

WORKING PAPER

BEER GAME

*Gamification in Lehre und Forschung
zur Optimierung von Supply Chains*

Autoren: Prof. Dr. Rolf Ibal, Prof. Dr. Monika Söndegrath, Peter
Steinkuhl, Konstantin Struth

Datum: 30.01.2026

IMPRESSUM

Veröffentlichung:

CBS University of Applied Sciences
Bahnstr. 6-8
50996 Köln
cbs.de
ISSN: 2195-6618

Inhalt:

Prof. Dr. Rolf Ibal, Prof. Dr. Monika Söndgerath, Peter Steinkuhl, Konstantin Struth

Bilder:

CBS University of Applied Sciences

Design:

CBS University of Applied Sciences

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	4
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
TABELLENVERZEICHNIS	6
1 EINLEITUNG	7
2 ANALYSE UND OPTIMIERUNG VON LIEFERKETTEN MIT SIMULATIONSSPIELEN	9
2.1 GAMIFICATION	9
2.2 BEER INVENTORY GAME ZUR GESTALTUNG DER LIEFERKETTE	10
2.2.1 EXCEL-VARIANTE DES SPIELS	11
2.2.2 ONLINE-VARIANTE DES BEER INVENTORY GAMES	14
2.3 SIMULATIONSSPIEL ZUM OPERATIVEN MANAGEMENT DER LIEFERKETTE	17
3. ANWENDUNG UND TEST DES BEER INVENTORY GAMES	19
3.1 SPIEL DES BEER INVENTORY GAMES MIT STUDIERENDEN	19
3.2 ERMITTLUNG DER DISTRIBUTIONSSTRUKTUREN MIT KÜNSTLICHEN INTELLIGENZEN	21
3.3 EVALUATION DER ERGEBNISSE	22
4 ERWEITERUNG DES BEER DISTRIBUTION GAMES	25
4.1 HINTERGRÜNDE	25
4.2 NEUE DIMENSIONEN DES BEER DISTRIBUTION GAMES	25
4.3 SCHNITTSTELLEN UND KÜNSTLICHE INTELLIGENZ	26
5 FAZIT UND AUSBLICK	28
LITERATURVERZEICHNIS	30
ANHANG 1	31
ANHANG 2	33

ZUSAMMENFASSUNG

In dem vorliegenden CBS-Working-Paper werden einerseits Erfahrungen mit den für die Lehre einsetzbaren Simulationsspielen Beer Inventory Game und andererseits Erweiterungsmöglichkeiten für das Beer Distribution Game vorgestellt. Beide Simulationsspiele eignen sich zur ganzheitlichen Analyse und Optimierung von Supply Chains, insbesondere bei mehrstufigen Lieferketten mit mehreren Akteuren, es lassen sich verschiedene Effekte simulieren und Handlungsempfehlungen ableiten.

Das Beer Inventory Game fokussiert die optimale Standortwahl zwischen zentralen und dezentralen Standorten und das Beer Distribution Game hat die Analyse des Bullwhip-Effektes im Fokus. Es wird gezeigt, dass das als Excel Variante vorliegende Beer Inventory Game in eine Online-Variante überführt und über eine Webseite gespielt werden kann. Die Fragestellung des Spiels wird zu Lehr- und Schulungszwecken Studierenden, aber auch KIs gestellt. Das Spiel eignet sich darüber hinaus auch, um Kostenabschätzungen durchzuführen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden zunächst eine Online-Variante des Beer Inventory Games erstellt, die Randbedingungen für die Durchführung eines Tests festgelegt und die Fragestellung des Spiels „Suche eine kostengünstige Distributionsstruktur unter Einhaltung der gegebenen Randbedingungen“ Studierenden und verschiedenen KIs mit unterschiedlichen Promptings gegeben. Insgesamt wurden 14 Studierendengruppen und 4 verschiedene KIs mit jeweils 2, von der Formulierung unterschiedlichen, aber inhaltlich redundanten Promptings befragt. Insgesamt konnten so 14 Antworten von Studierendengruppen und 8 Antworten von den KIs, also insgesamt 22 Antworten, ausgewertet werden.

Besonders interessante Erkenntnisse sind, dass nach nur wenigen Minuten erstens die KIs schlechtere Ergebnisse lieferten als die Studierenden und zweitens, dass weder die KIs noch die Mehrheit der Studierenden eine optimale Antwort gaben. Dennoch waren die Studierendengruppen und auch die KIs von ihren Antworten überzeugt. In jedem Fall wurde die genannte Distributionsstruktur als optimale Distributionsstruktur bezeichnet. Alle 22 Antworten waren dahingehend gute Antworten, weil sie nicht weit von dem Optimum entfernt waren, aber nur 3 Antworten der Studierendengruppen trafen das Optimum.

Für das Beer Distribution Game, das den Autoren bereits als Online-Variante vorliegt und von diesen weiterentwickelt wird, werden Kombinations- und Erweiterungsmöglichkeiten vorgestellt. Es zeigt sich, dass das erweiterte Simulationsspiel für die Lehre vieler betriebswirtschaftlicher Fragestellungen eingesetzt werden kann, insbesondere für logistische Fragestellungen und Nachhaltigkeitsaspekte. Darüber hinaus kann es als Entscheidungshilfe im operativen und strategischen Management dienen, wenn zusätzliche Flexibilitäten, Zielgrößen, Entscheidungsparameter und Entscheidungsalgorithmen oder künstliche Intelligenzen hinzugefügt werden. Eine Abwandlung des Spiels hin zu einem digitalen Zwilling wird möglich, wenn zusätzlich zu den Erweiterungen Schnittstellen zu Kennzahlen operativer Geschäftsabläufe implementiert werden.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Eingabematrix. Quelle: Deckert et al. 2017	11
Abb. 2: Kosten. Quelle: Deckert et al. 2017	12
Abb. 3: Rohdaten. Quelle: Deckert et al. 2017	13
Abb. 4: Nachgefragte Mengen. Quelle: Deckert et al. 2017	14
Abb. 5: Startseite Online-Version des "Beer Inventory Games" am 12.04.2025. Quelle: Wibfin 2025	15
Abb. 6: Spielumgebung der Online-Version am 12.04.2025. Quelle: Wibfin 2025.....	16
Abb. 7: Startseite Online-Version des "Beer Distribution Games" am 12.04.2025. Quelle: Wibfin 2025	18
Abb. 8: Den optimalen Distributionsstrukturen (Lösungen L) L1 bis L4 mit dem Algorithmus des Beer Inventory Games zugeordnete Gesamtkosten.	23

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Eingabematrix	19
Tab. 2: Von KIs ermittelte Distributionsstrukturen	21
Tab. 3: Von KIs und Studierenden ermittelte Lieferstrukturen L1 bis L4.....	22

1 EINLEITUNG

Gamification in der Lehre, bzw. dem Einsatz von Simulationsspielen in Bildungssystemen wurde in den letzten Jahren eine immer stärker werdende Aufmerksamkeit gewidmet. Spielen und spielerisches Lernen ist ein natürlicher Bestandteil des menschlichen Lernens. Insbesondere Kinder erwerben wesentliche Fähigkeiten durch spielerische Aktivitäten. Aber auch im universitären Lernen bietet der Einsatz von Lernspielen zahlreiche Vorteile. Ein zentraler Vorteil liegt in der Steigerung der Motivation. Spiele triggern intrinsische Motivationen, indem sie i.d.R. herausfordernde, aber lösbare Aufgaben und Probleme bieten, manchmal auch für den Wettbewerb, die durch eine unmittelbare Bestätigung der spielerischen Aktivitäten oder z.B. durch ein belohnendes Feedback anerkannt werden (Gee, 2003). Wenn Spielergebnisse quantitativ bewertet werden, z.B. durch ein Punktesystem, aber auch sportliche Spielergebnisse, wie z.B. das Messen einer Zeit, wird die langfristige Motivation gefördert, insbesondere dann, wenn diese mit besonderen Auszeichnungen oder in einer Bestenliste gepflegt werden (Hamari et al. 2014).

Die vorliegende Arbeit fokussiert zwei in der Lehre eingesetzte Simulationsspiele. Das in einer Excel Version vorliegende Beer Inventory Game (Deckert et al. 2017) und das Beer Distribution Game (Massachusetts Institute of Technology, 2012). Bei beiden Spielen steht das Produkt Bier und die Lieferkette im Vordergrund. Die Lieferkette setzt sich aus mehreren interdependenten Akteuren bzw. Stufen zusammen. Das sind Produzenten, Lieferanten, Logistikdienstleister, Großhändler oder auch Einzelhändler. Beide Spiele eignen sich zur ganzheitlichen Analyse und Optimierung von Lieferketten beliebiger Produkte, insbesondere bei mehrstufigen Lieferketten mit mehreren Akteuren lassen sich verschiedene Zusammenhänge erkennen, Effekte simulieren und Handlungsempfehlungen ableiten.

Ziel des Beer Inventory Game ist es, strategische Entscheidungen für eine einfache Lieferstruktur einer Großbrauerei zu treffen, um unter gegebenen Randbedingungen Kosten zu optimieren. Das Spiel wurde zur Vermittlung von Zusammenhängen der Supply Chain, insbesondere zur Anzahl der Lagerstufen und damit zur Berechnung von Sicherheitsbeständen sowie deren Auswirkungen auf Transport- und Lagerkosten entwickelt.

Motivation zur Entwicklung des Beer Inventory Games war das 1960 am MIT entwickelte Beer Distribution Game, das in seiner ursprünglichen Form ein Brettspiel ist. Es wurde und wird auch heute von vielen Dozierenden zur Lehre des Bullwhip-Effektes¹ (Weisz et al. 2022) eingesetzt. Im Rahmen des Spiels wird eine einfache vierstufige Supply Chain, bzw. Lieferkette simuliert. Ziel des Beer Distribution Games ist es, das Phänomen des Bullwhip-Effektes didaktisch aufzubereiten, indem die Teilnehmenden exemplarisch die Rollen verschiedener Akteure innerhalb einer Bier-Lieferkette übernehmen. Durch die Eingabe individueller Bestellmengen je Akteur werden typische Lieferkettenprozesse simuliert. Auf diese Weise fördert das Spiel das Verständnis für die

¹ Der Bullwhip-Effekt, auch bekannt als Peitscheneffekt, beschreibt das Phänomen, dass kleine Schwankungen in der Kundennachfrage zu immer stärkeren Schwankungen in der gesamten Lieferkette führen. Diese Schwankungen nehmen zu, je weiter man sich von den Endkunden in Richtung der Rohstofflieferanten bewegt. Der Bullwhip-Effekt kann erhebliche Auswirkungen auf Lagerbestände, Transportkosten, CO₂ Ausstöße, Kapitalbindung und damit die Effizienz der einzelnen Akteure und der gesamten Lieferkette haben.

wechselseitigen Abhängigkeiten innerhalb der Supply Chain sowie für die zentrale Bedeutung unternehmensübergreifender Kommunikation und Kooperation. Es wird verdeutlicht, dass Akteure nicht isoliert, sondern als integraler Bestandteil eines vernetzten Gesamtsystems agieren sollten.

