geht dabei verloren	double(3.4V)	3.4
numeric	verwirft die Einheit, wenn eine vorhanden ist und liefert nur den Zahlenwert	numeric(2.3mA) numeric(5%)	0.0023 5
unit	gibt die SI-Einheit mit dem Zahlenwert 1 zurück	unit(3.1kA) unit(5%)	1A 1%
cround	Rundet die Zahl kaufmännisch, der zweite Parameter gibt die Anzahl der Kommastellen an, ohne 2.Parameter wird auf Ganzzahlen gerundet, bei komplexen Zahlen wird Betrag und Winkel in Grad gerundet.	cround(23.535,2) cround(2.435arg34.5364°,1)	23.54 2.4arg34.5°
ccround	Rundet die Zahl kaufmännisch, der zweite Parameter gibt die Anzahl der Kommastellen an, bei komplexe Zahlen wird Real und Imaginärteil gerundet.	ccround(2.4534+5.645*%i,2)	2.45+5.65i
round	Rundet die Zahl kaufmännisch, aus Kompatibilitätsgründen zu Maxima hat round nur einen Parameter	round(23.535)	24
ground	Rundet die Zahl auf die im zweiten Parameter angegebenen gültigen Ziffern	ground(2453.43,2)	2500
floor	Rundet auf die größte ganze Zahl, welche kleiner oder gleich x ist	floor(24.5)	24
trunc	Schneidet die Zahl nach dem Komma ab	trunc(24.5)	24
ceiling	ceiling(x) Rundet auf die kleinste ganze Zahl, welche größer oder gleich x ist	ceiling(13.2)	14

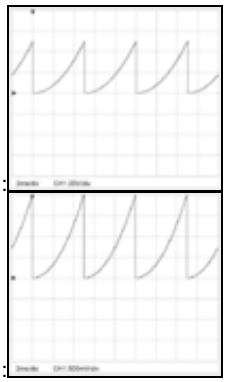
pow	Potenzfunktion	pow(2,3)	8
par	Parallelschaltung von Widerständen	par(x,y)	x*y/(x+y)
min	Minimum von mehrere Werten suchen	min(3,5,1)	1
max	Maximum von mehreren Werten suchen	max(3,5,1)	5
random	Zufallszahl aus einem definierten Zahlenbereich random(minimal,maximal) VORSICHT! Die Zufallszahl wird bei jedem Aufruf neu berechnet, weshalb sich der Wert bei jedem Anzeigevorgang einer Frage ändert. Sollte sich der berechnete Wert für eine Schülerangabe zwischen Fragestellung und Ergebniskontrolle nicht ändern dürfen (ist der Normalfall) muss man einen **Datensatz statt einer Zufallszahl** verwenden! Zufallszahlen haben in der Ergebnisberechnung keinen Sinn, und sollten maximal für angezeigte zufällige Werte verwendet werden!	random(2,8)	3.4532
randomC	komplexe Zufallszahl aus einem definierten Zahlenbereich für den Betrag VORSICHT! Die Zufallszahl wird bei jedem Aufruf neu berechnet!	randomC(2,8)	3.4532arg40.3°
signum	Liefert das Vorzeichen einer Zahl (-1,0,1). Bei einer komplexen Zahl das Vorzeichen des Realteils.	signum(-4)	-1

Maxima-basierte Funktionen

- Diese Funktionen funktionieren nur wenn Maxima installiert ist und werden immer an Maxima gesendet, auch wenn der interne Parser aktiviert ist.
- Weiters werden sie bei der Ausgabe als TeX-Formel auch korrekt mit LaTeX gesetzt.

