

Beer Game reloaded – Erfahrungsbericht und Spielvarianten der Supply Chain

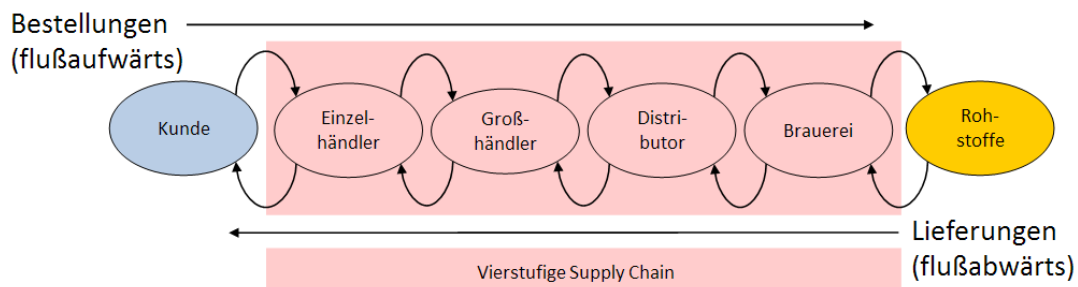
Simulation „Beer Game“ an der Hochschule Ludwigshafen am Rhein

Stefan Bongard

1. Einleitung

Das Beer Game gehört zu den bekanntesten Supply Chain Simulationen im Bereich der Logistik. Entwickelt wurde das „Beer Distribution Game“ Anfang der 60er Jahre am MIT (Massachusetts Institute of Technology) (Sterman 1989, S. 326) und gehört seitdem zu den klassischen Bestandteilen einer logistischen Ausbildung. Generationen von Studierenden haben seitdem das Spiel auf der ganzen Welt absolviert und lehrreiche Erfahrungen gemacht, welche Schwierigkeiten das Beherrschen einer Supply Chain bereiten kann. Zudem dient das Beer Game auch heute noch zahlreichen Forschungsaktivitäten (Croson/Donohue/Katok/Sterman 2012).

Bei einem Beer Game steht ein Team von Spielern vor der Aufgabe, eine vierstufige Lieferkette zu steuern. Jede Stufe der Lieferkette bestehend aus Einzelhändler, Großhändler, Distributor und Brauerei¹ ist mit Spielern eines Teams besetzt (mindestens eine Person pro Station).



Aufgabe der Stationen ist es jeweils, eingehende Bestellungen der Vorstufe zu erfüllen, also Bier auszuliefern und bei der nachfolgenden Stufe Bier nachzubestellen. Um die Wirklichkeit nachzubilden, agieren die einzelnen Stationen einer Supply Chain autark; die Kommunikation mit anderen Stufen der Chain ist nicht erlaubt. Ziel des Spiels ist es, die Gesamtkosten für eine Supply Chain zu minimieren. Kosten entstehen für die Lagerung von Bier (0,50 Euro pro Kiste pro Runde) sowie das Nicht-Erfüllen von Lieferungen (1,00 Euro pro Kiste pro Runde).

¹ Die englischen Bezeichnungen der Spielstationen lauten „Retailer“ für Einzelhändler, „Wholesaler“ für Großhändler, „Distributor“ für Distributor und „Brewery“ für Brauerei.

Die Aufgabenstellung wirkt auf die Teilnehmer zu Beginn des Spiels trivial, weil das gesamte System der Supply Chain sich in einem Gleichgewicht befindet. Durch Änderungen im Bestellverhalten des Endkunden wird das Gleichgewicht gestört und als Folge gerät die gesamte Supply Chain in Bewegung. Merkmale dieser Dynamik sind stark schwankende Lagerbestände und Bestellmengen sowie das Auftreten des sog. Bullwhip-Effektes. Dieser Effekt bezeichnet das Phänomen in Supply Chains, das eine kleine Änderung eines Systemparameters (z. B. höhere Bestellmenge des Endkunden) dazu führt, dass das gesamte System sich „aufschauelt“ und in starke Schwingungen gerät. Für die Herbeiführung des „Aufschaukelns“ reichen i.d.R. 30 Spielrunden (eine Spielrunde entspricht einer Woche) völlig aus.

Nach dem Spiel erfolgt neben der Mitteilung des Spielergebnisses (kumulierte Kosten der Supply Chain aller vier Stufen) im Rahmen eines Debriefings die Diskussion der wesentlichen Lerneffekte des Beer Games. Dazu gehören:

- Wert des Informationsflusses (neben dem Güterfluss)
- Wirkung von Komplexität (Wirkung der Vereinfachung von Wertschöpfungsketten)
- Wirkung der Reduktion von Lieferzeiten
- Systemeffekte von Supply Chains
 - Schwingung (Oszillation)
 - Phasenverschiebung
 - Amplitudenverstärkung (Bullwhip-Effekt)

Ausführliche Beschreibungen zum Konzept und zur Durchführung des Beer Games finden sich z. B. bei Sterman 1989, S. 326 ff.; Sterman 2000, S. 684 ff.; Riemer 2008; Li/Simchi-Levi, Klagenfurt, ETH Zürich oder MA system.

An der Hochschule Ludwigshafen am Rhein wird das Beer Game im Rahmen des Curriculums des Studienganges Bachelor Logistik gespielt. Seit Juli 2008 finden jedes Semester Beer Games statt. Gespielt wird sowohl mit Studierenden als auch mit Praktikern, die als Gäste der Hochschule die Möglichkeit haben, an dem Spiel zu partizipieren. Gespielt wird das Beer Game als haptisches Brettspiel in der Spielvariante des sog. Klagenfurter Designs (Klagenfurt).

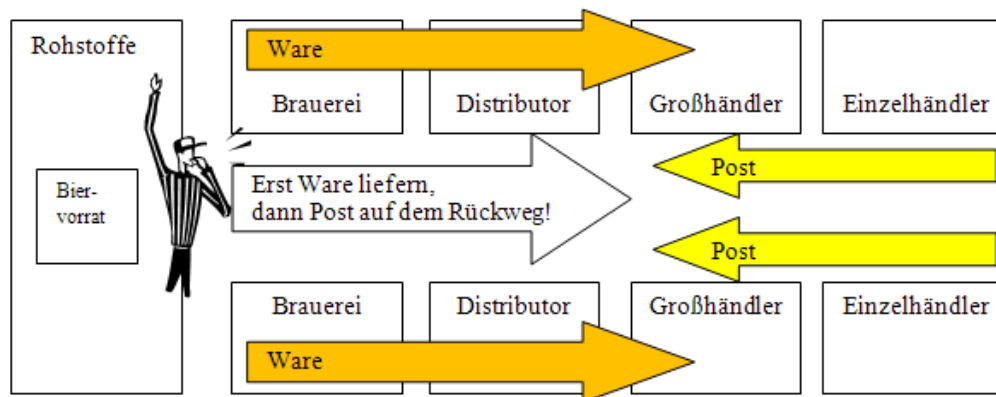
Zwei konkurrierende Gruppen mit jeweils mindestens vier Personen sitzen sich gegenüber und versuchen, die für beide Seiten gleich hohen Bestellungen des Endkunden so zu managen, dass für die gesamte Supply Chain minimale Kosten für Lagerhaltung und Strafkosten für nicht gelieferte Bestellungen entstehen.

