

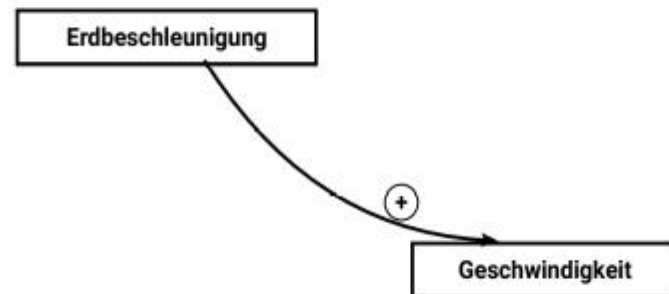
Integratoren

Ein einfacher Integrator
im Beispiel des Freien Falls

Berechnete Größe
ist die Geschwindigkeit

Integratoren

- ein Wirkungsdiagramm



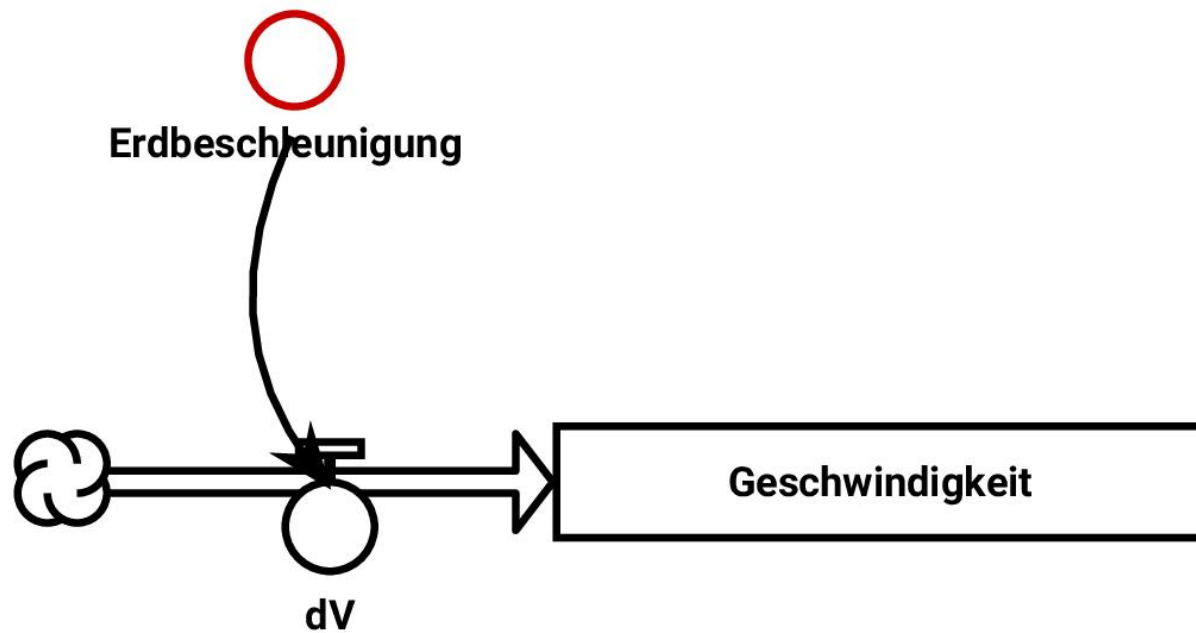
Integratoren

Exportprojekt starten und Modell zum Simulationsmodell umarbeiten

- Geschwindigkeit ist Bestandsfaktor.
- Erdbeschleunigung ist ein Parameter (Inputfaktor), der keine direkte Wirkung (→ löschen!) auf einen Bestandsfaktor haben darf.
- Daher muss ein neuer Faktor, die *Änderung der Geschwindigkeit* als Fluss eingefügt werden.

