Praktikumstermin Nr. 08, INF: Dynamische Datenstruktur *Doppelt verkettete Liste*

Abgabe im GIP-INF Praktikum der Woche 4.-8.12.2023.

Vorbereitungen zur Aufgabe

Der vorgegebene Code in diesem Projekt realisiert die dynamische Datenstruktur *einfach verkettete Liste*, die auch in der Vorlesung vorgestellt wurde. Der vorgegebene Programmcode wird Ihnen auch in Ilias zur Verfügung gestellt.

(In der Aufgabe sollen Sie den Code dann so modifizieren bzw. erweitern, dass die resultierende Datenstruktur eine doppelt verkettete Liste bildet…)

Legen Sie eine Headerdatei `liste.h` an mit folgendem Inhalt.

```
// Datei: liste.h

#pragma once

#include <string>

struct TListenKnoten
{
    int data;
    TListenKnoten *next;
};

void hinten_anfuegen(TListenKnoten *&anker, const int wert);

std::string liste_als_string(TListenKnoten * anker);
```

Legen Sie ferner eine Datei `liste.cpp` an mit folgendem Inhalt.

```
// Datei: liste.cpp

include <string>
#include "liste.h"

void hinten_anfuegen(TListenKnoten *&anker, const int wert)
{
    TListenKnoten *neuer_eintrag = new TListenKnoten;
    neuer_eintrag->data = wert;
    neuer_eintrag->next = nullptr;

    if (anker == nullptr)
        anker = neuer_eintrag;
    else
    {
        TListenKnoten *ptr = anker;
        while (ptr->next != nullptr)
            ptr = ptr->next;
        ptr->next = neuer_eintrag;
    }
}

std::string liste_als_string(TListenKnoten * anker)
{
    std::string resultat = "";

    if (anker == nullptr)
        return "Leere Liste.";
    else
    {
        resultat += "[ ";
        TListenKnoten *ptr = anker;
        do
        {
            resultat += std::to_string(ptr->data);

            if (ptr->next != nullptr) resultat += " , ";
            else resultat += " ";

            ptr = ptr->next;
        } while (ptr != nullptr);
        resultat += "]";
    }

    return resultat;
}
```

Legen Sie außerdem eine Datei `liste_main.cpp` an mit folgendem Inhalt.

```
// Datei: liste_main.cpp

#include <iostream>
#include <string>

#define CATCH_CONFIG_RUNNER

#include "gip_mini_catch.h"

#include "liste.h"

int main()
{
    Catch::Session().run();

    const size_t laenge = 10;
    TListenKnoten *anker = nullptr;

    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;

    for (size_t i = 0; i < laenge; i++) {
        hinten_anfuegen(anker, i*i);
    }

    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;

    system("PAUSE");
    return 0;
}
```

Erweitern Sie nun (als letzter Schritt der Vorbereitungen) ihr Visual Studio Code Projekt um eine Headerdatei `gip_mini_catch.h`. Übertragen Sie per Copy-Paste die Inhalte der `gip_mini_catch.h` Datei in Ilias in diese Datei. Es handelt sich um eine spezifisch für GIP erstellte "Miniatur-Variante" des in der Vorlesung vorgestellten Catch Unit Test Frameworks *(Quelle: https://github.com/catchorg/Catch2/tree/v2.x)*.

Dieser Code ergibt insgesamt den folgenden Testlauf *(…den Sie natürlich nicht vorzeigen müssen, da aller Programmcode ja vorgegeben war)*.

(Nicht vorzuzeigender) Testlauf *(keine Benutzereingaben)*:

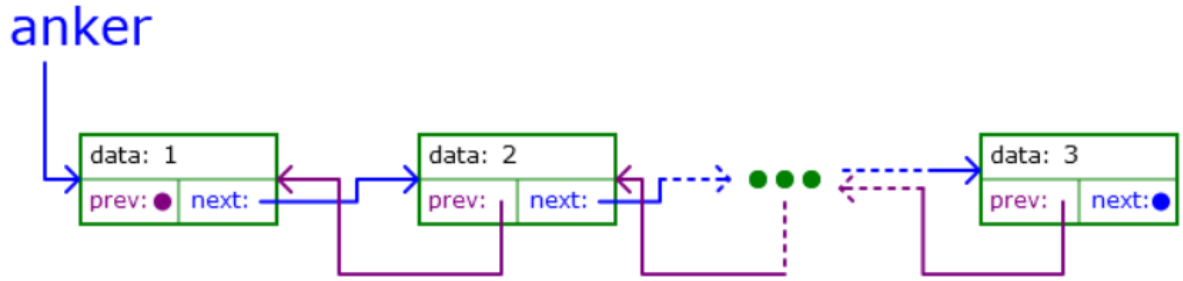
```
Keine Tests durchgefuehrt

Leere Liste.
[ 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 ]
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

(Pflicht-) Aufgaben INF-08: Dynamische Datenstruktur *Doppelt verkettete Liste*

(Pointer, Speicherallokation auf dem Heap, Dyn. Datenstrukturen)

Erweitern Sie in den folgenden Teilaufgaben den vorgegebenen Code (sowohl die Datenstruktur als auch die Funktionen) für die dynamische Datenstruktur *einfach verkettete Liste* so, dass die resultierende Datenstruktur eine *doppelt verkettete Liste* bildet.

Bei der *doppelt verketteten Liste* zeigt jedes Listenelement sowohl auf seinen Nachfolger (Pointer `next`) als auch auf seinen Vorgänger (Pointer `prev`, von „previous"). Der erste Listenknoten hat den Nullpointer als Wert von `prev`.



Als Verankerung der Datenstruktur soll weiterhin der Pointer `anker` auf den ersten Listenknoten verwendet werden, auch wenn dadurch die doppelte Verkettung nicht viel Nutzen bringt.

Bei allen folgenden Teilaufgaben müssen Sie letztendlich nur das Ergebnis der letzten Teilaufgabe vorzeigen, da dort die Ergebnisse aller vorherigen Teilaufgaben enthalten sind …

(Pflicht-) Teil-Aufgabe INF-08.01: Dynamische Datenstruktur "Doppelt verkettete Liste": Funktion `hinten_anfuegen()` modifizieren

Ändern Sie in der Datei `liste.h` die Definition der Datenstruktur `TListenKnoten` so, dass die Datenstruktur auch einen Pointer `prev` auf einen Vorgängerknoten vom Typ `TListenKnoten` speichern kann.

Erweitern Sie ihr Visual Studio Code Projekt dann um die Datei `test_hinten_anfuegen.cpp`, die in Ilias zu finden ist (leere Datei `test_hinten_anfuegen.cpp` anlegen, Inhalt per copy-paste kopieren).

Ändern Sie die Funktion `hinten_anfuegen()` so, dass auch der `prev` Pointer der Listenknoten jeweils korrekt gesetzt wird, wenn ein neuer Knoten hinten an die (jetzt doppelt verkettete) Liste angehängt wird.

(Nicht vorzuzeigender) Testlauf *(keine Benutzereingaben)*:

```
Alle Tests erfolgreich (24 REQUIREs in 3 Test Cases)

Leere Liste.
[ 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 ]
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

(Pflicht-) Teil-Aufgabe INF-08.02: Dynamische Datenstruktur "Doppelt verkettete Liste": Funktion `rueckwaerts_ausgeben()`

Erweitern Sie ihr Visual Studio Code Projekt dann um die Datei `test_liste_als_string_rueckwaerts.cpp`, die in Ilias zu finden ist (leere Datei `test_liste_als_string_rueckwaerts.cpp` anlegen, Inhalt per copy-paste kopieren).

Fügen Sie der Datei `liste.cpp` eine neue Funktion …

```
std::string liste_als_string_rueckwaerts(TListenKnoten* anker)
```

… hinzu, welche die Liste "rückwärts gelesen" als String zurückgibt. Die Funktion soll sich ausgehend von `anker` erst bis zum Ende der Liste „durchhangeln" und dann die `prev` Verkettung in Rückrichtung bei der Ermittlung des Ergebnis-Strings nutzen.

Fügen Sie der Headerdatei `liste.h` auch den Prototypen der Funktion hinzu.

Erweitern Sie das Hauptprogramm wie folgt um den Aufruf dieser Funktion:

```
int main()
{
    size_t laenge = 10;
    TListenKnoten *anker = nullptr;

    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl; // neu

    for (size_t i = 0; i < laenge; i++) {
        hinten_anfuegen(anker, i*i);
    }

    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl; // neu

    system("PAUSE");
    return 0;
}
```

(Nicht vorzuzeigender) Testlauf *(keine Benutzereingaben)*:

```
Alle Tests erfolgreich (27 REQUIREs in 6 Test Cases)

Leere Liste.
Leere Liste.
[ 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 ]
[ 81 , 64 , 49 , 36 , 25 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 ]
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

(Pflicht-) Teil-Aufgabe INF-08.03: Dynamische Datenstruktur "Doppelt verkettete Liste": Funktion `in_liste_einfuegen()`

Erweitern Sie ihr Visual Studio Code Projekt dann um die Datei `test_in_liste_einfuegen.cpp`, die in Ilias zu finden ist (leere Datei `test_in_liste_einfuegen.cpp` anlegen, Inhalt per copy-paste kopieren).

Fügen Sie der Datei `liste.cpp` eine neue Funktion …

```
void in_liste_einfuegen(TListenKnoten* &anker,
                        int wert_neu,
                        int vor_wert)
```

… hinzu, welche einen neuen Wert `wert_neu` in die Liste einfügt, und zwar vor der Stelle des ersten Vorkommens des Wertes `vor_wert`.
Sollte der Wert `vor_wert` nicht in der Liste vorkommen, so soll `wert_neu` ans Ende der Liste angehängt werden.
Die Funktion `in_liste_einfuegen()` soll auch in der Lage sein, einen Wert in eine bisher leere Liste einzufügen.

Fügen Sie der Headerdatei `liste.h` auch den Prototypen der Funktion hinzu.

Erweitern Sie das Hauptprogramm wie folgt:

```
int main()
{
    Catch::Session().run();

    const size_t laenge = 10;
    TListenKnoten *anker = nullptr;

    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl;

    for (size_t i = 0; i < laenge; i++) {
        hinten_anfuegen(anker, i*i);
    }

    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl;

    // neu Aufgabe INF-08.03
    in_liste_einfuegen(anker, 11, 0); // neu
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl; // neu
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl; // neu
```

```
    in_liste_einfuegen(anker, 22, 25); // neu
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl; // neu
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl; // neu

    in_liste_einfuegen(anker, 33, 81); // neu
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl; // neu
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl; // neu

    in_liste_einfuegen(anker, 44, 99); // neu
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl; // neu
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl; // neu

    system("PAUSE");
    return 0;
}
```

(Nicht vorzuzeigender) Testlauf (keine Benutzereingaben):

```
Alle Tests erfolgreich (185 REQUIREs in 18 Test Cases)

Leere Liste.
Leere Liste.
[ 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 ]
[ 81 , 64 , 49 , 36 , 25 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 ]
[ 11 , 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 ]
[ 81 , 64 , 49 , 36 , 25 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 , 11 ]
[ 11 , 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 22 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 ]
[ 81 , 64 , 49 , 36 , 25 , 22 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 , 11 ]
[ 11 , 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 22 , 25 , 36 , 49 , 64 , 33 , 81 ]
[ 81 , 33 , 64 , 49 , 36 , 25 , 22 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 , 11 ]
[ 11 , 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 22 , 25 , 36 , 49 , 64 , 33 , 81 , 44 ]
[ 44 , 81 , 33 , 64 , 49 , 36 , 25 , 22 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 , 11 ]
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

(Pflicht-) Teil-Aufgabe INF-08.04: Dynamische Datenstruktur "Doppelt verkettete Liste": Funktion `aus_liste_loeschen()`

Erweitern Sie ihr Projekt dann um die Datei `test_aus_liste_loeschen.cpp`, die in Ilias zu finden ist (leere Datei `test_aus_liste_loeschen.cpp` anlegen, Inhalt per copy-paste kopieren).

Fügen Sie der Datei `liste.cpp` eine neue Funktion …

```
void aus_liste_loeschen(TListenKnoten* &anker, int wert)
```

… hinzu, welche in der Liste den *ersten* Knoten mit Wert `wert` löscht und den `anker`, falls die Liste dadurch leer wird, auf den `nullptr` Wert zurücksetzt. Sollten mehrere Knoten mit dem Wert `wert` in der Liste vorkommen, so werde *nur der Erste* dieser Knoten gelöscht.
Die Funktion `aus_liste_loeschen()` soll auch in der Lage sein, für eine leere Liste aufgerufen zu werden, als auch für eine Liste, in welcher der Wert `wert` gar nicht vorkommt. In diesen Fällen soll letztendlich nichts passieren, da kein Knoten zu löschen ist.
Beachten Sie auch, was passieren muss, wenn der Wert `wert` im ersten Knoten der Liste vorkommt.

Fügen Sie der Headerdatei `liste.h` auch den Prototypen der Funktion hinzu.

Verwenden Sie jetzt folgendes weiter modifizierte Hauptprogramm:

```
int main()
{
    Catch::Session().run();

    const size_t laenge = 10;
    TListenKnoten *anker = nullptr;

    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl;

    for (size_t i = 0; i < laenge; i++) {
        hinten_anfuegen(anker, i*i);
    }

    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl;

    in_liste_einfuegen(anker, 11, 0);
```

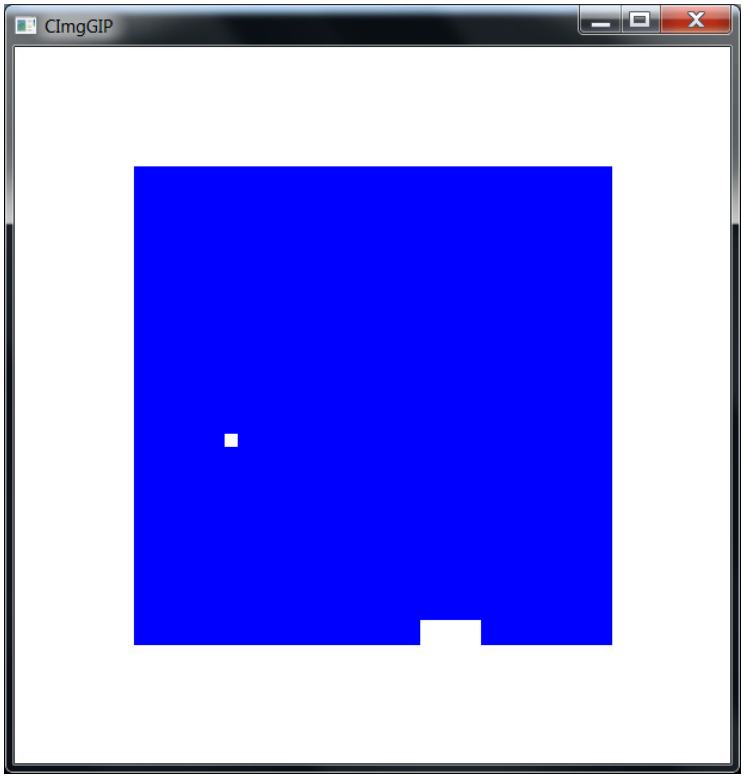
```
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl;

    in_liste_einfuegen(anker, 22, 25);
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl;

    in_liste_einfuegen(anker, 33, 81);
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl;

    in_liste_einfuegen(anker, 44, 99);
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl;
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl;

    // Neu Aufgabe INF-08.04
    aus_liste_loeschen(anker, 11); // neu
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl; // neu
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl; // neu

    aus_liste_loeschen(anker, 22); // neu
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl; // neu
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl; // neu

    aus_liste_loeschen(anker, 33); // neu
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl; // neu
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl; // neu

    aus_liste_loeschen(anker, 44); // neu
    std::cout << liste_als_string(anker) << std::endl; // neu
    std::cout << liste_als_string_rueckwaerts(anker) << std::endl; // neu

    system("PAUSE");
    return 0;
}
```

