

Prüfung

# Supply Chain Management

Prof. Dr. Matthias G. Wichmann  
MUSTERKLAUSUR

**Nachname:**

Last name .....

**Vorname:**

First name .....

**Matrikelnummer:**

Matriculation number .....

**Studiengang:**

Study program .....

**Prüfungsfähigkeit:**

State of health

Mit der Unterschrift bestätige ich, dass ich mich gesundheitlich in der Lage fühle die Prüfung durchzuführen.

With this signature I declare that I am feeling healthy to participate at the exam.

**Unterschrift:**

Signature .....

Vom Kontrollierenden auszufüllen:  
To be filled by the examiner:

Aufgabe	SCM		Gesamtpunktzahl
	SCM 1	SCM 2	
Maximale Punktzahl	30	30	60
Erreichte Punktzahl			

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

## **Bearbeitungshinweise**

- Überprüfen Sie sofort nach Erhalt die Vollständigkeit (15 Blätter inklusive Deckblatt) des Klausurexemplars.
- Schreiben Sie auf jede Seite die letzten drei Ziffern Ihrer Matrikelnummer.
- Zur Lösung – auch für Konzepte – sind nur die vorgesehenen Lösungsfelder zu benutzen. Wenn Sie darüber hinausgehend Platz benötigen, verwenden Sie zunächst die Rückseite des jeweiligen Blattes und vermerken Sie dies. Verwenden Sie kein eigenes Papier. Bei weiterem Platzbedarf wenden Sie sich bitte an die Aufsicht, um entsprechend gekennzeichnetes Papier zu erhalten.
- Die Antworten müssen in der Sprache der Fragen gegeben werden.
- Die Bearbeitungszeit ergibt sich aus dem Prüfungsmodus (Einzelklausur, Kombinationsklausur) und wird von der Aufsicht angekündigt.
- Als Hilfsmittel sind nur Schreib- und Zeichengeräte, eine halbe handschriftlich beschriebene A4 Seite sowie ein nichtkommunikationsfähiger Taschenrechner zulässig.

## **Instructions**

- Verify that your copy of the exam is complete (15 sheets including cover page).
- Write down the last three digits of your matriculation number on each sheet.
- Use the provided solution space for your answers. If you need additional space, use the back of the respective sheet and make a note. Do not use your own paper. Additional approved paper may be obtained from the supervisor.
- The answers must be given in the language of the questions.
- The allowed time depends on the type of exam (single exam, combined exam) and is announced by the supervisor.
- Allowed tools are writing and drawing utensils, half a handwritten A4 page and as well as a non-communicating calculator.

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

## Supply Chain Management

### Aufgabe SCM 1: Gestaltung von SC-Netzwerken (30 Punkte)

Sie arbeiten im Management eines Landmaschinenbauers. Neben der Herstellung neuer Maschinen und Fahrzeuge umfasst das Unternehmen auch eine Sparte für Wartungs- und Reparaturarbeiten bei Ihren Kunden (After-Sales-Service). Sie haben insgesamt 6 Regionen in Deutschland identifiziert, in denen Ihre Kunden ansässig sind. Bislang müssen die Kunden den Transport defekter oder wartungsbedürftiger Maschinen zu Ihnen selbst organisieren oder die, teils sehr weite, Anfahrt der Kundendienstmitarbeiter von der Hauptniederlassung bezahlen. Aufgrund von zunehmendem Konkurrenzdruck und dem Wunsch, die Kundenzufriedenheit im Bereich des After-Sales-Service zu verbessern, beschließen Sie, eine oder mehrere Reparaturwerkstätten in Kundennähe zu errichten.

