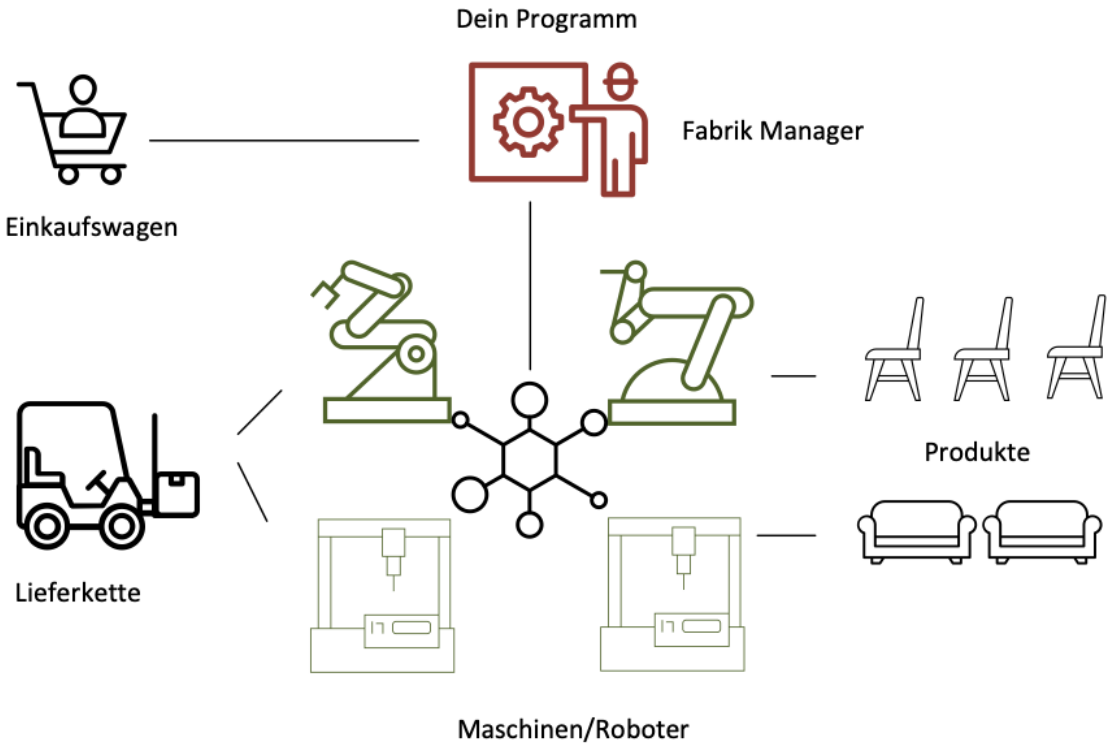
Ein Programmierprojekt in Smart Manufacturing

Business Case

Smart Manufacturing gilt als einer der Treiber der «4. Industriellen Revolution». Dank des Fortschrittes in den Fertigungstechnologien, müssen Maschinen und Montagelinien in einer Fabrik nicht mehr nur für ein bestimmtes Produkt gebaut werden, sondern können flexibel an sich ändernden Bedürfnissen und Lieferbedingungen angepasst werden. *Aeki*[1] ist ein kostengünstiger, aber innovativer Möbelhersteller, der ein Produktionsmanagementsystem für seine moderne Fabrik möchte. Die Fabrik ist mit Robotern, computergesteuerten Holzbearbeitungsmaschinen, Verpackungsstationen usw. ausgestattet. Es fehlt jedoch die Software, die die Produktion mit optimalem Ressourceneinsatz orchestriert und gleichzeitig die Produktlieferung sicherstellt. Der CEO von *Aeki* stellt Ihnen die Vision der Firma vor, die wir in der folgenden Abbildung zusammengefasst haben.