Integratoren

Die exportierte Modelldatei in das Simulationsprogramm laden



Formeln definieren

- **Geschwindigkeit:**

0.0

(die inhaltlich notwendige Ergänzung um $+ \int dV() dt$ wird vom Programm umgesetzt)

- **Erdbeschleunigung konstant zu:**

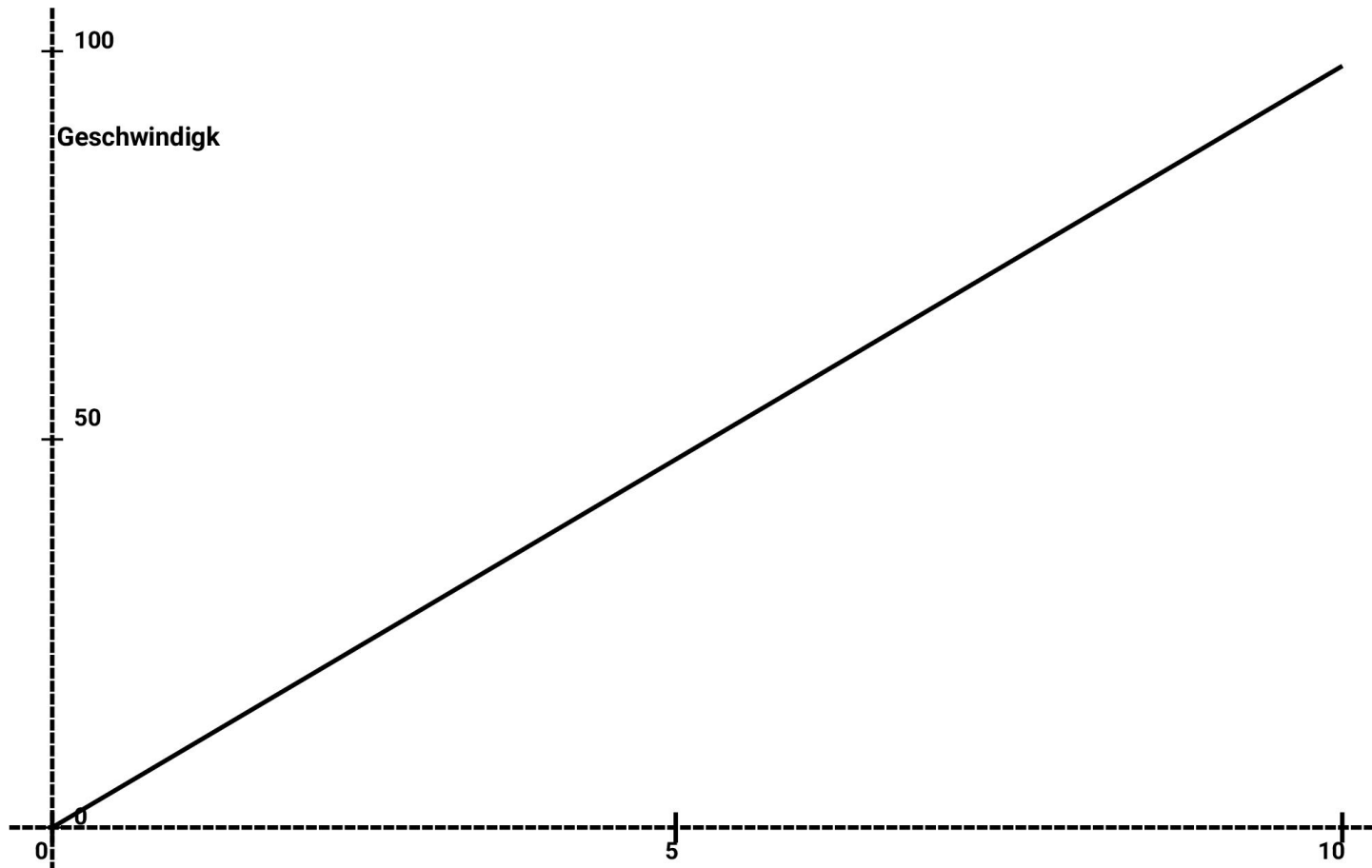
9.81

- **dV, die Änderung der Geschwindigkeit als:**
Erdbeschleunigung() *)

*) Die Klammer hinter dem Namen ist notwendig, damit Python ihn bei der Berechnung auswertet, also seinen aktuellen Wert holt.