- a) Sie beauftragen zunächst einen Werkstudenten, Informationen zur Standortplanung zusammenzutragen. Bei einem Gespräch stellt sich heraus, dass dieser angesichts der Fülle von Informationen verunsichert ist. Sie gehen deshalb ein paar Themen gemeinsam durch. Je Aufgabenteil sind zwei Antworten richtig. Sollten Sie mehr als zwei Aussagen ankreuzen, werden die ersten zwei gewertet. (6 Punkte)

Die Gestaltung von Supply Chain Netzwerken

- ist darauf ausgerichtet, alle Supply Chain-Akteure so nah wie möglich beieinander zu platzieren.
- bezieht auch die Zuordnung der zu fertigenden Produkte zu den Standorten mit ein.
- sollte der gewünschten Supply Chain-Reaktivität angepasst werden.
- dient dem Hauptziel der Kostenreduktion.

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

Folgende Aussagen zu Gestaltungsoptionen von Distributionsnetzwerken sind richtig:

- Die Lagerung im Einzelhandel mit Abholung durch den Kunden eignet sich besonders bei hoher Produktvielfalt.
- Im Sinne der Nachhaltigkeit sollte bei geringer Nachfrage der Modus „Lager beim Distributor mit Belieferung auf letzter Meile“ gewählt werden.
- Die Kennzahl „Produktverfügbarkeit“ ist bei Lagerung beim Hersteller mit Direktversand besonders gut.
- Die Lagerung im Einzelhandel mit Abholung durch den Kunden eignet sich nicht, wenn der Fokus auf hohen Umschlagsraten liegt.

Das Steiner-Weber-Modell

- ist analytisch nicht lösbar.
- benötigt eine begrenzte Anzahl potentieller Standorte.
- liefert unter Umständen nicht realisierbare Lösungen.
- minimiert die Anzahl der zu eröffnenden Niederlassungen.

### ### MUSTERLÖSUNG ###

Die Gestaltung von Supply Chain Netzwerken

- ist darauf ausgerichtet, alle Supply Chain Akteure so nah wie möglich beieinander zu platzieren.
- bezieht auch die Zuordnung der zu fertigenden Produkte zu den Standorten mit ein.
- sollte der gewünschten Supply Chain Reaktivität angepasst werden.
- dient dem Hauptziel der Kostenreduktion.

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

Folgende Aussagen zu Gestaltungsoptionen von Distributionsnetzwerken sind richtig:

- 
- Die Lagerung im Einzelhandel mit Abholung durch den Kunden eignet sich besonders bei hoher Produktvielfalt.
  - Im Sinne der Nachhaltigkeit sollte bei geringer Nachfrage der Modus „Lager beim Distributor mit Belieferung auf letzter Meile“ gewählt werden.
  - Die Kennzahl „Produktverfügbarkeit“ ist bei Lagerung beim Hersteller mit Direktversand besonders gut.
  - Die Lagerung im Einzelhandel mit Abholung durch den Kunden eignet sich nicht, wenn der Fokus auf hohen Umschlagsraten liegt.

Das Steiner-Weber-Modell

- ist analytisch nicht lösbar.
- benötigt eine begrenzte Anzahl potentieller Standorte.
- liefert unter Umständen nicht realisierbare Lösungen.
- minimiert die Anzahl der zu eröffnenden Niederlassungen.