Einblick in das Geschäftsmodell

Ihr System ermöglicht die direkte Interaktion einer Kundenbestellschnittstelle mit der Fabrik. Ein klassischer Fall der Business-to-Customer-Interaktion (B2C), der eine hohe Flexibilität im Umgang mit Auftragsschwankungen erfordert. Die Auswahlmöglichkeiten rund um eine Produktbestellung basieren auf vorkonfigurierten Materialien und Produktionskapazitäten. Es wird auf Basis bekannter Arten und Mengen nach dem Prinzip der *Produktion auf Bestellung (Make-to-Order: MTO)* produziert.

Sie lernen und demonstrieren anhand eines Ökosystems von B2C- und MTO-Modellen, wie Softwaresysteme, insbesondere das objektorientierte Paradigma, skalierbare und erweiterbare Lösungen ermöglichen.

[1] Kommt Ihnen der Name bekannt vor?

Deine Firma (aka, Projektgruppe)

Als junger und dynamischer Startup im Bereich Smart Manufacturing möchten Sie eine Smart Factory Management Software entwickeln, die nicht nur die Anforderungen von Aeki erfüllt, sondern auch ein Design umsetzt, das sich gut mit der Entwicklung von Technologien skalieren lässt. Ach ja, es gibt auch andere Startups, die versuchen Aeki von den Vorteilen ihres Produkts zu überzeugen. Aber vorerst möchten Sie Aekis Problem lösen und auch etwas Geld verdienen.

Notizen aus einem technischen Meeting (User Story)

Sie treffen den Produktionsleiter von Aeki, der Ihnen erzählt, was sie erreichen wollen (*was* und nicht *wie*). In ihrer neuen Fabrik in St. Gallen will Aeki zwei Produkte produzieren – Sofas und Stühle. Möglicherweise möchten sie später weitere Produkte hinzufügen. Die Herstellung kann mit vier automatisierten Maschinen durchgeführt werden – einer Holzbearbeitungs-CNC-Maschine und Montage-, Lackier- und Verpackungsrobotern. Es dauert 1 Stunde um eine Maschine oder einen Roboter für die Handhabung eines bestimmten Produkttyps umzukonfigurieren – daher ist es keine gute Idee, die Produktion zwischen Sofas und Stühlen häufig zu wechseln.

Der Herstellungsprozess ist wie folgt:

Stuhl: Holzarbeit (10 Minuten) -> Montage (5 Minuten) -> Spritzlackierung (2 Minuten) -> Verpackung (5 Minuten)

Sofa: Holzarbeit (30 Minuten) -> Spritzlackierung (5 Minuten) -> Montage (15 Minuten) -> Verpackung (10 Minutes)

Sie erhalten laufend Kundenaufträge. Sie müssen nach Rohstoffen suchen – dies sind:

- **Stuhl**: Holz (2 Einheiten), Schrauben (10 Einheiten), Farbe (2 Einheiten) und Karton (1 Einheit) für Verpackung.
- **Sofa**: Holz (4 Einheiten), Schrauben (5 Einheiten), Kissen (5 Einheiten), Farbe (1 Einheit) und Karton (5 Einheiten) für Verpackung.

Sie haben nur begrenzten Lagerplatz in Ihrem Werk:

- Holz: 1000 Einheiten.
- Schrauben: 5000 Einheiten.
- Kissen: 100 Einheiten.
- Farbe: 1000 Einheiten.
- Karton: 1000 Einheiten.

Wenn Ihr Lagerbestand knapp wird, müssen Sie beim Lieferanten nachbestellen. Es dauert 2 Tage, bis eine Bestellung geliefert wird. Für jede Lieferung fallen feste Kosten an, also vermeiden Sie kleine Bestellungen.

Optional: Die Kosten und Lagerkapazitäten können sich ändern, also codieren Sie das nicht fest. Tatsächlich können sich Zahlen, Timing und Preise ändern. Wir möchten Sie nicht jedes Mal kontaktieren, wenn dies passiert.