2. Änderungen des Spielablaufs

Seit dem Start der Beer Games in 2008 wurden zahlreiche Änderungen an der Grundaufstellung des Klagenfurter Designs vorgenommen. Hintergrund ist das Ziel, ein möglichst flüssiges und friktionsfreies Spielen zu ermöglichen. Aus diesem Grund finden nach jedem Spiel Nachbesprechungen mit den studentischen Hilfskräften statt, die die Durchführung des Spielablaufs unterstützen.² Dieser kontinuierliche Verbesserungsprozess hat zu verschiedenen Modifikationen geführt:

Umkehrung der Spielrichtung

Im Klagenfurter Design ist vorgesehen, dass der erste Spielschritt in jedem Spieltakt (auch: Runde, Spielwoche) der Lagereingang ist. Durch die vorgegebene Spielrichtung ist allerdings die erste Aktion, die die Teilnehmer an den Stationen wahrnehmen, der Posteingang durch den Spielleiter. Es besteht bei den Spielern durchaus die Neigung, entgegen den Spielregeln erst die Post zu öffnen und erst danach den Wareneingang zu bewerkstelligen. Das wiederum führt dazu, dass die Spielstationen leicht „aus dem Tritt“ kommen. Während ein Teil der Spielstationen den Wareneingang durchführt, beschäftigen sich andere schon mit der Bestellung der Vorstufe. Für den Spielleiter ergibt sich dadurch die Anforderung, jeweils pro Spieltakt abzu prüfen, ob auch alle Spielstationen die notwendigen vier Einzelschritte absolviert haben. Eine Erleichterung für den Spielleiter und eine bessere Chance auf einen Gleichschritt der Aktionen der Spieler gewinnt man, in dem man die Spielrichtung umkehrt.



Der Spielleiter läuft zu Beginn eines Spieltaktes von der Brauerei los und versorgt erst alle Spielstationen mit Ware. Im Gepäck dabei hat der Spielleiter schon die Umschläge mit den Warenbestellungen für die Einzelhändler am anderen Ende der Supply Chain. Wenn der Spielleiter bei den Einzelhändlern ist, wendet er und versorgt die Spielstationen mit der

² Als zweckmäßig hat sich die Unterstützung durch wenigstens zwei Hilfskräfte erwiesen. Während der Spielleiter zwischen den beiden Gruppen hin- und herläuft und den Spieltakt vorgibt, bereitet eine Hilfskraft die Lieferungen der Brauerei vor. Die zweite Hilfskraft beobachtet beide Gruppen und steht für die Beantwortung etwaiger Zwischenfragen zur Verfügung, ohne dass der Spielfluß unterbrochen werden muß.

Post und den Bestellungen. Wesentliche Vorteile dieser Lösung sind die Übereinstimmung von erstem Spielschritt und erster Aktion bei den Spielstationen und damit eine geringere Gefahr, dass die Spielschritte durcheinander kommen sowie eine Zeitersparnis. Dieses Ersparnis resultiert daraus, dass die Spieler während der Auslieferung der Ware durch den Spielleiter schon beginnen können, den Wareneingang zu bewerkstelligen. Nachteil dieser Lösung ist das Ausschleusen der Warenlieferungen durch die Einzelhändler an dem Ende der Chain, wo sich eben nicht die Brauerei befindet. Ergo muss eine Hilfskraft dafür sorgen, dass die gelieferte Ware samt Transportbehältnis wieder an das andere Kopfende zur Brauerei gelangt.

Vorgedruckte Bestellungen

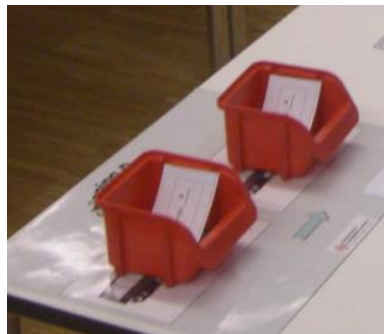
Jede Spielstation erhält ein Paket vorgedruckter Bestellzettel für die maximal mögliche Rundenzahl von 50 Runden.



Auf jedem Bestellzettel ist die jeweilige Spielrunde aufgedruckt. Damit kann man sich besser orientieren, in welcher Spielrunde man sich befindet bzw. in welcher Spielrunde man welche Menge bestellt hat.

Lieferscheine

Die ausgefüllten Bestellzettel dienen auch als Lieferscheine. Die Spieler erhalten die Anweisung, nach dem Bereitstellen der Ware den ursprünglichen Bestellzettel als Lieferschein mit in das Transportbehältnis zu geben.



Das entbindet die nachfolgende Stufe nicht, die genaue Menge des Wareneingangs zu überprüfen. Von Vorteil ist aber, dass man durch diese Vorgehensweise die Nähe zur Realität erhöht, da in der Regel jeder echten Warenlieferung auch Lieferpapiere beiliegen, die man überprüfen sollte. Zudem ruft der Lieferschein vielen Spielern wieder ins Gedächtnis,

was der Spielleiter zu Beginn des Spiels erklärt hat, das nämlich erst einige Zeit vergeht, bis man nach einer Bestellung seine Ware auch in Empfang nehmen darf. Zu guter Letzt bieten die Lieferscheine eine gute Möglichkeit, von der Bestellmenge abweichende Liefermengen durch handschriftliche Ergänzungen kenntlich zu machen.

Lieferschein-Picker

Um die Aufräumarbeiten nach einer Spielsession zu beschleunigen, bekommt jede Spielstation einen Lieferschein-Picker zum Aufspießen der erledigten Lieferscheine.



Nach dem Vereinnahmen der Ware in das Lager kann der damit erledigte Lieferschein aufgespießt werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass man bei etwaigen Unsicherheiten bei der Buchführung sehr komfortabel die letzten Lieferungen nachvollziehen kann. Hilfreich ist dabei zudem, dass auf jedem Bestellzettel die ursprüngliche Bestellwoche angedruckt ist.

Logistische Einheiten

Als „Bierkisten“ dienen Kronkorken echter Bierflaschen. Erfahrene Beer Game-Spielleiter wissen, dass nach einer gewissen Anzahl Spielrunden die Bestellmengen rapide ansteigen und auch Bestellmengen größer 100 keine Seltenheit sind. Um den Spielfluss auch bei größeren Bestellmengen nicht zu gefährden, sind eine gewisse Anzahl Kronkorken als 5-Packs oder 10-Packs gebündelt. Das erleichtert sowohl das Zusammenstellen von Lieferungen als auch die Kontrolle von Lagerbeständen.

Verstecktes Lager

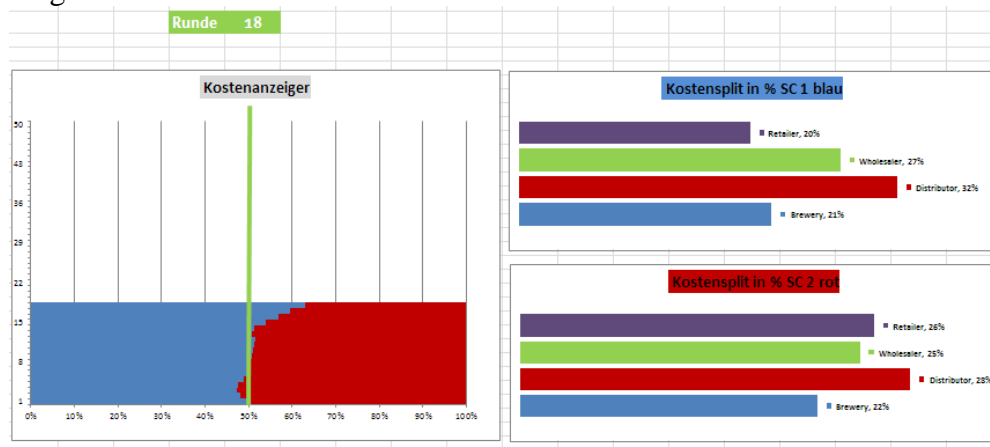
Zu den Grundregeln des Beer Games gehört es, nicht bei vor- oder nachgelagerten Stufen „zu spionieren“, also sich z. B. über die Höhe etwaiger Bestellrückstände oder auch Lagermengen zu informieren. Falls der Spielleiter feststellt, dass trotz des Verbotes die „Spionage“ überhand nimmt, kann er einzelne Stationen bitten, das Lager nicht mehr offen auf dem Spielplan zu führen, sondern versteckt mit Hilfe eines großen Sichtlagerkastens. Durch die hohen Seitenwände des Sichtlagerkastens ist es jetzt für die benachbarten Spielstationen nahezu unmöglich, Einblick in die Lagersituation zu bekommen. Als einzige Orientierungshilfe verbleibt die (u. U. auch fehlende) Geräuscentwicklung beim Zählen des Lagerbestandes.

