

Informatik I: Einführung in die Programmierung

4. Funktionen: Aufrufe und Definitionen

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



**UNI
FREIBURG**

Peter Thiemann

23. Oktober 2018

- Syntax
- Standardfunktionen
- Exkurs: Zeichenkodierung und Unicode

Funktions- Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati- sche Funktionen

Funktions- Definition

Namens- raum

Rückgabe- werte

- Funktionen sind **Abbildungen** von einem Definitionsbereich in einen Bildbereich.
- Eine Funktion erwartet **Argumente** aus dem Definitionsbereich und gibt einen **Funktionswert** (oder *Rückgabewert*) aus dem Bildbereich zurück.
- Eine Funktion kann **Effekte** haben, z.B.:
 - eine Ausgabe erzeugen,
 - eine Eingabe lesen,
 - uvam
- Viele Standardfunktionen sind in Python vordefiniert.

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

Die Funktionen `int`, `float`, `complex` und `str` können „passende“ Werte in den jeweiligen Typ umwandeln.

Python-Interpreter

```
>>> int(-2.6) # Umwandlung nach int durch Abschneiden.
-2
>>> int('vier')
File "<stdin>", line 1, in <module>
ValueError: invalid literal for int() ...
>>> complex('42')
(42+0j)
>>> float(4)
4.0
>>> str(42)
'42'
```

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

- Bekannt: `print` kann Werte ausgeben.
- Die Funktion `input` kann **Strings** einlesen.

Python-Interpreter

```
>>> input("Gib mir einen Keks: ")
Gib mir einen Keks: Keks
'Keks'
>>> name = input("Wie heißt du? ")
Wie heißt du? Oskar
>>> print("Hallo,", name + "!")
Hallo, Oskar!
```

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

Standardfunktionen kombiniert: Eingabe von Zahlen



Da `input` nur Strings einliest, muss die Eingabe jeweils entsprechend konvertiert werden!

Python-Interpreter

```
>>> CM_PER_INCH = 2.54
>>> länge = input("Länge in cm: ")
Länge in cm: 195
>>> länge # ein String
'195'
>>> länge_cm = float(länge)
>>> länge_inches = länge_cm / CM_PER_INCH
>>> print(länge + "cm", "=", str(länge_inches) + "in")
195cm = 76.77165354330708in
```

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

- `abs` liefert den Absolutwert (auch bei `complex`)
- `round` rundet.

Python-Interpreter

```
>>> abs(-2)
2
>>> abs(1+1j)
1.4142135623730951
>>> round(2.500001)
3
```

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

Die Funktionen `chr` und `ord` wandeln Zahlen in **Unicode-Zeichen** um (und umgekehrt), wobei in Python Zeichen identisch mit einbuchstabigen Strings sind:

Python-Interpreter

```
>>> chr(42)
'*'
>>> chr(255)
'ÿ'
>>> ord('*')
42
>>> ord('*')
Traceback (most recent call last): ...
TypeError: ord() expected a character, but string of
length 2 found
```

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

- Computer können **Berechnungen** durchführen.
- Seit langem werden mit dem Computer auch **Texte verarbeitet**.
- Wie werden Texte im Computer dargestellt?
- Jeder Buchstabe entspricht einem Zahlenwert. Texte sind Sequenzen von solchen Codezahlen.
- Damit wird auch die **Textverarbeitung** zu einer Berechnung.

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

- Einer der ersten Zeichenkodens war **ASCII** (American Standard Code for Information Interchange) – entwickelt für Fernschreiber und Lochstreifen.

USASCII code chart

				0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	Column							
				0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL	DLE	SP	@	P	\	p
0	0	0	1	1	SOH	DC1	!	A	Q	o	q
0	0	1	0	2	STX	DC2	"	B	R	b	r
0	0	1	1	3	ETX	DC3	#	C	S	c	s
0	1	0	0	4	EOT	DC4	\$	D	T	d	t
0	1	0	1	5	ENQ	NAK	%	E	U	e	u
0	1	1	0	6	ACK	SYN	&	F	V	f	v
0	1	1	1	7	BEL	ETB	'	G	W	g	w
1	0	0	0	8	BS	CAN	(H	X	h	x
1	0	0	1	9	HT	EM)	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	LF	SUB	*	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	VT	ESC	+	K	[k	{
1	1	0	0	12	FF	FS	,	<	L	\	
1	1	0	1	13	CR	GS	-	=	M]	~
1	1	1	0	14	SO	RS	.	>	N	^	~
1	1	1	1	15	SI	US	/	?	O	_	o

- Benötigt 7 Bits und enthält alle druckbaren Zeichen der englischen Sprache sowie nicht-druckbare Steuerzeichen (z.B. Zeilenwechsel).