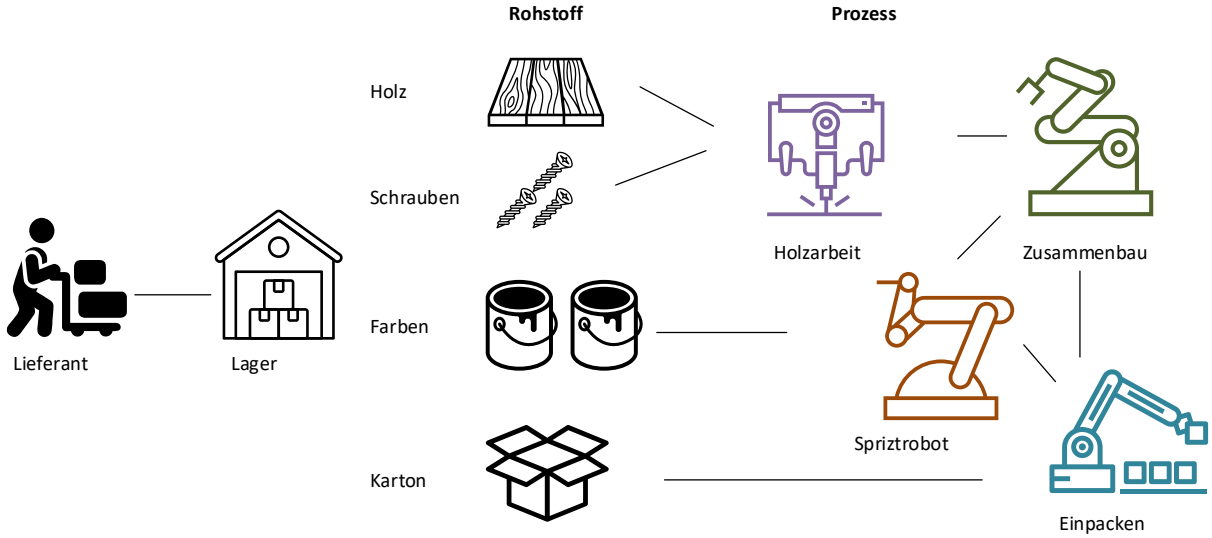
Nachdem Sie eine Bestellung erhalten haben, sollten Sie eine Vorlaufzeit angeben.

Ich sollte jederzeit wissen, was in der Fabrik vor sich geht – welche Maschine macht was, wie ist der Auftragsfortschritt.

Optional: Wenn das Geschäft gut läuft, ist Aeki bereit in Maschinen zu investieren. Aber Sie müssen der Firma die aktuelle Auslastung und die Engpässe mitteilen. Wenn eine neue Maschine hinzugefügt wird,

sollte Ihre Produktionsmanagement-Software gleichbleiben. Es kann auch in Zukunft mehrere Lieferanten geben, die dynamische Preise anbieten, damit Sie Ihren Lagerbestand und Ihre Kosten optimieren können.

Natürlich können Maschinen und Roboter ausfallen, daher sollte Ihre Software mit solchen Bedingungen umgehen.



Aufgabe 0 – Selbstorganisation!

Überlegen Sie, wie die Geschäftsziele von Aeki (welche sind diese?) durch Ihre Software unterstützt werden können. In welchem Teil des Geschäftsprozesses von Aeki spielen sie eine Rolle und wie können Sie Ihr Angebot in Zukunft darüber hinaus erweitern? Können Sie die Stakeholder identifizieren? Welche Bedürfnisse haben die Stakeholder und wie können Sie die Akzeptanzkriterien dieser ausdrücken?

Bereiten Sie sich vor, indem Sie das Geschäft und den Anwendungsfall analysieren. Nicht alles ist explizit (wie in der realen Welt), Sie müssen vielleicht fragen, annehmen, innovativ sein ... aber Sie können Aeki nicht fragen, wie Sie Ihre Software implementieren sollen! Denken Sie viel über den Problemraum nach (Sie werden überrascht sein, wie einfach die Lösung sein kann). Seien Sie kreativ!

Nachdem Sie die Anwendungsfälle verstanden haben, schreiben Sie ein einseitiges Anforderungsdokument, in dem angegeben ist, was Ihre Software leisten soll.

Die Aufgabe 0 wird nicht bewertet. Auf diese Weise können Sie Ihre Gruppe zusammenbringen und über Anforderungen und Projektorganisation nachdenken. Vieles davon können Sie in den folgenden Aufgaben wiederverwenden.