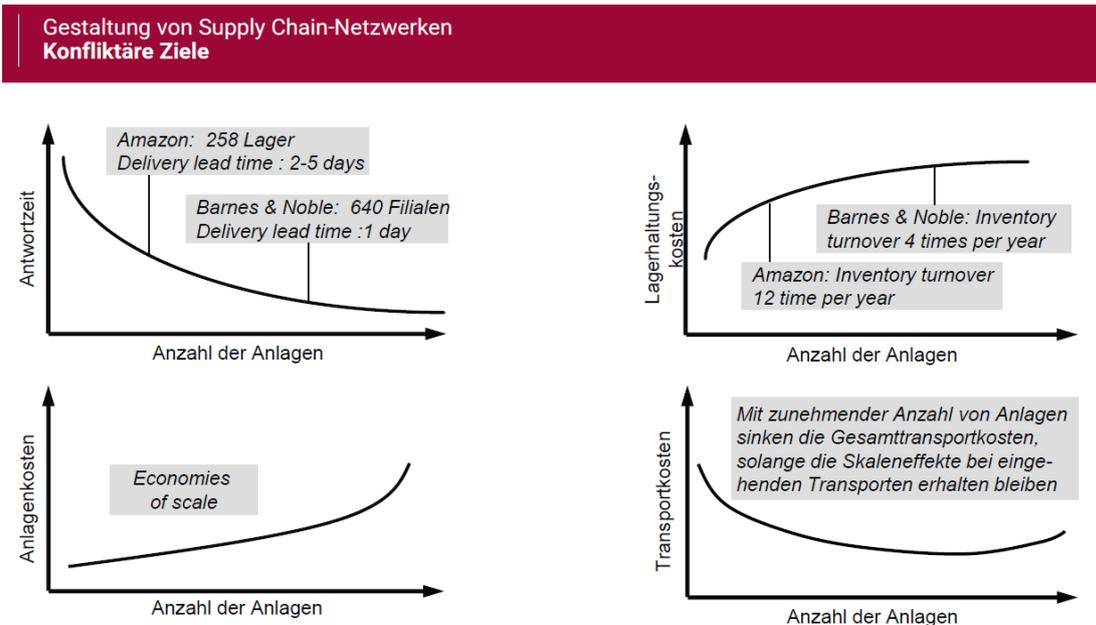
**###MUSTERLÖSUNG ENDE###**

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

- b) Nennen und beschreiben Sie eine Zielgröße, die bei der Gestaltung von Supply Chain-Netzwerken mit anderen konfliktär sein kann, anhand eines selbstgewählten Beispiels. (3 Punkte)

### ### MUSTERLÖSUNG ###

1 Punkt für's Nennen, 2 Punkte für Beschreibung am Beispiel



###MUSTERLÖSUNG ENDE###

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

c) Bei Ihrer Recherche zur Standortplanung stoßen Sie auf folgendes Modell, das Ihnen aufgrund Ihres Studiums bekannt vorkommt:

### Daten

$d_{ij}$  Distanz zwischen Kunde  $i$  und Standort  $j$

$S_i$  Max. Entfernung des Kunden  $i$  zu dem ihm zugeordneten Standort  $j$

### Variablen

$x_j$  Entscheidung, ob Standort  $j$  in Betrieb genommen wird

$y_{ij}$  ?

### Zielfunktion

$$\min z = \sum_{j=1}^n x_j$$

### Nebenbedingung (1)

$$d_{ij} \cdot y_{ij} \leq S_i \quad \forall i, j$$

### Nebenbedingung (2)

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i$$

### Nebenbedingung (3)

$$x_j \geq y_{ij} \quad \forall i, j$$

### Nebenbedingung (4)

$$x_j \in \{0,1\}; y_{ij} \in \{0,1\}$$

- Welches Planungsproblem beschreibt es? *Nennen* Sie den Namen und *erläutern* Sie die Zielfunktion.
- *Nennen* Sie vier Voraussetzungen, die für eine Anwendung gegeben sein müssen.
- Wofür steht die Variable  $y_{ij}$ ?
- *Erläutern* Sie zudem die Aussage von Nebenbedingung (3). Was bedeutet konkret folgende Ausprägung:  $x_4 > y_{24}$  mit  $x_4 = 1$  und  $y_{24} = 0$ ?

(9 Punkte)

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

**### MUSTERLÖSUNG ###**

Covering (Location) Problem (1 P). Ziel: Anzahl der aktiven/zu eröffnenden Standorte minimieren (1 P)

Voraussetzungen: Kundenstandorte (1 P), eine endliche Anzahl potentieller Standorte (1 P), Entfernungen zw. Kunden und Standorten (1 P), maximal erlaubte Entfernung (1 P)

$y_{ij}$ : Zuordnung eines Kunden  $i$  zum Standort  $j$ . (1 P)

Nebenbedingung (3): Kunden können nur einem aktiven Standort zugeordnet werden. (1 P)