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

- In anderen Sprachen wurden **zusätzliche Zeichen** benötigt.
- Da mittlerweile praktisch alle Rechner **8-Bit-Bytes** als kleinste Speichereinheit nutzen, standen die höherwertigen Codes (128–255) für Erweiterungen zur Verfügung.
- Diverse Erweiterungen, z.B. **ISO-Latin-1** (mit Umlauten).
- Auf dem IBM-PC gab es andere Erweiterungen, **Windows-1252**.
- Sprachen, die nicht auf dem lateinischen Alphabet basieren, haben große Probleme, **ISO-2022-JP**.

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

- Um für alle Sprachräume einen einheitlichen Zeichencode zu haben, wurde **Unicode** entwickelt (Version 1.0 im Jahr 1991).
- Im Juni 2018 (Version 11.0.0) unterstützt Unicode **146 Schriften** mit **137374 Codepoints**, darunter **1212 Emojis**.
- Organisiert in 17 Ebenen mit jeweils 2^{16} Codepoints (manche allerdings ungenutzt)
- Die ersten 128 Codepoints stimmen mit ASCII überein, die ersten 256 mit ISO-Latin-1.
- Zum Thema Emojis gibt es ein eigenes **Subkomitee** ...

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte



- Ein Unicode-Zeichen kann durch eine 32-Bit-Zahl dargestellt werden (**UTF-32** oder UCS-4).
- Meist wird nur die Ebene 0 benötigt. Daher ist es effizienter, die Kodierung **UTF-16** einzusetzen, bei der die Ebene 0 direkt als 16-Bit-Zahl kodiert wird. Zeichen aus anderen Ebenen benötigen 32 Bit.
- Im WWW wird meist **UTF-8** eingesetzt:

Unicode	UTF-8 binär
0–127	0xxxxxxx
128–2047	110xxxxx 10xxxxxx
2048–65535	1110xxxx 10xxxxxx 10xxxxxx
65536–1114111	11110xxx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx

- Wie kommen die **komischen Zeichen** auf Webseiten zustande?
- Oft sind ISO-Latin-1/UTF-8 Verwechslungen der Grund!

Funktions-
Aufrufe

Syntax

Standardfunktio-
nen

Exkurs:
Zeichenkodierung
und Unicode

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

2 Mathematische Funktionen



- `math`-Modul
- Direktimport

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

`math`-Modul
Direktimport

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte



- Funktionen wie `sin` stehen nicht direkt zur Verfügung. Sie müssen durch **Importieren** des **Mathematik-Moduls** `math` bekannt gemacht werden.
- Werte aus dem Modul können durch Voranstellen von `math.` genutzt werden (**Punktschreibweise**):

Python-Interpreter

```
>>> import math
>>> math.pi
3.141592653589793
>>> math.sin(1/4*math.pi)
0.7071067811865475
>>> math.sin(math.pi)
1.2246467991473532e-16
>>> math.exp(math.log(2))
2.0
```

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

`math`-Modul
Direktimport

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte



- Die Punktschreibweise verhindert **Namenskollisionen**, ist aber umständlich
- Direkter Import eines Bezeichners:
`from module import name`
- Direkter Import aller Bezeichner eines Moduls:
`from module import *`

Python-Interpreter

```
>>> from math import pi
>>> pi
3.141592653589793
>>> from math import *
>>> cos(pi)
-1.0
```

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen
math-Modul
Direktimport

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

- Definition
- Einrückungen
- Aufruf
- Argumente, Parameter, Rückgabewerte

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Definition
Einrückungen
Aufruf
Argumente,
Parameter,
Rückgabewerte

Namens-
raum

Rückgabe-
werte



- Ein Python-Programm kann Funktionen selbst definieren.
- Eine Funktionsdefinition beginnt mit dem **Schlüsselwort** `def`, danach kommt der **Funktionsname** gefolgt von der **Parameterliste** und dann ein Doppelpunkt.
- Nach diesem **Funktionskopf** gibt der Python-Interpreter das **Funktionsprompt**-Zeichen `...` aus.
- Dann folgt der **Funktionsrumpf**: *Gleich weit eingerückte Anweisungen*, z.B. Zuweisungen oder Funktionsaufrufe:

Python-Interpreter

```
>>> def print_lyrics():
...     print("I'm a lumberjack, and I'm okay")
...     print("I sleep all night and I work all day")
...
>>>
```

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Definition

Einrückungen

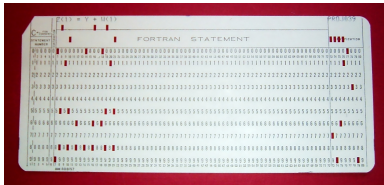
Aufruf

Argumente,
Parameter,
Rückgabewerte

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

- **Einrückungen** am Zeilenanfang sind bedeutungstragend. Vgl FORTRAN:



- Gleiche Einrückung = zusammengehöriger Block von Anweisungen
 - In den meisten anderen Programmiersprachen durch Klammerung { } oder klammernde Schlüsselwörter.
 - Wie viele Leerzeichen sollte man machen?
- **PEP8**: 4 Leerzeichen pro Ebene (keine Tabs nutzen!)

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Definition
Einrückungen
Aufruf
Argumente,
Parameter,
Rückgabewerte

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

Intermezzo: play the lumberjack



Python-Interpreter

```
>>> import webbrowser
>>> webbrowser.open('https://www.youtube.com/watch?v=89LfQU1cNFk')
True
```

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Definition
Einrückungen
Aufruf
Argumente,
Parameter,
Rückgabewerte

Namens-
raum

Rückgabe-
werte



- Funktionsnamen verhalten sich wie Variablennamen.
- Funktionen haben einen speziellen Typ.
- Selbstdefinierte Funktionen werden wie Standardfunktionen aufgerufen

Python-Interpreter

```
>>> print(print_lyrics)
<function print_lyrics at 0x100520560>
>>> type(print_lyrics)
<class 'function'>
>>> print_lyrics()
I'm a lumberjack, and I'm okay
I sleep all night and I work all day
>>> print_lyrics = 42
```

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Definition
Einrückungen
Aufruf
Argumente,
Parameter,
Rückgabewerte

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

Was passiert hier?

Python-Interpreter

```
>>> def print_lyrics():
...     print("I'm a lumberjack, and I'm okay")
...     print("I sleep all night and I work all day")
...
>>>
>>> def repeat_lyrics():
...     print_lyrics()
...     print_lyrics()
...
>>> repeat_lyrics()
I'm a lumberjack ...
```

Was wird hier exakt ausgeführt?

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Definition
Einrückungen

Aufruf
Argumente,
Parameter,
Rückgabewerte

Namens-
raum

Rückgabe-
werte



- Selbst definierte Funktionen benötigen oft *Argumente*.
- Die Definition verwendet *formale Parameter* (Variablennamen), an die beim Aufruf die *Argumentwerte* zugewiesen werden.
- **return** beendet die Ausführung der Funktion.
- Der Wert des Ausdrucks nach `return` wird zum **Wert des Funktionsaufrufs**.

Python-Interpreter

```
>>> CM_PER_INCH = 2.54
>>> def cm_to_inches(l_cm):
...     return l_cm / CM_PER_INCH
...
>>> cm_to_inches(195)
76.77165354330708
```

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Definition
Einrückungen
Aufruf

Argumente,
Parameter,
Rückgabewerte

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

- Lokale Variablen und Parameter
- Kellertabelle
- Traceback
- Globale Variablen

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

**Namens-
raum**

Lokale Variablen
und Parameter
Kellertabelle
Traceback
Globale Variablen

Rückgabe-
werte

Namensraum von lokalen Variablen und Parametern



- Parameter sind nur innerhalb der Funktion **sichtbar**.
- Lokal (durch Zuweisung) eingeführte Variablen ebenfalls.