Die Autoren und viele weitere Dozierende setzen diese und andere Spiele, i.d.R. digitalisierte Spiele, in ihren Lehrveranstaltungen ein. Damit stoßen sie bei den Studierenden und bei deren Arbeitgebern auf eine sehr große Akzeptanz. Bei spielerisch vermittelten Lerninhalten werden die Lernenden in aktive Rollen versetzt, weshalb sie die Lernstoffe, erlebnisbasiert wesentlich nachhaltiger erlernen und Zusammenhänge erkennen. Gespräche mit ehemaligen Studierenden und noch aktiven in höheren Semestern zeigen das deutlich. An die Erfahrungen und Lerninhalte während ihrer frühen Studienzeit, die durch die Teilnahme an Simulationsspielen unterrichtet wurden, konnten sich die Studierenden in höheren Semestern und auch die ehemaligen Studierenden deutlich besser erinnern. Die Spieleerfahrung hatten alle Befragten ausnahmslos sehr positiv in Erinnerung. Die gelernten Studieninhalte verschiedener Lehrveranstaltungen können gut vernetzt und verinnerlicht werden, was den Lernerfolg deutlich steigert. Einige der ehemaligen Studierenden äußerten auch den Wunsch, Managementschulungen ähnlich strukturiert anzubieten.

Da die Autoren der Studie an der Entwicklung der oben genannten Spiele, des Beer Inventory Games und des Beer Distribution Games, aktiv mitwirkten, können sie die Spiele einerseits kostenlos in ihren Lehrveranstaltungen einsetzen und beteiligen sich andererseits aktiv an der Weiterentwicklung der Spiele. Motivationen für die vorliegende Studie sind deshalb intrinsischer Natur und sollen folgende Forschungsfragen beantworten:

- 1.) Kann das Beer Inventory Game über eine Internetplattform online angeboten werden, sodass es einer größeren Anzahl von Spielern zugänglich wird?
- 2.) Können künstliche Intelligenzen die dahinterliegende Fragestellung besser lösen als Studierende bzw. Menschen?
- 3.) Wie kann das Beer Distribution Game erweitert werden, sodass es realitätsnäher wird und sind Erweiterungen möglich, mit denen beide Spiele kombiniert werden können?

In dem vorliegenden CBS-Working-Paper werden verschiedene Aussagen und Studien zu dem Thema Gamification vorgestellt. Insbesondere werden die Spiele Beer Inventory Game und Beer Distribution Game im Hinblick auf Erweiterungsmöglichkeiten analysiert und Erkenntnisse aus dem Einsatz dieser Spiele in der Lehre erörtert. Die Spielergebnisse des Beer Inventory Games mit Studierenden und mit künstlichen Intelligenzen als Spieler werden miteinander verglichen.

Darüber hinaus werden bestehende und bereits umgesetzte Erweiterungen und zusätzliche Erweiterungsmöglichkeiten des Beer Distribution Games vorgestellt.

Alle nicht zitierten Aussagen basieren auf Erfahrungen, Umfragen und Forschungsergebnissen der Autoren.

2 ANALYSE UND OPTIMIERUNG VON LIEFERKETTEN MIT SIMULATIONSSPIELEN

2.1 GAMIFICATION

Wenn neue Inhalte in einem interaktiven und unterhaltsamen, kompetitiven Kontext eingebettet sind, setzen sich Lernende, bzw. Spieler, intensiver mit den neuen Inhalten auseinander, als wenn diese im Rahmen eines Frontalunterrichts oder eines Textes zu erlernen sind.

Darüber hinaus fördern Lernspiele spezifische Vorgehensweisen, um Probleme zu lösen sowie analytisches und strategisches Denken. Insbesondere Simulationen oder Planspiele ermöglichen den Lernenden, ihr theoretisches Wissen praktisch und praxisnah anzuwenden, zu vertiefen und weitergehende Zusammenhänge zu verstehen (Sailer et al., 2017). Da für viele Spiele direkt ein ganzes Team notwendig ist, weil spielerisch Wettbewerbssituationen aufgebaut werden (z.B. beim Beer Distribution Game) oder von dem Team eine gemeinsame Leistung erwartet wird (z.B. The Fresh Connection (Inchainge 2025)), werden neben den eigentlichen Lernzielen häufig -und oft ganz unbemerkt- auch Kooperation und Teamarbeit geschult. Insbesondere für Studierende, die Managementaufgaben anstreben, sind die so trainierten sozialen Kompetenzen, wie z.B. Kommunikation, Konfliktlösung oder die Fähigkeit zur Zusammenarbeit eine unabdingbare Notwendigkeit und können mithilfe der Spiele trainiert werden.

Simulationsspiele in der Lehre, insbesondere wenn betriebswirtschaftliche Themen unterrichtet werden, sind sehr häufig Abbilder realer Geschäftsvorfälle und Szenarien, die im Rahmen des Spiels simuliert werden. Die Lernenden verhalten sich im Rahmen des Spiels so, wie sich eine Person in einer Entscheidungsposition im realen Leben verhält. Ein großer Vorteil des Simulationsspiels ist jedoch, dass es einfach wiederholt und erneut gespielt werden kann, wenn die durchspielten Szenarien nicht wie gewünscht verlaufen. Das Spiel kann als großes Experimentierfeld angesehen werden. Und zwar nicht nur für Spielende, Lernende oder Lehrende, sondern auch für Personen in Entscheidungspositionen in realen Welten, die über die Technik der Simulation im Rahmen eines Spiels, die Auswirkungen ihrer Entscheidungen prüfen können, bevor sie die Entscheidungen treffen, deren Auswirkungen sie im Moment der Entscheidung nicht prüfen können. Durch die Simulation von Spielen entlang der Supply Chain bzw. Lieferkette wird oft ein Netzwerkgedanke verfolgt, welcher verdeutlicht, dass alle Akteure in der Lieferkette unternehmensübergreifend und wechselseitig voneinander abhängig sind und Entscheidungen auf einer einzelnen Stufe Auswirkungen auf das gesamte System haben.

Die Digitalisierung von Spielen eröffnet dabei neue Möglichkeiten. Die softwaregesteuerten Spiele können sich an individuelle Kenntnisstände der Spielenden anpassen. Mit unterschiedlichen Technologien, z.B. über individuell einstellbare Stufen oder KI-gestützte Systeme, können Schwierigkeitsgrade dynamisch angepasst werden (Detering et al. 2011).

Onlinespiele ermöglichen darüber hinaus, dass Spieler und Moderatoren sich nicht an einem spezifischen Ort treffen müssen. Prinzipiell kann von jedem Ort, der einen entsprechenden Internetzugang bereitstellt, gespielt werden. Je nach Spiel und Dauer eines Spiels, können auch

Spielende mit oder gegeneinander spielen, die keine gemeinsamen Termine oder Orte finden. Auch können Spiele jederzeit unterbrochen und zwischengespeichert und diskutiert werden. Dadurch kann sich die Spieldauer über mehrere Tage verteilen. Das ist besonders im Rahmen von Vorlesungen interessant, da manche Spiele in einer Vorlesungseinheit, weil sie entsprechend umfangreich sind oder vom Moderator aus Gründen der Diskussion oder der Vermittlung zusätzlicher neuer Lehrinhalte unterbrochen werden, nicht zum Ende kommen und dann in der nächsten Einheit fortgesetzt und diskutiert werden.

In der Spielentwicklung und im didaktischen Design ist die Erarbeitung neuer Lehrinhalte ein zentraler Bestandteil, um Lernprozesse anzuregen. Neue Lehrinhalte werden zunächst erarbeitet und anschließend auf das Spiel übertragen, um eine praktische Anwendung im spielerischen Kontext zu ermöglichen. Die Komplexität des Spiels kann schrittweise erhöht werden, um eine Überforderung zu vermeiden und die Motivation aufrechtzuerhalten. Lernfortschritte werden simuliert, indem Aufgaben und Herausforderungen zunehmend anspruchsvoller gestaltet werden - stets aufbauend auf bereits erworbenem Wissen. So entsteht ein natürlicher Lernfluss, der sowohl fördert als auch fordert.

Simulationsspiele, die Spielverläufe und Ergebnisse in zentralen Datenbanken auf Servern abspeichern und historisieren, erzeugen Datensätze, die einerseits für strategische Lessons Learned und andererseits für Forschungsarbeiten und wissenschaftliche Studien genutzt werden können.

2.2 BEER INVENTORY GAME ZUR GESTALTUNG DER LIEFERKETTE

Im Rahmen des Beer Inventory Games wird von einem Spieler oder von einer Spielergruppe eine Entscheidung für gegebene Parameter einer fallstudienähnlichen Fragestellung verlangt.

Das Szenario ist das Folgende: Eine Brauerei in Deutschlands Mitte, im Spiel ist das Kassel, produziert drei verschiedene Biersorten, für die drei verschiedene Bestandskosten aufgrund dreier unterschiedlicher Wertigkeiten der Biere anzunehmen sind. Die Nachfragezentren wurden im Spiel auf drei verdichtet. Eines im Norden Deutschlands, im Spiel ist das der Großraum Hamburg, eines im Süden Deutschlands, im Spiel ist das München und Aachen für Westdeutschland. Die Brauerei kann nun entweder ihre Kunden in den Großräumen München, Hamburg oder Aachen mit jeder Biersorte direkt aus dem Zentrallager in Kassel beliefern oder sie richtet in den Nachfragezentren jeweils Regionallager ein, die sie dann entweder für eine, zwei oder für alle drei Biersorten nutzt. Die Spielenden nutzen das Beer Inventory Game dahingehend, dass sie für einen gegebenen und bekannten Parametersatz (z.B. Liefertreue 95%, bekannte Nachfragen und Variationskoeffizienten pro Nachfragezentrum und Biersorte, bekannte Fixkosten pro Lager, Lagerhaltungs- und Transportkosten) verschiedene Kombinationen an Lieferwegen an die einzelnen Kunden ausprobieren können und jeweils die spezifischen Kosten und die Sicherheitsbestände pro Lager automatisiert berechnet und angezeigt bekommen. Eine Entscheidung eines Spielers könnte z.B. lauten: liefere in Hamburg das Bier Nr. 1 über ein Regionallager (also dezentral) und alles andere zentral oder liefere nur das Bier Nr. 2 an allen Standorten über ein Regionallager und alle anderen

zentral aus. etc. Für jede Entscheidung sieht der Spieler unmittelbar die entsprechenden Kosten für Lagerung und Transport sowie die Gesamtkosten als Summe. Ziel ist es, nach z.B. einer maximalen Spielzeit von 5 bis 10 Minuten, eine Entscheidung zu treffen. Da es im Spiel 3 Biersorten und drei Nachfragezentren gibt (i.d.R. sind es in der Realität deutlich mehr Sorten und Nachfragezentren) darf bzw. muss der Spieler neun Mal die Entscheidung treffen, ob ein Bier direkt über das zentrale Lager oder über ein regionales Lager zum Endkunden gelangt (z.B. Entscheidung dezentral/zentral für drei Standorte und 3 Biersorten). Insgesamt gibt es so $2^9 = 512$ verschiedene Kombinationsmöglichkeiten, wie die drei Biersorten in den drei Nachfragezentren ausgeliefert werden können. Neben der Suche nach einer optimalen Lieferstruktur, trainieren die Spieler so auch ihre Strategiefindungen, da es im Rahmen der vorgegebenen Zeit nicht möglich ist, die 512 verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten auszuprobieren, um so die kostengünstigste Variante zu finden.

