合肥大學
HEFEI UNIVERSITY

Programming with Python
16. Gleichheit und Identität

Thomas Weise (汤卫思)
tweise@hfuu.edu.cn

Institute of Applied Optimization (IAO)
School of Artificial Intelligence and Big Data
Hefei University
Hefei, Anhui, China

应用优化研究所
人工智能与大数据学院
合肥大学
中国安徽省合肥市

Version: 2025-09-07

Programming with Python

Dies ist ein Kurs über das Programmieren mit der Programmiersprache Python an der Universität Hefei (合肥大学).

Die Webseite mit dem Lehrmaterial dieses Kurses ist https://thomasweise.github.io/programmingWithPython (siehe auch den QR-Kode unten rechts). Dort können Sie das Kursbuch (in Englisch) und diese Slides finden. Das Repository mit den Beispielprogrammen in Python finden Sie unter https://github.com/thomasWeise/programmingWithPythonCode.

Outline

Einleitung

Einleitung

- Wir benutzen Variablen, um Objekte im Speicher zu referenzieren.

Einleitung

- Wir benutzen Variablen, um Objekte im Speicher zu referenzieren.
- Wenn wir zwei Variablen vergleichen, dann vergleichen wir genau genommen die Ojekte, die sie referenzieren.

Einleitung

- Wir benutzen Variablen, um Objekte im Speicher zu referenzieren.
- Wenn wir zwei Variablen vergleichen, dann vergleichen wir genau genommen die Ojekte, die sie referenzieren.
- Es ist klar, dass zwei Variablen auf Objekte verweisen können, die *gleich* oder *ungleich* seien können.

Einleitung

- Wir benutzen Variablen, um Objekte im Speicher zu referenzieren.
- Wenn wir zwei Variablen vergleichen, dann vergleichen wir genau genommen die Ojekte, die sie referenzieren.
- Es ist klar, dass zwei Variablen auf Objekte verweisen können, die *gleich* oder *ungleich* seien können.
- Sie können aber auch das *selbe Objekt* referenzieren.

Einleitung

- Wir benutzen Variablen, um Objekte im Speicher zu referenzieren.
- Wenn wir zwei Variablen vergleichen, dann vergleichen wir genau genommen die Ojekte, die sie referenzieren.
- Es ist klar, dass zwei Variablen auf Objekte verweisen können, die *gleich* oder *ungleich* seien können.
- Sie können aber auch das *selbe Objekt* referenzieren.
- Wir müssen diese beiden Konzepte, *Gleichheit* und *Identität*, unterscheiden.

Gleichheit und Identität

Gleichheit und Identität

- Wir müssen diese beiden Konzepte, *Gleichheit* und *Identität*, unterscheiden.

Gleichheit und Identität

- Wir müssen diese beiden Konzepte, *Gleichheit* und *Identität*, unterscheiden.
- Und das ist einfach.

Gleichheit und Identität

- Wir müssen diese beiden Konzepte, *Gleichheit* und *Identität*, unterscheiden.
- Und das ist einfach.
- Stellen Sie sich vor, dass Sie eine grüne Jacke kaufen. Wir nennen sie A.

Gleichheit und Identität

- Wir müssen diese beiden Konzepte, *Gleichheit* und *Identität*, unterscheiden.
- Und das ist einfach.
- Stellen Sie sich vor, dass Sie eine grüne Jacke kaufen. Wir nennen sie A.
- Am nächsten Tag kaufen Sie eine gleiche güne Jacke. Wie nennen sie B.

Gleichheit und Identität

- Wir müssen diese beiden Konzepte, *Gleichheit* und *Identität*, unterscheiden.
- Und das ist einfach.
- Stellen Sie sich vor, dass Sie eine grüne Jacke kaufen. Wir nennen sie A.
- Am nächsten Tag kaufen Sie eine gleiche güne Jacke. Wie nennen sie B.
- Nun haben Sie zwei *gleiche* Jacken, A und B. Es gilt `A == B`.