Vorzuzeigender Testlauf (keine Benutzereingaben):

```
Alle Tests erfolgreich (272 REQUIREs in 30 Test Cases)

Leere Liste.
Leere Liste.
[ 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 ]
[ 81 , 64 , 49 , 36 , 25 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 ]
[ 11 , 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 ]
[ 81 , 64 , 49 , 36 , 25 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 , 11 ]
[ 11 , 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 22 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 ]
[ 81 , 64 , 49 , 36 , 25 , 22 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 , 11 ]
[ 11 , 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 22 , 25 , 36 , 49 , 64 , 33 , 81 ]
[ 81 , 33 , 64 , 49 , 36 , 25 , 22 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 , 11 ]
[ 11 , 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 22 , 25 , 36 , 49 , 64 , 33 , 81 , 44 ]
[ 44 , 81 , 33 , 64 , 49 , 36 , 25 , 22 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 , 11 ]
[ 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 22 , 25 , 36 , 49 , 64 , 33 , 81 , 44 ]
[ 44 , 81 , 33 , 64 , 49 , 36 , 25 , 22 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 ]
[ 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 25 , 36 , 49 , 64 , 33 , 81 , 44 ]
[ 44 , 81 , 33 , 64 , 49 , 36 , 25 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 ]
[ 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 , 44 ]
[ 44 , 81 , 64 , 49 , 36 , 25 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 ]
[ 0 , 1 , 4 , 9 , 16 , 25 , 36 , 49 , 64 , 81 ]
[ 81 , 64 , 49 , 36 , 25 , 16 , 9 , 4 , 1 , 0 ]
Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

Nur dieser letzte Testlauf muss im Praktikum vorgezeigt werden, da er alle vorherigen Operationen beinhaltet.

(Freiwillige) Aufgabe INF-08.05: Single-Player Pong



Programmieren Sie ein Spiel, bei dem ein kleiner weißer „Ball" (als Kästchen 10x10 Pixel) von einem Schläger und den Wänden links, rechts und oben abprallt. Wenn der Ball den Schläger verfehlt und das Spielfeld nach unten verlässt, soll das Spiel enden (Fenster schließt sich).

Der Schläger bewege sich in x-Richtung in Richtung der aktuellen Mausposition. Die x-Koordinate der aktuellen Mausposition erhalten Sie als Rückgabewert der parameterlosen Funktion …
`unsigned int gip_mouse_x()`.

Spielfeld: linke obere Ecke (100,100), rechte untere Ecke (500,500).
Schläger: 50 Pixel breit, 20 Pixel hoch.
Ballgeschwindigkeit: 3 Pixel in x- und y-Richtung je Schleifendurchlauf der „neu zeichnen" Schleife.

Der Ball starte etwas rechts der Mitte des Spielfelds, mit diagonaler Bewegung in Richtung links oben, so dass er erst an der oberen Wand abpralle und kurz danach an der linken Wand. Abprallen links und rechts kehren die x-Bewegungsgeschwindigkeit und –richtung um, abprallen oben und unten (am Schläger) kehren die y-Bewegungsgeschwindigkeit und –richtung um.

Benutzen Sie die entsprechenden Anteile aus vorherigen Lösungen: Abprallen am Rand und die Kollisionserkennung mit Rand (oder Schläger) ähnlich dem Abprallen des Kästchens in der ersten Aufgabe mit der CImg Bibliothek.

Mögliche schrittweise Entwicklung der Lösung:

1. Spielfeld zeichnen. Ball an Startposition zeichnen. Ball bewegt sich nach links oben.

2. Kollisionserkennung mit der oberen Wand hinzufügen. Dann y-Bewegungsrichtung des Balls umkehren, so dass er in y-Richtung abprallt.

3. Kollisionserkennung mit linker Wand hinzufügen. Dann x-Bewegungsrichtung des Balls umkehren, so dass er in x-Richtung abprallt.

4. Kollisionserkennung mit rechter Wand hinzufügen. Dann x-Bewegungsrichtung des Balls umkehren, so dass er in x-Richtung abprallt. Dabei ggfs. initiale Startrichtung des Balls in „nach rechts oben“ ändern, so dass Abprallen an der rechten Wand vorkommt.

5. Schläger zeichnen.

6. Bewegung des Schlägers in x-Richtung hin zur Mausposition realisieren.

7. Kollisionserkennung des Balls mit dem Schläger hinzufügen und entsprechendes Abprallen nach oben.

Viele dieser Aspekte lassen sich jeweils mit einer oder wenigen Programmzeilen Code realisieren, so dass das resultierende Programm gar nicht so umfangreich ist …

Programmgerüst (in Ilias als Datei vorgegeben):

```
#define CIMGGIP_MAIN
#include "CImgGIP08.h"

int main()
{
    // Für das "blaue Spielfeld" ...
    const unsigned int x0 = 100, y0 = 100;
    const unsigned int x1 = 500, y1 = 500;
    // Für Position und Ausdehnung des weißen Balls ...
    unsigned int xb = 200, yb = 300;
    const unsigned int ball_size = 10;
    // Geschwindigkeit des Balls ...
    int delta_x = -3, delta_y = -3;
    // Ausdehnung und Position des Schlaegers ...
    const unsigned int schlaeger_size_x = 50, schlaeger_size_y = 20;
    unsigned int xs = 300, ys = y1 - schlaeger_size_y;

    gip_white_background();
    while (gip_window_not_closed())
    {
        // Später nötig, damit die Graphik "schneller" wird …
        // gip_stop_updates();

        // Blaues "Spielfeld" neu zeichnen ...

        // Ball zeichnen ...

        // Schlaeger zeichnen ...

        // Schlaeger verschieben ...

        // Falls der Schläger außerhalb des Spielfelds => zurücksetzen ...

        // Ball-Kollisionen mit dem Rand ...

        // Kollision mit Schlaeger ...

        // Unterer Rand erreicht => Abbruch

        // Bewege Ball ...

        // Später nötig, damit die Graphik "schneller" wird …
        // gip_start_updates();

        // Später nötig, wenn die Graphik "schneller gestellt" ist …
        // Etwas Pause, damit das Spiel nicht zu schnell läuft ...
        // gip_wait(50);
    }
    return 0;
}
```