2.2.1 EXCEL-VARIANTE DES SPIELS

Die Hintergründe und die Aufgabenstellung des Beer Inventory Games wurden in Kapitel 2.1 und 2.2 erläutert. In diesem Kapitel werden der Aufbau des originären Spiels, siehe Deckert et al. 2017, und die Funktionsweisen des Spiels vorgestellt. Das Spiel wird via MS-Excel auf vier Tabellenblättern dargestellt. Im Tabellenblatt „Eingabematrix“ wird in der ersten Matrix über Dropdown-Felder entschieden, ob ein Bier dezentral über ein Regionallager oder über das Zentrallager ausgeliefert werden soll. Die Auswirkungen auf die Stückzahlen im Nachfrage- und Sicherheitsbestand werden in zwei weiteren Matrizen angezeigt (siehe Abb. 1).

Zentral / Dezentrale Lagerung				Nachfragebestand				Sicherheitsbestand			
	P1	P2	P3		P1	P2	P3		P1	P2	P3
Hamburg	zentral	dezentral	dezentral	Hamburg	0	1935	660	Hamburg	0	52	38
München	zentral	zentral	dezentral	München	0	0	775	München	0	0	55
Aachen	zentral	zentral	dezentral	Aachen	0	0	2120	Aachen	0	0	52
				ZL Kassel:	3315	1290	0	ZL Kassel:	88	58	0

Abb. 1: Eingabematrix. Quelle: Deckert et al. 2017

Das Tabellenblatt „Kosten“ (siehe Abb. 2) zeigt die Bestands-, Transport- und Standortkosten und die daraus resultierenden Gesamtkosten, auf Basis der in Tabellenblatt „Eingabematrix“ getroffenen Entscheidungen.

Bestandskosten				Transportkosten				
Gesamte Bestandskosten	P1	P2	P3	Gesamte Transportkosten	ZL	Hamburg	München	Aachen
25.886,50 €	13.579,86 €	8.787,63 €	3.519,01 €	14.700,00 €	9.210,00 €	2.595,00 €	775,00 €	2.120,00 €
Standortkosten				Gesamtkosten				
ZL	Hamburg	München	Aachen	40.886,50 €				
konstant	100,00 €	100,00 €	100,00 €					

Abb. 2: Kosten. Quelle: Deckert et al. 2017

Die Transportkosten errechnen sich aus den Summen der jeweiligen Transportkosten für die Nachfragen, die über das Zentrallager bedient werden, sowie der Summen der Transportkosten für die Nachfragen, die über die Auslieferungslager bedient werden.

Im Spiel betragen die voreingestellten Transportkosten vom Zentrallager zum Endkunden 2 € pro Mengeneinheit; erfolgt der Transport über ein Auslieferungslager in der Region der Endkunden nur 1 € pro Mengeneinheit. Der niedrigere Kostensatz begründet sich dadurch, dass durch die Bündelung der Transporte zum Auslieferungslager die große Distanz, von Kassel in die entsprechende Region, deutlich kostengünstiger überbrückt werden kann, als wenn von Kassel unmittelbar zu den Endkunden geliefert wird. Gegenläufig entstehen dadurch aber Kosten für das oder die Auslieferungslager.

Die Kosten pro Auslieferungslager sind Lagerkosten, die sich aus fixen Kosten pro Standort zusammensetzen und variablen Lagerkosten, die proportional zu den Lagermengen sind. Die Lagermengen, bestehen einerseits aus den notwendigen Biermengen, die vorgehalten werden, um die Nachfragen der Endkunden zu bedienen und andererseits aus den Sicherheitsbeständen, die notwendig sind, um die vorgegebenen Anforderungen zu erfüllen, die sich aus den Lieferbereitschaftsgraden ergeben. Im Spiel ist eine 95%-ige Liefertreue voreingestellt.

Der Nachfragebestand, bzw. die zu lagernde Biermenge ohne Sicherheitsbestand, wird durch eine Sägezahnkurve modelliert, wodurch der durchschnittliche Lagerbestand der Hälfte der Nachfrage entspricht (vgl. Stich 2004, S. 225). Der Sicherheitsbestand wird anhand der jeweiligen Nachfragen und Variationskoeffizienten berechnet.

Im Planspiel gibt es drei Produkte mit unterschiedlicher Wertigkeit, wodurch sich auch die jeweiligen Bestandskosten unterscheiden. Die festgelegten Bestandskosten pro Mengeneinheit und Periode betragen 5 €, 3 € und 1 € für die Produkte Bier 1 bis 3.

Die gesamten Standortkosten ergeben sich aus der Anzahl der eröffneten Standorte in den Regionen multipliziert mit den jeweiligen Standortkosten pro Standort. Im Spiel sind diese als Fixkosten definiert und betragen unabhängig von der Region und der gelagerten Menge 100 € pro Standort. Die fixen Standortkosten für das Zentrallager werden nicht separat betrachtet, da sie für alle Entscheidungen gleichermaßen anfallen und somit für die Wahl der Distributionsstruktur nicht relevant sind.

Im Tabellenblatt „Rohdaten“ sind die einzelnen Kostensätze sowie der Lieferbereitschaftsgrad und der dazugehörige Sicherheitsfaktor zur Berechnung des Sicherheitsbestands hinterlegt (siehe Abb. 3).

	B	C	D	E
	Zentrallager Kassel	RL Hamburg	RL Aachen	RL München
2 Lieferzeit zum Kunden	2	1	1	1
3 Direkte Transportkosten zum Kunden	2	1	1	1
4 Standortkosten		100,00 €	100,00 €	100,00 €
5 Lieferbereitschaftsgrad	95%	95%	95%	95%
6	1,64	1,64	1,64	1,64
7 Bestandskosten Produkt 1 / Stück	5,00 €			
8 Bestandskosten Produkt 2 / Stück	3,00 €			
9 Bestandskosten Produkt 3 / Stück	1,00 €			
10				
11 Transportkosten:				
12 ZL -> Kunde	2,00 €			
13 ZL -> AL -> Kunde	1,00 €			
14				
15				
16 zentral				
17 dezentral				
18				

Abb. 3: Rohdaten. Quelle: Deckert et al. 2017

Das Tabellenblatt „Nachgefragte Mengen“ zeigt die Nachfrageverläufe pro Produkt und Region über 12 Monate. Die dazugehörigen Mittelwerte, Standardabweichungen und Variationskoeffizienten für die einzelnen Lager werden in diesem Tabellenblatt berechnet (siehe Abb. 4).

Monat	Produkt 1				Zentrallager	Monat	Produkt 2				Zentrallager	Monat
	München	Aachen	Hamburg				München	Aachen	Hamburg			
1	100	35	60	195	1	70	30	200	300			
2	120	60	100	280	2	50	100	150	300			
3	100	110	100	310	3	100	100	120	320			
4	150	30	80	260	4	20	80	200	300			
5	180	60	70	310	5	50	70	180	300			
6	175	90	20	285	6	80	20	200	300			
7	160	80	30	270	7	70	30	200	300			
8	150	60	50	260	8	50	50	150	250			
9	145	75	15	235	9	50	50	150	250			
10	125	45	20	190	10	20	60	140	220			
11	200	75	55	330	11	35	20	125	180			
12	190	135	65	390	12	55	30	120	205			
Mittelwert	149,583333	71,25	55,4166667	276,25	Mittelwert	54,1666667	53,3333333	161,25	268,75	Mittelwert		
Standardabweichung	31,9803542	29,0204669	28,4647687	53,623883	Standardabweichung	22,4381867	27,7888867	31,4990079	44,2589445	Standardabweichung		
Variationskoeffizient	0,21379624	0,4073048	0,51364996	0,1941136	Variationskoeffizient	0,41424345	0,52104163	0,19534268	0,16468444	Variationskoeffizient		

Abb. 4: Nachgefragte Mengen. Quelle: Deckert et al. 2017

2.2.2 ONLINE-VARIANTE DES BEER INVENTORY GAMES

Das in 2.2.1 vorgestellte Spiel kann mit den Studierenden nur dann gespielt werden, wenn man diesen auch die gezeigte Excel-Tabelle zukommen lässt. Prinzipiell ist das leicht möglich, aber der dahinter liegende Prozess nicht sehr benutzerfreundlich. Oftmals musste in der Vergangenheit eine Exceltabelle vom Dozierenden repariert werden oder die Studierenden haben versehentlich eine Zelle während des Spiels verändert, sodass Fehler auftraten. Auch sind das Zusammentragen und Historisieren der Spielergebnisse mit einem erheblichen manuellen Aufwand verbunden. Des Weiteren fehlt eine Gesamtübersicht. Es muss ständig zwischen den Tabellenblättern gewechselt werden, um z.B. die Auswirkungen einer möglichen Entscheidung auf die Kosten zu untersuchen. Im Rahmen dieser Studie wurde deshalb ein Prototyp einer Online-Variante entwickelt, die im Folgenden vorgestellt wird.

Die Online-Variante des Spiels ist eine einfache Internetseite, die mit JavaScript und PHP erstellt wurde. Auf der Startseite werden das Spielszenario und das Problem erläutert. Abb. 5 zeigt einen Screenshot der Startseite.

Beer Inventory Game

Das Problem des Beer Inventory Games:

Es wird angenommen, dass mitten in Deutschland - und zwar in Kassel- ein großer Bierproduzent drei neue Sorten Bier produziert. Ein teures für 5 Geldeinheiten, eines für 3 Geldeinheiten und ein preiswertes für nur eine Geldeinheit. Man glaubt es kaum, aber die drei Biersorten werden nur für drei Regionen in Deutschland produziert. Eine ist der Großraum Hamburg, eine weitere ist die Region um Aachen und Region Nummer 3 ist die Gegend um München. In diesen Regionen konnte die Brauerei viele Kunden akquirieren. Das sind Supermärkte, Hotels, Restaurants, Kneipen und Eventmanager, die große Veranstaltungen organisieren. Die Verträge sehen stets so aus, dass die Brauerei eine Lieferbereitschaft von 95% verspricht.



Am Produktionsort in Kassel betreibt die Großbrauerei auch ein eigenes Lager und hat eine eigene Logistikabteilung mit vielen Mitarbeitern. Die Brauereilogistik ist stark genug und kann aus Kassel heraus die Belieferung aller Kunden organisieren. Dazu nutzt die Brauerei ihr eigenes Lager in Kassel und beliefert mit ihrer eigenen Spedition - das sind drei Leute aus der Logistikabteilung- die Kunden in den Regionen Hamburg, Aachen und München. Nur der Klarheit halber: Die drei Leute, die sich Spedition nennen bzw. die Spedition der Brauerei sind, fahren natürlich nicht selbst. Sie organisieren nur die Transporte. Wenn ein Kunde dann etwas bestellt, kann innerhalb von 2 Tagen geliefert werden und der Transport kostet pro Mengeneinheit Bier 2 Geldeinheiten.