Konkret: Standort 4 ist aktiv, aber nicht Kunde 2 zugeordnet. (1 P)

**### MUSTERLÖSUNG ENDE###**

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

d) Dank Zuarbeit des Werkstudierenden liegen Ihnen nun die Fahrtzeiten (in Stunden) zwischen einzelnen Kundenregionen vor:

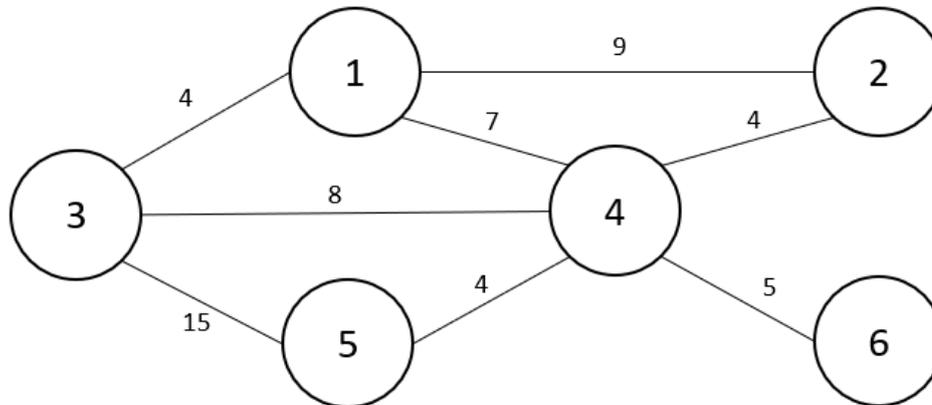


Abbildung SCM1.1: Entfernungen zwischen Kundenregionen

Potentielle Werkstätten sollen jeweils direkt in den Kundenregionen angesiedelt werden. Selbstverständlich möchten Sie so wenig Werkstätten wie möglich errichten, ohne jedoch die Kundenzufriedenheit zu gefährden. Deshalb beschließen Sie, dass Ihre Werkstätten innerhalb von 5 Stunden durch die Kunden erreichbar sein sollen.

Erstellen Sie die Überdeckungsmatrix mit Kunden in den Zeilen und Werkstattniederlassungen in den Spalten. Wenden Sie die Ihnen bekannten Reduktionsregeln an. Welche Standorte müssen eröffnet werden, um alle Kunden versorgen zu können? (6 Punkte)

K \ W	1	2	3	4	5	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Hinweis: Tie-Break-Regel: Sollten mehrere Zeilen oder Spalten gleich sein, streichen Sie die mit der höheren Zahl bzw. dem größeren Index.

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

**### MUSTERLÖSUNG ###**

K \ W	1	2	3	4	5	6
1	1	0	1	0	0	0
2	0	1	0	1	0	0
3	1	0	1	0	0	0
4	0	1	0	1	1	1
5	0	0	0	1	1	0
6	0	0	0	1	0	1

2 Punkte für Überdeckungsmatrix (je Fehler 1 P Abzug)

2 Punkte für Reduktion (je Fehler ein 1 P Abzug)

Standorte 1 und 4 (2 P)

**###MUSTERLÖSUNG ENDE###**

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

- e) Auf Ihre Empfehlung hin werden Werkstätten für den After-Sales-Service eröffnet, durch die alle Kundenregionen binnen 5 Stunden Fahrtzeit versorgt werden können. Allerdings können diese aufgrund ihrer Ausstattung nur gängige Reparaturen und Wartungen durchführen. Sobald Arbeiten an den Sensoren nötig sind, wird ein Spezialist benötigt, für den die maximale Fahrtzeit nicht gilt. Dieser benötigt keine eigene Werkstatt sondern höchstens kleines Ersatzteillager, das in jedem beliebigen Ort leicht errichtet oder angemietet werden könnte. Somit gibt es für die Wahl des Standortes des Ersatzteillagers zunächst keine konkreten Vorgaben vom Unternehmen. *Argumentieren* Sie, welche Zielstellung und welche Rahmen- bzw. Nebenbedingungen Ihnen für die Lösung des Problems sinnvoll erscheinen. *Beschreiben* Sie, wie Sie vorgehen, um einen geeigneten Standort für den Spezialisten zu finden. *Zeigen* Sie, wenn nötig, Schwächen der von Ihnen gewählten Herangehensweise auf. (6 Punkte)