Gleichheit und Identität

- Wir müssen diese beiden Konzepte, *Gleichheit* und *Identität*, unterscheiden.
- Und das ist einfach.
- Stellen Sie sich vor, dass Sie eine grüne Jacke kaufen. Wir nennen sie A.
- Am nächsten Tag kaufen Sie eine gleiche güne Jacke. Wie nennen sie B.
- Nun haben Sie zwei *gleiche* Jacken, A und B. Es gilt `A == B`.
- A und B sind Namen für zwei separate Objekte mit verschiedener Identität. Es gilt `A is not B`.

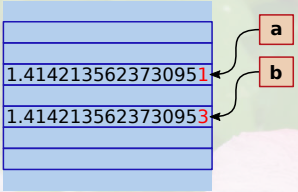
Gleichheit und Identität

- Wir müssen diese beiden Konzepte, *Gleichheit* und *Identität*, unterscheiden.
- Und das ist einfach.
- Stellen Sie sich vor, dass Sie eine grüne Jacke kaufen. Wir nennen sie A.
- Am nächsten Tag kaufen Sie eine gleiche güne Jacke. Wie nennen sie B.
- Nun haben Sie zwei *gleiche* Jacken, A und B. Es gilt `A == B`.
- A und B sind Namen für zwei separate Objekte mit verschiedener Identität. Es gilt `A is not B`.
- Sie können Jacke A in den Kleiderschrank tun. Wenn Sie sie morgen herausholen, können Sie die Jacke C nennen.

Gleichheit und Identität

- Wir müssen diese beiden Konzepte, *Gleichheit* und *Identität*, unterscheiden.
- Und das ist einfach.
- Stellen Sie sich vor, dass Sie eine grüne Jacke kaufen. Wir nennen sie A.
- Am nächsten Tag kaufen Sie eine gleiche güne Jacke. Wie nennen sie B.
- Nun haben Sie zwei *gleiche* Jacken, A und B. Es gilt `A == B`.
- A und B sind Namen für zwei separate Objekte mit verschiedener Identität. Es gilt `A is not B`.
- Sie können Jacke A in den Kleiderschrank tun. Wenn Sie sie morgen herausholen, können Sie die Jacke C nennen.
- Dann sind A und C zwei Namen für ein und das selbe Objekt. Es gilt `A == C` und `A is C`.

Gleichheit und Identität Illustriert

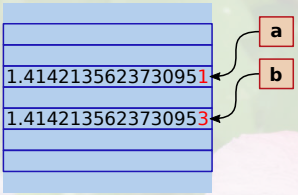


`a == b`: `False` : :

`a is b`: `False` : :

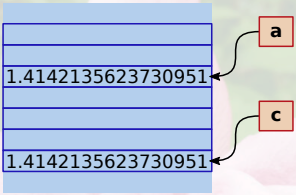
- Wenn wir zwei Variablen `a=1.4142135623730951` und `b=1.4142135623730953` haben, dann referenzieren sie verschiedene Objekte mit verschiednen `float`-Werten, die an verschiedenen Speicherstellen stehen.

Gleichheit und Identität Illustriert



`a == b`: `False`

`a is b`: `False`

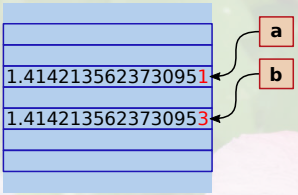


`a == c`: `True`

`a is c`: `False`

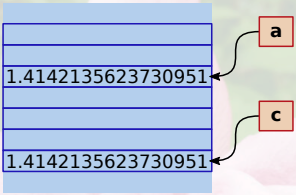
- Wenn wir zwei Variablen `a=1.4142135623730951` und `b=1.4142135623730953` haben, dann referenzieren sie verschiedene Objekte mit verschiednen `float`-Werten, die an verschiedenen Speicherstellen stehen.
- Jetzt haben wir eine dritte Variable `c`, die ein `float`-Object referenziert, dass den gleichen Wert wie `a` speichert.