Nun hat die Brauerei auch andere Logistikexperten, die in Hamburg, München und Aachen Standorte mit Speditionen ausgemacht haben. Sie sind der Meinung, dass es günstiger ist, Regionallager zu errichten. Diese würden zusätzlich jeweils 100 Geldeinheiten pro Standort und pro Jahr kosten. Dafür wäre der Transport insgesamt -also vom Zentrallager der Brauerei, zu den Regionallagern als Zwischenlager- und dann zu den Endkunden deutlich preiswerter und effizienter. Man würde nur jeweils 1

anstatt 2 Geldeinheiten bezahlen und könnte die Kunden innerhalb eines Tages beliefern.

Je nach Nachfrage, so die Experten, kann es auch sinnvoll erscheinen, dass man ggf. eine Biersorte in einer Region zentral und eine andere dezentral organisiert. Um diese Frage zu beantworten, wurde das Beer Inventory Game erstellt.

Spieler es und finde heraus, ob Du eine optimale Konfiguration an Regionallagern pro Biersorte in den einzelnen Regionen findest. Alles was Du tun musst, ist eine Kostenberechnung für unterschiedliche Konfigurationen durchzuführen. Selbst rechnen musst Du gar nicht, der Computer rechnet schon für Dich.

Klicke hier, um das Spiel zu starten.

Abb. 5: Startseite Online-Version des "Beer Inventory Games" am 12.04.2025. Quelle: Wibfin 2025

Durch Betätigen der Schaltfläche „Klicke hier, um das Spiel zu starten.“, öffnet sich die Spielumgebung auf einer neuen Seite (siehe Abb. 6).

big.wibfin.com/networkGame

Beer Inventory Game

Zentrale oder dezentrale Lagerung

	Bier 1	Bier 2	Bier 3
Hamburg	zentral	zentral	zentral
München	zentral	zentral	zentral
Aachen	zentral	zentral	zentral

	Erwartete Nachfrage pro Jahr			Sicherheitsbestand		
	Bier 1	Bier 2	Bier 3	Bier 1	Bier 2	Bier 3
Hamburg	0	0	0	0	0	0
München	0	0	0	0	0	0
Aachen	0	0	0	0	0	0
ZL	3312	3216	3540	84	80	86

Bestandskosten				Transportkosten				Standortkosten					
Bier 1	Bier 2	Bier 3	Summe	ZL	HH	M	AC	Summe	ZL	HH	M	AC	Summe
13320	7704	2802	23826	20136	0	0	0	20136	-	0	0	0	0

Gesamtkosten: 43962

	Zentrallager Kassel	RL Hamburg	RL Aachen	RL München
Lieferzeit zu Kunde	2	1	1	1
Transportkosten	2	1	1	1
Standortkosten		100	100	100
Lieferbereitschaftsgrad	0,95	0,95	0,95	0,95
Faktor für Lieferbereitschaft - wird berechnet -	1.645	1.645	1.645	1.645

	Bier 1	Bier 2	Bier 3
Bestandskosten pro Stück in Euro:	5	3	1
Durchschnittsabsatz pro Monat, München:	150	55	85
Durchschnittsschwankung - Variationskoeffizient, München:	0,21	0,42	0,52
Durchschnittsabsatz pro Monat, Aachen:	71	53	175
Durchschnittsschwankung - Variationskoeffizient, Aachen:	0,4	0,52	0,18
Durchschnittsabsatz pro Monat, Hamburg:	55	160	55
Durchschnittsschwankung - Variationskoeffizient, Hamburg:	0,51	0,2	0,43

Werte aktualisieren

Abb. 6: Spielumgebung der Online-Version am 12.04.2025. Quelle: Wibfin 2025.

Die unteren Tabellen zeigen die voreingestellten Parameter des Spiels, die weitestgehend mit denen der Excel-Variante übereinstimmen. Zwei wesentliche Unterschiede sind die Folgenden: Der Faktor für eine vorgegebene Lieferbereitschaft wird automatisiert berechnet. In der Exceltabelle musste dieser manuell eingegeben werden. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die durchschnittlichen Biernachfragen pro Monat angegeben und nicht aus Zahlenreihen ermittelt werden. Alle Parameter sind individuell konfigurierbar und ermöglichen die Analyse verschiedener Szenarien.

Wenn die Internetseite mit einem durchschnittlichen Computerbildschirm oder einem Notebook besucht wird, sieht der Nutzende die Parameter i.d.R. erst dann, wenn er nach unten scrollt. Sein Bildschirm zeigt ihm bei normaler Auflösung nur den oberen Teil, bis zur Zeile Gesamtkosten an, sodass der Nutzer für die Durchführung alle relevanten und sich verändernden Zahlen im Überblick hat.

Die Eingabematrix zur Gestaltung der Distributionsstruktur ist das erste Objekt der Spielumgebung. Zu Beginn des Spiels sind alle Biersorten zentral gelagert. Über ein Dropdown Menü kann zwischen zentraler und dezentraler Lagerung gewechselt werden. Jedes Mal, wenn die Distributionsstruktur verändert wird, zeigen die darunterliegenden Tabellenwerte die Auswirkung der getätigten Veränderung. Es verändern sich i.d.R. die Lagerbestände, Sicherheitsbestände und entsprechend auch die zugehörigen Kosten. Der Nutzende kann unmittelbar die Auswirkung der vorgenommenen Veränderung, bis hin zu den Gesamtkosten, studieren.

2.3 SIMULATIONSSPIEL ZUM OPERATIVEN MANAGEMENT DER LIEFERKETTE

Im Beer Distribution Game wird die Lieferkette beispielhaft und vereinfacht anhand der Herstellung von Bier modelliert. Die beteiligten Stakeholder bzw. Spielenden entlang der Lieferkette sind der Kunde, i.d.R. wird diese Rolle vom Moderator oder Lehrenden übernommen, ein Einzelhändler, ein Großhändler, ein Logistikdienstleister oder Distributor und der Produzent. Letzteres ist im Beer Distribution Game eine Brauerei, was den Namensursprung des Spiels erklärt.

Die Spielenden reagieren im Rahmen des Simulationsspiels auf spezifische und periodische Kundennachfragen. Eine Periode ist z.B. eine Woche. Der Moderierende bestellt pro Spielperiode eine spezifische Menge Bier bei dem Einzelhändler. Die anderen Spielenden erfahren nichts von dieser Bestellung, bzw. sie erfahren nicht die bestellten Mengen. Der Einzelhändler muss die Kundennachfrage mit seinem Lagerbestand schnellstmöglich bedienen und sendet in der gleichen Periode eine Bestellung an den Großhändler, der diese in der folgenden Periode sieht und unmittelbar, aber mit einer Lieferzeit von einer Periode bedient. Die bestellte Ware, das Bier, steht dem Einzelhändler dann zwei Perioden nach seiner Bestellung zur Verfügung, sofern der Großhändler lieferfähig war. Falls nicht, entsprechend später. Eine nicht ganz der Realität entsprechende Regel im Spiel ist jene, dass auch der Einzelhändler, wenn er die bestellte Menge des Kunden nicht liefern kann, diese in den nächsten Perioden nachliefern muss, sobald er wieder lieferfähig ist. In der Realität würde der Kunde vermutlich eher einen anderen Einzelhändler aufsuchen, anstatt eine, zwei oder mehrere Wochen auf den Rest seiner Bestellung zu warten.

Der Großhändler bestellt dann in der gleichen Periode bei dem Distributor, dieser bei dem Vertrieb der Brauerei und dieser bei dem Braumeister, sodass diese Menge an Bier zwei Spielperioden später der Brauerei auslieferungsfertig im Lager zur Verfügung steht. Auch das mag der Realität nicht ganz entsprechen, da ein Produktionsbetrieb in der Regel nicht im Wochentakt seine Produktionsmenge deutlich nach oben oder unten verändern kann. Im Spiel geht das. Für die Akteure Distributor und Großhändler gelten die gleichen Spielregeln, wie für den Einzelhändler. Sie erhalten ihre Ware im Idealfall zwei Perioden nach der jeweiligen Bestellung, falls die

vorgelagerte Stufe lieferfähig ist. Sollte die vorgelagerte Stufe nicht lieferfähig sein, entsprechend später. Da alle Akteure (Brauerei, Distributor, Groß- und Einzelhändler) ein Lager haben, fallen bei diesen Akteuren Lagerkosten pro Menge und pro Periode an, sowie Strafkosten, wenn sie eine Bestellung nicht fristgerecht bedienen können. Am Ende gewinnt derjenige Spieler oder das Lieferketten Team, der/das nach einer vorgegebenen Anzahl an Spielperioden die niedrigsten Gesamtkosten vorweisen kann. Die Strategie des Moderierenden sollte dabei dem Markt entsprechen, der pro Periode immer die gleiche oder ähnliche Menge bestellt. Im Spiel werden hiervon abweichend in ein oder zwei aufeinanderfolgenden Perioden jeweils etwas mehr oder weniger bestellt. Einige Perioden später, sollte dann im Rahmen einer Analyse der Lagermengen und Kosten der einzelnen Spielenden der sogenannte Bullwhip-Effekt (Dai et al. 2016) sichtbar werden.

Neben Brettspielvarianten des Beer Distribution Games des MIT wurden viele kostenpflichtige Onlineversionen des Spiels entwickelt (bspw. Forio 2025, Zensimu 2025, Havard 2025). Den Autoren der vorliegenden Studie steht eine Online-Variante des Spiels unter <http://beergame.wibfin.com> zur Verfügung, die im Rahmen von Industrie- und Forschungsprojekten um weitere Spiel-, Lehr- und Forschungsfunktionalitäten ergänzt wird.

Beer Distribution Games

Best player got **3185 Total Earning!** [Click for information](#)

Brewery - First Step In Game



Even if the brewery is not the "really first" step of the supply chain beer - we know there is s.th. like water, hop, malt yeast, but also bottles, bottle caps, labels and a whole bunch more like special tools and so on -

we assume within the beergame the brewery as the first step of the supply chain.

When the brewer orders some beers within its own production, we know for sure, the beer will be there within the next but one period.

while talking about supply chain: some people would name more correctly the customer as first step!