### ### MUSTERLÖSUNG ###

Zum Beispiel einfache „Schwerpunkt“-Berechnung mit Hilfe von Koordinaten (vereinfachter Steiner-Weber, da keine Bedarfe der Kunden bekannt sind und deshalb keine Gewichtung möglich ist) – Ziel: Entfernung zu Kunden minimieren

Steiner-Weber: Ebenfalls Entfernung minimieren; Ermittlung der durchschnittlichen Bedarfe der Kunden oder vielleicht der „Kundendichte“ je Region sinnvoll, um Gewichtung vornehmen zu können

Schwächen beider Verfahren: Lösung evtl. nicht realisierbar, da Koordinaten bereits „belegt“

1-Center-Problem: Die Kundenregion, die die geringste Entfernung zu allen anderen Regionen aufweist, „beherbergt“ Spezialist. Ziel: Minimale Entfernung zur Kundengesamtheit.

Schwäche: Festlegung, dass Spezialist in einem der Kundenregionen „sitzen“ muss

### ###MUSTERLÖSUNG ENDE###

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

## Aufgabe SCM 2: Bestandsmanagement

(30 Punkte)

Hinweis: Beachten Sie den Anhang.

Sie arbeiten bei einem kleinen Modelabel, welches ausgefallene Kleidung herstellt. Die jährliche Winterkollektion wird jeweils in limitierter Stückzahl aufgelegt und ist sehr begehrt. Entworfen wird sie in Deutschland, jedoch aus Kostengründen in Bangladesh produziert.

Sie planen derzeit die Winterkollektion, die im September 2024 vorgestellt und ab 1. Oktober erhältlich sein wird. Um Transportkosten zu sparen, wird diese einmalig als Containerlieferung geordert – eine Nachbestellung ist nicht möglich, da diese vermutlich erst am Ende der Saison eintreffen würde. Sie wollen vermeiden, dass am Ende der Saison Bestände zurückbleiben, die mit erheblichen Rabatten verkauft werden müssten. Auf der anderen Seite möchten Sie jedoch nicht, dass die Fans der Kollektion leer ausgehen.

- a) Im Team kommt die Frage auf, ob Sicherheitsbestände nötig sind, um die Kundenzufriedenheit sicherzustellen. *Erläutern* Sie den Begriff Sicherheitsbestand. *Nennen* und *erläutern* Sie drei weitere Bestandsarten und ihre Funktion in der Supply Chain. (7 Punkte)

### ###MUSTERLÖSUNG###

Sicherheitsbestand: Lagerbestand zur Deckung einer Nachfrage, die die Erwartungen überschreitet (V Kapitel 3, F. 44)

 <b>Bestandsmanagement</b> <b>Arten von Beständen und Rollen in Supply Chains</b>		
Bestandsart	Rolle in der Supply Chain	Beispiel
Umlaufbestand	Ausnutzung von Skaleneffekten (in Herstellung und Transport)	Rüstkosten in der Herstellung, Preise für Full-Truck-Loads im Transport
Saisonaler Bestand	Kompensation saisonaler Schwankungen	Landwirtschaftliche Produkte (Angebot) Feiertagsprodukte (Nachfrage)
Pipeline-Bestand	Transport zwischen Zulieferer und Kunden	Waren im Seefrachtcontainer
Work-in-process-Bestand	Durchläuft einen Alterungsprozess	Käse, Whisky, (Zwischen-) Produkte im Produktionsprozess
Spekulativer Bestand	Absicherung gegen Preisschwankungen	Edelmetalle, Brennstoffe
Sicherheitsbestand	Kompensation der Variabilität von Angebot und Nachfrage	Unsichere Nachfrage, unsichere Wiederbeschaffungszeiten
Notvorrat	Erfüllung von Anforderungen an die Reaktionszeiten	Vorbeladene LKW mit Notfallunterkünften und abgefülltem Wasser in Hurrikan-Regionen, strategische Ölreserven