Controlling-Modul

Nach jeweils zehn Spielrunden (Spielwochen) erhalten die Teilnehmer neue Formulare für die Erfassung der relevanten Spieldaten. Die studentischen Hilfskräfte können die Daten der eingesammelten Formulare der letzten zehn Runden dann schon während des Spiels in ein Excel-Sheet eingeben. Die Eingabe beschränkt sich dabei ausschließlich auf die bestellten Mengen der einzelnen Stationen, da diese die einzigen exogenen Variablen des Spiels darstellen. Alle anderen endogenen Variablen (z. B. Lagermengen oder Bestellrückstände), Kennzahlen und Charts werden durch ein programmiertes Excel-Sheet berechnet. In der Regel ist durch diese Vorgehensweise sichergestellt, dass die Teilnehmer sehr zeitnah die Ergebnisse ihres Spiels analysieren können.

Es besteht die Möglichkeit, durch das Controlling-Modul schon während des Spiels erste Einblicke in die Spielergebnisse zu gewähren. Diese Funktionalität ist deswegen nützlich, da viele Spieler nach einer gewissen Anzahl Runden die Orientierung verlieren, in welcher Höhe bereits Kosten angefallen sind. Zudem spornt die Auswertung natürlich den Ehrgeiz beider Gruppen an, die Führung zu verteidigen oder einen Rückstand aufzuholen. In der nachfolgenden Grafik kann man sehen, dass die blaue Chain SC1 in Rückstand liegt, da 63% der gesamten Kosten beider Chains auf SC1 entfallen.

Controlling-Modul



Zudem ist auf der rechten Seite der Abbildung zu sehen, welchen Anteil jede Spielstation an den Gesamtkosten der jeweiligen Chain hat.

3. Spielergebnisse

Die jeweiligen Spielergebnisse der Beer Games werden in eine Datenbank eingepflegt, um weitergehende Analysen durchzuführen. Aktuell (Stand September 2012) sind in der Datenbank 56 Beer Games (aus 28 Partien mit jeweils zwei Gruppen) verfügbar. In den nachfolgenden Auswertungen sind nur Spiele berücksichtigt, in denen die höchste Bestellmenge nicht mehr als 80 Kisten betrug. In der Auswertung kann man drei Datengruppen unterscheiden: Die Gruppe „Studi6“ beinhaltet 16 Spiele, die von Studierenden des Studiengangs Bachelor Logistik im 6. Fachsemester durchgeführt wurden. Die Gruppe „Studi1“ beinhaltet drei Spiele, die von Studierenden des Studiengangs Bachelor Logistik im 1. Fachsemester durchgeführt wurden. Die Gruppe „Public“ beinhaltet 18 Spiele, die von Nicht-Studierenden gespielt wurden, z. B. Betreuer von Studienarbeiten, Logistik-Professionals und Hochschulkollegen.

Alle Spiele wurden nur bis zur Runde 30 analysiert, um die Vergleichbarkeit der Spielergebnisse zu gewährleisten.

Die Auswertung der Daten von Beer Games, die nicht als Computersimulationen durchgeführt werden,³ wird durch ein Problem eingeschränkt, das Sterman schon 1989 erwähnt (Sterman 1989, S. 328). Das Problem besteht darin, dass in haptischen Beer Games sehr häufig Fehler in der Buchführung der laufenden Spieldaten vorkommen.

Jede Spielstation ist verpflichtet, sowohl eine Bestandsführung über evtl. Bestellrückstände als auch Lagermengen zu führen.⁴ Einen typischen Fehler bei der Berechnung des Bestellrückstandes zeigt die nachfolgende Abbildung:

Auftragsmanagement

Brewery

②

③

Woche	Offene Bestellungen* (Wochenbeginn)	+	Bestellungen (Mail In)	-	Lieferung (Ware-house Out)	=	Offene Bestellungen (Wochenende)
11	0	+	15	-	8	=	7
12	7	+	10	-	7	=	10
13	10	+	20	-	10	=	20
14	20	+	15	-	15	=	20
15	20	+	20	-	15	=	25
16	25	+	20	-	15	=	30
17	30	+	20	-	30	=	20
18	20	+	30	-	15	=	35
19	35	+	20	-	40	=	5
20	5	+	20	-	25	=	0

* Die offenen Bestellungen zu Beginn der Periode n sind gleich den offenen Bestellungen am Ende der Periode n-1.

$$35 + 20 - 40 = 15 (!)$$

³ Beispiele für computerunterstützte Beer Games finden sich bei Kaminsky/Simchi-Levi (1998), Li/Simchi-Levi (2009), Riemer 2008, MA system, Forio oder ETH Zürich.

⁴ Die Rechenvorschriften lauten: Offene Bestellungen (Wochenbeginn) + Bestellungen (Mail In) ./ Lieferung (Warehouse Out) = Offene Bestellungen (Wochenende) bzw. Bestand (Wochenbeginn) + Wareneingang (Warehouse In) ./ Lieferung (Warehouse Out) = Bestand (Wochenende).

Die Analyse von 37 Spielen (Studi6, Studi1 und Public) zeigt, dass im Durchschnitt nach 18 Runden die ersten Fehler gemacht werden.

		Team Total	Mittelwert	Einzel- händler	Groß- händler	Distributor	Brauerei
Buchführung	<i>N</i>			15	16	24	19
Woche des ersten Buchführungsfehlers			18	18	19	17	18
Wochen ohne Buchführungsfehler			12	11	11	11	16
	<i>N</i>			37	37	37	37
Wochen mit Buchführungsfehlern (ohne Runden mit Lagerbestand = 0)			3	2	2	5	5
Wochen ohne Lagerbestand			14	18	17	13	9
	<i>N</i>			36	37	37	37
Woche, in der zum ersten Mal der Lagerbestand auf Null absinkt			11	10	11	11	11
Summe der positiven Abweichungen der Lagerbestandsmenge			9	1	5	18	11
Summe der negativen Abweichungen der Lagerbestandsmenge			-10	-7	-6	-11	-16
Summe der Abweichungen		-6		-6	-1	7	-5
		Team Total	Mittelwert	Einzel- händler	Groß- händler	Distributor	Brauerei
Qualität der Buchführung							
Maximale mögliche Punktzahl		37		9,25	9,25	9,25	9,25
Buchführungsleistung absolut		18,50	4,63	5,50	5,25	3,25	4,50
in %		50,0%		59,5%	56,8%	35,1%	48,6%
Platzierung				1	2	4	3
Anzahl perfekter Spiele	<i>N</i>	6					
in %		16,2%					

Ein Buchführungsfehler tritt auf, wenn der vom Computer in dem Excel-Modell berechnete Lagerbestand von dem Lagerbestand abweicht, der auf dem Formular für die Bestandsbuchführung eingetragen ist. Erklären kann man diese Fehler mit nachlassender Konzentration nach einer gewissen Spielzeit sowie dem Umstand, dass nach ungefähr der gleichen Anzahl Spielrunden die Lagerbestände wieder ansteigen, und zwar teilweise rapide (ablesbar an den Kennzahlen „Wochen bis Wiederherstellen des ursprünglichen Lagerbestandes (exkl. der ersten 10 Wochen)“ sowie „Woche der größten Bestellmenge“).