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
integrate	Berechnet das unbestimmte oder bestimmte Integral einer Funktion.	integrate(x^2,x) integrate(x^2,x,0,2)	x^3/3 8/3
diff	Berechnet die Ableitung einer Funktion.	diff(x^2,x) diff(3*x^2,x,2)	x 6
tomaxima	Führt die Berechnung aller Parameter von links nach rechts hintereinander mit Maxima aus. Das Ergebnis ist dann das Ergebnis des letzten Parameters.	tomaxima(y:x^2,y+2)	x^2+2
laplace	Bestimmt die Laplace-Transformierte einer Funktion.	laplace(sin(t),t,s)	1/(1+s^2)
ilt	Bestimmt die inverse Laplace-Transformierte eine Laplace-Funktion	ilt(1/(1+s),s,t)	e^(-t)
sum	Summenbildung	sum(1/k,k,1,2)	3/2
product	Produktbildung	product(1/k,k,1,3)	1/6

erweiterte arithmetische Funktionen

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
sigma	Sprungfunktion: sigma(x) liefert 0 für x<0 und 1 für x>=0	sigma(243.3)	1
interpol	Interpolationsfunktion zwischen mehreren Stützpunkten in einem Koordinatensystem. interpol(WerteX,WerteY,x)	interpol([0,1,2],[0,3,3],1.5)	3
periodic	Erzeugt aus einer beliebigen Funktion zwischen 0 und Periodendauer eine periodische Funktion periodic(Variable,Periodendauer,Funktion) periodic(Variable,Periodendauer,Funktionsperiodendauer,Funktion)	ch1(t):periodic(t,5ms,2'Vms-2'*t^2) ch1(t):periodic(t,5ms,1,2V*t^2)	: 
numint	numerische Integration numint(untereGrenze,obereGrenze,funktion,Variable) numint(untereGrenze,obereGrenze,funktion,Variable,punkteAnzahl)	numint(0,2pi,sin(t),t)	0
numdif	numerisches Differenzieren einer Funktion "funktion" nach einer Variablen "Variable" an der Stelle "position" mit einer Differenz der Variablen von "differenz" numdif(position,funktion,Variable,differenz)	numdif(0,sin(t),t,0.01)	1
solve	löst eine Gleichung oder ein Gleichungssystem nach einer oder mehrerer Variablen	solve([2*x+y=3,x-y=0],[x,y])	[[x=1,y=1]]
solvevalue	löst eine Gleichung oder ein Gleichungssystem nach einer Variablen und liefert genau die erste Lösung wenn sie numerisch berechenbar ist	solvevalue([2*x+y=3,x-y=0],[x,y],x)	1
newton	Bestimmt eine Nullstelle einer Funktion nach dem Newton-Verfahren. Der erste Parameter ist ein Ausdruck in einer Variablen, der zweite Parameter ist der Startwert.	newton(x^2-4,4)	2
cnewton	Bestimmt eine komplexe Nullstelle einer Funktion nach dem Newton-Verfahren. Der erste Parameter ist ein Ausdruck in einer Variablen, der zweite Parameter ist der komplexe Startwert.	newton(x^2+4,4)	2*%i
newtonall	Bestimmt alle Nullstellen einer Funktion mit einem Betrag des Funktionsparameters kleiner als ein definierter Wert nach dem Newton-Verfahren. Der erste Parameter ist ein Ausdruck in einer Variablen, der zweite Parameter ist der maximale Betrag des Funktionsparameters. Das Ergebnis ist immer ein Vektor mit den nach aufsteigendem Funktionswert sortierten Nullstellen.	newton(x^2-4,4)	[-2,2]
cnewtonall		newton(x^2+4,4)	[-2*%i,2*%i]

	Bestimmt alle komplexen Nullstellen einer Funktion mit einem Betrag des Funktionsparameters kleiner als ein definierter Wert nach dem Newton-Verfahren. Der erste Parameter ist ein Ausdruck in einer Variablen, der zweite Parameter ist der maximale Betrag des Funktionsparameters. Das Ergebnis ist immer ein Vektor mit den Nullstellen.