Punkte: Muss eingereicht werden, wird aber nicht bewertet

Fällig: 25.09.22 (23:59 CET)

Einzureichen:

- Einseitiges Anforderungsdokument, das die funktionalen und nichtfunktionalen Anforderungen des Programms enthält. Die Anforderungen können kurze Aussagen sein.

Zu beachten:

- Anforderungserklärungen decken die User-Story ab
- Sie haben einige grundlegende nichtfunktionale Anforderungen identifiziert

Aufgabe 1 – Implementierung 1 (10 Punkte)

Als Grundlage für diese Implementierungsaufgabe stehen Ihnen die Musterlösung des Klassendiagramms für diese Teilaufgabe und ein ausgewähltes Sequenzdiagramme zur Verfügung. Versuchen Sie diese Diagramme zu verstehen, denn sie dienen als Grundlage für Ihre erste Programmieraufgabe.

In der Implementierung möchten wir, dass Sie eine Klasse *Fabrik* implementieren, die *Bestellungen* entgegennimmt und diese auf der Konsole ausgibt. Die Klasse *Fabrik* enthält als globale Variable eine *ArrayList* in der alle Bestellungen gespeichert werden. Mit der Methode *bestellungAufgeben* ist es möglich eine neue *Bestellung* zu platzieren, in der die Anzahl bestellter *Stühle* und *Sofas* angegeben werden. Die Methode *bestellungenAusgeben* durchläuft die Liste der Bestellungen und gibt jeweils die Information zu den einzelnen Bestellungen auf der Konsole aus. Die Klasse *Fabrik* enthält die Methode *main,* die den Einstieg in das Programm ermöglicht.

Die Klasse *Bestellung* verwaltet eine *ArrayList,* in der alle bestellten *Produkte* gespeichert werden. *Produkte* können entweder *Stühle* oder *Sofas* sein. Als globale Variablen enthält die Klasse *Bestellung* die *Bestellbestätigung, Beschaffungszeit, Bestellnummer,* wie auch die *Anzahl bestellter Stühle* und die *Anzahl bestellter Sofas.* Zu jeder globalen Variablen muss jeweils eine Methode implementiert werden, um die Information abzufragen. Bei gewissen globalen Variablen muss auch eine Methode vorhanden sein, um die Information in den Variablen zu ändern.

Die Klassen *Stuhl* und *Sofa* sind Erweiterungen von der Klasse *Produkt* und erben somit die Funktionalität und die globalen Variablen der Klasse *Produkt.* Jedes Produkt befindet sich in einem gewissen *Zustand,* beispielsweise *bestellt, in Produktion* etc.. Dieser könnte auch in einer globalen Variablen abgespeichert werden. Für die Klasse *Stuhl* und *Sofa* ist Information vorhanden, die für alle Instanzen dieser Klassen gleich ist. Beispielsweise wären das die *Anzahl Holzeinheiten*, *Anzahl Schrauben,* etc. Auch die Methoden, um auf diese Information zuzugreifen, gehören der Klasse an und nicht den einzelnen Instanzen.

Natürlich sind noch weitere Methoden und Variablen notwendig, um das Programm zum Laufen zu bringen. Auch eine Testklasse für die Fabrik wird benötigt, um Bestellungen aufzugeben und die bestellten Produkte ausgeben.

Punkte: 10

Abgabedatum: 30.10.2022 (23:59 CET)

Einzureichen:

- Implementierter und funktionsfähiger Code
- Testklasse
- Ein zip File mit Ihrem gesamten BlueJ Projekt

Bewertungskriterien:

- Die Qualität Ihrer Codeimplementierung – Strukturierung, Benennung, Kommentare, Fehlerbehandlung – 2 **Punkte**
- Die richtige Funktionsweise des implementierten Codes – **5 Punkte**
- Genügend Abdeckung der implementierten Tests, um die Funktionalität des Codes vollständig überprüfen zu können – **3 Punkte**