		Endkunde	Mittelwert	Einzel-	Groß-	Distributor	Brauerei
Zeitintervalle (in Wochen)	<i>N</i>			14	17	24	34
Wochen bis Wiederherstellen des ursprünglichen Lagerbestandes (exkl. der ersten 10 Wochen)			18	24	20	18	15
Woche des kleinsten Lagerbestands			20	23	23	19	18
Woche des größten Lagerbestands			14	11	12	14	18
Verstärkungseffekte							
Größte Bestellmenge (Bierkisten/Woche)		8	29	20	24	31	42
Varianz der Bestellmenge (Bierkisten/Woche)		3	77	28	48	83	147
Höchster Lagerbestand (Bierkisten)			35	21	30	37	50
Kleinsten Lagerbestand (Bierkisten)			-46	-35	-61	-50	-39
Spannweite (Bierkisten)			81	56	91	87	89
Phasenverschiebung							
Woche der größten Bestellmenge		9	17	15	17	17	18

Wie problematisch das Thema Buchführungsfehler bei der Durchführung von haptischen Planspielen ist, zeigt sich an der Anzahl der Spiele, die völlig fehlerfrei durchgeführt wurden. Von 19 Spielen mit den Gruppen Studi6 und Studi1 waren es nur fünf Spiele, in denen keine Buchführungsfehler vorkamen (sog. „perfekte“ Spiele). Bei der Praktikergruppe Public war es in 18 Spielen sogar nur ein Spiel, das völlig fehlerfrei war.

Um den Teilnehmern ein Feedback bezüglich der Güte ihrer Buchführungsqualität zu geben, wurde eine Kennzahl zur Messung der Buchführungsqualität (Accounting Quality) entwickelt. Pro Spiel kann jede der vier Spielstationen 0,25 Punkte erreichen für den Fall, das kein Fehler in der Buchführung auftritt. Sobald ein Fehler auftritt, geht die Wertung für die jeweilige Spielstation auf Null zurück. Addiert man die Einzelwertungen, erhält man die Buchführungsqualität als Kennzahl Buchführungsleistung absolut und in % (engl.: Chain Accounting Performance) sowohl für die gesamte Gruppe als auch für die einzelnen Spielstationen.

	Team Total	Mittelwert	Einzel- händler	Groß- händler	Distributor	Brauerei
Qualität der Buchhaltung						
Maximale mögliche Punktzahl	37		9,25	9,25	9,25	9,25
Buchführungsleistung absolut	18,50	4,63	5,50	5,25	3,25	4,50
in %	50,0%		59,5%	56,8%	35,1%	48,6%
Platzierung			1	2	4	3
Anzahl perfekter Spiele <i>N</i>	6					
in %	16,2%					

Wie man der Grafik entnehmen kann, beträgt für die 37 Spiele der Gruppen Studi6, Studi1 und Public die durchschnittliche Buchführungsleistung absolute 18,50 Punkte; das entspricht 50% der maximal möglichen 37 Punkte. Zudem kann man erkennen, dass die Buchführungsqualität der Einzelhändler (59,5 %) und der Großhändler (56,8 %) wesentlich besser ist als die der Distributoren (35,1 %) und der Brauereien (48,6 %). Für Spielleiter könnte man daraus ableiten, ab Runde 15 - 18 besonderes Augenmerk auf die korrekte Eintragung der Buchführungsdaten zu legen und dabei insbesondere auf die Stationen Distributor und Brauerei zu achten.

Einmal gemachte Fehler pflanzen sich fort, was die Auswertbarkeit der erhobenen bzw. berechneten Daten weiter einschränkt. Deshalb werden für Auswertungszwecke nur die Daten herangezogen, die mit Hilfe des Excel-Modells berechnet wurden. Die Auswertung der Daten erfolgt in Anlehnung an Sterman (Sterman 1989, S. 328 ff.) und wurde geringfügig ergänzt:⁵

⁵ Die Vergleichswerte der Benchmarks beziehen sich bezüglich des „Optimums“ auf Sterman 1989. Die Benchmarkdaten bezüglich „Mittelwert aus 11 Spielen mit Studenten“ wurde auf Basis der Originaldaten des MIT neu berechnet.

Spielauswertung der Gruppe „Studi6“

	N	Team Total	Mittelwert	Einzelhändler	Großhändler	Distributor	Brauerei
Mittelwert der Gesamtkosten	16	2.157		507	612	521	517
Platzierung				1	4	3	2
Minimum		1.355		178	189	251	239
Maximum		2.922		825	1.176	937	1.190
Varianz		226.459					
Standardabweichung		476					
Spannweite		1.567					

Der blaue Balken im Minusbereich markiert den Durchschnitt der Gesamtkosten

Abzahl der Spiele <= Mittelwert	8						
Anzahl der Spiele > Mittelwert	8						
Benchmark (Optimum, Sterman, J. 1989)	204			46	50	54	54
Ratio	10,6			11,0	12,2	9,6	9,6
Benchmark Mittelwert aus 11 Spielen mit Studenten, Sterman, J. 1989)	2028			383	635	630	380
Ratio	1,1			1,3	1,0	0,8	1,4

	Endkunde	Mittelwert	Einzelhändler	Großhändler	Distributor	Brauerei
Zeitintervalle (in Wochen)	N		4	7	11	16
Wochen bis Wiederherstellen des ursprünglichen Lagerbestandes (exkl. der ersten 10 Wochen)		18	24	22	19	14
Woche des kleinsten Lagerbestandes		20	21	21	19	17
Woche des größten Lagerbestandes		15	8	14	16	23

Verstärkungseffekte						
Größte Bestellmenge (Bierkisten/Woche)	8	31	20	25	35	46
Varianz der Bestellmenge (Bierkisten/Woche)	3	86	29	47	100	167
Höchster Lagerbestand (Bierkisten)		38	22	29	44	56
Kleinsten Lagerbestand (Bierkisten)		-45	-39	-51	-48	-42
Spannweite (Bierkisten)		82	61	80	92	98

Phasenverschiebung						
Woche der größten Bestellmenge	9	17	14	16	18	19

	Team Total	Mittelwert	Einzelhändler	Großhändler	Distributor	Brauerei
Buchführung	N		5	8	11	7
Woche des ersten Buchführungsfehlers		19	16	18	19	22
Wochen ohne Buchführungsfehler		12	9	10	12	17
Wochen mit Buchführungsfehlern (ohne Runden mit Lagerbestand = 0)	N	3	16	16	16	16
Wochen ohne Lagerbestand		15	19	17	14	9
Woche, in der zum ersten Mal der Lagerbestand auf Null absinkt	N	11	16	16	16	16
Summe der positiven Abweichungen der Lagerbestandsmenge		8	9	11	12	11
Summe der negativen Abweichungen der Lagerbestandsmenge		-9	1	8	13	11
Summe der Abweichungen		-4	-9	-8	-13	-6

	Team Total	Mittelwert	Einzelhändler	Großhändler	Distributor	Brauerei
Qualität der Buchhaltung						
Maximale mögliche Punktzahl	16		4	4	4	4
Buchführungsleistung absolut	8,25	2,06	2,75	2,00	1,25	2,25
in %	51,6%		68,8%	50,0%	31,3%	56,3%
Platzierung			1	3	4	2
Anzahl perfekter Spiele	N	3				
in %		18,8%				

Spielauswertung der Gruppe „Public“

	N	Team Total	Mittelwert	Einzel- händler	Groß- händler	Distributor	Brauerei
Mittelwert der Gesamtkosten	18	2.202		414	772	576	440
Platzierung				1	4	3	2
Minimum		743		153	221	132	143
Maximum		4.627		759	1.702	1.605	1.018
Varianz		1.372.925					
Standardabweichung		1.172					
Spannweite		3.885					