Stringfunktionen

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
dechex	Zahl in eine Ganzzahl wandeln und als Hexadezimal-String ausgeben	dexhex(12)	"0xC"
chr	Bestimmt die Zeichen mit dem ASC-II-Code der Long-Parameter und setzt daraus einen String zusammen.	chr(0x65,105)	"ei"
val	Bestimmt den ASC-II-Code des ersten Zeichens welches als String-Parameter übergeben wurde.	val("a")	97
strcat	Fügt mehrere Strings zusammen.	strcat("a","b")	"ab"

trigonometrische Funktionen

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
sin	Sinus	sin(%pi/2)	1
cos	Cosinus	cos(%pi/2)	0
tan	Tangens	tan(%pi/4)	1
asin	Arcus-Sinus	asin(1)	%pi/2
arcsin	Arcus-Sinus	asin(1)	%pi/2
acos	Arcus-Cosinus	acos(1)	0
arccos	Arcus-Cosinus	acos(1)	0
atan	Arcus-Tangens	atan(1)	%pi/4
arctan	Arcus-Tangens	arctan(1)	%pi/4
atan2	Arcus-Tangens atan2(y,x)=arctan(y/x)	atan2(-2,-2)	-%pi*3/4
arctan2	Arcus-Tangens arctan2(y,x)=arctan(y/x)	arctan2(-2,-2)	-%pi*3/4
sinh	Sinus-Hyperbolicus	sinh(1)	1.1752012
cosh	Cosinus-Hyperbolicus	cosh(1)	1.5430806
tanh	Tangens-Hyperbolicus	tanh(1)	0.7615941
coth	Cotangens-Hyperbolicus	coth(1)	1.313035
asinh	Area-Sinus-Hyperbolicus	asinh(1.1752012)	1
acosh	Area-Cosinus-Hyperbolicus	acosh(1.5430806)	1
atanh	Area-Tangens-Hyperbolicus	atanh(0.7615941)	1
acoth	Area-Cotangens-Hyperbolicus	acoth(1.313035)	1
csin	Erzeugt aus einer komplexen Zahl (Effektivwert) und einer Frequenz einen Sinusfunktion in der Zeit	csin(U)	sqrt(2)*cabs(U)*sin(2*pi*f*t+carg(U))
quadrant	Liefert den Quadranten eines Winkels mit einer Toleranzangabe.	quadrant(20°,5°)	1
argnorm	Wandelt einen Winkel auf den Bereich von 0°-360°	argnorm(-50°)	310°

Exponentialfunktionen

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
pow	Potenzfunktion	pow(2,3)	8
exp	Exponentialfunktion	exp(1)	%e
log	natürlicher Logarythmus	log(%e)	1
ln	natürlicher Logarythmus	ln(%e)	1
log10	Logarythmus zur Basis 10	log10(100)	2

komplexe Zahlen

Die Funktionen zu komplexen Zahlen werden (anders als in Maxima) nur ausgewertet wenn das Ergebnis numerisch berechenbar ist, ansonsten bleibt die Funktion symbolisch erhalten.

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
abs	Liefert den Absolutbetrag einer komplexen Zahl	abs(3+4*%i)	5
cabs	Liefert den Absolutbetrag einer komplexen Zahl	cabs(3+4*%i)	5
carg	Liefert das Argument einer komplexen Zahl	carg(4*%e^(3*%i))	3
realpart	Liefert den Realteil einer komplexen Zahl	realpart(3+4*%i)	3
imagpart	Liefert den Imaginärteil einer komplexen Zahl	imagpart(3+4*%i)	4
conjugate	Liefert die konjugiert komplexe Zahl einer komplexen Zahl	conjugate(3+4*%i)	3-4*%i
rectform	hat in LeTTo keine Relevanz, da die Zahlendarstellung bei der Ausgabe definiert wird wie zB.: {=3arg2;karti}		

statistische Funktionen

Die Funktionen funktionieren nur ohne Einheiten.

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
factorial	Liefert die Fakultät einer positiven ganzen Zahl	factorial(5)	120
binomial	Liefert den Binomialkoeffizienten von zwei positiven ganzen Zahlen	binomial(5,2)	10

Mengen-Funktionen

Mengen werden intern als Vektoren verarbeitet und sind deshalb auch direkt durch Vektoren ersetzbar. Auch alle Vektor-Funktionen sind somit auch auf Mengen anwendbar und umgekehrt.

