

**Ingenieurinformatik (FK 03)**  
**Übung 5**

**VORBEREITUNG**

Erstellen Sie das Struktogramm der Funktion **simulation** für die Übung 5a mithilfe des Programms **Structorizer** und bereiten Sie den Quellcode weitestgehend vor.

**ÜBUNG 5A (GESCHWINDIGKEIT EINES SCHWERLASTKRAFTWAGEN AN EINER STEIGUNG)**

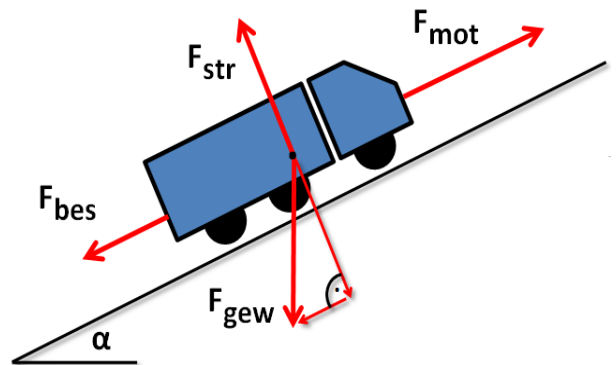
**Einführung**



**Name:** Mining-Truck TR 100 (Terex)  
**Max Payload:** 91 tonne  
**Max. Gross Vehicle Weight:** 159 340 kg  
**Heaped Capacity:** 57 m<sup>3</sup>  
**Gross Power:** 783 kW (1050 hp)

Es sollen die erwarteten Geschwindigkeiten des beladenen SLKW an einer Steigung von 5 % in den ersten 100 Sekunden ermittelt werden und danach in Form einer CSV-Datei (Comma Separated Values) zur Weiterverarbeitung in Excel ausgegeben werden.

Die Beschleunigung **a(t)** und die daraus resultierende Geschwindigkeit **v(t)** ist zeitabhängig und kann mit dem rechts abgebildeten Kräftegleichgewicht ermittelt werden.



**Wird ein SLKW eine Rampe hinauf beschleunigt, wirken folgende Kräfte auf das Fahrzeug (Luft- und Rollwiderstand vernachlässigt):**

- Die **Kraft F<sub>mot</sub>** ergibt sich aus der Motorleistung (abzüglich der gesamten Verluste in Getriebe, Lagern usw.)
- Die **Kraft F<sub>bes</sub> = m·a** folgt aus der Beschleunigung der trägen Fahrzeugmasse m (zweites Newtonsches Gesetz)
- Die **Gewichtskraft F<sub>gew</sub> = m·g** mit  $g = 9,81 \text{ [N/kg]}$
- Die durch die Straße aufgebrachte **Normalkraft F<sub>str</sub>**

Es ergibt sich folgendes Kräftegleichgewicht:

$$F_{bes} + F_{gew} \cdot \sin \alpha = F_{mot}$$

$$m \cdot a + m \cdot g \cdot \sin \alpha = P_{mot}/v$$

→ Beschleunigung a und die Geschwindigkeit v als zeitabhängige Funktionen:

$$a(t) = P_{mot}/(m \cdot v(t)) - g \cdot \sin \alpha$$

$$v(t+\Delta t) \approx v(t) + a(t) \cdot \Delta t$$

## Lösungshinweise

- Die Angabe einer Steigung von 5 % bedeutet, dass in 100 m Entfernung die Höhe der Straße um 5 m zugenommen hat, d. h.  

$$\frac{5}{100} = \tan \alpha \approx \sin \alpha \text{ (für kleine Winkel)}$$
 (damit kann die Berechnung der Beschleunigung ohne trigonometrische Funktionen erfolgen).
- Um die Motorleistung  $P_{\text{mot}}$  zu erhalten, müssen von der nominalen Leistung des SLKW (für die Verluste durch den Antriebsstrang wie Getriebe, Lager, ...) 25 % abgezogen werden.
- Die Beschleunigung kann nicht beliebig groß werden. Je nach Reifen, Untergrund und Steigung kann ein bestimmter Wert nicht überschritten werden. Hier wird  $a_{\text{max}} = 4.5 \text{ [m/s}^2\text{]}$  (für alle befahrbaren Steigungen) angenommen.
- Zu Beginn der Simulation steht der SLKW still, d. h.  $v(0)=0 \text{ [m/s]}$