Der blaue Balken im Minusbereich markiert den Durchschnitt der Gesamtkosten

Abzahl der Spiele <= Mittelwert	11						
Anzahl der Spiele > Mittelwert	7						
Benchmark (Optimum, Sterman, J. 1989)	204			46	50	54	54
Ratio	10,8			9,0	15,4	10,7	8,1
Benchmark Mittelwert aus 11 Spielen mit Studenten, Sterman, J. 1989)	2028			383	635	630	380
Ratio	1,1			1,1	1,2	0,9	1,2

	Endkunde	Mittelwert	Einzel- händler	Groß- händler	Distributor	Brauerei
Zeitintervalle (in Wochen)	N					
Wochen bis Wiederherstellen des ursprünglichen Lagerbestandes (exkl. der ersten 10 Wochen)		18	8	8	10	15
Woche des kleinsten Lagerbestands		22	24	24	20	19
Woche des größten Lagerbestands		12	12	9	13	13

Verstärkungseffekte						
Größte Bestellmenge (Bierkisten/Woche)	8	28	21	24	29	39
Varianz der Bestellmenge (Bierkisten/Woche)	3	72	30	51	73	134
Höchster Lagerbestand (Bierkisten)		31	21	31	30	42
Kleinsten Lagerbestand (Bierkisten)		-50	-32	-71	-55	-40
Spannweite (Bierkisten)		80	53	102	85	82

Phasenverschiebung						
Woche der größten Bestellmenge	9	18	17	19	17	17

	Team Total	Mittelwert	Einzel- händler	Groß- händler	Distributor	Brauerei
Buchführung	N					
Woche des ersten Buchführungsfehlers		17	9	7	12	12
Wochen ohne Buchführungsfehler		11	18	18	15	16
Wochen mit Buchführungsfehlern (ohne Runden mit Lagerbestand = 0)	N	4	12	10	10	13
Wochen ohne Lagerbestand		14	18	18	18	18
Woche, in der zum ersten Mal der Lagerbestand auf Null absinkt	N	11	2	2	7	6
Summe der positiven Abweichungen der Lagerbestandsmenge		10	17	18	13	10
Summe der negativen Abweichungen der Lagerbestandsmenge		-12	18	18	18	18
Summe der Abweichungen		-8	11	11	10	12
			1	2	25	13
			-6	-4	-12	-28
			-5	-2	14	-15

	Team Total	Mittelwert	Einzel- händler	Groß- händler	Distributor	Brauerei
Qualität der Buchhaltung						
Maximale mögliche Punktzahl	18		4,5	4,5	4,5	4,5
Buchführungsleistung absolut	8,00	2,00	2,25	2,75	1,50	1,50
in %	44,4%		50,0%	61,1%	33,3%	33,3%
Platzierung			2	1	3	3
Anzahl perfekter Spiele	N	1				
in %		5,6%				

Da das Beer Game an der Hochschule Ludwigshafen am Rhein mit zwei unterschiedlichen Zielgruppen gespielt wird (Studierende und Praktiker), bietet sich ein Vergleich mit zwei zentralen Fragestellungen an: Wer macht mehr Fehler (bzw. wer hat die bessere Buchführungsqualität) und wer spielt besser (bzw. verursacht geringere Gesamtkosten)?^{6, 7}

Vergleich ausgewählter Kennzahlen:

	Studenten	Praktiker		
Zielgruppe	Studi6	Public		
Spielrunden	30	30		
Filter für Höchstbestellmenge	80	80		
N	16	18		
			absolute Abweichung	in %
Mittelwert der Gesamtkosten	2.157	2.202	45	2,1%
Minimum	1.355	743	613	45,2%
Maximum	2.922	4.627	1.705	58,4%
Varianz	226.459	1.372.925		
Standardabweichung	476	1.172	696	146,2%
Spannweite	1.567	3.885	2.318	147,9%
Zeitintervalle (in Wochen)	Mittelwert	Mittelwert		
Wochen bis Wiederherstellen des ursprünglichen Lagerbestandes (exkl. der ersten 10 Wochen)	18	18		
Woche des kleinsten Lagerbestands	18	22		
Woche des größten Lagerbestands	18	12		
Verstärkungseffekte				
Größte Bestellmenge (Bierkisten/Woche)	31	28		
Varianz der Bestellmenge (Bierkisten/Woche)	86	72		
Höchster Lagerbestand (Bierkisten)	38	31		
Kleinsten Lagerbestand (Bierkisten)	-45	-50		
Spannweite (Bierkisten)	82	80		
Phasenverschiebung				
Woche der größten Bestellmenge	17	18		
Buchführung				
Woche des ersten Buchführungsfehlers	19	17		
Wochen ohne Buchführungsfehler	12	11		
Wochen mit Buchführungsfehlern (ohne Runden mit Lagerbestand = 0)	3	4		
Wochen ohne Lagerbestand	15	14		
Woche, in der zum ersten Mal der Lagerbestand auf Null absinkt	11	11		
Qualität der Buchhaltung				
Maximale mögliche Punktzahl	16	18		
Buchführungsleistung absolut	8,25	8,00	0,25	3,0%
in %	51,6%	44,4%		
Anzahl perfekter Spiele	3	1		
in %	18,8%	5,6%		

⁶ Aufgrund der geringen Anzahl Spiele für die Gruppe Studi1 wurde diese Gruppe im Vergleich nicht berücksichtigt.

⁷ Der Filter für Höchstbestellmenge bedeutet, dass diejenigen Spiele nicht ausgewertet wurden, in denen Bestellmengen größer 80 ausgelöst wurden.

Der Vergleich ausgewählter Kennzahlen lässt folgende Schlüsse zu:

- Die durchschnittlichen Kosten der Studierenden sind geringfügig kleiner (2,1 % niedriger als die der Vergleichsgruppe Public).
- Die Praktiker haben zwar mit 743 Euro das beste Ergebnis erzielt, aber auch das schlechteste mit 4.627. Die Spannweite (Range) der Praktiker ist mit 3.885 Euro mehr als doppelt so hoch wie das der Studenten.
- Die Buchführungsqualitäten der Studenten liegt mit 51,6 % deutlich höher als die der Praktiker mit nur 44,4 %. Dazu gelangen den Studenten drei fehlerfreie Spiele gegenüber nur einem fehlerfreien Spiel der Praktiker.

4. Alternative Auswertungen

Die Hauptausrichtung des Beer Games besteht in der Herbeiführung des sog. Bullwhip-Effektes und der nachfolgenden Diskussion über Ursachen, Wirkungen und Möglichkeiten der Beeinflussung. Da die Logistik als Querschnittsfunktion mit zahlreichen anderen Unternehmensbereichen eng verzahnt ist (z. B. Produktion, Vertrieb, Finanzen) stellt sich die Frage, wie man das Beer Game mit seinen Lerneffekten auch für Nicht-Logistiker interessant machen könnte. Aus dieser Fragestellung heraus wurden verschiedene Alternativ-Auswertungen mit unterschiedlichen Zielrichtungen entwickelt.