Gleichheit und Identität Illustriert



`a == b`: `False`

`a is b`: `False`

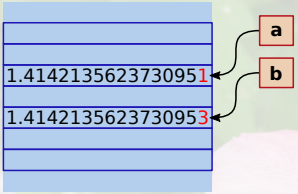


`a == c`: `True`

`a is c`: `False`

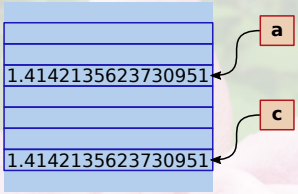
- Wenn wir zwei Variablen `a=1.4142135623730951` und `b=1.4142135623730953` haben, dann referenzieren sie verschiedene Objekte mit verschiednen `float`-Werten, die an verschiedenen Speicherstellen stehen.
- Jetzt haben wir eine dritte Variable `c`, die ein `float`-Object referenziert, dass den gleichen Wert wie `a` speichert.
- Weil es ein anderes Objekt ist, steht es auch woanders im Speicher.

Gleichheit und Identität Illustriert



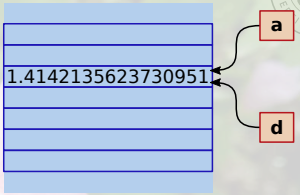
`a == b`: `False`

`a is b`: `False`



`a == c`: `True`

`a is c`: `False`



`a == d`: `True`

`a is d`: `True`

- Wenn wir zwei Variablen `a=1.4142135623730951` und `b=1.4142135623730953` haben, dann referenzieren sie verschiedene Objekte mit verschiednen `float`-Werten, die an verschiedenen Speicherstellen stehen.
- Jetzt haben wir eine dritte Variable `c`, die ein `float`-Object referenziert, dass den gleichen Wert wie `a` speichert.
- Weil es ein anderes Objekt ist, steht es auch woanders im Speicher.
- Setzen wir `d = a`, dann zeigt `d` auf das selbe (identische) `float`-Object wie `a`, auf die selbe Speicherstelle.

Beispiel 1

```python
# We define sqrt_2 to be a constant with the value of square root of 2.
sqrt_2: float = 1.4142135623730951  # We set the value of the variable.
print(f"sqrt_2 = {sqrt_2}")  # We print the value of the variable

# We can also compute the square root using the `sqrt` function.
from math import sqrt  # Import the root function from the math module.
sqrt_2_computed: float = sqrt(2.0)  # Compute the square root of 2.0.
print(f"{sqrt_2_computed = }")  # Print the value.

# Let's compare the computed and the constant value:
print(f"are they equal: {sqrt_2 == sqrt_2_computed}")
print(f"are they the same object: {sqrt_2 is sqrt_2_computed}")
```

↓ python3 identity_1.py ↓

```
sqrt_2 = 1.4142135623730951
sqrt_2_computed = 1.4142135623730951
are they equal: True
are they the same object: False
```

Beispiel 2

- String-Literale werden gecached und wiederverwendet, Verbindungen von String-Literalen in einem Ausdruck werden gleich als String-Literale interpretiert – `a`, `b`, und `c` sind das selbe Objekt.

```python
# String and integer literals and identity.
a: str = "Hello World!"
b: str = "Hello World!"
print(f"Are 'a' and 'b' the same object: {a is b}")

c: str = "Hello " + "World!"
print(f"Are 'a' and 'c' the same object: {a is c}")

d: str = "Hello"
d = d + " World!"
print(f"Are 'a' and 'd' the same object: {a is d}")
print(f"Are 'a' and 'd' equal objects: {a == d}")

e: int = 10
mul: int = 5
f: int = (e * mul) // mul
print(f"Are 'e' and 'f' the same object: {e is f}")

g: int = 1_000_000_000_000_000_000
h: int = (g * mul) // mul
print(f"Are 'g' and 'h' the same object: {g is h}")
print(f"Are 'g' and 'h' equal objects: {g == h}")
```

↓ `python3 identity_2.py` ↓

```
Are 'a' and 'b' the same object: True
Are 'a' and 'c' the same object: True
Are 'a' and 'd' the same object: False
Are 'a' and 'd' equal objects: True
Are 'e' and 'f' the same object: True
Are 'g' and 'h' the same object: False
Are 'g' and 'h' equal objects: True
```