Abb. 7: Startseite Online-Version des "Beer Distribution Games" am 12.04.2025. Quelle: Wibfin 2025

Über die originäre Spielidee hinausgehend, bietet diese Variante weitere Möglichkeiten und spezifische Konfigurationen, die derzeit in der Erprobung sind. Dazu zählen aktuell folgende Möglichkeiten:

- eine Datenbank, die alle Spielverläufe zu Studienzwecken historisiert,
- einen Chatroom, über den die Spielenden während des Spiels kommunizieren können,
- vom Moderierenden anpassbare Kosten- und Spielparameter, -aktuell sind das die Anzahl an Wochen für ein Spiel, Bestellmengen des Kunden als Vektor, Lagerkosten, Strafkosten, Gewinnmarge, unterschiedliche einstellbare Spielmodi,
- eine Logik, um drei der vier Akteure automatisiert spielen zu lassen, bzw. zu simulieren, sodass das Spiel von nur einem Teilnehmer, der die Rolle eines einzigen Stakeholders übernimmt, gespielt werden kann,

- eine Logik, die es erlaubt, dass eine Einzelperson alle vier Rollen verantwortet, sodass diese eine gesamte Lieferkette durchspielt,
- neben Ausgaben können auch Einnahmen der Lieferkette berücksichtigt und eingestellt werden und
- ein High-Score für die besten 20 Spielergebnisse für voreingestellte Parameter.

Das bestehende Simulationsspiel wird von den Autoren aus Schulungs-, Anwendungs- und Forschungsgründen stetig weiterentwickelt.

3. ANWENDUNG UND TEST DES BEER INVENTORY GAMES

Wie in Kapitel 2.2 beschrieben, ist das Beer Inventory Game ein Kostenrechner für Lager- und Transportkosten unter Einhaltung spezifischer Parameter, wie z.B. dem Lieferbereitschaftsgrad, fixen und variablen Lagerkosten, Transportkosten, Kundennachfragen mit Variationskoeffizienten und für unterschiedliche Lieferstrukturen. Die Herausforderung des Spiels ist das Auffinden einer oder mehrerer kostenoptimaler Lieferstrukturen für vorgegebene Parameter. Da es bei solchen Fragestellungen sehr viele unterschiedliche Kombinationsmöglichkeiten, im untersuchten Spiel mit nur 3 Nachfragezentren und 3 Produkten bereits $2^9 = 512$, aber oftmals keinen einfach umsetzbaren Algorithmus gibt, um optimale Strukturen zu finden, ist neben der Fragestellung einer kostengünstigen Kombination auch die Frage nach einer Strategie, um diese zu finden, spielrelevant und sollte von Lernenden untersucht und von Lehrenden gelehrt werden. Bei 512 verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten ist es denkbar, alle Kombinationen auszurechnen und sich für eine kostenoptimale zu entscheiden. Sollte jedoch eine ähnliche Fragestellung mit 10 Produkten und 10 Nachfragezentren beantwortet werden, läge die Anzahl der unterschiedlichen Kombinationen bereits bei 2^{100} , sodass selbst mit den besten und schnellsten Computern nicht alle unterschiedlichen Kombinationen in akzeptabler Zeit ausgerechnet werden könnten.

Im Folgenden wird der Frage nachgegangen, ob Studierende der Logistik oder künstliche Intelligenzen kostengünstigere Distributionsstrukturen ermitteln.

3.1 SPIEL DES BEER INVENTORY GAMES MIT STUDIERENDEN

Die Offline-Version des Beer Inventory Games wurde bereits mehrfach gespielt, siehe Deckert et al. 2017. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde die Onlineversion des Beer Inventory Games, siehe Kap 2.2, mit ausgewählten Studierendengruppen gespielt. Die Anforderungen an die Studierenden waren einerseits Logistikerfahrungen und erstes Logistik-Know How durch Beruf und Studium und andererseits sollten die im Spiel angesprochenen Logistikthemen zu den jeweiligen Lehrveranstaltungen und ihrem Studium passen. Die Wahl fiel deshalb auf Studierende des dualen Bachelor-Studiengangs Logistikmanagement im 4. Semester und Masterstudierende des Studiengangs Logistik und Supply Chain Management im 3. Semester. Die Studierenden sind alle

in Logistikunternehmen tätig oder in Logistikabteilungen von Handelsunternehmen und sie besuchten im Vorfeld des Spiels oder zeitlich parallel dazu relevante Lehrveranstaltungen wie z.B. Transport- und Verkehrslogistik oder Beschaffungs- und Lagerlogistik.

Die ausgewählten Lehrmodule, in denen das Spiel getestet wurde, waren bei den Bachelorstudierenden das Modul Digitales Supply Chain Management mit den Lehrveranstaltungen Transport- und Verkehrslogistik, Anwendungen des Supply Chain Management und Digitale Logistikwerkstatt bei den Masterstudierenden das Modul Operations-Research mit der Lehrveranstaltung Operations-Research für Logistik. Die Besprechung quantitativer Logistikthemen passte somit in beide Module.

Unmittelbar vor der Durchführung des Spiels wurden in den Lehrveranstaltungen verschiedene logistische Themen bzgl. Bestellmengen und Sicherheitsbestände wiederholt und vertiefend behandelt. Bzgl. Bestellmengen waren das insbesondere das NewsVendor Model (Choi 2012), die Bestellmengenformel nach Andler (Pittman et al. 2022) und allgemeine Bestellverfahren, wie z.B. das Bestellpunktverfahren. Unter der Überschrift „Sicherheitsbestände“ wurde exemplarisch berechnet, wie hoch ein Sicherheitsbestand sein muss, um bestimmte Lieferbereitschaftsgrade einzuhalten. Es wurde dabei von normalverteilten Nachfragen mit bekannten Erwartungswerten und Variationskoeffizienten ausgegangen. Der Rechenalgorithmus des Beer Inventory Games zur Berechnung des Sicherheitsbestands wurde anhand von Beispielen unterrichtet. Darüber hinaus wurde das Wurzel n Gesetz bezüglich unterschiedlicher Lageranzahlen und für unterschiedlicher Lieferzeiten besprochen.

Anschließend und unmittelbar vor dem Spiel wurde mit den Studierenden die Grundideen des Beer Inventory Games anhand des einleitenden Textes der Internetseite, siehe Abb. 5, diskutiert. Die im Spiel angewendeten Rechenmodelle wurden wiederholt erläutert und den Studierenden wurde gezeigt, wie sie die Webseite nutzen können, um mit wenigen Klicks die Gesamtkosten für eine spezifische Lieferstruktur zu berechnen. Mit der Motivations-Frage „Seid ihr besser als künstliche Intelligenzen, die wir gerade testen?“ wurde das Spiel gestartet.

Insgesamt nahmen 14 Gruppen aus den zwei o.g. Studiengängen an dem Spiel teil. Acht Gruppen aus dem oben beschriebenen Bachelor- und sechs Gruppen aus dem Master-Studiengang. Um eine optimale Distributionsstruktur zu finden, hatten die Studierenden acht Minuten Zeit. Die meisten waren sich schon vor Ablauf der acht Minuten sicher, eine optimale Struktur gefunden zu haben. Eine Gruppe hätte gerne mehr Zeit gehabt, um ihr Ergebnis zu validieren.

Die Studierenden ermittelten die in Tab. 1 gezeigten Distributionsstrukturen. In der Tabelle sind die Häufigkeiten und die Gesamtkosten einer als kostenoptimalen Struktur ermittelten Kombination enthalten.

Tab. 1: Von Studierenden ermittelte Distributionsstrukturen mit dem Beer Inventory Game. Insgesamt wurden drei verschiedene Lösungen L der Studierenden S (LS1, LS2 und LS3) als optimale Distributionsstruktur genannt.

LS1	Bier P1	Bier P2	Bier P3	LS2	Bier P1	Bier P2	Bier P3
Hamburg	Zentral	Dezentral	Dezentral	Hamburg	Dezentral	Dezentral	Dezentral

München	Zentral	Zentral	Dezentral
Aachen	Zentral	Zentral	Dezentral
Gesamtkosten: 40.722			

München	Dezentral	Dezentral	Dezentral
Aachen	Dezentral	Dezentral	Dezentral
Gesamtkosten: 40.698			

LS3	Bier P1	Bier P2	Bier P3
Hamburg	Zentral	Dezentral	Dezentral
München	Zentral	Dezentral	Dezentral
Aachen	Zentral	Dezentral	Dezentral
Gesamtkosten: 40.290			

Verteilung auf Studierendengruppen

LS1 nannten 6 Gruppen

LS2 nannten 3 Gruppen

LS3 nannten 5 Gruppen

3.2 ERMITTLUNG DER DISTRIBUTIONSSTRUKTUREN MIT KÜNSTLICHEN INTELLIGENZEN

Folgenden frei zugänglichen künstlichen Intelligenzen (KIs) wurden die gleichen Fragestellungen gestellt, wie auch den Studierenden:

- ChatGPT (03-mini) von Open AI,
- Perplexity (pro Search) von Perplexity AI,
- Gemini (2.0 Flash Thinking (experimental)) von Google und
- CoPilot von Microsoft.

Eine direkte Anbindung einer künstlichen Intelligenz an die Online-Version des Spiels wurde nicht vorgenommen. Es wurde darauf verzichtet, da zusätzlich der Frage nachgegangen wurde, ob die Ergebnisse der KIs von der Art der Fragestellung, bzw. von der manuellen Übermittlung des Problems abhängen.

Die Anfrage an die jeweilige KI, das sogenannte Prompting, wurde einmal in reiner Textform und einmal in einer Kombination aus Text- und Tabellenform gestellt, siehe Anhänge 1 und 2, sodass jede KI jeweils zwei Lösungen präsentierte. Insgesamt lieferten die vier KIs acht Lösungen für optimale Distributionsstrukturen. Tab. 2 zeigt sieben der acht Lösungen. Drei Lösungen liefern eine 100% dezentrale Struktur und vier eine gemischte Struktur. Eine Lösung, und zwar die von Perplexity mit der Aufgabenstellung in Tabellenform, ist nicht mit den anderen Lösungen vergleichbar, da hier Nachfragezentren aus Regionallagern anderer Regionen beliefert werden. Das ist ein interessanter Gedankengang, der im Alltag auch berücksichtigt werden sollte, aber mit angepassten Transportkosten, z.B. wenn ein Regionallager für den Großraum Köln und ein anderes für den Großraum Düsseldorf eingesetzt wird, könnte es je nach Kostensätzen und Nachfragen durchaus sinnvoll sein, ein Produkt nur in Köln und ein anderes nur in Düsseldorf zu lagern. Im Beispiel

berücksichtigte die KI den Kostensatz für Lieferungen über ein Regionallager mit der Hälfte der Transportkosten, wie die direkte Lieferung aus dem Zentrallager heraus. Das wurde in der Aufgabenstellung angegeben, aber es wurde davon ausgegangen, dass Kunden im Nachfragezentrum Hamburg auch über ein Regionallager in Hamburg und nicht über ein Regionallager in München oder Aachen beliefert werden.

Tab. 2: Von KIs ermittelte Distributionsstrukturen. Die Tabelle zeigt zwei Lösungen L der KI (LKI1 und LKI2) der ermittelten optimalen Distributionsstrukturen.