Betriebswirtschaftliche Auswertung

Bezüglich betriebswirtschaftlicher Eckdaten bewegt sich das Beer Game auf höchst rudimentärem Niveau, da in der Originalversion nur Kosten für Lagerung und Opportunitätskosten für nicht erfüllte Bestellungen betrachtet werden.⁸ Betrachtet man das Beer Game betriebswirtschaftlich, können folgende Elemente sinnvoll integriert werden:

- Transportkosten
- Umsatz
- Resultierende Größen wie Gewinn bzw. Verlust
- Kapitaleinsatz
- Liquidität
- Kundenzufriedenheit

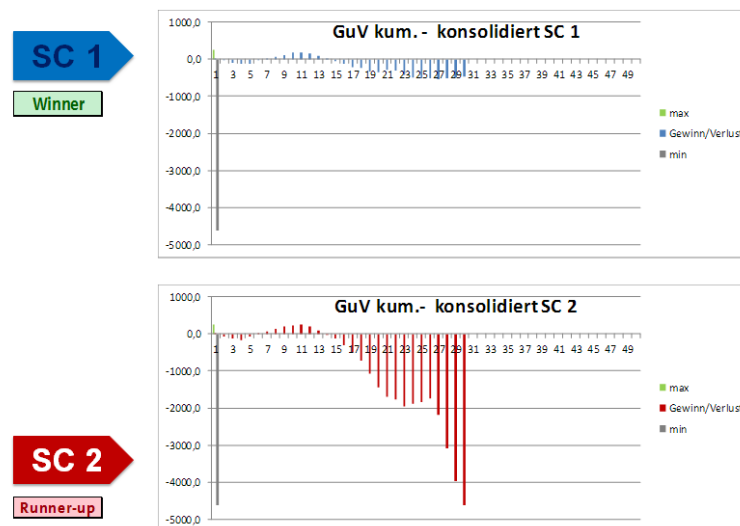
⁸ Vgl. zu einer Beer Game Version mit Integration betriebswirtschaftlicher Ansätze MA system

Die nachfolgende Grafik zeigt das Datenset mit den wichtigsten Parametern für die betriebswirtschaftliche Auswertung eines Beer Games.

Betriebswirtschaftliche Parameter

Stufe	VK pro Kiste	Lagerkostensatz	Lagerkosten	Fixkosten	Wertschöpfung in %	Wertschöpfung absolut	Ausgabewirksamer Kostenanteil der Wertschöpfung in %	Ausgabewirksamer Kostenanteil der Wertschöpfung absolut	Multiplikator für Anfangskassenbestand x Umsatz in Periode 1	Anfangskassenbestand	Zahlungsausgang in + Perioden	Fixkapital
Endkunde										50,0	Zahlungsausgang sofort	
Retailer	22,09	2,3%	0,50	1,00	83%	10,00	80%	8,00	3,0	265,0	Zahlungsausgang +2	50,0
Wholesaler	12,09	4,1%	0,50	0,80	81%	5,40	60%	3,24	3,0	145,0	Zahlungsausgang +3	100,0
Distributor	6,69	7,5%	0,50	0,60	135%	3,84	45%	1,73	3,0	80,2	Zahlungsausgang +3	150,0
Brewery	2,85	17,5%	0,50	0,50	850%	2,55	10%	0,26	3,0	34,2	Zahlungsausgang +1	200,0
Rohstoffe	0,30											

Die Parameter sind so eingestellt, dass ein durchschnittliches Spielergebnis von ca. 2.200 Euro nach 30 Runden ausreicht, eine nahezu ausgeglichene GuV zu erreichen. Wie man in der nachfolgenden Grafik sieht, liegt die SC1 in der Auswertung der betriebswirtschaftlichen Daten deutlich vorn.



Weitere Kennzahlen der betriebswirtschaftlichen Auswertung sind die Bestandteile des ROI (Return on Investment) in Form von Umsatzrentabilität und Kapitalumschlag sowie Auswertungen zur Liquidität.

Ökologische Auswertung

Das Schlagwort „Green Logistics“ fokussiert den Umstand, dass die Logistik zu den größeren Treibern der Erderwärmung zählt (vgl. z. B. Lohre/Herschlein 2010, Deutsche Post AG 2010, PE International 2010 oder UBA 2010). Auch diese Thematik lässt sich elegant in die Durchführung von Beer Games einbinden. Ein besonderes Augenmerk gilt hier der CO₂-Effizienz. Je größer das eingesetzte Transportfahrzeug ist (bezogen auf die Nutzlast), desto geringer sind die anteiligen CO₂-Emissionen pro Ladungseinheit (Bierkisten). Allerdings steigt die gesamte CO₂-Emission, je mehr Bierkisten transportiert werden. Zudem kann man das Problem der Kapazitätsauslastung von Transportfahrzeugen adressieren (Verkehrsrundschau 2010).

In der vorliegenden Fassung besitzen die Spielstationen alle den gleichen Fuhrpark mit folgenden Fahrzeugen:

- Ein 26-Tonner (Zuladung 15 to)
- Ein 18-Tonner (Zuladung 9 to)
- Zwei 7,5-Tonner (Zuladung jeweils 4 to)

In Abhängigkeit der bestellten Mengen ergeben sich unterschiedliche Auslastungsprofile und demzufolge auch unterschiedliche CO₂-Emissionen.⁹ Wie man in der nachfolgenden Grafik sieht, verursacht z. B. der Transport von einer Kiste die höchsten Emissionen.

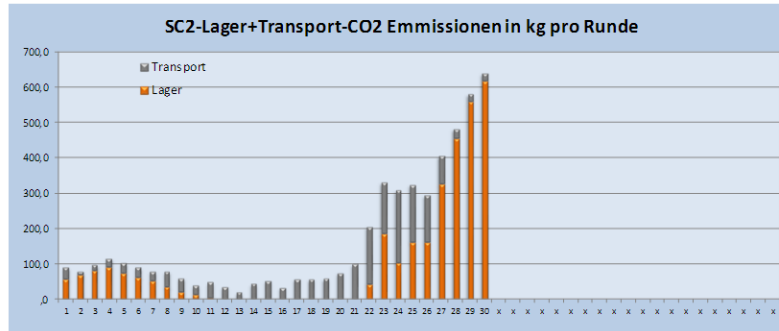
Fuhrpark:	A1	B1	C1	C2		Summe				
Zuladung:	15 Kisten	9 Kisten	4 Kisten	4 Kisten						
Fahrzeug:	26-Tonner	18-Tonner (bis 180-250 PS)	7,5-Tonner	7,5-Tonner		CO ₂ -Emission				
Spiel-Kisten					Check	kg CO ₂	Summe tkm	gr CO ₂ pro tkm	gr CO ₂ pro Spiel-Kiste	gr CO ₂ pro echter Kiste
1			1		1	7,26	20	362,8	7256	131
2			2		2	7,68	40	191,9	3838	69
3			3		3	8,10	60	135,0	2699	49
4			4		4	8,52	80	106,5	2129	38
5		5			5	11,17	100	111,7	2234	40
6		6			6	11,53	120	96,1	1922	35
7		7			7	11,89	140	85,0	1699	31
8		8			8	12,26	160	76,6	1532	28
9		9			9	12,62	180	70,1	1402	25
10	10				10	12,83	200	64,1	1283	23
11	11				11	13,11	220	59,6	1192	21
12	12				12	13,40	240	55,8	1116	20
13	13				13	13,68	260	52,6	1052	19
14	14				14	13,97	280	49,9	998	18
15	15				15	14,25	300	47,5	950	17
16	15		1		16	21,51	320	67,2	1344	24
17	15		2		17	21,93	340	64,5	1290	23
18	15		3		18	22,35	360	62,1	1241	22
19	15		4		19	22,77	380	59,9	1198	22

Am effizientesten wären Bestellmengen in Höhe von 15 Bierkisten und deren Transport mit einem 26-Tonner. Allerdings steigen bei 15 Bierkisten die Gesamtemissionen pro Transport auf 14,25 kg CO₂, während der Transport von einer Kiste nur 7,26 kg CO₂ emittiert.

⁹ Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach Verkehrsrundschau 2010.

Des Weiteren werden in der ökologischen Auswertung noch Lageremissionen berücksichtigt, die aus Vereinfachungsgründen mit einer linearen Funktion berechnet werden (Verkehrsrundschau 2011).