Integratoren

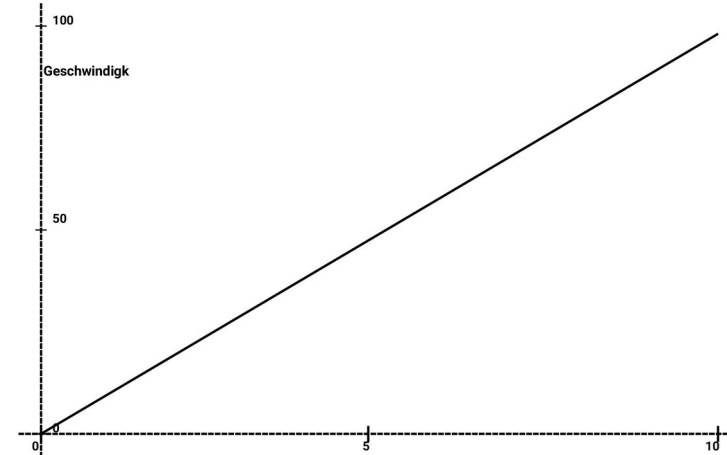
Simulation definieren und ausführen



Integratoren

Simulation

- Ergebnis liefert keine Überraschung:
linearer Anstieg der Geschwindigkeit
- Auch keine Überraschung bei den Tabellenwerten
- Sie passen zu $v(t) = g * t$

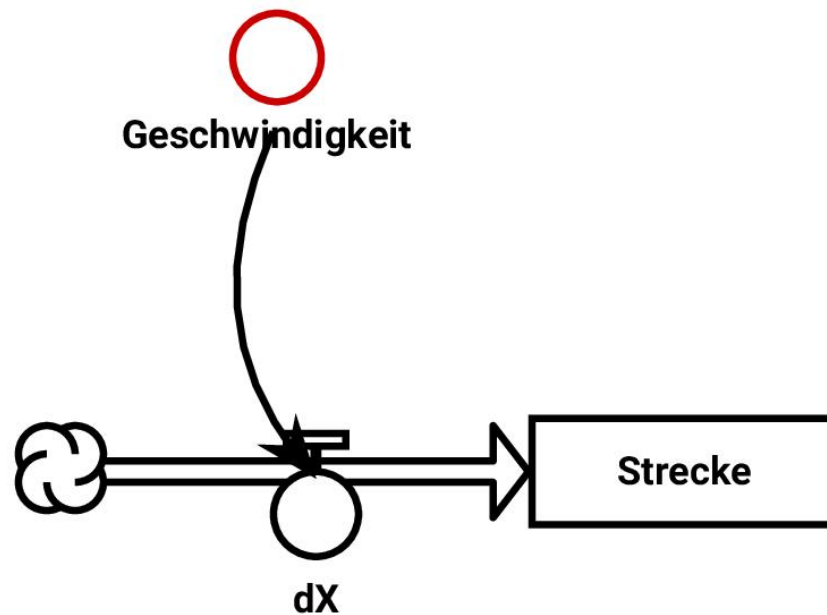


t	Geschwindigkeit
0.0	0.0
1.0	9.81
2.0	19.62
3.0	29.430000000000003
4.0	39.24
5.0	49.050000000000004
6.0	58.860000000000001
7.0	68.67
8.0	78.48
9.0	88.29
10.0	98.100000000000001