Goetschalckx (2011), S. 433-435

### ###MUSTERLÖSUNG ENDE###

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

b) Die vorherigen Jahre haben gezeigt, dass die Nachfrage nach Wintermänteln normalverteilt ist und einen Erwartungswert von 750 sowie eine Standardabweichung von 65 Stück aufweist. Jeder Wintermantel kostet im Einkauf 200 Euro und wird in den Geschäften für 350 Euro angeboten. Restbestände werden nach der Saison 150 Euro abverkauft.

- *Wie lautet* die optimale Bestellmenge, wenn Sie sich vorrangig an den Kosten des Über- und Unterbestandes orientieren? *Schreiben* Sie die Rechenschritte nachvollziehbar auf.
- *Wie viel* Gewinn erwarten Sie bei Anwendung der optimalen Bestellmenge? Bitte *schreiben* Sie die verwendete Formel mit eingesetzten Werten auf.
- *Erreichen* Sie mit dieser Bestellmenge einen  $\alpha$ -Servicegrad von 90 % *Warum* (nicht)? Falls nein – müsste die Bestellmenge höher oder niedriger sein, um diesen Servicegrad sicherzustellen?

(9 Punkte)

### ###MUSTERLÖSUNG###

$$Q^* = \mu + z \cdot \sigma$$

$$\text{mit } z = F^{-1}(CSL)$$

$$CSL = \frac{c_u}{c_u + c_o} = \frac{150}{150 + 50} = 0,75 \quad (1 \text{ P.})$$

$$z = 0,67$$

$$Q^* = 750 + 0,6745 \cdot 65 = 793,55 \approx 794 \quad (1 \text{ P.})$$

$$G(Q) = (p - b) \cdot \mu \cdot F_s\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right) - (p - b) \cdot \sigma \cdot f_s\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right) - Q \cdot (c - b) \\ \cdot F_s\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right) + Q \cdot (p - c) \cdot \left[1 - F_s\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right)\right]$$

$$\text{Annahme: } Q = 794$$

$$\text{mit } \frac{Q - \mu}{\sigma} = \frac{794 - 750}{65} \approx 0,68 \quad (1 \text{ P.})$$

$$F(0,68) = 0,7517 \quad (1 \text{ P.})$$

$$f(0,68) = 0,3166 \quad (1 \text{ P.})$$

$$G(Q) = (350 - 150) \cdot 750 \cdot 0,7517 - (350 - 150) \cdot 65 \cdot 0,3166 - 794 \\ \cdot (200 - 150) \cdot 0,7517 + 794 \cdot (350 - 200) \cdot [1 - 0,7517]$$

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

$$G(Q^*) = 108.387,79 \text{ €} \quad (1 \text{ P.})$$

Oder mit  $z = 0,67$

$$F(0,67) = 0,7486$$

$$f(0,67) = 0,3187$$

$$G(Q) = (350 - 150) \cdot 750 \cdot 0,7486 - (350 - 150) \cdot 65 \cdot 0,3187 - 794 \\ \cdot (200 - 150) \cdot 0,7486 + 794 \cdot (350 - 200) \cdot [1 - 0,7486]$$

$$G(Q^*) = 108.353,56 \text{ €}$$

Rechnung mit exaktem  $Q$ :  $G = 108.368,90 \text{ €}$

Nein. Entspricht  $\alpha$ -Servicegrad von 75 %; bei 90 % wäre Bestellmenge höher.  
(3 P.)