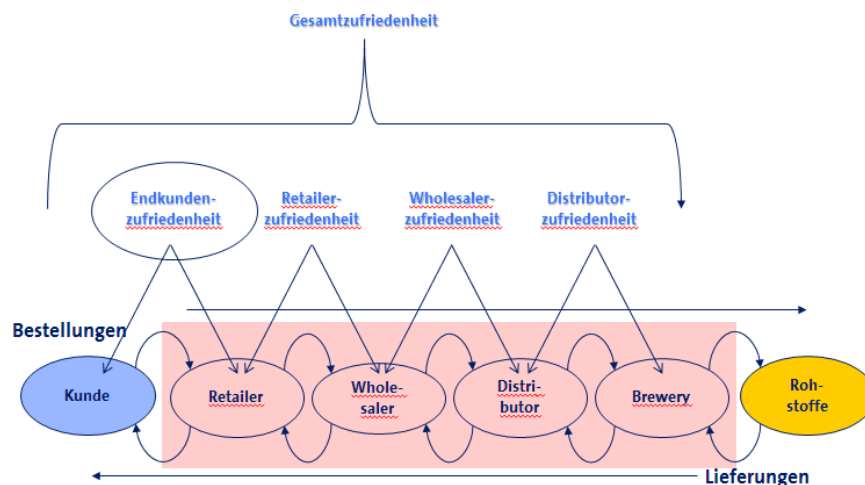
CO₂-Emissionen für Lager und Transport pro Runde



Vorstehende Grafik zeigt den typischen Verlauf eines Beer Games mit dem Leerlaufen der Läger in Runde 11 (demzufolge auch keine Lager-Emissionen mehr) und dem rapiden Absinken der Transportemissionen gegen Runde 30, da die Supply Chain durch viel zu hohe Bestellungen „vollgelaufen“ ist.

Auswertung der Kundenzufriedenheit

Das Ziel des Beer Games einer Kostenminimierung zweier Kostenarten steht einer Managementphilosophie wie dem Total Quality Management diametral gegenüber. Geht es doch bei letzterem darum, die Kundenzufriedenheit in den Fokus aller Anstrengungen zu rücken (Kamiske 2012, Sokolakis 2011, Oakland 2003). Um auch den Aspekt eines Qualitätsmanagements in das Beer Game einzubauen, wurde eine Auswertung zur Ermittlung der Kundenzufriedenheit entwickelt. Gemäß einer notwendigen gesamtheitlichen Betrachtung von Supply Chains wird auf allen Stufen einer Chain die jeweilige Kundenzufriedenheit ermittelt.



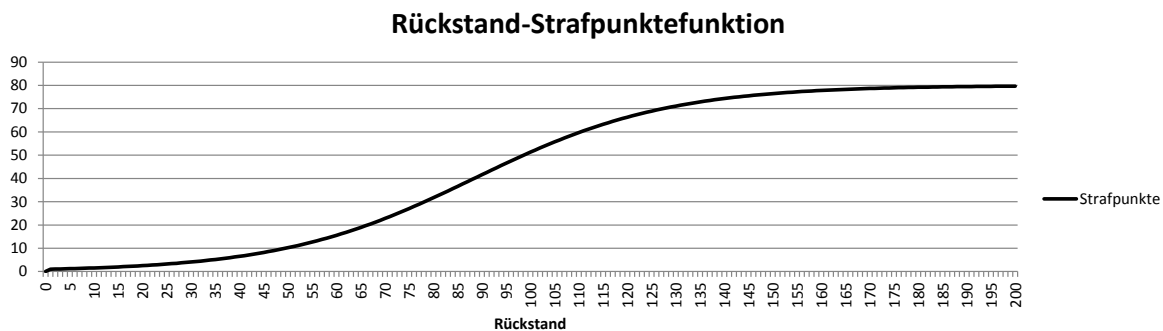
Für die Berechnung der Kundenzufriedenheit wurde ein Scoringmodell entwickelt. Es gibt Bonuspunkte für erfüllte Lieferungen, Strafpunkte für nicht gelieferte Kisten und Strafpunkte für Überlieferungen (resultierend aus Lieferrückständen). Dazu gibt es noch Multiplikatoren, die es erlauben, bestimmten Wertschöpfungsstufen ein höheres Gewicht zuzumessen. Im Standardsetup ist die Endkundenzufriedenheit doppelt so hoch gewichtet wie die der restlichen Supply Chain Mitglieder.

Für die Berechnung der Strafpunkte aus Rückständen wurde mit folgenden Kalkül eine logistische Funktion eingesetzt: Wenn ein Kunde bestellte Ware nicht bekommt, wird er unzufrieden. Je höher der Bestellrückstand wird, desto unzufriedener wird der Kunde, und zwar in steigendem Maße. Ab einer bestimmten Stelle wird die Stimmung resignativ und die Unzufriedenheit steigert sich nicht mehr über-, sondern nur noch unterproportional. Und zwar solange, bis ein „Sättigung“ der Unzufriedenheit stattgefunden hat; der Kunde ist maximal unzufrieden.

Die Parameter der logistischen Funktionen lauten:

- Startwert $P_0 = 1$
- Max. Strafpunkte $P_{\text{Max}} = 80$
- Anfängliche Wachstumsrate $r = 5$

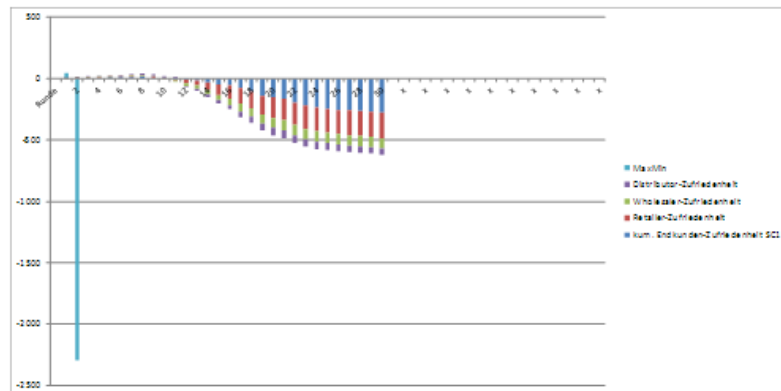
Logistische Funktion der Strafpunkte für Lieferrückstände



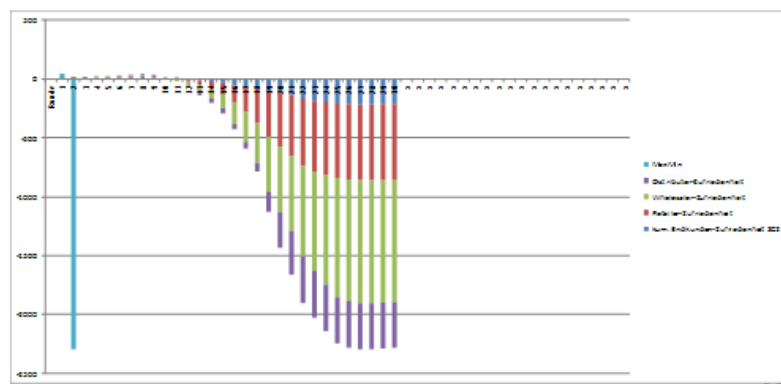
In den nachfolgenden Auswertungscharts sieht man deutlich, dass beide Supply Chains keine positive Kundenzufriedenheit erreicht haben; SC1 aber wesentlich besser abschneidet. Zudem kann man ablesen, welchen Anteil jede Spielstation an der (in diesem Fall negativen) Kundenzufriedenheit hat. Für die Chain SC2 dürften in diesem Fall der Retailer (Einzelhändler) und insbesondere der Wholesaler (Großhändler) Erklärungen an die Mitspieler abzuliefern haben.