## Ziel

```

/* Simulation eines SLKW an einer Rampe */
#include <stdio.h>
#include <locale.h>           /* notwendig fuer setlocale() */

#define VERLUST_FAKTOR      0.25 /* Verluste Antriebsstrang */
#define MAX_BESCHL         4.5  /* max. Beschleunigung */
#define G                   9.81 /* Erdbeschleunigung */

#define DELTA_T  0.1        /* Zeitschritt in Sekunden */
#define SCHRITTE 1000      /* Anz. Simulationsschritte */

/* sym. Konstante zur bedingten Compilierung */
/* #define DEZ_KOMMA */

/* globale Variable - Vektor der Geschwindigkeiten */
double geschw[SCHRITTE];

/* Vorausdeklaration der zu erstellenden Funktion */
int simulation(double p_nominal, double m_slkw, double steigung);
  
```

Implementieren Sie die fehlende Funktion **simulation(double, double, double)**, welche in einer Schleife die SLKW-Geschwindigkeit von  $t=0$  bis  $99.9 \text{ s}$  ( $\Leftrightarrow 1000$  Schritte) ermittelt und im globalen Vektor **geschw[SCHRITTE]** zur weiteren Verarbeitung ablegt:

$v(0) \rightarrow \text{geschw}[0]$   
 $v(0.1) \rightarrow \text{geschw}[1]$   
 $v(0.2) \rightarrow \text{geschw}[2] \quad \text{usw. ...}$

## Implementierungsvorgaben

- Sollte die Berechnung eine negative Geschwindigkeit ergeben, so ist die Berechnung zu beenden und die Funktion **simulation** liefert dem Aufrufer den Wert, der in C für **false** steht,
- Bei erfolgreicher Berechnung aller Werte wird **true** an den Aufrufer geliefert.
- Beachten Sie, dass die Motorbeschleunigung nie größer als  $a_{\text{max}}$  werden kann.
- **Achtung:** Beim ersten Schleifendurchlauf ist  $v(0)=0 \text{ [m/s]}$ . Zur Berechnung der Beschleunigung darf nie durch 0 geteilt werden.

## Durchführung

- Erstellen Sie wie gehabt ein **leeres C-Projekt** mit dem Namen **slkw\_sim** und kopieren Sie die bereitgestellte Datei **sim\_main.c** mithilfe des Windows-Explorer und entfernen die vorgefertigte Datei **main.c**.
- **Frage A1:** Wie lösen Sie das Problem, wenn  $v(t)=0$  ist und eine Berechnung von  $a(t)$  nicht möglich ist?
- Realisieren Sie die Funktion **simulation** gemäß den Vorgaben fehlerfrei und ohne Warnungen.
- Erstellen Sie das Programm **slkw\_sim.exe**.
- Starten Sie das Programm über die Eingabeaufforderung (*Command Prompt*) indem Sie **zuerst** in das Ausgabeverzeichnis wechseln und ihr erstelltes Programm starten.

```
Administrator: Eingabeaufforderung
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Alle Rechte vorbehalten.

C:\Users\Tasin>u:
U:\>cd \workspace\uebung5\slkw_sim\Debug
U:\workspace\uebung5\slkw_sim\Debug>slkw_sim.exe

Administrator: Eingabeaufforderung
97.70 : 7.5092
97.80 : 7.5092
97.90 : 7.5093
98.00 : 7.5093
98.10 : 7.5093
98.20 : 7.5094
98.30 : 7.5094
98.40 : 7.5094
98.50 : 7.5094
98.60 : 7.5095
98.70 : 7.5095
98.80 : 7.5095
98.90 : 7.5096
99.00 : 7.5096
99.10 : 7.5096
99.20 : 7.5096
99.30 : 7.5097
99.40 : 7.5097
99.50 : 7.5097
99.60 : 7.5098
99.70 : 7.5098
99.80 : 7.5098
99.90 : 7.5098
U:\workspace\build-slkw_sim-Desktop_Qt_5_4_1_MinGW_32bit-Debug\debug>
```