Beispiel 2

- String-Literale werden gecached und wiederverwendet, Verbindungen von String-Literalen in einem Ausdruck werden gleich als String-Literale interpretiert – `a`, `b`, und `c` sind das selbe Objekt.
- `d` wird in zwei Schritten berechnet, kommt nicht aus dem Cache, und ist daher ein anderes Objekt.

```python
# String and integer literals and identity.
a: str = "Hello World!"
b: str = "Hello World!"
print(f"Are 'a' and 'b' the same object: {a is b}")

c: str = "Hello " + "World!"
print(f"Are 'a' and 'c' the same object: {a is c}")

d: str = "Hello"
d = d + " World!"
print(f"Are 'a' and 'd' the same object: {a is d}")
print(f"Are 'a' and 'd' equal objects: {a == d}")

e: int = 10
mul: int = 5
f: int = (e * mul) // mul
print(f"Are 'e' and 'f' the same object: {e is f}")

g: int = 1_000_000_000_000_000_000
h: int = (g * mul) // mul
print(f"Are 'g' and 'h' the same object: {g is h}")
print(f"Are 'g' and 'h' equal objects: {g == h}")
```

↓ `python3 identity_2.py` ↓

```
Are 'a' and 'b' the same object: True
Are 'a' and 'c' the same object: True
Are 'a' and 'd' the same object: False
Are 'a' and 'd' equal objects: True
Are 'e' and 'f' the same object: True
Are 'g' and 'h' the same object: False
Are 'g' and 'h' equal objects: True
```

Beispiel 2

- String-Literale werden gecached und wiederverwendet, Verbindungen von String-Literalen in einem Ausdruck werden gleich als String-Literale interpretiert – `a`, `b`, und `c` sind das selbe Objekt.
- `d` wird in zwei Schritten berechnet, kommt nicht aus dem Cache, und ist daher ein anderes Objekt.
- Implementationsspezifisch cached und wiederverwendet der Python-Interpreter kleine Integer-Werte (`e` und `f`).

```python
# String and integer literals and identity.
a: str = "Hello World!"
b: str = "Hello World!"
print(f"Are 'a' and 'b' the same object: {a is b}")

c: str = "Hello " + "World!"
print(f"Are 'a' and 'c' the same object: {a is c}")

d: str = "Hello"
d = d + " World!"
print(f"Are 'a' and 'd' the same object: {a is d}")
print(f"Are 'a' and 'd' equal objects: {a == d}")

e: int = 10
mul: int = 5
f: int = (e * mul) // mul
print(f"Are 'e' and 'f' the same object: {e is f}")

g: int = 1_000_000_000_000_000_000
h: int = (g * mul) // mul
print(f"Are 'g' and 'h' the same object: {g is h}")
print(f"Are 'g' and 'h' equal objects: {g == h}")
```

↓ `python3 identity_2.py` ↓

```
Are 'a' and 'b' the same object: True
Are 'a' and 'c' the same object: True
Are 'a' and 'd' the same object: False
Are 'a' and 'd' equal objects: True
Are 'e' and 'f' the same object: True
Are 'g' and 'h' the same object: False
Are 'g' and 'h' equal objects: True
```

Beispiel 2

- String-Literale werden gecached und wiederverwendet, Verbindungen von String-Literalen in einem Ausdruck werden gleich als String-Literale interpretiert – `a`, `b`, und `c` sind das selbe Objekt.
- `d` wird in zwei Schritten berechnet, kommt nicht aus dem Cache, und ist daher ein anderes Objekt.
- Implementationsspezifisch cached und wiederverwendet der Python-Interpreter kleine Integer-Werte (`e` und `f`).
- Große aber nicht (`g` und `h`).

```python
# String and integer literals and identity.
a: str = "Hello World!"
b: str = "Hello World!"
print(f"Are 'a' and 'b' the same object: {a is b}")

c: str = "Hello " + "World!"
print(f"Are 'a' and 'c' the same object: {a is c}")

d: str = "Hello"
d = d + " World!"
print(f"Are 'a' and 'd' the same object: {a is d}")
print(f"Are 'a' and 'd' equal objects: {a == d}")

e: int = 10
mul: int = 5
f: int = (e * mul) // mul
print(f"Are 'e' and 'f' the same object: {e is f}")

g: int = 1_000_000_000_000_000_000
h: int = (g * mul) // mul
print(f"Are 'g' and 'h' the same object: {g is h}")
print(f"Are 'g' and 'h' equal objects: {g == h}")
```