schließen

Integratoren

- Nach den Erfahrungen gehen wir gleich in das Simulationsmodell für die Strecke

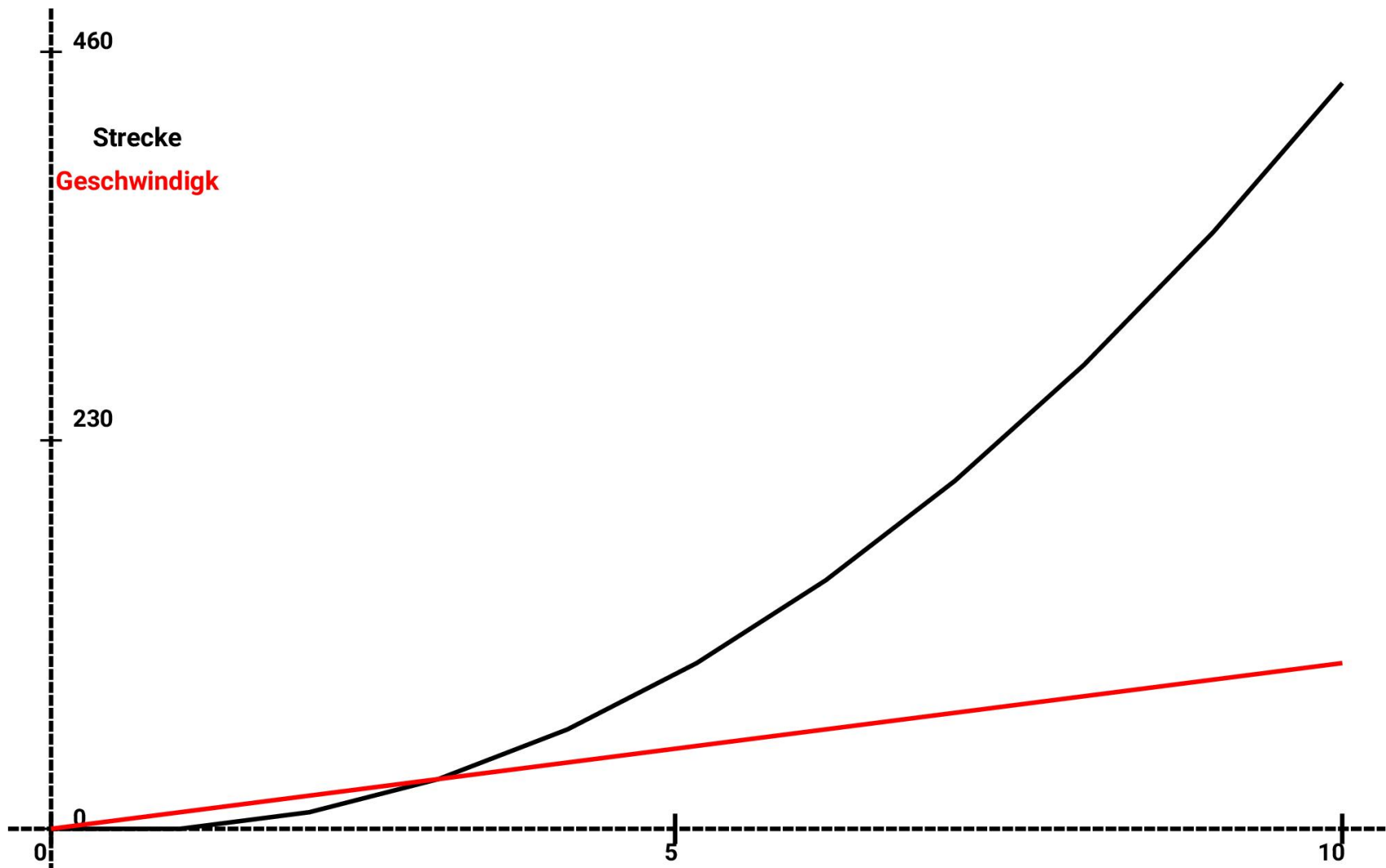


Formeln definieren

- **Strecke** entsprechend wie vorher:
0.0
(die inhaltlich notwendige Ergänzung um $+ \int dX() dt$ wird vom Programm umgesetzt)
- **Geschwindigkeit** variabel entsprechend der oben angegebenen Formel:
 $9.81 * t()$
- Änderung der Strecke dX als:
Geschwindigkeit()