- Ändern Sie nun Ihr Programm so ab, dass die Ausgabe bei  $t = 100.00$  s endet. Dabei dürfen Sie das Programm nur an **einer** Stelle ändern!
- Definieren Sie nun die symbolische Konstante **DEZ\_KOMMA** (indem Sie die Kommentarzeichen entfernen), erstellen das Programm erneut und überprüfen Sie, ob die Ausgaben der Fließkommazahlen ein Dezimalkomma besitzen.
- Leiten Sie nun die Ausgabe in eine Datei um, indem Sie Ihr Programm wie folgt aufrufen:

```
Administrator: Eingabeaufforderung
U:\workspace\build-slkw_sim-Desktop_Qt_5_4_1_MinGW_32bit-Debug\debug>slkw_sim.exe > simulation.csv
U:\workspace\build-slkw_sim-Desktop_Qt_5_4_1_MinGW_32bit-Debug\debug>
```

Öffnen Sie nun mithilfe des Windows-Explorers die erstellte Datei **simulation.csv** im Ausgabeverzeichnis.  
Öffnen Sie die Datei auch mithilfe des Editors **TextPad**.

### OPTIONALE ZUSATZÜBUNGEN 5B (ERWEITERUNGEN)

Nun soll die Datei **simulation.csv** mithilfe von C-Funktionen der Standardbibliothek erstellt werden. Mit der Funktion **fopen** wird eine Datei zum Schreiben geöffnet (und ggf. erstellt). Die Funktion liefert eine Referenz (im Beispiel unten Variable **f**) auf eine Beschreibungsstruktur mit der die Datei bearbeitet werden kann.

Beschrieben wird die Datei mit **fprintf**-Aufrufen und nach Abschluss der Schreibvorgänge wird die Datei mit **fclose** geschlossen.

Ändern Sie den Quellcode innerhalb der **ersten if-Anweisung in main** wie folgt ab:

```

/* Erstelle eine Datei bzw. Oeffne eine Datei zum Schreiben */
FILE *f=fopen("U:/workspace/simulation.csv", "w");
/* War das Oeffnen erfolgreich ? */
if (f)
{
    for(i = 0; i < SCHRITTE; ++i)
        /* Schreibe Daten in die Datei */
        fprintf(f, "%.2f ; %.4f\n", i*DELTA_T, geschw[i]);

    /* Schliesse die Datei */
    fclose(f);
}
else
    printf("Datei konnte nicht geoeffnet/erstellt werden.\n");
  
```

Testen Sie Ihr Programm und überprüfen, ob die Datei "U:/workspace/simulation.csv" den korrekten Inhalt aufweist.

### OPTIONALE ZUSATZÜBUNGEN 5C (ERWEITERUNGEN)

- Erstellen Sie mithilfe von Excel ein Diagramm um die Daten in **simulation.csv** grafisch zu visualisieren:  
 Markieren Sie dazu die Ergebnisdaten und wählen in der Werkzeugleiste bzw. im Menü **Einfügen → Diagramm → Punkt (XY)**
- Erweitern Sie die Funktion **main** um die Eingaben der Fahrzeug- (Gewicht, Motorleistung) und Streckendaten (Steigung) über Tastatur zu ermöglichen.
- Sinnvoller wäre die Angabe der Geschwindigkeit in [km/h] anstelle von [m/s]. Ändern Sie Ihr Programm an einer Stelle so ab, dass die Ausgabe in [km/h] erfolgt.
- Variieren Sie die Größe der Zeitschritte (**DELTA\_T**). Wie groß dürfen die Zeitschritte werden, ohne die Berechnung ungenau

|    | A   | B      | C |
|----|-----|--------|---|
| 1  | 0   | 0      |   |
| 2  | 0,1 | 0,45   |   |
| 3  | 0,2 | 0,9    |   |
| 4  | 0,3 | 1,2605 |   |
| 5  | 0,4 | 1,5038 |   |
| 6  | 0,5 | 1,6998 |   |
| 7  | 0,6 | 1,8676 |   |
| 8  | 0,7 | 2,0159 |   |
| 9  | 0,8 | 2,1497 |   |
| 10 | 0,9 | 2,2721 |   |
| 11 | 1   | 2,3852 |   |
| 12 | 1,1 | 2,4907 |   |

- Erstellen Sie das Struktogramm für **main**.
- **Klausurvorbereitung (zur Vorlesung Kapitel 8):**  
Erweitern Sie **simulation** um einen weiteren Funktionsparameter **a\_max**:

```
int simulation(double p_nominal, double m_slkw,  
              double steigung, double *a_max);
```

Über den Parameter **a\_max** wird die größte während der Simulation auftretende Beschleunigung an eine Variable der Funktion **main** übergeben und dort auf dem Bildschirm ausgegeben.