↓ `python3 identity_2.py` ↓

```
Are 'a' and 'b' the same object: True
Are 'a' and 'c' the same object: True
Are 'a' and 'd' the same object: False
Are 'a' and 'd' equal objects: True
Are 'e' and 'f' the same object: True
Are 'g' and 'h' the same object: False
Are 'g' and 'h' equal objects: True
```

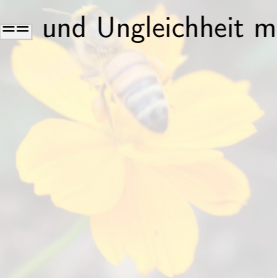
Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Wir unterscheiden *Gleichheit* und *Identität*.

Zusammenfassung

- Wir unterscheiden *Gleichheit* und *Identität*.
- Gleichheit wird mit dem Operator `==` und Ungleichheit mit `!=` geprüft.



Zusammenfassung

- Wir unterscheiden *Gleichheit* und *Identität*.
- Gleichheit wird mit dem Operator `==` und Ungleichheit mit `!=` geprüft.
- Identität wird mit dem Operator `is` und nicht-Identität mit `is not` geprüft.

Zusammenfassung

- Wir unterscheiden *Gleichheit* und *Identität*.
- Gleichheit wird mit dem Operator `==` und Ungleichheit mit `!=` geprüft.
- Identität wird mit dem Operator `is` und nicht-Identität mit `is not` geprüft.
- Zwei separate Objekte können gleich oder ungleich sein, aber niemals identisch.

Zusammenfassung

- Wir unterscheiden *Gleichheit* und *Identität*.
- Gleichheit wird mit dem Operator `==` und Ungleichheit mit `!=` geprüft.
- Identität wird mit dem Operator `is` und nicht-Identität mit `is not` geprüft.
- Zwei separate Objekte können gleich oder ungleich sein, aber niemals identisch.
- Zwei identische Objekte sind immer gleich, also `A is B` $\Rightarrow$ `A == B`.

谢谢您们！

Thank you!

Vielen Dank!

Glossary (in English) I

literal A literal is a specific concrete value, something that is written down as-is[4,7]. In Python, for example, `"abc"` is a string literal, `5` is an integer literal, and `23.3` is a `float` literal. In contrast, `sin(3)` is not a literal. Also, while `5` is an integer literal, if we create a variable `a = 5` then `a` is not a literal either (it is a variable). Hence, literals are values that the Python interpreter reads directly from the source code and creates as objects in memory. They are not something that is the result from a computation or the result of a variable lookup. Python supports some type hints for literals, including the type `LiteralString` for string literals and the type `Literal[xyz]` for arbitrary literals `xyz`.

Mypy is a static type checking tool for Python[5] that makes use of type hints. Learn more at https://github.com/python/mypy and in[9].

Python The Python programming language[1,3,6,9], i.e., what you will learn about in our book[9]. Learn more at https://python.org.

type hint are annotations that help programmers and static code analysis tools such as Mypy to better understand what type a variable or function parameter is supposed to be[2,8]. Python is a dynamically typed programming language where you do not need to specify the type of, e.g., a variable. This creates problems for code analysis, both automated as well as manual: For example, it may not always be clear whether a variable or function parameter should be an integer or floating point number. The annotations allow us to explicitly state which type is expected. They are *ignored* during the program execution. They are a basically a piece of documentation.