Integratoren

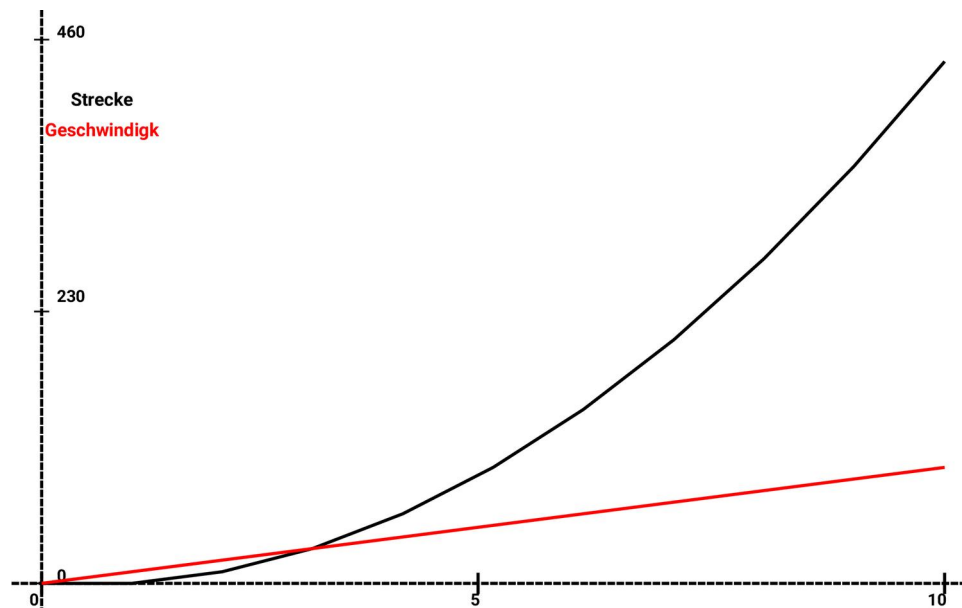
Simulation definieren und ausführen



Integratoren

Simulation liefert ebenfalls keine Überraschungen

- linearer Anstieg des Parameters (Inputfaktor)
Geschwindigkeit
- quadratischer Anstieg der Größe **Strecke**