Vergleich der Kundenzufriedenheit pro Spielstation SC1 vs. SC2

SC 1
Winner



SC 2
Runner-up



5. Transfermöglichkeiten in andere Bildungsformen

Die Erfahrungen aus der Durchführung zahlreicher Beer Games lassen sich in Kurzform zusammenfassen:

- Das Spiel ist sehr unterhaltsam und kurzweilig.
- Die Teilnehmer sind regelmäßig erstaunt über das dynamische Eigenleben von Supply Chains und dem damit einhergehenden Kontrollverlust über die Vorgänge in der Wertschöpfungskette.
- Die Teilnehmer erfahren das Problem der Optimierung von Teilsystemen (einzelne Spielstation) ohne Rücksichtnahme auf Zusammenhänge des kompletten Systems (komplette vierstufige Supply Chain).
- Das Spiel führt unabhängig vom Ausbildungsniveau, Alter oder Berufserfahrung der Teilnehmer zu den gewünschten Lehr- und Lerneffekten.
- Nach der Durchführung eines Spiels besitzen die Teilnehmer ein hohes Motivationsniveau, um die Lerneffekte auf praktische Problemstellungen anzuwenden.
- Das Spiel bietet für Nicht-Logistiker beste Möglichkeiten, Einblicke in Abläufe und Probleme in Logistik Supply Chains zu gewinnen.

- Auch für die Personalentwicklung kann das Spiel genutzt werden, um Soft Skills zu adressieren (z. B. Auffassungsgabe, Entscheidungsverhalten, Konzentrationsfähigkeit, Kritik- und Konfliktfähigkeit, schnelles Erlernen neuer Muster und Abläufe, Sorgfalt oder Teamgeist).

Somit bietet das Beer Game beste Voraussetzungen, auch in anderen Bildungsformen eingesetzt zu werden. Ein typischer Ablauf für ein Beer Game mit anschließendem Workshop als Tagesveranstaltung sieht folgendermaßen aus:

1. Begrüßung der Teilnehmer
2. Briefing mit Erklärung des Spielablaufs (ca. 20 Minuten)
3. Beer Game Spiel mit mind. 30 Runden (ca. 120 Minuten)
4. Debriefing mit Präsentation der Spielergebnisse (ca. 30 Minuten)
5. Pause
6. Diskussion und Workshop zur Übertragung der Lerneffekte auf praktische Fälle (ca. 120 Minuten)
7. Fakultativ: Erneute Spielrunde mit geänderten Regeln (z. B. mehr Kommunikation oder kürzerer Lieferzeit)
8. Fakultativ: Vergleich der Ergebnisse der beiden Spielrunden

Der Organisationsaufwand für die Durchführung des Spiels hängt vom Veranstaltungsort ab. Bei Spielen an der Hochschule Ludwigshafen müssen die Teilnehmer nur anreisen. Bei Spielen vor Ort müssen entsprechende Räumlichkeiten, Möblierung sowie ein Beamer gestellt werden. Anfragen für die Durchführung von Beer Games für Schulen, Unternehmen oder sonstigen Organisationen richten Sie bitte an: s.bongard@hs-lu.de.

6. Ausblick

Trotz aller Weiterentwicklungen des ursprünglichen Klagenfurter Designs stellt noch immer die Erfassung der Daten aus den Buchführungsformularen nach Abschluß des Spiels Aufwand dar, der nur mit tatkräftiger Unterstützung durch studentische Hilfskräfte zu leisten ist. Verschiedene Lösungen wurden schon angedacht, aber aus triftigen Gründen, die sich zumeist in allzu hohen Umsetzungskosten fanden, wieder verworfen.

Um in Zukunft Beer Games schneller durchzuführen und auch für wissenschaftliche Zwecke zu nutzen, ist die Entwicklung eines computergestützten Beer Games geplant. In Kooperation mit Emanuel Hein Softwareentwicklung, Neckargemünd, wird aktuell eine Beer Game Version projektiert, die sich neben einem modernen Softwaredesign dadurch auszeichnet, auf aktuellen Endgeräten spielbar zu sein (z. B. Notebooks, Pads oder Smartphones) sowie gleichzeitig als Plattform für Computersimulationen zu dienen. Damit wird es möglich, die Spielergebnisse haptischer mit denen computergestützter Beer Games zu vergleichen.

Literaturverzeichnis

- Croson, Rachel/Donohue, Karen/Katok, Elena/Sterman, John (2012): Order Stability in Supply Chains: Coordination Risk and the Role of Coordination Stock, Production and Operations Management, in Druck (2012);
<http://www.hbs.edu/units/tom/pdf/rcroson.pdf>
- Deutsche Post AG (2010): Delivering tomorrow: Zukunftstrend Nachhaltigkeit, 2010, Bonn
 ETH Zürich: <http://www.beergame.lim.ethz.ch/>
- Forio: <http://forio.com/sim-store/demos/root-beer-game.html>
- Kamiske, G. F. (2012): Handbuch QM-Methoden: die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen, 2012, München.
- Kaminsky, P./Simchi-Levi, D. (1998), A New Computerized Beer Game: Teaching the Value of Integrated Supply Chain Management. Supply Chain and Technology Management. Hau Lee and Shu Ming Ng, eds., POMS Series in Technology and Operations Management, Volume 1, pp. 216—225.
- Klagenfurt: <http://beergame.uni-klu.ac.at/bg.htm>
- Li, M./Simchi-Levi, D. (2009): The Web Based Beer Game: Demonstrating the Value of Integrated Supply Chain Management, in: Business Simulations: Concepts and Applications, edited by S. Kapoor, Icfai Books, pp. 160-176.
- Lohre, Dirk/Herschlein, Steffen (2010): Grüne Logistik: Studie zu Begriffsverständnis, Bedeutung und Verbreitung “Grüner Logistik” in der Speditions- und Logistikbranche, 2010, Bonn
- MA system: <http://www.masystem.com/o.o.i.s/1366>
- Oakland, John S. (2003): TQM. Text with cases, 2003, Oxford.
- PE International (2010): Energiebedarfs- und Emissionsvergleich von LKW, Bahn und Schiff im Güterfernverkehr, 2010, Leinfelden-Echterdingen
- Riemer, Kai (2008): The Beergame in business-to-business eCommerce courses – a teaching report, in: Proceedings of the 21st Bled eConference, June 15 -18, 2008; Bled, Slovenia.
- Sokolakis, Chris (2011): TQM erfolgreich einführen: Analyse der Rahmenbedingungen und Ableitung von Maßnahmen, 2011, Norderstedt.
- Sterman, John (1989): Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment, in: Management Science, Vol. 35, No. 3. (Mar., 1989), S. 321-339.
- Sterman, John (2000): Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World, 2000
- UBA (2010): CO2-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale. Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes, 2010, Dessau-Roßlau
- Verkehrsrundschau (2010): So ermitteln Sie den CO2-Fußabdruck, in: Verkehrsrundschau 51/52, 2010, S. 36-38.
- Verkehrsrundschau (2011): Emissionen von Immobilien, in: Verkehrsrundschau 6, 2011, S. 35-37.

Kurzprofil

Prof. Dr. Stefan Bongard ist an der Hochschule Ludwigshafen am Rhein im Fachbereich III/Dienstleistungen & Consulting, tätig. In den Studiengängen Bachelor Logistik und Master Logistik betreut er Vorlesungen, Seminare und Planspiele in den Bereichen Allgemeine Betriebswirtschaft, Distributionslogistik, Qualitätsmanagement, Logistikmanagement, Environmental Logistics sowie Simulation/System Dynamics.

Prof. Dr. Stefan Bongard
Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre und Logistik

Tel: +49 621/5203-309
E-Mail: s.bongard@hs-lu.de

Hochschule Ludwigshafen am Rhein
Fachbereich III/Dienstleistung & Consulting
Ernst-Boehe-Straße 4
D-67059 Ludwigshafen