Python-Interpreter

```
>>> def cat_twice(part1, part2):  
...     cat = part1 + part2  
...     print(cat)  
...     print(cat)  
...  
>>> line1 = 'Bing tiddle '  
>>> line2 = 'tiddle bang.'  
>>> cat_twice(line1, line2)  
Bing tiddle tiddle bang.  
Bing tiddle tiddle bang.  
>>> cat  
NameError: name 'cat' is not defined
```

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Lokale Variablen
und Parameter

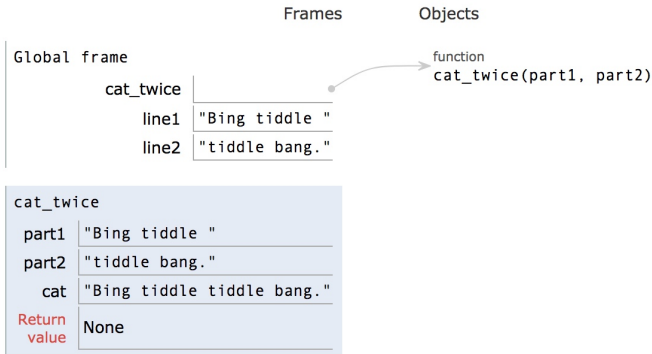
Kellertabelle

Traceback

Globale Variablen

Rückgabe-
werte

- Die Variablenbelegungen innerhalb von Funktionsaufrufen können durch eine **Kellertabelle** visualisiert werden (hier hilft pythontutor.com).
Ende von cat_twice



Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Lokale Variablen
und Parameter
Kellertabelle
Traceback
Globale Variablen

Rückgabe-
werte



- Tritt bei der Ausführung einer Funktion ein Fehler auf, z.B. Zugriff auf die nicht vorhandene Funktion `print_twice` in `cat_twice`, dann gibt es ein **Traceback** (entsprechend einer Kellertabelle):

Python-Interpreter

```
>>> def cat_twice(part1, part2):
...     cat = part1 + part2
...     print_twice(cat)
...
>>> cat_twice('foo ', 'bar!')
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
  File "<stdin>", line 3, in cat_twice
NameError: name 'print_twice' is not defined
```

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Lokale Variablen
und Parameter

Traceback
Globale Variablen

Rückgabe-
werte



- Funktionen sollen vorrangig **lokale Variable** und **Parameter** nutzen.
- Funktionen können globale Variablen **lesen**, falls es keine lokale Variable gleichen Namens gibt.

Python-Interpreter

```
>>> master = 666
>>> def slave():
...     return master
>>> print("slave returns", slave())
>>> def independent(master):
...     return master
>>> print("independent returns", independent(42))
>>> def ignorant():
...     master = 333
...     return master
>>> print("ignorant returns", ignorant(), "master=", master)
```

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Lokale Variablen
und Parameter

Kellertabelle

Traceback

Globale Variablen

Rückgabe-
werte

5 Rückgabewerte



Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

**Rückgabe-
werte**

- Alle Funktionen geben einen Wert zurück.
- Funktionen wie `print` geben einen speziellen Wert `None` zurück, der **nicht angezeigt** wird.

Python-Interpreter

```
>>> result = print('Bruce')
Bruce
>>> result
>>> print(result)
None [das ist nicht der String 'None!']
```

- `None` ist der einzige Wert des Typs `NoneType`.

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

- Das Schlüsselwort `return` erlaubt die Definition des Rückgabewerts.

Python-Interpreter

```
>>> def sum3(a, b, c):  
...     return a + b + c  
...  
>>> sum3(1, 2, 3)  
6
```

- Funktionen ohne `return` (wie `cat_twice`) geben `None` zurück.

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte

return \neq print



- Können wir nicht auch `print(·)` benutzen, um einen Funktionswert zurück zu geben?

Python-Interpreter

```
>>> def printsum3(a, b, c):  
...     print(a + b + c)  
...  
>>> sum3(1, 2, 3)  
6  
>>> sum3(1, 2, 3) + 4  
10  
>>> printsum3(1, 2, 3) + 4  
6
```

```
TypeError: unsupported operand type(s) for +:  
'NoneType' and 'int'
```

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte



- **Funktionen** sind benannte vorgegebene Programmstücke (Standardfunktionen) oder selbst definierte Funktionen.
- Beim Aufruf einer Funktion müssen **Argumente** angegeben werden, die die formalen **Parameter** mit Werten belegen.
- Funktionen geben normalerweise einen **Funktionswert** zurück, der mit `return` festgelegt wird.
- Funktionen führen einen neuen **Namensraum** für die Parameter und **lokalen** Variablen (durch Zuweisung eingeführt) ein.
- **Globale** Variablen können gelesen werden, falls sie nicht durch einen Parameter oder eine lokale Variable überdeckt werden.
- pythontutor.com visualisiert die Programmausführung mit Hilfe von Kellertabellen.

Funktions-
Aufrufe

Mathemati-
sche
Funktionen

Funktions-
Definition

Namens-
raum

Rückgabe-
werte