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis

setget	Liefert ein Element einer Menge oder einer Matrix (Menge von Mengen)	setget([12,13,14],1) setget(matrix([9,2],[3,4]),0,1)	13 2
setset	setzt ein Element einer Menge oder einer Matrix (Menge von Mengen)	setset([12,13,14],1,35) setset(matrix([9,2],[3,4]),0,0,-9)	[12,35,14] [[-9,2],[3,4]]
setinsert	fügt ein Element in eine Menge an eine gegebene Stelle ein	setinsert([12,13,14],1,25)	[12,25,13,14]
setremove	löscht ein Element einer Menge	setremove([12,13,14],1)	[12,14]
setmedian	Liefert den Median einer Menge	setmedian([4,3,1,5,6])	4
setboxplot	Liefert die Werte des Boxplot einer Menge (Minimum, unteres Quartil, Median, oberes Quartil, Maximum) als Vektor verwendbar für das Plot-Plugin	setboxplot([1,2,3,10,8,9])	[1,2,5.5,9,10]
setsort	Sortiert die Elemente einer Menge aufsteigend	setsort([3,-3,2,0,5,2])	[-3,0,2,2,3,5]
setsortnd	Sortiert die Elemente einer Menge aufsteigend und entfernt alle mehrfach vorkommenden Elemente	setsortnd([31,-3,2,31,0,5,2])	[-3,0,2,5,31]
setcount	Bestimmt die Anzahl wie oft ein Element in einer Menge vorkommt oder die Anzahl der Elemente der Menge	setcount([31,-3,2,31,0,5,2],31) setcount([2,5,3,6])	2 4
setmodus	Liefert das Element einer Menge, welches am öftesten vorkommt oder die Elemente als Menge wenn mehrere Elemente gleich oft vorkommen	setmodus([3,-3,2,0,5,2])	2
setreverse	Dreht die Reihenfolge einer Menge um	setreverse([3,-3,2,0,5,2])	[2,5,0,2,-3,3]
setnd	Löscht alle Duplikate aus der Menge	setnd([3,-3,2,0,5,2])	[3,-3,2,0,5]
setshuffle	Mischt eine Menge in eine zufällige Reihenfolge	setshuffle([3,-3,2,0,5,2])	[2,0,5,-3,2,3]
setmittel	Bestimmt den Mittelwert einer Menge	setmittel([1,3,2,4])	2.5
setgeomittel	Bestimmt das geometrische Mittelwert einer Menge aus positiven reellen Zahlen	setgeomittel([10,20,30])	18.171206
setvarianz	Bestimmt die empirische Varianz einer Menge	setvarianz([3,1,2,5,4])	((3-3)^2+(1-3)^2+(2-3)^2+(5-3)^2+(4-3)^2)/5=2
setquadratmittel	Bestimmt den quadratischen Mittelwert einer Menge	setquadratmittel([10,20,30])	21.6025
setsum	Bestimmt die Summe aller Werte einer Menge	setsum([1,3,2,4])	10
setprod	Bestimmt das Produkt aller Werte einer Menge	setprod([1,3,2,4])	24
setunion	Fügt mehrere Mengen zu einer neuen Menge zusammen	setunion([1,3,2,4],[3,7])	{1,3,2,4,3,7}
