

LVA's 384.996 & 384.174  
'Mikrocomputer LU'  
'Mikrocomputer für Informatiker\_innen'

Lotte

v1.0 -  $\frac{3}{3}$

2024

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>2</b>
1.1	Laboraufbau . . . . .	2
1.2	Inbetriebnahme . . . . .	3
1.3	Logic Analyzer . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Hardware</b>	<b>3</b>
2.1	Aufzug . . . . .	4
2.2	Messkammer . . . . .	4
2.3	Startbox . . . . .	6
2.4	Spiralbahnen . . . . .	6
2.5	Fänger . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Kommunikation</b>	<b>8</b>
3.1	GPIOs . . . . .	8
3.2	USART . . . . .	8
3.3	STM32 Pinbelegung . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Empfohlener Übungsablauf</b>	<b>11</b>
4.1	Aufbau des Programms . . . . .	11
4.2	Benotung . . . . .	11

**Hinweis zur Laborübung:** Bitte machen Sie sich *vor der Übung* mit folgenden Dokumenten vertraut:

- Diese Angabe (`Lotte.pdf`).
- Die entsprechenden Abschnitte der im TISS hochgeladenen Unterlagen zum verwendeten NUCLEO-Board, konkret:
  - RCC
  - GPIO (inkl. der 'Alternate Functions')
  - USART\*
  - TIMER\*
  - Interrupts (von Peripherieeinheiten)
  - EXTI\* (inkl. SYSCFG)
  - ADC\*

\*) Überlegen Sie, welche der gekennzeichneten Peripherieeinheiten (z.B. welcher Timer, welche USART) für die Anwendung in Frage kommen (das ergibt sich auch aus der Pinbelegung, siehe Tabelle 4).

Bei auftretenden Fragen während Ihrer Vorbereitungen wenden Sie sich *vor* Ihrem Übungstermin an die Tutoren.

## 1 Allgemeines

Ziel dieser Aufgabe ist es, den Umgang mit externer Peripherie zu erlernen. Lotte hat vier Spiralbahnen, entlang welcher Kugeln unterschiedlicher Farbe zu einem beweglichen Fänger rollen. Es sollen nur Kugeln der gewünschten Farbe(n) gefangen werden. Andernfalls soll der Fänger so positioniert werden, dass die jeweilige Kugel nicht gefangen, sondern dem Kugelreservoir zugeführt wird. Die Steuerung erfolgt über USART-Befehle und GPIO-Signale.

### 1.1 Laboraufbau

Der Übungsaufbau setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- STM32F334R8-Mikrocontrollerboard
- Lotte

## 1.2 Inbetriebnahme

Versorgen Sie Lotte mit Strom, indem Sie den Netzstecker anstecken. Sobald eine Stromversorgung besteht, führt Lotte einen Selbsttest durch, bei dem die Startbox entleert wird. Außerdem wird der Aufzug aktiviert, bis eine Kugel in der Messkammer erkannt wird. Diese erste Kugel wird in den Überlauf abgeleitet, somit ist die Startbox vollständig entleert und der Spiralaufzug mit Kugeln gefüllt. Schließen Sie anschließend das NUCLEO-Board an den Laborrechner an.

## 1.3 Logic Analyzer

Es sind einige relevante digitale Pins an einem fix verbauten 8-Kanal Logic Analyzer angeschlossen. Mit dessen Hilfe kann das zeitliche Ein-/Ausgangsverhalten der Pins überprüft und zur Fehlerbehebung genutzt werden. Eine kurze Anleitung zum Umgang mit dem Logic Analyzer wird es zu Beginn des Labors geben, außerdem finden Sie eine ausführliche Dokumentation in den hochgeladenen Unterlagen. Die Zuteilung der angeschlossenen Pins zu den acht Kanälen (LA CH0 .. CH7) ist in den Folgekapiteln und in Tabelle 4 ersichtlich.