**###MUSTERLÖSUNG ENDE###**

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

c) Neben den angesagten Kollektionen pflegt das Modelabel eine Kooperation mit einigen Kultureinrichtungen. Sie beliefern diese monatlich mit insgesamt 200 Basecaps zur Verteilung an Kindergruppen. Das Modelabel bezieht die Basecaps für 1,50 € pro Stück von einem Lieferanten, der pro Bestellung 8 € für Versand und Verpackung berechnet. Die Lagerhaltungskosten betragen 15 % p. a. des Warenwertes.

- Bei *welcher* Bestellmenge sind die Kosten für Lagerhaltung und Bestellaufwand minimal?
- *Wie oft* muss diese Menge im Jahr bestellt werden?
- *Wie hoch* sind die jährlichen bestellfixen Kosten sowie die Lagerhaltungskosten?

(4 Punkte)

**###MUSTERLÖSUNG###**

$$Q^* = 413,12 \text{ (1 P.)}$$

$$\text{Anzahl Lose} = 5,81 \text{ (1 P.)}$$

$$\text{Kosten} = 46,48 + 46,48 = 92,96 \text{ (2 P.)}$$

**###MUSTERLÖSUNG ENDE###**

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

- d) Das Modelabel prüft die Übertragung die Lagerhaltung der Basecaps aus Aufgabenteil c) auf einen Dienstleister. Dieser verlangt je Einlagerungsvorgang eine Pauschalgebühr  $G$  (diese fällt zusätzlich zu den Kosten der Kapitalbindung an). *Wie lautet die Formel zur Bestimmung der jährlichen Lagerhaltungskosten unter Einbeziehung der Pauschalgebühr? Hat dies Auswirkungen auf die optimale Losgröße der Basecaps? Falls ja, steigt oder sinkt sie? Begründen Sie in jedem Fall Ihre Antwort.* (6 Punkte)

**###MUSTERLÖSUNG###**

$$K_{Lager} = \frac{Q^*}{2} \cdot h \cdot c + \frac{D}{Q^*} \cdot G \quad (2 \text{ P})$$

Ja (1 P), es hat Auswirkungen auf  $Q^*$  - die Losgröße steigt (1 P), um die Anzahl der Einlagerungsvorgänge zu reduzieren (2 P).

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(S+G)}{h \cdot c}} \quad (\text{Angabe der Formel nicht erforderlich})$$

**###MUSTERLÖSUNG ENDE###**

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

- e) Das Modelabel entscheidet sich gegen das Outsourcing der Lagerhaltung. Nun meldet sich der Lieferant der Basecaps. Er hat berechnet, dass es für die Supply Chain vorteilhafter wäre, wenn Sie immer in Losen à 500 Stück bestellen. Sie argumentieren jedoch, dass Ihre Kosten dadurch höher wären, als wenn Sie immer die von Ihnen unter c) ermittelte Menge ordern. Sie beschließen, einen losgrößenabhängigen Rabatt zu fordern, um die gleichen Kosten wie bei der lokalen Optimierung zu erhalten. Welche Höhe muss dieser Rabatt aufweisen?

Hinweis: Es gelten die in Aufgabenteil c) angegebenen Preise und Kosten. Sollten Sie keine jährlichen Gesamtkosten berechnet haben, gehen Sie von 90 € aus. Dokumentieren Sie Ihren Rechenweg. (4 Punkte)

### ###MUSTERLÖSUNG###

$$Rabatt \geq \frac{\frac{D}{Q_{SC}^*} \cdot S_E + \frac{Q_{SC}^*}{2} \cdot h_E \cdot C_E - K_E^{KeinRabatt}}{\frac{Q_{SC}^*}{2} \cdot h_E + D}$$

$$Rabatt \geq \frac{\frac{2400}{500} \cdot 8 + \frac{500}{2} \cdot 0,15 \cdot 1,5 - 92,96}{\frac{500}{2} \cdot 0,15 + 2400}$$

$$Rabatt \geq 0,00069678$$

Kosten von 90 Euro:  $Rabatt \geq 0,0019077$

3 Punkte für richtige Werte in Formel (je Fehler ein Punkt weniger), 1 Punkt für Ergebnis

### ###MUSTERLÖSUNG ENDE###

Letzte drei Ziffern der Matrikelnummer:

### ANHANG – Eventuell benötigte Formeln

$$Q^* = \mu + z \cdot \sigma$$

mit  $z = F^{-1}(CSL)$  oder  $z = F^{-1}(\alpha)$  oder  $z = L^{-1}\left(\frac{(1-\beta) \cdot \mu}{\sigma}\right)$

$$CSL = \frac{c_u}{c_u + c_o}$$

z	f <sub>01</sub> (z)	F <sub>01</sub> (z)	L(z)	z	f <sub>01</sub> (z)	F <sub>01</sub> (z)	L(z)	z	f <sub>01</sub> (z)	F <sub>01</sub> (z)	L(z)
0,14	0,3951	0,5557	0,3328	0,64	0,3251	0,7389	0,1580	1,14	0,2083	0,8729	0,0634
0,15	0,3945	0,5596	0,3284	0,65	0,3230	0,7422	0,1554	1,15	0,2059	0,8749	0,0621
0,16	0,3939	0,5636	0,3240	0,66	0,3209	0,7454	0,1528	1,16	0,2036	0,8770	0,0609
0,17	0,3932	0,5675	0,3197	0,67	0,3187	0,7486	0,1503	1,17	0,2012	0,8790	0,0596
0,18	0,3925	0,5714	0,3154	0,68	0,3166	0,7517	0,1478	1,18	0,1989	0,8810	0,0584
0,19	0,3918	0,5753	0,3111	0,69	0,3144	0,7549	0,1453	1,19	0,1965	0,8830	0,0573
0,20	0,3910	0,5793	0,3069	0,70	0,3123	0,7580	0,1429	1,20	0,1942	0,8849	0,0561
0,21	0,3902	0,5832	0,3027	0,71	0,3101	0,7611	0,1405	1,21	0,1919	0,8869	0,0550

Abbildung 2 Auszug aus der tabellierten Standardnormalverteilung<sup>1</sup>

$$O(Q) = (Q - \mu) \cdot F_S\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right) + \sigma \cdot f_S\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right)$$

$$U(Q) = (\mu - Q) \cdot \left[1 - F_S\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right)\right] + \sigma \cdot f_S\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right)$$

$$G(Q) = (p - b) \cdot \mu \cdot F_S\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right) - (p - b) \cdot \sigma \cdot f_S\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right) - Q \cdot (c - b) \\ \cdot F_S\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right) + Q \cdot (p - c) \cdot \left[1 - F_S\left(\frac{Q - \mu}{\sigma}\right)\right]$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{T - N} \sum_{t=1}^T (D_t - F_t)^2$$

$$R \geq \frac{\frac{D}{Q_{SC}^*} \cdot S_E + \frac{Q_{SC}^*}{2} \cdot h_E \cdot C_E - K_E^{KR}}{\frac{Q_{SC}^*}{2} \cdot h_E + D}$$

$$q_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \mu^{Jahr} \cdot (S + L(z_0) \cdot \sigma_{DLT} \cdot u)}{h \cdot c}}$$

$$C(s^*, q^*) = c \cdot \mu^{Jahr} + \frac{\mu^{Jahr}}{q^*} \cdot S + \left(s^* - \mu_{DLT} + \frac{q^*}{2}\right) \cdot h \cdot c$$

$$C(Q^*) = (c_u + c_o) \cdot \sum_{x=0}^{Q^*} (Q^* - x) \cdot p_x + c_u \cdot \mu - c_u \cdot Q^*$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{h \cdot c}} \quad C(Q^*) = \frac{D}{2} \cdot S + \frac{Q^*}{2} \cdot h \cdot c$$

<sup>1</sup> Thonemann, U. (2015), Operations Management, Pearson, S. 247 ff.