LKI1	Bier P1	Bier P2	Bier P3	LKI2	Bier P1	Bier P2	Bier P3
Hamburg	Dezentral	Dezentral	Dezentral	Hamburg	Zentral	Dezentral	Zentral
München	Dezentral	Dezentral	Dezentral	München	Dezentral	Zentral	Zentral
Aachen	Dezentral	Dezentral	Dezentral	Aachen	Zentral	Zentral	Dezentral
Gesamtkosten: 40.698				Gesamtkosten: 42.078			
Häufigkeit LKI1: 3				Häufigkeit LKI2: 4			
Perplexity: Prompting in Textform				Gemini: Prompting in Tabellenform			
Gemini: Prompting in Textform				CoPilot: Prompting in Textform			
Chat GPT : Prompting in Textform				CoPilot: Prompting in Tabellenform			
				ChatGPT: Prompting in Tabellenform			

3.3 EVALUATION DER ERGEBNISSE

Die Studierenden und die KIs lieferten insgesamt vier verschiedene Distributionsstrukturen, von denen jeweils von einer Studierendengruppe oder einer künstlichen Intelligenz behauptet wurde, es sei die kostenoptimale Distributionsstruktur für die gegebenen Randbedingungen. Da sich die Gesamtkosten der vier Distributionsstrukturen unterscheiden, die günstigste liegt bei 40.290 und die teuerste bei 42.078 Geldeinheiten, können die Angaben, eine kostenoptimale Lösung gefunden zu haben, nicht stimmen. Eine Übersicht über die Ergebnisse zeigen die Tab. 3 und die Abb. 7. Bei den Lösungen L1-L4 ist hinzuzufügen, dass die Strukturen L1 und L3 nur von Studierenden als kostenoptimale Struktur, L3 von beiden und L4 nur von KIs angegeben wurde.

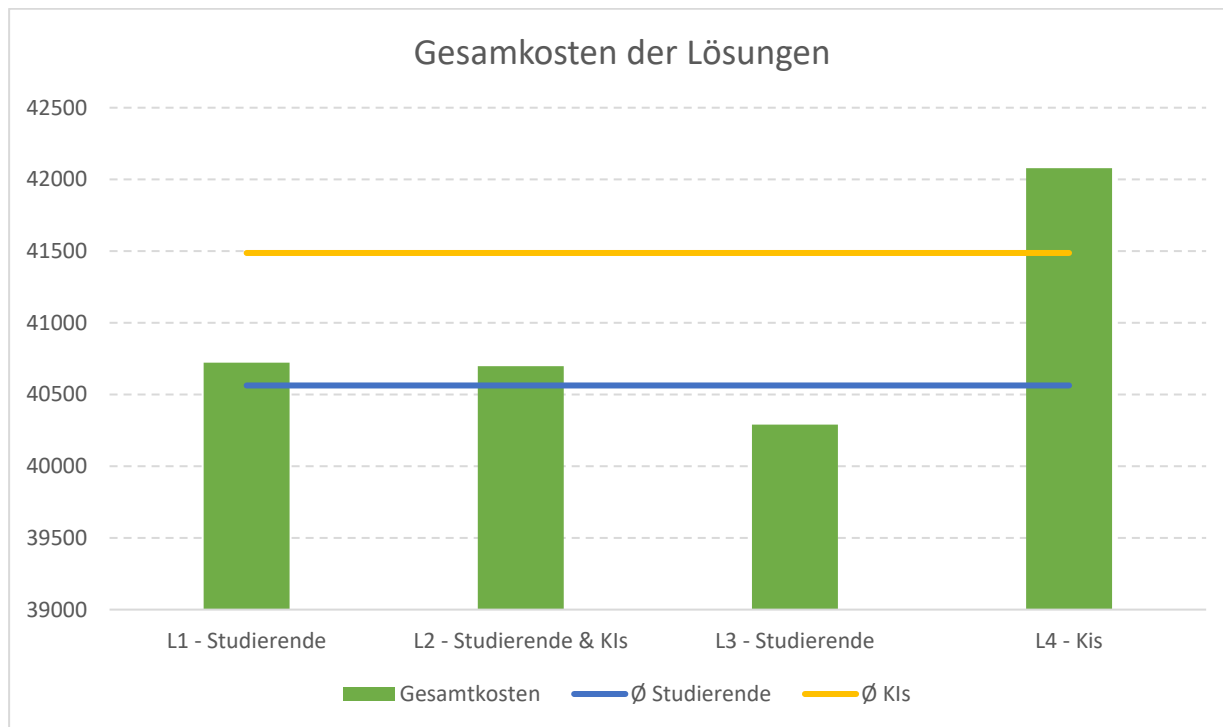


Abb. 8: Den optimalen Distributionsstrukturen (Lösungen L) L1 bis L4 mit dem Algorithmus des Beer Inventory Games zugeordnete Gesamtkosten.

Tab. 3: Von KIs und Studierenden ermittelte Lieferstrukturen L1 bis L4.

L1 St	Bier P1	Bier P2	Bier P3
Hamburg	Zentral	Dezentral	Dezentral
München	Zentral	Zentral	Dezentral
Aachen	Zentral	Zentral	Dezentral

Gesamtkosten: 40.722

L2 St u. KI	Bier P1	Bier P2	Bier P3
Hamburg	Dezentral	Dezentral	Dezentral
München	Dezentral	Dezentral	Dezentral
Aachen	Dezentral	Dezentral	Dezentral

Gesamtkosten: 40.698

L3 St	Bier P1	Bier P2	Bier P3
Hamburg	Zentral	Dezentral	Dezentral
München	Zentral	Dezentral	Dezentral
Aachen	Zentral	Dezentral	Dezentral

Gesamtkosten: 40.290

L4 KI	Bier P1	Bier P2	Bier P3
Hamburg	Zentral	Dezentral	Zentral
München	Dezentral	Zentral	Zentral
Aachen	Zentral	Zentral	Dezentral

Gesamtkosten: 42.078

Das Ergebnis zeigt einige Auffälligkeiten. Die kostengünstigste und damit optimale Lösung, nämlich L3, wurde nur von drei Studierendengruppen angegeben. Weder die anderen 11 Studierendengruppen noch die insgesamt acht Lösungen der KIs entsprachen dieser Kombination. Vier von acht KI kamen zu dem Ergebnis, dass L4 die günstigste sei, was von den insgesamt abgegebenen Ergebnissen das Schlechteste ist.

Ursachen für die unterschiedlichen Ergebnisse wurden im Rahmen dieser Studie nicht detailliert erforscht. Augenscheinlich sind aber die unterschiedlichen Vorgehensweisen, wie die Studierenden und die KIs zu ihren Ergebnissen gelangten. Die Studierenden nutzen den Kostenrechner und damit den dahinterliegenden Algorithmus zur Berechnung der Gesamtkosten des Beer Inventory Games (siehe Kap. 2.2) und prüften die Gesamtkosten für von ihnen ausgewählte Distributionsstrukturen. Sie versuchten diese dann so lange zu optimieren, bis sie davon überzeugt waren, die günstigste Variante gefunden zu haben. Die Ergebnisse der Studierenden sind demnach als heuristische Ergebnisse anzusehen.

Die KIs hatten keine technische Schnittstelle zu dem Beer Inventory Game, weshalb diese zu der Fragestellung eigene Rechenalgorithmen entwickelten, um eine kostenoptimale Struktur zu finden. Ein wesentliches Element für die KIs war die Berechnung der Sicherheitsbestände, um den Lieferbereitschaftsgrad zu erfüllen. Gemini berechnete bei beiden Promptings und ChatGPT beim Prompting in Tabellenform die Nachfragemengen und die zugehörigen Schwankungen während den Lieferzeiten, um so die Sicherheitsbestände abzuschätzen, während Copilot bei beiden Promptings und Perplexity beim Prompting in Textform die angegebenen monatlichen Werte nutzten. Weitere Bestandskosten und Lagerkosten wurden von den KIs nicht berücksichtigt, teilweise mit dem Argument, dass die Bestandskosten ohne Sicherheitsbestand an allen Lagerstandorten gleich hoch sind. Ein systematischer Unterschied der KIs war jener, dass die Fixkosten pro Standort von den KIs nicht pro Regionallager sondern pro Biersorte und pro Standort in die Berechnung der Bestandskosten einfließen. Ein systematischer Unterschied bei der Berechnung des Sicherheitsbestands der KIs ist die Berücksichtigung der Wiederbeschaffungszeit der Waren. Diese wurden in den Offline- und Online-Varianten des Spiels nicht berücksichtigt, da von einer monatlichen Belieferung der Lager ausgegangen wurde.

Zusammenfassend können folgende Punkte festgehalten werden:

Die durchschnittlichen Gesamtkosten der KIs betragen 41.487 Geldeinheiten und die der Studierenden 40.563 Geldeinheiten. Die beste Lösung ergab 40.290 Geldeinheiten und kam nicht von den KIs, sondern von drei Studierendengruppen nach weniger als acht Minuten.

Da weder die Studierenden, die im Rahmen ihres Studiums und ihrer Ausbildung durchaus als Experten angesehen werden dürfen, noch die KIs zu einer einheitlichen Lösung kamen, darf Folgendes festgehalten werden: Weder künstliche noch humane Intelligenzen sind in der Lage, optimale Lösungen in kurzer Zeit mit Sicherheit anzugeben, wenn nicht im Vorfeld geprüfte Algorithmen für spezifische Probleme, wie z.B. die Lineare Programmierung, nutzbar sind.

4 ERWEITERUNG DES BEER DISTRIBUTION GAMES

4.1 HINTERGRÜNDE

Wie in den Kapiteln 2.2 und 2.3 beschrieben wurde, stehen den Autoren der vorliegenden Studie eine Variante des Beer Distribution Games unter <http://beergame.wibfin.com> und des Beer Inventory Games unter <http://big.wibfin.com>, das im Rahmen dieser Studie erstellt wurde, zur Verfügung. Beide werden im Rahmen von Industrie- und Forschungsprojekten um weitere Spiel-, Lehr- und Forschungsfunktionalitäten ergänzt. Über die originäre Spielidee hinausgehend wurde und wird das Beer Distribution Game um weitere Spielmöglichkeiten ergänzt, die derzeit in der Erprobung und weiteren Anpassungen sind.

4.2 NEUE DIMENSIONEN DES BEER DISTRIBUTION GAMES

Das klassische Beer Distribution Game, wie in Kapitel 2.3 beschrieben, simuliert eine vierstufige Lieferkette, bei der vier Spieler die Knoten dieser Kette dahingehend steuern, dass sie pro Periode eine Bestellmenge abgeben. Die daraus resultierenden Lager- und Strafkosten sind die Zielgröße. In einem ersten Durchgang dirigieren die Moderierenden die Spielenden i.d.R. so, dass diese gegeneinander spielen, bzw. jeder versucht, seine eigenen Kosten zu minimieren. Bei den Ergebnissen kann i.d.R. Dreierlei beobachtet werden: 1. der Bullwhip-Effekt, 2. dass das Spiel fast immer vom Einzelhändler gewonnen und vom Brauer verloren wird und 3., dass die Gesamtkosten der Supply Chain weit von den optimalen Kosten der Lieferkette entfernt sind. Nach einer Besprechung kann der Moderierende die Spielenden nochmals bitten, das Spiel zu spielen und fordert sie auf, untereinander zu kommunizieren und gibt ihnen eine neue Zielgröße, nämlich nicht die eigenen Kosten, sondern die der gesamten Supply Chain zu optimieren. Auch in einem zweiten Spieldurchlauf wird i.d.R. der Bullwhip-Effekt sichtbar, aber die Gesamtkosten reduzieren sich signifikant. Die Lessons Learned sind eindeutig: In einer Supply Chain sollten alle Akteure ein gemeinsames Ziel verfolgen, da so die Wertschöpfung insgesamt erhöht werden kann.