# 2 Hardware

Lotte besteht aus vier konzentrischen und unterschiedlich langen Spiralbahnen, an deren Ende sich ein bewegbarer Fänger befindet. Der Aufzug im Zentrum des Aufbaues transportiert Kugeln unterschiedlicher Farbe nach oben. Die Farbe einer Kugel (blau, gelb, orange, weiß) wird in der Messkammer ermittelt, wenn die Kugel den Aufzug verlassen hat und vor die Schranke 1 rollt. Nach der Farbmessung kann Schranke 1 geöffnet werden, um bis zu vier Kugeln in die Startbox rollen zu lassen. Durch Öffnen von Schranke 2 werden diese Kugeln gleichzeitig auf jeweils eine der vier Spiralbahnen ausgeworfen. Der Fänger am Ende der Spiralbahnen kann positioniert werden um jeweils eine Kugel von ihrer Spiralbahn aufzufangen (siehe Abbildung 2). Da die Spiralbahnen unterschiedliche Längen haben, kommen die Kugeln nach dem Öffnen von Schranke 2 zu unterschiedlichen Zeitpunkten beim Fänger an. Ziel ist es, vier Kugeln gezielt mit dem Fänger zu fangen und ungewünschte Kugeln zu verwerfen und ins Kugelreservoir fallen zu lassen. In Abbildung 1

sind die wesentlichen Komponenten von Lotte beschriftet.

## 2.1 Aufzug

Der Aufzug befördert Kugeln aus dem Kugelreservoir zur Messkammer und in weiterer Folge vor die Schranke 1.

Wenn sich bereits vier Kugeln vor Schranke 1 befinden, wird der Aufzug automatisch von Lotte gestoppt und muss gegebenenfalls wieder eingeschaltet werden. Die Steuerung via USART wird in Abschnitt 3.2 näher beschrieben.

Im Zuge der Initialisierung von Lotte wird der Aufzug gestartet bis eine Kugel durch die Messkammer rollt. Diese erste Kugel landet jedoch nicht vor der Startbox, sondern wird über den Überlauf in das Kugelreservoir zurückgeführt. So wird sichergestellt, dass die Startbox leer und der Aufzug gefüllt sind. Lotte ist nun einsatzbereit.

## 2.2 Messkammer

Nachdem der Aufzug eine Kugel nach oben transportiert hat, rollt diese durch die Messkammer. Dabei werden die Farbanteile der Kugel (Rot, Grün, Blau) gemessen und die entsprechenden Spannungen an den Analog-Pins (siehe Tabelle 4) angelegt. Welche Spannungen dabei welcher Kugelfarbe entsprechen ist in Tabelle 1 ersichtlich.

Kugelfarbe	ungefähre Spannung [V]		
	R-Kanal	G-Kanal	B-Kanal
Weiß	2,0	2,0	2,0
Gelb	2,0	2,0	0,6
Orange	2,0	1,0	0,6
Blau	0,6	0,6	2,0

Tabelle 1: ungefähre Spannungen der Farbkanäle je nach Kugelfarbe

In weiterer Folge soll mit diesen Spannungswerten die Farbe der Kugel(n) bestimmt werden. Ein High-Impuls an Pin PA11 zeigt an, dass neue Messergebnisse verfügbar sind. Diese Analogwerte bleiben bis zum Eintreffen einer neuen Kugel unverändert.