Integratoren

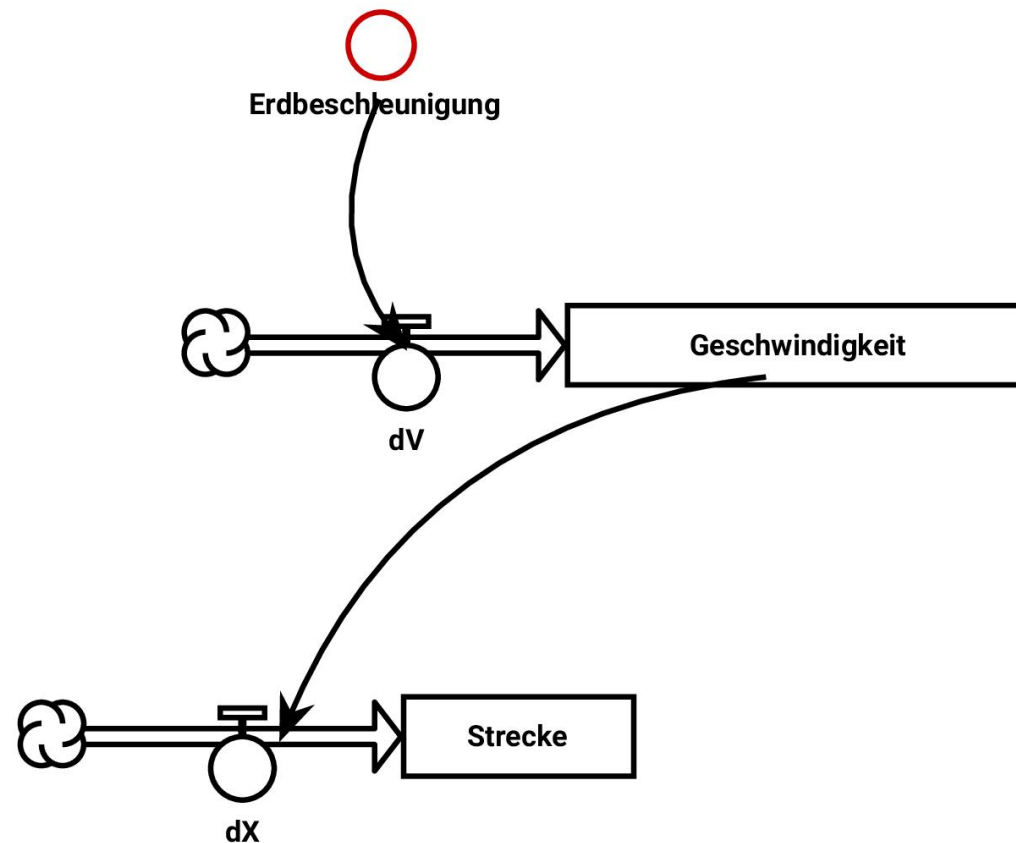
Sinnvollerweise
beides in einem Modell

also

Doppelter Integrator
im Beispiel des Freien Falls

Integratoren

- Das passende Simulationsmodell

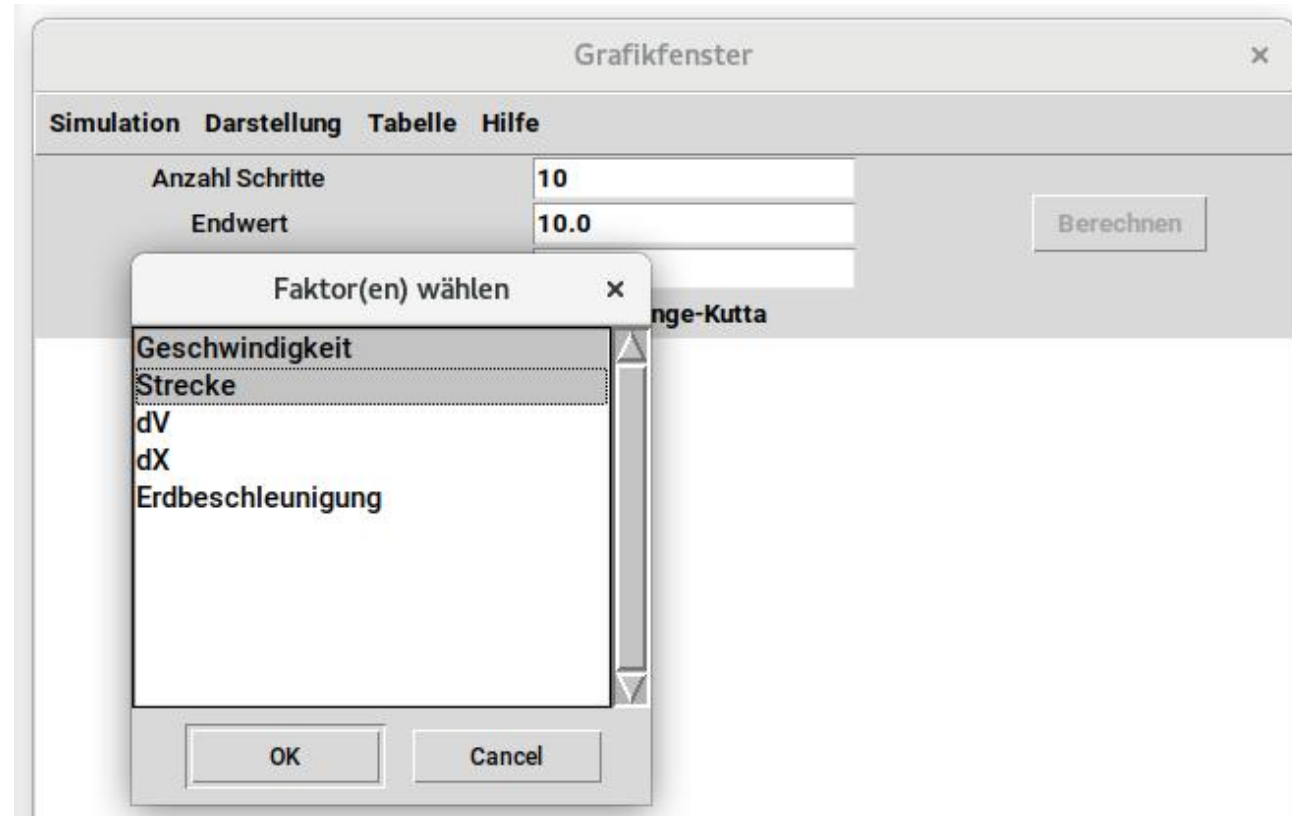


Formeln definieren

- Erdbeschleunigung konstant zu: 9.81
- Änderung der Geschwindigkeit dV als:
Erdbeschleunigung()
- Geschwindigkeit automatisch: $0.0 + \int dV dt$
- Änderung der Strecke dX als:
Geschwindigkeit()
- Strecke automatisch: $0.0 + \int dX dt$