setunionnd	Fügt mehrere Mengen zu einer neuen Menge zusammen, sortiert diese und entfernt alle mehrfachen Elemente	setunionnd([1,3,2,4],[3,7])	{1,2,3,4,7}
setcut	Bildet die Schnittmenge aus mehreren Mengen	setcut([1,3,2,4],[3,7])	{3}
setcompare	vergleicht zwei Mengen miteinander, wobei die Reihenfolge egal ist	setcompare([1,3,2,4],[3,7]) setcompare([1,3,2],[1,2,3]) setcompare([1,3,2],[1,3,2,3]) setcompare([1,2,3],[1,2,3])	false true false true
setcomparend	vergleicht zwei Mengen miteinander, wobei die Reihenfolge egal ist und doppelte Werte als einfach behandelt werden.	setcomparend([1,3,2,4],[3,7]) setcomparend([1,3,2],[1,2,3]) setcomparend([1,3,2],[1,3,2,3]) setcomparend([1,2,3],[1,2,3])	false true true true
setpartof	prüft ob die erste Menge eine Teilmenge der zweite Menge ist wobei die Reihenfolge egal ist aber mehrfache Werte berücksichtigt werden	setpartof([1,4],[1,3,7]) setpartof([1,3],[1,2,3]) setpartof([1,3,3],[1,3,5,7]) setpartof([1,4,4],[1,2,3,4])	false true false false
setpartofnd	prüft ob die erste Menge eine Teilmenge der zweite Menge ist wobei die Reihenfolge und mehrfache Werte egal sind	setpartofnd([1,4],[1,3,7]) setpartofnd([1,3],[1,2,3]) setpartofnd([1,3,3],[1,3,5,7]) setpartofnd([1,4,4],[1,2,3,4])	false true true true
setgetmin	Liefert den kleinsten Wert einer Menge	setgetmin([1,3,-2,4])	-2
setgetmax	Liefert den größten Wert einer Menge	setgetmax([1,3,-2,4])	4
setremovefirst	Entfernt den ersten Wert einer Menge	setremovefirst([1,3,-2,4])	{3,-2,4}
setremovelast	Entfernt den letzten Wert einer Menge	setremovelast([1,3,-2,4])	{1,3,-2}
setgetfirst	Liefert den ersten Wert einer Menge	setgetfirst([1,3,-2,4])	1
setgetlast	Liefert den letzten Wert einer Menge	setgetlast([1,3,-2,4])	4
setsub	setsub(M,x,y) Liefert eine Teilmenge von M der Elemente vom index x bis zum Index y	setsub([1,3,-2,4],1,2)	{3,-2}
setmakelist	setmakelist(f,x,start,stop) setzt in den Ausdruck f für x die Werte von start bis stop mit einer Schrittweite von 1 ein.	setmakelist(x^2,x,1,4)	[1,4,9,16]
	setmakelist(f,x,start,stop,schrittweite) setzt in den Ausdruck f für x die Werte von start bis stop mit dem Abstand schrittweite ein.	setmakelist(x^2,x,1,2,0.5)	[1,2.25,4]
	setmakelist(f,x,set) setzt die Werte des Vektors set in den Ausdruck f für x ein.	setmakelist(x^2,x,[3,1,2])	[9,1,4]

Typ-Funktionen

Werden nur dann ausgewertet wenn der Parameter ein numerischer Wert oder eine Menge ist.

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
isset	Prüft ob es sich um eine Menge handelt.	isset([12,13,14])	true
issetnumeric	Prüft ob es sich um eine Menge aus reellen Zahlen handelt.	issetnumeric([12,13.4,14])	true

issetlong	Prüft ob es sich um eine Menge aus ganzen Zahlen handelt.	issetlong([12,13,14])	true
islong	Prüft ob es sich um eine ganze Zahl handelt.	islong(12)	true

Algebra

Hinweis: Die Indizes eines Vektors oder einer Matrix werden in Letto ausgehend von 0 weg gezählt.

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
matrix	erzeugt aus mehreren gleich langen Vektoren eine Matrix	matrix([1,2],[3,4])	[[1,2],[3,4]]
inv	invertiert eine quadratische Matrix oder bildet 1/x	inv(matrix([1,2],[3,4]))	[[-2,1],[3/2,-1/2]]
vget	liefert ein Element eines Vektors oder einer Matrix	vget([12,13,14],1) vget(matrix([9,2],[3,4]),0,1)	13 2
vset	setzt ein Element eines Vektors oder einer Matrix	vset([12,13,14],1,35) vset(matrix([9,2],[3,4]),0,0,-9)	[12,35,14] [[-9,2],[3,4]]
vinsert	fügt ein Element in einen Vektor an eine gegebene Stelle ein	vinsert([12,13,14],1,25)	[12,25,13,14]
vremove	löscht ein Element eines Vektors	vremove([12,13,14],1)	[12,14]
vabs	Berechnet den Betrag eines Vektors	vabs([3,4])	5
vin	Berechnet das innere Produkt von 2 Vektoren	vin([1,2,3],[4,5,6])	32
vex	Berechnet das ex-Produkt von 2 Vektoren im 3-dimensionalen Raum	vex([1,2,3],[4,5,6])	[-3,6,-3]
mprod	Bildet das Matrixprodukt aus zwei Matrizen	mprod([[1,2],[3,4]],[[5,6],[7,8]])	[[19,22],[43,50]]
mtrans	Bildet die transponierte Matrix	mtrans([[1,2],[3,4]])	[[1,3],[2,4]]
minv	Bildet die inverse Matrix	minv([[1,2],[3,4]])	[[-2,1],[3/2,-1/2]]
mdet	Bildet die Determinante einer quadratischen Matrix	mdet([[1,2],[3,4]])	-2
vindex	vindex(v,x) liefert den Index des Elementes eines Vektors, welcher am nächsten bei x liegt	vindex([10,30,70],40)	1
vindexup	vindexup(v,x) liefert den Index des Elementes eines Vektors, welcher größer oder gleich x ist	vindexup([10,30,70],40)	2
vindexdown	vindexdown(v,x) liefert den Index des Elementes eines Vektors, welcher kleiner oder gleich x ist	vindexdown([10,30,70],60)	1
verweis	verweis(M,x,n) liefert den Wert der n-ten Spalte (ohne Angabe von n die 2.Spalte) einer Matrix M wo x dem Wert in der ersten Spalte am nächsten liegt	verweis([[10,33],[20,77],[30,99]],21)	77
verweisup	verweisup(M,x,n) liefert den Wert der n-ten Spalte (ohne Angabe von n die 2.Spalte) einer Matrix M wo x dem Wert in der ersten Spalte am nächsten liegt	verweisup([[10,33],[20,77],[30,99]],21)	99
verweisdown	verweisdown(M,x,n) liefert den Wert der n-ten Spalte (ohne Angabe von n die 2.Spalte) einer Matrix M wo x dem Wert in der ersten Spalte am nächsten liegt	verweisdown([[10,33],[20,77],[30,99]],27,1)	77

Variable

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
kill	löscht Variable aus dem Variablenspeicher	kill(x,y) kill(allbut(y)) kill(all)	löscht die Variablen x und y löscht alle Variablen mit Ausnahme von y löscht alle Variable
allbut	Liefert eine Liste aller Variablen des Parsers als Menge(Vektor) mit Ausnahme der als Parameter angegebenen Variablen	allbut(x,y)	[a,b,c]

Auswertung und Programmierung

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
ev	Auswertung eines Ausdruckes, als Parameter können Gleichungen angegeben werden, welche dann in den Ausdruck eingesetzt werden	ev(x*y,y=4)	x*4
evruntime	Auswertung eines Ausdruckes, als Parameter können Gleichungen angegeben werden, welche dann in den Ausdruck eingesetzt werden. Das **Einsetzen erfolgt erst bei der Ergebnisberechnung**!	evruntime(x*y,y=4)	x*4
nv	Auswertung eines Ausdruckes, als Parameter können Gleichungen angegeben werden, welche dann in den Ausdruck eingesetzt werden. Im Gegensatz zu ev werden bestehende Variable nur in den Gleichungen, aber nicht im Ausdruck selbst eingesetzt!	nv(x*y,y=4)	x*4
if	Bedingungsfunktion if(bedingung,wahrwert,falschwert)	if(4<6,10,12)	10
wenn	Bedingungsfunktion wenn(bedingung,wahrwert,falschwert). Im Prinzip identisch wie if, jedoch kann if mit Maxima nicht verwendet werden.	wenn(4<6,10,12)	10
plugin	Ruft die Berechnungsmethode des Plugins, welches als erster Stringparameter angegeben werden muss auf und übergibt die weiteren Parameter an die Berechnungsmethode des Plugins.	plugin("plugin1",3)	führt die Berechnung des Plugins mit dem Namen "plugin1" mit dem Parameter 3 aus.
symbolic	Bei allen Variablen innerhalb von symbolic werden nur nicht-numerische Werte eingesetzt! Wird vor allem im Angabtext bei {= } verwendet	symbolic(x^2+2)	x^2+2
runtime	Bei dieser Funktion wird **erst bei der Berechnung der Frageantwort, nach dem Einsetzen der Datensätze** das **komplette Maxima-Feld** mit dem internen **Parser** durchgerechnet und danach der Parameter-Ausdruck berechnet. Dadurch kann man bei komplizierten Berechnungen eine sehr aufwendige symbolische Berechnung verhindern!	runtime(U)	
dataset	liefert alle Datensätze einer Datensatz-Definition in einem Vektor	dataset(x)	

Optimierung der Ausdrücke

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
opt	Ausdruck wird vollständig optimiert, die Funktion wird ausgewertet und ist danach nicht mehr vorhanden. Nur bei der Verwendung des internen Parser sinnvoll.	opt(x+x)	2*x

ratsimp	Ausdruck wird vollständig optimiert, die Funktion wird ausgewertet und ist danach nicht mehr vorhanden (wie opt, wird jedoch auch von Maxima ausgewertet)	ratsimp(x+x)	2*x
noopt	Ausdruck wird nicht optimiert, bleibt also so erhalten wie angegeben. Die Funktion an sich geht aber verloren.	noopt(2+3)	2+3
nopt	Ausdruck wird nicht optimiert, bleibt also so erhalten wie angegeben. Die Funktion bleibt erhalten und wird erst bei der Lösungsberechnung oder durch opt() entfernt.	noopt(2+3)	2+3
lopt	Im Maximafeld bleibt die Funktion ohne Funktion erhalten, im Ergebnis {= wird die Funktion entfernt und in der Lösung wird nach dem Einsetzen der Werte der Ausdruck vollständig optimiert.	lopt(x+3)	lopt(x+3)
lnoopt	Im Maximafeld bleibt die Funktion ohne Funktion erhalten, im Ergebnis {= wird die Funktion entfernt und in der Lösung wird nach dem Einsetzen der Werte der Ausdruck nicht mehr optimiert.	lnoopt(x+3+2)	lnoopt(x+5)
loptnumeric	Im Maximafeld bleibt die Funktion ohne Funktion erhalten, im Ergebnis {= wird die Funktion entfernt und in der Lösung wird nach dem Einsetzen der Werte der Ausdruck nur numerisch optimiert.	loptnumeric(x+y)	loptnumeric(x+y)
aopt	Bei Maxima und Lösung geht die Funktion verloren, nur innerhalb von noopt bleibt sie erhalten. Bei der Anzeige führt sie zur Optimierung das Ausdruckes nach Einsetzen der Datensätze.	aopt(x)	x

Anzeige und Lösungsberechnung

Diese Funktionen haben entweder einen oder zwei Parameter. Der erste Parameter stellt die darzustellende Funktion dar, der zweite Parameter, welcher eine Ganzzahl sein muss, gibt an, wie die Darstellung erfolgen soll. Wird der 2.Parameter weggelassen, so wird er als 0 interpretiert.

- 0 Bei Berechnungen hat die Funktion keine Wirkung, bleibt aber als Funktion erhalten. Bei Lösung und Anzeige wird die Funktion ausgewertet
- 1 Wirkt nur bei Lösung, bei Berechnungen bleibt die Funktion erhalten
- 2 Wirkt nur bei Anzeige, bei Berechnungen bleibt die Funktion erhalten

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
viewpow	Gibt alle Wurzeln als Potenzen aus, und stellt alle Potenzen im Nenner als negativen Exponenten im Zähler dar	viewpow(sqrt(x))	x^(1/2)
viewsqrt	Gibt Potenzen welche als Wurzel darstellbar sind auch als als Wurzeln mit der Funktion sqrt oder root aus	viewsqrt(x^(1/2))	sqrt(x)

Spezialfunktionen LeTTo

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
points	Berechnet die erreichbare Gesamtpunkteanzahl einer Frage	points()	2
points	Berechnet die erreichbare Punkteanzahl einer Teilfrage. Als Parameter wird die Fragenummer als Ganzzahl angegeben.	points(0)	1

Spezialfunktionen Technik

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
color	Widerstandsfarbcode berechnen. 1. Parameter muss ein Double sein 2.Parameter sind die Anzahl der Farbringe 3.Parameter ist der Modus (0..2-St,1..3St,2..Deutsch,3..2StEng,4..3StEng,5..Englisch	color(120,3,2)	braun,rot,braun
parsecolor	Wandelt einen String mit einem Widerstandsfarbcode in einen Double-Wert	parsecolor("br-rt-br")	120
ip	Wandelt eine Long-Zahl in einen String als IP-Adresse um, oder 4 Byte-Zahlen in eine Long Zahl als IP-32-bit-Adresse	ip(1534536453) ip(10,20,30,40)	"91.119.43.5" 169090600
parseip	Wandelt einen String mit einer IP-Adresse in einen Long-Wert	parseip("91.119.43.5")	1534536453
e12	rundet einen Zahlenwert auf den nächstliegenden Wert der Normreihe E12. Die Rundung erfolgt geometrisch d.h. der Quotient zwischen Normwert und zu rundendem Wert wird minimiert.	e12(700Ohm)	680Ohm
e12up	rundet einen Zahlenwert auf den nächstgrößerern Wert der Normreihe E12	e12(670Ohm)	680Ohm
e12down	rundet einen Zahlenwert auf den nächstkleineren Wert der Normreihe E12	e12(700Ohm)	680Ohm
ise12	prüft ob der als Parameter übergebenen Wert ein Wert der Normreihe E12 ist.	ise12(680Ohm)	true
norm	rundet einen Zahlenwert auf den nächstliegenden Wert einer gegebenen Wertereihe oder Normreihe. Die Rundung erfolgt geometrisch wenn es sich um eine logarithmisch aufgeteilte Normreihe handelt, oder sonst linear.	norm(700Ohm,E12)	680Ohm
normup	rundet einen Zahlenwert auf den nächstgrößerern Wert einer gegebenen Wertereihe oder Normreihe.	normup(730Ohm,[1,3,5,8])	800Ohm
normdown	rundet einen Zahlenwert auf den nächstkleineren Wert einer gegebenen Wertereihe oder Normreihe.	normdown(700Ohm,E12)	680Ohm
isnorm	prüft ob der als Parameter übergebenen Wert ein Wert einer gegebenen Wertereihe oder Normreihe ist.	isnorm(680Ohm,E12)	true

Raumzeiger für elektrische Maschinen

Funktion	Beschreibung	Beispiel	Ergebnis
svphtosv(a,b,c)	berechnet aus den Stranggrößen (a,b,c) einen komplexen Raumzeiger	svphtosv(0.5,0.5,-1)	1arg60°
svsvtoph(sv) svsvtoph(sv,index)	berechnet aus einem komplexen Rauzeiger die Phasengrößen berechnet aus einem komplexen Rauzeiger die Phasengrößen, index selektiert Stranggröße als Rückgabewert	svsvtoph(1arg60°) svsvtoph(1arg60°,3)	[0.5,0.5,-1] -1

Ergebnisvorschau

Aufruf dieses Dialoges über den  -Button aus dem Toolbar.

Die Berechnungen aus dem Maxima-Feld bei der Fragendefinition können auch über den  -Button durchgeführt werden. Hier wird die Berechnung durchgeführt und das Lösungsfeld ausgefüllt, aber der Rechengang wird nicht angezeigt.

Beim Fehlersuchen oder bei komplexen Berechnungen kann es aber hilfreich sein, den ganzen Maxima-Lösungsweg zu sehen, dies ist über den  -Button möchlich.