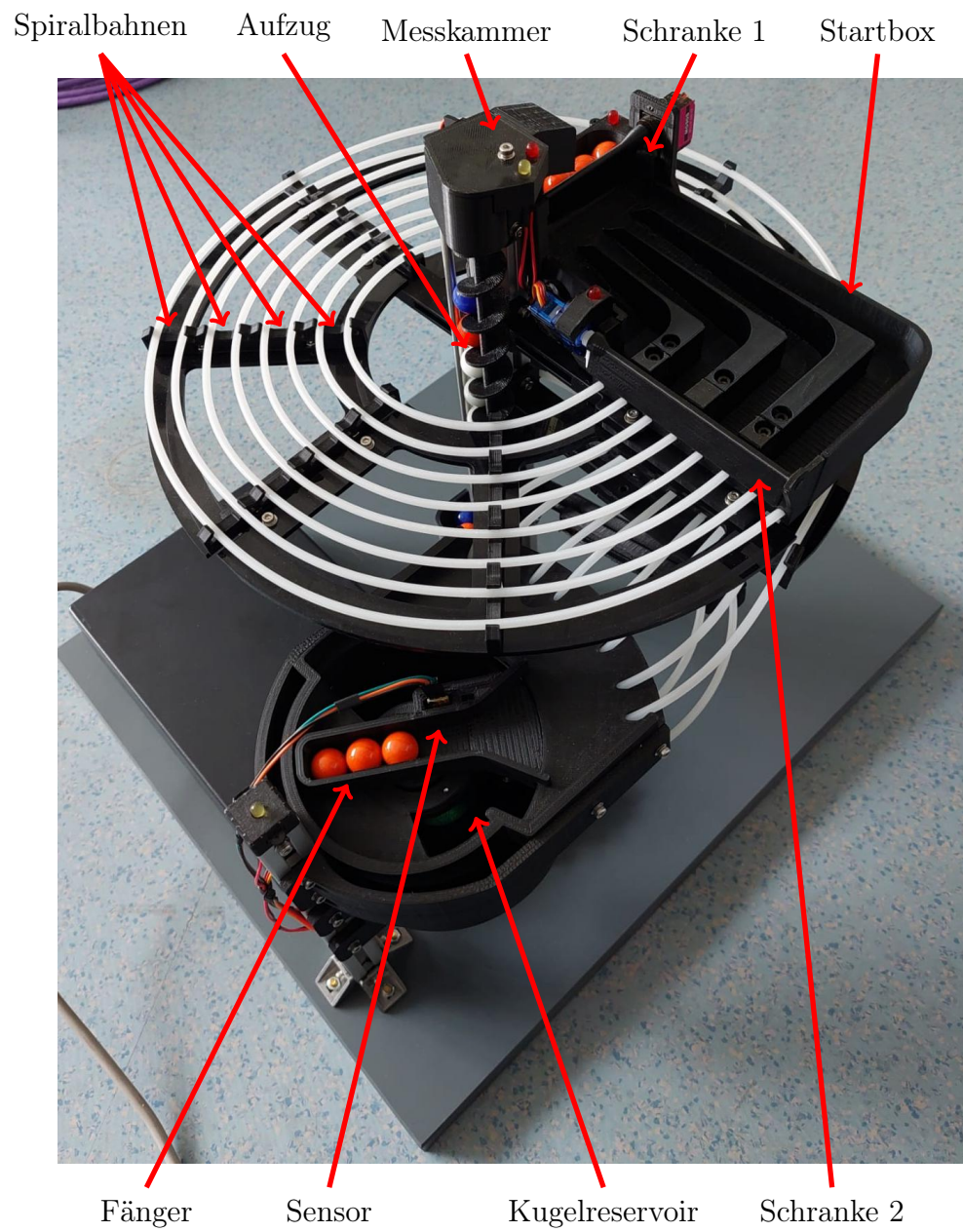


Abbildung 1: Übungsaufbau Lotte

## 2.3 Startbox

Die Startbox stellt sicher, dass die Kugeln absolut gleichzeitig auf die Spiralbahnen gelangen. Die durch Schranke 1 und Schranke 2 gebildete Schleuse sorgt dafür, dass auf jeder Spiralbahn maximal eine Kugel gleichzeitig rollen kann.

Es sind bei der Steuerung der Schranken einige Punkte zu beachten:

- Es darf zu jedem Zeitpunkt maximal eine Schranke offen sein.
- Nach Öffnen von Schranke 1 muss Schranke 2 geöffnet werden, bevor Schranke 1 erneut geöffnet werden kann (d.h. die Startbox muss geleert werden).
- Nach Öffnen von Schranke 1 muss eine Wartezeit von drei Sekunden eingehalten werden, bevor Schranke 2 geöffnet werden kann .
- Schranke 1 schließt nach ca 700ms automatisch.
- Schranke 2 muss für mindestens eine Sekunde offen bleiben, bevor sie wieder geschlossen werden kann.
- Es ist **nicht** möglich mit einem Befehl beide Schranken gleichzeitig zu steuern.

Beide Schranken werden mittels USART gesteuert (siehe Abschnitt 3.2).

## 2.4 Spiralbahnen

Nach dem Öffnen von Schranke 2 starten die Kugeln gleichzeitig und rollen auf jeweils einer der vier konzentrischen Spiralbahnen. Die unterschiedlichen Längen der Bahnen sorgen dafür, dass die Kugeln zu unterschiedlichen Zeitpunkten beim Fänger ankommen. Nutzen Sie den Sensor im Fänger (siehe Tabelle 4), um die jeweiligen Roll-Zeiten zu ermitteln.

## 2.5 Fänger

Am unteren Ende der Spiralbahnen befindet sich der Fänger (und darunter das Kugelreservoir). Der Fänger kann fünf Positionen einnehmen und maximal vier Kugeln halten. Befindet sich der Fänger in den Positionen 1-4, so

können die Kugeln der jeweiligen Bahnen 1-4 in den Fänger rollen. In Position 0 wird der Fänger vollständig geleert und die Kugeln landen im Reservoir. Am Anfang des Fängers befindet sich ein Sensor (siehe Abbildung 1), der einen High-Impuls auslöst, wenn eine Kugel an ihm vorbei rollt.

Positionieren Sie den Fänger vor die Spiralbahnen 1-4 um eine Kugel von dort zu fangen. Positionieren Sie den Fänger “deutlich” anders, um eine Kugel zu verwerfen (mindestens zwei Bahnen Abstand). Achtung: In Position 0 wird der Fänger entleert! Die möglichen Positionen sind in Abbildung 2 ersichtlich.

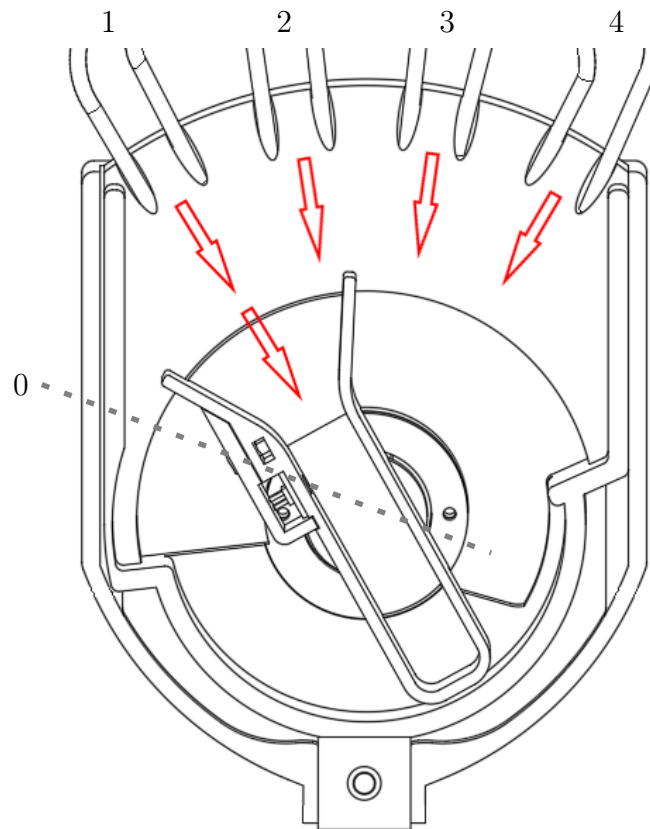


Abbildung 2: Positionen des Fängers: In der gezeigten Ausrichtung (Position 1) wird eine Kugel aus Bahn 1 gefangen. Um eine Kugel zu verwerfen, muss der Fänger “deutlich” (d.h. mit mindestens zwei Bahnen Abstand) positioniert werden. Position 0 entleert den Fänger.

## 3 Kommunikation

Für die Kommunikation zwischen Lotte und STM32 werden einerseits USART-Befehle und andererseits GPIO-Signale verwendet.

### 3.1 GPIOs

Folgende Informationen werden über GPIO-Pins in Richtung STM32 kommuniziert:

- ein Impuls, wenn die Farbe einer Kugel gemessen wurde
- analoge Spannungen der Farbkanäle der letzten Farbmessung (Rot, Grün, Blau)
- ein Impuls, wenn eine Kugel in den Fänger rollt

### 3.2 USART

Die restliche Kommunikation erfolgt über eine Reihe von USART-Befehlen innerhalb eines USART-Paketes.

- Öffnen von Schranke 1 (wird automatisch geschlossen)
- Öffnen bzw. Schließen von Schranke 2
- Ein-/Ausschalten des Aufzuges
- Positionierung des Fängers

Jeder Befehl besteht aus einem USART-Paket, dessen Aufbau in Tabelle 2 dargestellt ist.

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	Fänger			Aufzug	Schranke 2	Schranke 1

Tabelle 2: Aufbau eines USART-Paketes. Die Bits 7 & 6 müssen '0' sein.

Bei jedem gesendeten USART-Paket ist zu beachten:



Der Aufzug wird durch das Senden einer '1' an der Position des Aufzug-Bits gestartet, eine '0' stoppt den Aufzug.

Die Schranken werden durch das Senden einer '1' an der Position des jeweiligen Schranken-Bits geöffnet. Das Senden einer '0' als Schranken-Bit schließt den jeweiligen Schranken. Beachten Sie die Hinweise in Abschnitt 2.3.

Die Position des Fängers wird durch die drei Fänger-Bits bestimmt:

Bitmuster	Position
000	Position 0
100	Position 1
010	Position 2
110	Position 3
001	Position 4

Bei erfolgreicher Durchführung antwortet Lotte mit 0x00. Im Fehlerfall wird ein Fehlercode geschickt (siehe Tabelle 3).

Fehlercode	Beschreibung / Ursache
0x01	Die Schranke 1 konnte nicht geöffnet werden, weil zuerst Schranke 2 geöffnet werden muss um den Startbereich zu leeren.
0x02	Die Schranke 1 konnte nicht geöffnet werden, weil Schranke 2 gerade offen ist.
0x04	Die Schranke 2 konnte nicht geöffnet werden, weil seit dem Öffnen von Schranke 1 weniger als drei Sekunden vergangen sind.
0x05	Die Schranke 2 konnte nicht geschlossen werden, weil seit dem Öffnen von Schranke 2 weniger als eine Sekunde vergangen ist.
0x06	Der Aufzug wurde nicht eingeschaltet, weil sich bereits vier Kugeln vor Schranke 1 befinden.
0x07	Der Fänger wird auf Position 0 gestellt, da eine ungültige Positionsangabe gemacht wurde.

Tabelle 3: Fehlercodes

Die USART-Schnittstelle ist wie folgt zu konfigurieren:

- 9600 Baudrate
- 8 Bit Wortlänge
- ein Stopbit
- keine Parität

### 3.3 STM32 Pinbelegung

Tabelle 4 zeigt die Pinbelegung aus der Sicht des STM32.

Pin STM32	Beschreibung	Logic Analyzer
PA9	USART TX	LA CH0
PA10	USART RX	LA CH1
PC2	Farbkanal Rot (analog)	
PB0	Farbkanal Grün (analog)	
PB1	Farbkanal Blau (analog)	
PA11	neue Kugel in Messkammer	LA CH2
PA1	neue Kugel in Fänger	LA CH3

Tabelle 4: Pinbelegung

Die Pins PA11 und PA1 (neue Kugel in Messkammer/Fänger) müssen als Eingänge konfiguriert werden!

## 4 *Empfohlener* Übungsablauf

### 4.1 Aufbau des Programms

Bauen Sie Ihr Programm modular auf! Implementieren und testen Sie die Teilaufgaben so weit wie möglich separat und führen Sie diese erst dann zur Gesamtlösung zusammen. Ein *Vorschlag* für die Herangehensweise und Separierung der Teilaufgaben:

- Implementierung der USART-Schnittstelle
- Verwendung von PA11 und PA1 um die entsprechenden Ereignisse (neue Kugel in Messkammer/Fänger) zu detektieren
- Implementierung einer Steuerlogik
- Messung der analogen Farbsignale
- Optimierung der Steuerlogik

### 4.2 Benotung

Die Note für das Labor setzt sich aus dem Abgabegespräch sowie den Funktionalitäten, die Sie implementiert haben, zusammen. Im Folgenden befindet sich ein Richtwert, welche Funktionalitäten zum Erreichen einer bestimmten Note erfolgreich implementiert werden müssen. Dabei ist die Erfüllung aller Minimalanforderungen für die 'schlechteren' Noten die Voraussetzung für eine 'bessere' Note. Die Gesamtnote hängt jedoch zusätzlich von dem Abgabegespräch ab, d.h. wie gut Sie den Code erklären können und ob Sie in der Lage sind, kleine Änderungen vorzunehmen.

Die gesamte Steuerung soll über Interrupts erfolgen, wenn Sie glauben, an irgendeiner Stelle eine Warteschleife zu benötigen, fragen Sie bei den Tutoren nach, ob Sie das dürfen. Unnötige Warteschleifen führen zu Punkteabzügen.

- Genügend: Der Aufzug sowie die beiden Schranken können gezielt gesteuert werden, um jeweils eine Kugel auf jede der vier Spiralbahnen auszuwerfen (unter Beachtung von Abschnitt 2.3).
- Befriedigend: Es kann gemessen werden, wie lange die Kugeln auf den jeweiligen Bahnen benötigen, um von Schranke 2 zum Fänger zu rollen. Führen Sie pro Bahn mehrere Messungen durch und bilden Sie den jeweiligen Mittelwert. Die Messwerte können dann z.B. im Debug-Modus ausgelesen werden.
- Gut: Bevor sie in die Startbox gelangen, werden hintereinander die Farben von vier Kugeln in der Messbox ermittelt. Die Farben können dann z.B. im Debug-Modus ausgelesen werden.
- Sehr gut: Mit dem Fänger werden vier Kugeln einer bestimmten Farbe gefangen und im Fänger gesammelt. Andere Kugeln werden verworfen.