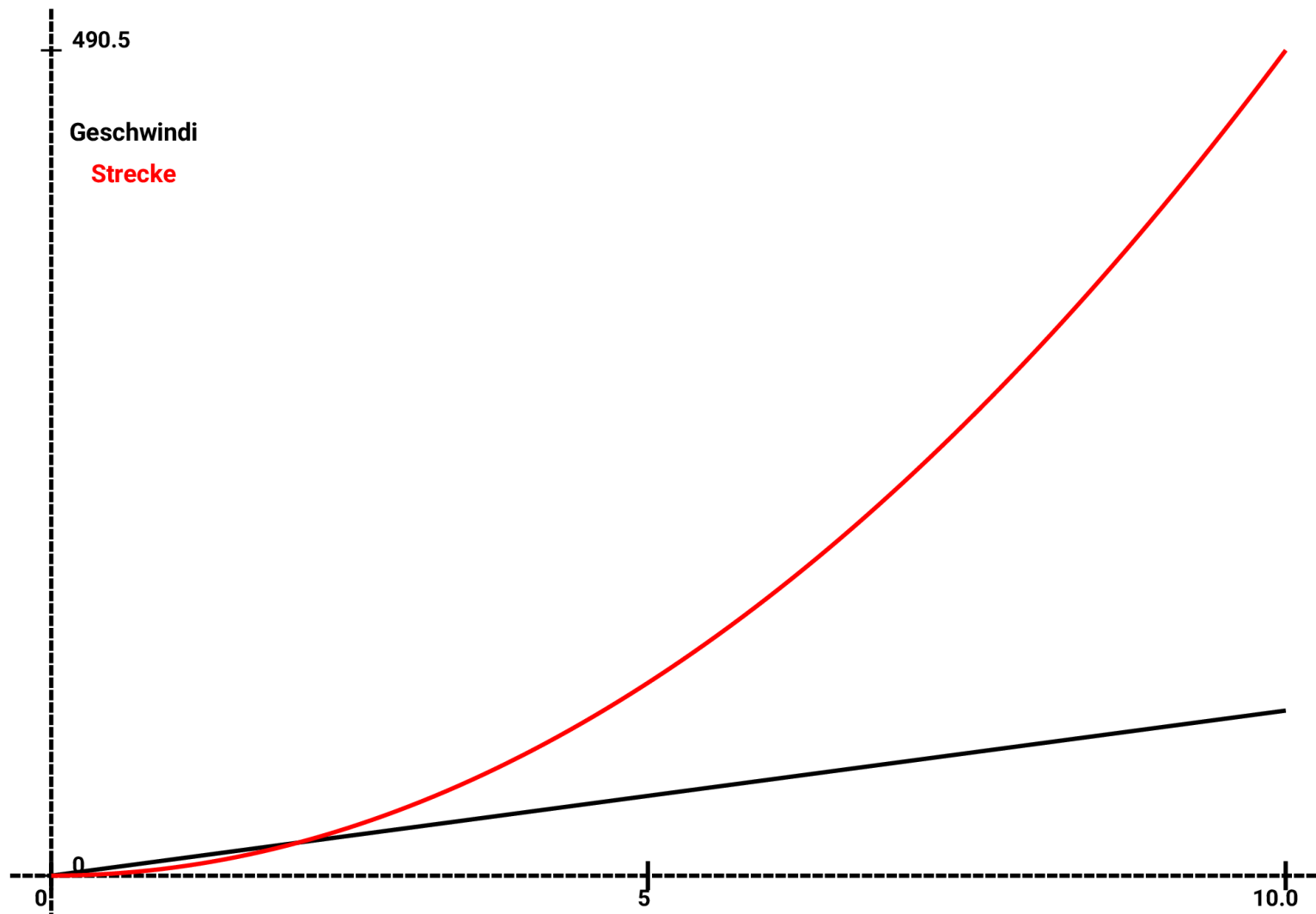
Integratoren

Simulation definieren



Integratoren

und ausführen



Integratoren

Das führt auf die Frage:

Einfacher Integrator
und
doppelter Integrator

funktioniert das auch
bei beliebigen Inputfunktionen?