Um das Spiel noch lehrreicher, attraktiver und realitätsnäher zu gestalten, wurde und wird es um weitere Dimensionen erweitert. Und zwar um die Gesamtkosten und Gewinne entlang der Lieferkette. Einerseits, um den Wettbewerb zwischen den Teilnehmenden zu intensivieren und andererseits, um positive Zielgrößen zu erreichen. Es soll möglich werden, dass mehrere Lieferketten mit gleichen Parametern parallel und von einem einzigen Spielenden, oder einer Spielgruppe, gespielt werden können. Dadurch treten nicht nur Spielende in der Rolle einzelner Stakeholder gegeneinander an, sondern die Lieferketten konkurrieren direkt miteinander. Diese Erweiterung fördert das Verständnis für die Auswirkungen von Entscheidungen auf die gesamte Lieferkette, indem nicht nur lokale, sondern auch systemweite Optimierungen berücksichtigt werden. Durch die Einbeziehung von Gesamtkosten, Gewinnen und anderen Steuerungsparametern, wie z.B. Lieferzeiten,

Haltbarkeiten, Ausstoß von Treibhausgasen oder durch die Hinzunahme weiterer Entscheidungsparameter, wie z.B. einer Preisgestaltung, Werbemaßnahmen oder alternativer Bezugs- und Vertriebswege, können die Teilnehmenden lernen, wie eine nachhaltige und wirtschaftlich erfolgreiche Lieferkette aufgebaut und betrieben werden muss. Der Wettbewerb zwischen den Lieferketten simuliert reale Marktszenarien und motiviert die Teilnehmenden, ihre Strategien kontinuierlich zu verbessern und Bestleistungen zu erzielen. Die Berücksichtigung und Archivierung von Bestwerten und Rekorden sorgt dabei für eine klare Leistungsbewertung, die langfristige Rentabilität und nachhaltige Entscheidungen betont, was zu einer praxisorientierten und dynamischen Lernerfahrung führt.

Weitere Dimensionen sind die Verknüpfung mehrerer Lieferketten zu einem Netzwerk und die Anzahl der Knoten, bzw. Stakeholder einer Lieferkette, um so vor dem Spiel zu definieren, ob man eine, zwei, drei oder mehrstufige Lieferketten simulieren möchte. Wenn diese individuellen Lieferketten untereinander verknüpft werden, sind theoretisch alle realen Handels- und Lieferstrukturen darstellbar. Die Anzahl der die Kanten verbindenden Knoten wird sich, je nach Ausgestaltung des Netzwerks signifikant erhöhen, weshalb auch die Entscheidungsvariablen wie Bestellmengen, Ein- und Verkaufspreise, Lieferzeiten etc. sich durch zusätzliche Attribute, wie z.B. unterschiedliche Preise für Lieferungen mit unterschiedlichen Lieferzeiten oder Mengenrabatten, vervielfachen.

Je nach Konfiguration wird das Spiel für eine kleine Gruppe an Spielenden nicht mehr spielbar sein, da zu viele Knoten und damit Spielende notwendig wären. Ein Ausweg sind autonom bzw. computergesteuerte Knoten, die Entscheidungen und damit einzelne Akteure mit Hilfe einer Software oder künstlichen Intelligenzen simulieren, sodass andere Knoten mit realen Spielenden besetzt werden können. Wenn die Software bzw. die KIs, die die Knoten steuern, ebenfalls konfigurierbar sind, können auf diese Art unterschiedliche Marktsituationen oder Wirtschaftsräume nachgestellt werden. Der menschliche Spielende kann dann das eigene Verhalten in unterschiedlichen Wettbewerbssituationen trainieren.

Um das Beer Distribution Game auf diese Art und Weise zu erweitern, wurde von den Autoren im Rahmen der aktuellen Studie ein Forschungsantrag gestellt. Erste Erweiterungen, siehe Kapitel 2.3, wurden bereits umgesetzt. Eine Kombination des Beer Inventory Games mit dem Beer Distribution Game, wären in diesem Szenario z.B. spezifisch implementierte Netzwerke, die jeweils mit und ohne Regionallager gegeneinander spielen.

4.3 SCHNITTSTELLEN UND KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Eine Erweiterung des Beer Distribution Games, wie im vorangehenden Kapitel beschrieben, ist eine Erweiterung um viele Steuerungs- und Zielparameter zu einem konfigurierbaren Netzwerk. Die hohe Anzahl an Knoten kann zum großen Teil von Bots, bzw. von KIs oder einer algorithmisch funktionalen Software gesteuert werden. Dadurch werden mindestens zwei weitere Anwendungen möglich:

1. Wenn alle Knoten von einer Software gesteuert werden, die reales und menschliches Verhalten simuliert, dann kann das konfigurierbare Netzwerk als Kern für eine weitere Simulation dienen, um

möglichst effiziente Steuerungs- und Zielparameter für das Netzwerk zu finden. Diese Software könnte ihren Einsatz finden, um einerseits neue Lieferketten und Netzwerke möglichst effizient zu planen und andererseits, um abzuschätzen, ob es lohnenswert ist, in bestehende Netzwerke zu investieren, um diese umzustrukturieren.

2. Sollten einige oder alle im Netzwerk vorhandenen Knoten Datenschnittstellen zur realen Welt bzw. zu realen Geschäftsvorfällen erhalten, kann das ursprüngliche Simulationsspiel auch als digitaler Zwilling eingesetzt werden. Dadurch wird es möglich, die Software als Monitoring oder Simulationssoftware für Zukunftsszenarien basierend auf Echtdateien zu nutzen und mit ihrer Hilfe schnelle Entscheidungsvorlagen zu erhalten. Je nach Schnittstelle zwischen der Software und den Geschäftsprozessen, könnte diese auch unmittelbar und steuernd ins operative Geschäft eingreifen. Ein solcher digitaler Zwilling kann für sehr spezifische Managementschulungen aber auch zur Analyse von Managemententscheidungen, zur Optimierung von Lieferketten sowie zur Messung und Steigerung von Nachhaltigkeitsaspekten oder um operative Geschäfte zu unterstützen, genutzt werden.

Aus dem ursprünglich zur Lehre und Demonstration des Bullwhip-Effekts erstellten Spiels, könnte durch die oben genannten Erweiterungen ein Werkzeug entstehen, das nicht nur zu Schulungszwecken, sondern auch für deutlich mehr Themen genutzt werden kann. Mit dem erweiterten Simulationsspiel kann eine Entscheidungsunterstützung für das Management in den Bereichen Controlling, Prognose, Planung und Steuerung von operativen und strategischen Fragestellungen anhand des digitalen Zwillings erfolgen.

5 FAZIT UND AUSBLICK

Die eingangs gestellten Forschungsfragen wurden beantwortet: Das Beer Inventory Game kann sehr gut online gespielt und über eine Internetplattform einem größeren Publikum angeboten werden. Der unmittelbare Vergleich „Onlinespiel oder Excel-Variante“ zeigt die Vorteile des Onlinespiels. Dozierende benötigen für die technische Durchführung lediglich einen Internetlink. Die Benutzerfreundlichkeit der Plattform ist wesentlich höher als die der Excel-Variante, da die Veränderungen der Gesamtkosten unmittelbar und ohne weitere Aktivitäten der Spielenden sichtbar sind. Anders als in der Excel-Variante, können weder Moderierende noch Spielende die Technik manipulieren oder versehentlich beschädigen.

Die zweite Frage, ob eine künstliche Intelligenz, die hinter dem Beer Inventory Game gestellte Fragestellung besser oder schneller beantworten kann als Studierende, wurde ebenfalls beantwortet: Sie können es nicht. Im Gegenteil, ein Teil der Studierenden fand intuitiv eine richtige Lösung, die KIs nicht. Auch waren die Durchschnittswerte der Studierenden besser als die der künstlichen Intelligenzen.

Die Analyse der Spieldurchführung und der -ergebnisse zeigen, dass selbst sehr einfache Fragestellungen, wie die des Beer Inventory Games, oftmals nicht eindeutig und analytisch richtig in einem begrenzten Zeitraum beantwortet werden können. Weder von Studierenden bzw. Experten noch von KIs.

Im Wettbewerb stehende Personen in Entscheidungspositionen müssen sehr häufig in knapp bemessenen Zeiträumen entscheiden. Das ist eine besondere Motivation für die dritte Forschungsfrage, nämlich wie das Beer Distribution Game erweitert werden kann. Und zwar nicht nur zur Beantwortung der Forschungsfrage, wie in Kapitel 2 und 4 geschehen, sondern auch, um diese Erweiterungen umzusetzen. Sollten Teile dieser Erweiterungen verfügbar sein, dann würde das erweiterte Spiel als Test- und Simulationswerkzeug oder als digitaler Zwilling helfen, solche und ähnliche Entscheidungen in kürzester Zeit mit höherer Qualität zu treffen.

Die Forschungsfrage, ob die Simulationsspiele Beer Inventory Game und Beer Distribution Game kombiniert werden können, kann basierend auf der vorliegenden Analyse beantwortet werden. In einer erweiterten Version des Beer Distribution Games sollte das Beer Inventory Game integriert werden, dadurch ergeben sich neue Schulungs-, Lehr- und Forschungsmöglichkeiten sowie neue didaktische Optionen.

Die intensive Auseinandersetzung mit dem Einsatz von Simulationsspielen in der Lehre und den Erweiterungsmöglichkeiten des Beer Distribution Games gemäß Kapitel 2.3 und 4 zeigen, dass dadurch einerseits theoretische Lerninhalte mit praxisnahen Anwendungen verknüpft werden können. Davon profitieren sowohl Studierende, Lehrende als auch Fach- und Führungskräfte.

Aufgrund des modularen Aufbaus des Beer Distribution Games ist es sehr flexibel einsetzbar und eignet sich für verschiedene Qualifikationsstufen und unterschiedliche Lehrthemen.