Aufgabe 2 – Implementierung 2 (10 Punkte)

Nachdem Sie die Bestellverwaltung programmiert haben, erweitern wir nun das Aeki Programm mit folgender Funktionalität: Zu jeder Bestellung muss nun eine Auftragsbestätigung erfolgen. Vor der Rücksendung einer Auftragsbestätigung prüft die Fabrik mit dem Lager, ob ausreichende Lagerbestände für die Fertigung der Bestellung vorhanden sind. Wir gehen in unserem Programm von einem **Make-To-Order** Vorgang aus. Bei geringen Lagerbeständen veranschlagt die Auftragsbestätigung zwei Tage zusätzlich zur Standardlieferzeit, welche Sie mit einem Tag festlegen können. Die Lieferzeit errechnet sich durch die Produktionszeit der bestellten Stühle/Sofas plus die Beschaffungszeit der notwendigen Materialien plus die Standardlieferzeit. Wenn die Bestände niedrig sind, sollte das Lager eine Bestellung beim *Lieferanten* aufgeben können.

Das erstellte Programm wird somit um zwei weitere Klassen erweitert. Implementieren Sie die Klassen *Lager* und die Klasse *Lieferant.* Auch für diese Aufgabe stellen wir Ihnen das dazugehörige Klassendiagramm zur Verfügung.

1. Die Klasse *Lager* beinhaltet die Information zu den maximal lagerbaren Materialeinheiten. Diese sind in den Klassenvariablen *maxHolzeinheiten, maxSchrauben, maxFarbeinheiten, maxKartoneinheiten* und *maxKissen* gespeichert.

   Implementieren Sie in der Klasse Lager folgende Methoden:

   - *gibBeschaffungszeit*

     Die Methode erhält als Parameter eine Kundenbestellung und liefert *0 Tage* zurück, wenn alle Materialien für die Produktion aller bestellter Produkte vorhanden sind, und *2 Tage*, wenn das Material beim Lieferanten nachbestellt werden muss. Dafür muss die Liste mit allen Produkten der Bestellung durchsucht und die Anzahl benötigter Materialien ausgerechnet werden. Für die Berechnung müssen Sie wissen, ob es sich um einen Stuhl oder um ein Sofa handelt. Mit folgender Abfrage könne Sie dies erfahren:

     ```
     if(produkt instanceof Stuhl){
        ….
     }else if(produkt instanceof Sofa){
        ….
     }
     ```

     Die Variable *product* ist vom Typ Produkt.

   - *lagerAuffuellen*

     Diese Methode bestellt fehlende Produkte beim Lieferanten nach und füllt nach Erhalt das Lager wieder auf.

   - *lagerBestandAusgeben*

     Diese Methode druckt die im Lager vorhandenen Materialeinheiten auf die Konsole aus.

2. Die Klasse *Lieferant* besitzt nur eine Methode, welche der Fabrik ermöglicht, eine Bestellung aufzugeben.

Die Klassen *Lager* und *Lieferant* müssen auch noch erzeugt werden. Überlegen Sie sich genau, wo diese Klassen instanziiert werden müssen. Auch sind Anpassungen in den Klassen *Bestellung* und *Fabrik* notwendig.

In der Klasse *Bestellung* muss zu jeder Instanz auch die korrekter *Beschaffungszeit* und die entsprechende *Lieferzeit* gesetzt werden können. Eine Methode, welche die Liste mit allen bestellten Produkten einer Bestellung retourniert, wird auch in der Klasse *Bestellung* benötigt.

In der Klasse *Fabrik* ändert sich die Methode *bestellungAufgeben,* indem die *Beschaffungszeit* und die *Lieferzeit* errechnet und in der jeweiligen Bestellung gespeichert werden müssen. Irgendwann muss auch das Lager wieder aufgefüllt werden.

Erstellen Sie die Testklasse für Ihre Fabrik so, dass mehrere Bestellungen aufgegeben und die Auftragsbestätigungen überprüft werden können. Testen Sie auch, ob das Lager eine Bestellung an den Lieferanten senden kann.

Punkte: 10

Abgabedatum: 13.11.2022 (23:59 CET)

Einzureichen:

- Implementierter und funktionsfähiger Code
- Testklasse
- Ein zip File mit Ihrem gesamten BlueJ Projekt

Bewertungskriterien:

- Die Qualität Ihrer Codeimplementierung – Strukturierung, Benennung, Kommentare, Fehlerbehandlung – 2 **Punkte**
- Die richtige Funktionsweise des implementierten Codes – **5 Punkte**
- Genügend Abdeckung der implementierten Tests, um die Funktionalität des Codes vollständig überprüfen zu können – **3 Punkte**

Aufgabe 3 – Implementierung 3 (20 Punkte)

Setzen Sie die vorherige Aufgabe fort und erweitern Sie die Klasse *Lieferant* so, dass die bestellten Teile erst in zwei Tagen an das Lager geliefert werden. Natürlich werden wir in unserer Software nicht zwei Tage warten; lassen Sie uns die Zeit beschleunigen und gehen von 1 Stunde = 1 Sekunde aus.

Um dies zu ermöglichen, müssen Sie die Klasse Lieferant als *Thread* implementieren.

Benutzen Sie die Testklasse der Fabrik, damit Sie überprüfen können, ob Ihre Bestellungen erst nach der definierten Zeit geliefert werden.

Auch für diese Aufgabe stellen wir Ihnen die Musterlösung des Klassendiagramms zur Verfügung.

Wenn die Implementierung der Klasse Lieferant als Thread funktioniert, fahren Sie folgendermassen fort: Die Fabrik übergibt nun die Bestellungen dem *Produktionsmanager.* Implementieren Sie dazu die Klasse *Produktions_Manager.* Diese Klasse sollte auch als Thread implementiert werden, damit sie immer wieder neu eintreffende Bestellungen abarbeiten und den Robotern zum Produzieren geben kann. Im *Konstruktor* der Klasse *Produktions_Manager* sollten alle *Roboter* – *Holzbearbeitungs_Roboter, Montage_Roboter, Lackier_Roboter, Verpackungs_Roboter* – als *Threads* instanziert und gestartet werden. Auch sind zwei *LinkedLists* notwendig, um die *zu verarbeitende Bestellungen* und *die Bestellungen in Produktion* zu verwalten. In der Klasse *run* ist eine unendliche Schleife notwendig…

```
while(true){
      //Ist eine neue Bestellung eingetroffen, dann
      //hole die nächste Bestellung und starte die Produktion
      …
      //dann lass den Thread eine kurze Weile schlafen
      try{
            Thread.sleep(zeit);
      }catch (InterruptedException ie){
            ie.printStackTrace();
      }
}
```

…welche immer wieder prüft, ob eine neue Bestellung eingetroffen ist. Diese Bestellung wird dann aus der Liste der zu verarbeitenden Bestellungen rausgenommen und in die Liste der zu produzierenden Bestellungen gespeichert. Dann wird die Produktion gestartet.

Abhängig von den Kundenaufträgen und Lagerbeständen plant die Fabrik die notwendigen *Roboter* für die Fertigung ein. Jeder Artikel einer Bestellung muss von allen Robotern verarbeitet werden. Zum Starten der Produktion implementieren Sie die Methode *starteProduktion*. Diese kriegt eine Bestellung als Parameter übergeben und alloziert jedem Produkt der Bestellung die jeweiligen Roboter in der richtigen Reihenfolge. Achten Sie darauf, dass sich die Produktionsreihenfolge der Roboter für Stühle und Sofas unterscheiden. Die Liste mit den allozierten und in der richtigen Reihenfolge abgespeicherten Robotern wird im Produkt selbst abgespeichert. Somit hat jedes *Produkt* die Kontrolle über die zu durchlaufenden Produktionsstationen.

In der Klasse *Produkt* ist somit eine neue Methode *naechsteProduktionsStation* zu implementieren, welche aus der Liste der zu durchlaufenden Roboter, den jeweils nächsten Roboter rausholt und diesem das aktuelle Produkt in der Liste der zu produzierenden Produkte hinzufügt.

Für die Produktion müssen Sie die Klassen *Holzbearbeitungs_Roboter, Montage_Roboter, Lackier_Roboter* und *Verpackungs_Roboter* implementieren. Diese sind alle Erweiterungen der Klasse *Roboter,* welche wiederum eine Erweiterung der Klasse *Thread* ist.

Die Klasse *Roboter* verwaltet eine Liste (Warteschlange) mit allen zu produzierenden Produkten. In der Methode *run* ist wieder eine unendliche Schleife notwendig, um immer wieder zu schauen, ob neue Produkte, welche produziert werden müssen, eingetroffen sind. Ist ein Produkt in der Warteschlange eingetroffen, so produziert der Roboter dieses Produkt. Die Produktion des Produkts wird in der Methode *produziereProdukt* simuliert, indem der Thread für eine Zeit schlafen gelegt wird. Danach kann das Produkt zum nächsten Roboter weitergeleitet werden.

Im *Produktions_Manager* wird geprüft, ob eine Bestellung abgeschlossen ist. Wenn ja, wird dies in der Klasse *Bestellung* vermerkt und eine entsprechende Nachricht im Terminal ausgegeben.

Beachten Sie, dass sich die Lagerbestände während der Produktion verringern und bei Bedarf nachbestellt werden müssen. Dafür sollte die Klasse *Lager* um diese neue Funktionalität ergänzt werden. Wir gehen davon aus, dass wir nie einen Kundenauftrag erhalten, der Rohstoffe benötigt, die die Lagerkapazität überschreiten.

Damit der Ablauf in der Fabrik nachvollzogen werden kann, verwenden Sie das Terminal, um jeweils Meldungen auszugeben.

Erweitern Sie die Testklasse der Fabrik, wenn nötig, damit Sie überprüfen können, ob Ihre Bestellungen geliefert werden.

Punkte: 20

Abgabedatum: 04.12.2022 (23:59 CET)

Einzureichen:

- Implementierter und funktionsfähiger Code
- Testklasse
- Ein zip File mit Ihrem gesamten BlueJ Projekt

Bewertungskriterien:

- Implementierung Ihres Produktionsmanagement- und Lieferantenbestellprozesses, der zeigt, wie Sie die Bestellungen abarbeiten und die Produkte produzieren – **10 Punkte**
- Die richtige Funktionsweise des implementierten Codes – **3 Punkte**
- Die Qualität Ihrer Codeimplementierung – Strukturierung, Benennung, Kommentare, Fehlerbehandlung – **2 Punkte**
- Genügend Abdeckung der implementierten Tests, um die Funktionalität des Codes vollständig überprüfen zu können – 5 **Punkte**

Aufgabe 4 – Benutzeroberfläche (20 Punkte)

Erstellen Sie eine schöne GUI, die dem Fabrikleiter einen Überblick über den gesamten Prozess gibt. Die gleiche GUI kann verwendet werden, um die Aufträge einzugeben und ihren Status anzuzeigen. Seien Sie kreativ!

Punkte: 20

Abgabedatum: 31.12.2022 (23:59 CET)

Einzureichen:

- Ein zip File mit Ihrem gesamten BlueJ Projekt

Bewertungskriterien:

- Die GUI unterstützt die primären Anwendungsfälle – **10 Punkte**
- Die GUI verfügt über eine Implementierung und das verwendete Designmuster zeigt, dass sie leicht für zukünftige Anwendungsfälle erweitert werden kann – **10 Punkte**

Aufgabenübersicht

Aufgabe	**Inhalt**	**Punkte**	**Abgabedatum**
Aufgabe – 0	Anforderungsanalyse	keine	25.09.22 23:59
Aufgabe – 1	Implementierung – Teil 1	10	30.10.22 23:59
Aufgabe – 2	Implementierung – Teil 2	10	13.11.22 23:59
Aufgabe – 3	Implementierung – Teil 3	20	04.12.22 23:59
Aufgabe – 4	Benutzeroberfläche	20	31.12.22 23:59
Total		60	