Folgende Lernergebnisse können durch das erweiterte Beer Distribution Game, je nach Einsatz und Moderation, erreicht werden:

1. Praktische Anwendung theoretischer Inhalte werden spielerisch vermittelt
2. Förderung von ganzheitlichem Systemdenken durch die spielerische Verantwortungsübernahme ganzer Supply Chains
3. Entwicklung von Entscheidungsszenarien und Bewertungen entscheidungsrelevanter Grundlagen
4. Praktische Unterstützung von Unternehmen in Entscheidungsprozessen, z.B. in der Lieferkettenoptimierung
5. Training und Förderung von Teamarbeit und Kommunikationsprozessen
6. Förderung der Transparenz und Verbesserung der Nachhaltigkeit

Das Beer Distribution Game kann auf verschiedene Branchen angewendet werden, wie z.B. die Lebensmittelindustrie, um Zielkonflikte zwischen Verpackung, Lebensmittelabfällen und Lieferketteneffizienz zu veranschaulichen. Dabei lernen die Teilnehmenden, wie Entscheidungen zu Verpackungsmaterialien und Transportwegen sowohl die Kosten als auch die CO₂-Emissionen beeinflussen. Durch die Integration von Nachhaltigkeitskennzahlen wie CO₂-Ausstoß (z.B. Scope 1,2,3) und Abfallminimierung zeigt das Spiel auf, wie nachhaltige Praktiken die Umwelt schonen, aber auch wirtschaftliche Herausforderungen mit sich bringen können. So wird der Zielkonflikt zwischen ökologischen Zielen und Wirtschaftlichkeit deutlich, und es wird erkennbar, wie eine optimierte Lieferkette sowohl umweltfreundlicher als auch wirtschaftlich erfolgreich sein kann.

Ein erweitertes Spiel kann durch die Simulation ganzer Netzwerke und einzelner Knoten Unternehmen in Deutschland bei der nachhaltigkeitsorientierten Transformation unterstützen, da deutlich weniger Risiko eingegangen wird, wenn zukünftige Szenarien realitätsnah simuliert werden können.

Das erweiterte Beer Distribution Game gemäß Kapitel 2.3 und 4 unterstützt Lehrende betriebswirtschaftlicher Fächer, insbesondere von Logistik, Supply Chain Management und Nachhaltigkeitsmanagement dadurch, dass es den Lehrenden eine Art Werkzeugkasten zur Schulung zur Verfügung stellt. Je nach Konfiguration des Spiels werden Zusammenhänge sichtbar, die sich eignen, um typische logistische Themen spielerisch zu unterrichten und zu erfahren. Als Beispiele seien an der Stelle die ABC- oder XYZ-Analysen, der Umgang und die Erstellung von Prognosen, Losgrößenoptimierung und Methoden zur Bestandsoptimierung bei gleichzeitiger Erfüllung von Servicegraden und der Reduktion von Fehlmengenkosten genannt.

LITERATURVERZEICHNIS

- Choi, T. (2012): Handbook of Newsvendor Problems: Models, Extensions and Applications. Springer.
- Dai, H.; Li, J.; Yan, N.; Zhou, W. (2016): Bullwhip effect and supply chain costs with low- and high-quality information on inventory shrinkage.
- Deckert, C.; Rehberg, D.; Rütten, P. (2017): Beer Inventory Game: Entwicklung und Realisierung eines Planspiels zur Simulation selektiver Lagerhaltungsstrategien im Distributionsnetzwerk
- Gee, J. P. (2003). What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy. Palgrave Macmillan.
- Kummer, S., Grün, O. Jammerneegg, W. (2013). Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik (3. Aufl.). Pearson.
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? – A literature review of empirical studies on gamification. Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences, 3025-3034.
- Inchainge (2025): The Fresh Connection. <https://inchainge.com/business-games/tfc/> Abruf am: 17.04.2025.
- Massachusetts Institute of Technology (2012). The secrets of the system. MIT News. <https://news.mit.edu/2012/manufacturing-beer-game-0503>.
- Pittman, P. et al. (2022). ASCM Dictionary (17. Aufl.). Chicago.
- Sailer, M., Hense, J. U., Mayr, S. K., & Mandl, H. (2017). How gamification motivates: An experimental study of the effects of specific game design elements on psychological need satisfaction. Computers in Human Behavior, 69, 371–380.
- Stich, V. (2004). Industrielle Logistik (8. Aufl.). Wissenschaftsverlag Mainz.
- Weisz, E.; Herold, D.; Kummer, S. (2022): Revisiting the bullwhip effect: how can AI smoothen the bullwhip phenomenon? In: The International Journal of Logistics Management 34(4).

ANHANG 1

Prompting für KIs in Textform:

Eine Brauerei stellt drei Sorten Bier her: ein hochwertiges Bier P1, ein mittelwertiges Bier P2 und ein geringwertiges Bier P3.

Das Zentrallager der Brauerei befindet sich in Kassel. Die drei Biersorten werden in den drei Regionen Hamburg, Aachen und München in unterschiedlichen Nachfragen verkauft.

Die Brauerei hat nun bei der Distributionsstruktur für jede Biersorte die Wahl:

- Entweder sie liefert die jeweilige Biersorte aus dem monatlich befüllten Zentrallager an die Kunden in den jeweiligen Regionen
- Oder sie eröffnet in der jeweiligen Region ein monatlich zu belieferndes Regionallager und liefert vom Zentrallager über das Regionallager und dann zum Kunden.

Daraus ergeben sich 9 Entscheidungen, die getroffen werden müssen.

Die Entscheidung hat Auswirkungen auf die Standort-, Bestands- und Transportkosten sowie auf die Lieferzeit.

Nachfolgend werden die Parameter bestimmt:

Die Lieferzeit vom Zentrallager zu den jeweiligen Kunden beträgt 2 Tage.

Die Lieferzeit vom Regionallager zu den jeweiligen Kunden beträgt 1 Tag.

Die Transportkosten vom Zentrallager zu den jeweiligen Kunden betragen 2 Euro.

Die Transportkosten vom Zentrallager über das Regionallager zu den jeweiligen Kunden beträgt immer 1 Geldeinheit.

Die Standortkosten für das Zentrallager werden nicht berücksichtigt.

Die Standortkosten für ein Regionallager betragen jeweils 100 Geldeinheiten. Sobald eine Biersorte über ein Regionallager geleitet werden soll, fallen die 100 Geldeinheiten an. Jedoch nur einmal pro Standort.

Der zu erfüllende Lieferbereitschaftsgrad beträgt 95%. Der entsprechende Standardabweichungsfaktor beträgt 1,64.

Die Bestandskosten für das hochwertiger Bier (P1) beträgt 5 Geldeinheiten.

Die Bestandskosten für das mittelwertiges Bier (P2) beträgt 3 Geldeinheiten.

Die Bestandskosten für das geringwertiges Bier (P3) beträgt 1 Geldeinheit.

Der Sicherheitsbestand für jede Biersorte ergibt sich aus dem Produkt von Lieferbereitschaftsgrad und der jeweiligen Standardabweichung und ist zu berücksichtigen.

Die monatlich durchschnittlich nachgefragten Mengen aus München für das hochwertige Bier (P1) beträgt 150 Mengeneinheiten. Der Variationskoeffizient beträgt 0,21.

Die monatlich durchschnittlich nachgefragten Mengen aus Aachen für das hochwertige Bier (P1) beträgt 71 Mengeneinheiten. Der Variationskoeffizient beträgt 0,4.

Die monatlich durchschnittlich nachgefragten Mengen aus Hamburg für das hochwertige Bier (P1) beträgt 55 Mengeneinheiten. Der Variationskoeffizient beträgt 0,51.

Die monatlich durchschnittlich nachgefragten Mengen aus München für das mittelwertige Bier (P2) beträgt 55 Mengeneinheiten. Der Variationskoeffizient beträgt 0,42.

Die monatlich durchschnittlich nachgefragten Mengen aus Aachen für das mittelwertige Bier (P2) beträgt 53 Mengeneinheiten. Der Variationskoeffizient beträgt 0,52.

Die monatlich durchschnittlich nachgefragten Mengen aus Hamburg für das mittelwertige Bier (P2) beträgt 160 Mengeneinheiten. Der Variationskoeffizient beträgt 0,2.

Die monatlich durchschnittlich nachgefragten Mengen aus München für das niedrigwertige Bier (P3) beträgt 65 Mengeneinheiten. Der Variationskoeffizient beträgt 0,52.

Die monatlich durchschnittlich nachgefragten Mengen aus Aachen für das niedrigwertige Bier (P3) beträgt 175 Mengeneinheiten. Der Variationskoeffizient beträgt 0,18.

Die monatlich durchschnittlich nachgefragten Mengen aus Hamburg für das niedrigwertige Bier (P3) beträgt 55 Mengeneinheiten. Der Variationskoeffizient beträgt 0,43.

Ihre Aufgabe ist es nun, eine kostenoptimale Lagerstruktur für die Brauerei auszuwählen. Unter Berücksichtigung der Standort-, Bestands- und Transportkosten sowie der Lieferzeit und die Nachfragemengen.

ANHANG 2

Prompting für KIs mit Kombination aus Text- und Tabellenform:

Szenario und Aufgabenstellung:

Eine Brauerei stellt drei Sorten Bier her: ein hochwertiges Bier P1, ein mittelwertiges Bier P2 und ein geringwertiges Bier P3.

Das Zentrallager der Brauerei befindet sich in Kassel. Die drei Biersorten werden in den drei Regionen Hamburg, Aachen und München in unterschiedlichen Nachfragen verkauft.

Die Brauerei hat nun bei der Distributionsstruktur für jede Biersorte die Wahl:

- Entweder sie liefert die jeweilige Biersorte aus dem monatlich befüllten Zentrallager an die Kunden in den jeweiligen Regionen
- Oder sie eröffnet in der jeweiligen Region ein monatlich zu belieferndes Regionallager und liefert vom Zentrallager über das Regionallager und dann zum Kunden.

Daraus ergeben sich 9 Entscheidungen, die getroffen werden müssen.

Ihre Aufgabe ist es nun, eine kostenoptimale Lagerstruktur für die Brauerei auszuwählen. Unter Berücksichtigung der Standort-, Bestands- und Transportkosten sowie der Lieferzeit und die Nachfragemengen.

Die letzte Tabelle stellt die Entscheidungsmatrix zur Beantwortung der Aufgabe dar:

	Zentrallager Kassel	RL Hamburg	RL Aachen	RL München
Lieferzeit zum Kunden in den Regionen in Tagen	2,00	1,00	1,00	1,00
Transportkosten in Euro	2,00	1,00	1,00	1,00
Standortkosten in Euro	0,00	100,00	100,00	100,00
Lieferbereitschaftsgrad in Prozent	0,95	0,95	0,95	0,95
STA-Faktor für Lieferbereitschaftsgrad	1,64	1,64	1,64	1,64

	Bier P1	Bier P2	Bier P3
Bestandskosten pro Stück in Euro	5,00	3,00	1,00
monatlich durchschnittlich nachgefragte Mengen in Stück – München	150,00	55,00	65,00
Variationskoeffizient München	0,21	0,42	0,52
monatlich durchschnittlich nachgefragte Mengen in Stück – Aachen	71,00	53,00	175,00
Variationskoeffizient Aachen	0,40	0,52	0,18
monatlich durchschnittlich nachgefragte Mengen in Stück – Hamburg	55,00	160,00	55,00
Variationskoeffizient Hamburg	0,51	0,20	0,43

CBS

**UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES**