

4 Zweistufige Supply Chain

Dieses Kapitel betrachtet eine Kette mit zwei Unternehmen ($L = 2$). Das erste Unternehmen ($l = 1$) stellt das Produkt her und verkauft es an das zweite Unternehmen ($l = 2$), welches es wiederum als Händler an den Konsumenten ($L + 1 = 3$) verkauft. In Abb. 4.1 ist dies schematisch in Anlehnung an Tab. 2.2¹⁷⁶ dargestellt.

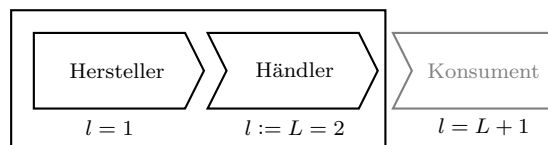


Abb. 4.1: Supply Chain für $L = 2$

Ziel ist es, analog zu Kapitel 3 jeweils für den Hersteller und den Händler den maximalen Deckungsbeitrag in Bezug auf eine lineare sowie eine multiplikative Nachfragefunktion unter Berücksichtigung sowohl einer deterministischen als auch einer stochastischen Marktnachfrage zu ermitteln.

Jedes der Unternehmen kann entscheiden, ob es für sich die optimale Preis-/Mengenkombination bestimmt oder ob beide Unternehmen kooperieren und gemeinsam die optimalen Preise und Mengen festlegen.¹⁷⁷ Kooperieren die Unternehmen nicht, wird danach differenziert, ob beide Unternehmen den gleichen Bestand an Informationen besitzen oder nicht (lokale bzw. globale Informationsverfügbarkeit).¹⁷⁸

Wie schon in Abschnitt 2.3¹⁷⁹ festgestellt wurde, wird in der Literatur verstärkt darauf hingewiesen, dass in Supply Chains unterschiedliche Verhandlungspositionen existieren können. Eine Verhandlungsposition ist durch verschiedene Einflussfaktoren geprägt, welche letztendlich die Verhandlungsmacht der jeweiligen Vertragspartei bestimmt. Die Verhandlungsposition einer Vertragspartei wird dabei durch unterschiedliche Faktoren wie z. B. Unternehmensgröße, aktuelle Marktstellung, Netzwerk von persönlichen Kontakten etc. beeinflusst.¹⁸⁰ Aus dieser Verhandlungsposition folgt auch, ob und inwiefern eine Vertragspartei auf einen bestimmten Mindestgewinn bestehen kann.

Um in dieser Arbeit die unterschiedlichen Verhandlungspositionen zu berücksichtigen, wird für jedes Kettenglied ein Parameter Π_i^{Min} eingeführt,¹⁸¹ der den Deckungsbeitrag repräsentiert, den ein Kettenglied mindestens erhalten will, damit es die Vertragsverhandlungen nicht

¹⁷⁶ Siehe S. 18.

¹⁷⁷ Siehe Abschnitt 2.2.5, S. 12.

¹⁷⁸ Siehe Abschnitt 2.2.2, S. 10.

¹⁷⁹ Siehe S. 14 ff.

¹⁸⁰ Siehe CAPUNE und CRONES (2003), S. 646 f.

¹⁸¹ Der Index i gibt an, für welches Kettenglied der jeweilige Parameter steht: M für Hersteller und R für Händler.

beendet. In die Bestimmung dieses Parameters kann dabei z. B. die Stärke eines Kettengliedes einfließen, wie sie durch die oben genannten Faktoren bestimmt wird. Gleichmaßen ist es aber auch denkbar, hier die Opportunitätskosten zu berücksichtigen, wie sie von LARIVIERE und PORTEUS beschrieben werden.¹⁸² Dieser Parameter Π_i^{Min} wird nachfolgend allgemein auch als Mindestgewinn bezeichnet.

4.1 Lineare Nachfragefunktion

Im Folgenden soll zunächst eine deterministische Marktnachfrage (Abschnitt 4.1.1) für eine nicht-kooperative und eine kooperative Kette betrachtet werden. Dazu werden verschiedene Berechnungsmöglichkeiten vorgestellt und algebraisch gelöst. Anschließend erfolgt eine beispielhafte Illustration der vorgestellten algebraischen Lösungen.

Analog zur deterministischen Nachfrage wird sodann in gleicher Weise eine stochastische Marktnachfrage in Abschnitt 4.1.2¹⁸³ betrachtet.

4.1.1 Deterministische Marktnachfrage

4.1.1.1 Modellierung mit Restriktionen

Die nicht-kooperative Kette

Bei einer nicht-kooperativen Kette sind bezüglich des Informationsflusses zwei Fälle zu unterscheiden. Im ersten Fall existiert zwischen den Parteien kein Informationsfluss. Das bedeutet, dass der Hersteller keine Kenntnis über das Nachfrageverhalten der Endkonsumenten hat und somit auch nicht die Bestellmenge des Händlers antizipieren kann. Die Informationen sind also lediglich lokal präsent. Im zweiten Fall sind die Informationen global verfügbar. Dies ist dann gegeben, wenn auch der Hersteller Kenntnis über die Nachfragefunktion der Konsumenten sowie den Mindestgewinn des Händlers besitzt.

Die Maximierung der Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler sollen unter zwei Gesichtspunkten betrachtet werden. Zum einen bestimmen beide Parteien jeweils für sich den optimalen Preis und die optimale Menge (Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$), zum anderen soll angenommen werden, dass dem Händler ein Verkaufspreis vorgeschrieben wird. Dabei soll weiterhin unterschieden werden, wer diesen Verkaufspreis bestimmt. In Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$ wird unterstellt, dass dieser Preis extern (außerhalb der Lieferkette) festgelegt wird. In Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ und $4_{d,2}^{nK}$ wird der Verkaufspreis des Händlers hingegen vom Hersteller bestimmt.¹⁸⁴ Bei Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ legt der Hersteller dabei zunächst den Verkaufspreis des Händlers fest. Bei Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ hingegen legt der Hersteller den Verkaufspreis des Händlers und seinen eigenen Preis simultan fest, so dass sein

¹⁸² Siehe LARIVIERE und PORTEUS (2001).

¹⁸³ Siehe S. 108 ff.

¹⁸⁴ Der Hersteller möchte z. B. damit sicherstellen, dass seine Produkte zu einem bestimmten Preis an die Kunden verkauft werden, um so die Profitabilität zu sichern, Marktanteile zu halten oder Markenakzeptanz zu erzielen. Siehe SESHADRI und AGRAWAL (2000), S. 411.

Deckungsbeitrag maximiert wird. In den Berechnungsmöglichkeiten $2_{d,2}^{nK}$ bis $4_{d,2}^{nK}$ kann der Händler seinen Deckungsbeitrag lediglich durch die Bestimmung der optimalen Menge maximieren. Der Hersteller hingegen legt weiterhin den für ihn optimalen Preis und die optimale Menge fest.

Diese vier Berechnungsmöglichkeiten, die bei globaler Information angewandt werden, sind hier noch einmal zusammengefasst:

- Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$: Hersteller und Händler bestimmen jeweils für sich den optimalen Preis und die optimale Menge.
- Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$: Der Händler berechnet die optimale Menge bei einem extern vorgegebenen Verkaufspreis. Der Hersteller bestimmt seinen optimalen Preis und die optimale Menge.
- Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$: Sie entspricht der Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$ mit dem Unterschied, dass der Verkaufspreis nicht von extern, sondern vom Hersteller vorgegeben wird.
- Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$: Der Hersteller bestimmt seinen und den Verkaufspreis des Händlers. Dieser legt die optimale Menge fest.

Deckungsbeiträge bei lokaler Information Bei lokaler Information besitzen der Hersteller sowie der Händler nur die Informationen der eigenen Stufe.¹⁸⁵ Der Hersteller kennt lediglich seine Produktionskosten c_M , der Händler nur die Nachfragefunktion der Konsumenten $d(p_R)$. Das bedeutet, dass der Hersteller die Menge q_R , die der Händler bei ihm nachfragen wird, zunächst nicht kennt und der Händler nicht weiß, welchen Preis p_M der Hersteller für die Produkte verlangen wird.

Da der Händler Kenntnis über die Nachfragefunktion $d(p_R)$ der Konsumenten besitzt, wird er die Preis-/Mengenkombination wählen, die seinen Deckungsbeitrag Π_R maximiert. Der Deckungsbeitrag des Händlers hängt von seinem Umsatz und seinen variablen Kosten ab. Der Umsatz ergibt sich aus dem Verkaufspreis p_R und der verkauften Menge q_M . Weil der Händler die zu verkaufenden Produkte nicht selbst herstellt, sondern diese bei dem Hersteller einkauft und direkt weiterverkauft, entsprechen seine variablen Kosten dem Preis p_M , den der Hersteller pro Mengeneinheit verlangt. Der Deckungsbeitrag des Händlers hängt somit von den Preisen p_R und p_M ab. Da der Händler aber nur Einfluss auf den zu wählenden Preis

¹⁸⁵ Siehe Tab. 2.1, Fall 1.

p_R hat, kann er seinen Deckungsbeitrag nur bezüglich p_R maximieren (4.1). Der optimale Preis (4.2) ergibt sich aus der Ableitung von (4.1) und anschließender Auflösung nach p_R :¹⁸⁶

$$\Pi_R(p_R, p_M) = \max_{p_R} ((p_R - p_M) \cdot (a - bp_R)) \quad (4.1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_R(p_R, p_M)}{\partial p_R} &= a + bp_M - 2bp_R \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow p_R^*(p_M) &= \frac{a + bp_M}{2b}. \end{aligned} \quad (4.2)$$

Der optimal zu wählende Preis p_R^* hängt somit noch vom Verkaufspreis des Herstellers ab. Folglich kann der Händler die von den Konsumenten nachgefragte Menge $d(p_R^*(p_M))$ nicht eindeutig bestimmen. Die bei dem Hersteller zu bestellende Menge

$$q_R^* := q_R^*(p_R^*(p_M)) = d(p_R^*(p_M))$$

hängt damit von dessen Preis p_M ab.

Weil der Hersteller bei der Bestimmung seines zu wählenden Preises p_M keine Kenntnis bezüglich der vom Händler nachgefragte Menge hat, kann er seinen Deckungsbeitrag Π_M nicht maximieren. Der Hersteller verkauft deshalb sein Produkt zum Preis $p_M^{(*)}$,¹⁸⁷ der sich aus seinen Kosten c_M sowie einem Aufschlag γ_M , $\gamma_M > 1$, zusammensetzt:

$$p_M^{(*)} = c_M \cdot \gamma_M.$$

Mit dem vom Hersteller festgelegten Preis $p_M^{(*)}$ kann der Händler seinen optimalen Preis und die optimale Bestellmenge wählen:¹⁸⁸

$$\begin{aligned} p_R^* &= p_R^*(p_M^{(*)}) = \frac{a + bc_M\gamma_M}{2b} \\ q_R^* &= (a - bp_R^*) \\ q_R^* &= \frac{(a - bc_M\gamma_M)}{2}. \end{aligned}$$

Der Händler wird allerdings nur einen Preis $p_M^{(*)}$ akzeptieren, der ihm wenigstens seinen Mindestgewinn Π_R^{Min} gewährleistet. Das bedeutet, dass für den Preis $p_M^{(*)}$

$$p_M^{(*)} \leq \frac{a - 2\sqrt{b}\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{b}$$

¹⁸⁶ An der Stelle $p_R^*(p_M)$ liegt wegen $\frac{\partial^2 \Pi_R}{\partial p_R^2} = -2b < 0$ ein Maximum vor.

¹⁸⁷ Da der gewählte Preis $p_M^{(*)}$ sich nur aus den Kosten c_M und einem Aufschlag γ_M zusammensetzt, muss der daraus resultierende Deckungsbeitrag Π_M nicht optimal sein. Der Stern, der die Optimalität kennzeichnet, wird deshalb in Klammern gesetzt.

¹⁸⁸ Wobei $p_M^{(*)} < (a/b)$ sein muss, da sonst $q_R^* \leq 0$, also die Bestellmenge kleiner/gleich null wäre und der Händler einen Vertrag ablehnen würde.

gelten muss.¹⁸⁹

Da der Hersteller nicht weiß, welche Mengen der Händler letztendlich bei einem Preisangebot von $p_M^{(*)} = c_M \cdot \gamma_M$ nachfragen wird, könnte er lediglich einen Mindestabsatz von q_M mit

$$q_M \geq \frac{\Pi_M^{Min}}{c_M(\gamma_M - 1)}$$

verlangen, um seinen Mindestgewinn Π_M^{Min} zu erhalten.¹⁹⁰

In Tab. 4.1 sind die Ergebnisse bezüglich des Preises, der Menge und des Deckungsbeitrags für Hersteller und Händler bei lokaler Information angegeben. Der Gesamtdeckungsbeitrag ergibt sich aus der Summe der Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler.

Hersteller	
Preis	$c_M \cdot \gamma_M$
Herstellmenge	$\frac{a - bc_M \gamma_M}{2}$
Deckungsbeitrag	$\frac{(a - bc_M \gamma_M)(\gamma_M - 1)c_M}{2}$
Händler	
Preis	$\frac{a + bc_M \gamma_M}{2b}$
Bestellmenge	$\frac{a - bc_M \gamma_M}{2}$
Deckungsbeitrag	$\frac{(a - bc_M \gamma_M)^2}{4b}$
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	$\frac{(a - bc_M)^2 - ((\gamma_M - 1)bc_M)^2}{4b}$

Tab. 4.1: Lösung bei lokaler Information, wenn $p_M^{(*)} \leq \frac{a - 2\sqrt{b}\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{b}$ und $q_M \geq \frac{\Pi_M^{Min}}{c_M(\gamma_M - 1)}$.

Anhand der Tab. 4.1 ist zu erkennen, dass der Deckungsbeitrag des Herstellers mit steigendem Aufschlag γ_M zunächst wächst und dann fällt, da der Deckungsbeitrag konkav in γ_M ist.¹⁹¹ Der Deckungsbeitrag des Händlers hingegen sinkt kontinuierlich.¹⁹²

¹⁸⁹ Da der aus $p_M^{(*)}$ resultierende Deckungsbeitrag Π_R^* wenigstens dem geforderten Mindestgewinn Π_R^{Min} entsprechen muss, gilt:

$$\Pi_R^* = (p_R^* - p_M^{(*)}) \cdot q_M^* \geq \Pi_R^{Min}.$$

Diese Ungleichung muss nach $p_M^{(*)}$ aufgelöst werden, um den maximal akzeptablen Preis des Herstellers zu erhalten.

¹⁹⁰ Die Ungleichung resultiert aus der Deckungsbeitragsgleichung $\Pi_M = (p_M - c_M)q_M$ und der Bedingung, dass der Deckungsbeitrag Π_M größer oder gleich dem Mindestgewinn Π_M^{Min} sein muss ($\Pi_M \geq \Pi_M^{Min}$).

¹⁹¹ Der Deckungsbeitrag Π_M ist dann maximal, wenn $\gamma_M = \frac{a + bc_M}{bc_M}$ ist wegen

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_M}{\partial \gamma_M} &= \frac{c_M}{2} (a + bc_M(1 - 2\gamma_M)) \stackrel{!}{=} 0 \text{ und} \\ \frac{\partial^2 \Pi_M}{\partial \gamma_M^2} &= -bc_M^2 < 0. \end{aligned}$$

¹⁹² Der Deckungsbeitrag sinkt bis zum Punkt $\gamma_M = \frac{a}{bc_M}$ bzw. $p_M = c_M \gamma_M = \frac{a}{b}$. $c_M \gamma_M \geq \frac{a}{b}$ ist ausgeschlossen, siehe Fußnote 188.

Deckungsbeiträge bei globaler Information Die optimalen Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler bei globaler Information werden nun mit Hilfe der in Abschnitt 4.1.1.1 vorgestellten vier Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^{nK}$ bis $4_{d,2}^{nK}$ berechnet.¹⁹³

- **Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$:** Bei dieser Berechnungsmöglichkeit optimiert der Händler zunächst seinen Deckungsbeitrag unabhängig des vom Hersteller geforderten Preises p_M . Da sich am Optimierungsproblem des Händlers nichts geändert hat,¹⁹⁴ wählt der Händler folgenden optimalen Preis:

$$p_R^*(p_M) = \frac{a + bp_M}{2b}. \quad (4.3)$$

Die optimale Bestellmenge beträgt somit

$$q_R^*(p_M) = \frac{a - bp_M}{2}.$$

Endgültig können der optimale Preis p_R^* und die optimale Menge q_R^* erst dann festgelegt werden, wenn der Händler den Preis p_M des Herstellers kennt.

Der Hersteller kann aufgrund seines Informationsstandes die Nachfragefunktion des Händlers antizipieren, so dass sein zu optimierender Deckungsbeitrag folgendermaßen lautet:

$$\Pi_M(p_M) = \max_{p_M} ((p_M - c_M)q_R^*). \quad (4.4)$$

Allerdings werden bei der Maximierung nicht die Mindestgewinne des Händlers mit $\Pi_R \geq \Pi_R^{Min}$ bzw. des Herstellers mit $\Pi_M \geq \Pi_M^{Min}$ berücksichtigt. Diese müssen über einen Lagrangeansatz in die zu optimierende Deckungsbeitragsfunktion als Nebenbedingungen eingefügt werden.¹⁹⁵

$$\mathcal{L} = (p_M - c_M)(a - bp_R^*(p_M)) + \lambda_1 (\Pi_R(p_M) - \Pi_R^{Min}) + \lambda_2 (\Pi_M(p_M) - \Pi_M^{Min}) \quad (4.5)$$

Die Funktion \mathcal{L} (4.5) entstand durch die zu maximierende Deckungsbeitragsgleichung des Herstellers (4.4) und den integrierten Nebenbedingungen

$$\begin{aligned} \Pi_R(p_M) &\geq \Pi_R^{Min} \quad \text{sowie} \\ \Pi_M(p_M) &\geq \Pi_M^{Min}. \end{aligned}$$

¹⁹³ Siehe S. 64 f.

¹⁹⁴ Siehe (4.1).

¹⁹⁵ Der Lagrangeansatz ist eine Methode, Optimierungsaufgaben unter Nebenbedingungen zu lösen. Dabei werden die Nebenbedingungen nach einer bestimmten Regel umgestellt und mit jeweils einer Lagrangevariablen multipliziert. Anschließend werden diese in die zu optimierende Gleichung eingefügt. Die nun entstandene Gleichung wird nach den zu suchenden Variablen und der Lagrangevariablen einzeln abgeleitet. Es entsteht ein Gleichungssystem mit einer Anzahl von Zeilen, die den zu bestimmenden Variablen und der Lagrangevariablen entspricht. Siehe dazu SYDSAETER und HAMMOND (2006), S. 576 ff., BÜCKER (1998), S. 241 ff. oder BOSCH (1993), S. 592 ff.

Um das lokale Maximum der Funktion unter Nebenbedingungen zu erhalten, müssen zur Lösung von (4.5) die Kuhn-Tucker-Bedingungen verwendet werden.¹⁹⁶ Diese lauten:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial p_M} &\leq 0, \quad p_M \geq 0 \quad \text{und} \quad p_M \cdot \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial p_M} = 0 \\
 \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_1} &\geq 0, \quad \lambda_1 \geq 0 \quad \text{und} \quad \lambda_1 \cdot \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_1} = 0 \\
 \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_2} &\geq 0, \quad \lambda_2 \geq 0 \quad \text{und} \quad \lambda_2 \cdot \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda_2} = 0.
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

Das bedeutet, Gleichung (4.5) muss bezüglich der einzelnen Variablen p_M , λ_1 und λ_2 abgeleitet und entsprechend der Kuhn-Tucker-Bedingungen (4.6) gelöst werden.¹⁹⁷ Die vier zulässigen Lösungen für p_M , λ_1 und λ_2 sowie die daraus resultierenden Bedingungen für Π_R^{Min} und Π_M^{Min} wurden in Tab. 4.2 eingetragen.¹⁹⁸

Nr.	p_M	λ_1	λ_2
1	$\frac{a+bc_M}{2b}$	0	$[0, \mathbb{R}^+]$
2	$\frac{a+bc_M}{2b}$	0	0
3	$\frac{a}{b} - \frac{2\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}}$	$\Pi_M^{Min} \leq 2\Pi_R^{Min}$	0
5a	$\frac{a}{b} - \frac{2\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}}$	$\Pi_M^{Min} \leq 2\Pi_R^{Min}$	$[0, \mathbb{R}^+]$

(a) Zulässige Lösungen der Kuhn-Tucker-Bedingungen

zu Nr.	Π_R^{Min}	Π_M^{Min}
1	$\left[0, \frac{(a-bc_M)^2}{16b}\right]$	$\frac{(a-bc_M)^2}{8b}$
2	$\left[0, \frac{(a-bc_M)^2}{16b}\right]$	$\left[0, \frac{(a-bc_M)^2}{8b}\right]$
3	$\left[\frac{(a-bc_M)^2}{16b}, \frac{(a-bc_M)^2}{4b}\right]$	$\left[0, \frac{(a-bc_M)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min}\right]$
5a	$\left[\frac{(a-bc_M)^2}{16b}, \frac{(a-bc_M)^2}{4b}\right]$	$\frac{(a-bc_M)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min}$

(b) Beschränkungen bezüglich Π_R^{Min} und Π_M^{Min} für Tab. 4.2(a)

Tab. 4.2: Zulässige Lösungen der Kuhn-Tucker-Bedingungen sowie deren Beschränkungen bezüglich Π_R^{Min} und Π_M^{Min}

¹⁹⁶ Siehe z. B. SYDSAETER und HAMMOND (2006), S. 608 ff.

¹⁹⁷ Siehe dazu unter B.3.1, S. 491, In[9] und In[10]. Die Berechnung ergab fünf mögliche Lösungen.

¹⁹⁸ Siehe dazu unter B.3.1, S. 491 ff. Die fünf möglichen Lösungen wurden unter In[11]–In[15] überprüft, wobei sich ergab, dass eine Lösung unzulässig ist.

Abhängig von den Einschränkungen bezüglich Π_R^{Min} und Π_M^{Min} aus Tab. 4.2(b) kann der jeweils optimal zu wählende Preis des Herstellers festgelegt werden:¹⁹⁹

$$p_M^* = \begin{cases} \frac{a+bc_M}{2b} & \text{für } \Pi_R^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{16b} \text{ und } \Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{8b} \\ \frac{a}{b} - \frac{2\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} & \text{für } \frac{(a-bc_M)^2}{16b} < \Pi_R^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{4b} \\ & \text{und } \Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min} \\ 0 & \text{sonst.}^{200} \end{cases}$$

Liegt der Mindestgewinn des Händlers im Intervall

$$\Pi_R^{Min} \in \left[0, \frac{(a-bc_M)^2}{16b} \right] \quad (4.7)$$

und der Mindestgewinn des Herstellers im Intervall

$$\Pi_M^{Min} \in \left[0, \frac{(a-bc_M)^2}{8b} \right],^{201} \quad (4.8)$$

so lautet der für den Hersteller optimal zu wählende Preis

$$p_M^* = \frac{a+bc_M}{2b}.^{202}$$

Die sich aus p_M^* ergebenden Lösungen für die Intervalle (4.7) und (4.8) sind in Tab. 4.3 auf der nächsten Seite angegeben:

¹⁹⁹ Die Nummern 1 und 2 sowie 3 und 5a der Tab. 4.2 können zusammengefasst werden, da Nr. 2 wegen $\lambda_2 = 0$ eine spezielle Lösung von Nr. 1 ist.

Ebenso ist Nr. 5a wegen $\Pi_M^{Min} = \frac{(a-bc_M)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min}$ eine spezielle Lösung von Nr. 3.

²⁰⁰ Ist der Preis $p_M^* = 0$ optimal, so konnte kein Preis gefunden werden, bei dem beide Kettenglieder wenigstens ihre Mindestgewinne erhalten. Es kommt somit kein Vertrag zustande. Dieser Fall wird im weiteren Verlauf nicht betrachtet.

²⁰¹ Siehe Tab. 4.2(b), Nr. 1 und 2.

²⁰² Siehe Tab. 4.2(a), Nr. 1 und 2.

Hersteller	
Preis	$\frac{a+bc_M}{2b}$
Herstellmenge	$\frac{a-bc_M}{4}$
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{8b}$
Händler	
Preis	$\frac{3a+bc_M}{4b}$
Bestellmenge	$\frac{a-bc_M}{4}$
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{16b}$
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	$\frac{3(a-bc_M)^2}{16b}$

Tab. 4.3: Optimale Ergebnisse, wenn $\Pi_R^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$ und $\Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{8b}$

Liegen die Mindestgewinne des Händlers und des Herstellers in den Grenzen von

$$\Pi_R^{Min} \in \left[0, \frac{(a-bc_M)^2}{16b} \right] \quad \text{und} \quad \Pi_M^{Min} \in \left[0, \frac{(a-bc_M)^2}{8b} \right],$$

so sind die in Tab. 4.3 genannten optimalen Deckungsbeiträge unabhängig von der tatsächlichen Höhe der jeweiligen Mindestgewinne. Der Grund dafür wird anhand der folgenden Grafiken erklärt. Zunächst wird dazu die Deckungsbeitragsfunktion des Herstellers betrachtet:

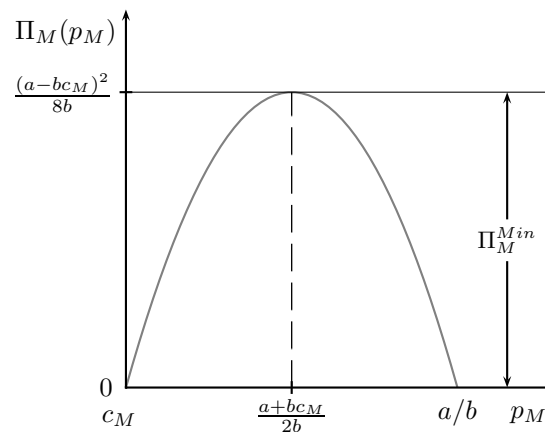


Abb. 4.2: Deckungsbeitrag und Mindestgewinn des Herstellers

Der Mindestgewinn des Herstellers muss demnach gleich oder geringer als der maximal möglich zu erreichende Deckungsbeitrag Π_M^* sein (4.8).²⁰³

²⁰³ Der Deckungsbeitrag des Herstellers ist wegen

$$\frac{\partial^2 \Pi_M(p_M)}{\partial p_M^2} = -2b < 0$$

für alle $p_M \geq c_M$ eine konkave Funktion in p_M . Bei $p_M^* = \frac{a+bc_M}{2b}$ handelt es sich somit um ein globales Maximum.

Die Erläuterung des Intervalls (4.7) kann nicht einfach analog zu (4.8) übertragen werden, da die Deckungsbeitragsfunktion konvex in p_M ist.²⁰⁴ Sofern der Mindestgewinn Π_R^{Min} kleiner oder gleich $\frac{(a-bc_M)^2}{16b}$ ist,²⁰⁵ wird der Hersteller immer den Preis $p_M^* = \frac{a+bc_M}{2b}$ fordern, da er bei diesem Preis den maximal möglichen Deckungsbeitrag erhält.²⁰⁶ Hersteller und Händler würden immer die in Tab. 4.3 genannten Deckungsbeiträge erhalten.

Gelten (4.7) und (4.8), so spielt die tatsächliche Höhe der einzelnen Mindestgewinne keine Rolle, da der Hersteller immer den Deckungsbeitrag von $\Pi_M^* = \frac{(a-bc_M)^2}{8b}$ und der Händler den Deckungsbeitrag von $\Pi_R^* = \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$ erhält.

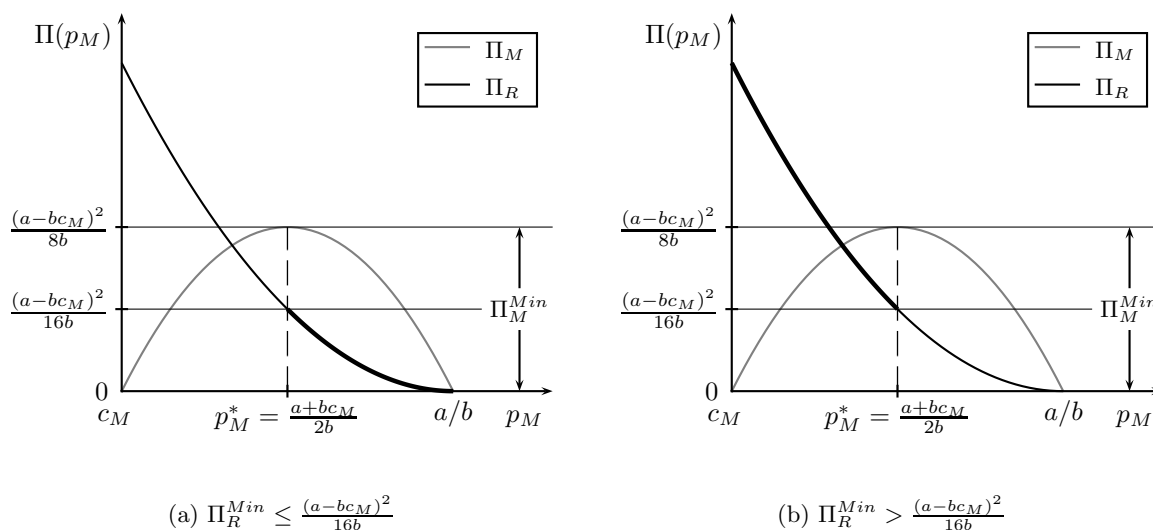


Abb. 4.3: Deckungsbeiträge und Mindestgewinne von Händler und Hersteller

Anders sieht es aus, wenn der Händler einen Mindestgewinn verlangt, der außerhalb des Intervalls (4.7) mit

$$\Pi_R^{Min} > \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$$

liegt.²⁰⁷

Der Hersteller muss dann einen Preis p_M wählen, der dem Händler den geforderten Mindestgewinn zusichert. Da der zu wählende Preis immer links vom optimalen Preis $p_M^* = \frac{a+bc_M}{2b}$ liegt,²⁰⁸ wird auch der maximal zu erreichende Deckungsbeitrag des Herstellers entsprechend kleiner als der beim Preis p_M^* zu erreichende Deckungsbeitrag. Es wird aber nur dann ein Vertrag zwischen beiden Parteien zustande kommen, wenn der Mindestgewinn des Herstellers Π_M^{Min} kleiner oder gleich dem maximal zu erreichenden Deckungsbeitrag sein wird.

²⁰⁴ Die zweite Ableitung der Deckungsbeitragsgleichung des Händlers mit $\Pi_R(p_M) = (p_R^* - p_M) \cdot q_R^*$ lautet

$$\frac{\partial^2 \Pi_R(p_M)}{\partial p_M^2} = \frac{b}{2} > 0.$$

Da die zweite Ableitung für alle p_M positiv ist, handelt es sich bei $\Pi_R(p_M)$ um eine konvexe Funktion.

²⁰⁵ Dargestellt als verstärkte Linie in Abb. 4.3(a).

²⁰⁶ Es muss weiterhin $\Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{8b}$ gelten, da ein höherer Deckungsbeitrag nicht erreicht werden kann.

²⁰⁷ Dargestellt als verstärkte Linie in Abb. 4.3(b).

²⁰⁸ Siehe Abb. 4.3(b).

Für den Fall, dass

$$\Pi_R^{Min} > \frac{(a - bc_M)^2}{16b}$$

und

$$\Pi_M^{Min} \leq \frac{(a - bc_M)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min} \tag{4.9}$$

ist, gelten die Werte der Tab. 4.4.²⁰⁹

Hersteller	
Preis	$\frac{a}{b} - 2\sqrt{\frac{\Pi_R^{Min}}{b}}$
Herstellmenge	$\sqrt{b\Pi_R^{Min}}$
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min}$
Händler	
Preis	$\frac{a}{b} - \sqrt{\frac{\Pi_R^{Min}}{b}}$
Bestellmenge	$\sqrt{b\Pi_R^{Min}}$
Deckungsbeitrag	Π_R^{Min}
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - \Pi_R^{Min}$

Tab. 4.4: Optimale Ergebnisse, wenn $\Pi_R^{Min} > \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$ und $\Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min}$

Der Hersteller wird also immer den Preis p_M^* wählen, bei dem der Händler gerade einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns erhält. Dies sichert dem Hersteller selbst den größtmöglichen Deckungsbeitrag zu.

- **Berechnungsmöglichkeit 2_{d,2}^K:** Der Händler bekommt bei dieser Berechnungsmöglichkeit den Verkaufspreis von dritter Seite vorgeschrieben ($p_R := \bar{p}_R$), so dass die beim Hersteller optimal zu bestellende Menge mit Hilfe der Nachfragefunktion berechnet werden kann:

$$q_R^* := d(\bar{p}_R) = a - b\bar{p}_R.$$

Die Höhe des Deckungsbeitrags des Händlers hängt demnach nur noch vom Verkaufspreis des Herstellers ab:

$$\Pi_R^*(p_M) = (\bar{p}_R - p_M) \cdot q_R^*. \tag{4.10}$$

²⁰⁹ Siehe auch B.3.1, S. 491 ff.

Der Hersteller maximiert seinen Deckungsbeitrag unter Beachtung seines und des Mindestgewinns des Händlers:

$$\Pi_M = \max_{p_M} ((p_M - c_M) \cdot q_R^*) \quad (4.11)$$

$$\begin{aligned} \text{u. d. NB. } \Pi_R &\geq \Pi_R^{Min} \\ \Pi_M &\geq \Pi_M^{Min}. \end{aligned}$$

Da die Deckungsbeitragsfunktion des Händlers eine linear fallende und die des Herstellers eine linear steigende Funktion in p_M ist,²¹⁰ ist der optimal zu wählende Preis des Herstellers derjenige, bei dem der Händler gerade noch seinen Mindestgewinn Π_R^{Min} erhält.²¹¹ Somit ist lediglich der Schnittpunkt

$$\begin{aligned} \Pi_R &= \Pi_R^{Min} \\ (\bar{p}_R - p_M)(a - b\bar{p}_R) &= \Pi_R^{Min} \end{aligned}$$

bezüglich p_M zu berechnen.²¹²

Der Preis p_M^{min} , bei dem der Hersteller gerade noch seinen Mindestgewinn erhält, wird mit Hilfe des Schnittpunkts von Deckungsbeitrag und Mindestgewinn des Herstellers berechnet:

$$\begin{aligned} \Pi_M &= \Pi_M^{Min} \\ (p_M - c_M)(a - b\bar{p}_R) &= \Pi_M^{Min}. \end{aligned}$$

In Abb. 4.4 sind die Deckungsbeitragsfunktionen und Mindestgewinne des Händlers sowie des Herstellers eingezeichnet. Weiter sind die Schnittpunkte markiert, die das Preisintervall $p_M \in [p_M^{min}, p_M^*]$ kennzeichnen.

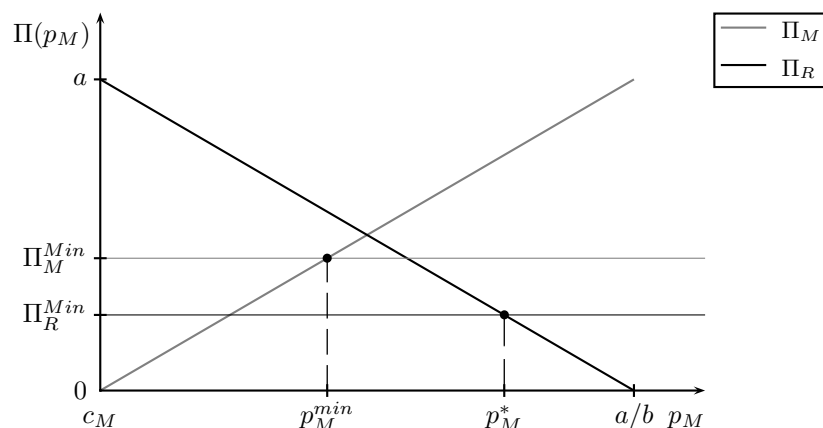


Abb. 4.4: Preisintervall des Herstellers unter Beachtung von Mindestgewinnen

²¹⁰ Siehe (4.10) und (4.11).

²¹¹ Damit entspricht der optimale Preis p_M^* gleichzeitig dem maximalen Preis, den der Hersteller wählen kann.

²¹² Der optimale Preis p_M^* kann auch mit Hilfe der Lagrangefunktion und Kuhn-Tucker-Bedingungen berechnet werden. Aufgrund der besseren grafischen Darstellbarkeit wird aber hier die Schnittpunktberechnung vorgestellt.

In Tab. 4.5 sind die Ergebnisse für die Grenzen des Preisintervalls $p_M \in [p_M^{min}, p_M^*]$ zusammengefasst: zum einen, wenn der Hersteller den Preis wählt, bei dem er noch gerade seinen Mindestgewinn Π_M^{Min} erhält ($p_M = p_M^{min}$) und zum anderen bei dem für den Hersteller optimalen Preis p_M^* , bei dem der Händler den Mindestgewinn Π_R^{Min} erreicht.

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M + \frac{\Pi_M^{Min}}{q_R}$	–
	optimal	–	$\bar{p}_R - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R}$
Herstellmenge	$a - b\bar{p}_R$		
Deckungsbeitrag	Π_M^{Min}	$(\bar{p}_R - c_M)(a - b\bar{p}_R) - \Pi_R^{Min}$	
Händler			
Preis	\bar{p}_R		
Bestellmenge	$a - b\bar{p}_R$		
Deckungsbeitrag	$(\bar{p}_R - c_M)(a - b\bar{p}_R) - \Pi_M^{Min}$	Π_R^{Min}	
Lieferkette			
Deckungsbeitrag	$(\bar{p}_R - c_M)(a - b\bar{p}_R)$		

Tab. 4.5: Minimale und optimale (maximale) Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers für $\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} \leq \Pi_T$ ²¹³

Abb. 4.5 auf der nächsten Seite stellt den Gesamtdeckungsbeitrag und die Mindestgewinne von Händler und Hersteller als Fläche unter einer inversen linearen Nachfragefunktion dar.²¹⁴

²¹³ Gilt $\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} \leq \Pi_T$, so muss auch der extern vorgegebene Preis im Intervall

$$\bar{p}_R \in \left[\frac{a + bc_M}{2b} - \sqrt{\left(\frac{a - bc_M}{2b}\right)^2 - \frac{\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min}}{b}}, \frac{a + bc_M}{2b} + \sqrt{\left(\frac{a - bc_M}{2b}\right)^2 - \frac{\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min}}{b}} \right]$$

liegen. Für Preise außerhalb des Intervalls ist $\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} > \Pi_T$.

²¹⁴ Möchte man den Preis zu einer bestimmten Menge bestimmen, verwendet man die inverse Nachfragefunktion. Diese erhält man durch Umstellen der Nachfragefunktion bezüglich des Preises. Für eine lineare Nachfragefunktion lautet die inverse Nachfragefunktion

$$p(q_R) = \frac{a - q_R}{b}.$$

Siehe VARIAN (1995), S. 274.

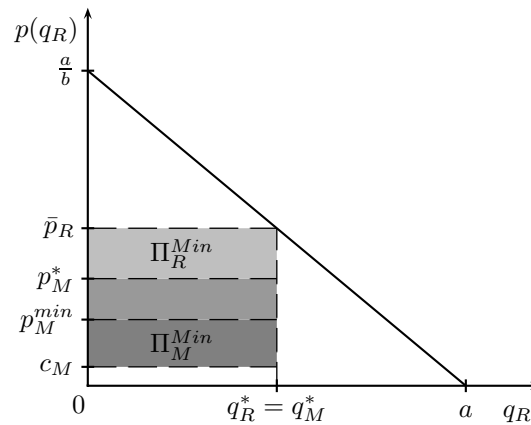


Abb. 4.5: Deckungsbeiträge und Mindestgewinne von Händler und Hersteller

Der Gesamtdeckungsbeitrag entspricht den grauen Rechtecken und ist unabhängig vom gewählten Preis p_M des Herstellers. Der maximale Preis, den der Hersteller wählen kann, ist derjenige, bei dem der Händler gerade noch seinen Mindestgewinn erhält. Dieser Preis entspricht dem Preis p_M^* . Der Hersteller erhält seinen Mindestgewinn und den zusätzlichen Deckungsbeitrag in Höhe des mittelgrauen Rechtecks. Je nach Verhandlungsmacht der Parteien kann auch der Händler fordern, dass der Hersteller die Produkte z. B. zu einem Preis von p_M^{\min} verkaufen muss. Der Hersteller erhält genau dann seinen Mindestgewinn Π_M^{\min} und der Händler erhält den zusätzlichen Deckungsbeitrag in Höhe des mittelgrauen Rechtecks. Die mittelgraue Fläche entspricht folglich dem zusätzlichen Deckungsbeitrag, der zwischen den Parteien aufgeteilt wird. Bei einer Variation des Preises p_M entspricht somit die Erhöhung des Deckungsbeitrags des einen dem Deckungsbeitragsverlust des anderen.²¹⁵

- **Berechnungsmöglichkeit 3_{d,2}^{nK}:** Bei dieser Berechnungsmöglichkeit besitzt der Hersteller die Verhandlungsposition, dem Händler einen Preis vorzuschreiben.

Den maximalen Deckungsbeitrag erzielt der Hersteller, wenn er dem Händler die Produkte zu einem Preis verkaufen könnte, zu dem auch der Händler diese am Markt verkaufen muss:²¹⁶

$$\Pi_M = \max_{\bar{p}_R} ((\bar{p}_R - c_M)(a - b\bar{p}_R)) \quad (4.12)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_M}{\partial \bar{p}_R} &= a + bc_M - 2b\bar{p}_R \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow \bar{p}_R^* &= \frac{a + bc_M}{2b}. \end{aligned} \quad (4.13)$$

Bei einem Preisangebot von $p_M^* = \bar{p}_R^*$ würde der Händler keinen positiven Deckungsbeitrag erzielen.²¹⁸ Sobald der Händler aber einen Anspruch auf einen Mindestgewinn mit $\Pi_R^{\min} > 0$

²¹⁵ Siehe GOYAL und GUPTA (1989), S. 262.

²¹⁶ Der Verkaufspreis des Händlers wird wie im vorherigen Abschnitt, siehe S. 73, mit \bar{p}_R gekennzeichnet. Jedoch wird sie bei dem Maximierungsproblem des Herstellers als Variable gehandhabt, da der Hersteller Einfluss auf die Höhe von \bar{p}_R nimmt.

²¹⁷ An der Stelle \bar{p}_R^* liegt wegen $\frac{\partial^2 \Pi_M}{\partial \bar{p}_R^2} = -2b < 0$ ein Maximum vor.

²¹⁸ Der Verkaufspreis \bar{p}_R^* des Händlers entspricht dann seinen Kosten $c_R := p_M^* = \bar{p}_R^*$.

erhebt, würde ein Vertrag mit $p_M^* = \bar{p}_R^*$ nicht zustande kommen. Der Hersteller muss demnach einen Preis p_M wählen, der seinen eigenen Deckungsbeitrag Π_M maximiert und bei dem der eigene Mindestgewinn sowie der des Händlers berücksichtigt werden. Dies erfolgt wieder durch die Deckungsbeitragsmaximierung des Herstellers unter den Nebenbedingungen, dass der Händler und der Hersteller wenigstens ihre Mindestgewinne erhalten:

$$\Pi_M(p_M) = \max_{p_M} ((p_M - c_M)(a - bp_R^*)) \quad (4.14)$$

$$\begin{aligned} \text{u. d. NB. } \quad \Pi_R &\geq \Pi_R^{Min} \\ \Pi_M &\geq \Pi_M^{Min}. \end{aligned}$$

Hier kann wegen der Linearität von (4.14) bezüglich p_M erneut argumentiert werden, dass der Deckungsbeitrag Π_M mit steigendem p_M wächst. Da aber der Deckungsbeitrag des Händlers mit steigendem p_M fällt,²¹⁹ wird die Nebenbedingung des Händlers nur dann eingehalten, wenn der Hersteller ein p_M wählt, bei dem der Händler gerade seinen Mindestgewinn erhält:²²⁰

$$\max_{p_M} (\Pi_M(p_M)) \Leftrightarrow \Pi_R(p_M) = \Pi_R^{Min}.$$

Somit ist der optimale und maximal zu fordernde Preis des Herstellers

$$p_M^* = \frac{a + bc_M}{2b} - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R^*}.$$

Der Hersteller muss demzufolge eine Menge von

$$q_M^* = \frac{a - bc_M}{2}$$

herstellen. Der optimale Deckungsbeitrag des Herstellers lautet:

$$\Pi_M^* = \frac{(a - bc_M)^2}{4b} - \Pi_R^{Min}.$$

Der Preis p_M , bei dem der Hersteller gerade seinen Mindestgewinn erhält, ergibt sich aus dem Schnittpunkt von Deckungsbeitragsfunktion und Mindestgewinn des Herstellers:

$$\begin{aligned} \Pi_M(p_M) &= \Pi_M^{Min} \\ \Leftrightarrow p_M^{min} &= c_M + \frac{\Pi_M^{Min}}{q_R^*}. \end{aligned}$$

²¹⁹ $\Pi_R(p_M) = (\bar{p}_R^* - p_M)(a - b\bar{p}_R^*)$. Die Deckungsbeitragsfunktion ist fallend wegen

$$\frac{\partial^2 \Pi_R(p_M)}{\partial p_M^2} = \frac{b}{2} > 0$$

für alle p_M .

²²⁰ Siehe S. 74.

Tab. 4.6 zeigt die Ergebnisse, wenn der Hersteller zum einen den minimalen Preis p_M^{min} und zum anderen den optimalen Preis p_M^* wählt.²²¹

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M + \frac{\Pi_M^{Min}}{q_R}$	–
	optimal	–	$\frac{a+bc_M}{2b} - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R}$
Herstellmenge	$\frac{a-bc_M}{2}$		
Deckungsbeitrag	Π_M^{Min}	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b} - \Pi_R^{Min}$	
Händler			
Preis	$\frac{a+bc_M}{2b}$		
Bestellmenge	$\frac{a-bc_M}{2}$		
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b} - \Pi_M^{Min}$	Π_R^{Min}	
Lieferkette			
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b}$		

Tab. 4.6: Minimale und optimale (maximale) Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers mit $\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{4b}$

Da der Endverkaufspreis \bar{p}_R^* unabhängig vom Preis des Herstellers ist, ist der Gesamtdeckungsbeitrag für jeden gewählten Preis p_M , $p_M \in [p_M^{min}, p_M^*]$, gleich groß. Wie schon im vorherigen Abschnitt²²² wird auch hier deutlich, dass bei einer Variation des Preises p_M , $p_M \in [p_M^{min}, p_M^*]$ der Deckungsbeitragszuwachs des einen der Deckungsbeitragsverlust des anderen ist.

Der Hersteller wird dem Händler aber nur dann einen Preis vorschreiben, wenn er einerseits die notwendige Verhandlungsposition dazu hat, und andererseits einen höheren Deckungsbeitrag erhält als in Berechnungsmöglichkeit 1_{d,2}^{nK}. Aber auch der Händler könnte argumentieren, dass er nur dann einen vorgeschriebenen Preis akzeptiert, wenn er wenigstens den Deckungsbeitrag aus Berechnungsmöglichkeit 1_{d,2}^{nK} erhält.

Werden die optimalen Deckungsbeiträge der Berechnungsmöglichkeit 1_{d,2}^{nK} als Mindestgewinne mit

$$\Pi_R^{Min} = \frac{(a - bc_M)^2}{16b} \text{ und}$$

$$\Pi_M^{Min} = \frac{(a - bc_M)^2}{8b}$$

für diese Berechnungsmöglichkeit festgesetzt,²²³ ergeben sich folgende Ergebnisse:

²²¹ Tab. 4.6 gilt nur, wenn die Summe der Mindestgewinne beider Parteien den Gesamtdeckungsbeitrag $\Pi_T = \frac{(a-bc_M)^2}{4b}$ nicht übersteigt. Ist $\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} > \Pi_T$, kommt kein Vertrag zustande.

²²² Siehe Berechnungsmöglichkeit 2_{d,2}^{nK}, S. 73 ff.

²²³ Siehe Tab. 4.3, S. 71. Um die Arbeit übersichtlich zu halten, wird nur auf die Lösung der Berechnungsmöglichkeit 1_{d,2}^{nK} für $\Pi_R^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$ und $\Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{8b}$ zurückgegriffen.

Hersteller			
Preis	minimal	$\frac{a+3bc_M}{4b}$	–
	optimal	–	$\frac{3a+5bc_M}{8b}$
Herstellmenge	$\frac{a-bc_M}{2}$		
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{8b}$		$\frac{3(a-bc_M)^2}{16b}$
Händler			
Preis	$\frac{a+bc_M}{2b}$		
Bestellmenge	$\frac{a-bc_M}{2}$		
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{8b}$		$\frac{(a-bc_M)^2}{16b}$
Lieferkette			
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b}$		

Tab. 4.7: Minimale und optimale (maximale) Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers für vorgegebene Mindestgewinne Π_M^{Min} und Π_R^{Min}

Es stellt sich die Frage, ob es für den Hersteller von Vorteil ist, dem Händler einen Verkaufspreis \bar{p}_R^* vorzuschreiben bzw. ob es für den Händler von Nachteil ist, wenn dieser seinen Verkaufspreis nicht selbst festlegen kann. Dazu werden die Deckungsbeitragsfunktionen des Herstellers in Abhängigkeit des zu wählenden Preises p_M von Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ und $3_{d,2}^{nK}$ miteinander verglichen.

Bei Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ antizipiert der Hersteller den Preis des Händlers mit $p_R = \frac{a+bp_M}{2b}$,²²⁴ so dass sein Deckungsbeitrag folgendermaßen lautet:

$$\begin{aligned} \Pi_M^{(BM\ 1_{d,2}^{nK})} &= (p_M - c_M)(a - bp_R), \text{ mit } p_R = \frac{a + bp_M}{2b} \\ &= \frac{(p_M - c_M)(a - bp_M)}{2}. \end{aligned}$$

In Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ schreibt der Hersteller dem Händler den Preis $p_R = \frac{a+bc_M}{2b}$ vor:

$$\begin{aligned} \Pi_M^{(BM\ 3_{d,2}^{nK})} &= (p_M - c_M)(a - bp_R), \text{ mit } p_R = \frac{a + bc_M}{2b} \\ &= \frac{(p_M - c_M)(a - bc_M)}{2}. \end{aligned}$$

Wegen $p_M \geq c_M$ gilt

$$\Pi_M^{(BM\ 1_{d,2}^{nK})} \leq \Pi_M^{(BM\ 3_{d,2}^{nK})}.$$

Das bedeutet, dass es für den Hersteller immer von Vorteil ist, dem Händler den Preis $p_R = \frac{a+bc_M}{2b}$ vorzuschreiben, d. h. Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ zu wählen.

²²⁴ Siehe (4.3), S. 68.

Die gleiche Untersuchung erfolgt auch mit der Deckungsbeitragsfunktion des Händlers für die Preise p_R (4.3) und \bar{p}_R^* (4.13):

$$\begin{aligned}\Pi_R^{(\text{BM } 1_{d,2}^{\text{nk}})} &= (p_R - p_M)(a - bp_R), \text{ mit } p_R = \frac{a + bp_M}{2b} \\ &= \frac{(a - bp_M)^2}{4b} \\ \Pi_R^{(\text{BM } 3_{d,2}^{\text{nk}})} &= (p_R - p_M)(a - bp_R), \text{ mit } \bar{p}_R^* = \frac{a + bc_M}{2b} \\ &= \frac{(a - bc_M)(a - b(2p_M - c_M))}{4b}.\end{aligned}$$

Wegen $p_M \geq c_M$ gilt

$$\Pi_R^{(\text{BM } 1_{d,2}^{\text{nk}})} \geq \Pi_R^{(\text{BM } 3_{d,2}^{\text{nk}})},$$

d. h. der Händler erhält für einen Preis p_M immer einen geringeren Deckungsbeitrag, wenn ihm der Hersteller einen Verkaufspreis vorschreibt.

In Abb. 4.6 werden für beide Berechnungsmöglichkeiten die Deckungsbeitragsfunktionen von Händler und Hersteller dargestellt.

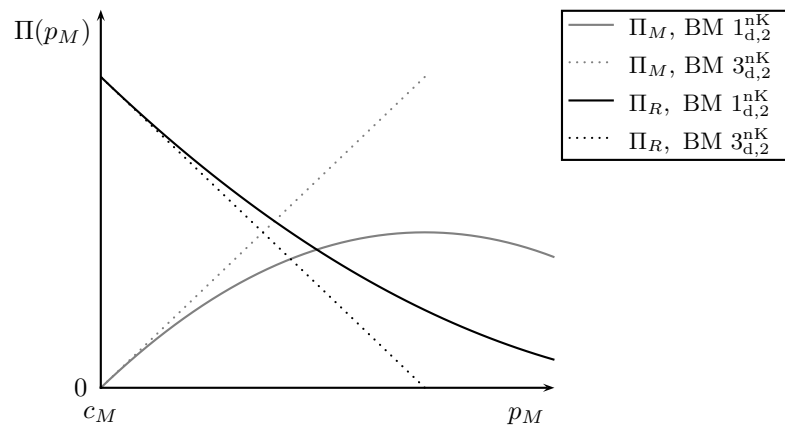


Abb. 4.6: Deckungsbeiträge von Händler und Hersteller für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^{\text{nk}}$ und $3_{d,2}^{\text{nk}}$

Es bestätigt sich, dass der Hersteller für $p_M > c_M$ immer einen höheren Deckungsbeitrag erzielen kann, wenn er dem Händler den Preis $\bar{p}_R^* = \frac{a + bc_M}{2b}$ vorschreibt. Für $p_M = c_M$ ist der Deckungsbeitrag bei beiden Berechnungsmöglichkeiten identisch.

Allerdings muss die letzte Aussage, dass der Händler immer einen geringeren Deckungsbeitrag erhält, wenn ihm der Hersteller den Verkaufspreis vorschreibt, im Hinblick auf seinen geforderten Mindestgewinn Π_R^{Min} präzisiert werden. Dies erfolgt unter Heranziehung von Abb. 4.7.

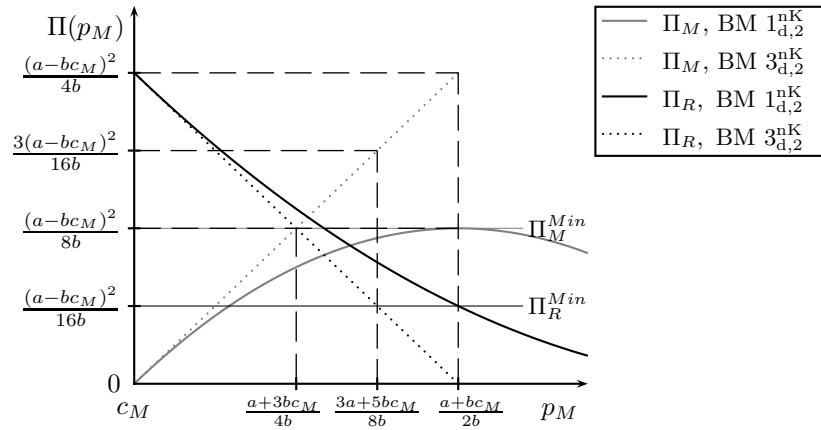


Abb. 4.7: Deckungsbeiträge von Händler und Hersteller und Mindestgewinne für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^{nK}$ und $3_{d,2}^{nK}$

Fordert der Händler einen Mindestgewinn von

$$\Pi_R^{Min} \leq \frac{(a - bc_M)^2}{16b},$$

so ergibt sich für den Händler ein in Abhängigkeit von der jeweiligen Berechnungsmöglichkeit unterschiedlicher Deckungsbeitrag. Schreibt der Hersteller dem Händler keinen Preis p_R vor, so wird er immer den Preis $p_M^* = \frac{a+bc_M}{2b}$ wählen, da dieser seinen Deckungsbeitrag maximiert. Der Händler erhält somit stets einen Deckungsbeitrag in Höhe von $\Pi_R^* = \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$. Muss der Händler zum vorgegebenen Preis verkaufen, erhält er genau seinen geforderten Mindestgewinn.

Für $\Pi_R^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$ lässt sich also zusammenfassen:

$$\Pi_R^* = \begin{cases} \frac{(a-bc_M)^2}{16b} & \text{für Berechnungsmöglichkeit } 1_{d,2}^{nK} \\ \Pi_R^{Min} & \text{für Berechnungsmöglichkeit } 3_{d,2}^{nK}. \end{cases}$$

Bei einem geforderten Mindestgewinn von

$$\Pi_R^{Min} > \frac{(a - bc_M)^2}{16b}$$

wird der Hersteller den Preis p_M für beide Berechnungsmöglichkeiten so wählen, dass der Händler gerade seinen Mindestgewinn erhält. Der Deckungsbeitrag des Händlers beträgt somit

$$\Pi_R^* = \begin{cases} \Pi_R^{Min} & \text{für Berechnungsmöglichkeit } 1_{d,2}^{nK} \\ \Pi_R^{Min} & \text{für Berechnungsmöglichkeit } 3_{d,2}^{nK}, \end{cases}$$

sofern der Hersteller selbst seinen geforderten Mindestgewinn erhält.

- **Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$:** Auch bei dieser Berechnungsmöglichkeit schreibt der Hersteller dem Händler einen Verkaufspreis vor.²²⁵ Lediglich die Vorgehensweise zur Bestimmung der Preise \bar{p}_R^* und p_M^* unterscheidet sich von der in Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$.

Hat der Hersteller bei Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ zunächst den für ihn optimalen Verkaufspreis \bar{p}_R^* festgelegt und danach den optimalen Preis p_M^* bestimmt, der allen Nebenbedingungen genügt, so werden nun beide Preise simultan ermittelt.

Der Hersteller muss somit seinen Deckungsbeitrag unter den zwei Unbekannten p_M und \bar{p}_R maximieren, wobei der Erhalt der Mindestgewinne für beide Parteien gesichert sein muss.²²⁶

$$\Pi_M = \max_{p_M, \bar{p}_R} ((p_M - c_M)(a - b\bar{p}_R)) \quad (4.15)$$

$$\begin{aligned} \text{u. d. NB. } \Pi_R &\geq \Pi_R^{Min} \\ \Pi_M &\geq \Pi_M^{Min}. \end{aligned}$$

Allein die Lösung

$$p_M^* = \frac{a + bc_M}{2b} - \frac{2\Pi_R^{Min}}{a - bc_M}, \quad \bar{p}_R^* = \frac{a + bc_M}{2b}$$

genügt allen Kuhn-Tucker-Bedingungen.²²⁷

Der dem Händler vorzuschreibende Preis von $\bar{p}_R^* = \frac{a+bc_M}{2b}$ sowie der optimale Preis des Herstellers sind somit identisch mit den Ergebnissen aus Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$, wenn der Hersteller dort den optimalen Preis wählt.²²⁸

War bei Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ die nachgefragte Menge für $p_M \in [p_M^{min}, p_M^*]$ konstant, so besteht die Möglichkeit, dass der Hersteller bei dieser Berechnungsmöglichkeit direkt Einfluss auf die nachgefragte Menge nehmen kann. Maximiert er (4.15) zunächst nur nach p_M und hält \bar{p}_R als Konstante, ist sein optimal zu wählender Preis

$$p_M^*(\bar{p}_R) = \bar{p}_R - \frac{\Pi_R^{Min}}{a - b\bar{p}_R}.$$

Damit beträgt sein Deckungsbeitrag in Abhängigkeit des noch von ihm zu bestimmenden Preises \bar{p}_R

$$\Pi_M(\bar{p}_R) = \left(\bar{p}_R - \frac{\Pi_R^{Min}}{a - b\bar{p}_R} - c_M \right) (a - b\bar{p}_R). \quad (4.16)$$

In Abb. 4.8 sind die Deckungsbeitragsfunktion (4.16) und der Mindestgewinn Π_M^{Min} eingezeichnet.

²²⁵ Siehe Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$, S. 76.

²²⁶ Damit muss noch zusätzlich nach der Variablen \bar{p}_R abgeleitet werden.

²²⁷ Berechnung dazu unter B.3.1, „Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ “, S. 494 f.

²²⁸ Siehe Tab. 4.6, S. 78.

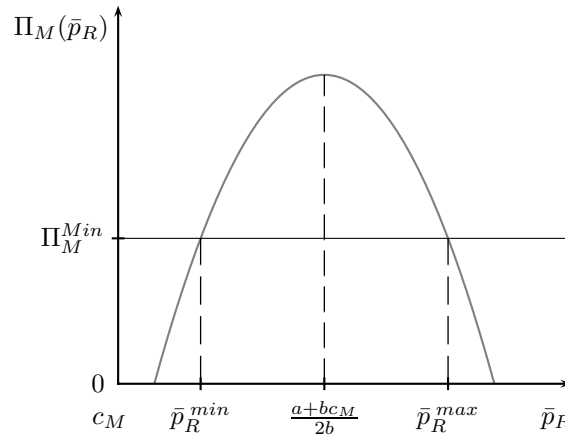


Abb. 4.8: Deckungsbeitragsfunktion und Mindestgewinn des Herstellers in Abhängigkeit von \bar{p}_R

Die Deckungsbeitragsfunktion des Herstellers (4.16) ist demnach eine konkave Funktion in \bar{p}_R , die ihr Maximum bei dem schon genannten optimalen Preis $\bar{p}_R^* = \frac{a+bc_M}{2b}$ annimmt. Das Preisintervall für \bar{p}_R , bei dem der Hersteller wenigstens seinen Mindestgewinn erhält, kann wiederum durch Schnittpunktberechnung gelöst werden.²²⁹

Schreibt der Hersteller dem Händler einen Preis \bar{p}_R vor, welcher im Bereich

$$\bar{p}_R \in \left[\frac{a + bc_M}{2b} - \sqrt{\left(\frac{a - bc_M}{2b}\right)^2 - \frac{\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min}}{b}}, \frac{a + bc_M}{2b} + \sqrt{\left(\frac{a - bc_M}{2b}\right)^2 - \frac{\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min}}{b}} \right]$$

mit

$$\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} \leq (\bar{p}_R - c_M)(a - b\bar{p}_R)$$

liegt, so erhält der Hersteller wenigstens seinen Mindestgewinn.

Die Ergebnisse für den optimal gewählten Preis p_M^* der Berechnungsmöglichkeit 4_{d,2}^{nK} sind in Tab. 4.8 auf der nächsten Seite eingetragen.²³⁰

²²⁹ Mittels (4.16):

$$\Pi_M(\bar{p}_R) = \left(\bar{p}_R - \frac{\Pi_R^{Min}}{a - b\bar{p}_R} - c_M \right) (a - b\bar{p}_R) \stackrel{!}{=} \Pi_M^{Min}$$

und auflösen nach \bar{p}_R .

²³⁰ Die Ergebnisse, die sich jeweils an der Grenze des Preisintervalls \bar{p}_R ergeben, befinden sich der Übersichtlichkeit halber unter A.2.1, S. 387 f.

Hersteller	
Preis	$\frac{a+bc_M}{2b} - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R}$
Herstellmenge	$\frac{a-bc_M}{2}$
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b} - \Pi_R^{Min}$
Händler	
Preis	$\frac{a+bc_M}{2b}$
Bestellmenge	$\frac{a-bc_M}{2}$
Deckungsbeitrag	Π_R^{Min}
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b}$

Tab. 4.8: Optimale Lösung für Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$

Wie schon bei der letzten Berechnungsmöglichkeit beschrieben, sollen die Mindestgewinne des Händlers und des Herstellers den jeweiligen optimalen Deckungsbeiträgen aus Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ entsprechen:

$$\Pi_R^{Min} = \frac{(a - bc_M)^2}{16b} \text{ und}$$

$$\Pi_M^{Min} = \frac{(a - bc_M)^2}{8b}.$$

In Tab. 4.9 sind die optimalen Ergebnisse für vorgegebene Mindestgewinne angegeben.

Hersteller				
Preis	minimal	$\frac{a+5bc_M}{6b}$	–	–
	optimal	–	$\frac{3a+5bc_M}{8b}$	–
	maximal	–	–	$\frac{a+bc_M}{2b}$
Herstellmenge		$\frac{3(a-bc_M)}{4}$	$\frac{2(a-bc_M)}{4}$	$\frac{a-bc_M}{4}$
Deckungsbeitrag		$\frac{2(a-bc_M)^2}{16b}$	$\frac{3(a-bc_M)^2}{16b}$	$\frac{2(a-bc_M)^2}{16b}$
Händler				
Preis		$\frac{a+3bc_M}{4b}$	$\frac{2(a+bc_M)}{4b}$	$\frac{3a+bc_M}{4b}$
Bestellmenge		$\frac{3(a-bc_M)}{4}$	$\frac{2(a-bc_M)}{4}$	$\frac{a-bc_M}{4}$
Deckungsbeitrag		$\frac{(a-bc_M)^2}{16b}$		
Lieferkette				
Deckungsbeitrag		$\frac{3(a-bc_M)^2}{16b}$	$\frac{4(a-bc_M)^2}{16b}$	$\frac{3(a-bc_M)^2}{16b}$

Tab. 4.9: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ für vorgegebene Mindestgewinne

Die optimale Lösung der Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ entspricht der optimalen Lösung der Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$. Weiter sind auch die Preise des Herstellers angegeben, bei denen er gerade seinen Mindestgewinn erhält.

Genau wie bei Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ erhält der Hersteller einen Deckungsbeitrag, der je nach gewähltem Preis p_M im Bereich

$$\Pi_M \in \left[\frac{(a - bc_M)^2}{8b}, \frac{3(a - bc_M)^2}{16b} \right]$$

liegt. Der vom Hersteller vorgeschriebene Verkaufspreis des Händlers bewegt sich bei dieser Berechnungsmöglichkeit im Intervall von

$$\bar{p}_R \in \left[\frac{a + 3bc_M}{4b}, \frac{3a + bc_M}{4b} \right].$$

Dementsprechend ändert sich auch die zu bestellende bzw. herzustellende Menge. Die Menge steigt bis auf das Dreifache, wenn der Hersteller statt des maximalen Preises den minimal möglichen Preis wählt.

Obwohl der Endverkaufspreis \bar{p}_R variieren kann, erhält der Händler im Gegensatz zur Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ immer gerade seinen Mindestgewinn von $\Pi_R^{Min} = \frac{(a - bc_M)^2}{16b}$.

Die kooperative Kette

Wie schon im Abschnitt 2.1²³¹ beschrieben, strebt das Supply Chain Management eine intensive Zusammenarbeit zwischen Unternehmen zur Verbesserung aller inner- und überbetrieblichen Material-, Informations- und Finanzflüsse an, um die Wettbewerbsfähigkeit einer Supply Chain als Ganzes zu steigern. Es werden deshalb im Supply Chain Management die Beziehungen zu und insbesondere die Kooperationen mit Kunden und Lieferanten entlang der gesamten Wertschöpfungskette einbezogen, deren Gestaltung häufig sogar als zentrale Aufgabe gesehen wird.²³²

Gründe für eine Kooperation entlang der Wertschöpfungskette können deshalb unter anderem sein:²³³

- bessere Chancen der Auftragserlangung und -abwicklung mit Partnern,
- Einbindung örtlicher Partner im Kundenland (Local Content, Local Manufacturing),
- Unterstützung durch die Partner (Finanzierung, Akquisition),
- preisgünstigere Lieferung durch die Partner,
- Risiko- und Haftungsteilung sowie
- ein spezieller Kundenwunsch nach Kooperation bzw. nach bestimmten Angebotspartnern.

²³¹ Siehe S. 5 ff.

²³² Siehe SEURING (2001), S. 6.

²³³ Siehe GÜNTER (1998), S. 279.

Allerdings gibt es auch Gründe, die gegen eine Kooperationen sprechen können. Hier sind vor allem folgende Kooperationshemmnisse zu nennen:²³⁴

- Mentalität „not invented here“ bzw. „not produced here“,
- Risiken des Know-how-Abflusses,
- geringe Affinität und mangelndes Vertrauen zu geeigneten Partnern,
- unzureichende vertragliche Klärung der Interessen und Verteilungsprinzipien,
- Koordinationsaufwand und/oder
- andere subjektiv wahrgenommene Risiken.

Gerade im Hinblick auf Kooperationshemmnisse ist die Modellannahme, dass Unternehmen nur dann kooperieren, wenn jedes Unternehmen mindestens den Gewinn (bzw. in dieser Arbeit den Deckungsbeitrag) erhält, den es auch bei Nicht-Kooperation erhalten würde,²³⁵ zwar richtig, aber unvollständig. Vielmehr müssen auch die Kosten in Rechnung gestellt werden, die durch die Abhängigkeit von Kooperationspartnern und den Verlust an Kontrolle über die eigenen Ressourcen entstehen.²³⁶

Ein Unternehmen kooperiert demnach nur dann, wenn der dadurch entstehende Gewinn (bzw. Deckungsbeitrag) wenigstens den Opportunitätskosten im Falle einer Nicht-Kooperation zuzüglich den Kosten κ der Kooperation entspricht.

Somit kann nicht einfach der Deckungsbeitrag, den ein Unternehmen im Falle einer Nicht-Kooperation erhält, als Mindestgewinn eingesetzt werden,²³⁷ da zusätzliche Kosten durch eine Kooperation entstehen. Die jedem Kettenglied entstehenden Kosten der Kooperation sollen hier als Kooperationskosten κ_i definiert werden.

In dieser Arbeit soll angenommen werden, dass jedes Kettenglied auch bei einer Kooperation wenigstens einen Deckungsbeitrag erhält, den es bei Nicht-Kooperation erhalten würde. Damit lautet der Mindestgewinn jeder Stufe:

$$\Pi_i^{Min(K)} = \Pi_i^* + \kappa_i.$$

Im Folgenden wird nun ausgehend von der jeweiligen Berechnungsmöglichkeit für die Fälle der Nicht-Kooperation (Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^{nK}$ bis $4_{d,2}^{nK}$) überprüft, inwiefern Hersteller und Händler durch eine Kooperation profitieren. Es ergeben sich somit die aufgeführten Berechnungsmöglichkeiten für den Fall der Kooperation:

- Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$: Hersteller und Händler legen gemeinsam den optimalen Verkaufspreis und die optimale Verkaufsmenge fest, um so den Gesamtdeckungsbeitrag zu maximieren. Der Hersteller legt anschließend die Preisspanne bezüglich seines Preises p_M fest, bei dem jeder jeweils den Mindestgewinn der Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ zuzüglich anfallender Kooperationskosten erhält.

²³⁴ Siehe GÜNTER (1998), S. 284.

²³⁵ Siehe WENG (1995), S. 1512 oder VAN DER VEEN und VENUGOPAL (2000).

²³⁶ Siehe SZYPERSKI und KLEIN (1993), S. 201.

²³⁷ So z. B. VAN DER VEEN und VENUGOPAL (2000), S. 25 ff.

- Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^K$: Hersteller und Händler maximieren den Gesamtdeckungsbeitrag unter einem extern vorgegebenen Verkaufspreis.

In Bezug auf Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^K$ und Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^K$ soll analog zu den Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^{nK}$ und $4_{d,2}^{nK}$ bei Nicht-Kooperation angenommen werden, dass der Hersteller nur dann mit dem Händler kooperieren wird, wenn dieser den ihm vom Hersteller vorgeschriebenen Verkaufspreis akzeptiert. In den entsprechenden Abschnitten²³⁸ wurde gezeigt, dass der Hersteller sowohl bei Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ als auch bei Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ trotz unterschiedlicher Berechnungsweise dem Händler den gleichen Verkaufspreis vorschreibt. Somit ergeben sich bei einer Kooperation für die entsprechenden Berechnungsmöglichkeiten keine Unterschiede bezüglich der Ergebnisse. Deshalb werden beide Berechnungsmöglichkeiten definiert als

- Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$: Hersteller und Händler maximieren den Gesamtdeckungsbeitrag unter dem vom Hersteller vorgegebenen Verkaufspreis.

Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$: Parteien kooperieren, um einen höheren Gesamtdeckungsbeitrag zu erwirtschaften, als wenn jede Stufe für sich die optimale Entscheidung bezüglich des Preises und der Menge treffen würde.

Der Gesamtdeckungsbeitrag Π_T setzt sich aus den Deckungsbeiträgen von Händler und Hersteller zusammen und hängt nur vom Preis p_R des Händlers ab:

$$\begin{aligned}\Pi_T &= \Pi_R + \Pi_M \\ &= (p_R - p_M) \cdot (a - bp_R) + (p_M - c_M) \cdot (a - bp_R) \\ \Pi_T &= (p_R - c_M) \cdot (a - bp_R).\end{aligned}\tag{4.17}$$

Dieser muss maximiert werden, um zunächst den optimalen Verkaufspreis des Händlers zu ermitteln:

$$\begin{aligned}\Pi_T &= \max_{p_R} ((p_R - c_M) \cdot (a - bp_R)) \\ \frac{\partial \Pi_T}{\partial p_R} &= a + b(c_M - 2p_R) \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow p_R^* &= \frac{a + bc_M}{2b}.\end{aligned}\tag{4.18}$$

Aus dem optimalen Preis ergibt sich dann die optimal herzustellende Menge

$$q_M^* = q_R^* = d(p_R^*) = \frac{a - bc_M}{2}.$$

²³⁸ Siehe S. 76 ff. für Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ bzw. S. 80 ff. für Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$.

Der bei einer Kooperation maximal zu erreichende Gesamtdeckungsbeitrag beträgt damit

$$\Pi_T^* = \frac{(a - bc_M)^2}{4b}. \quad (4.19)$$

Der Hersteller muss daraufhin selbst den Preis p_M festlegen, zu dem er die Produkte an den Händler verkauft. Dabei hat er zu berücksichtigen, dass der Händler nur dann kooperieren wird, wenn dieser wenigstens seinen geforderten Mindestgewinn erhält. Aber auch der Hersteller muss bei der Kooperation einen Deckungsbeitrag wenigstens in Höhe seines Mindestgewinns erhalten.²⁴⁰

Da auch hier wieder beide Deckungsbeitragsfunktionen linear in p_M sind, kann der Schnittpunkt $\Pi_R = \Pi_R^{Min(K)}$ und $\Pi_M = \Pi_M^{Min(K)}$ bezüglich p_M berechnet werden, um das Intervall zu erhalten, aus dem der Hersteller seinen Preis wählen kann:²⁴¹

$$\begin{aligned} \Pi_R(p_M) &= \Pi_R^{Min(K)} \\ \Leftrightarrow p_M^{max} &= p_R^* - \frac{2\Pi_R^{Min(K)}}{a - bc_M}. \end{aligned}$$

Bei dem soeben ermittelten Preis bekäme der Händler gerade seinen Mindestgewinn. Der Hersteller hingegen akzeptiert gerade noch den Preis, bei dem er seinen Mindestgewinn $\Pi_M^{Min(K)}$ erhält:

$$\begin{aligned} \Pi_M(p_M) &= \Pi_M^{Min(K)} \\ \Leftrightarrow p_M^{min} &= c_M + \frac{2\Pi_M^{Min(K)}}{a - bc_M}. \end{aligned}$$

Sofern

$$\Pi_R^{Min(K)} + \Pi_M^{Min(K)} \leq \Pi_T^*$$

gilt, kann der Hersteller seinen Preis aus dem Bereich

$$p_M \in \left[c_M + \frac{\Pi_M^{Min(K)}}{q_R}, p_R^* - \frac{\Pi_R^{Min(K)}}{q_R} \right]$$

wählen. Jede Stufe erhält dann wenigstens den geforderten Mindestgewinn.

Anhand der Abb. 4.9 ist zu erkennen, dass der Preis des Herstellers zwischen den Preisen p_M^{min} und p_M^{max} liegen muss, damit Händler und Hersteller besser gestellt sind als wenn jeder für sich seine optimale Preis-/Mengenkombination festlegt.

²³⁹ An der Stelle p_R^* liegt wegen $\frac{\partial^2 \Pi_T}{\partial p_R^2} = -2b < 0$ ein Maximum vor.

²⁴⁰ Die geforderten Mindestgewinne werden im Allgemeinen den Deckungsbeiträgen entsprechen, die jede Partei bei Nicht-Kooperation zuzüglich der anfallenden Kooperationskosten erhalten würde, da sich sonst eine Kooperation nicht lohnt.

²⁴¹ Siehe dazu S. 74.

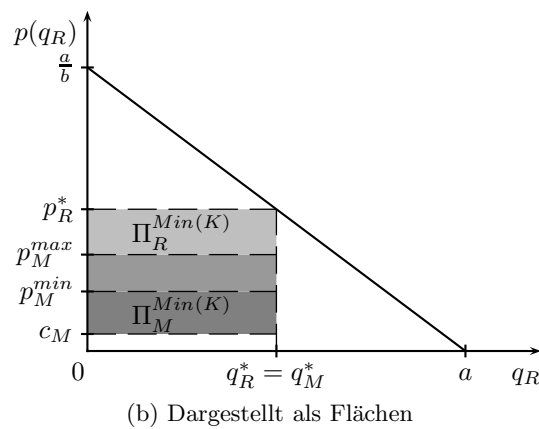
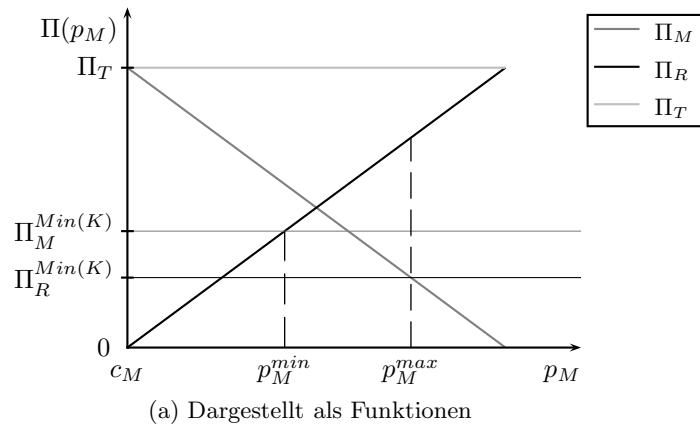


Abb. 4.9: Deckungsbeiträge und Mindestgewinne von Händler und Hersteller sowie Gesamtdeckungsbeitrag

Das mittelgraue Rechteck in Abb. 4.9(b) stellt den Deckungsbeitrag dar, der zwischen Hersteller und Händler aufgeteilt werden kann. Welchen Preis der Hersteller letztendlich vom Händler verlangt, hängt von den geführten Vertragsverhandlungen ab. In dieser Arbeit soll darauf aber nicht eingegangen werden.

In Tab. 4.10 sind die Lösungen für die Preise

$$p_M^{\min} = c_M + \frac{\Pi_M^{\text{Min}(K)}}{q_R^*} \quad \text{und}$$

$$p_M^{\max} = p_R^* - \frac{\Pi_R^{\text{Min}(K)}}{q_R^*}$$

zusammengefasst.

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M + \frac{\Pi_M^{Min(K)}}{q_R^*}$	–
	maximal	–	$\frac{a+bc_M}{2b} - \frac{\Pi_R^{Min(K)}}{q_R^*}$
Herstellmenge	$\frac{a-bc_M}{2}$		
Deckungsbeitrag	$\Pi_M^{Min(K)}$	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b} - \Pi_R^{Min(K)}$	
Händler			
Preis	$\frac{a+bc_M}{2b}$		
Bestellmenge	$\frac{a-bc_M}{2}$		
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b} - \Pi_M^{Min(K)}$	$\Pi_R^{Min(K)}$	
Lieferkette			
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b}$		

Tab. 4.10: Minimale und maximale Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers mit $\Pi_R^{Min(K)} + \Pi_M^{Min(K)} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{4b}$

Wird für den Mindestgewinn des Herstellers der optimale Deckungsbeitrag bei Nicht-Kooperation²⁴² zuzüglich eines Aufschlages κ_M für die Kosten der Kooperation gewählt, so beträgt sein zu fordernder Mindestgewinn

$$\Pi_M^{Min(K)} = \Pi_M^{Min} + \kappa_M = \frac{(a - bc_M)^2}{8b} + \kappa_M.$$

Wird der Mindestgewinn des Händlers auf gleiche Weise mit

$$\Pi_R^{Min(K)} = \Pi_R^{Min} + \kappa_R = \frac{(a - bc_M)^2}{16b} + \kappa_R$$

festgelegt, so kann der Hersteller je nach Verhandlungsposition des Händlers einen Preis zwischen

$$p_M \in \left[c_M + \frac{a - bc_M}{4b} + \frac{2\kappa_M}{a - bc_M}, \frac{3a + 5bc_M}{8b} - \frac{2\kappa_R}{a - bc_M} \right]$$

wählen.²⁴³

Für die Preise der Intervallgrenzen sind die Werte in Tab. 4.11 auf der nächsten Seite eingetragen.

²⁴² Siehe S. 71.

²⁴³ Dies zeigt, dass bei Berücksichtigung von Kooperationskosten nicht immer ein Preis p_M existiert, bei dem Hersteller und Händler durch Kooperation höhere Deckungsbeiträge erzielen; so aber VAN DER VEEN und VENUGOPAL (2000), S. 27, die die Kooperationskosten unberücksichtigt lassen.

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M + \frac{a-bc_M}{4b} + \frac{2\kappa_M}{a-bc_M}$	–
	maximal	–	$\frac{3a+5bc_M}{8b} - \frac{2\kappa_R}{a-bc_M}$
Herstellmenge	$\frac{a-bc_M}{2}$		
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{8b} + \kappa_M$		$\frac{3(a-bc_M)^2}{16b} - \kappa_R$
Händler			
Preis	$\frac{a+bc_M}{2b}$		
Bestellmenge	$\frac{a-bc_M}{2}$		
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{8b} - \kappa_M$		$\frac{(a-bc_M)^2}{16b} + \kappa_R$
Lieferkette			
Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b}$		

Tab. 4.11: Minimale und maximale Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers mit $\kappa_M + \kappa_R \leq \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$

Solange die Summe der Mindestgewinne von Hersteller und Händler geringer ist als der Gesamtdeckungsbeitrag, kann die Differenz von

$$\Pi_T^* - \left(\Pi_R^{Min(K)} + \Pi_M^{Min(K)} \right) = \frac{(a-bc_M)^2}{16b} - (\kappa_M + \kappa_R) \quad (4.20)$$

zwischen den Parteien aufgeteilt werden.

Unabhängig von den Kooperationskosten erhöht sich der Gesamtdeckungsbeitrag um

$$\Delta\Pi_T = \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$$

durch eine Kooperation von Hersteller und Händler ausgehend von der Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ bei Nicht-Kooperation.²⁴⁴

Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^K$: Bei dieser Berechnungsmöglichkeit muss der Händler seine Produkte zu dem extern vorgegebenen Preis \bar{p}_R verkaufen. Der Gesamtdeckungsbeitrag, der aufgrund des vorgegebenen Preises erreicht werden kann, entspricht²⁴⁵

$$\Pi_T^* = (\bar{p}_R - c_M)(a - b\bar{p}_R).$$

²⁴⁴ Siehe Tab. 4.3, S. 71.

²⁴⁵ Nach (4.17), S. 87, mit $p_R = \bar{p}_R$. Der vorgegebene Preis \bar{p}_R ist identisch mit dem vorgegebenen Preis bei Nicht-Kooperation.

Dieser Gesamtdeckungsbeitrag muss nun aufgeteilt werden, wobei Hersteller und Händler die Mindestgewinne aus dem nicht-kooperativen Fall zuzüglich der anfallenden Kooperationskosten fordern.²⁴⁶ Die Mindestgewinne der beiden Parteien lauten demnach

$$\Pi_M^{Min(K)} = \Pi_M^{Min} + \kappa_M = (\bar{p}_R - c_M)(a - b\bar{p}_R) - (\Pi_R^{Min} + \kappa_R) + \kappa_M$$

und

$$\Pi_R^{Min(K)} = \Pi_R^{Min} + \kappa_R = \Pi_R^{Min} + \kappa_R.$$

Da die Summe der geforderten Mindestgewinne höher ist als der Gesamtdeckungsbeitrag,

$$(\bar{p}_R - c_M)(a - b\bar{p}_R) + \kappa_M \not\leq \Pi_T^*,$$

werden Hersteller und Händler nicht kooperieren.

Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$: Bei den Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$ kooperiert der Hersteller mit dem Händler nur dann, wenn der Händler den Preis \bar{p}_R^* akzeptiert, den der Hersteller ihm vorschreibt.

Würde der Hersteller zu einem Preis von

$$\bar{p}_R^* = \frac{a + bc_M}{2b}$$

direkt an die Endkunden verkaufen,²⁴⁷ wäre sein Deckungsbeitrag maximal. Der erreichbare Gesamtdeckungsbeitrag beträgt dann

$$\Pi_T^* = \frac{(a - bc_M)^2}{4b}.$$

Dieser Gesamtdeckungsbeitrag ist auf den Hersteller und den Händler aufzuteilen, wobei Hersteller und Händler wenigstens die Mindestgewinne aus dem nicht-kooperativen Fall zuzüglich der anfallenden Kooperationskosten erhalten müssen.²⁴⁸ Der geforderte Mindestgewinn des Herstellers lautet

$$\Pi_M^{Min(K)} = \frac{(a - bc_M)^2}{4b} - (\Pi_R^{Min} + \kappa_R) + \kappa_M$$

und der geforderte Mindestgewinn des Händlers

$$\Pi_R^{Min(K)} = \Pi_R^{Min} + \kappa_R.$$

²⁴⁶ Siehe Tab. 4.5, S. 75.

²⁴⁷ Siehe (4.13), S. 76 für Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^K$ bzw. Tab. 4.8, S. 84, für Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^K$.

²⁴⁸ Siehe Tab. 4.6, S. 78 für Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^K$ bzw. Tab. 4.8, S. 84, für Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^K$.

Da die geforderten Mindestgewinne von Hersteller und Händler nicht umzusetzen sind, da diese aufgrund anfallender Kooperationskosten den Gesamtdeckungsbeitrag übersteigen, wird wie bei der Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^K$ auch bei den Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$ keine Kooperation stattfinden.

Zwischenfazit Es lässt sich abschließend feststellen, dass Hersteller und Händler nur dann kooperieren, wenn die Preise und Mengen durch die Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$ festgelegt werden. Bekommt der Händler einen Preis von dritter Seite oder vom Hersteller vorgeschrieben (Berechnungsmöglichkeiten $2_{d,2}^K$, $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$), lohnt sich keine Kooperation, da beide Parteien gerade den Deckungsbeitrag bei Nicht-Kooperation erhalten (für $\kappa_M = \kappa_R = 0$) oder, wenn Kooperationskosten anfallen, diese nicht gedeckt werden können, da der aufzuteilende Gesamtdeckungsbeitrag zu gering ist.

4.1.1.2 Beispielhafte Illustration

Die unter Abschnitt 4.1.1.1²⁴⁹ algebraisch ermittelten Ergebnisse für die einzelnen Berechnungsmöglichkeiten bei Nicht-Kooperation (lokale und globale Information) sowie bei Kooperation werden nun anhand von Beispielen illustriert.

Folgende Werte werden für die beispielhafte Illustration gewählt:²⁵⁰

	Parameter
Hersteller	$c_M = 3$ $\gamma_M = 2$ $\kappa_M = 5$ $\Pi_M^{Min} = 50$
Händler	$c_R = p_M$ $\kappa_R = 5$ $\Pi_R^{Min} = 25$
Preis-Absatz-Funktion	$a = 200$ $b = 25$

Tab. 4.12: Parameterwahl für das Beispiel 4.1.1-1

Die nicht-kooperative Kette

Im Fall der nicht-kooperativen Kette ist zwischen dem Vorliegen von lokaler Informationen und globaler Informationen zu unterscheiden.

²⁴⁹ Siehe S. 64 ff.

²⁵⁰ Die Mindestgewinne von Hersteller mit $\Pi_M^{Min} = 50$ und Händler mit $\Pi_R^{Min} = 25$ sind willkürlich gewählt. Wegen $\Pi_M^{Min} > \Pi_R^{Min}$ nimmt der Hersteller eine stärkere Verhandlungsposition als der Händler ein.

Deckungsbeiträge bei lokaler Information Bei lokaler Information kann der Hersteller seinen Deckungsbeitrag nicht maximieren, da ihm keine Informationen dahingehend vorliegen, in welcher Höhe der Händler Produkte bei ihm bestellen wird. Somit kann er lediglich einen Preis $p_M^{(*)}$ fordern, der sich aus seinen Produktionskosten zuzüglich eines Aufschlags zusammensetzt.²⁵¹ In diesem Beispiel wählt der Hersteller einen 100%igen Aufschlag ($\gamma_M = 2$) auf seine Produktionskosten, so dass sein geforderter Preis $p_M^{(*)} = c_M \cdot \gamma_M = 6,00$ beträgt.

Der Händler kennt hingegen die Nachfragefunktion der Konsumenten mit

$$d(p_R) = 200 - 25p_R.$$

Er wählt deshalb, in Abhängigkeit des vom Hersteller geforderten Preises $p_M^{(*)}$, die Preis-/Mengenkombination

$$\left(\frac{a + bp_M^{(*)}}{2b}, \frac{a - bp_M^{(*)}}{2} \right),$$

die seinen Deckungsbeitrag maximiert.²⁵² Damit betragen die Werte der Kette:²⁵³

Hersteller	
Preis	6,00
Herstellmenge	31,25
Mindestgewinn	50,00
Deckungsbeitrag	75,00
Händler	
Preis	7,00
Bestellmenge	31,25
Mindestgewinn	25,00
Deckungsbeitrag	25,00
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	100,00

Tab. 4.13: Lokale Information; Ergebnisse für Beispiel 4.1.1-1

Wie am Deckungsbeitrag des Herstellers zu erkennen ist, erhält der Hersteller bei der Wahl eines Aufschlages von $\gamma_M = 2$ mehr als seinen geforderten Mindestgewinn von $\Pi_M^{Min} = 50$. Allerdings hätte er keinen höheren Preis als $p_M^{(*)} = 6,00$ verlangen dürfen, da der Deckungsbeitrag des Händlers dann unter seinem Mindestgewinn gelegen hätte. Infolgedessen wäre kein Vertrag zwischen den beiden Parteien zustande gekommen.

²⁵¹ Siehe unter Abschnitt 4.1.1.1, S. 65 ff.

²⁵² Siehe (4.2), S. 66. Die sich daraus resultierende Menge ergibt sich durch

$$q_R^* := d(p_R^*) = \frac{a - bp_M^{(*)}}{2}.$$

²⁵³ Siehe Tab. 4.1, S. 67, für die algebraische Lösung.

Tab. 4.14 zeigt die Schwierigkeit einer geeigneten Wahl von γ_M auf. Für verschiedene vom Hersteller gewählte Aufschläge sind die daraus resultierenden Preise, Mengen und Deckungsbeiträge zusammengestellt. Es ist zu sehen, dass ein 80%iger Aufschlag ($\gamma_M = 1,8$) zu einem noch höheren Deckungsbeitrag geführt hätte. Auch der Händler hätte dann einen Deckungsbeitrag erhalten, der größer als sein Mindestgewinn ist.

Hersteller						
Aufschlag	1,05	1,30	1,50	1,80	2,00	2,30
Preis	(3,15)	(3,90)	4,50	5,40	6,00	(6,90)
Herstellmenge	(60,63)	(51,25)	43,75	32,50	25,00	(13,75)
Deckungsbeitrag	(9,09)	(46,13)	65,63	78,00	75,00	(53,63)
Händler						
Preis	(5,50)	(5,95)	6,25	6,70	7,00	(7,45)
Bestellmenge	(60,63)	(51,25)	43,75	32,50	25,00	(13,75)
Deckungsbeitrag	(147,02)	(105,06)	76,56	42,25	25,00	(7,56)
Lieferkette						
Deckungsbeitrag	(156,11)	(151,19)	142,19	120,25	100,00	(61,19)

Tab. 4.14: Lösungen für verschiedene Aufschläge γ_M

Bei Aufschlägen von 5 %, 30 % oder 130 % wäre kein Vertrag zustande gekommen, da entweder der Hersteller seinen geforderten Mindestgewinn von $\Pi_M^{Min} = 50$ nicht erhalten oder der aus dem Vertrag resultierende Deckungsbeitrag des Händlers dessen Mindestgewinn von $\Pi_R^{Min} = 25$ unterschritten hätte. Die Ergebnisse sind deshalb in Klammern gesetzt.

Deckungsbeiträge bei globaler Information Für die beispielhafte Illustration für den Fall vorliegender globaler Informationen ist zwischen den vier Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^{nK}$ bis $4_{d,2}^{nK}$ zu unterscheiden.

- **Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$** Legt jede Stufe für sich die optimale Preis-/Mengenkombination fest, kann die optimale Lösung in Abhängigkeit des vom Händler geforderten Mindestgewinns angegeben werden.²⁵⁴

Diese beispielhafte Illustration betrachtet zunächst den Fall, dass der Händler einen Mindestgewinn fordert, für den $\Pi_R^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$ gilt. Danach wird der Fall dargestellt, bei dem der Händler einen Mindestgewinn größer als $\frac{(a-bc_M)^2}{16b}$ erhalten möchte.

Entsprechend der Tab. 4.12 gilt, dass der Hersteller einen Mindestgewinn von $\Pi_M^{Min} = 50$ und der Händler einen Mindestgewinn von $\Pi_R^{Min} = 25$ fordert. Da hier die Ungleichungen (4.7)²⁵⁵ mit

²⁵⁴ Siehe Abschnitt 4.1.1.1, Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$, S. 68 ff.

²⁵⁵ Siehe S. 70.

Abweichend von Tab. 4.12 soll nun angenommen werden, dass der Mindestgewinn des Händlers $\Pi_R^{Min} = 64$ beträgt. Da die Ungleichung (4.8) wegen

$$\Pi_R^{Min} = 64 \not\leq \frac{(a - bc_M)^2}{16b} = 39,0625$$

verletzt ist, kommen die optimalen Ergebnisse aus Tab. 4.15 nicht zum Tragen. Allerdings muss nun mit (4.9)²⁵⁷ geprüft werden, ob der Hersteller bei dem vom Händler geforderten Mindestgewinn selbst seinen eigenen Mindestgewinn erhalten kann:

$$\Pi_M^{Min} = 50 \leq \frac{(a - bc_M) \sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min} = 72.$$

Da der Hersteller weiterhin einen Deckungsbeitrag von $\Pi_M^{Min} = 50$ fordert,²⁵⁸ können die algebraischen Ergebnisse aus Tab. 4.4²⁵⁹ für dieses Beispiel herangezogen werden:

Hersteller	
Preis	4,80
Herstellmenge	40,00
Mindestgewinn	50,00
Deckungsbeitrag	72,00
Händler	
Preis	6,40
Bestellmenge	40,00
Mindestgewinn	64,00
Deckungsbeitrag	64,00
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	136,00

Tab. 4.16: Ergebnisse für Beispiel 4.1.1-1 mit $\Pi_R^{Min} = 64$ und $\Pi_M^{Min} = 50$

In Abb. 4.11 auf der nächsten Seite ist die Veränderung der Deckungsbeiträge beider Parteien zu sehen, wenn der Händler statt eines Mindestgewinns von $\Pi_R^{Min} \leq \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$ einen Mindestgewinn von $\Pi_R^{Min} > \frac{(a-bc_M)^2}{16b}$ fordert.

²⁵⁷ Siehe S. 73.

²⁵⁸ Siehe Tab. 4.12, S. 93.

²⁵⁹ Siehe S. 73.

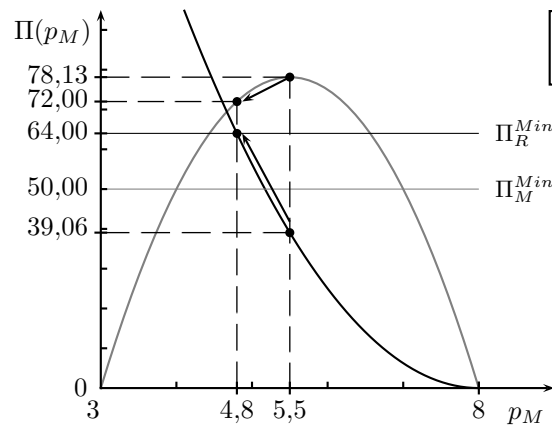


Abb. 4.11: Darstellung des Beispiels 4.1.1-1 für $\Pi_R^{Min} = 64$ und $\Pi_M^{Min} = 50$

Der Hersteller muss also einen Preis p_M wählen, der links von seinem optimalen Preis $p_M^* = 5,5$ liegt, der ihm den maximalen Deckungsbeitrag bringen würde. Da sein Deckungsbeitrag für $p_M < p_M^*$ sinkt, wählt der Hersteller den Preis p_M , bei dem der Händler gerade seinen Mindestgewinn erhält, um den Deckungsbeitragsverlust im Vergleich zu p_M^* so gering wie möglich zu halten. Der Hersteller erhält dann den maximal erreichbaren Deckungsbeitrag von 72.

- **Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$** Bekommt der Händler den Verkaufspreis \bar{p}_R in Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$ vorgeschrieben, so steht die von den Konsumenten nachgefragte Menge $d(\bar{p}_R)$ fest. Diese muss der Händler bei dem Hersteller bestellen. Für dieses Beispiel beträgt der extern vorgegebene Preis $\bar{p}_R = 6,75$.²⁶⁰ Die beim Hersteller zu bestellende Menge beträgt somit $q_R^* = d(6,75) = 31,25$.

Der Hersteller antizipiert die vom Händler bestellte Menge ($q_M^* := q_R^*$) und maximiert seinen Deckungsbeitrag unter den Bedingungen, dass die Mindestgewinne $\Pi_R^{Min} = 25$ und $\Pi_M^{Min} = 50$ eingehalten werden.

Mit Hilfe der inversen Nachfragefunktion sind für die angebotene Menge $q_M = q_R = d(\bar{p}_R)$ die Mindestgewinne von Händler und Hersteller in Abb. 4.12 auf der nächsten Seite dargestellt. Das dunkelgraue Viereck entspricht dem Mindestgewinn des Herstellers, das hellgraue dem des Händlers. Das Viereck zwischen den grauen Vierecken stellt einen zusätzlichen Deckungsbeitrag dar, der innerhalb der beiden Parteien aufgeteilt werden kann. Hat der Hersteller Verhandlungsmacht, so wird er diesen Deckungsbeitrag für sich selbst beanspruchen und den maximal möglichen Preis von $p_M^* = 5,95$ fordern. Besitzt der Händler hingegen Verhandlungsmacht, wird der Hersteller keinen Preis unter 4,60 anbieten. Der Händler würde dann maximal einen zusätzlichen Deckungsbeitrag in Höhe des weißen Rechtecks erhalten.

²⁶⁰ Zur besseren Vergleichbarkeit der einzelnen Berechnungsmöglichkeiten wird als extern vorgegebener Preis \bar{p}_R der optimale Preis p_R^* der Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ verwendet, siehe Tab. 4.15, S. 96.

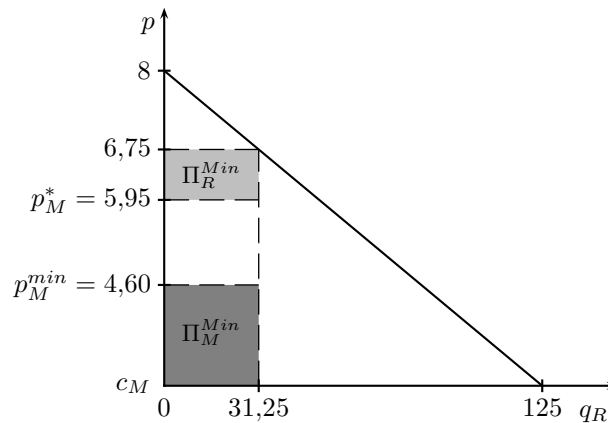


Abb. 4.12: Mindestgewinne des Herstellers und des Händlers bei einem extern vorgegebenen Preis $\bar{p}_R = 6,75$

Wendet man die algebraischen Ergebnisse aus Tab. 4.5 für das Beispiel 4.1.1-1 an,²⁶¹ so bestätigen sich die grafisch ermittelten Werte bezüglich des minimalen und maximalen Preises des Herstellers. Alle Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$ sind in Tab. 4.17 zusammengefasst.

Hersteller			
Preis	minimal	4,60	–
	optimal	–	5,95
Herstellmenge		31,25	
Mindestgewinn		50,00	
Deckungsbeitrag		50,00	92,19
Händler			
Preis		6,75	
Bestellmenge		31,25	
Mindestgewinn		25,00	
Deckungsbeitrag		67,19	25,00
Lieferkette			
Deckungsbeitrag		117,19	

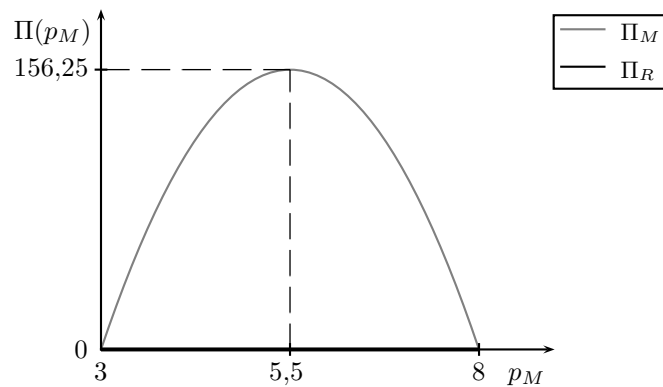
Tab. 4.17: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.1.1-1

Wählt der Hersteller den für ihn optimalen Preis p_M^* , erhält der Händler einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns, der Hersteller nahezu das Doppelte seines Mindestgewinns. Bei Vertragsverhandlungen kann der Hersteller einen Preis p_M wählen, der im Bereich $p_M \in [4,60; 5,95]$ liegt, ohne seinen Mindestgewinn zu gefährden. Der Händler würde sich dann entsprechend besser stellen.

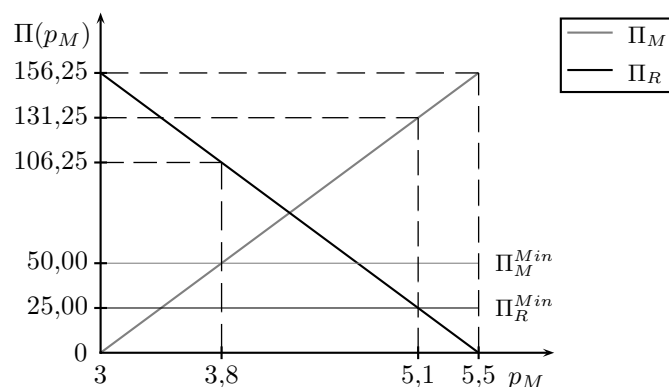
²⁶¹ Siehe S. 75.

- **Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$** Bei dieser Berechnungsmöglichkeit schreibt der Hersteller dem Händler einen Preis vor, zu dem er die Produkte an die Konsumenten zu verkaufen hat.

Der Hersteller ermittelt zunächst den Verkaufspreis, den er wählen würde, wenn er selbst direkt an den Endkunden verkauft.²⁶² In Abb. 4.13(a) ist die Deckungsbeitragsfunktion des Herstellers und des Händlers dargestellt. Sofern der Händler keinen Mindestgewinn beansprucht ($\Pi_R^{Min} = 0$), kann jeder gewählte Preis p_M an den Händler weitergegeben werden ($\bar{p}_R^* := p_M$). Da der Hersteller nur bei einem Preis $p_M^* = 5,50$ den maximal erreichbaren Deckungsbeitrag erhält, wird er diesen Preis wählen.²⁶³ Sobald der Händler aber einen Mindestgewinn beansprucht, muss der Hersteller diesen bei seiner Preisfindung berücksichtigen. Abb. 4.13(b) stellt die Deckungsbeiträge beider Parteien in Abhängigkeit vom Preis p_M dar, wenn der Händler seine Produkte zum Preis \bar{p}_R^* verkaufen muss.²⁶⁴ Weiterhin sind die Mindestgewinne des Herstellers und des Händlers eingetragen.



(a) Deckungsbeitrag des Herstellers, falls er direkt an die Konsumenten verkauft



(b) Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler bei einem vorgegebenen Preis $\bar{p}_R = 5,50$ sowie deren Mindestgewinne

Abb. 4.13: Darstellung des Beispiels 4.1.1-1 für Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$

²⁶² Siehe Abschnitt 4.1.1.1, Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$, S. 76 ff.

²⁶³ Siehe (4.13), S. 76. Damit lautet der für den Händler vorgeschriebene Verkaufspreis $\bar{p}_R^* = 5,50$.

²⁶⁴ $\Pi_R(p_M) = (5,50 - p_M)d(5,50)$ und $\Pi_M(p_M) = (p_M - 3)d(5,50)$.

Der Hersteller verkauft seine Produkte zu dem Preis p_M^* , der ihm einerseits den maximal möglichen Deckungsbeitrag zusichert und andererseits dem Händler einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns ermöglicht. Bei diesem Beispiel ist dies bei einem Preis von $p_M^* = 5,10$ der Fall. Bei Vertragsverhandlungen könnte der Hersteller seinen Preis bis auf $p_M^{min} = 3,80$ reduzieren. Dann würde er gerade seinen Mindestgewinn von $\Pi_M^{Min} = 50$ erhalten.

In Tab. 4.18 sind alle Werte für die Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ eingetragen.

Hersteller			
Preis	minimal	3,80	–
	optimal	–	5,10
Herstellmenge		62,50	
Mindestgewinn		50,00	
Deckungsbeitrag		50,00	131,25
Händler			
Preis		5,50	
Bestellmenge		62,50	
Mindestgewinn		25,00	
Deckungsbeitrag		106,25	25,00
Lieferkette			
Deckungsbeitrag		156,25	

Tab. 4.18: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.1.1-1

Durch Festlegen eines für den Hersteller optimalen Verkaufspreises \bar{p}_R^* kann er seinen Deckungsbeitrag im Vergleich zur Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$ um 42,37 % steigern. Der Händler erhält indes wieder nur einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns.

- **Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$** Der Hersteller hat bei Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ erst den Verkaufspreis \bar{p}_R^* des Händlers, dann den eigenen Preis p_M^* festgelegt, um seinen Deckungsbeitrag zu maximieren. Bei dieser Berechnungsmöglichkeit legt der Hersteller hingegen beide Preise simultan fest. Abb. 4.14 auf der nächsten Seite stellt die Deckungsbeiträge von Hersteller (Abb. 4.14(a)) und Händler (Abb. 4.14(b)) in Abhängigkeit von den Preisen p_M und \bar{p}_R sowie den jeweiligen Mindestgewinnen dar. Anhand der Teilabbildungen wird das Problem des Herstellers deutlich, die optimalen Preise festzulegen. Auf der einen Seite würde der Hersteller tendenziell einen geringen Endverkaufspreis und einen eigenen hohen Verkaufspreis wählen, da diese Kombination ihm einen hohen Deckungsbeitrag garantiert. Andererseits würde bei jener Preiskombination der Händler einen negativen Deckungsbeitrag erhalten. Der Händler erhält nur dann einen Deckungsbeitrag, der gleich oder höher als sein Mindestgewinn ist, wenn der Hersteller die Produkte zu einem niedrigeren Preis verkauft.

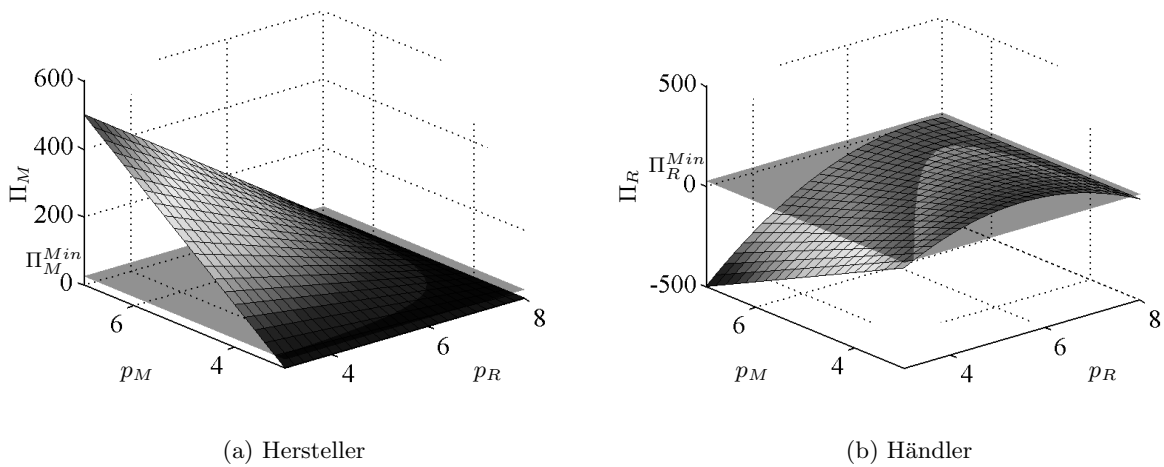


Abb. 4.14: Deckungsbeiträge und Mindestgewinne des Herstellers und Händlers

Abb. 4.15(a) zeigt die erzielbaren Deckungsbeiträge des Herstellers, bei denen der Händler wenigstens seinen Mindestgewinn von $\Pi_R^{Min} = 25$ erhält. Alle Preiskombinationen, die zu einem Deckungsbeitrag mindestens in Höhe des Mindestgewinns Π_R^{Min} führen (graue Fläche), können vom Hersteller gewählt werden.

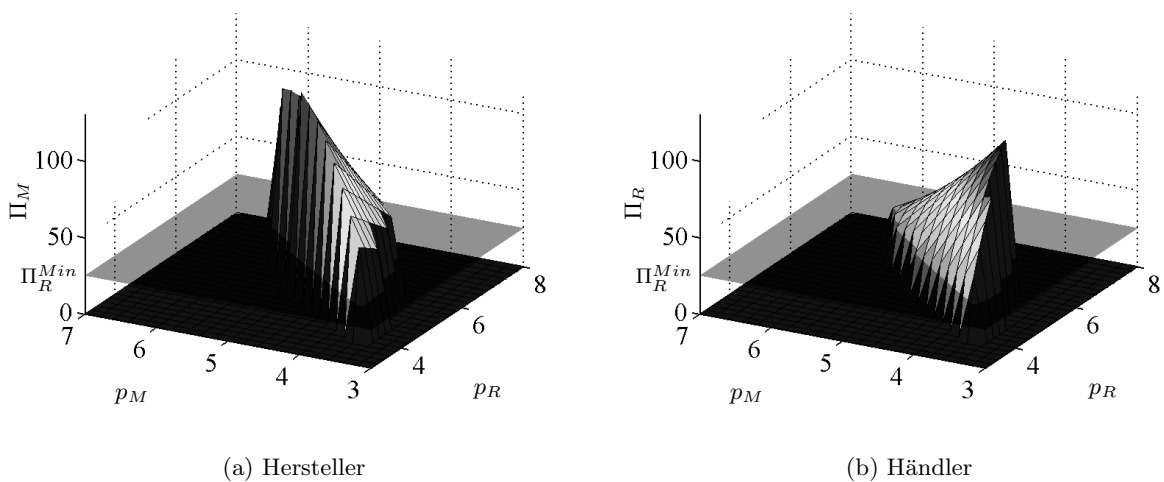


Abb. 4.15: Deckungsbeiträge des Herstellers und Händlers unter Berücksichtigung der Mindestgewinne

Abb. 4.15(b) stellt hingegen die Deckungsbeiträge des Händlers dar, die dieser erhält, wenn der Hersteller eine Preiskombinationen wählt, die ihm einen über seinem geforderten Mindestgewinn liegenden Deckungsbeitrag bringt.

Die folgende Abb. 4.16 zeigt die Darstellungen von Abb. 4.15 aus einer anderen Perspektive.

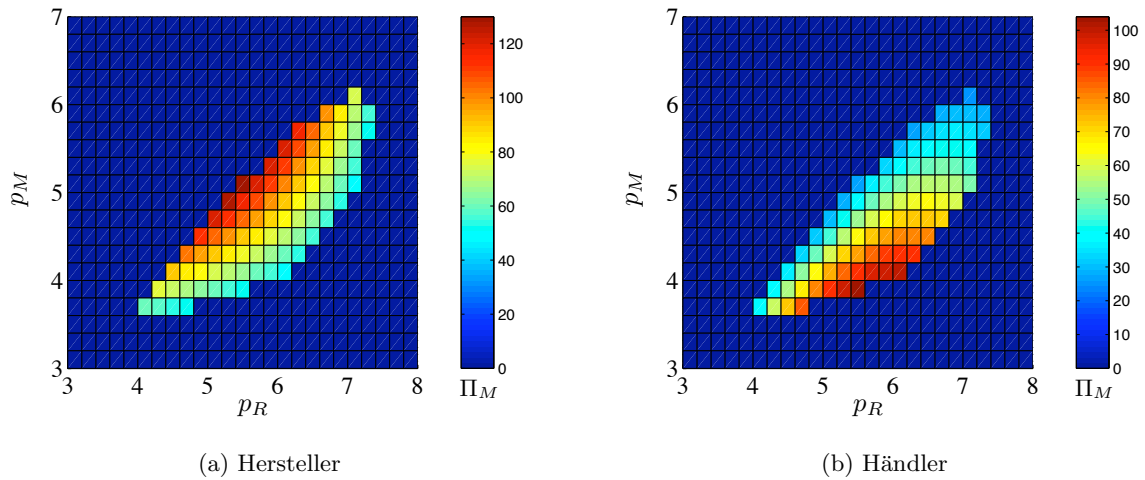


Abb. 4.16: Deckungsbeiträge des Herstellers und Händlers unter Berücksichtigung der Mindestgewinne

Für alle (\bar{p}_R, p_M) -Kombinationen werden die Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler in der Draufsicht gezeigt. Preiskombinationen, bei denen weder Hersteller noch Händler ihre jeweiligen Mindestgewinne erhalten, sind schwarz dargestellt. Mit Hilfe der Grauskala lässt sich noch einmal erkennen, dass die Höhe der Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler gegensätzlich ist. Für Preiskombinationen, die dem Hersteller einen hohen Deckungsbeitrag bringen, ist der Deckungsbeitrag des Händlers niedrig bzw. umgekehrt.

Tab. 4.19 stellt abschließend die Ergebnisse zusammen, die durch die Wahl der optimalen Preiskombination entstehen sowie die Ergebnisse, die bei der Wahl einer extremen Preiskombination zustande kommen (Händler und Hersteller erhalten jeweils ihren Mindestgewinn).

Hersteller				
Preis	minimal	3,46	–	–
	optimal	–	5,10	–
	maximal	–	–	5,87
Herstellmenge	107,57	62,50	17,43	
Mindestgewinn	50,00			
Deckungsbeitrag	50,00	131,25	50,00	
Händler				
Preis	3,70	5,50	7,30	
Bestellmenge	107,57	62,50	17,43	
Mindestgewinn	25,00			
Deckungsbeitrag	25,00			
Lieferkette				
Deckungsbeitrag	75,00	156,25	75,00	

Tab. 4.19: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{\text{nk}}$ für das Beispiel 4.1.1-1

Anhand der Ergebnisse ist zu erkennen, dass der Hersteller durch die Wahl der (\bar{p}_R, p_M) -Kombination einen erheblichen mengenpolitischen Spielraum haben kann.

Die kooperative Kette

Entsprechend der Darstellung einer nicht-kooperativen Kette soll nachfolgend in gleicher Weise auf eine kooperative Kette eingegangen und diese anhand von Beispielen beschrieben werden.

Hersteller und Händler werden dann kooperieren, wenn sie unter Berücksichtigung von Kooperationskosten durch die Kooperation höhere Deckungsbeiträge erhalten als ohne Kooperation.

Die nachfolgenden Illustrationen der verschiedenen Berechnungsmöglichkeiten basieren auf den in Tab. 4.12 genannten Parameterwerten. Lediglich die Mindestgewinne von Hersteller und Händler müssen für jede der vier Berechnungsmöglichkeiten angepasst werden. Sie entsprechen jeweils den Deckungsbeiträgen, die Hersteller und Händler erhalten, wenn der Hersteller den optimalen Preis p_M^* bei Nicht-Kooperation wählt zuzüglich der entsprechenden Kooperationskosten κ_R und κ_M .

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit 1_{d,2}^K Kooperieren beide Parteien, so kann maximal ein Gesamtdeckungsbeitrag von

$$\Pi_T = \frac{(a - bc_M)^2}{4b} = 156,25$$

erwirtschaftet werden, wenn der Händler die Produkte zu einem Preis von $p_R^* = 5,50$ verkauft.²⁶⁵ In Abb. 4.17 sind der Deckungsbeitrag des Herstellers (Π_M), des Händlers (Π_R) sowie der Gesamtdeckungsbeitrag (Π_T) jeweils in Abhängigkeit vom Preis p_M dargestellt.

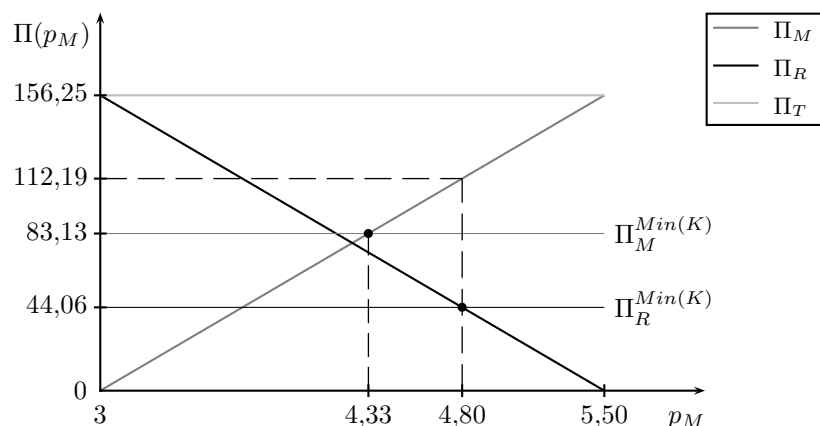


Abb. 4.17: Deckungsbeiträge und Mindestgewinne von Hersteller, Händler sowie der Gesamtdeckungsbeitrag in Abhängigkeit von p_M

²⁶⁵ Siehe (4.18) und (4.19), S. 87 f.

Wie schon bei der algebraischen Lösung im Abschnitt 4.1.1.1 bei einer kooperativen Kette²⁶⁶ gezeigt, ist der Gesamtdeckungsbeitrag unabhängig vom Preis p_M . Anhand der eingezeichneten Mindestgewinne kann abgelesen werden, dass der Hersteller seinen Preis aus dem Intervall $p_M \in [4,33, 4,80]$ wählen muss, damit beide Parteien wenigstens ihre Mindestgewinne erhalten.

In Tab. 4.20 sind die Werte dieses Beispiels zusammengefasst.²⁶⁷

Hersteller			
Preis	minimal	4,33	–
	maximal	–	4,80
Herstellmenge		62,50	
Mindestgewinn		83,13	
Deckungsbeitrag		83,13	112,19
Händler			
Preis		5,50	
Bestellmenge		62,50	
Mindestgewinn		44,06	
Deckungsbeitrag		73,13	44,06
Lieferkette			
Deckungsbeitrag		156,25	

Tab. 4.20: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$ für das Beispiel 4.1.1-1

Kooperieren Hersteller und Händler, kann zwischen ihnen maximal ein Deckungsbeitrag von $\Delta\Pi_T = 29,06$ aufgeteilt werden.²⁶⁸ Bei dieser Berechnungsmöglichkeit lohnt es sich daher für Hersteller und Händler, eine Kooperation einzugehen.

Beispielhafte Illustration für die Berechnungsmöglichkeiten $2_{d,2}^K$, $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$ Schon die algebraischen Lösungen dieser Berechnungsmöglichkeiten haben gezeigt,²⁶⁹ dass Hersteller und Händler nicht kooperieren werden, da sie ihre geforderten Mindestgewinne nicht erhalten.

4.1.1.3 Fazit

Im Abschnitt 4.1.1 wurden jeweils für eine nicht-kooperative Kette sowie für eine kooperative Kette algebraische Lösungen hergeleitet und beispielhaft illustriert.

Bei einer nicht-kooperativen Kette wurde zudem unterschieden, ob lokale oder globale Informationen vorlagen.

²⁶⁶ Siehe S. 85 ff.

²⁶⁷ Siehe Tab. 4.10, S. 90.

²⁶⁸ Der zusätzliche Deckungsbeitrag, der aufgeteilt werden kann, ergibt sich aus (4.20), S. 91, bzw. aus der Tab. 4.20, S. 105, mit $112,19 - 83,13 = 29,06$ bzw. $73,13 - 44,06 = 29,06$.

²⁶⁹ Siehe S. 91 ff.

Ob bei lokaler Information ein Vertrag zwischen Hersteller und Händler zustande kommt, hängt im Wesentlichen vom geforderten Preis des Herstellers ab, der sich aus seinen Kosten zuzüglich eines Aufschlags sowie den geforderten Mindestgewinnen der beiden Parteien zusammensetzt. Der Deckungsbeitrag des Herstellers muss nicht optimal sein, da er nicht weiß, wieviele Einheiten der Händler bei einem geforderten Preis bestellen wird. Der Händler hingegen kann für den geforderten Preis p_M die Menge bestimmen, die seinen Deckungsbeitrag maximiert.

Für den Fall der Existenz globaler Informationen wurden vier Berechnungsmöglichkeiten vorgestellt. Bei Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ erhält der Hersteller wie auch der Händler einen Deckungsbeitrag, der mindestens über dem jeweils geforderten Mindestgewinn liegt, wenn

$$\Pi_R^{Min} \leq \frac{(a - bc_M)^2}{16b} \quad \text{und}$$

$$\Pi_M^{Min} \leq \frac{(a - bc_M)^2}{8b},$$

gilt.

Wird der Verkaufspreis des Händlers extern vorgegeben (Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$), erhält der Händler gerade einen Deckungsbeitrag in Höhe seines geforderten Mindestgewinns, der Hersteller hingegen erhält den restlichen Deckungsbeitrag.²⁷⁰ Für dieses Beispiel entspricht das Ergebnis des Gesamtdeckungsbeitrags dem Ergebnis bei Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$.

Die Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^{nK}$ und $4_{d,2}^{nK}$ unterscheiden sich lediglich in der Berechnung des vorzuschreibenden Preises \bar{p}_R , nicht aber hinsichtlich des Ergebnisses. Auch hier erhält der Händler einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns. Allerdings steigt der Deckungsbeitrag des Herstellers im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$, da auch der Gesamtdeckungsbeitrag erhöht wird. Im Vergleich zur Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ steigt der Gesamtdeckungsbeitrag um 33 %.

Die Deckungsbeiträge von Hersteller, Händler und der Gesamtdeckungsbeitrag sind für die vier Berechnungsmöglichkeiten des vorgestellten Beispiels noch einmal in Tab. 4.21 zusammengefasst.²⁷¹

	Berechnungsmöglichkeit			
	$1_{d,2}^{nK}$	$2_{d,2}^{nK}$	$3_{d,2}^{nK}$	$4_{d,2}^{nK}$
Π_M	78,13	92,19	131,25	131,25
Π_R	39,06	25,00	25,00	25,00
Π_T	117,19	117,19	156,25	156,25

Tab. 4.21: Zusammenfassung der Ergebnisse bei globaler Information für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^{nK}$ bis $4_{d,2}^{nK}$

²⁷⁰ Solange $\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} \leq \Pi_T$ gilt.

²⁷¹ Die Ergebnisse entsprechen den Werten der Tab. 4.15 und Tab. 4.17 bis Tab. 4.19, wenn der Hersteller den für ihn optimalen Preis p_M^* wählt.

Aus Tab. 4.21 lässt sich schließen, dass der Händler Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ vorziehen wird. Bei den übrigen Berechnungsmöglichkeiten profitiert allein der Hersteller, wobei er den höchsten Deckungsbeitrag bei Anwendung von Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ und Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ erzielt.

In Abschnitt 4.1.1 wurde weiter festgestellt, dass eine Kooperation nicht bei jeder Berechnungsmöglichkeit sinnvoll ist. Nur bei Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$ kann durch das Kooperieren der Kettenglieder ein zusätzlicher Gesamtdeckungsbeitrag von

$$\Delta\Pi_T = \frac{(a - bc_M)^2}{16b}$$

erwirtschaftet werden,²⁷² der auch die Kooperationskosten deckt, sofern

$$\kappa_R + \kappa_M \leq \Delta\Pi_T$$

gilt.

Bei den Berechnungsmöglichkeiten $2_{d,2}^K$, $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$ kommt keine Kooperation zustande, da durch eine Kooperation kein zusätzlicher Deckungsbeitrag erwirtschaftet werden kann. Anfallende Kooperationskosten können nicht gedeckt werden.

In Tab. 4.22 sind die Ergebnisse analog zur Tab. 4.21 für eine Kooperation zusammengefasst.

	Berechnungsmöglichkeit			
	$1_{d,2}^K$	$2_{d,2}^K$	$3_{d,2}^K$	$4_{d,2}^K$
Π_M	112,19	0,00	0,00	0,00
Π_R	44,06	0,00	0,00	0,00
Π_T	156,25	0,00	0,00	0,00

Tab. 4.22: Zusammenfassung der Ergebnisse bei Kooperation für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^K$ bis $4_{d,2}^K$

Durch eine Kooperation besteht die Möglichkeit, dass derselbe Gesamtdeckungsbeitrag erwirtschaftet werden kann wie bei einer Nicht-Kooperation, wenn der Hersteller den Verkaufspreis vorgibt (Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$).

²⁷² Dies entspricht für dieses Beispiel einer Deckungsbeitragssteigerung von 33 % bei Kooperation gegenüber einer Nicht-Kooperation.

4.1.2 Stochastische Marktnachfrage

In diesem Abschnitt werden verschiedene Berechnungsmöglichkeiten vorgestellt, wie Hersteller und Händler bei einer stochastischen Marktnachfrage ihre (erwarteten) Deckungsbeiträge maximieren können.

4.1.2.1 Modellierung mit Restriktionen bei einem allgemein verteilten Nachfrageschock

Bevor auf die Berechnungen einer nicht-kooperativen Kette und einer kooperativen Kette bei einem allgemein verteilten Nachfrageschock eingegangen wird, soll zunächst das Modell, welches für diesen Abschnitt zugrunde gelegt wird, präzisiert werden.

Der Händler sieht sich einer stochastischen Marktnachfrage gegenüber. Wie schon im Abschnitt 3.1.2.1 beschrieben, muss der Händler den Preis und die Menge so festlegen, dass sein erwarteter Deckungsbeitrag maximiert wird.²⁷³ Da er selbst die Produkte nicht herstellt, muss er die Menge, die er verkaufen möchte, beim Hersteller bestellen.²⁷⁴ Der Hersteller wird genau diese Menge herstellen und sie an den Händler verkaufen. Da genau die nachgefragte Menge hergestellt wird, sieht sich der Hersteller einer deterministischen Nachfrage gegenüber. Der Hersteller muss also nur den Preis p_M^* festlegen, der seinen Deckungsbeitrag maximiert. Bei der Preiswahl muss auch hier sichergestellt werden, dass Händler und Hersteller einen Deckungsbeitrag in Höhe des jeweils geforderten Mindestgewinns erwarten bzw. erhalten.

Die nicht-kooperative Kette

Bei einer stochastischen Marktnachfrage werden für die nicht-kooperative Kette vier Berechnungsmöglichkeiten verwendet, die allerdings zum Teil von denen einer deterministischen Marktnachfrage abweichen.²⁷⁵

Den vier Berechnungsmöglichkeiten liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$: Hersteller und Händler bestimmen jeweils für sich den optimalen Preis und die optimale Menge. Der Händler vernachlässigt allerdings die Unsicherheit der Marktnachfrage.
- Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$: Der Händler berechnet die optimale Menge bei einem extern vorgegebenen Verkaufspreis. Der Hersteller bestimmt seinen optimalen Preis und die optimale Menge.
- Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$: Die dritte Berechnungsmöglichkeit entspricht der Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ mit dem Unterschied, dass der Verkaufspreis nicht von einer außerhalb der Lieferkette stehenden, dritten Person, sondern vom Hersteller vorgegeben wird.

²⁷³ Siehe Abschnitt 3.1.2.1, S. 23 ff. Allerdings sieht sich jetzt der Händler und nicht der Hersteller der stochastischen Marktnachfrage gegenüber.

²⁷⁴ Im Gegensatz zur deterministischen Marktnachfrage wird hier die Betrachtung auf eine globale Information beschränkt, da keine Entscheidung für optimale Deckungsbeiträge bei lokaler Information getroffen werden kann, da es letztendlich nur vom Preisaufschlag γ_M des Herstellers und den geforderten Mindestgewinnen abhängt, ob ein Vertrag zwischen beiden Parteien zustande kommt.

²⁷⁵ Siehe Abschnitt 4.1.1.1, S. 64 ff.

- Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$: Hersteller und Händler bestimmen jeweils für sich den optimalen Preis und die optimale Menge, wobei der Händler die unsichere Marktnachfrage in seine Rechnungen mit einbezieht.

Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$: Bei der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ kennt der Händler lediglich die Kernnachfragefunktion $d(p_R)$ und den Erwartungswert μ des externen Schocks. Analog zur Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ bei einer Kettenlänge von $L = 1$,²⁷⁶ wird der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers bezüglich des Preises p_R maximiert. Der Händler wählt in Abhängigkeit von dem an den Hersteller zu zahlenden Preis p_M folgenden optimalen Preis und die entsprechend zu bestellende Menge:²⁷⁷

$$p_R^*(p_M) = \frac{a + bp_M + \mu}{2b}$$

$$q_R^*(p_M) = \frac{a - bp_M + \mu}{2}.$$

Aus dieser Preis-/Mengenkombination resultiert der erwartete Deckungsbeitrag mit

$$E[\Pi_R^*(p_R^*(p_M))] = \frac{(a - bp_M + \mu)^2}{4b}.$$

Der Hersteller steht vor dem gleichen Optimierungsproblem wie im Abschnitt 4.1.1.1,²⁷⁸ da er sich einer deterministischen Nachfrage gegenüber sieht. Er antizipiert die Menge $q_R^*(p_M)$, die der Händler bei ihm bestellen wird und maximiert seinen Deckungsbeitrag unter der Nebenbedingung, dass jede Stufe wenigstens ihren Mindestgewinn erhält:²⁷⁹

$$\Pi_M = \max_{p_M} ((p_M - c_M) \cdot q_R^*(p_M))$$

u. d. NB. $E[\Pi_R] \geq \Pi_R^{Min}$

$$\Pi_M \geq \Pi_M^{Min}.$$

Das Optimierungsproblem unter Nebenbedingungen wird unter Heranziehung des Lagrangeansatzes gelöst.²⁸⁰ Die Lagrangefunktion lautet folgendermaßen:

$$\mathcal{L} = (p_M - c_M)(a - bp_R^*) + \lambda_1(E[\Pi_R] - \Pi_R^{Min}) + \lambda_2(\Pi_M - \Pi_M^{Min}). \quad (4.21)$$

²⁷⁶ Siehe S. 27 ff.

²⁷⁷ Berechnung zu Preis, Menge und erwartetem Deckungsbeitrag: siehe B.3.2, S. 495 ff.

²⁷⁸ Siehe S. 68 ff.

²⁷⁹ Da es sich beim Händler aufgrund der stochastischen Marktnachfrage um einen erwarteten Deckungsbeitrag handelt, muss der Hersteller diesen in seine Nebenbedingung mit einbeziehen. Die Nebenbedingung beschreibt nun, dass der Händler einen Deckungsbeitrag wenigstens in Höhe seines Mindestgewinns erwartet. Der Hersteller sieht sich weiterhin einer deterministischen Nachfrage gegenüber, seine Nebenbedingung ändert sich nicht verglichen mit dem 4. Kapitel, S. 63 ff.

²⁸⁰ Siehe oben unter S. 68 ff.

Die Herleitung von (4.21) entspricht derjenigen von (4.5)²⁸¹ mit dem schon erwähnten Unterschied, dass hier der erwartete statt dem tatsächlichen Deckungsbeitrag des Händlers in der Lagrangefunktion verwendet wird.²⁸² Da auch in (4.21) p_M , λ_1 und λ_2 die einzigen Variablen sind, können die Kuhn-Tucker-Bedingungen, die in Abschnitt 4.1.1.1 aufgestellt wurden, zur Berechnung zulässiger Lösungen herangezogen werden.²⁸³

In Tab. 4.23 sind alle zulässigen Lösung von (4.21) zusammengefasst.²⁸⁴

Nr.	p_M	λ_1	λ_2
1	$\frac{a+bc_M+\mu}{2b}$	0	$[0, \mathbb{R}^+]$
2	$\frac{a+bc_M+\mu}{2b}$	0	0
5	$\frac{a}{b} - \frac{2\sqrt{\Pi_R^{Min}+\mu}}{\sqrt{b}}$	$\Pi_M^{Min} \leq 2\Pi_R^{Min}$	0
7a	$\frac{a}{b} - \frac{2\sqrt{\Pi_R^{Min}+\mu}}{\sqrt{b}}$	$\Pi_M^{Min} \leq 2\Pi_R^{Min}$	$[0, \mathbb{R}^+]$

(a) Zulässige Lösungen der Kuhn-Tucker-Bedingungen

zu Nr.	Π_R^{Min}	Π_M^{Min}
1	$\left[0, \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}\right]$	$\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{8b}$
2	$\left[0, \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}\right]$	$\left[0, \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{8b}\right]$
5	$\left[\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}, \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{4b}\right]$	$\left[0, \frac{(a-bc_M+\mu)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min}\right]$
7a	$\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$	$\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{8b}$

(b) Beschränkungen bezüglich Π_R^{Min} und Π_M^{Min} für Tab. 4.23(a)

Tab. 4.23: Zulässige Lösungen der Kuhn-Tucker-Bedingungen sowie deren Einschränkungen bezüglich Π_R^{Min} und Π_M^{Min}

²⁸¹ Siehe S. 68.

²⁸² Siehe Fußnote 279.

²⁸³ Siehe (4.6), S. 69.

²⁸⁴ Sämtliche Lösungen befinden sich unter B.3.2, S. 495 ff.

In Abhängigkeit von den in Tab. 4.23(b) genannten Beschränkungen bezüglich der Mindestgewinne Π_R^{Min} und Π_M^{Min} kann der jeweils optimal zu wählende Preis des Herstellers festgelegt werden:²⁸⁵

$$p_M^* = \begin{cases} \frac{a+bc_M+\mu}{2b} & \text{für } \Pi_R^{Min} \leq \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b} \text{ und } \Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{8b} \\ \frac{a}{b} - \frac{2\sqrt{\Pi_R^{Min}+\mu}}{\sqrt{b}} & \text{für } \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b} < \Pi_R^{Min} \leq \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{4b} \\ & \text{und } \Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M+\mu)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min} \\ 0 & \text{sonst.}^{286} \end{cases} \quad (4.22)$$

Tab. 4.24 fasst für die in (4.22) genannten Beschränkungen der Mindestgewinne und dem daraus resultierenden optimalen Preis p_M^* alle Lösungen zusammen.

	Beschränkung	
	1	2
	$\Pi_R^{Min} \leq \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$	$\Pi_R^{Min} \in \left] \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}, \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{4b} \right]$
	$\Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{8b}$	$\Pi_M^{Min} \leq \frac{(a-bc_M+\mu)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min}$
Hersteller		
Preis	$\frac{a+bc_M+\mu}{2b}$	$\frac{a}{b} - \frac{2\sqrt{\Pi_R^{Min}+\mu}}{\sqrt{b}}$
Herstellmenge	$\frac{a-bc_M+\mu}{4}$	$\sqrt{b\Pi_R^{Min}}$
Deckungsbeitrag	$\frac{2(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$	$\left] \frac{2(a-bc_M+\mu)^2}{16b}, 0 \right]$
Händler		
Preis	$\frac{3a+bc_M+3\mu}{4b}$	$\frac{a}{b} - \frac{\sqrt{\Pi_R^{Min}+\mu}}{\sqrt{b}}$
Bestellmenge	$\frac{a-bc_M+\mu}{4}$	$\sqrt{b\Pi_R^{Min}}$
Erw. Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$	$\left] \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}, \frac{4(a-bc_M+\mu)^2}{16b} \right]$
Lieferkette		
Erw. Deckungsbeitrag	$\frac{3(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$	$\left] \frac{3(a-bc_M+\mu)^2}{16b}, \frac{4(a-bc_M+\mu)^2}{16b} \right]$

Tab. 4.24: Zusammenfassung der algebraischen Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit 1^{nK}_{s,2}

²⁸⁵ Die Nummern 1 und 2 sowie 5 und 7a der Tab. 4.23 können zusammengefasst werden, da Nr. 2 wegen $\lambda_2 = 0$ eine spezielle Lösung von Nr. 1 ist. Ebenso ist Nr. 7a wegen $\Pi_R^{Min} = \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$ eine spezielle Lösung von Nr. 5.

²⁸⁶ Mit $p_M^* = 0$ wird angedeutet, dass kein Preis gefunden werden kann, bei dem beide Kettenglieder wenigstens ihre Mindestgewinne erhalten. Es kommt dann kein Vertrag zustande. Dieser Fall wird im weiteren Verlauf nicht betrachtet.

Gilt für die Mindestgewinne des Händlers und Herstellers

$$\begin{aligned}\Pi_R^{Min} &\leq \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{16b} \text{ und} \\ \Pi_M^{Min} &\leq \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{8b},\end{aligned}$$

so sind, wie schon bei Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ bei einer deterministischen Marktnachfrage beschrieben,²⁸⁷ die (erwarteten) Deckungsbeiträge unabhängig von der Höhe der Mindestgewinne.

Für Mindestgewinne, die in den Bereichen

$$\Pi_R^{Min} \in \left[\frac{(a - bc_M + \mu)^2}{16b}, \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{4b} \right]$$

und

$$\Pi_M^{Min} \leq \frac{(a - bc_M + \mu) \sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min}$$

liegen, gibt es eindeutige optimale Preise und Mengen des Händlers und Herstellers. Allerdings variieren die (erwarteten) Deckungsbeiträge in Abhängigkeit vom Mindestgewinn des Händlers in den genannten Grenzen.

Je nach Marktmacht und geeigneter Wahl von Π_R^{Min} kann der Händler seinen erwarteten Deckungsbeitrag maximal vervierfachen.²⁸⁸ Dies trifft aber nur dann zu, wenn der Hersteller keinen Anspruch auf einen Mindestgewinn erhebt.

Der Hersteller kann hingegen maximal einen Deckungsbeitrag von

$$\Pi_M^* = \frac{2(a - bc_M + \mu)^2}{16b}$$

erhalten.

Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag bewegt sich insgesamt in einem Intervall von

$$E[\Pi_T] \in \left[\frac{3(a - bc_M + \mu)^2}{16b}, \frac{4(a - bc_M + \mu)^2}{16b} \right],$$

wobei der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag am größten ist, wenn der Händler den maximal möglichen Mindestgewinn von

$$\Pi_R^{Min} = \frac{4(a - bc_M + \mu)^2}{16b}$$

fordert und der Hersteller keinen Mindestgewinn beansprucht.

²⁸⁷ Siehe S. 68 ff.

²⁸⁸ Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers beträgt mindestens $\frac{(a - bc_M + \mu)^2}{16b}$ und höchstens $\frac{4(a - bc_M + \mu)^2}{16b}$. Siehe Tab. 4.24, S. 111.

Berechnungsmöglichkeit 2_{s,2}^{nK}: Bei dieser Berechnungsmöglichkeit wird dem Händler von einer außerhalb der Lieferkette stehenden, dritten Person vorgeschrieben, zu welchem Preis \bar{p}_R er seine Produkte zu verkaufen hat. Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers lautet demnach analog zu (3.12)²⁸⁹

$$E[\Pi_R(z_R, p_M)] = (\bar{p}_R - p_M)(d(\bar{p}_R) + \mu) - \left[(p_M + c_o) \int_A^{z_R} (z_R - \bar{\epsilon})f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} + (\bar{p}_R + c_u - p_M) \int_{z_R}^B (\bar{\epsilon} - z_R)f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} \right]. \quad (4.23)$$

Der Händler steht nun vor dem Problem, dass er nicht nur den externen Schock ϵ durch die Variable z_R antizipieren muss, sein erwarteter Deckungsbeitrag hängt zudem noch vom Verkaufspreis des Herstellers ab.

Da der Händler nur Einfluss auf die Wahl des zu antizipierenden Schocks hat, muss (4.23) bezüglich z_R maximiert werden:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E[\Pi_R(z_R, p_M)]}{\partial z_R} &= -(p_M + c_o) + (\bar{p}_R + c_u + c_o)[1 - F(z_M)] \stackrel{!}{=} 0 \\ \frac{\partial^2 E[\Pi_R(z_R, p_M)]}{\partial z_M^2} &= -(\bar{p}_R + c_u + c_o)f(z_M) \stackrel{!}{<} 0. \end{aligned} \quad (4.24)$$

Weil (4.24) immer negativ ist, existiert ein Maximum für $z_R \in [A, B]$. Abhängig von der Verteilungsfunktion und den gewählten Parametern kann das Maximum im Inneren oder am Rand des Intervalls liegen. Für ein optimales $z_R^*(p_M)$ und daraus folgend die optimale Herstellmenge $q_R^*(p_M)$, welche jeweils abhängig vom Preis p_M des Herstellers sind, können nur die folgenden Aussagen getroffen werden:²⁹⁰

$$\begin{aligned} z_R^*(p_M) &\mapsto [1 - F(z_R^*)] = \frac{p_M + c_o}{\bar{p}_R + c_u + c_o} \quad \text{und} \\ q_R^*(p_M) &= d(\bar{p}_R) + z_R^*(p_M). \end{aligned} \quad (4.25)$$

Der Hersteller antizipiert die Menge, die der Händler nachfragen wird und maximiert seine Deckungsbeitragsfunktion unter den bekannten Nebenbedingungen:

$$\begin{aligned} \Pi_M &= \max_{p_M} ((p_M - c_M)[(a - b\bar{p}_R) + z_R^*(p_M)]) \\ \text{u. d. NB.} \quad E[\Pi_R] &\geq \Pi_R^{Min} \\ \Pi_M &\geq \Pi_M^{Min}. \end{aligned}$$

Diese nicht-lineare Funktion lässt sich mit Hilfe der Langrange-Funktion berechnen. Eine algebraische Lösung ist wegen der allgemein gehaltenen Verteilungsfunktion allerdings nicht möglich.

²⁸⁹ Siehe S. 26 bzw. auch Berechnungsmöglichkeit 2_{s,1}^{nK} für $L = 1$ bei einer linearen Nachfragefunktion, S. 29 ff.

²⁹⁰ Da hier nur eine allgemeine Verteilungsfunktion betrachtet wird, können weitergehende Aussagen nicht getroffen werden. Dies wäre nur beim Vorliegen einer konkreten Verteilungsfunktion möglich.

Berechnungsmöglichkeit 3_{s,2}^{nK}: Bei dieser Berechnungsmöglichkeit kann der Hersteller dem Händler einen Verkaufspreis vorschreiben.²⁹¹

Zunächst berechnet der Hersteller den Verkaufspreis, der ihm selbst den maximalen Deckungsbeitrag sichert ($p_M := \bar{p}_R$). Da er weiterhin keine Strafkosten wegen Über- oder Unterproduktion zu zahlen hat, kann er auch hier seine Deckungsbeitragsgleichung zur Maximierung heranziehen.²⁹²

$$\Pi_M = \max_{\bar{p}_R} ((\bar{p}_R - c_M)(a - b\bar{p}_R + z_R)) \quad (4.26)$$

$$\frac{\partial \Pi_M}{\partial \bar{p}_R} = a - b(2\bar{p}_R - c_M) + z_R \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Leftrightarrow \bar{p}_R^*(z_R) = \frac{a + bc_M + z_R}{2b}. \quad (4.27) \quad 293$$

Mit Hilfe des Preises \bar{p}_R^* kann der Hersteller nun antizipieren, welche Menge der Händler bei ihm bestellen wird, da auch dieser seinen erwarteten Deckungsbeitrag maximiert.²⁹⁴

$$E[\Pi_R(z_R, p_M)] = (\bar{p}_R^* - p_M)(d(\bar{p}_R^*) + \mu) - \left[(p_M + c_o) \int_A^{z_R} (z_R - \bar{\epsilon}) f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} + (\bar{p}_R^* + c_u - p_M) \int_{z_R}^B (\bar{\epsilon} - z_R) f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} \right]. \quad (4.28)$$

Der erwartete Deckungsbeitrag hängt nur noch von dem zu antizipierenden Schock ab, so dass (4.28) nach z_R abgeleitet werden muss:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E[\Pi_R(z_R, p_M)]}{\partial z_R} &= -\frac{1}{2b} \left[b(c_M - p_M) + z_R - \mu + 2b(c_o + p_M)F(z_R) \right. \\ &\quad \left. - (a + bc_M - 2(p_M - c_u) + z_R)(1 - F(z_R)) + f(\bar{\epsilon} - z_R) d\bar{\epsilon} \right] \\ &\stackrel{!}{=} 0. \end{aligned}$$

Ohne Kenntnis der Verteilungsfunktion kann keine algebraische Lösung bezüglich z_R^* gegeben werden.²⁹⁵ Da der Hersteller die Menge kennt, welche der Händler in Abhängigkeit von seinem Preis p_M bestellen wird,²⁹⁶ kann er letztendlich seine Deckungsbeitragsfunktion unter den bekannten Nebenbedingungen maximieren:

²⁹¹ Siehe auch Berechnungsmöglichkeit 3_{d,2}^{nK} bei deterministischer Marktnachfrage, S. 76.

²⁹² Der Hersteller antizipiert die Menge, die der Händler bei ihm bestellen wird. Genau diese wird er dann auch produzieren.

²⁹³ An der Stelle $\bar{p}_R^*(z_R)$ liegt wegen $\frac{\partial^2 \Pi_M}{\partial \bar{p}_R^2} = -2b < 0$ ein Maximum vor.

²⁹⁴ Analog zu (3.12), S. 26.

²⁹⁵ Für ein optimales z_R^* kann lediglich folgende Gleichung angegeben werden:

$$z_R^*(p_M) \mapsto \frac{a - bp_M + \mu - 2(p_M + c_M) + f(\bar{\epsilon} - z_R^*) d\bar{\epsilon}}{F(z_R^*)} - z_R^*.$$

²⁹⁶ Die Menge beträgt $q_M := q_R(p_M) = d(\bar{p}_R^*) + z_R^*(p_M)$.

$$\begin{aligned}\Pi_M &= \max_{p_M} ((p_M - c_M) [(a - bp_R^*) + z_R^*(p_M)]) \\ \text{u. d. NB. } E[\Pi_R] &\geq \Pi_R^{Min} \\ \Pi_M &\geq \Pi_M^{Min}.\end{aligned}$$

Diese nicht-lineare Funktion kann mit Hilfe der Langrange-Funktion berechnet werden. Eine algebraische Lösung ist wegen der allgemein gehaltenen Verteilungsfunktion allerdings nicht möglich.

Berechnungsmöglichkeit 4_{s,2}^{nK}: Bei Berechnungsmöglichkeit 4_{s,2}^{nK} kann der Händler allein seinen optimalen Verkaufspreis p_R^* und die optimale Menge q_R^* durch Antizipation des externen Schocks ϵ festlegen. Der Händler muss seinen erwarteten Deckungsbeitrag deshalb bezüglich des Preises p_R und des antizipierten Schocks z_R maximieren.²⁹⁷ Eine Extremalstelle liegt im Punkt (p_R^*, z_R^*) mit

$$\begin{aligned}p_R^* := p_R(z_R(p_M), p_M) &= \frac{a + bp_M + \mu}{2b} - \frac{\int_{z_R}^B (\bar{\epsilon} - z_R) f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon}}{2b} \quad \text{und} \\ z_R^* \mapsto [1 - F(z_R(p_M))] &= \frac{p_M + c_o}{p_R^* + c_u + c_o}\end{aligned}$$

vor. Diese muss mit Hilfe der Hessematrix daraufhin überprüft werden, ob es sich an diesem Punkt um eine Maximalstelle handelt.²⁹⁸ Ohne die Kenntnis der Verteilungsfunktion und der Ausprägung von z_R kann nicht ermittelt werden, ob es sich um ein lokales Maximum handelt. Dies lässt sich nur anhand eines konkreten Beispiels überprüfen.

Der Hersteller antizipiert den Preis $p_R^*(p_M)$ und die Menge $q_R^*(p_M) = d(p_R^*) + z_R^*$ des Händlers und maximiert seinen Deckungsbeitrag unter Beachtung der Nebenbedingungen:

$$\begin{aligned}\Pi_M &= (p_M - c_M) (a - bp_R^*(p_M) + z_R^*(p_M)) \\ \text{u. d. NB. } E[\Pi_R] &\geq \Pi_R^{Min} \\ \Pi_M &\geq \Pi_M^{Min}.\end{aligned}$$

Da ohne eine konkrete Verteilungsfunktion das z_R^* nicht angegeben werden kann, ist auch hier eine algebraische Lösung nicht möglich.

Die kooperative Kette

Um den Gesamtdeckungsbeitrag einer Kette und damit auch die (erwarteten) Deckungsbeiträge des Herstellers und Händlers zu erhöhen, können beide Parteien eine Kooperation eingehen. Aufbauend auf den unter Abschnitt 4.1.2.1²⁹⁹ vorgestellten Berechnungsmöglich-

²⁹⁷ Siehe Berechnungsmöglichkeit 3_{s,1}^{nK} bei einer Kettenlänge von $L = 1$, S. 30 f.

²⁹⁸ Siehe S. 31.

²⁹⁹ Siehe S. 108.

keiten $1_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ soll nun untersucht werden, ob und inwiefern Hersteller und Händler von einer Kooperation profitieren können. Es werden dazu folgende Berechnungsmöglichkeiten betrachtet:

- Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$: Hersteller und Händler maximieren gemeinsam den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag, wobei die Unsicherheit der Marktnachfrage vernachlässigt wird.
- Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$: Hersteller und Händler maximieren gemeinsam den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag bei einem extern vorgegebenen Verkaufspreis.
- Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$: Sie entspricht der Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ mit dem Unterschied, dass der Verkaufspreis nicht von einer außerhalb der Lieferkette stehenden, dritten Person, sondern vom Hersteller vorgegeben wird.
- Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$: Hersteller und Händler bestimmen gemeinsam den optimalen Preis und die optimale Menge, wobei der Händler die unsichere Marktnachfrage in seine Rechnungen mit einbezieht.

Bei einer Kooperation sehen sich Händler und Hersteller zunächst gemeinsam einer stochastischen Endnachfrage gegenüber. Tatsächlich wird aber weiterhin der Händler mit der unsicheren Nachfrage konfrontiert und der Hersteller kann mit einer sicheren Nachfrage rechnen.³⁰⁰ Deshalb muss auch hier durch die Wahl der Mindestgewinne sichergestellt werden, dass weder der Händler trotz des Risikos der unsicheren Nachfrage bezüglich des erwarteten Deckungsbeitrags noch der Hersteller schlechter gestellt wird als bei lokaler Optimierung.

Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$: Bei der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ werden die optimalen Preise und Mengen unter Vernachlässigung der unsicheren Marktnachfrage berechnet. Der Händler geht lediglich davon aus, dass die Nachfrage um μ von der Kernnachfragefunktion abweicht. Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag setzt sich aus dem erwarteten Deckungsbeitrag des Händlers und dem Deckungsbeitrag des Herstellers zusammen:

$$\begin{aligned} E[\Pi_T] &= E[\Pi_R] + \Pi_M \\ &= (p_R - p_M)(a - bp_R + \mu) + (p_M - c_M)(a - bc_M + \mu) \\ E[\Pi_T] &= (p_R - c_M)(a - bp_R + \mu). \end{aligned}$$

Dies zeigt, dass der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag lediglich vom Preis des Händlers abhängt, so dass dieser bezüglich p_R maximiert werden muss:

$$\begin{aligned} E[\Pi_T] &= \max_{p_R} ((p_R - c_M)(a - bp_R + \mu)) \\ \frac{\partial E[\Pi_T]}{\partial p_R} &= (a + 2bc_M + \mu - 2bp_R) \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow p_R^* &= \frac{a + bc_M + \mu}{2b}. \end{aligned} \quad 301$$

³⁰⁰ Der Hersteller wird nur die vom Händler bestellte Menge herstellen.

Damit steht der optimale Endverkaufspreis p_R^* und, wegen $q_M^* = q_R^*$, die optimal herzustellende Menge fest:

$$q_R^*(p_R^*) = a - bp_R^* + \mu$$

$$q_M^* = q_R^* = \frac{a - bc_M + \mu}{2}.$$

Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag beträgt damit:

$$E[\Pi_T^*] = \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{4b} = \frac{q_R^{*2}}{b}.$$

Dieser muss nun auf beide Kettenglieder aufgeteilt werden. Sowohl der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers mit

$$E[\Pi_R] = \frac{(a - bc_M)(a + \mu + b(c - 2p_M))}{4b}$$

als auch der Deckungsbeitrag des Herstellers mit

$$\Pi_M = \frac{(p_M - c_M)(a - bc_M + \mu)}{2}$$

hängen vom Preis p_M ab. Es muss deshalb ein Preis p_M gefunden werden, bei dem beide Parteien wenigstens ihren Mindestgewinn erhalten.

Da es sich bei beiden Deckungsbeitragsfunktionen um lineare Funktionen handelt, kann die gleiche Vorgehensweise wie bei der deterministischen Marktnachfrage angewandt werden.³⁰² Es wird also ein Preisintervall mit

$$p_M \in [p_M^{min}, p_M^{max}]$$

festgelegt, bei dem der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers und der Deckungsbeitrag des Herstellers wenigstens dem jeweiligen Mindestgewinn $\Pi_R^{Min(K)}$ bzw. $\Pi_M^{Min(K)}$ entspricht.

In Tab. 4.25 auf der nächsten Seite sind die Ergebnisse zusammengefasst, die bei der Wahl des Preises p_M an den Grenzen des Preisintervalls entstehen.

³⁰¹ An der Stelle p_R^* liegt wegen $\frac{\partial^2 E[\Pi_T]}{\partial p_R^2} = -2b < 0$ ein Maximum vor.

³⁰² Siehe S. 85 ff.

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M + \frac{\Pi_M^{Min(K)}}{q_R}$	–
	maximal	–	$\frac{a+bc_M+\mu}{2b} - \frac{\Pi_R^{Min(K)}}{q_R}$
Herstellmenge	$\frac{a-bc_M-\mu}{2}$		
Deckungsbeitrag	$\Pi_M^{Min(K)}$	$\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{4b} - \Pi_R^{Min(K)}$	
Händler			
Preis	$\frac{a+bc_M+\mu}{2b}$		
Bestellmenge	$\frac{a-bc_M-\mu}{2}$		
erw. Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{4b} - \Pi_M^{Min(K)}$	$\Pi_R^{Min(K)}$	
Lieferkette			
erw. Deckungsbeitrag	$\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{4b}$		

Tab. 4.25: Minimale und maximale Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers für Berechnungsmöglichkeit 1_{s,2}^K, mit $\Pi_R^{Min(K)} + \Pi_M^{Min(K)} \leq \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{4b}$

Kooperieren Hersteller und Händler, müssen sie wenigstens den optimalen bzw. erwarteten optimalen Deckungsbeitrag bei Nicht-Kooperation zuzüglich der Kosten für Kooperation erhalten:³⁰³

$$\Pi_M^{Min(K)} = \Pi_M^{Min} + \kappa_M = \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{8b} + \kappa_M \quad (4.29)$$

sowie

$$\Pi_R^{Min(K)} = \Pi_R^{Min} + \kappa_R = \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{16b} + \kappa_R. \quad (4.30)$$

Durch Einsetzen der Mindestgewinne (4.29) und (4.30) in Tab. 4.25 werden die Lösungen berechnet, die durch eine Kooperation erreicht werden können:

³⁰³ Siehe Tab. 4.24, S. 111, erste Beschränkung.

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M + \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{8b(a-bc_M-\mu)} - \frac{\kappa_M}{q_M}$	–
	maximal	–	$\frac{3a+bc_M+\mu}{4b} + \kappa_R$
Herstellmenge			$\frac{a-bc_M-\mu}{2}$
Deckungsbeitrag			$\frac{3(a-bc_M+\mu)^2}{16b} - \kappa_R$
Händler			
Preis			$\frac{a+bc_M+\mu}{2b}$
Bestellmenge			$\frac{a-bc_M-\mu}{2}$
erw. Deckungsbeitrag			$\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b} + \kappa_R$
Lieferkette			
erw. Deckungsbeitrag			$\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{4b}$

Tab. 4.26: Minimale und maximale Ausprägungen aus Sicht des Herstellers für Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$, mit $\kappa_M + \kappa_R \leq \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$

Sind die Kosten der Kooperation von Hersteller und Händler geringer als $\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$,³⁰⁴ kann die Differenz von

$$\frac{(a - bc_M + \mu)^2}{16b} - (\kappa_M + \kappa_R)$$

zwischen den Parteien aufgeteilt werden.

Unabhängig von den Kooperationskosten erhöht sich durch eine Kooperation von Hersteller und Händler der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag um

$$\Delta\Pi_T = \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{16b}$$

verglichen mit Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$.³⁰⁵

Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$: Müssen die Produkte zu einem extern vorgeschriebenen Preis \bar{p}_R verkauft werden, sind Händler und Hersteller gezwungen, die optimale Verkaufsmenge festzulegen, um den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag zu maximieren. Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag wird anschließend zwischen den Parteien aufgeteilt.

³⁰⁴ Es wird die Differenz zwischen maximal möglichem und geringstmöglichem Deckungsbeitrag des Herstellers bzw. die Differenz zwischen maximal möglichem und geringstmöglichem erwarteten Deckungsbeitrag des Händlers berechnet.

³⁰⁵ Bei Nicht-Kooperation wird ein Gesamtdeckungsbeitrag von $E[\Pi_T] = \frac{3(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$ erwartet, siehe Tab. 4.24 (erste Beschränkung), S. 111, und bei Kooperation $E[\Pi_T] = \frac{(a-bc_M+\mu)^2}{4b}$, siehe Tab. 4.26.

Der Gesamtdeckungsbeitrag für diese Berechnungsmöglichkeit lautet:

$$\begin{aligned}
 E[\Pi_T] &= E[\Pi_R] + \Pi_M \\
 &= (\bar{p}_R - p_M)(d(\bar{p}_R) + \mu) \\
 &\quad - \left[(p_M + c_o) \int_A^{z_R} (z_R - \bar{\epsilon}) f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} + (\bar{p}_R + c_u - p_M) \int_{z_R}^B (\bar{\epsilon} - z_R) f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} \right] \\
 &\quad + (p_M - c_M)(a - b\bar{p}_R + z_R).
 \end{aligned}$$

Zunächst müssen Händler und Hersteller gemeinsam die optimale Menge durch die Antizipation des externen Schocks ϵ bestimmen:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial E[\Pi_T]}{\partial z_R} &= -(c_M + c_o) + (\bar{p}_R + c_u + c_o)[1 - F(z_R)] \stackrel{!}{=} 0 \\
 \Leftrightarrow z_R^* &\longmapsto [1 - F(z_R^*)] = \frac{c_M + c_o}{\bar{p}_R + c_u + c_o}.
 \end{aligned}$$

Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag wird demnach unabhängig vom noch festzulegenden Preis p_M maximiert, wenn Hersteller und Händler beschließen, eine Menge von

$$q_M^* := q_R^* = d(\bar{p}_R) + z_R^*$$

herzustellen und zu verkaufen.

Nachdem die optimale Menge festgelegt worden ist, muss der Hersteller das Preisintervall für p_M festlegen, bei dem beide Parteien wenigstens ihre geforderten Mindestgewinne erhalten.

Da keine konkrete Antizipation des externen Schocks aufgrund der fehlenden Spezifikation der Verteilungsfunktion möglich ist, kann hierzu jedoch keine detaillierte Lösung angegeben werden.

Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$: Bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ wird der Hersteller nur dann mit dem Händler kooperieren, wenn dieser die Produkte zu dem vom Hersteller vorgeschriebenen Preis \bar{p}_R verkauft.

Der Hersteller wird dem Händler den Preis \bar{p}_R^* vorschreiben, den er bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ berechnet hat.³⁰⁶ Dieser würde ihm den maximalen Deckungsbeitrag zusichern, wenn er die Produkte direkt an die Endkunden verkaufen könnte.

Händler und Hersteller legen allerdings gemeinsam die optimale Verkaufsmenge fest, um den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag zu maximieren. Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag

³⁰⁶ Siehe (4.27), S. 114.

wird anschließend zwischen den Parteien aufgeteilt. Der Gesamtdeckungsbeitrag lautet für diese Berechnungsmöglichkeit:

$$\begin{aligned}
E[\Pi_T] &= E[\Pi_R] + \Pi_M \\
&= (\bar{p}_R^* - p_M)(d(\bar{p}_R^*) + \mu) \\
&\quad - \left[(p_M + c_o) \int_A^{z_R} (z_R - \bar{\epsilon})f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} + (\bar{p}_R^* + c_u - p_M) \int_{z_R}^B (\bar{\epsilon} - z_R)f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} \right] \\
&\quad + (p_M - c_M)(a - b\bar{p}_R^*).
\end{aligned}$$

Die Bestimmung der optimalen Menge, die den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag maximiert, sowie die Bestimmung des Preisintervalls für p_M , bei dem beide Parteien wenigstens ihre geforderten Mindestgewinne erhalten, erfolgt analog zur Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$.³⁰⁷

Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$: Hersteller und Händler maximieren bei Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ gemeinsam den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag. Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag lautet:

$$\begin{aligned}
E[\Pi_T] &= E[\Pi_R] + \Pi_M \\
&= (p_R - p_M)(d(p_R) + \mu) \\
&\quad - \left[(p_M + c_o) \int_A^{z_R} (z_R - \bar{\epsilon})f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} + (p_R + c_u - p_M) \int_{z_R}^B (\bar{\epsilon} - z_R)f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} \right] \\
&\quad + (p_M - c_M)(a - bp_R). \tag{4.31}
\end{aligned}$$

(4.31) wird maximiert, wenn

$$p_R^* = p_R(z_R) = \frac{a + bc_M + \mu}{2b} - \frac{\int_{z_R}^B (\bar{\epsilon} - z_R)f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon}}{2b}$$

und

$$z_R^* \mapsto [1 - F(z_R^*)] = \frac{2b(c_M + c_o)}{a + bc_M + \mu + 2b - (1 - F(z_R^*))}$$

gewählt werden.

Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag ist wieder vom Preis des Herstellers unabhängig. Der Hersteller muss nun das Preisintervall für p_M festlegen, bei dem beide Parteien wenigstens ihre geforderten Mindestgewinne erhalten.

Da keine konkrete Antizipation des externen Schocks aufgrund der fehlenden Spezifikation der Verteilungsfunktion möglich ist, kann hierzu jedoch keine detaillierte Lösung angegeben werden.

³⁰⁷ Siehe S. 119 f.

4.1.2.2 Beispielhafte Illustration anhand eines normalverteilten Nachfrageschocks

Die im letzten Abschnitt für einen allgemein verteilten Nachfrageschock besprochenen vier Berechnungsmöglichkeiten der nicht-kooperativen³⁰⁸ sowie kooperativen³⁰⁹ Kette sollen nun für einen normalverteilten Nachfrageschock spezifiziert werden. Da aufgrund der Komplexität der zu berechnenden Terme für die Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ keine Angabe von algebraischen Ergebnissen möglich ist,³¹⁰ sollen die einzelnen Berechnungsmöglichkeiten unter Verwendung konkreter Parameter betrachtet und beispielhaft illustriert werden. Die für die Parameter gewählten Werte sind in Tab. 4.27 genannt.

	Parameter	Zugewiesene Werte für Beispiel 1
Nachfragefunktion	a	200
	b	25
Kosten	c_M	3
	c_R	p_M
	c_u	3
	c_o	1
Normalverteilung	μ	0
	σ	4,97
	A	-25
	B	+25
Mindestgewinn	Π_R^{Min}	10
	Π_M^{Min}	20

Tab. 4.27: Parameterwahl für das Beispiel 4.1.2-1

Die nicht-kooperative Kette

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ Der Händler vernachlässigt bei dieser Berechnungsmöglichkeit die stochastische Marktnachfrage und bezieht lediglich den Mittelwert μ der Verteilungsfunktion in seine Berechnung ein. Es kann somit Tab. 4.24 für die Berechnung der optimalen Lösungen herangezogen werden.³¹¹

Wie schon unter Abschnitt 4.1.2.1 für die Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ gezeigt wurde,³¹² gibt es zwei unterschiedliche Lösungen, die von der Höhe der geforderten Mindestgewinne von Hersteller und Händler abhängen. Deshalb soll für diese Berechnungsmöglichkeit jeweils

³⁰⁸ Siehe S. 108 ff.

³⁰⁹ Siehe S. 115 ff.

³¹⁰ Siehe auch S. 31. Da Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ unabhängig von der Verteilungsfunktion ist, kann auch hier auf die algebraische Lösung der Tab. 4.24 verwiesen werden.

³¹¹ Siehe S. 111.

³¹² Siehe S. 109 ff.

ein Beispiel für zwei unterschiedliche Mindestgewinne von Händler und Hersteller berechnet werden.

Im ersten Beispiel fordert der Händler einen Mindestgewinn von $\Pi_R^{Min} = 10$ und der Hersteller einen Mindestgewinn von $\Pi_M^{Min} = 20$.³¹³ Im zweiten Beispiel soll angenommen werden, dass der Händler einen Mindestgewinn von $\Pi_R^{Min} = 156,25$ beansprucht. Der Hersteller fordert keinen Mindestgewinn.

Die erstgenannten Mindestgewinne unterliegen der Beschränkung 1³¹⁴ wegen

$$\begin{aligned} \Pi_R^{Min} = 10 &\leq \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{16b} = 39,06 \quad \text{und} \\ \Pi_M^{Min} = 20 &\leq \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{8b} = 78,13 \end{aligned}$$

und die zweitgenannten Mindestgewinne der Beschränkung 2³¹⁵ wegen

$$\begin{aligned} \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{16b} = 10 < \Pi_R^{Min} = 156,25 &\leq \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{4b} = 156,25 \quad \text{und} \\ \Pi_M^{Min} = 0 &\leq \frac{(a - bc_M + \mu)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min} = 0. \end{aligned}$$

In Tab. 4.28 sind die optimalen Lösungen für die oben genannten Mindestgewinne angegeben. Die Höhe der geforderten Mindestgewinne ist für die Beschränkung 1 unerheblich, sofern diese den genannten Ungleichungen genügen.³¹⁶ Die letzte Spalte der Tab. 4.28 gilt hingegen nur für die zweitgenannte Kombination von Mindestgewinnen.

	Beschränkung	
	1	2
	$\Pi_R^{Min} \leq 39,06$	$\Pi_R^{Min} = 156,25$
	$\Pi_M^{Min} \leq 78,13$	$\Pi_M^{Min} = 0$
Hersteller		
Preis	5,50	3,00
Herstellmenge	31,25	62,50
Deckungsbeitrag	78,13	0,00
Händler		
Preis	6,75	5,50
Bestellmenge	31,25	62,50
Erw. Deckungsbeitrag	39,06	156,25
Lieferkette		
Erw. Deckungsbeitrag	117,19	156,25

Tab. 4.28: Ergebnisse für das Beispiel 4.1.2-1

³¹³ Siehe Tab. 4.27, S. 122.

³¹⁴ Siehe Tab. 4.24, S. 111.

³¹⁵ Ebenda.

³¹⁶ Im weiteren Verlauf der Arbeit dienen nur die Ergebnisse der Bschränkung 1 als Referenzwerte.

Im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ bei deterministischer Marktnachfrage zeigt sich, dass für $\mu = 0$ die identischen (erwarteten) Deckungsbeiträge erzielt werden, wenn die Mindestgewinne den geforderten Beschränkungen von

$$\begin{aligned}\Pi_R^{Min} &\leq \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{16b} \quad \text{und} \\ \Pi_M^{Min} &\leq \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{8b}\end{aligned}$$

genügen.³¹⁷

Unterliegen die Mindestgewinne den Beschränkungen (bei $\mu = 0$)

$$\begin{aligned}\Pi_R^{Min} &> \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{4b} \quad \text{und} \\ \Pi_M^{Min} &\leq \frac{(a - bc_M + \mu)\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min},\end{aligned}$$

so hängt die (erwartete) Höhe der Deckungsbeiträge von den geforderten Mindestgewinnen ab.³¹⁸

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ Für die Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ soll zunächst das optimale z_R mittels der Gleichung des erwarteten Deckungsbeitrags des Händlers berechnet werden. Sodann wird mit Hilfe von (4.25)³¹⁹ das Ergebnis verifiziert. Anschließend wird der Deckungsbeitrag des Herstellers optimiert.³²⁰

Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers lautet für den extern vorgegebenen Verkaufspreis $\bar{p}_R = 6,75$:³²¹

$$\begin{aligned}E[\Pi_R] &= (\bar{p}_R - p_M) \cdot (d(\bar{p}_R)) + \mu \\ &\quad - \left((p_M + c_o) \int_A^{z_R} (z_R - \bar{e})f(\bar{e}) d\bar{e} + (\bar{p}_R + c_u - p_M) \int_{z_R}^B (\bar{e} - z_R)f(\bar{e}) d\bar{e} \right)\end{aligned}$$

$$E[\Pi_R] = 210,94 - 21,32 e^{-0,02z_R^2} + z_R(4,38 - 5,38 \operatorname{Erf}(0,14z_R)) - p_M(31,25 + z_R).$$

Auf der nächsten Seite ist in Abb. 4.18 der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers auf zwei verschiedene Weisen dargestellt: einmal in Abhängigkeit von z_R und p_M in Abb. 4.18(a) und zum anderen als Querschnitt für verschiedene p_M in Abb. 4.18(b).

³¹⁷ Siehe Tab. 4.15, S. 96. Dort galt $\Pi_M^{Min} = 50$ und $\Pi_R^{Min} = 25$.

³¹⁸ Siehe Tab. 4.16, S. 97. Dort wurden Mindestgewinne von $\Pi_M^{Min} = 50$ und $\Pi_R^{Min} = 64$ gewählt, damit unterscheiden sich die Ergebnisse.

³¹⁹ Siehe S. 113.

³²⁰ Die detaillierten Berechnungen sind unter B.3.3, S. 499 ff., aufgeführt.

³²¹ Um die Ergebnisse der einzelnen Berechnungsmöglichkeiten besser vergleichen zu können, wird für den extern vorgegebenen Preis \bar{p}_R der optimale Preis p_R^* der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ gewählt. Siehe hierzu Tab. 4.28, S. 123, für Beschränkung 1.

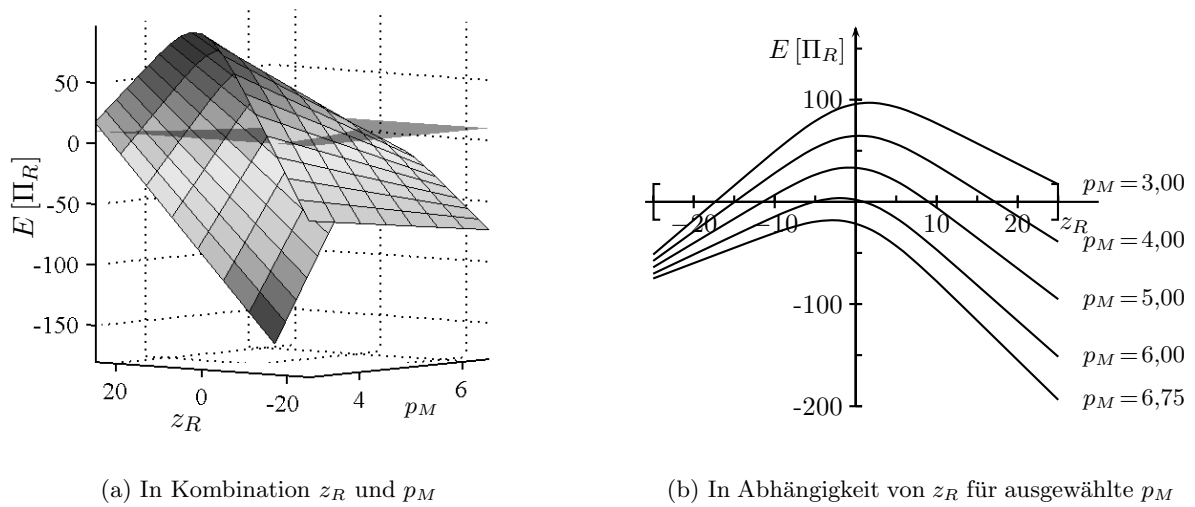


Abb. 4.18: Erwarteter Deckungsbeitrag des Händlers

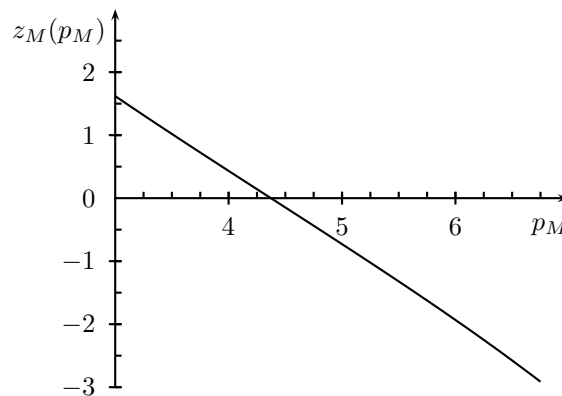
Wird der Nachfrageschock ϵ schlecht durch z_R antizipiert, erwartet der Händler selbst bei einem sehr niedrigen Preis p_M einen negativen Deckungsbeitrag, wie Abb. 4.18(b) deutlich erkennen lässt.

Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers wird maximiert, wenn der Schock durch

$$z_R^*(p_M) = 7,03 \operatorname{Erf}^{-1}(0,81 - 0,19p_M) \quad (4.32)$$

antizipiert wird.³²² Zu beachten ist, dass p_M nicht größer sein darf als 9,75, da die inverse Fehlerfunktion nur für den Bereich $[-1, 1]$ definiert ist. Da aber nach den getroffenen Annahmen der Einkaufspreis des Händlers den Verkaufspreis nicht überschreiten darf ($\bar{p}_R \geq c_R = p_M$), bleibt der zu betrachtende Bereich für p_M weiterhin bei $p_M \in [c_M, \bar{p}_R] = [3, 6,75]$.

Abb. 4.19 stellt (4.32) grafisch dar. Hieran kann man ablesen, dass der Händler bei einem kleinen Einkaufspreis ($p_M := c_M = 3$) 1,62 Produkte mehr und bei einem hohen Einkaufspreis ($p_M := \bar{p}_R = 6,75$) 2,91 Produkte weniger bestellt als die Kernnachfragefunktion angibt.


 Abb. 4.19: Antizipation des Schocks in Abhängigkeit vom Preis p_M

³²² Zur Berechnung von (4.32) kann (4.25), S. 113, verwendet werden. Siehe auch In[13] unter B.3.3, „Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{\text{nk}}$ “, S. 499 ff.

Durch die Antizipation der zu bestellenden Menge des Händlers kann der Hersteller seinen Deckungsbeitrag unter Beachtung der geforderten Mindestgewinne maximieren:

$$\begin{aligned}\Pi_M &= \max_{p_M} ((p_M - c_M) \cdot q_R^*(p_M)) \\ \text{u. d. NB. } E[\Pi_R] &\geq \Pi_R^{Min} \\ \Pi_M &\geq \Pi_M^{Min}\end{aligned}$$

entspricht für dieses Beispiel

$$\begin{aligned}\Pi_M &= \max_{p_M} ((p_M - 3)(31,25 + 7,03 \operatorname{Erf}^{-1}(0,81 - 0,19p_M))) \\ \text{u. d. NB. } E[\Pi_R] &\geq 10 \\ \Pi_M &\geq 20.\end{aligned}$$

Die zu bildende Lagrange-Funktion weist allerdings eine solch komplexe Struktur auf, dass keine Lösung gefunden werden kann, die die Kuhn-Tucker-Bedingungen erfüllt.³²³ Es soll deshalb eine andere Möglichkeit zur Lösung gesucht werden.

Dazu wird das Monotonieverhalten der (erwarteten) Deckungsbeitragsfunktionen von Händler und Hersteller auf dem Intervall $[c_M, \bar{p}_R]$ überprüft. Die Funktion des erwarteten Deckungsbeitrags des Händlers ist streng monoton fallend, die Deckungsbeitragsfunktion des Herstellers verläuft hingegen auf dem untersuchten Intervall streng monoton steigend. Ein Monotoniewechsel findet für die letztere Funktion erst außerhalb des Intervalls bei $p_M = 9,10$ statt.³²⁴

Da der Deckungsbeitrag des Herstellers mit steigendem p_M wächst und das Maximum der Funktion innerhalb des Intervalls nicht erreicht werden kann, ist es für ihn sinnvoll den Preis p_M zu wählen, bei dem der Händler gerade seinen Mindestgewinn erhält:

$$\begin{aligned}\Pi_M &= \max_{p_M} ((p_M - 3)(31,25 + 7,03 \operatorname{Erf}^{-1}(0,81 - 0,19p_M))) \\ \Leftrightarrow E[\Pi_R] &\stackrel{!}{=} 10.\end{aligned}$$

Der erwartete Deckungsbeitrag entspricht nur bei einem Preis von $p_M^* = 5,79$ dem Mindestgewinn des Händlers. Diesen Preis darf der Hersteller nicht überschreiten, da sonst wegen der fallenden erwarteten Deckungsbeitragsfunktion der Mindestgewinn Π_R^{Min} unterschritten wird. Um seinen eigenen Mindestgewinn nicht zu gefährden, muss der Hersteller mindestens einen Preis von $p_M^{min} = 3,62$ verlangen.³²⁵

Die Ergebnisse für beide Preise $p_M^{min} = 3,62$ und $p_M^* = 5,79$ sind in Tab. 4.29 zusammengefasst.

³²³ Die Lagrange-Funktion ist in In[15] und der Versuch, die Kuhn-Tucker-Bedingungen zu lösen, in In[17] unter B.3.3, S. 500, dargestellt.

³²⁴ Siehe In[18] unter B.3.3, S. 500.

³²⁵ Berechnung durch: $\Pi_M(p_M) \stackrel{!}{=} \Pi_M^{Min} = 20$.

Hersteller			
Preis	minimal	3,62	–
	optimal	–	5,79
Herstellmenge		32,13	29,59
Mindestgewinn		20,00	20,00
Deckungsbeitrag		20,00	82,40
Händler			
Preis		6,75	
Bestellmenge		32,13	29,59
Mindestgewinn		10,00	10,00
Erw. Deckungsbeitrag		76,75	10,00
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		96,75	92,40

Tab. 4.29: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.1.2-1

Der Hersteller kann insgesamt einen Preis im Intervall von $p_M \in [3,62, 5,79]$ wählen, wobei er nur bei einem Preis $p_M^* = 5,79$ den maximalen Deckungsbeitrag erhält. Der Händler reagiert durch die Preiswahl des Herstellers mit einer unterschiedlichen Anpassung der zu bestellenden Menge. Für $p_M^* = 5,79$ bestellt der Händler 1,66 Produkte weniger als die Kernnachfrage angibt ($d(6,75) = 31,25$). Dadurch reduziert er die Vernichtungskosten, die ihm durch eine eventuelle Mindernachfrage entstehen. Beträgt der Verkaufspreis des Herstellers lediglich $p_M = 3,62$, so bestellt der Händler 0,88 Produkte mehr als die Kernnachfrage aufweist, da nun die Kosten des entgangenen Deckungsbeitrags größer sind als die Vernichtungskosten.

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ Bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ besitzt der Hersteller die Verhandlungsmacht, dem Händler einen Endverkaufspreis vorzuschreiben. Der Hersteller maximiert zunächst seinen Deckungsbeitrag so, als ob er direkt die Produkte am Markt verkaufen würde:³²⁶

$$\begin{aligned}
 \Pi_M &= \max_{\bar{p}_R} ((\bar{p}_R - 3)(200 - 25\bar{p}_R + z_R)) \\
 \frac{\partial \Pi_M}{\partial \bar{p}_R} &= 275 - 50\bar{p}_R + z_R \stackrel{!}{=} 0 \\
 \Leftrightarrow \bar{p}_R^*(z_R) &= \frac{275 + z_R}{50}. \quad \text{327}
 \end{aligned} \tag{4.33}$$

³²⁶ Siehe (4.26), S. 114. Zudem sind die detaillierten Rechnungen zu dieser Berechnungsmöglichkeit unter B.3.3, „Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ “, S. 502 ff., zu finden.

³²⁷ An der Stelle $\bar{p}_R^*(z_R)$ liegt wegen $\frac{\partial^2 \Pi_M}{\partial \bar{p}_R^2} = -50 < 0$ ein Maximum vor.

Für den eben berechneten Preis (4.33) lautet der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers

$$E[\Pi_R] = 343,75 - e^{-0,02z_R^2}(18,84 + 0,04z_R) - 62,5p_M + 0,5z_R(4,5 - p_M) - (4,75 + 0,01z_R)z_R\text{Erf}(0,14z_R). \quad (4.34)$$

Der erwartete Deckungsbeitrag $E[\Pi_R]$ ist in Abb. 4.20 dargestellt.

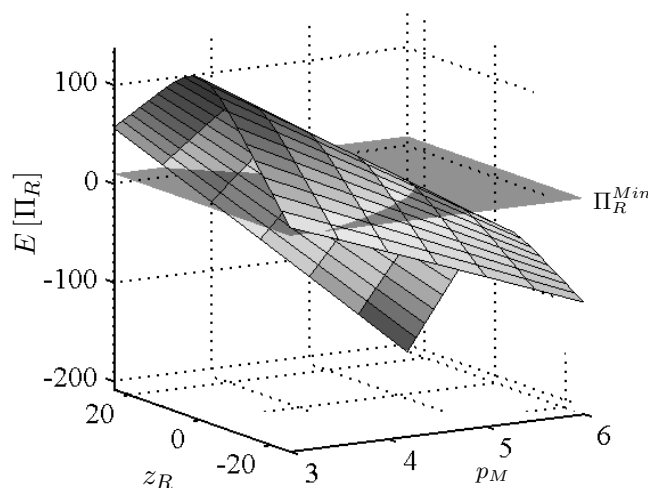


Abb. 4.20: Erwarteter Deckungsbeitrag des Händlers in Abhängigkeit von z_R und p_M

Um den maximal erwarteten Deckungsbeitrag $E[\Pi_R]$ zu erhalten, muss nach z_R abgeleitet werden. Das ist die einzige Variable, auf die der Händler Einfluss nehmen kann. Die Bestimmung des optimalen z_R^* ist aufgrund der Struktur von

$$\frac{\partial E[\Pi_R^*(\bar{p}_R^*, z_R, p_M)]}{\partial z_R} = 2,25 - 0,04 e^{-0,02z_R^2} - 0,5p_M - (4,75 + 0,02z_R)\text{Erf}(0,14z_R) \stackrel{!}{=} 0$$

problematisch.³²⁸ Um das Optimum bestimmen zu können, muss der erwartete Deckungsbeitrag in einfachere Strukturen überführt werden. Das kann z. B. durch Interpolation von $E[\Pi_R^*(\bar{p}_R^*, z_R, p_M)]$ erreicht werden. In diesem Fall wird die Newtonsche Interpolationsformel angewandt.³²⁹ Dabei hängt die Genauigkeit der interpolierten Funktion von der Anzahl der Stützstellen im Intervall $z_R \in [A, B]$ ab, wobei im Allgemeinen gilt, dass für i Datenpunkte ein Polynom von höchstens i -tem Grade benötigt wird. Je höher aber der Grad des Polynoms ist, desto schwieriger kann sich wiederum die Nullstellenbestimmung gestalten.

Es werden drei Datenpunkte für die Interpolation ausgewählt,³³⁰ damit eine einfache Nullstellenbestimmung der Ableitungsfunktion möglich ist (diese hätte höchstens den zweiten

³²⁸ Siehe In[14] und Out[14], B.3.3, S. 503.

³²⁹ Es werden aufeinanderfolgende Datenpunkte mit polynomialen Kurven interpoliert, siehe z. B. BOSCH (1993), S. 106 ff.

³³⁰ Die Wahl von drei Datenpunkten ist ausreichend, um ein hinreichend genaues Ergebnis zu erzielen. Eine höhere Anzahl von Datenpunkten würde zwar zu genaueren Ergebnissen führen, der Gewinn an Genauigkeit stünde aber nicht im Verhältnis zu der damit verbundenen Komplexität der Nullstellenbestimmung bezüglich des Polynoms höheren Grades.

Grad). Somit muss das Intervall von z_R bezüglich zulässiger Lösungen eingegrenzt werden. Denn je kleiner das Intervall gewählt wird, desto genauer kann mit einer geringen Anzahl von Stützstellen interpoliert werden. Um das Intervall von z_R zu bestimmen, bei dem der Händler wenigstens seinen erwarteten Deckungsbeitrag in Höhe des Mindestgewinns Π_R^{Min} erhält, wird zunächst die maximale Obergrenze z_R^{max} ermittelt und danach die Untergrenze z_R^{min} . Da davon ausgegangen wird, dass der Hersteller mindestens den Preis

$$p_M := c_M$$

verlangt, kann der entsprechende erwartete Deckungsbeitrag maximiert und z_R^{max} ermittelt werden:

$$\max_{z_R} (E[\Pi_R^*(\bar{p}_R^*(z_R, c_M), c_M)]) \Leftrightarrow z_R = 0,934281 = z_R^{max}.$$

Das heißt, wählt der Hersteller den kleinstmöglichen Preis $p_M := c_M$, so bestellt der Händler 0,934281 mehr Produkte als die Kernnachfragefunktion besagt. Sein erwarteter Deckungsbeitrag würde dann $E[\Pi_R] = 137,75$ betragen.

Die Untergrenze des Intervalls kann hingegen nicht direkt bestimmt werden. Stattdessen wird der Preis des Herstellers sukzessive um z. B. 0,1 (mit Startwert $p_M := c_M$) erhöht und für jedes p_M dasjenige z_R ermittelt, welches den erwarteten Deckungsbeitrag maximiert. Diese sukzessive Erhöhung kann abgebrochen werden, wenn

$$E[\Pi_R^*(\bar{p}_R^*(p_M), z_R^*(p_M), p_M)] < \Pi_R^{Min}$$

gilt. Bei $p_M = 5,1$ wird der Mindestgewinn Π_R^{Min} unterschritten, so dass

$$z_R^{min} := z_R(5,1) = -0,314810$$

die untere Grenze des Intervalls ist.³³¹

Somit kann im Intervall

$$z_R \in [-0,314810, 0,934281]$$

der erwartete Deckungsbeitrag durch folgende Funktion approximiert werden:

$$E[\Pi_R^*]^{(appr.)} = 0,38(32,26 - z_R)(z_R - 26,45) - p_M(62,5 + 0,5z_R). \quad (4.35)$$

Tab. 4.30 zeigt die Differenz zwischen den Funktionen $E[\Pi_R^*]$ und $E[\Pi_R^*]^{(appr.)}$ für ausgewählte $z_R \in [-0,314810, 0,934281]$ und $p_M \in [3, 6]$. Die geringen Differenzen zeigen, dass (4.34) sehr gut durch (4.35) approximiert werden konnte.

³³¹ Je feiner die Iterationsschritte für p_M gewählt werden, desto genauer kann die Untergrenze des gesuchten Intervalls bestimmt werden.

$z_R \backslash p_M$	3,00	3,75	4,50	5,25	6,00
-0,314810	$1,7 \cdot 10^{-13}$	$1,7 \cdot 10^{-13}$	$1,8 \cdot 10^{-13}$	$1,9 \cdot 10^{-13}$	$1,5 \cdot 10^{-13}$
-0,189901	-0,000010	-0,000010	-0,000010	-0,000010	-0,000010
-0,064992	-0,000029	-0,000029	-0,000029	-0,000029	-0,000029
0,059918	-0,000038	-0,000038	-0,000038	-0,000038	-0,000038
0,184827	-0,000029	-0,000029	-0,000029	-0,000029	-0,000029
0,309736	$8,5 \cdot 10^{-14}$	$8,5 \cdot 10^{-14}$	$9,9 \cdot 10^{-14}$	$7,3 \cdot 10^{-14}$	$9,2 \cdot 10^{-14}$
0,434645	-0,000044	-0,000044	-0,000044	-0,000044	-0,000044
0,559554	-0,000091	-0,000091	-0,000091	-0,000091	-0,000091
0,684463	-0,000118	-0,000118	-0,000118	-0,000118	-0,000118
0,809372	-0,000100	-0,000100	-0,000100	-0,000100	-0,000100
0,934281	$2,0 \cdot 10^{-13}$	$2,0 \cdot 10^{-13}$	$2,7 \cdot 10^{-13}$	$2,7 \cdot 10^{-13}$	$3,3 \cdot 10^{-13}$

Tab. 4.30: Differenzen zwischen $E[\Pi_R^*]$ und $E[\Pi_R^*]^{(appr.)}$ für ausgewählte $z_R \in [-0,314810, 0,934281]$ und $p_M \in [3, 6]$

Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers ist dann maximal, wenn gilt

$$\frac{\partial E[\Pi_R^*]^{(appr.)}}{\partial z_R} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Leftrightarrow z_R^*(p_M) = 2,90222 - 0,656536p_M.$$

Der Hersteller hat damit Kenntnis von der zusätzlichen Menge $z_R^*(p_M)$, die der Händler in Abhängigkeit von seinem gewählten Preis p_M wählen wird. Die Deckungsbeitragsmaximierung des Herstellers kann nun unter den üblichen Nebenbedingungen erfolgen.³³²

$$\Pi_M = \max_{p_M} ((p_M - c_M) \cdot q_R^*(p_M))$$

$$\text{u. d. NB. } E[\Pi_R]^{appr.} \geq \Pi_R^{Min}$$

$$\Pi_M \geq \Pi_M^{Min}$$

entspricht in diesem Beispiel

$$\Pi_M = \max_{p_M} (64,94p_M - 0,33p_M^2 - 191,85)$$

$$\text{u. d. NB. } E[\Pi_R]^{appr.} \geq 10$$

$$\Pi_M \geq 20.$$

Die Lösungen, bei denen beide Parteien ihre Mindestgewinne erhalten, sind in Tab. 4.31 auf der nächsten Seite zusammengefasst.

³³² Für die Lagrangefunktion wird der approximierte erwartete Deckungsbeitrag des Händlers verwendet.

Hersteller			
Preis	minimal	3,32	–
	optimal	–	5,04
Herstellmenge		62,86	62,30
Mindestgewinn		20,00	20,00
Deckungsbeitrag		20,00	127,06
Händler			
Preis		5,49	
Bestellmenge		62,86	62,30
Mindestgewinn		10,00	10,00
Erw. Deckungsbeitrag		117,73	10,00
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		137,73	137,06

 Tab. 4.31: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.1.2-1

Wählt der Hersteller den für ihn optimalen Preis $p_M^* = 5,04$, erhält er einen Deckungsbeitrag, der mehr als das Sechsfache seines geforderten Mindestgewinns entspricht. Der Händler erwartet bei diesem Preis gerade seinen geforderten Mindestgewinn.

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ Bei dieser Berechnungsmöglichkeit optimiert der Händler seinen erwarteten Deckungsbeitrag unter Beachtung der stochastischen Nachfragefunktion. Der Hersteller maximiert anschließend seinen Deckungsbeitrag. Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers lautet für die in Tab. 4.27 gegebenen Werte³³³

$$\begin{aligned}
 E[\Pi_R] = & e^{-0,02z_R^2}(-7,93 - 1,98p_R) - 200p_M + z_R(1 - p_M) \\
 & + p_M(200 - 25p_R + 25p_M + 0,5z_R) - (2 + 0,5p_R)z_R \text{Erf}(0,14z_R).
 \end{aligned}$$

Dieser hängt von p_R , z_R und p_M ab, wobei der Händler nur Einfluss auf die Wahl von p_R und z_R hat. Um den optimalen erwarteten Deckungsbeitrag in Abhängigkeit von p_M zu erhalten, muss dieser nach p_R und z_R abgeleitet werden. Zunächst wird nach p_R abgeleitet. In Abhängigkeit des noch zu bestimmenden z_R sowie von p_M lautet der optimale Preis p_R^*

$$p_R^*(z_R, p_M) = 0,02(200 - 1,98 e^{-0,02z_R^2} + 25p_M + 0,5z_R(1 - \text{Erf}(0,14z_R))).$$

Der erwartete Deckungsbeitrag $E[\Pi_R]$ ist für verschiedene (z_R, p_M) -Kombinationen in Abb. 4.21 dargestellt.

³³³ Die detaillierten Berechnungen für diese Berechnungsmöglichkeit finden sich unter B.3.3, „Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ “, S. 505 ff.

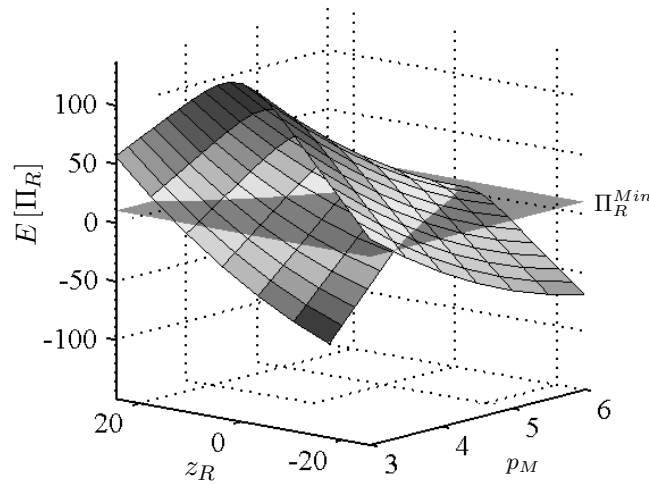


Abb. 4.21: Erwarteter Deckungsbeitrag des Händlers in Abhängigkeit von z_R und p_M

Die Bestimmung des optimalen z_R^* ist aufgrund der Struktur von

$$\frac{\partial E[\Pi_R^*(p_R^*, z_R, p_M)]}{\partial z_R} = 3 - 0,02e^{-0,02z_R^2} (1 - \text{Erf}(0,14z_R)) - 0,25p_M (3 + \text{Erf}(0,14z_R)) \\ + 0,01z_R - \text{Erf}(0,14z_R)(4 - 0,01z_R) + \text{Erf}(0,14z_R)^2$$

problematisch.³³⁴ Auch hier muss, wie schon bei der vorherigen Berechnungsmöglichkeit, der erwartete Deckungsbeitrag in einfachere Strukturen überführt werden.³³⁵

Zunächst wird das Intervall $z_R \in [A, B]$ eingegrenzt.³³⁶ Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers wird auf dem Intervall

$$z_R \in [-1,61232, 0,972732]$$

interpoliert. Mit Hilfe des neuen Intervalls von z_R kann die erwartete Deckungsbeitragsfunktion durch folgende Funktion approximiert werden:

$$E[\Pi_R^*]^{(\text{appr.})} = 6,25p_M^2 - 0,31(z_R - 40,03)(30,55 + z_R) - p_M (0,02z_R^2 + 0,75z_R + 100,99).$$

Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers ist dann maximal, wenn gilt

$$\frac{\partial E[\Pi_R^*]^{(\text{appr.})}}{\partial z_R} \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow z_R^*(p_M) = \frac{2,98 - 0,75p_M}{0,63 + 0,04p_M}.$$

Durch die Kenntnis von $p_R^*(p_M)$ und $z_R^*(p_M)$ kann der Hersteller nun seinen Deckungsbeitrag unter den üblichen Nebenbedingungen maximieren. Auch hier hat die Lagrangefunktion eine

³³⁴ Siehe In[13]/Out[13] und In[14]/Out[14], B.3.3, S. 506.

³³⁵ Die weitere Vorgehensweise erfolgt analog zur Berechnungsmöglichkeit 3_{s,2}^{nK}, S. 127 ff.

³³⁶ Siehe auch unter B.3.3, S. 506, ab In[19].

so komplizierte Struktur, dass keine Lösung für die Kuhn-Tucker-Bedingungen gefunden werden kann. Entsprechend Abschnitt 4.1.2.2³³⁷ soll deshalb wieder das optimale p_M berechnet werden.³³⁸

Dazu wird zunächst das Maximum der Deckungsbeitragsfunktion des Herstellers berechnet. Es liegt an der Stelle

$$p_M^* = 5,45.^{339}$$

Der Händler erhält dann zwar mehr als seinen geforderten Mindestgewinn von

$$E[\Pi_R](p_R^*, z_R^*, 5,45) = 20,29 > \Pi_R^{Min} = 10,$$

trotzdem wird der Hersteller diesen Preis fordern, da dieser seinen Deckungsbeitrag maximiert.

Der minimale Preis des Herstellers ergibt sich durch die Berechnung des Schnittpunkts von Π_M und Π_M^{Min} .

In Abb. 4.22 sind die (erwarteten) Deckungsbeitragsfunktionen des Händlers und des Herstellers abgebildet.

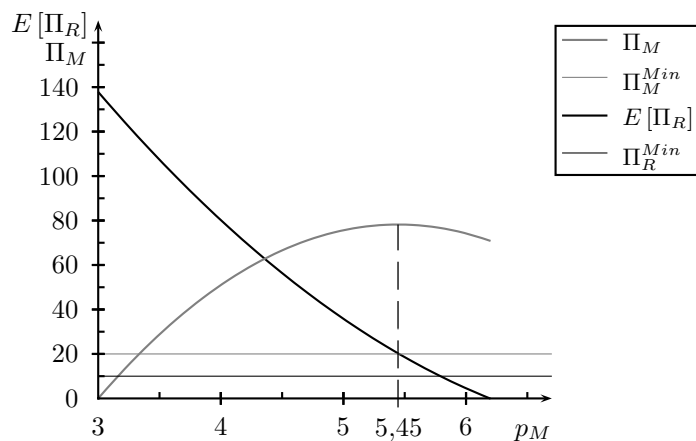


Abb. 4.22: (Erwarteter) Deckungsbeitrag von Händler und Hersteller

Die Lösungen sind abschließend in Tab. 4.32 auf der nächsten Seite angegeben.

³³⁷ Siehe S. 124 ff.

³³⁸ Eine Approximation der Lagrangefunktion ist zwar möglich. Sie birgt aber die Gefahr, dass kleine Abweichungen von der optimalen Lösung möglich sind.

³³⁹ Siehe In[26]/In[27] und Out[27], B.3.3, S. 507.

Hersteller			
Preis	minimal	3,33	–
	optimal	–	5,45
Herstellmenge		59,79	31,98
Mindestgewinn		20,00	20,00
Deckungsbeitrag		20,00	78,20
Händler			
Preis		5,63	6,67
Bestellmenge		59,79	31,98
Mindestgewinn		10,00	10,00
Erw. Deckungsbeitrag		117,06	20,29
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		137,06	98,48

Tab. 4.32: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.1.2-1

Verglichen mit Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ kann der Hersteller bei dieser Berechnungsmöglichkeit nur einen geringeren Deckungsbeitrag erreichen.³⁴⁰ Der Händler kann hingegen im Vergleich mit Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ einen über 100%igen Deckungsbeitragszuwachs erwarten.

Zusammenfassung und weiterführende Betrachtung

Im Abschnitt 4.1.2.2³⁴¹ wurden anhand eines Zahlenbeispiels die unter Abschnitt 4.1.2.1³⁴² vorgestellten Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ rechnerisch und grafisch illustriert. Anhand der Ergebnisse konnte gezeigt werden, welche Auswirkungen die vorgestellten Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ einerseits auf den optimalen Preis und die optimale Menge des Herstellers und Händlers und somit auf deren optimale (erwartete) Deckungsbeiträge und andererseits auf den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag haben.

Die Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten sind in Tab. 4.33 zusammengefasst. Die Lösungen eines Beispiels sind in drei Blöcke unterteilt. Zum einen sind für den Hersteller die optimalen Ergebnisse für Preis, Menge sowie den erwarteten und simulierten Deckungsbeitrag der vier Berechnungsmöglichkeiten dargestellt.³⁴³ Zum anderen sind für den Händler in gleicher Weise wie für den Hersteller die optimalen Ergebnisse aufgeführt. Der für den Händler extern vorgegebene Preis \bar{p}_R der Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ entspricht dem optimalen

³⁴⁰ Der Hersteller verliert bei dieser Berechnungsmöglichkeit ca. 40 % seines Deckungsbeitrags im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$.

³⁴¹ Siehe S. 122 ff.

³⁴² Siehe S. 108 ff.

³⁴³ Da sich der Hersteller einer deterministischen Nachfrage gegenüber sieht, entspricht der erwartete Deckungsbeitrag dem simulierten. Um dies auch noch einmal zu verdeutlichen, werden beide Deckungsbeiträge in die Tabelle aufgenommen.

Preis p_R^* aus Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$.³⁴⁴ Die simulierten Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler entsprechen dem Deckungsbeitrag, der auf einem Markt mit dem jeweiligen Preis und der hergestellten bzw. bestellten Menge entstehen würde.³⁴⁵ Die Mindestgewinne des Herstellers und Händlers sind ebenfalls in der Tabelle eingetragen, um einen Vergleich von gefordertem und simuliertem Deckungsbeitrag zu ermöglichen. Im dritten und letzten Block ist der simulierte Gesamtdeckungsbeitrag für die vier Berechnungsmöglichkeiten dargestellt.

		Berechnungsmöglichkeit				
		$1_{s,2}^{nK}$	$2_{s,2}^{nK}$	$3_{s,2}^{nK}$	$4_{s,2}^{nK}$	
Beispiel 1	Hersteller					
	Preis	5,50	5,79	5,04	5,45	
	Herstellmenge	31,25	29,59	62,30	31,98	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	78,13	82,40	127,06	78,20
		simuliert	78,13	82,40	127,06	78,20
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1_{s,2}^{nK}$)	0,00	5,47	62,64	0,09
	Händler					
	Preis	6,75	6,75	5,49	6,67	
	Bestellmenge	31,25	29,59	62,30	31,98	
	Mindestgewinn	10,00	10,00	10,00	10,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	39,06	10,00	10,00	20,29
		simuliert	17,82	10,06	10,06	20,35
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	-54,39	0,56	0,57	0,33
sim./sim. ^(BM $1_{s,2}^{nK}$)		0,00	-43,56	-43,55	14,24	
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	95,94	92,45	137,12	98,55		

Tab. 4.33: Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für Beispiel 4.1.2-1

Tab. 4.33 zeigt, dass nur bei den Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ und $4_{s,2}^{nK}$ der Händler einen Deckungsbeitrag erhält, der seinen geforderten Mindestgewinn übersteigt. Dass dabei der Händler bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ statt des erwarteten Deckungsbeitrags von 39,06 nur einen simulierten Deckungsbeitrag von 17,82 erhält, lässt sich dadurch erklären, dass bei dieser Berechnungsmöglichkeit aufgrund der getroffenen Annahme keine Kosten für Fehlmengen in den erwarteten Deckungsbeitrag einfließen, so wie es bei Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ der Fall

³⁴⁴ Der dem Händler extern vorgegebene Preis in Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ entspricht für alle Beispiele dem jeweiligen optimalen Preis p_R^* der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$. Somit können die Ergebnisse von Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ und $2_{s,2}^{nK}$ besser verglichen werden.

³⁴⁵ Dazu wurden 5000 Nachfrageschocks simuliert, die einer Normalverteilung mit den jeweiligen Parametern unterlagen. Für jeden Nachfrageschock wurde der entsprechende Deckungsbeitrag berechnet und anschließend der Durchschnitt gebildet.

ist. Durch die Antizipation des Nachfrageschocks erhöht sich der simulierte Deckungsbeitrag im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ um 14,24 %.

Wird dem Händler ein Verkaufspreis vorgeschrieben, so erhält er gerade seinen geforderten Mindestgewinn. Für den in diesem Beispiel geforderten Mindestgewinn verschlechtern sich die simulierten Deckungsbeiträge für die Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ und $3_{s,2}^{nK}$ um ca. 44 %. Hier spielt die Höhe des geforderten Mindestgewinns des Händlers eine große Rolle, denn je nach dessen Höhe fällt der simulierte Deckungsbeitrag und somit der eventuelle Verlust oder Gewinn dieser beiden Berechnungsmöglichkeiten anders aus. Hätte der Händler z. B. einen Mindestgewinn von $\Pi_R^{Min} = 20$ gefordert, so hätte er diesen auch erhalten.³⁴⁶ Damit hätte er für diese beiden Berechnungsmöglichkeiten einen um ca. 13 % höheren Deckungsbeitrag als bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ erhalten. Allerdings würde dann der simulierte Deckungsbeitrag des Händlers bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ unter seinem geforderten Mindestgewinn liegen, so dass sich im Nachhinein diese Berechnungsmöglichkeit als nachteilig zur Berechnung von Preis und Menge herausstellt.

Der Hersteller antizipiert für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$, $2_{s,2}^{nK}$ und $4_{s,2}^{nK}$ die Mengen, die der Händler bei ihm bestellen wird und legt somit seinen eigenen optimalen Verkaufspreis fest. Zwar optimiert er dabei seinen Deckungsbeitrag, ist aber immer abhängig von der Entscheidung des Händlers. Nicht so bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$. Hier kann der Hersteller die Menge selbst festlegen, die der Händler bei ihm bestellen wird, indem er ihm einen Verkaufspreis vorschreibt. Mit dieser Berechnungsmöglichkeit erhält er einen über 50 % höheren Deckungsbeitrag als bei den anderen drei Berechnungsmöglichkeiten.

Die Werte für den simulierten Gesamtdeckungsbeitrag zeigen, dass dieser für die Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ am größten ist. Das bedeutet, dass Hersteller und Händler bei dieser Berechnungsmöglichkeit jeweils höhere Mindestgewinne fordern können als bei den anderen Berechnungsmöglichkeiten.³⁴⁷ Fordert der Händler einen hohen Deckungsbeitrag, tritt der Hersteller nur dann mit dem Händler in Verhandlungen, wenn dieser zu einem vom Hersteller bestimmten Preis die Produkte an die Konsumenten verkauft, da es ihm sonst nicht möglich ist, selbst seinen Deckungsbeitrag zu erhalten.

Um zu untersuchen, wie sich die Wahl der Parameter auf die einzelnen Berechnungsmöglichkeiten bei einer Kettenlänge von $L = 2$ auswirkt, werden analog zu Kapitel 3 nachfolgend fünf weitere Beispiele betrachtet, bei denen jeweils der Fokus auf eine bestimmte Änderung der Parameter gelegt wurde.

Zunächst wird die Auswirkung der Änderung der Parameter c_u und c_o (Strafkosten) betrachtet. Tab. 4.34 gibt die gewählten Parameter für die Beispiele 2 und 3 wieder.

³⁴⁶ Der Deckungsbeitrag des Herstellers ist für alle Berechnungsmöglichkeiten höher als sein geforderter Mindestgewinn. Ein geforderter Mindestgewinn des Händlers in Höhe von 20 wäre also möglich gewesen.

³⁴⁷ Die Summe der Mindestgewinne darf höchstens dem Gesamtdeckungsbeitrag entsprechen.

	Parameter	Zugewiesene Werte für Beispiel	
		2	3
Nachfragefunktion	a	200	200
	b	25	25
Kosten	c_M	5	5
	c_R	p_M	p_M
	c_u	0,5	5
	c_o	5	0,5
Normalverteilung	μ	0	0
	σ	2	2
	A	-10,06	-10,06
	B	+10,06	+10,06
Mindestgewinn	Π_R^{Min}	10	10
	Π_M^{Min}	20	20

Tab. 4.34: Parameterwahl für das Beispiel 4.1.2-2 und 3

Beispiel 2 und Beispiel 3 unterscheiden sich demnach lediglich in der Wertewahl der Parameter c_u und c_o . Führt diese Wahl in Abschnitt 3.1.2.2³⁴⁸ bei den Beispielen 3.1.2-2 und 3 zu Kostenfaktoren von 1 zu 5 bzw. 1 zu 0,85,³⁴⁹ betragen die Kostenfaktoren hier 1 zu 9,2 (Beispiel 2) bzw. 1 zu 1,2 (Beispiel 3).³⁵⁰ Der Grund für diesen Unterschied zwischen Abschnitt 3.1.2.2 und dem hier betrachteten Fall liegt darin, dass der Hersteller, der sich in Abschnitt 3.1.2.2 der stochastischen Marktnachfrage gegenüber sah, Herstellkosten von $c_M = 5$ hatte. Der Händler ist hier nicht zugleich Hersteller und stellt die Produkte nicht selbst her, sondern muss diese selbst vom Hersteller beziehen. Seine Kosten c_R entsprechen deshalb dem Verkaufspreis p_M des Herstellers. Weil die Vernichtungskosten in beiden Beispielen größer sind als die Kosten für den entgangenen Deckungsbeitrag und für den Ausgleich von Fehlmengen, bestellt der Händler weniger als die Kernnachfrage. Allerdings werden wegen des hohen Kostenverhältnisses von 1 zu 9,3 (Beispiel 2) 2,57 Einheiten weniger bestellt und in Beispiel 3 nur 0,12, da sich hier die Kosten nahezu aufheben. Tab. 4.35 fasst die Ergebnisse für die beiden Beispiele zusammen.

³⁴⁸ Siehe S. 36 ff.

³⁴⁹ Siehe Abschnitt 3.1.2.2, S. 36 ff.

³⁵⁰ Siehe S. 36 ff. Auch hier werden im Folgenden die Kosten für den entgangenen Deckungsbeitrag und für den Ausgleich der Fehlmengen zu 1 normiert, um die Kostenverhältnisse besser darstellen zu können.

		Berechnungsmöglichkeit				
		$1^{nK}_{s,2}$	$2^{nK}_{s,2}$	$3^{nK}_{s,2}$	$4^{nK}_{s,2}$	
Beispiel 2	Hersteller					
	Preis	6,50	6,48	6,11	6,44	
	Herstellmenge	18,75	16,18	36,31	18,29	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	28,13	23,93	40,18	26,29
		simuliert	28,13	23,93	40,18	26,29
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	-14,93	42,86	-6,54
	Händler					
	Preis	7,25	7,25	6,45	7,16	
	Bestellmenge	18,75	16,18	36,31	18,29	
	Mindestgewinn	10,00	10,00	10,00	10,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	14,06	10,00	10,00	10,85
		simuliert	3,94	9,95	9,96	10,80
Abweichung [[%]]	sim./erw.	-71,96	-0,50	-0,40	-0,47	
	sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	152,30	152,55	173,95	
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	32,07	33,88	50,14	37,09		
Beispiel 3	Hersteller					
	Preis	6,50	6,18	5,98	6,21	
	Herstellmenge	18,75	18,63	37,50	22,65	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	28,13	21,89	36,67	27,41
		simuliert	28,13	21,89	36,67	27,41
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	-22,16	30,40	-2,54
	Händler					
	Preis	7,25	7,25	6,50	7,09	
	Bestellmenge	18,75	18,63	37,50	22,65	
	Mindestgewinn	10,00	10,00	10,00	10,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	14,06	10,00	10,00	10,00
		simuliert	3,95	10,05	10,06	10,05
Abweichung [[%]]	sim./erw.	-71,92	0,52	0,56	0,50	
	sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	154,55	154,65	154,48	
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	32,07	31,95	46,73	37,46		

Tab. 4.35: Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für Beispiel 4.1.2-2 und 3

Die durch Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ bestimmte optimale Preis-/Mengenkombination des Händlers kann durch Antizipation des Nachfrageschocks (Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$) um 173,95 % (Beispiel 2) bzw. in Beispiel 3 um 154,48 % gesteigert werden. Auch wenn dem Händler die Verkaufspreise vorgeschrieben werden, erhält er in beiden Beispielen einen höheren Deckungsbeitrag als bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$, der aber gerade seinem Mindestgewinn entspricht.

Wie schon für Beispiel 1 beschrieben, erhält der Hersteller den höchsten Deckungsbeitrag, wenn er dem Händler einen Verkaufspreis vorschreiben kann (Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$). Auch bei den Beispielen 2 und 3 ist der Gesamtdeckungsbeitrag bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ am höchsten.

Die nächsten beiden Beispiele illustrieren, welche Auswirkungen die Variationen des Parameters b auf die Ergebnisse haben. Tab. 4.36 stellt die gewählten Parameterwerte für die Beispiele 4 und 5 vor.

	Parameter	Zugewiesene Werte für Beispiel	
		4	5
Nachfragefunktion	a	200	200
	b	15	30
Kosten	c_M	4	4
	c_R	p_M	p_M
	c_u	0,5	3,84
	c_o	5	5
Normalverteilung	μ	0	0
	σ	3	3
	A	-15,09	-15,09
	B	+15,09	+15,09
Mindestgewinn	Π_R^{Min}	7	7
	Π_M^{Min}	20	20

Tab. 4.36: Parameterwahl für das Beispiel 4.1.2-4 und 5

Vergleicht man die Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ beider Beispiele in Tab. 4.37, so kann man feststellen, dass eine Verdopplung des Parameters b beim Händler zu einer Reduktion des Verkaufspreises und der angebotenen Menge um ca. 45 % und zu einer Reduktion des erwarteten Deckungsbeitrags um 84 % führt. Der simulierte Deckungsbeitrag des Händlers fällt in Beispiel 5 sogar um 99,7 % verglichen mit Beispiel 4. Auch beim Hersteller reduziert sich der Deckungsbeitrag bei einer Verdopplung des Parameters b um 84 %. Insgesamt fällt damit der Gesamtdeckungsbeitrag in Beispiel 5 um 88 %. Hieran wird deutlich, welche starken Auswirkungen die Veränderung eines Parameters mit sich bringen kann.

		Berechnungsmöglichkeit				
		$1^{nK}_{s,2}$	$2^{nK}_{s,2}$	$3^{nK}_{s,2}$	$4^{nK}_{s,2}$	
Beispiel 4	Hersteller					
	Preis	8,67	10,47	8,36	8,56	
	Herstellmenge	35,00	31,99	69,33	35,15	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	163,33	206,96	301,96	160,13
		simuliert	163,33	206,96	301,96	160,13
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	26,71	84,88	-1,96
	Händler					
	Preis	11,00	11,00	8,62	10,87	
	Bestellmenge	35,00	31,99	69,33	35,15	
	Mindestgewinn	7,00	7,00	7,00	7,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	81,67	7,00	7,00	69,74
		simuliert	62,58	7,01	7,00	69,76
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	-23,37	0,10	0,02	0,03
sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)		0,00	-88,80	-88,81	11,47	
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	225,92	213,98	308,96	229,89		
Beispiel 5	Hersteller					
	Preis	5,33	5,11	4,90	5,14	
	Herstellmenge	20,00	18,09	39,11	20,08	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	26,67	20,12	35,16	25,23
		simuliert	26,67	20,12	35,16	25,23
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	-24,54	31,83	-5,39
	Händler					
	Preis	6,00	6,00	5,30	5,86	
	Bestellmenge	20,00	18,09	39,11	20,08	
	Mindestgewinn	7,00	7,00	7,00	7,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	13,33	7,00	7,00	7,00
		simuliert	0,21	7,01	7,01	7,01
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	-98,42	0,17	0,14	0,17
sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)		0,00	3233,03	3231,90	3232,90	
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	26,88	27,13	42,17	32,24		

Tab. 4.37: Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für Beispiel 4.1.2-4 und 5

Wie auch bei den Beispielen 2 bis 4 erhält der Händler in Beispiel 5 bei den Berechnungsmöglichkeiten $3_{s,2}^{nK}$ und $4_{s,2}^{nK}$ jeweils seinen geforderten Mindestgewinn. Auffällig ist nur die enorme Steigerung des simulierten Deckungsbeitrags der beiden Berechnungsmöglichkeiten in Beispiel 5. Dies liegt daran, dass die Abweichung von der Kernnachfrage in Beispiel 4 für die Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK} \pm 43,1\%$ beträgt, die Abweichung in Beispiel 5 aber nochmals um 60 % höher ist ($\pm 75,5\%$). Zwar ist das Kostenverhältnis in Beispiel 5 kleiner als in Beispiel 4 (Beispiel 4: 1 zu 4,8 und Beispiel 5: 1 zu 2,3). Trotzdem wirken sich Fehlentscheidungen bei einer hohen Varianz stärker aus als bei einer kleineren. Dementsprechend wird von einer Vergleichsbasis ausgegangen, die einen sehr geringen Deckungsbeitrag aufweist.

Aber auch bei Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ zeigt sich, dass sich eine gute Antizipation des Nachfrageschocks bei einer hohen Varianz auf den Deckungsbeitrag stärker auswirkt als bei einer geringen Varianz.

Letztlich wird in Beispiel 6 untersucht, welche Auswirkung eine niedrige Varianz des Nachfrageschocks auf die Ergebnisse der einzelnen Berechnungsmöglichkeiten hat. Die gewählten Parameter für dieses Beispiel gibt Tab. 4.38 wieder.

	Parameter	Zugewiesene Werte für Beispiel 6
Nachfragefunktion	a	200
	b	25
Kosten	c_M	4
	c_R	p_M
	c_u	1
	c_o	6
Normalverteilung	μ	0
	σ	0,7
	A	-3,52
	B	3,52
Mindestgewinn	Π_R^{Min}	10
	Π_M^{Min}	20

Tab. 4.38: Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für Beispiel 4.1.2-6

Der Nachfrageschock wurde in Beispiel 6 so gewählt, dass er $\pm 3,52$ Einheiten von der Kernnachfragefunktion abweicht.³⁵¹ Aufgrund der geringen Abweichung von der Kernnachfragefunktion (ca. $\pm 14\%$) liegt der simulierte Deckungsbeitrag, im Vergleich zu den anderen Beispielen, relativ nahe am erwarteten Deckungsbeitrag von Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$, wie anhand der Tab. 4.39 abzulesen ist. Wird der Nachfrageschock in die Berechnung der

³⁵¹ Siehe Beispiel 6 in Abschnitt 3.1.2.2, S. 36 ff., Tab. 3.8, S. 41.

optimalen Preis-/Mengenkombination einbezogen (Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$), kann nur eine 10%ige Steigerung des Deckungsbeitrags erreicht werden.

		Berechnungsmöglichkeit				
		$1_{s,2}^{nK}$	$2_{s,2}^{nK}$	$3_{s,2}^{nK}$	$4_{s,2}^{nK}$	
Beispiel 6	Hersteller					
	Preis	6,00	6,53	5,76	5,98	
	Herstellmenge	25,00	24,12	49,66	24,89	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	50,00	61,00	87,16	49,30
		simuliert	50,00	61,00	87,16	49,30
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1_{s,2}^{nK}$)	0,00	22,00	74,32	-1,40
	Händler					
	Preis	7,00	7,00	5,99	6,97	
	Bestellmenge	25,00	24,12	49,66	24,89	
	Mindestgewinn	10,00	10,00	10,00	10,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	25,00	10,00	10,00	23,27
		simuliert	21,21	10,00	10,03	23,29
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	-15,18	0,04	0,27	0,09
		sim./sim. ^(BM $1_{s,2}^{nK}$)	0,00	-52,82	-52,71	9,85
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	71,21	71,00	97,19	72,59		

Tab. 4.39: Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für Beispiel 4.1.2-6

Wird dem Händler ein Preis vorgeschrieben (Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ und $3_{s,2}^{nK}$), so erhält er in Beispiel 6, wie bei den anderen Beispielen, einen erwarteten Deckungsbeitrag entsprechend der Höhe seines geforderten Mindestgewinns.

Abschließend werden mit Hilfe der Abbildungen 4.23 bis 4.25 die Ergebnisse bezüglich der simulierten Deckungsbeiträge des unter Abschnitt 4.1.2.2³⁵² detailliert betrachteten Beispiels 1 sowie die zuvor weiter betrachteten Beispiele 2 bis 6 gegenübergestellt, um für die vorgestellten Beispiele allgemeingültige Aussagen treffen zu können.

Die folgenden Abbildungen stellen die Abweichungen der simulierten Deckungsbeiträge der Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ für den Händler (Abb. 4.23), Hersteller (Abb. 4.24) und die Lieferkette (Abb. 4.25) dar. Sie verdeutlichen erneut, dass der Händler stets Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ wählen sollte, um seine optimale Preis-/Mengenkombination festzulegen (Abb. 4.23). Wird dem Händler ein Verkaufspreis \bar{p}_R vorgeschrieben, so ist es für ihn unbedeutend, ob dieser Preis extern, d. h. von einer außerhalb der Lieferkette stehenden Person, oder vom Hersteller festgelegt wird.

³⁵² Siehe S. 122 ff.

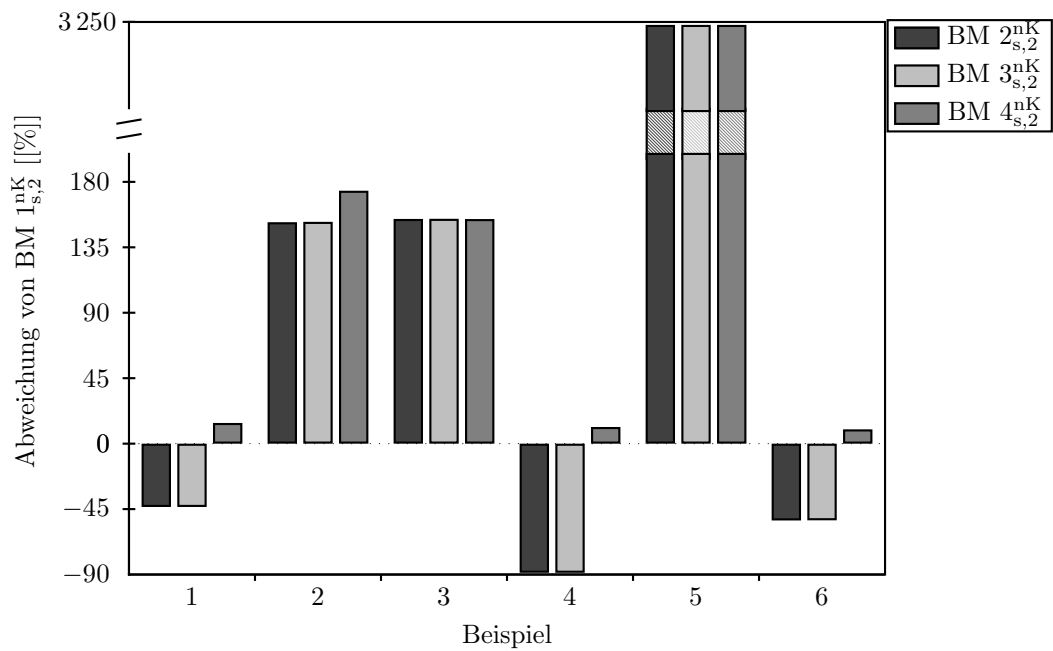


Abb. 4.23: Abweichung der simulierten Deckungsbeiträge des Händlers der Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nk}$ bis $4_{s,2}^{nk}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nk}$ für die Beispiele 4.1.2-1 bis 6

Anders stellt es sich für den Hersteller dar (siehe Abb. 4.24). Tendenziell verschlechtert sich sein Deckungsbeitrag, wenn der Händler Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nk}$ statt Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nk}$ wählt.

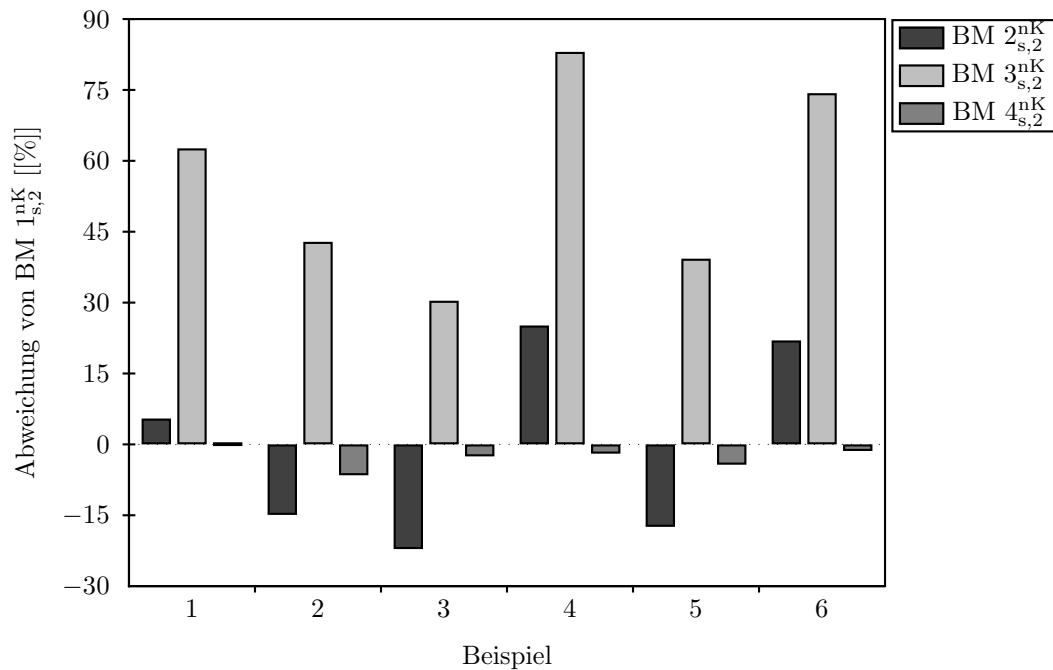


Abb. 4.24: Abweichung der simulierten Deckungsbeiträge des Herstellers der Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nk}$ bis $4_{s,2}^{nk}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nk}$ für die Beispiele 4.1.2-1 bis 6

Wird dem Händler ein Verkaufspreis extern vorgeschrieben (Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$), so hängt es von den Werten der Parameter ab, ob sich der Deckungsbeitrag des Herstellers im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ verbessert oder verschlechtert. Den höchsten Deckungsbeitrag erhält der Hersteller aber, wenn er in der Lage ist, dem Händler selbst einen Preis \bar{p}_R vorzuschreiben.

Bei Betrachtung der gesamten Lieferkette (Abb. 4.25) ist festzustellen, dass durch die Berechnungsmöglichkeiten $3_{s,2}^{nK}$ und $4_{s,2}^{nK}$ der Gesamtdeckungsbeitrag im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ gesteigert werden kann. Mit der Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ kann allerdings die höchste Deckungsbeitragssteigerung erzielt werden.

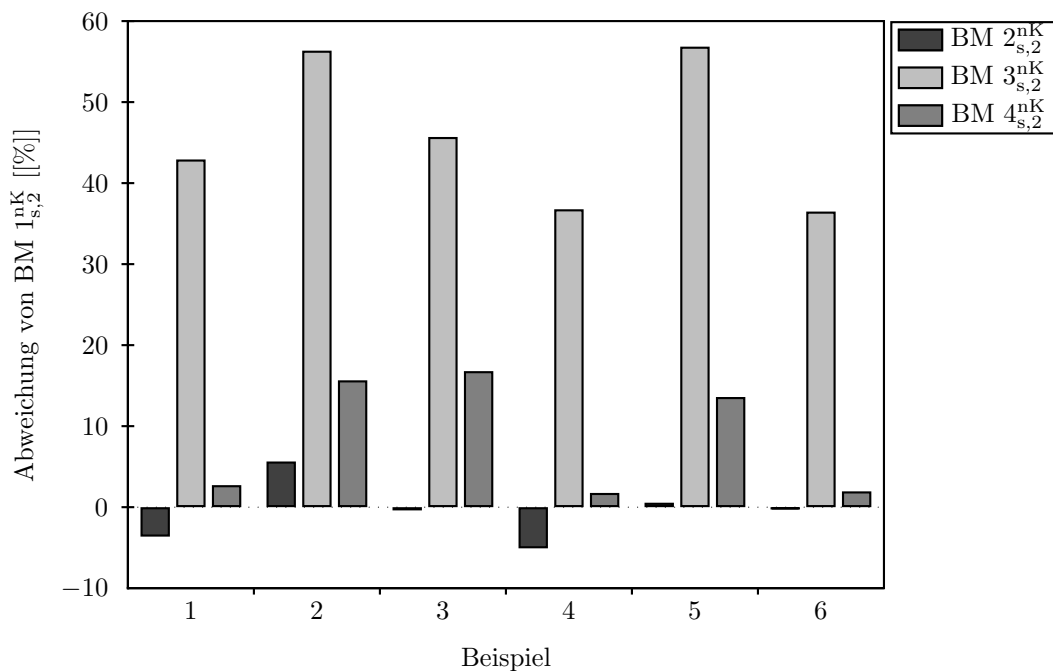


Abb. 4.25: Abweichung der simulierten Deckungsbeiträge der Lieferkette der Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ für die Beispiele 4.1.2-1 bis 6

Die kooperative Kette

Nach der beispielhaften Illustration einer nicht-kooperativen Kette erfolgt ebenfalls die beispielhafte Illustration einer kooperativen Kette.

Die beispielhafte Illustration der folgenden Berechnungsmöglichkeiten bezieht sich auf die in Tab. 4.27³⁵³ genannten Parameterwerte. Lediglich die Mindestgewinne von Hersteller und Händler werden für jede der vier Berechnungsmöglichkeiten angepasst. Sie entsprechen jeweils dem erwarteten Deckungsbeitrag des Händlers und dem optimalen Deckungsbeitrag des Herstellers, wenn dieser bei Nicht-Kooperation den für ihn optimalen Preis p_M^* wählt. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse sollen keine Kosten der Kooperation für Hersteller und Händler für dieses Beispiel anfallen.

³⁵³ Siehe S. 122.

Abschließend wird kurz auf den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag jeder Berechnungsmöglichkeit eingegangen. Eine ausführliche Beschreibung der Ergebnisse erfolgt im Anschluss in der Zusammenfassung.³⁵⁴

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ Händler und Hersteller maximieren bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ gemeinsam den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag, der sich aus dem erwarteten Deckungsbeitrag des Händlers und dem Deckungsbeitrag des Herstellers zusammensetzt.

Da die Ergebnisse unabhängig von der Verteilungsfunktion sind, können die algebraischen Lösungen der Tab. 4.25 herangezogen werden.³⁵⁵ Für die Zahlenbeispiele ergeben sich somit folgende Lösungen:³⁵⁶

Hersteller			
Preis	minimal	4,25	–
	maximal	–	4,88
Herstellmenge		62,50	62,50
Mindestgewinn		78,13	78,13
Deckungsbeitrag		(78,13)	(117,19)
Händler			
Preis		5,50	
Bestellmenge		62,50	62,50
Mindestgewinn		39,06	39,06
Erw. Deckungsbeitrag		(78,13)	(39,06)
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		156,25	156,25
Aufzuteilender erw. DB		39,07	39,07

Tab. 4.40: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ für das Beispiel 4.1.2-1

Hersteller und Händler werden miteinander kooperieren, da sie jeweils ihren geforderten Mindestgewinn erhalten. Zusätzlich kann ein erwarteter Deckungsbeitrag von 39,07, der durch die Kooperation im Vergleich zur Nicht-Kooperation mehr erwirtschaftet werden kann, an beide Parteien aufgeteilt werden.³⁵⁷

³⁵⁴ Siehe S. 149 ff.

³⁵⁵ Siehe S. 118.

³⁵⁶ Der aus den vom Hersteller geforderten Preisen resultierende (erwartete) Deckungsbeitrag des Händlers und des Herstellers wird in Klammern angegeben, um zu verdeutlichen, wie hoch der (erwartete) Deckungsbeitrag bei den angegebenen Preisen wäre. Letztendlich kann der (erwartete) Deckungsbeitrag des Herstellers und des Händlers je nach Aufteilung des durch die Kooperation zusätzlich erwirtschafteten Deckungsbeitrags innerhalb der angegebenen Grenzen höher oder niedriger ausfallen als er in der Tabelle angegeben ist.

³⁵⁷ Siehe Tab. 4.28, Beschränkung 1.

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ Der extern vorgegebene Preis entspricht bei Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ weiterhin dem Preis $\bar{p}_R := p_R^* = 6,75$ bei einer nicht-kooperativen Kette. Für diesen Preis müssen Hersteller und Händler zusammen die optimale Verkaufsmenge festlegen, die den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag maximiert. Anschließend legt der Hersteller seinen Preis p_M fest. Der im Vergleich zur nicht-kooperativen Kette zusätzlich erwirtschaftete Gesamtdeckungsbeitrag kann auf die Parteien aufgeteilt werden. Der vollständige Lösungsweg für diese Berechnungsmöglichkeit ist unter B.3.4 aufgeführt,³⁵⁸ allerdings soll hier auf einige Besonderheiten eingegangen werden.

Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag lautet:³⁵⁹

$$E[\Pi_T] = 117,19 - 21,32 e^{-0,02z_R^2} + 1,37z_R + p_M z_R - p_M z_R \operatorname{Erf}\left(\frac{503}{100\sqrt{2}}\right) - 5,37z_R \operatorname{Erf}(0,14z_R). \quad (4.36)$$

Auffällig ist, dass der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag (4.36), im Gegensatz zur algebraischen Lösung dieser Berechnungsmöglichkeit bei deterministischer Nachfrage, weiterhin vom Preis des Herstellers p_M abhängig bleibt.³⁶⁰

Dies hängt allerdings mit der Maschinengenauigkeit zusammen, die für Berechnungen zugrunde gelegt wird.³⁶¹

Lässt man eine Rundung zu, so kann die Fehlerfunktion als

$$\operatorname{Erf}\left(\frac{503}{100\sqrt{2}}\right) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{503}{100\sqrt{2}}} e^{-t^2} dt = 0,9999995095201639 \approx 1$$

festgelegt werden.

Wegen

$$p_M z_R - p_M z_R \operatorname{Erf}\left(\frac{503}{100\sqrt{2}}\right) \approx p_M z_R - p_M z_R \cdot 1 = 0$$

hängt der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag nur noch vom zu antizipierenden Schock ab:

$$E[\Pi_T] = 117,19 - 21,32 e^{-0,02z_R^2} + 1,37z_R - 5,37z_R \operatorname{Erf}(0,14z_R).$$

Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag ist in Abhängigkeit des antizipierten Schocks in Abb. 4.26 dargestellt.

³⁵⁸ Siehe „Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ “, S. 508 f.

³⁵⁹ Siehe In[10], B.3.4, S. 508.

³⁶⁰ Siehe Abschnitt 4.1.2.1, Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^K$, S. 91.

³⁶¹ Die Maschinengenauigkeit gibt nach dem IEEE 754 Standard an, mit welcher Präzision Operationen auf Fließkommazahlen ausgeführt werden; siehe HAUSER (1996), S. 141. Die Maschinengenauigkeit des Computers, auf der diese Arbeit entstanden ist, beträgt 16 Stellen nach dem Komma.

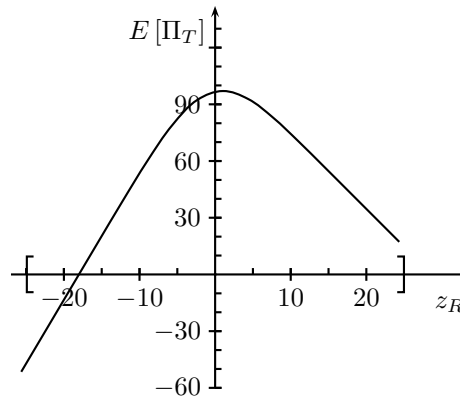


Abb. 4.26: Erwarteter Gesamtdeckungsbeitrag

Bei einer Antizipation des Schocks mit $z_R^* = 1,62$ wird der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag maximiert. Das heißt, Händler und Hersteller verkaufen 1,62 Produkte mehr als die Kernnachfrage angibt ($d(\bar{p}_R) = 31,25$).

Der Hersteller kann nun einen Preis innerhalb einer Spanne festlegen, zu dem er die Produkte an den Händler verkauft. Die optimalen Lösungen für die jeweilige Unter- und Obergrenze dieser Preisspanne sind in Tab. 4.41 aufgeführt.³⁶²

Hersteller			
Preis	minimal	5,51	–
	maximal	–	5,65
Herstellmenge		32,87	32,87
Mindestgewinn		82,40	82,40
Deckungsbeitrag		(82,40)	(86,98)
Händler			
Preis		6,75	
Bestellmenge		32,87	32,87
Mindestgewinn		10,00	10,00
Erw. Deckungsbeitrag		(14,58)	(10,00)
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		96,98	96,98
Aufzuteilender erw. DB		4,58	4,58

Tab. 4.41: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ für das Beispiel 4.1.2-1

Bei einem extern vorgegebenen Preis von $\bar{p}_R = 6,75$ können sich Hersteller und Händler bei einer Kooperation einen zusätzlichen Deckungsbeitrag (erwartet) von 4,58 aufteilen.

³⁶² Der aus den vom Hersteller geforderten Preisen resultierende (erwartete) Deckungsbeitrag des Händlers und des Herstellers wird in Klammern angegeben, um zu verdeutlichen, wie hoch der (erwartete) Deckungsbeitrag bei den angegebenen Preisen wäre. Letztendlich kann der (erwartete) Deckungsbeitrag des Herstellers und des Händlers je nach Aufteilung des durch die Kooperation zusätzlich erwirtschafteten Deckungsbeitrags innerhalb der angegebenen Grenzen höher oder niedriger ausfallen als er in der Tabelle angegeben ist.

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ Bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ wird der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag maximiert, indem zunächst der Preis p_R^* festgelegt wird, zu dem der Händler die Produkte an die Konsumenten verkauft. Anschließend wird analog zur vorherigen Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ das z_R^* antizipiert, welches den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag maximiert. Der Hersteller legt zum Schluss das Preisintervall $p_M \in [p_M^{min}, p_M^{max}]$ fest, innerhalb dessen beide Parteien ihre Mindestgewinne erhalten.³⁶³

Die Ergebnisse sind in Tab. 4.42 zusammengefasst.³⁶⁴

Hersteller			
Preis	minimal	4,99	–
	maximal	–	5,01
Herstellmenge		63,73	63,73
Mindestgewinn		127,06	127,06
Deckungsbeitrag		(127,06)	(127,80)
Händler			
Preis		5,49	
Bestellmenge		63,73	63,73
Mindestgewinn		10,00	10,00
Erw. Deckungsbeitrag		(10,73)	(10,00)
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		137,80	137,80
Aufzuteilender erw. DB		0,73	0,73

Tab. 4.42: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ für das Beispiel 4.1.2-1

Der Gesamtdeckungsbeitrag kann für diese Berechnungsmöglichkeit gerade um 0,005 % gesteigert werden, wenn sich Hersteller und Händler entschließen, zu kooperieren.³⁶⁵

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ Wie bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ wird der Preis p_R^* und der antizipierte Schock z_R^* in Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ so bestimmt, dass sie den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag maximieren.

³⁶³ Es kann das für Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$, unter B.3.4, S. 508 f., vorgestellte Programm angewandt werden. Es müssen lediglich die Parameterwerte für den vorgegebenen Preis und die geforderten Mindestgewinne angepasst werden.

³⁶⁴ Der aus den vom Hersteller geforderten Preisen resultierende (erwartete) Deckungsbeitrag des Händlers und des Herstellers wird in Klammern angegeben, um zu verdeutlichen, wie hoch der (erwartete) Deckungsbeitrag bei den angegebenen Preisen wäre. Letztendlich kann der (erwartete) Deckungsbeitrag des Herstellers und des Händlers je nach Aufteilung des durch die Kooperation zusätzlich erwirtschafteten Deckungsbeitrags innerhalb der angegebenen Grenzen höher oder niedriger ausfallen als er in der Tabelle angegeben ist.

³⁶⁵ Bei Nicht-Kooperation beträgt der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag 137,06, wenn der Hersteller den für ihn optimalen Preis p_M^* wählt. Siehe Tab. 4.31, S. 131.

Da sich die geforderten Mindestgewinne von Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ unterscheiden, muss der Hersteller schließlich seinen Preis aus einem anderen Preisintervall wählen.³⁶⁶ Die daraus resultierenden Ergebnisse sind in Tab. 4.43 auf der nächsten Seite zusammengefasst.³⁶⁷

Hersteller			
Preis	minimal	4,22	–
	maximal	–	4,83
Herstellmenge		64,24	64,24
Mindestgewinn		78,20	78,20
Deckungsbeitrag		(78,20)	(117,52)
Händler			
Preis		5,47	5,47
Bestellmenge		64,24	64,24
Mindestgewinn		20,29	20,29
Erw. Deckungsbeitrag		(59,61)	(20,29)
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		137,81	137,81
Aufzuteilender erw. DB		39,32	39,32

Tab. 4.43: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ für das Beispiel 4.1.2-1

Der maximale Gesamtdeckungsbeitrag beträgt 137,81. Durch eine Kooperation kann der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag um 39,94 % gesteigert werden. Zwar erhält der Hersteller einen Deckungsbeitrag, der maximal um 50,28 % höher ist als sein geforderter Mindestgewinn. Verglichen mit Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$, wo er den Verkaufspreis vorschreiben kann, ist der Deckungsbeitrag allerdings geringer, da der Händler bei dieser Berechnungsmöglichkeit selbst einen höheren Mindestgewinn fordert.

Zusammenfassung und weiterführende Betrachtung

Die Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für das Beispiel 1 sind in Tab. 4.44 auf der nächsten Seite zusammengefasst. Vergleicht man die erwarteten und simulierten Deckungsbeiträge des Händlers für die vier Berechnungsmöglichkeiten, so fällt auf, dass auch hier bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ der simulierte Deckungsbeitrag unter dem erwarteten Deckungsbeitrag liegt und sogar geringer als der geforderte Mindestgewinn ist. Auch im Falle einer Kooperation trägt allein der Händler die Kosten, die aus der Nichtbeachtung des

³⁶⁶ Der aus den vom Hersteller geforderten Preisen resultierende (erwartete) Deckungsbeitrag des Händlers und des Herstellers wird in Tab. 4.43 in Klammern angegeben, um zu verdeutlichen, wie hoch der (erwartete) Deckungsbeitrag bei den angegebenen Preisen wäre. Letztendlich kann der (erwartete) Deckungsbeitrag des Herstellers und des Händlers je nach Aufteilung des durch die Kooperation zusätzlich erwirtschafteten Deckungsbeitrags innerhalb der angegebenen Grenzen höher oder niedriger ausfallen als er in der Tabelle angegeben ist.

³⁶⁷ Der detaillierte Rechenweg ist für diese Berechnungsmöglichkeit unter B.3.4, S. 509 ff., zu finden.

Nachfrageschocks resultieren. Für die anderen drei Berechnungsmöglichkeiten entspricht der simulierte Deckungsbeitrag annähernd dem erwarteten. Der Hersteller hingegen erhält zu seinem geforderten Mindestgewinn den Deckungsbeitrag, der durch die Kooperation zusätzlich entsteht.³⁶⁸ Insgesamt ist der Gesamtdeckungsbeitrag am größten, wenn Hersteller und Händler den Verkaufspreis festlegen, der in Abhängigkeit des Nachfrageschocks entsteht (Berechnungsmöglichkeiten $3_{s,2}^K$ und $4_{s,2}^K$).

		Berechnungsmöglichkeit				
		$1_{s,2}^K$	$2_{s,2}^K$	$3_{s,2}^K$	$4_{s,2}^K$	
Beispiel 1	Hersteller					
	Preis	4,88	5,65	5,01	4,83	
	Herstellmenge	62,50	32,87	63,73	64,24	
	Mindestgewinn	78,13	82,40	127,06	78,20	
	Deckungsbeitrag	erwartet	117,19	86,98	127,80	117,52
		simuliert	117,19	86,98	127,80	117,52
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1_{s,2}^K$)	0,00	-25,78	9,05	0,28
	Händler					
	Preis	5,50	6,75	5,49	5,47	
	Bestellmenge	62,50	32,87	63,73	64,24	
	Mindestgewinn	39,06	10,00	10,00	20,29	
	Deckungsbeitrag	erwartet	39,06	10,00	10,00	20,29
		simuliert	20,28	10,08	10,08	20,36
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	-48,07	0,80	0,75	0,37
		sim./sim. ^(BM $1_{s,2}^K$)	0,00	-50,31	-50,33	0,38
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	137,47	97,06	137,87	137,88		

Tab. 4.44: Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für Beispiel 4.1.2-1 bei Kooperation

Da die Ergebnisse der Tab. 4.44 für sich genommen keine große Aussagekraft bezüglich der Güte einer Kooperation besitzen, sollen die Ergebnisse direkt mit der nicht-kooperativen Kette verglichen werden. Insbesondere soll dabei betrachtet werden, in welchem Umfang durch eine Kooperation die (erwarteten) Deckungsbeiträge von Händler und Hersteller gesteigert werden können.

Dazu werden in Abb. 4.27 die Abweichungen der erwarteten und simulierten zusätzlichen Gesamtdeckungsbeiträge einer kooperativen von einer nicht-kooperativen Kette für die Beispiele 1 bis 6 dargestellt.³⁶⁹ Diese Abweichungen geben an, in welcher Höhe der durch die

³⁶⁸ Das ist allerdings ein Extremfall. Bei einer Vertragsverhandlung ist es wahrscheinlich, dass dieser Deckungsbeitrag zwischen den Parteien aufgeteilt wird.

³⁶⁹ Die Ergebnisse der sechs Beispiele sind im direkten Vergleich der nicht-kooperativen und kooperativen Kette in den Tabellen A.4 bis A.9 zusammengestellt; siehe Anhang A.2.3, S. 389 ff.

Kooperation zusätzlich entstandene Gesamtdeckungsbeitrag auf die Kettenglieder aufgeteilt werden kann.

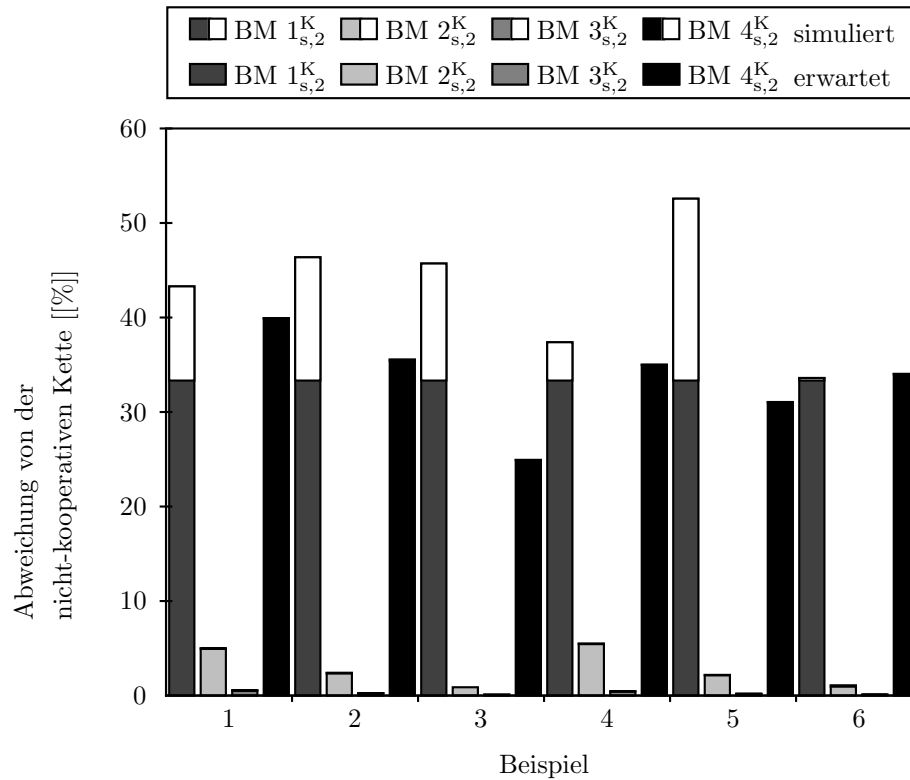


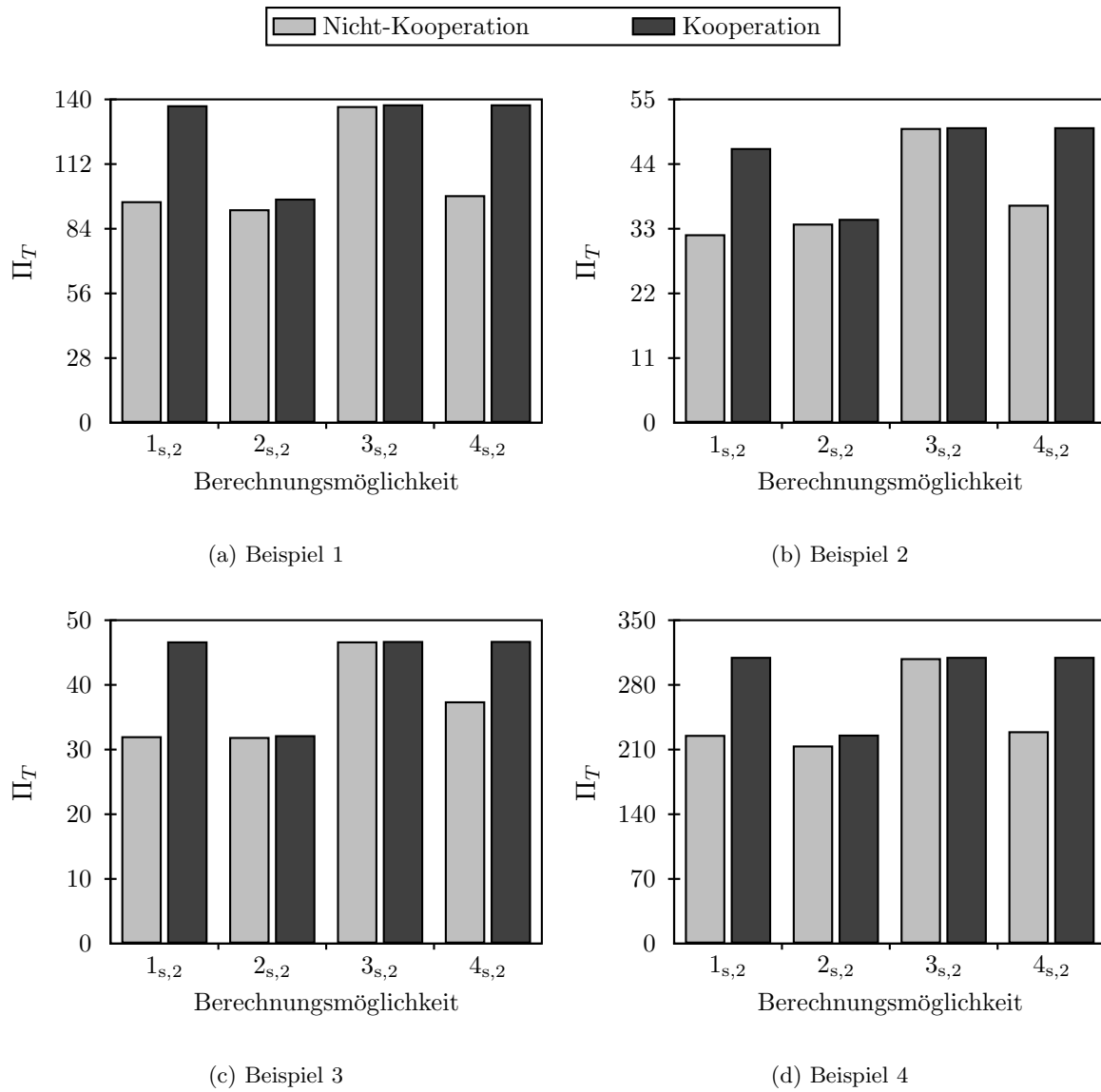
Abb. 4.27: Erwarteter und simulierter zusätzlicher Gesamtdeckungsbeitrag, der im Vergleich zur nicht-kooperativen Kette durch eine kooperative Kette für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^K$ bis $4_{s,2}^K$ der Beispiele 4.1.2-1 bis 6 entsteht

Zunächst kann festgestellt werden, dass sich nur bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ der erwartete vom simulierten Gesamtdeckungsbeitrag unterscheidet. Die prozentuale Steigerung des simulierten zusätzlichen Deckungsbeitrags ist hier höher als die prozentuale Steigerung des erwarteten Gesamtdeckungsbeitrags. Für alle anderen Berechnungsmöglichkeiten entspricht der erwartete dem simulierten Gesamtdeckungsbeitrag.

Die Gesamtdeckungsbeiträge steigen für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^K$ und $4_{s,2}^K$ um bis zu 50 % gegenüber dem jeweiligen Gesamtdeckungsbeitrag bei Nicht-Kooperation. Diese Differenz kann zusätzlich auf beide Parteien aufgeteilt werden. Auch bei einem extern vorgegebenem Preis (Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$) kann durch eine Kooperation ein zusätzlicher Gesamtdeckungsbeitrag erwirtschaftet werden. Nur bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ ist die Differenz von Kooperation und Nicht-Kooperation bezüglich des Gesamtdeckungsbeitrags so gering (maximal 0,55 %), so dass sich eine Kooperation nur bei geringen Kooperationskosten lohnt.

Obwohl Abb. 4.27 suggeriert, dass durch Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ der höchste Gesamtdeckungsbeitrag zu erreichen und damit allen anderen Berechnungsmöglichkeiten vorzuziehen bzw. Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ dementsprechend abzulehnen ist, da hier der

geringste Zuwachs erreicht wird, kann anhand der absoluten simulierten Gesamtdeckungsbeiträge gezeigt werden, dass dem nicht so ist. Dazu werden in Abb. 4.28 zunächst die absoluten simulierten Gesamtdeckungsbeiträge dargestellt.



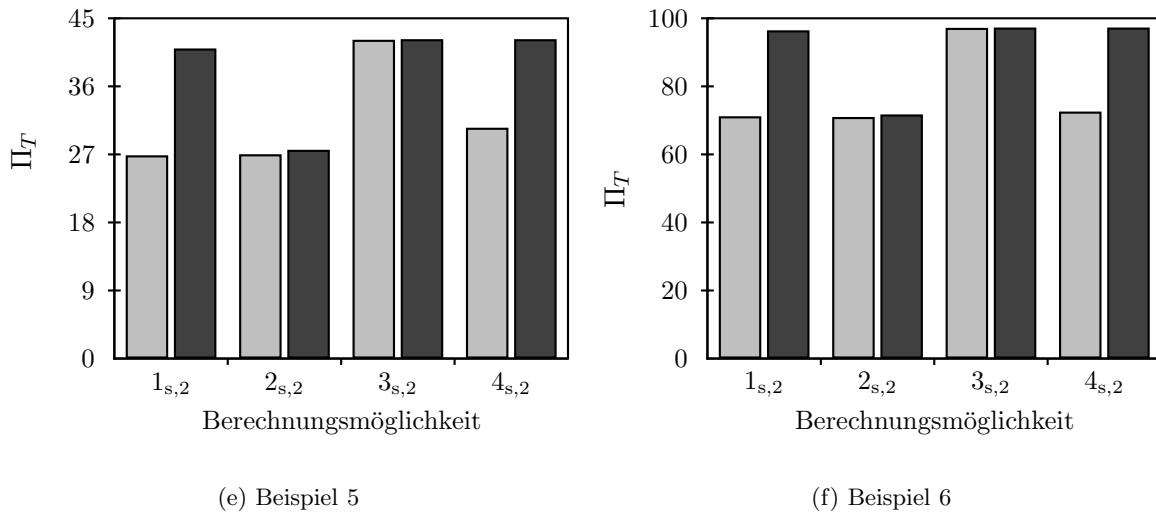


Abb. 4.28: Simulierte Gesamtdeckungsbeiträge bei Nicht-Kooperation und Kooperation

Hier zeigt sich, dass mit Ausnahme der Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ die simulierten Gesamtdeckungsbeiträge für alle sechs Beispiele im Falle einer Kooperation annähernd gleich groß sind. Bei einer Nicht-Kooperation ist der Gesamtdeckungsbeitrag nur bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ ähnlich hoch wie bei den Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^K$, $3_{s,2}^K$ und $4_{s,2}^K$. Betrachtet man allerdings die simulierten Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler,³⁷⁰ so sollte der Händler immer Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ vorziehen, da er bei dieser Berechnungsmöglichkeit den höchsten Deckungsbeitrag erhalten wird. Verfügt der Hersteller über eine hohe Verhandlungsposition, wird er dem Händler einen Preis vorschreiben, da der Hersteller genau dann den höchsten Deckungsbeitrag erhält.

4.1.2.3 Fazit

Im Abschnitt 4.1.2³⁷¹ wurde eine Lieferkette betrachtet, bei der sich der Händler einer stochastischen Marktnachfrage gegenüber sieht. Der Händler kann deshalb nur einen Deckungsbeitrag erwarten, der durch die Wahl einer optimalen Preis-/Mengenkombination möglichst dem simulierten Deckungsbeitrag entspricht. Der Hersteller kann allerdings aufgrund der globalen Information genau antizipieren, welche Mengen der Händler bei ihm für einen angebotenen Preis bestellen wird. Er sieht sich deshalb einer deterministischen Nachfrage gegenüber.

Im Gegensatz zur deterministischen Marktnachfrage kann für eine stochastische Marktnachfrage weder für eine nicht-kooperative Kette noch für eine kooperative Kette eine algebraische Lösung angegeben werden, wenn die Verteilungsfunktion des Nachfrageschocks nicht bekannt ist.³⁷²

³⁷⁰ Siehe Tabellen A.4 bis A.9 unter A.2.3, S. 389 ff.

³⁷¹ Siehe S. 108 ff.

³⁷² Einzige Ausnahme ist Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ bzw. $1_{s,2}^K$. Hier ist jeweils die Angabe einer algebraischen Lösung möglich, da vom Mittelwert einer Verteilungsfunktion ausgegangen wird.

Es wurden deshalb anhand sechs numerischer Beispiele die optimalen Lösungen für die verschiedenen Berechnungsmöglichkeiten illustriert, wobei auf ein Beispiel detailliert eingegangen wurde.

Insgesamt können für die sechs Beispiele einer nicht-kooperativen Kette die folgenden wesentlichen Aussagen getroffen werden:

- Geht der Händler in der Bestimmung einer optimalen Preis-/Mengenkombination von einem Mittelwert der Verteilungsfunktion aus (Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$), so erwartet er zwar einen Deckungsbeitrag, der höher als sein geforderter Mindestgewinn ist. Tatsächlich erhält der Händler aber einen Deckungsbeitrag, der unter dem erwarteten Deckungsbeitrag oder sogar unter dem geforderten Mindestgewinn liegt. Der Hersteller erhält hingegen immer einen Deckungsbeitrag, der über seinem geforderten Mindestgewinn liegt.
- Wird dem Händler ein Verkaufspreis vorgeschrieben (Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ und $3_{s,2}^{nK}$), erwartet der Händler stets einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns. Kann der Hersteller den Verkaufspreis vorschreiben (Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$), so kann er seinen Deckungsbeitrag im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ steigern. Insgesamt kann durch Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ im Vergleich zu den anderen drei Berechnungsmöglichkeiten der höchste Gesamtdeckungsbeitrag erzielt werden.
- Bei Anwendung der Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ erhält der Händler einen Deckungsbeitrag, der dem erwarteten Deckungsbeitrag entspricht. Der erwartete Deckungsbeitrag ist für alle sechs Beispiele höher als der geforderte Mindestgewinn. Aufgrund der Antizipation des Nachfrageschocks kann der simulierte Deckungsbeitrag des Händlers in Abhängigkeit von der Varianz des Nachfrageschocks mindestens um 9,85 % im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ gesteigert werden.

Für eine kooperative Kette können im Vergleich zu einer nicht-kooperativen Kette folgende wesentliche Aussagen getroffen werden:

Der Gesamtdeckungsbeitrag wird

- bei Anwendung der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ um mindestens 35 %
- bei Anwendung der Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ um mindestens 25 % gesteigert.

Die Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags bei den Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^K$ und $3_{s,2}^K$ liegt unter 5 %. Der zusätzlich erzielte Gesamtdeckungsbeitrag kann auf Hersteller und Händler aufgeteilt werden.

4.2 Multiplikative Nachfragefunktion

In diesem Abschnitt werden ebenso wie bei der linearen Nachfragefunktion nicht-kooperative und kooperative Ketten bei einer deterministischen und einer stochastischen Marktnachfrage betrachtet.

4.2.1 Deterministische Marktnachfrage

4.2.1.1 Modellierung mit Restriktionen

Die nicht-kooperative Kette

Deckungsbeiträge bei lokaler Information Wie schon zur Berechnung der Deckungsbeiträge bei lokaler Information einer linearen Nachfragefunktion beschrieben,³⁷³ besitzen sowohl der Hersteller als auch der Händler nur die Informationen der eigenen Stufe.

Der Händler bestimmt den Preis p_R , der seinen Deckungsbeitrag wie folgt maximiert:³⁷⁴

$$\Pi_R(p_R, p_M) = \max_{p_R} \left((p_R - p_M) a p_R^{(-b)} \right) \quad (4.37)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_R(p_R, p_M)}{\partial p_R} &= a p_R^{-1-b} (p_R - b p_R + b p_M) \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow p_R^*(p_M) &= \frac{b p_M}{b-1}. \end{aligned} \quad (4.38)$$

Der optimal zu wählende Preis p_R^* hängt damit nur noch vom Verkaufspreis des Herstellers ab.

Aufgrund der mangelnden Kenntnis über die auftretende Nachfrage verkauft der Hersteller sein Produkt zum Preis $p_M^{(*)}$, der sich aus seinen Kosten c_M zuzüglich des Aufschlags γ_M , $\gamma_M > 1$, zusammensetzt, so dass sein Preis

$$p_M^{(*)} = c_M \cdot \gamma_M$$

beträgt.

Der Händler wird allerdings nur dann den Preis $p_M^{(*)}$ akzeptieren, wenn der daraus resultierende Deckungsbeitrag Π_R wenigstens seinem Mindestgewinn Π_R^{Min} entspricht. Das bedeutet, dass für den Preis $p_M^{(*)}$

$$p_M^{(*)} \leq \frac{b-1}{b} \left(\frac{b \Pi_R^{Min}}{a} \right)^{\frac{1}{1-b}} \quad (4.39)$$

gelten muss.³⁷⁶

³⁷³ Siehe S. 65 ff.

³⁷⁴ Die Kosten c_R des Händlers entsprechen dem Verkaufspreis p_M des Herstellers.

³⁷⁵ Der Preis $p_R^*(p_M)$ maximiert den Deckungsbeitrag des Händlers, da

$$\frac{\partial^2 \Pi_R(p_R, p_M)}{\partial p_R^2} = a b p_R^{-2-b} ((-1+b)p_R - (1+b)p_M) < 0 \Leftrightarrow p_R < \frac{(b+1)p_M}{b-1}$$

gilt.

³⁷⁶ Da der aus $p_M^{(*)}$ resultierende Deckungsbeitrag wenigstens dem Mindestgewinn entsprechen muss, gilt:

$$\Pi_R = (p_R^* - p_M^{(*)}) \cdot q_R^* \geq \Pi_R^{Min}.$$

Diese Ungleichung muss nach $p_M^{(*)}$ aufgelöst werden, um den maximal akzeptablen Preis des Herstellers zu bestimmen.

Mit dem vom Hersteller festgelegten Preis $p_M^{(*)}$ kann der Händler seinen optimalen Preis

$$p_R^* := p_R^* \left(p_M^{(*)} \right) = \frac{bc_M \gamma_M}{b-1}$$

und die optimale Bestellmenge

$$q_R^* = a \left(\frac{bc_M \gamma_M}{b-1} \right)^{-b}$$

wählen.³⁷⁷

Auch der Hersteller wird einen gewissen Mindestgewinn Π_M^{Min} beanspruchen. Da er aber nicht weiß, welche Mengen der Händler letztendlich bei seinem Preisangebot von $p_M^{(*)} = c_M \cdot \gamma_M$ nachfragen wird, kann er lediglich einen Mindestabsatz von $q_M := q_R^*$ mit

$$q_M \geq \frac{\Pi_M^{Min}}{c_M(\gamma_M - 1)}$$

verlangen, um seinen Mindestgewinn Π_M^{Min} zu erhalten.³⁷⁸

In Tab. 4.45 sind die Ergebnisse bezüglich des Preises, der Menge und des Deckungsbeitrags für den Hersteller und den Händler bei lokaler Information angegeben. Der Gesamtdeckungsbeitrag ergibt sich aus der Summe der Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler.

Hersteller	
Preis	$c_M \cdot \gamma_M$
Herstellmenge	$a \left(\frac{bc_M \gamma_M}{b-1} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag	$\frac{(b-1)(\gamma_M-1)}{\gamma_M} \frac{p_R^* q_R^*}{b}$
Händler	
Preis	$\frac{bc_M \gamma_M}{b-1}$
Bestellmenge	$a \left(\frac{bc_M \gamma_M}{b-1} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag	$\frac{p_R^* q_R^*}{b}$
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	$(p_R^* - c_M) q_R^*$

Tab. 4.45: Lösung bei lokaler Information

Anhand der Tabelle ist zu erkennen, dass der Deckungsbeitrag des Herstellers immer den $\frac{(b-1)(\gamma_M-1)}{\gamma_M}$ Teil des Deckungsbeitrags vom Händler beträgt. Der Deckungsbeitrag des Her-

³⁷⁷ Vorausgesetzt, dass (4.39) gilt.

³⁷⁸ Die Ungleichung resultiert aus der Deckungsbeitragsgleichung $\Pi_M = (p_M - c_M)q_M$ und der Bedingung, dass $\Pi_M \geq \Pi_M^{Min}$ gelten muss.

stellers wächst zunächst mit steigendem Aufschlag γ_M und fällt dann.³⁷⁹ Der Deckungsbeitrag des Händlers hingegen sinkt kontinuierlich.

Deckungsbeiträge bei globaler Information Analog zur linearen Nachfragefunktion werden nun für die in Abschnitt 4.1.1.1³⁸⁰ vorgestellten vier Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^{nK}$ bis $4_{d,2}^{nK}$ die Lösungen für eine multiplikative Nachfragefunktion berechnet.

- **Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$:** Bei Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ optimiert der Händler zunächst seinen Deckungsbeitrag und legt den optimalen Verkaufspreis p_R^* fest. Der Hersteller antizipiert diesen Preis und kann daraufhin seinen Deckungsbeitrag maximieren.

Da sich am Optimierungsproblem des Händlers im Vergleich zur Berechnung des Deckungsbeitrags bei lokaler Information nichts geändert hat,³⁸¹ beträgt der optimale Preis des Händlers

$$p_R^* = \frac{bp_M}{b-1}. \quad (4.40)$$

Aus diesem Preis, der noch abhängig vom Verkaufspreis des Herstellers ist, resultiert die optimale Bestellmenge des Händlers mit

$$q_R^* = ap_R^{*-b} = a \left(\frac{bp_M}{b-1} \right)^{-b}. \quad (4.41)$$

Weil der Hersteller die vom Händler nachgefragte Menge antizipiert, lautet sein Deckungsbeitrag

$$\Pi_M = (p_M - c_M)q_R^*.$$

Diesen muss er bezüglich seines Preises p_M unter den Nebenbedingungen $\Pi_R \geq \Pi_R^{Min}$ und $\Pi_M \geq \Pi_M^{Min}$ maximieren.

Unter Zuhilfenahme der Lagrangefunktion und der Kuhn-Tucker-Bedingungen ergibt sich als Lösung³⁸²

$$p_M^* = \frac{bc_M}{b-1} \quad (4.42)$$

³⁷⁹ Der Deckungsbeitrag Π_M ist dann maximal, wenn $\gamma_M = \frac{b}{b-1}$ ist wegen

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_M}{\partial \gamma_M} &= -\frac{ac_M(b\gamma_M - b - \gamma_M)}{\gamma_M} \left(\frac{bc_M\gamma_M}{b-1} \right)^{-b} \stackrel{!}{=} 0 \text{ und} \\ \frac{\partial^2 \Pi_M}{\partial \gamma_M^2} &= \frac{abc_M(b\gamma_M - b - \gamma_M - 1)}{\gamma_M^2} \left(\frac{bc_M\gamma_M}{b-1} \right)^{-b} < 0 \quad \text{für } \gamma_M < \frac{b+1}{b-1}. \end{aligned}$$

³⁸⁰ Siehe S. 64 f.

³⁸¹ Siehe (4.37), S. 155.

³⁸² Zur Berechnung der Lösung siehe unter A.2.4, S. 396 ff.

mit

$$\begin{aligned}\Pi_R^{Min} &\leq \frac{abc_M}{(b-1)^2} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b} \quad \text{und} \\ \Pi_M^{Min} &\leq \frac{ac_M}{b-1} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}.\end{aligned}\tag{4.43}$$

In Abb. 4.29 auf der nächsten Seite sind die Deckungsbeiträge des Händlers und des Herstellers und deren Mindestgewinne dargestellt.

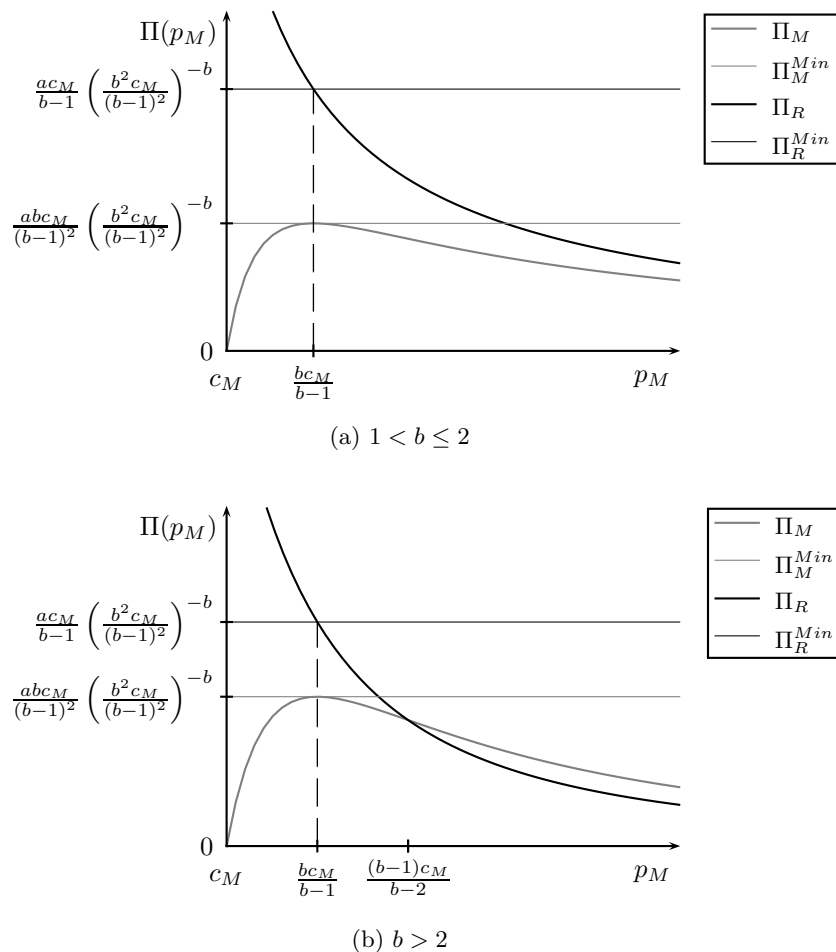


Abb. 4.29: Deckungsbeiträge in Abhängigkeit von b

Abb. 4.29 ist zu entnehmen, dass die Deckungsbeiträge bei variierendem b unterschiedlich verlaufen. So ist für $b \in]1, 2]$ der Deckungsbeitrag des Händlers für einen Preis p_M stets größer als der Deckungsbeitrag des Herstellers, wohingegen sich für $b > 2$ die Deckungsbeiträge bei $p_M = \frac{c_M(b-1)}{b-2}$ schneiden.

Der Deckungsbeitrag des Händlers ist also für

$$b > 2 \quad \text{und} \quad p_M < \frac{c_M(b-1)}{b-2}$$

in jedem Fall größer als der des Herstellers. Erst ab einem Preis von

$$p_M > \frac{c_M(b-1)}{b-2}$$

übersteigt der Deckungsbeitrag des Herstellers den Deckungsbeitrag des Händlers.

Ebenso ist aus Abb. 4.29 zu entnehmen, dass unabhängig von b der optimale Preis unter den genannten Bedingungen (4.43) stets bei $p_M^* = \frac{bc_M}{b-1}$ liegt, so dass weiter allgemein $b > 1$ betrachtet werden kann.

Die optimalen Lösungen für die Berechnungsmöglichkeit 1_{d,2}^{nK} sind in Tab. 4.46 zusammengefasst.

Hersteller	
Preis	$\frac{bc_M}{b-1}$
Herstellmenge	$a \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag	$\frac{b-1}{b} \frac{p_R q_R}{b}$
Händler	
Preis	$\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2}$
Bestellmenge	$a \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag	$\frac{p_R q_R}{b}$
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	$\frac{2b-1}{b} \frac{p_R q_R}{b}$

Tab. 4.46: Optimale Ergebnisse, $\Pi_R^{Min} \leq \frac{abc_M}{(b-1)^2} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$ und $\Pi_M^{Min} \leq \frac{ac_M}{b-1} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$

Die in Tab. 4.46 genannten optimalen Werte sind unabhängig von den Mindestgewinnen des Herstellers und Händlers, sofern die Mindestgewinne den in (4.43) genannten Beschränkungen unterliegen. Der Deckungsbeitrag des Herstellers entspricht stets $\frac{(b-1) \cdot 100}{b}$ % des Deckungsbeitrags vom Händler.

- **Berechnungsmöglichkeit 2_{d,2}^{nK}:** Da der Preis des Händlers bei Berechnungsmöglichkeit 2_{d,2}^{nK} extern mit \bar{p}_R vorgegeben ist, kann die vom Händler zu bestellende Menge und dessen Deckungsbeitrag direkt bestimmt werden:

$$q_R^* = a \bar{p}_R^{(-b)} \quad \text{und}$$

$$\Pi_R^* = (\bar{p}_R - p_M) a \bar{p}_R^{(-b)}.$$

Der Hersteller maximiert seinen Deckungsbeitrag unter Beachtung seines Mindestgewinns und des Mindestgewinns des Händlers:

$$\Pi_M = \max_{p_M} ((p_M - c_M)q_R^*)$$

u. d. NB. $\Pi_R \geq \Pi_R^{Min}$
 $\Pi_M \geq \Pi_M^{Min}$.

Das Maximierungsproblem des Herstellers ist in Abb. 4.30 dargestellt.

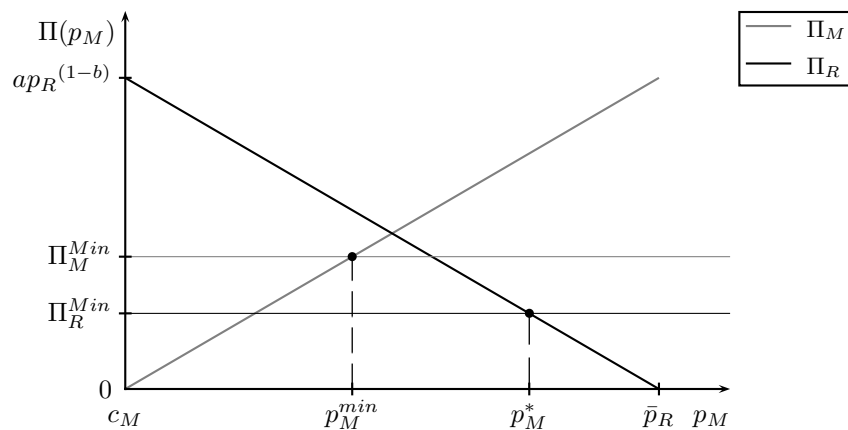


Abb. 4.30: Preisintervall des Herstellers unter Beachtung von Mindestgewinnen

Da es sich bei Π_R und Π_M um linear fallende bzw. steigende Funktionen handelt, lässt sich der optimale (und maximale) sowie der minimale Preis des Herstellers (p_M^* und p_M^{min}) durch Schnittpunktberechnung herleiten.³⁸³

Die Ergebnisse für die Grenzen des Preisintervalls $p_M \in [p_M^{min}, p_M^*]$ sind abschließend in Tab. 4.47 zusammengefasst.

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M + \frac{\Pi_M^{Min}}{q_R^*}$	–
	optimal	–	$\bar{p}_R - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R^*}$
Herstellmenge			$a\bar{p}_R^{(-b)}$
Deckungsbeitrag	Π_M^{Min}	$(\bar{p}_R - c_M)a\bar{p}_R^{(-b)} - \Pi_R^{Min}$	
Händler			
Preis			\bar{p}_R
Bestellmenge			$a\bar{p}_R^{(-b)}$
Deckungsbeitrag	$(\bar{p}_R - c_M)a\bar{p}_R^{(-b)} - \Pi_M^{Min}$	Π_R^{Min}	
Lieferkette			
Deckungsbeitrag			$(\bar{p}_R - c_M)a\bar{p}_R^{(-b)}$

³⁸³ Siehe Berechnungsmöglichkeit 2_{d,2}^K bei einer linearen Nachfragefunktion, S. 73 ff.

Tab. 4.47: Minimale und optimale (maximale) Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers mit $\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} \leq \Pi_T^*$

Je nach Verhandlungsposition des Herstellers kann dieser einen Preis im Intervall $p_M \in [p_M^{min}, p_M^*]$ wählen. Daraus ergibt sich dann der Deckungsbeitrag, den Hersteller und Händler erhalten.

- **Berechnungsmöglichkeit 3^{nK}_{d,2}**: Bei Berechnungsmöglichkeit 3^{nK}_{d,2} schreibt der Hersteller dem Händler einen Endverkaufspreis vor.

Damit der Hersteller einen Endverkaufspreis bestimmen kann, der ihm selbst einen maximalen Deckungsbeitrag zusichert, maximiert er zunächst seinen Deckungsbeitrag so, als ob er direkt an die Konsumenten verkaufen würde:

$$\Pi_M = \max_{\bar{p}_R} \left((\bar{p}_R - c_M) a \bar{p}_R^{(-b)} \right) \quad (4.44)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Pi_M}{\partial \bar{p}_R} &= a \bar{p}_R^{(-b)} - ab \bar{p}_R^{(-1-b)} (\bar{p}_R - c_M) \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow \bar{p}_R^* &= \frac{bc_M}{b-1}. \quad 384 \end{aligned} \quad (4.45)$$

Der Verkaufspreis, zu dem der Händler seine Produkte an die Konsumenten zu verkaufen hat, ist damit festgelegt. Nun muss der Hersteller noch seinen Verkaufspreis p_M^* so festlegen, dass sein Deckungsbeitrag maximiert und dem Händler wie auch ihm selbst ein Mindestgewinn zugesichert wird:

$$\Pi_M = \max_{p_M} \left((p_M - c_M) a (\bar{p}_R^*)^{-b} \right) \quad (4.46)$$

$$\begin{aligned} \text{u. d. NB. } \Pi_R &\geq \Pi_R^{Min} \\ \Pi_M &\geq \Pi_M^{Min}. \end{aligned}$$

Der Händler erhält in Abhängigkeit von p_M folgenden Deckungsbeitrag:

$$\Pi_R = (\bar{p}_R^* - p_M) a (\bar{p}_R^*)^{-b}. \quad (4.47)$$

Da es sich bei den Deckungsbeitragsfunktionen (4.46) und (4.47) um linear steigende bzw. linear fallende Funktionen handelt, kann wie bei Berechnungsmöglichkeit 2^{nK}_{d,2} der minimal mögliche Preis p_M^{min} und der optimale Preis p_M^* des Herstellers in der dort beschriebenen Art und Weise berechnet werden.³⁸⁵

³⁸⁴ An der Stelle \bar{p}_R^* liegt wegen

$$\frac{\partial^2 \Pi_M}{\partial \bar{p}_R^2} = ab \bar{p}_R^{-2-b} ((-1+b)\bar{p}_R - (1+b)c_M) < 0 \Leftrightarrow \bar{p}_R < \frac{(b+1)c_M}{b-1}$$

ein Maximum vor.

³⁸⁵ Siehe Berechnungsmöglichkeit 2^{nK}_{d,2} bei einer linearen Nachfragefunktion, S. 73 ff.

Die sich aus dieser Berechnungsmöglichkeit ergebenden Ergebnisse sind in Tab. 4.48 zusammengefasst.

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M + \frac{\Pi_M^{Min}}{q_R^*}$	–
	optimal	–	$p_R^* - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R^*}$
Herstellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b}$		
Deckungsbeitrag	Π_M^{Min}	$\Pi_T^* - \Pi_R^{Min}$	
Händler			
Preis	$\frac{bc_M}{b-1}$		
Bestellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b}$		
Deckungsbeitrag	$\Pi_T^* - \Pi_M^{Min}$	Π_R^{Min}	
Lieferkette			
Deckungsbeitrag	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b}$		

Tab. 4.48: Minimale und maximale Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers mit $\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} \leq \Pi_T^*$

Es ist anhand der Tab. 4.48 deutlich zu erkennen, dass der Hersteller den Gesamtdeckungsbeitrag abzüglich des vom Händler geforderten Mindestgewinns erhält, wenn er den für ihn optimalen Preis p_M^* wählt. Wählt der Hersteller den Preis p_M^{min} , so erhält er gerade seinen geforderten Mindestgewinn und der Händler den verbleibenden Gesamtdeckungsbeitrag.

Der Hersteller wird dem Händler aber nur dann einen Preis vorschreiben, wenn er dadurch einen höheren Deckungsbeitrag erhält als in Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ und er zudem die notwendige Verhandlungsposition hat. Aber auch der Händler kann bei entsprechender Verhandlungsstärke vorbringen, dass er nur dann einen vorgeschriebenen Preis akzeptiert, wenn er wenigstens seinen Deckungsbeitrag aus Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ bekommt. Die optimalen Deckungsbeiträge der Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ können daher als Mindestgewinne für den Händler und den Hersteller betrachtet werden. Setzt man daher die optimalen Deckungsbeiträge der Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ als Mindestgewinne mit

$$\Pi_R^{Min} = \frac{abc_M}{(b-1)^2} \left(\frac{b^2c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$$

und

$$\Pi_M^{Min} = \frac{ac_M}{b-1} \left(\frac{b^2c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$$

für diese Berechnungsmöglichkeit fest,³⁸⁶ so ergeben sich die in Tab. 4.49 genannten Ergebnisse:

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M \left(1 + \frac{1}{b} \left(\frac{b-1}{b}\right)^{b-1}\right)$	–
	optimal	–	$\frac{bc_M}{b-1} \left(1 - \frac{1}{b-1} \left(\frac{b-1}{b}\right)^b\right)$
Herstellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{-b}$		
Deckungsbeitrag	$\Pi_T^* \left(\frac{b-1}{b}\right)^b$	$\Pi_T^* \left(1 - \left(\frac{b-1}{b}\right)^{b-1}\right)$	
Händler			
Preis	$\frac{bc_M}{b-1}$		
Bestellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{-b}$		
Deckungsbeitrag	$\Pi_T^* \left(1 - \left(\frac{b-1}{b}\right)^b\right)$	$\Pi_T^* \left(\frac{b-1}{b}\right)^{b-1}$	
Lieferkette			
Deckungsbeitrag	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{1-b}$		

Tab. 4.49: Minimale und maximale Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers für vorgegebene Mindestgewinne Π_M^{Min} und Π_R^{Min}

Hier stellt sich gleichfalls die Frage, ob es für den Hersteller von Vorteil ist, dem Händler einen Verkaufspreis \bar{p}_R^* vorzuschreiben.

Um dies festzustellen, werden, wie schon bei einer linearen Nachfragefunktion beschrieben,³⁸⁷ die Deckungsbeitragsfunktionen des Herstellers von Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ und $3_{d,2}^{nK}$ miteinander verglichen. Dazu stellt man die Deckungsbeitragsfunktionen beider Berechnungsmöglichkeiten mit den vom Hersteller entsprechend antizipierten Preisen auf:

$$\begin{aligned} \Pi_M^{(BM\ 1_{d,2}^{nK})} &= (p_M - c_M) \cdot a p_R^{(-b)}, \text{ mit } p_R = \frac{b p_M}{b-1} \\ &= (p_M - c_M) \cdot a \left(\frac{b p_M}{b-1}\right)^{-b} \\ \Pi_M^{(BM\ 3_{d,2}^{nK})} &= (p_M - c_M) \cdot a p_R^{(-b)}, \text{ mit } p_R = \frac{b c_M}{b-1} \\ &= (p_M - c_M) \cdot a \left(\frac{b c_M}{b-1}\right)^{-b}. \end{aligned}$$

Wegen $p_M \geq c_M$ gilt

$$\Pi_M^{(BM\ 1_{d,2}^{nK})} \leq \Pi_M^{(BM\ 3_{d,2}^{nK})}.$$

³⁸⁶ Siehe Tab. 4.46, S. 159.

³⁸⁷ Siehe auch Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ bei linearer Nachfragefunktion, S. 76 ff.

Das bedeutet, dass es für den Hersteller immer von Vorteil ist, dem Händler den Preis $p_R = \frac{bc_M}{b-1}$ vorzuschreiben, d. h. Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ zu wählen.

Ebenso erfolgt die Betrachtung mit der Deckungsbeitragsfunktion des Händlers für die zwei Preise p_R (4.40)³⁸⁸ und $p_R := \bar{p}_R^*$ (4.45)³⁸⁹:

$$\begin{aligned}\Pi_R^{(BM\ 1_{d,2}^{nK})} &= (p_R - p_M) \cdot ap_R^{(-b)}, \text{ mit } p_R = \frac{bp_M}{b-1} \\ &= \frac{a(b-1)^{b-1}}{(bc_M)^b} \cdot p_M \\ \Pi_R^{(BM\ 3_{d,2}^{nK})} &= (p_R - p_M) \cdot ap_R^{(-b)}, \text{ mit } p_R = \frac{bc_M}{b-1} \\ &= \frac{a(b-1)^{b-1}}{(bc_M)^b} \cdot (p_M - b(p_M - c_M)).\end{aligned}$$

Wegen $p_M \geq c_M$ gilt

$$\Pi_R^{(BM\ 1_{d,2}^{nK})} \geq \Pi_R^{(BM\ 3_{d,2}^{nK})}.$$

Der Händler erhält somit immer einen geringeren Deckungsbeitrag, wenn ihm der Hersteller einen Verkaufspreis vorschreibt. Aus Sicht des Händlers ist somit die Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ vorzuziehen.

- **Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$:** Bei Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ schreibt der Hersteller dem Händler ebenfalls einen Preis vor, zu dem er die Produkte an die Konsumenten zu verkaufen hat. Die Vorgehensweise zur Bestimmung der Preise \bar{p}_R und p_M unterscheiden sich jedoch von der für Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$.

Der Hersteller bestimmt die Preise \bar{p}_R und p_M simultan. Das bedeutet, dass der Hersteller seinen Deckungsbeitrag unter zwei Unbekannten maximiert. Auch hier müssen die Preise so gewählt werden, dass der Händler sowie der Hersteller wenigstens ihre jeweiligen Mindestgewinne erhalten:

$$\begin{aligned}\Pi_M &= \max_{p_M, \bar{p}_R} ((p_M - c_M)(a - b\bar{p}_R)) \\ \text{u. d. NB. } \Pi_R &\geq \Pi_R^{Min} \\ \Pi_M &\geq \Pi_M^{Min}.\end{aligned}$$

Einzig die Lösung

$$p_M^* = \frac{bc_M}{b-1} - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R}, \quad \bar{p}_R^* = \frac{bc_M}{b-1} \quad (4.48)$$

genügt allen Kuhn-Tucker-Bedingungen.³⁹⁰

Für die aus Sicht des Herstellers optimalen Preise ergeben sich folgende Lösungen:

³⁸⁸ Siehe S. 157.

³⁸⁹ Siehe S. 161.

³⁹⁰ Berechnung dazu unter B.3.5, S. 511 ff.

Hersteller	
Preis	$\frac{bc_M}{b-1} - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_{R^*}}$
Herstellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b} - \Pi_R^{Min}$
Händler	
Preis	$\frac{bc_M}{b-1}$
Bestellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag	Π_R^{Min}
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b}$

 Tab. 4.50: Optimale Lösung für Berechnungsmöglichkeit 4_{d,2}^{nK}

Werden die Deckungsbeiträge aus Berechnungsmöglichkeit 1_{d,2}^{nK}, die sich ergeben, wenn der Hersteller den für ihn optimalen Preis p_M^* wählt, für Händler und Hersteller als Mindestgewinne zugrunde gelegt, so gilt

$$\Pi_R^{Min} = \frac{a}{b} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{1-b}$$

und

$$\Pi_M^{Min} = \frac{ac_M}{b-1} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}.$$

Setzt man diese Mindestgewinne in Tab. 4.50 ein, so ergeben sich die folgenden Lösungen:

Hersteller	
Preis	$\frac{bc_M}{b-1} \left(1 - \frac{1}{b-1} \left(\frac{b-1}{b}\right)^b\right)$
Herstellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{-b}$
Deckungsbeitrag	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{1-b} \left(1 - \left(\frac{b-1}{b}\right)^{b-1}\right)$
Händler	
Preis	$\frac{bc_M}{b-1}$
Bestellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{-b}$
Deckungsbeitrag	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{1-b} \left(\frac{b-1}{b}\right)^{b-1}$
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{1-b}$

Tab. 4.51: Optimale Lösung der Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ für vorgegebene Mindestgewinne

Anhand der Tabelle ist zu erkennen, dass trotz unterschiedlicher Berechnungsweisen die Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^{nK}$ und $4_{d,2}^{nK}$ zu den gleichen Ergebnissen kommen.

Die kooperative Kette

Den Deckungsbeiträgen der Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^{nK}$ bis $4_{d,2}^{nK}$ bei einer nicht-kooperativen Kette werden nunmehr die entsprechenden Deckungsbeiträge im Falle einer kooperativen Kette gegenübergestellt.

Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$: Ziel einer Kooperation von Hersteller und Händler ist es, einen größeren Gesamtdeckungsbeitrag zu erwirtschaften, als wenn jeder für sich die optimale Entscheidung bezüglich des Preises und der Menge trifft. Es wird deshalb zunächst die Summe der einzelnen Deckungsbeiträge gebildet, um den Gesamtdeckungsbeitrag zu erhalten:

$$\begin{aligned}
 \Pi_T &= \Pi_R + \Pi_M \\
 &= (p_R - p_M) \cdot ap_R^{(-b)} + (p_M - c_M) \cdot ap_R^{(-b)} \\
 \Pi_T &= (p_R - c_M) \cdot ap_R^{(-b)}.
 \end{aligned} \tag{4.49}$$

Der Gesamtdeckungsbeitrag hängt nur von p_R ab.

Dieser muss maximiert werden, um den optimalen Verkaufspreis zu berechnen:

$$\begin{aligned}\Pi_T &= \max_{p_R} \left((p_R - c_M) \cdot a p_R^{(-b)} \right) \\ \frac{\partial \Pi_T}{\partial p_R} &\stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow p_R^* &= \frac{bc_M}{b-1}.^{391}\end{aligned}\quad (4.50)$$

Aus dem optimalen Preis ergibt sich dann die optimal herzustellende Menge

$$q_M^* = q_R^* = d(p_R^*) = a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b}. \quad (4.51)$$

Der bei einer Kooperation maximal zu erreichende Gesamtdeckungsbeitrag beträgt damit

$$\Pi_T^* = \frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b}. \quad (4.52)$$

Nun muss der Preis p_M festgelegt werden, zu dem der Hersteller die Produkte an den Händler verkauft. Beide Parteien werden nur dann kooperieren, wenn sie jeweils einen gewissen Mindestgewinn erhalten.

Da es sich um lineare Deckungsbeitragsfunktionen mit

$$\begin{aligned}\Pi_R &= (p_R^* - p_M) \cdot a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b} \quad \text{und} \\ \Pi_M &= (p_M - c_M) \cdot a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b}\end{aligned}$$

handelt, können die minimal und maximal zu wählenden Preise p_M durch Schnittpunktbe-
rechnung ermittelt werden.

Unter der Voraussetzung, dass die Summe der Mindestgewinne maximal dem optimalen Ge-
samtdeckungsbeitrag mit

$$\Pi_M^{Min(K)} + \Pi_R^{Min(K)} \leq \frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b}$$

entspricht, kann der Hersteller seinen Preis im Intervall

$$p_M \in \left[c_M + \frac{\Pi_M^{Min(K)}}{q_R}, p_R^* - \frac{\Pi_R^{Min(K)}}{q_R} \right] \quad (4.53)$$

³⁹¹ Wegen

$$\frac{\partial^2 \Pi_T}{\partial p_R^2} = -ab p_R^{-(2+b)} ((c_M + p_R)(1+b) - 2bp_R) < 0 \quad \Leftrightarrow \quad p_R < \frac{c_M(b+1)}{b-1}$$

handelt es sich bei $p_R^* = \frac{bc_M}{b-1}$ um ein Maximum.

wählen. Sowohl Hersteller als auch Händler erhalten in diesem Fall wenigstens ihren Mindestgewinn. Für $\Pi_M^{Min(K)} + \Pi_R^{Min(K)} > \Pi_T^*$ kommt kein Kooperationsvertrag zustande.

In Tab. 4.52 sind die Lösungen zusammengefasst:

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M + \frac{\Pi_M^{Min(K)}}{q_R}$	–
	maximal	–	$\frac{bc_M}{b-1} - \frac{\Pi_R^{Min(K)}}{q_R^*}$
Herstellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b}$		
Deckungsbeitrag	$\Pi_M^{Min(K)}$	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b} - \Pi_R^{Min(K)}$	
Händler			
Preis	$\frac{bc_M}{b-1}$		
Bestellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b}$		
Deckungsbeitrag	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b} - \Pi_M^{Min(K)}$	$\Pi_R^{Min(K)}$	
Lieferkette			
Deckungsbeitrag	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b}$		

Tab. 4.52: Minimale und maximale Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers

$$\text{mit } \Pi_R^{Min(K)} + \Pi_M^{Min(K)} \leq \frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b}$$

Wird für den Mindestgewinn des Herstellers der optimale Deckungsbeitrag bei Nicht-Kooperation³⁹² zuzüglich eines Aufschlages κ_M für die Kosten der Kooperation gewählt, so beträgt sein zu fordernder Mindestgewinn

$$\Pi_M^{Min(K)} = \frac{a}{b} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{1-b} + \kappa_M. \quad (4.54)$$

Der Mindestgewinn des Händlers wird auf die gleiche Weise festgelegt:

$$\Pi_R^{Min(K)} = \frac{ac_M}{b-1} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b} + \kappa_R. \quad (4.55)$$

Der Hersteller kann somit je nach Verhandlungsposition des Händlers einen Preis im Intervall von

$$p_M \in \left[c_M + \frac{c_M}{b-1} \left(\frac{b}{b-1} \right)^{-b} + \frac{\kappa_M}{q_R}, \quad \frac{bc_M}{b-1} - \frac{bc_M}{(b-1)^2} \left(\frac{b}{b-1} \right)^{-b} - \frac{\kappa_R}{q_R} \right]$$

wählen.³⁹³

³⁹² Siehe S. 159.

³⁹³ (4.54) und (4.55) in (4.53).

Für die Preise der Intervallgrenzen sind die Werte in Tab. 4.53 eingetragen.

Hersteller			
Preis	minimal	$c_M + \frac{c_M}{b-1} \left(\frac{b}{b-1}\right)^{-b} + \frac{\kappa_R}{q_R^*}$	–
	maximal	–	$\frac{bc_M}{b-1} - \frac{bc_M}{(b-1)^2} \left(\frac{b}{b-1}\right)^{-b} - \frac{\kappa_R}{q_R^*}$
Herstellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{-b}$		
Deckungsbeitrag	$\Pi_T^* \left(\frac{b}{b-1}\right)^{-b} + \kappa_M$	$\Pi_T^* \left(1 - \left(\frac{b}{b-1}\right)^{1-b}\right) - \kappa_R$	
Händler			
Preis	$\frac{bc_M}{b-1}$		
Bestellmenge	$a \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{-b}$		
Deckungsbeitrag	$\Pi_T^* \left(1 - \left(\frac{b}{b-1}\right)^{-b}\right) - \kappa_M$	$\Pi_T^* \left(\frac{b}{b-1}\right)^{1-b} + \kappa_R$	
Lieferkette			
Deckungsbeitrag	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{1-b}$		

Tab. 4.53: Minimale und maximale Ausprägungen der Ergebnisse aus Sicht des Herstellers

$$\text{mit } \kappa_M + \kappa_R \leq \frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{1-b}$$

Der Gesamtdeckungsbeitrag erhöht sich demnach um

$$\Delta\Pi_T = \frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{1-b} \left[1 - \frac{2b-1}{b-1} \left(\frac{b}{b-1}\right)^{-b}\right], \quad (4.56)$$

wenn sich Hersteller und Händler entschließen, zu kooperieren.³⁹⁴ Das bedeutet, dass der Gesamtdeckungsbeitrag bei Nicht-Kooperation immer um den Faktor

$$\frac{b^b(b-1)^{1-b}}{2b-1} \quad (4.57)$$

gesteigert werden kann.

Solange für die Kooperationskosten

$$\kappa_R + \kappa_M \leq \Delta\Pi_T$$

gilt, können sie durch den zusätzlichen Gesamtdeckungsbeitrag gedeckt werden und eine Kooperation kommt zustande.

³⁹⁴ Gesamtdeckungsbeitrag bei Kooperation abzüglich des Gesamtdeckungsbeitrags bei Nicht-Kooperation. Der Gesamtdeckungsbeitrag bei Nicht-Kooperation findet sich in Tab. 4.46, S. 159.

Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^K$: Bei Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^K$ muss der Händler seine Produkte zu einem extern vorgegebenen Preis \bar{p}_R verkaufen. Der Gesamtdeckungsbeitrag, der aufgrund des vorgegebenen Preises erreicht werden kann, entspricht³⁹⁵

$$\Pi_T^* = (\bar{p}_R - c_M) a \bar{p}_R^{(-b)}.$$

Dieser Gesamtdeckungsbeitrag muss nun aufgeteilt werden, wobei Hersteller und Händler wenigstens die Mindestgewinne aus dem nicht-kooperativen Fall zuzüglich der anfallenden Kooperationskosten erhalten müssen.³⁹⁶ Die Mindestgewinne der beiden Parteien lauten somit

$$\Pi_M^{Min(K)} = (\bar{p}_R - c_M) a \bar{p}_R^{(-b)} - (\Pi_R^{Min} + \kappa_R) + \kappa_M$$

und

$$\Pi_R^{Min(K)} = \Pi_R^{Min} + \kappa_R.$$

Da die Summe der geforderten Mindestgewinne höher ist als der Gesamtdeckungsbeitrag, werden Hersteller und Händler nicht kooperieren.³⁹⁷

Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$: Bei den Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$ muss der Händler seine Produkte zu dem vom Hersteller vorgegebenen Preis \bar{p}_R verkaufen. Der Gesamtdeckungsbeitrag, der aufgrund des vom Hersteller vorgegebenen Preises $\bar{p}_R = \frac{bc_M}{b-1}$ erreicht werden kann, entspricht

$$\Pi_T^* = \frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b}.$$

Dieser Gesamtdeckungsbeitrag ist auf Hersteller und Händler aufzuteilen, wobei Hersteller und Händler wenigstens die Mindestgewinne aus dem nicht-kooperativen Fall zuzüglich der anfallenden Kooperationskosten erhalten müssen. Die Mindestgewinne der beiden Parteien lauten demnach

$$\Pi_M^{Min(K)} = \frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b} - (\Pi_R^{Min} + \kappa_R) + \kappa_M$$

³⁹⁵ Nach (4.52) mit $p_R = \bar{p}_R$. Der vorgegebene Preis \bar{p}_R ist identisch mit dem vorgegebenen Preis bei Nicht-Kooperation.

³⁹⁶ Siehe Tab. 4.47, S. 161. Die Mindestgewinne entsprechen den Deckungsbeiträgen, welche die Parteien erhalten, wenn der Hersteller den für ihn optimalen Preis p_M^* wählt.

³⁹⁷ Es ist unerheblich, welchen Preis p_M der Hersteller letztendlich wählen wird. Da der Gesamtdeckungsbeitrag bei Nicht-Kooperation und Kooperation jeweils gleich hoch ist und schon bei Nicht-Kooperation der Gesamtdeckungsbeitrag auf beide Parteien vollständig aufgeteilt worden ist, können anfallende Kooperationskosten nicht mehr gedeckt werden.

und

$$\Pi_R^{Min(K)} = \Pi_R^{Min} + \kappa_R.$$

Kosten, die durch die Kooperation anfallen, können somit nicht gedeckt werden, ohne dass eine Partei schlechter gestellt würde. Eine Kooperation wird deshalb weder bei Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^K$ noch bei Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^K$ erfolgen.

Zwischenfazit Es lässt sich abschließend feststellen, dass Hersteller und Händler nur dann kooperieren werden, wenn die Preise und Mengen durch die Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$ festgelegt werden. Bekommt der Händler einen Preis extern oder vom Hersteller vorgegeben (Berechnungsmöglichkeiten $2_{d,2}^K$ bzw. $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$), lohnt sich eine Kooperation nicht, da beide Parteien gerade den Deckungsbeitrag bei Nicht-Kooperation erhalten (für $\kappa_M = \kappa_R = 0$) bzw., wenn Kooperationskosten anfallen, diese nicht gedeckt werden können, da der aufzuteilende Gesamtdeckungsbeitrag zu gering ist.

4.2.1.2 Beispielhafte Illustration

Die unter Abschnitt 4.2.1.1³⁹⁸ algebraisch ermittelten Ergebnisse für die einzelnen Berechnungsmöglichkeiten bei Nicht-Kooperation und Kooperation werden nachstehend anhand von Beispielen illustriert.

Dazu werden folgende Werte für die beispielhafte Illustration gewählt:

	Parameter
Hersteller	$c_M = 3$ $\gamma_M = 2$ $\kappa_M = 5$ $\Pi_M^{Min} = 35$
Händler	$c_R = p_M$ $\kappa_R = 5$ $\Pi_R^{Min} = 25$
Preis-Absatz-Funktion	$a = 10\,000$ $b = 3$

Tab. 4.54: Parameterwahl für das Beispiel 4.2.1-1

³⁹⁸ Siehe S. 155 ff.

Die nicht-kooperative Kette

Im Fall der nicht-kooperativen Kette ist zwischen dem Vorliegen von lokaler Informationen und globaler Informationen zu unterscheiden.

Deckungsbeiträge bei lokaler Information Bei lokaler Information kann der Hersteller seinen Deckungsbeitrag nicht maximieren, da ihm keine Informationen darüber vorliegen, in welcher Höhe der Händler Produkte bei ihm bestellen wird. Somit kann er lediglich einen Preis $p_M^{(*)}$ fordern, der sich aus seinen Produktionskosten zuzüglich eines Aufschlags γ_M zusammensetzt.³⁹⁹ In diesem Beispiel wählt der Hersteller einen 100%igen Aufschlag ($\gamma_M = 2$) auf seine Produktionskosten, so dass sein geforderter Preis $p_M^{(*)} = c_M \cdot \gamma_M = 6,00$ beträgt.

Der Händler kennt hingegen die Nachfragefunktion der Konsumenten mit

$$d(p_R) = 10\,000 p_R^{-3}.$$

Er wählt deshalb, in Abhängigkeit des vom Hersteller geforderten Preises $p_M^{(*)}$, die Preis-/Mengenkombination

$$\left(\frac{3p_M^{(*)}}{2}, 10\,000 \left(\frac{3p_M^{(*)}}{2} \right)^{-3} \right),$$

welche seinen Deckungsbeitrag maximiert.⁴⁰⁰

Fordert der Hersteller den Preis $p_M^{(*)} = 6,00$, so bestellt der Händler beim Hersteller eine Menge von $q_R^*(6,00) = 13,72$, die er zu einem Preis von $p_R^*(6,00) = 9,00$ an die Konsumenten verkaufen wird. Insgesamt erhält der Händler einen Deckungsbeitrag von $\Pi_R^* = 41,15$. Da der Hersteller nur die bestellte Menge von 13,72 produziert, beläuft sich sein Deckungsbeitrag auf $\Pi_M^* = 41,15$.⁴⁰¹ Sowohl Hersteller als auch Händler erhalten einen Deckungsbeitrag, der jeweils höher als ihr geforderter Mindestgewinn ist.

Die folgende Tabelle soll illustrieren, wie sich die Ergebnisse ändern, wenn der Hersteller einen anderen Aufschlag wählen würde. Dazu zeigt Tab. 4.55 für verschiedene Aufschläge des Herstellers die daraus resultierenden Preise, Mengen und Deckungsbeiträge.⁴⁰²

³⁹⁹ Siehe 4.2.1.1, S. 155 ff.

⁴⁰⁰ Siehe (4.38), S. 155. Die sich daraus resultierende Menge ergibt sich aus

$$q_R^*(p_M) := d(p_R^*(p_M)) = a (p_R^*(p_M))^{-b}.$$

⁴⁰¹ Die Werte ergeben sich durch Einsetzen der Parameterwerte in Tab. 4.45, S. 156.

⁴⁰² Die Aufschläge γ_M wurden beliebig gewählt.

Hersteller						
Aufschlag	1,05	1,10	1,50	2,00	2,30	2,50
Preis	(3,15)	(3,30)	4,50	6,00	6,90	(7,50)
Herstellmenge	(94,80)	(82,45)	32,52	13,72	9,02	(7,02)
Deckungsbeitrag	(14,22)	(24,73)	48,77	41,15	35,18	(31,60)
Händler						
Preis	(4,73)	(4,95)	6,75	9,00	10,35	(11,25)
Bestellmenge	(94,80)	(82,45)	32,52	13,72	9,02	(7,02)
Deckungsbeitrag	(149,31)	(136,04)	73,16	41,15	31,12	(26,34)
Lieferkette						
Deckungsbeitrag	(163,52)	(160,78)	121,93	82,30	66,29	(57,94)

Tab. 4.55: Lösungen für verschiedene Aufschläge γ_M

Tab. 4.55 zeigt, dass der Händler jeden Preis des Herstellers akzeptieren wird, der aus dem in der Tabelle genannten Aufschlag γ_M resultiert, da er stets einen höheren Deckungsbeitrag erhält als er fordert ($\Pi_R^{Min} = 25$). Da aber der Händler für bestimmte vorgeschlagene Preise p_M aus Sicht des Herstellers eine zu geringe Menge von Produkten bestellt, wird der Hersteller eine Zusammenarbeit mit dem Händler in diesen Fällen ablehnen, da er seinen Mindestgewinn nicht erhalten kann. Lösungen, die nicht akzeptiert werden, sind deshalb in Klammern gesetzt.

Die Entscheidung des Herstellers, einen Aufschlag von $\gamma_M = 2$ zu wählen, stellt sich im Nachhinein als keine optimale Entscheidung dar. Bei einem Aufschlag von $\gamma_M = 1,50$ hätte er einen höheren Deckungsbeitrag erhalten.

Der Händler erhält den höchsten Deckungsbeitrag, wenn der Preis des Herstellers nahezu dessen Herstellkosten entspricht. Der Deckungsbeitrag Π_R fällt mit steigendem Aufschlag und auch der Gesamtdeckungsbeitrag nimmt mit zunehmendem Aufschlag ab.

Deckungsbeiträge bei globaler Information Für die beispielhafte Illustration beim Vorliegen globaler Informationen ist zwischen den vier Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^{nK}$ bis $4_{d,2}^{nK}$ zu unterscheiden.

- **Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$** Bei dieser Berechnungsmöglichkeit optimieren Hersteller und Händler jeweils für sich ihren Deckungsbeitrag, wobei der Hersteller aufgrund seiner Informationen antizipieren kann, welche Menge der Händler bei ihm bestellen wird. Bei der Maximierung seines Deckungsbeitrags muss der Hersteller beachten, dass sein Mindestgewinn und der Mindestgewinn des Händlers eingehalten werden.⁴⁰³

⁴⁰³ Siehe Abschnitt 4.2.1.1, Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$, S. 157 ff.

Die gegebenen Parameterwerte können in Tab. 4.46⁴⁰⁴ eingesetzt werden, so dass die optimalen Werte dieses Beispiels wie folgt lauten:

Hersteller	
Preis	4,50
Herstellmenge	32,52
Mindestgewinn	35,00
Deckungsbeitrag	48,77
Händler	
Preis	6,75
Bestellmenge	32,52
Mindestgewinn	25,00
Deckungsbeitrag	73,16
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	121,93

Tab. 4.56: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.2.1-1

Der Hersteller erhält den für ihn maximal möglichen Deckungsbeitrag von $\Pi_M^* = 48,77$, der 40% über seinem geforderten Mindestgewinn liegt. Der Händler hingegen bekommt bei Zugrundelegung von Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ nahezu das Dreifache seines geforderten Mindestgewinns.

- **Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$** Bei dieser Berechnungsmöglichkeit wird dem Händler der Preis $\bar{p}_R = 6,75$ extern vorgeschrieben.⁴⁰⁵ Damit steht die von den Konsumenten nachgefragte Menge von $d(\bar{p}_R) = 32,52$ fest.⁴⁰⁶ Diese Menge muss der Händler deshalb beim Hersteller bestellen.

Der Hersteller antizipiert die vom Händler bestellte Menge und maximiert seinen Deckungsbeitrag unter der Bedingung, dass die Mindestgewinne $\Pi_R^{Min} = 25$ und $\Pi_M^{Min} = 35$ eingehalten werden.

Es ergeben sich somit folgende Lösungen:

⁴⁰⁴ Siehe S. 159.

⁴⁰⁵ Dieser entspricht zur besseren Vergleichbarkeit dem optimalen Preis p_R^* aus Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$.

⁴⁰⁶ Dies ergibt sich aus der Nachfragefunktion mit $d(\bar{p}_R) = a\bar{p}_R^{(-b)}$.

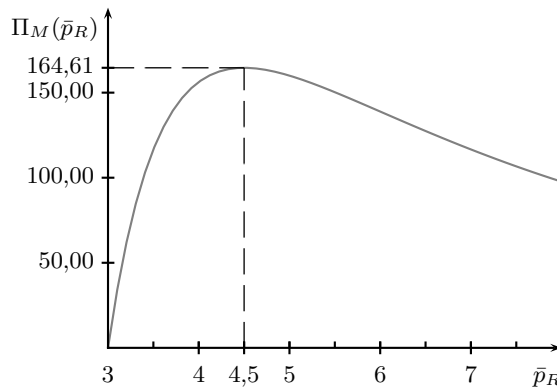
Hersteller			
Preis	minimal	4,08	–
	optimal	–	5,98
Herstellmenge		32,52	
Mindestgewinn		35,00	
Deckungsbeitrag		35,00	96,93
Händler			
Preis		6,75	
Bestellmenge		32,52	
Mindestgewinn		25,00	
Deckungsbeitrag		86,93	25,00
Lieferkette			
Deckungsbeitrag		121,93	

Tab. 4.57: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.2.1-1

Der Händler erhält einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns, der Hersteller sogar nahezu das Dreifache seines Mindestgewinns, wenn der Hersteller den für ihn optimalen Preis p_M^* wählt.

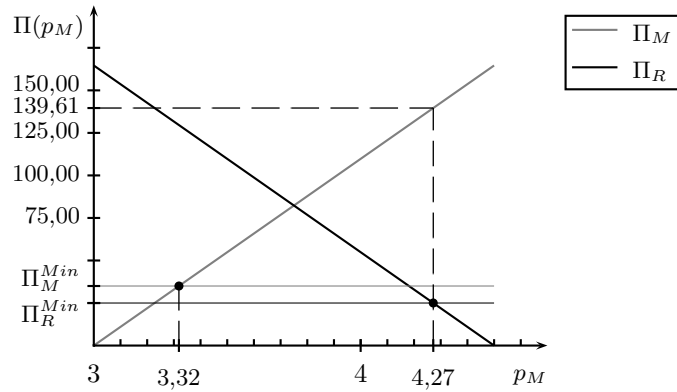
- **Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$** Der Hersteller schreibt bei Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ dem Händler einen Preis vor, zu dem er die Produkte an die Konsumenten zu verkaufen hat.

Um dem Händler den Preis vorschreiben zu können, bei welchem der Hersteller seinen maximalen Deckungsbeitrag erhält, muss der Hersteller seinen Deckungsbeitrag maximieren. Dabei simuliert er zunächst die Situation, in welcher er selbst direkt an die Konsumenten verkaufen würde. Dieser Deckungsbeitrag ist in Abb. 4.31(a) dargestellt.⁴⁰⁷



(a) Deckungsbeitrag des Herstellers, falls er direkt an die Konsumenten verkauft

⁴⁰⁷ $\Pi_M(\bar{p}_R) = (\bar{p}_R - 3) \cdot 10\,000\bar{p}_R^{(-3)}$.



(b) Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler bei vorgegebenem Preis $\bar{p}_R = 4,5$ sowie deren jeweilige Mindestgewinne

Abb. 4.31: Darstellung des Beispiels 4.2.1-1 für Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$

Dort ist auch abzulesen, dass der Hersteller bei einem Preis von $\bar{p}_R^* = 4,50$ den maximalen Deckungsbeitrag erhält. Diesen Preis gibt er dem Händler als Endverkaufspreis vor. In Abb. 4.31(b) sind die Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler dargestellt, die aus dem vorgegebenen Preis $\bar{p}_R^* = 4,50$ resultieren.⁴⁰⁸ Aufgrund der geforderten Mindestgewinne kann der Hersteller nur den Preis $p_M^* = 4,27$ verlangen, bei dem der Deckungsbeitrag des Händlers gerade seinem Mindestgewinn Π_R^{Min} entspricht. Der Hersteller erhält indes den maximal möglichen Deckungsbeitrag.

Insgesamt kann der Hersteller einen Preis aus dem Intervall $p_M \in [3,32, 4,27]$ wählen, damit sowohl er als auch der Händler wenigstens ihren jeweiligen Mindestgewinn erhalten. Tab. 4.58 fasst die Ergebnisse für die Grenzen des Preisintervalls zusammen.

Hersteller			
Preis	minimal	3,32	–
	optimal	–	4,27
Herstellmenge	109,74		
Mindestgewinn	35,00		
Deckungsbeitrag	35,00	139,61	
Händler			
Preis	4,50		
Bestellmenge	109,74		
Mindestgewinn	25,00		
Deckungsbeitrag	129,61	25,00	
Lieferkette			
Deckungsbeitrag	164,61		

Tab. 4.58: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.2.1-1

⁴⁰⁸ $\Pi_M(p_M) = (p_M - 3) \cdot 10000 \cdot 4,5^{(-3)}$, $\Pi_R(p_M) = (4,5 - p_M) \cdot 10000 \cdot 4,5^{(-3)}$.

Durch Festlegen eines für den Hersteller optimalen Verkaufspreises \bar{p}_R^* kann er seinen Deckungsbeitrag im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$ noch einmal steigern. Der Händler erhält indes wieder nur einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns.

- **Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$** Bei Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ legt der Hersteller seinen eigenen Preis und den Verkaufspreis des Händler zeitgleich fest. Der Hersteller maximiert seinen Deckungsbeitrag bei Wahl der Preise

$$(\bar{p}_R^* = 4,50, p_M^* = 4,27).^{409}$$

Tab. 4.59 zeigt die optimalen Ergebnisse dieser Berechnungsmöglichkeit.

Hersteller	
Preis	4,27
Herstellmenge	109,74
Mindestgewinn	35,00
Deckungsbeitrag	139,61
Händler	
Preis	4,50
Bestellmenge	109,74
Mindestgewinn	25,00
Deckungsbeitrag	25,00
Lieferkette	
Deckungsbeitrag	164,61

Tab. 4.59: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.2.1 -1

Diese Ergebnisse entsprechen der optimalen Lösung aus Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$.

Die kooperative Kette

Entsprechend der Illustration einer nicht-kooperativen Kette soll nachfolgend in gleicher Weise auf eine kooperative Kette eingegangen und diese anhand von Beispielen illustriert werden.

Hersteller und Händler werden dann kooperieren, wenn sie unter Berücksichtigung von Kooperationskosten höhere Deckungsbeiträge erhalten als ohne Kooperation.

Die beispielhafte Illustration der folgenden Berechnungsmöglichkeiten stützt sich auf die in Tab. 4.54 genannten Parameterwerte. Lediglich die Mindestgewinne von Hersteller und Händler werden für jede der vier Berechnungsmöglichkeiten angepasst. Sie entsprechen jeweils den

⁴⁰⁹ Einsetzen der Parameterwerte in (4.48), S. 164.

Deckungsbeiträgen, die Hersteller und Händler erhalten, wenn der Hersteller den optimalen Preis p_M^* bei Nicht-Kooperation wählt, zuzüglich der jeweiligen Kosten, die durch die Kooperation entstehen ($\kappa_M = \kappa_R = 5$)⁴¹⁰.

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$ Kooperieren beide Parteien, so kann maximal ein Gesamtdeckungsbeitrag von

$$\Pi_T = \frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b} = 164,61$$

erzielt werden.⁴¹¹ Dieser kann unter den Parteien aufgeteilt werden. Damit jede der Parteien wenigstens ihren Mindestgewinn von

$$\Pi_R^{Min(K)} = \Pi_R^{Min} + \kappa_R = 73,16 + 5 = 78,16 \text{ bzw.}$$

$$\Pi_M^{Min(K)} = \Pi_M^{Min} + \kappa_M = 48,77 + 5 = 53,77$$

erhält,⁴¹² muss der Hersteller seinen Preis zwischen 3,49 und 3,79 wählen:⁴¹³

Hersteller			
Preis	minimal	3,49	–
	maximal	–	3,79
Herstellmenge		109,74	
Mindestgewinn		53,77	
Deckungsbeitrag		53,77	86,45
Händler			
Preis		4,50	
Bestellmenge		109,74	
Mindestgewinn		78,16	
Deckungsbeitrag		110,84	78,16
Lieferkette			
Deckungsbeitrag		164,61	

Tab. 4.60: Ergebnisse der $1_{d,2}^K$ für das Beispiel 4.2.1-1

Durch die Kooperation kann ein zusätzlicher Deckungsbeitrag von $\Delta\Pi_T = 42,68$ erwirtschaftet bzw. der Gesamtdeckungsbeitrag der Nicht-Kooperation um 35 % gesteigert werden.⁴¹⁴ Da die Kooperation aber jedem Kettenglied Kosten von $\kappa_R = \kappa_M = 5$ verursacht, können sich Hersteller und Händler insgesamt nur einen Deckungsbeitrag von 32,68 teilen.

⁴¹⁰ Siehe Tab. 4.54, S. 171.

⁴¹¹ Siehe (4.52), S. 167.

⁴¹² In Tab. 4.56, S. 174, sind die Mindestgewinne zu finden, die der Hersteller und der Händler bei Nicht-Kooperation erhalten würden.

⁴¹³ Siehe Tab. 4.52, S. 168, für die algebraische Lösung.

⁴¹⁴ Siehe (4.56) und (4.57), S. 169. Der Gesamtdeckungsbeitrag bei Nicht-Kooperation betrug 121,93.

Beispielhafte Illustration für die Berechnungsmöglichkeiten $2_{d,2}^K$, $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$ Die algebraischen Lösungen dieser Berechnungsmöglichkeiten haben gezeigt,⁴¹⁵ dass Hersteller und Händler nicht kooperieren werden, da sie ihre geforderten Mindestgewinne nicht erhalten.

4.2.1.3 Fazit

Im Abschnitt 4.2.1 wurden jeweils für eine nicht-kooperative und eine kooperative Kette optimale Deckungsbeiträge algebraisch hergeleitet und beispielhaft illustriert.

Bei der nicht-kooperativen Kette wurde zudem unterschieden, ob lokale oder globale Informationen vorlagen.

Ob bei lokaler Information ein Vertrag zwischen Hersteller und Händler zustande kommt, hängt im Wesentlichen vom geforderten Preis des Herstellers ab, der sich aus seinen Kosten zuzüglich eines Aufschlags sowie den geforderten Mindestgewinnen der beiden Parteien zusammensetzt. Der Deckungsbeitrag des Herstellers muss nicht optimal sein, da er nicht weiß, wieviele Einheiten der Händler bei einem geforderten Preis bestellen wird. Der Händler hingegen kann für den geforderten Preis p_M die Menge bestimmen, die seinen Deckungsbeitrag maximiert.

Bei globaler Information wurden vier Berechnungsmöglichkeiten vorgestellt. Bei Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ erhält sowohl der Hersteller als auch der Händler einen Deckungsbeitrag, der mindestens über dem jeweilig geforderten Mindestgewinn liegt, wenn

$$\Pi_R^{Min} \leq \frac{abc_M}{(b-1)^2} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b} \quad \text{und}$$

$$\Pi_M^{Min} \leq \frac{ac_M}{b-1} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$$

gilt.

Wird der Verkaufspreis des Händlers extern vorgegeben (Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$), erhält der Händler gerade einen Deckungsbeitrag in Höhe seines geforderten Mindestgewinns, der Hersteller hingegen den restlichen Deckungsbeitrag.⁴¹⁶ Für dieses Beispiel entspricht das Ergebnis des Gesamtdeckungsbeitrags dem Ergebnis der Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$.

Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ und $4_{d,2}^{nK}$, bei denen der Hersteller dem Händler einen Preis vorschreibt, unterscheiden sich lediglich hinsichtlich der Berechnung des vorgeschriebenen Preises \bar{p}_R , nicht aber im Ergebnis. Auch hier erhält der Händler einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns. Allerdings steigt der Deckungsbeitrag des Herstellers im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$, da auch der Gesamtdeckungsbeitrag erhöht wird. Im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ steigt der Gesamtdeckungsbeitrag um das

$$\frac{(b-1)^{(1-b)} b^b}{2b-1} \text{-fache.}$$

⁴¹⁵ Siehe S. 170 f.

⁴¹⁶ Solange $\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} \leq \Pi_T$ gilt.

Die Deckungsbeiträge von Händler und Hersteller sowie der Gesamtdeckungsbeitrag sind für die vier Berechnungsmöglichkeiten des vorgestellten Beispiels noch einmal kurz in Tab. 4.61 zusammengefasst:⁴¹⁷

	Berechnungsmöglichkeit			
	$1_{d,2}^{nK}$	$2_{d,2}^{nK}$	$3_{d,2}^{nK}$	$4_{d,2}^{nK}$
Π_M	48,77	96,93	139,61	139,61
Π_R	73,16	25,00	25,00	25,00
Π_T	121,93	121,93	164,61	164,61

Tab. 4.61: Zusammenfassung der Ergebnisse bei globaler Information für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^{nK}$ bis $4_{d,2}^{nK}$

Aus Tab. 4.61 lässt sich schließen, dass der Händler Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ vorziehen wird. Bei den übrigen Berechnungsmöglichkeiten profitiert allein der Hersteller, wobei er den höchsten Deckungsbeitrag bei Anwendung von Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ und Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$ erzielt.

In Abschnitt 4.2.1 wurde weiter festgestellt, dass eine Kooperation nicht bei jeder Berechnungsmöglichkeit sinnvoll ist. Nur bei Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ kann durch das Kooperieren der Kettenglieder ein zusätzlicher Deckungsbeitrag von

$$\Delta\Pi_T = \frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{1-b} \left[1 - \frac{2b-1}{b-1} \left(\frac{b}{b-1} \right)^{-b} \right],$$

erwirtschaftet werden, der auch die Kooperationskosten deckt, sofern

$$\kappa_R + \kappa_M \leq \Delta\Pi_T$$

gilt. Bei den Berechnungsmöglichkeiten $2_{d,2}^{nK}$, $3_{d,2}^{nK}$ und $4_{d,2}^{nK}$ kommt keine Kooperation zustande, da dadurch kein zusätzlicher Deckungsbeitrag erwirtschaftet werden kann. Anfallende Kooperationskosten können somit nicht gedeckt werden.

In Tab. 4.62 sind die Ergebnisse analog zur Tab. 4.61 für den Fall einer Kooperation zusammengefasst.

	Berechnungsmöglichkeit			
	$1_{d,2}^K$	$2_{d,2}^K$	$3_{d,2}^K$	$4_{d,2}^K$
Π_M	86,45	0,00	0,00	0,00
Π_R	78,16	0,00	0,00	0,00
Π_T	164,61	0,00	0,00	0,00

Tab. 4.62: Zusammenfassung der Ergebnisse bei Kooperation für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{d,2}^K$ bis $4_{d,2}^K$

⁴¹⁷ Die Ergebnisse entsprechen den Werten der Tab. 4.56 bis Tab. 4.59, wenn der Hersteller den für ihn optimalen Preis p_M^* wählt.

Hier wird auch für das vorgestellte Beispiel bestätigt, dass nur durch die Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$ der Hersteller und der Händler positive Deckungsbeiträge erhalten. Für den Fall, dass die Berechnungsmöglichkeiten $2_{d,2}^K$, $3_{d,2}^K$ oder $4_{d,2}^K$ angewandt werden, erhalten weder der Hersteller noch der Händler einen Deckungsbeitrag. Sie können sich durch eine Kooperation nicht besser stellen und werden demzufolge nicht kooperieren.

4.2.2 Stochastische Marktnachfrage

Im Anschluss an die Betrachtung einer deterministischen Marktnachfrage werden in diesem Abschnitt für eine stochastische Marktnachfrage bei einer multiplikativen Nachfragefunktion die schon in Abschnitt 4.1.2.1 beschriebenen Berechnungsmöglichkeiten vorgestellt,⁴¹⁸ mittels welcher Hersteller und Händler ihre (erwarteten) Deckungsbeiträge maximieren können, wenn sich der Händler einer stochastischen und der Hersteller einer deterministischen Nachfrage gegenüber sieht.

Zunächst wird eine nicht-kooperative Kette betrachtet, dann eine kooperative Kette. Abschließend werden die Ergebnisse von Nicht-Kooperation und Kooperation verglichen.

4.2.2.1 Modellierung mit Restriktionen

Im Abschnitt 4.1.2.1⁴¹⁹ wurde für eine lineare Nachfragefunktion und einen allgemein verteilten Nachfrageschock der Versuch unternommen, algebraische Lösungen für eine nicht-kooperative sowie eine kooperative Kette vorzustellen. Analog zu der dort beschriebenen Problematik kann auch bei einer multiplikativen Nachfragefunktion zwar für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ und $1_{s,2}^K$ eine algebraische Lösung angeboten werden,⁴²⁰ nicht aber für die Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ bzw. $2_{s,2}^K$ bis $4_{s,2}^K$. Es sollen im nachfolgenden Abschnitt deshalb für den normalverteilten Nachfrageschock anhand von Zahlenbeispielen Lösungen für die nicht-kooperative und die kooperative Kette beschrieben werden.

4.2.2.2 Beispielhafte Illustration

Für die beispielhafte Illustration einer nicht-kooperativen und einer kooperativen Kette bei stochastischer Nachfrage werden in diesem Abschnitt folgende Parameter gewählt:

⁴¹⁸ Siehe S. 108 für eine nicht-kooperative Kette und S. 115 für eine kooperative Kette.

⁴¹⁹ Siehe S. 108 ff.

⁴²⁰ Die Herleitung und Lösung für die Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ ist unter A.2.6, S. 405 ff., angegeben, für Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ unter A.2.7, S. 408 ff.

	Parameter	Zugewiesene Werte für Beispiel 1
Nachfragefunktion	a	10 000
	b	3
Kosten	c_M	3
	c_R	p_M
	c_u	3
	c_o	1
Normalverteilung	μ	1,1
	σ	0,2
	A	0,094
	B	2,106
Mindestgewinn	Π_R^{Min}	20
	Π_M^{Min}	35

Tab. 4.63: Parameterwahl für das Beispiel 4.2.2-1

Die nicht-kooperative Kette

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit 1_{s,2}^{nK} Der Händler beachtet bei Berechnungsmöglichkeit 1_{s,2}^{nK} nur insofern die stochastische Marktnachfrage, als er lediglich den Mittelwert μ der Verteilungsfunktion in seine Berechnung einbezieht. Sein erwarteter Deckungsbeitrag lautet demnach

$$E[\Pi_R] = (p_R - p_M) \cdot a p_R^{(-b)} \mu$$

$$E[\Pi_R] = (p_R - p_M) \cdot 10\,000 p_R^{-3} \cdot 1,1.$$

Um den maximalen erwarteten Deckungsbeitrag zu erhalten, muss dieser bezüglich des Preises p_R abgeleitet, null gesetzt und nach p_R aufgelöst werden:

$$E[\Pi_R] = \max_{p_R} ((p_R - p_M) \cdot 10\,000 p_R^{-3} \cdot 1,1)$$

$$\frac{\partial E[\Pi_R]}{\partial p_R} = \frac{1\,000(33p_M - 22p_R)}{p_R^4} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Leftrightarrow p_R^* = \frac{3p_M}{2}.^{421}$$

Der optimale Preis des Händlers beträgt demnach bei dieser Berechnungsmöglichkeit immer das 1,5-fache des vom Hersteller geforderten Preises.⁴²²

Die optimale Bestellmenge des Händlers ergibt sich zu

$$q_R^* = ap_R^{*(-b)}\mu = 10\,000 \left(\frac{3p_M}{2}\right)^{-3} \cdot 1,1 = \frac{88\,000}{27p_M^3}.$$

Der Hersteller antizipiert die vom Händler nachgefragte Menge q_R^* und optimiert dementsprechend seinen Deckungsbeitrag, wobei er wieder die geforderten Mindestgewinne beachten muss:

$$\Pi_M = (p_M - c_M) \cdot q_R^* \tag{4.58}$$

$$\begin{aligned} \text{u. d. NB. } E[\Pi_R] &\geq \Pi_R^{Min} \\ \Pi_M &\geq \Pi_M^{Min}. \end{aligned}$$

Die Lösung von (4.58) erfolgt mit Hilfe der Kuhn-Tucker-Bedingungen.⁴²³

In Abb. 4.32 werden die (erwarteten) Deckungsbeitragsfunktionen von Händler und Hersteller dargestellt. Die waagerechten Linien repräsentieren die Deckungsbeiträge, die die Parteien jeweils mindestens erhalten wollen.

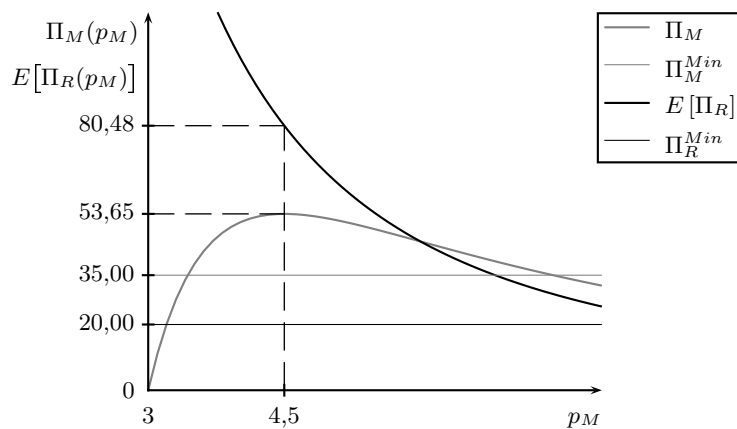


Abb. 4.32: Darstellung des Beispiels 4.2.2-1 für Berechnungsmöglichkeit 1^{nK}_{s,2}

In Abb. 4.32 ist abzulesen, dass der Hersteller den Preis $p_M^* = 4,50$ wählen wird, da dieser seinen Deckungsbeitrag maximiert. Bei diesem Preis erhalten sowohl der Hersteller als auch der Händler einen höheren Deckungsbeitrag als sie gefordert haben.

Die optimalen Ergebnisse dieser Berechnungsmöglichkeit sind in Tab. 4.64 angegeben.

⁴²¹ An der Stelle p_R^* liegt ein Maximum vor, da

$$\frac{\partial^2 E[\Pi_R]}{\partial p_R^2} = -\frac{66\,000(2p_M - p_R)}{p_R^5} < 0 \text{ und } p_R \leq p_M$$

gilt.

⁴²² Der optimale Preis p_R^* des Händlers entspricht für diese Berechnungsmöglichkeit dem optimalen Preis $p_R^* = \frac{2p_M}{5-1}$ bei deterministischer Nachfrage. Vergleiche dazu (4.40), S. 157, und (A.2), S. 405.

⁴²³ Siehe (4.6), S. 69.

Hersteller	
Preis	4,50
Herstellmenge	35,77
Mindestgewinn	35,00
Deckungsbeitrag	53,65
Händler	
Preis	6,75
Bestellmenge	35,77
Mindestgewinn	20,00
Erw. Deckungsbeitrag	80,48
Lieferkette	
Erw. Deckungsbeitrag	134,13

Tab. 4.64: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{\text{nk}}$ für das Beispiel 4.2.2-1

Die gewählten Preise des Herstellers und des Händlers sind identisch mit denen bei einer deterministischen Marktnachfrage. Allerdings unterscheidet sich die nachgefragte Menge um den Faktor μ . Damit entsprechen die Deckungsbeiträge beider Parteien nicht in jedem Fall denen bei einer deterministischen Marktnachfrage. Allein bei $\mu = 1$ sind die optimalen Ergebnisse bei einer stochastischen und einer deterministischen Marktnachfrage gleich.⁴²⁴

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{\text{nk}}$ Bei Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{\text{nk}}$ erhält der Händler seinen Endverkaufspreis extern mit $\bar{p}_R = 6,75$ vorgeschrieben.⁴²⁵ Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers lautet⁴²⁶

$$E[\Pi_R] = (p_M - \bar{p}_R)d(\bar{p}_R)\mu - d(\bar{p}_R) \left[(p_M + c_o) \int_A^{z_M} (z_M - \bar{\epsilon})f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} + (\bar{p}_R - p_M + c_u) \int_{z_M}^B (\bar{\epsilon} - z_M)f(\bar{\epsilon}) d\bar{\epsilon} \right] \quad (4.59)$$

$$E[\Pi_R] = 84,95 - 27,89 e^{-12,5(z_R-1,1)^2} - p_M(0,00002 + 32,52z_R) + 142,26z_R + (192,25 - 174,77z_R)\text{Erf}(3,54(z_R - 1,1)).$$

Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers ist also abhängig vom antizipierten Schock z_R und dem Preis p_M des Herstellers.

In Abb. 4.33 ist der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers auf zwei verschiedene Weisen dargestellt: zum einen in Abhängigkeit von z_R und p_M in Abb. 4.33(a) und zum anderen als Querschnitt für ausgewählte $p_M \in [c_M, \bar{p}_R]$ in Abb. 4.33(b).

⁴²⁴ Siehe dazu auch unter A.2.6, S. 405 ff.

⁴²⁵ Die detaillierten Berechnungen sind für diese Berechnungsmöglichkeit unter B.3.6, S. 514 ff., aufgeführt.

⁴²⁶ Siehe (3.30), S. 47. Allerdings verkauft nicht mehr der Hersteller die Produkte an die Endkunden, sondern der Händler. Die Kosten c_R des Händlers entsprechen dem Verkaufspreis des Herstellers mit $c_R := p_M$.

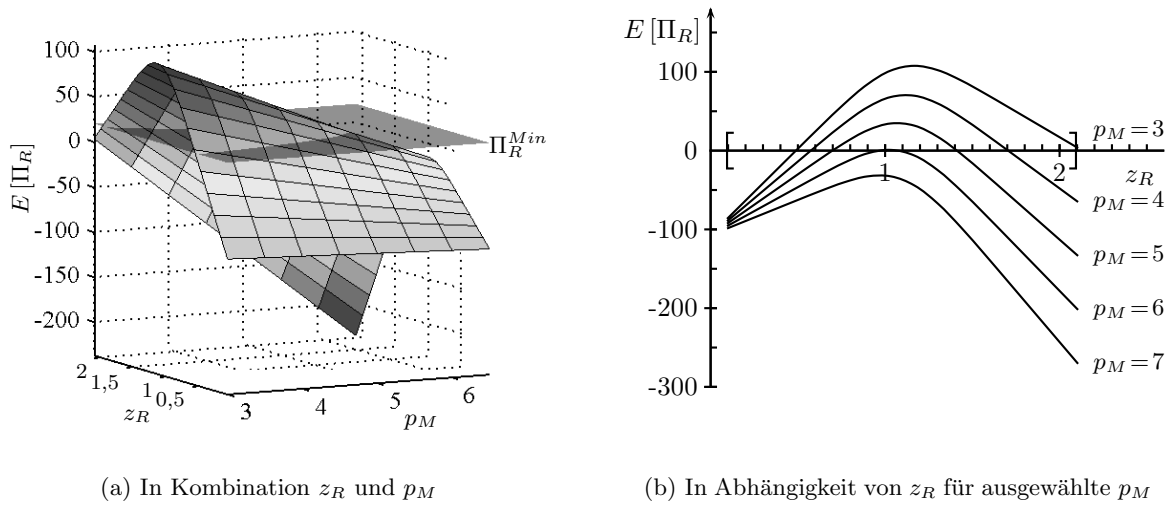


Abb. 4.33: Erwarteter Deckungsbeitrag des Händlers

Abb. 4.33(b) lässt deutlich erkennen, dass der Händler selbst bei einem sehr niedrigen Preis p_M einen negativen Deckungsbeitrag erwartet, wenn der Nachfrageschock ϵ schlecht durch z_R antizipiert wird.

Antizipiert der Händler den Schock durch

$$z_R^*(p_M) = 1,1 + 0,28\text{Erf}^{-1}(0,81 - 0,18p_M), \tag{4.60}$$

so erhält er jeweils seinen maximalen erwarteten Deckungsbeitrag.

Der Händler wird wegen (4.60) immer eine größere Menge beim Hersteller bestellen, als die Kernnachfragefunktion angibt. Allerdings wird der antizipierte Schock mit steigendem Preis p_M kleiner, wie Abb. 4.34 zeigt.

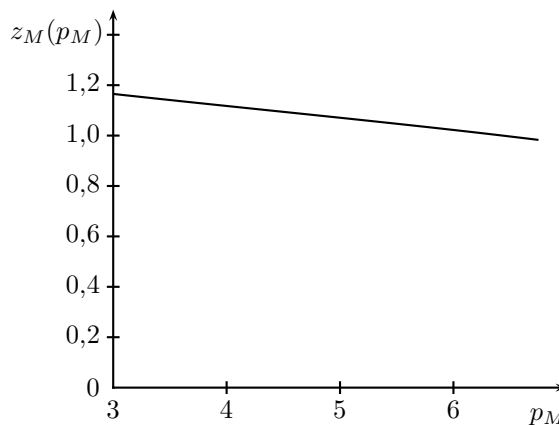


Abb. 4.34: Antizipation des Schocks in Abhängigkeit vom Preis p_M

Je nach gefordertem Preis p_M wird der Händler eine Menge von

$$q_R^*(p_M) = a\bar{p}_R^{(-b)} z_R^*(p_M) = 10\,000 \cdot 6,75^{-3} \cdot (1,1 + 0,28\text{Erf}^{-1}(0,81 - 0,19p_M))$$

beim Hersteller bestellen.

Damit der Hersteller seinen Deckungsbeitrag maximieren kann, antizipiert er die Menge $q_R^*(p_M)$, die der Händler bei ihm bestellen wird. Sein zu maximierender Deckungsbeitrag lautet dann unter Beachtung der Mindestgewinne für dieses Beispiel:

$$\Pi_M = \max_{p_M} \left((p_M - 3) \cdot 10\,000 \cdot 6,75^{-3} \cdot (1,1 + 0,28 \operatorname{Erf}^{-1}(0,81 - 0,19p_M)) \right)$$

$$\text{u. d. NB. } E[\Pi_R] \geq 25$$

$$\Pi_M \geq 35.$$

Wie schon bei Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{\text{nk}}$ bei einer linearen Nachfragefunktion⁴²⁷ weist die Lagrange-Funktion eine so komplexe Struktur auf, dass keine Lösung gefunden werden kann, die den Kuhn-Tucker-Bedingungen genügt.⁴²⁸

Um trotzdem eine Lösung zu erhalten, können auch hier mit Hilfe der Schnittpunkte von (erwarteten) Deckungsbeitragsfunktionen und Mindestgewinnen die Preise p_M^{\min} und p_M^{\max} berechnet werden, die den Parteien ihren (erwarteten) Deckungsbeitrag wenigstens in Höhe ihres Mindestgewinns zusichern.⁴²⁹

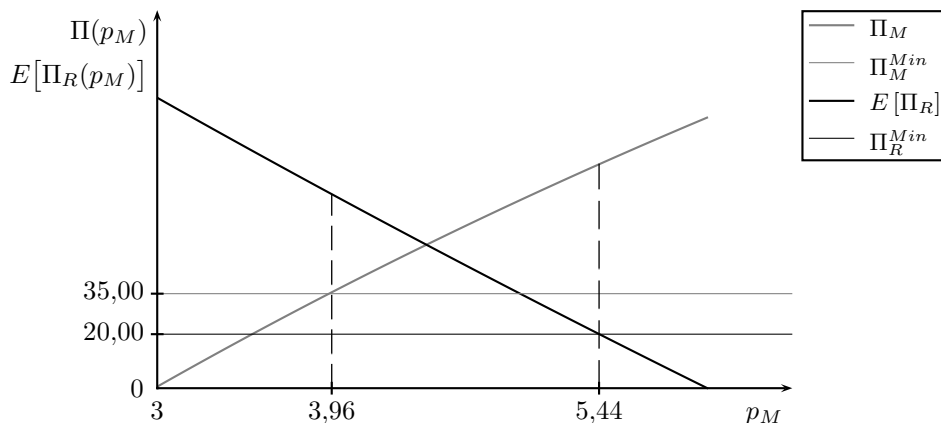


Abb. 4.35: Darstellung des Beispiels 4.2.2-1 für Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{\text{nk}}$

Abb. 4.35 zeigt den erwarteten Deckungsbeitrag des Händlers, den Deckungsbeitrag des Herstellers sowie die Mindestgewinne beider Parteien. Zudem wird das Intervall gezeigt, aus dem der Hersteller seinen Preis p_M wählen kann. Für die Grenzen des Preisintervalls

$$p_M \in [p_M^{\min} = 3,96, p_M^* := p_M^{\max} = 5,44]$$

sind die Lösungen in Tab. 4.65 eingetragen.

⁴²⁷ Siehe S. 124 ff.

⁴²⁸ Die Lagrange-Funktion ist in In[15] und der Versuch, die Kuhn-Tucker-Bedingungen zu lösen, in In[17] unter B.3.6, S. 514, dargestellt.

⁴²⁹ Da es sich auf dem Intervall $p_M \in [c_M, \bar{p}_R]$ beim Hersteller um eine streng monoton steigende Deckungsbeitragsfunktion handelt und der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers streng monoton fallend ist, entspricht der vom Hersteller maximal zu wählende Preis p_M^{\max} dem Preis, bei dem der Händler gerade seinen Mindestgewinn erhält. p_M^{\max} ist somit auch der vom Hersteller optimal zu wählende Preis.

Hersteller			
Preis	minimal	3,96	–
	optimal	–	5,44
Herstellmenge		36,39	34,14
Mindestgewinn		35,00	35,00
Deckungsbeitrag		35,00	83,14
Händler			
Preis		6,75	
Bestellmenge		36,39	34,14
Mindestgewinn		20,00	20,00
Erw. Deckungsbeitrag		71,97	20,00
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		106,97	103,14

Tab. 4.65: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.2.2-1

Der Hersteller erhält im besten Fall einen mehr als doppelt so hohen Deckungsbeitrag, wie er gefordert hat. Der Händler hingegen erwartet einen Deckungsbeitrag, der gerade seinem Mindestgewinn entspricht, wenn der Hersteller den für ihn optimalen Preis p_M^* wählt.

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ Bei dieser Berechnungsmöglichkeit legt der Hersteller den Preis \bar{p}_R fest, zu dem der Händler seine Produkte am Markt zu verkaufen hat. Vorab berechnet der Hersteller den Preis, zu dem er selbst am Markt verkaufen würde:

$$\begin{aligned} \Pi_M &= \max_{\bar{p}_R} ((\bar{p}_R - c_M) \cdot d(\bar{p}_R)) \\ \Pi_M &= \max_{\bar{p}_R} \left((\bar{p}_R - 3) \cdot 10\,000 \bar{p}_R^{(-3)} \right) \\ \frac{\partial \Pi_M}{\partial \bar{p}_R} &= 1\,000(9 - 2p_R)p_R^{-4} \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow \bar{p}_R^* &= 4,50. \end{aligned} \quad ^{430}$$

Analog zu Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ maximiert der Händler für den vorgegebenen Preis $\bar{p}_R^* = 4,50$ seinen erwarteten Deckungsbeitrag.⁴³¹ Der Hersteller antizipiert die Menge, die der Händler bei ihm bestellen wird und kann damit seinen Deckungsbeitrag maximieren. Auch hier muss er seinen Preis p_M so wählen, dass jede Partei wenigstens einen (erwarteten) Deckungsbeitrag in Höhe ihres jeweiligen Mindestgewinns erhält.

⁴³⁰ An der Stelle \bar{p}_R^* liegt wegen $\frac{\partial^2 \Pi_M}{\partial \bar{p}_R^2} = -\frac{6\,000(6-\bar{p}_R)}{\bar{p}_R^5} < 0$, $\bar{p}_R < 6$, ein Maximum vor.

⁴³¹ Siehe S. 184 ff.

Die Ergebnisse für diese Berechnungsmöglichkeit sind in Tab. 4.66 angegeben.

Hersteller			
Preis	minimal	3,29	–
	optimal	–	3,72
Herstellmenge		120,45	117,64
Mindestgewinn		35,00	35,00
Deckungsbeitrag		35,00	85,15
Händler			
Preis		4,50	
Bestellmenge		120,45	117,64
Mindestgewinn		20,00	20,00
Erw. Deckungsbeitrag		71,57	20,00
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		106,57	105,15

Tab. 4.66: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.2.2-1

Der Händler erhält einen erwarteten Deckungsbeitrag gerade in Höhe seines geforderten Mindestgewinns, wenn der Hersteller den Preis p_M^* wählt. Der Hersteller erzielt indes einen Deckungsbeitrag, der fast dem 2,5-fachen seines Mindestgewinns entspricht.

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ Bei Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ bestimmen der Händler und der Hersteller für sich die optimalen Preise und Mengen, wobei der Händler die unsichere Marktnachfrage in seine Rechnungen mit einbezieht.⁴³²

Wie schon bei Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ im Falle einer linearen Nachfrage⁴³³ legt der Händler zunächst seinen Verkaufspreis $p_R^*(z_R, p_M)$ fest, der seinen erwarteten Deckungsbeitrag (4.59) maximiert.⁴³⁴ Der sich daraus ergebende erwartete Deckungsbeitrag ist in Abb. 4.36(a) dargestellt. Die graue Fläche zeigt den Mindestgewinn des Händlers. Erwartete Deckungsbeiträge, die aufgrund einer (z_R, p_M) -Kombination unterhalb dieser Fläche liegen, werden vom Händler nicht akzeptiert.

⁴³² Die zu betrachtenden Terme werden bei Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ schließlich so komplex, dass diese unter B.3.6, „Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ “, S. 517 f., wiedergegeben sind.

⁴³³ Siehe S. 131 ff.

⁴³⁴ Der erwartete Deckungsbeitrag ergibt sich wie zuvor unter Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$, S. 184, beschrieben.

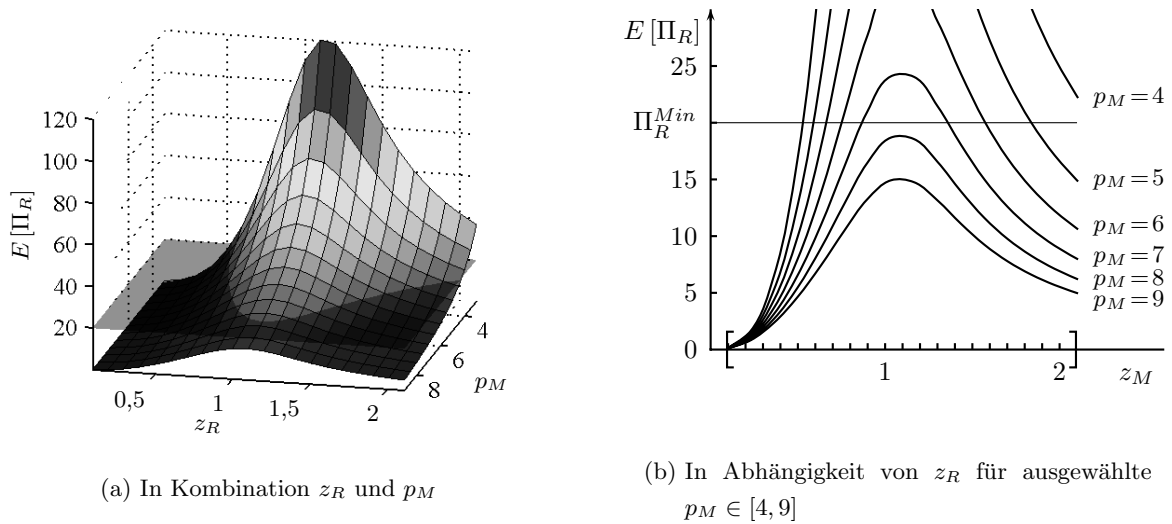


Abb. 4.36: Erwarteter Deckungsbeitrag des Händlers

Abb. 4.36(b) zeigt hingegen Querschnitte des erwarteten Deckungsbeitrags für ausgewählte Preise p_M aus dem Intervall $[c_M, 9]$. Es ist anhand der waagerechten Linie, welche den Mindestgewinn des Händlers darstellt, zu erkennen, dass der Händler einen Vertrag mit dem Hersteller ablehnen wird, wenn dieser einen Preis mit $p_M \geq 8$ fordert. Unabhängig von der Wahl eines z_R kann dann der Händler keinen Deckungsbeitrag erwarten, der wenigstens seinem Mindestgewinn entspricht.

Der Hersteller kann aufgrund seines Informationsstandes den Preis $p_R^*(z_R, p_M)$ antizipieren, den der Händler als Verkaufspreis festsetzen wird. Wie in Abb. 4.36(a) für den Händler wird in Abb. 4.37(a) für den Hersteller der Deckungsbeitrag für verschiedene (z_R, p_M) -Kombinationen dargestellt. Hier repräsentiert die graue Fläche den Mindestgewinn Π_M^{Min} des Herstellers. Abb. 4.37(b) zeigt den Deckungsbeitrag aus Abb. 4.37(a) als Querschnitt für verschiedene z_R , $z_R \in [A, B]$.

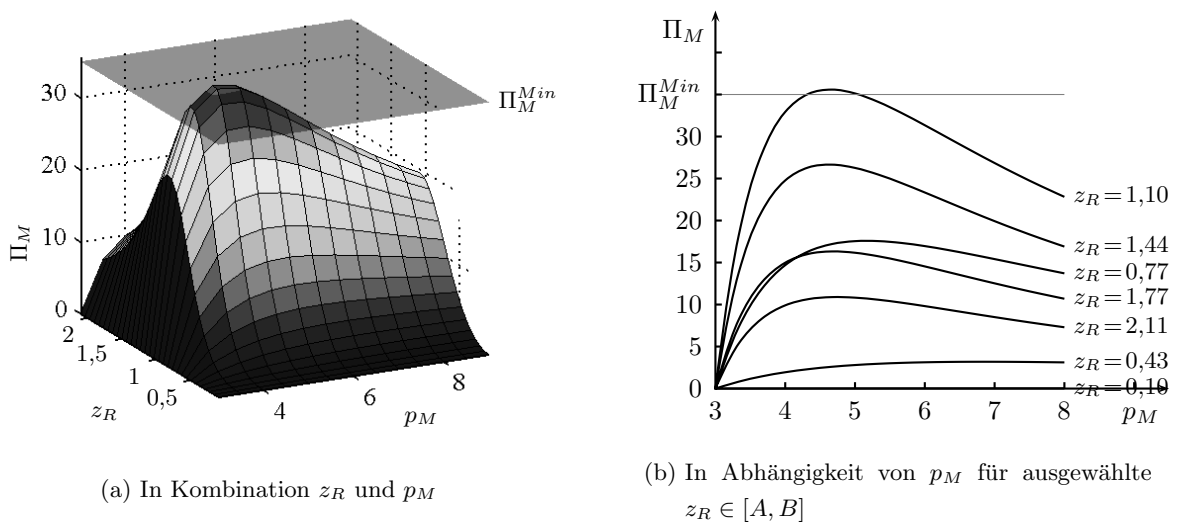


Abb. 4.37: Deckungsbeitrag des Herstellers

Aus Abb. 4.37(b) wird ersichtlich, dass der Hersteller nur bei sehr wenigen (p_M, z_R) -Kombinationen einen Deckungsbeitrag erhält, der über seinem geforderten Mindestgewinn liegt.

Nachdem der Händler seinen optimalen Preis $p_R^*(z_R, p_M)$ bestimmt hat, muss er den Schock ϵ antizipieren, der seinen erwarteten Deckungsbeitrag $E[\Pi_R(p_R^*, z_R, p_M)]$ maximiert. Die Bestimmung des optimalen z_R ist allerdings aufgrund der komplexen Struktur von

$$\frac{\partial E[\Pi_R(p_R^*, z_R, p_M)]}{\partial z_R}$$

mit den zur Verfügung stehenden technischen Mitteln nicht möglich.⁴³⁵

Im Gegensatz zur Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{\text{nk}}$ bei einer linearen Nachfragefunktion soll hier ein anderer Weg zur Bestimmung der optimalen Werte z_R^* , p_R^* und p_M^* vorgestellt werden.⁴³⁶ Es wurde ein Modul entwickelt, welches die optimalen Werte unter Berücksichtigung der Mindestgewinne durch sukzessive Annäherung an das Optimum erreicht.⁴³⁷

Das Modul legt eine Matrix an, die für verschiedene z_R die optimalen Preise p_R^* und p_M^* , den optimalen erwarteten Deckungsbeitrag des Händlers sowie den optimalen Deckungsbeitrag des Herstellers berechnet. Anschließend überprüft es, ob für die gegebenen z_R die Mindestgewinne eingehalten werden. Werden sie eingehalten, wird „Ok“, andernfalls „Fehler“ ausgegeben.⁴³⁸

Ein Ausschnitt dieser Matrix ist in Tab. 4.67 abgebildet:

z_R	0,90000	0,96667	1,03334	1,10000	1,16667	1,23334	1,30000
p_R^*	8,57540	8,21941	8,02314	7,98177	8,08521	8,31670	8,65378
p_M^*	4,87036	4,76943	4,69519	4,64507	4,61574	4,60307	4,60256
$E[\Pi_R^*]$	40,04027	46,20387	50,87646	53,37906	53,49768	51,55481	48,22034
Π_M^*	26,69351	30,80258	33,91764	35,58603	35,66512	34,36988	32,14690
Ok?	Fehler	Fehler	Fehler	Ok	Ok	Fehler	Fehler

Tab. 4.67: Sukzessive Annäherung an den maximalen Deckungsbeitrag des Herstellers, 1. Durchlauf

Sodann wird das Intervall von z_R verkleinert. Es wird aus dem Vorgänger des z_R mit dem ersten „Ok“ und dem Nachfolger des letzten „Ok“ gebildet, so dass das neue Intervall

$$z_R \in [1,03334, 1,23334]$$

⁴³⁵ Siehe In[13], S. 517.

⁴³⁶ Siehe S. 131. Dort wurde der erwartete Deckungsbeitrag approximiert. Gerade im Hinblick auf eine Kettenlänge mit $L > 2$ und der damit verbundenen steigenden Anzahl von Unbekannten oder bei Anwendung komplexerer Nachfrage- oder Verteilungsfunktionen gestaltet sich eine Approximation des erwarteten Deckungsbeitrags als schwierig.

⁴³⁷ Siehe B.1, „ModuleUndZuweisungenNrVier.m“, S. 481 ff.

⁴³⁸ Zur detaillierten Beschreibung des Moduls ebenda.

lautet.⁴³⁹ Dieses Intervall wird nun wieder in 10 Teile zerlegt und erneut die oben beschriebene Matrix gebildet.

Dieser Vorgang wird so oft wiederholt, bis die Differenz der Intervallgrenzen eine Abweichung von weniger als $1/100\,000\,000$ hat. Dann wird der Vorgang abgebrochen und die optimalen Werte lassen sich ablesen. Diese sind in Tab. 4.68 zusammengefasst.

Hersteller	
Preis	4,63
Herstellmenge	22,02
Mindestgewinn	35,00
Deckungsbeitrag	35,82
Händler	
Preis	8,02
Bestellmenge	22,02
Mindestgewinn	20,00
Erw. Deckungsbeitrag	53,73
Lieferkette	
Erw. Deckungsbeitrag	89,55

Tab. 4.68: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ für das Beispiel 4.2.2-1

Tab. 4.68 zeigt, dass bei einem vom Händler selbstbestimmten Verkaufspreis der erwartete Deckungsbeitrag über seinem geforderten Mindestgewinn liegt. Auch der Hersteller erhält in diesem Fall einen Deckungsbeitrag, der etwas höher ist als sein geforderter.

Zusammenfassung und weiterführende Betrachtung

In Abschnitt 4.2.2.2⁴⁴⁰ wurden anhand eines Zahlenbeispiels die Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ rechnerisch und grafisch illustriert. Anhand der Ergebnisse konnte für Hersteller und Händler gezeigt werden, welche Auswirkungen die vorgestellten Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ nicht nur auf den optimalen Preis und die optimale Menge und somit auf deren optimale (erwartete) Deckungsbeiträge, sondern auch auf den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag haben.

Die Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten sind in Tab. 4.69 zusammengefasst. Wie schon bei der Zusammenfassung bei einer linearen Nachfragefunktion⁴⁴¹ sind auch hier die Lösungen eines Beispiels in drei Blöcke unterteilt. Der erste Block stellt für den Hersteller die

⁴³⁹ Ohne auf das Monotonieverhalten der Deckungsbeitragsfunktion zu achten, wird somit sichergestellt, dass das zu suchende Optimum in diesem Intervall liegen wird.

⁴⁴⁰ Siehe S. 181 ff.

⁴⁴¹ Siehe S. 134 ff.

optimalen Ergebnisse für Preis und Menge sowie den erwarteten und simulierten Deckungsbeitrag der vier Berechnungsmöglichkeiten dar.⁴⁴²

		Berechnungsmöglichkeit				
		$1_{s,2}^{nK}$	$2_{s,2}^{nK}$	$3_{s,2}^{nK}$	$4_{s,2}^{nK}$	
Beispiel 1	Hersteller					
	Preis	4,50	5,44	3,72	4,63	
	Herstellmenge	35,77	34,14	117,64	22,02	
	Mindestgewinn	35,00	35,00	35,00	35,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	53,65	83,14	85,15	35,82
		simuliert	53,65	83,14	85,15	35,82
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1_{s,2}^{nK}$)	0,00	54,96	58,70	-33,23
	Händler					
	Preis	6,75	6,75	4,50	8,02	
	Bestellmenge	35,77	34,14	117,64	22,02	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	80,48	20,00	20,00	53,73
		simuliert	52,62	20,06	20,13	53,74
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	-34,62	0,31	0,66	0,02
		sim./sim. ^(BM $1_{s,2}^{nK}$)	0,00	-61,87	-61,74	2,14
	Lieferkette					
Deckungsbeitrag, simuliert	106,27	103,20	105,28	89,56		

Tab. 4.69: Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für Beispiel 4.2.2-1

Im zweiten Block sind in gleicher Weise die optimalen Ergebnisse für den Händler aufgeführt. Der für den Händler extern vorgegebene Preis \bar{p}_R in Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ entspricht dem optimalen Preis p_R^* aus Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$.⁴⁴³ Die simulierten Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler entsprechen dem Deckungsbeitrag, der auf einem Markt mit dem jeweiligen Preis und der hergestellten bzw. bestellten Menge erzielt werden kann.⁴⁴⁴ Die Mindestgewinne des Herstellers und Händlers sind ebenfalls in der Tabelle eingetragen, um einen Vergleich von gefordertem und simuliertem Deckungsbeitrag zu ermöglichen.

Im dritten und letzten Block wird der simulierte Gesamtdeckungsbeitrag für die vier Berechnungsmöglichkeiten dargestellt.

⁴⁴² Da sich der Hersteller einer deterministischen Nachfrage gegenüber sieht, entspricht der erwartete dem simulierten Deckungsbeitrag. Um dies noch einmal zu verdeutlichen, werden beide Deckungsbeiträge in die Tabelle aufgenommen.

⁴⁴³ Der dem Händler extern vorgegebene Preis in Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ entspricht für alle Beispiele dem jeweiligen optimalen Preis p_R^* der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$. Somit können die Ergebnisse von Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ und $2_{s,2}^{nK}$ besser verglichen werden.

⁴⁴⁴ Dazu wurden 5000 Nachfrageschocks simuliert, die einer Normalverteilung mit den jeweiligen Parametern unterlagen. Für jeden Nachfrageschock wurde der entsprechende Deckungsbeitrag berechnet und anschließend der Durchschnitt gebildet.

Der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers wird bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ überschätzt, so dass der simulierte Deckungsbeitrag unterhalb des erwarteten liegt. Dennoch wird der geforderte Mindestgewinn Π_R^{Min} erreicht. Wird der Nachfrageschock für die Bestimmung der optimalen Preis-/Mengenkombination antizipiert, so kann lediglich eine Steigerung des simulierten Deckungsbeitrags von 2,14 % erreicht werden.⁴⁴⁵ Wird dem Händler der Verkaufspreis vorgeschrieben (Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$), so erhält er gerade seinen Mindestgewinn. Im Gegensatz zur linearen Nachfragefunktion wird die Menge, die der Händler beim Hersteller bestellt, bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ nicht nur verdoppelt, sondern mehr als verdreifacht.

Der Hersteller erhält für alle vier Berechnungsmöglichkeiten einen Deckungsbeitrag, der über seinem geforderten Mindestgewinn liegt.

Wie schon für eine lineare Nachfragefunktion soll nachfolgend auch für eine multiplikative Nachfragefunktion untersucht werden, wie sich die Wahl der Parameter auf die einzelnen Berechnungsmöglichkeiten bei einer Kettenlänge von $L = 2$ auswirkt. Es werden ebenfalls fünf weitere Beispiele betrachtet, bei denen jeweils der Fokus auf die bei einer linearen Nachfragefunktion vorgestellten Änderungen der Parameter gelegt wurde.⁴⁴⁶

Zunächst wird die Auswirkung der Änderung der Parameter c_u und c_o (Strafkosten) betrachtet. Tab. 4.70 gibt die gewählten Parameter für die hierfür betrachteten Beispiele 2 und 3 wieder.

	Parameter	Zugewiesene Werte für Beispiel	
		2	3
Nachfragefunktion	a	20 000	20 000
	b	3	3
Kosten	c_M	5	5
	c_R	p_M	p_M
	c_u	0,5	5
	c_o	5	0,5
Normalverteilung	μ	1,1	1,1
	σ	0,1	0,1
	A	0,597	0,597
	B	1,603	1,603
Mindestgewinn	Π_R^{Min}	20	20
	Π_M^{Min}	30	30

Tab. 4.70: Parameterwahl für das Beispiel 4.2.2-2 und 3

⁴⁴⁵ Der Kostenfaktor beträgt 1 zu 0,88 für Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$, so dass sich die Kosten des entgangenen Deckungsbeitrags und des Ausgleichs für Fehlmengen mit den Kosten der Vernichtung nahezu aufheben.

⁴⁴⁶ Siehe dazu S. 134 ff.

Die Parameter des Beispiels 2 unterscheiden sich von den Parametern des Beispiels 3 nur hinsichtlich der Höhe der Strafkosten. In Beispiel 2 reichen die Kostenverhältnisse des Händlers je nach Berechnungsmöglichkeit von 1 zu 2,7 bis 1 zu 11 und in Beispiel 3 von 1 zu 0,84 bis 1 zu 1,43. Da die Kosten für Fehlmengen in Beispiel 2 weitaus höher sind, bestellt der Händler hier weniger Produkte als in Beispiel 3 (siehe Tab. 4.71 auf der nächsten Seite). In beiden Beispielen erwartet der Händler bei den Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ und $4_{s,2}^{nK}$ einen höheren Deckungsbeitrag als er fordert. Bei den Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ und $3_{s,2}^{nK}$ erwartet er einen Deckungsbeitrag gerade in Höhe seines Mindestgewinns. Der einzige nennenswerte Unterschied besteht darin, dass der Händler für Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ in Beispiel 3 einen geringeren Deckungsbeitrag erhält als in Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$. Als Ergebnis der Maximierung des Deckungsbeitrags des Herstellers wählt dieser einen Preis p_M^* , bei dem der Händler trotz Einbeziehung des Nachfrageschocks keinen Deckungsbeitrag erhält, der höher ist als der bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$.

Wie schon im Beispiel 1 festgestellt, erhält der Hersteller bei diesen beiden Beispielen für alle vier Berechnungsmöglichkeiten Deckungsbeiträge, die über seinen Mindestgewinnen liegen. Kann der Hersteller dem Händler einen Preis vorschreiben, verdreifacht sich sein Deckungsbeitrag sogar nahezu.

		Berechnungsmöglichkeit				
		$1^{nK}_{s,2}$	$2^{nK}_{s,2}$	$3^{nK}_{s,2}$	$4^{nK}_{s,2}$	
Beispiel 2	Hersteller					
	Preis	7,50	9,64	6,94	7,56	
	Herstellmenge	15,45	13,84	45,54	12,99	
	Mindestgewinn	30,00	30,00	30,00	30,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	38,63	64,23	88,26	33,21
		simuliert	38,63	64,23	88,26	33,21
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	66,29	128,48	-14,04
	Händler					
	Preis	11,25	11,25	7,50	11,67	
	Bestellmenge	15,45	13,84	45,54	12,99	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	57,94	20,00	20,00	49,81
		simuliert	48,56	20,02	20,03	49,83
Abweichung [[%]]	sim./erw.	-16,20	0,11	0,17	0,04	
	sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	-58,77	-58,74	2,62	
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	87,18	84,25	108,29	83,03		
Beispiel 3	Hersteller					
	Preis	7,50	9,36	6,65	7,58	
	Herstellmenge	15,45	15,14	51,55	12,48	
	Mindestgewinn	30,00	30,00	30,00	30,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	38,63	66,04	85,00	32,15
		simuliert	38,63	66,04	85,00	32,15
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	70,97	120,04	-16,77
	Händler					
	Preis	11,25	11,25	7,50	12,17	
	Bestellmenge	15,45	15,14	51,55	12,48	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	57,94	20,00	20,00	48,22
		simuliert	48,58	20,03	20,08	48,23
Abweichung [[%]]	sim./erw.	-16,16	0,14	0,41	0,01	
	sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	-58,77	-58,66	-0,72	
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	87,20	86,07	105,08	80,38		

Tab. 4.71: Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für Beispiel 4.2.2-2 und 3

Bei den nächsten zwei Beispielen soll untersucht werden, welche Auswirkungen die Variation des Parameters b auf die Ergebnisse hat. Die Parameterwerte für die Beispiele 4 und 5 sind in Tab. 4.72 dargestellt.

	Parameter	Zugewiesene Werte für Beispiel	
		4	5
Nachfragefunktion	a	20 000	20 000
	b	3	3,5
Kosten	c_M	3	3
	c_R	p_M	p_M
	c_u	1,7	2
	c_o	3	3
Normalverteilung	μ	0,8	0,8
	σ	0,15	0,15
	A	0,046	0,046
	B	1,555	1,555
Mindestgewinn	Π_R^{Min}	20	10
	Π_M^{Min}	30	20

Tab. 4.72: Parameterwahl für das Beispiel 4.2.2-4 und 5

Vergleicht man die Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ der Beispiele 4 und 5 (siehe Tab. 4.73), sinkt der simulierte Gesamtdeckungsbeitrag jeweils um ca. 40 %, wenn der Parameter b im Beispiel 4 um 9,38 % erhöht wird (Beispiel 5). Auch Hersteller und Händler erhalten Deckungsbeiträge, die, je nach Berechnungsmöglichkeit, durch die Erhöhung des Parameters b beim Hersteller um durchschnittlich 36 % sowie beim Händler um ca. 46 % reduziert sind.

Wie bei den Beispielen 1 bis 3 erwartet der Händler auch für die Beispiele 4 und 5 für die Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ und $4_{s,2}^{nK}$ einen Deckungsbeitrag, der höher ist als sein geforderter Mindestgewinn. Bei Vorgabe des Verkaufspreises (Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ und $3_{s,2}^{nK}$) hingegen erwartet er einen Deckungsbeitrag gerade in Höhe seines Mindestgewinns.

Der Hersteller erhält für alle vier Berechnungsmöglichkeiten einen höheren Deckungsbeitrag als er gefordert hat.

		Berechnungsmöglichkeit				
		$1^{nK}_{s,2}$	$2^{nK}_{s,2}$	$3^{nK}_{s,2}$	$4^{nK}_{s,2}$	
Beispiel 4	Hersteller					
	Preis	4,36	5,17	3,62	4,54	
	Herstellmenge	43,24	38,52	128,77	23,39	
	Mindestgewinn	30,00	30,00	30,00	30,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	58,96	83,51	79,88	35,92
		simuliert	58,96	83,51	79,88	35,92
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	41,64	35,48	-39,09
	Händler					
	Preis	6,35	6,35	4,36	7,59	
	Bestellmenge	43,24	38,52	128,77	23,39	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	85,76	20,00	20,00	52,24
		simuliert	49,00	20,05	20,17	52,21
Abweichung [[%]]	sim./erw.	-42,87	0,24	0,84	-0,05	
	sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	-59,09	-58,84	6,56	
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	107,96	103,56	100,05	88,13		
Beispiel 5	Hersteller					
	Preis	4,20	4,89	3,51	4,35	
	Herstellmenge	32,46	28,81	94,56	16,63	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	38,95	54,50	48,48	22,49
		simuliert	38,95	54,50	48,48	22,49
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	39,94	24,47	-42,25
	Händler					
	Preis	5,88	5,88	4,20	7,02	
	Bestellmenge	32,46	28,81	94,56	16,63	
	Mindestgewinn	10,00	10,00	10,00	10,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	54,53	10,00	10,00	31,49
		simuliert	28,07	10,04	10,13	31,47
Abweichung [[%]]	sim./erw.	-48,52	0,42	1,28	-0,05	
	sim./sim. ^(BM $1^{nK}_{s,2}$)	0,00	-64,23	-63,92	12,12	
Lieferkette						
Deckungsbeitrag, simuliert	67,02	64,54	58,60	53,96		

Tab. 4.73: Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für Beispiel 4.2.2-4 und 5

Die Auswirkung einer niedrigen Varianz des Nachfrageschocks auf die Ergebnisse der einzelnen Berechnungsmöglichkeiten soll letztlich in Beispiel 6 untersucht werden. Die für dieses Beispiel gewählten Parameter sind in Tab. 4.74 angegeben.

	Parameter	Zugewiesene Werte für Beispiel 6
Nachfragefunktion	a	20 000
	b	3
Kosten	c_M	3
	c_R	p_M
	c_u	2
	c_o	3
Normalverteilung	μ	1,0
	σ	0,005
	A	0,975
	B	1,025
Mindestgewinn	Π_R^{Min}	20
	Π_M^{Min}	30

Tab. 4.74: Parameterwahl für das Beispiel 4.2.2-6

Im Vergleich von erwartetem und simuliertem Deckungsbeitrag des Händlers zeigt sich wie schon im Beispiel 6 bei einer linearen Nachfragefunktion,⁴⁴⁷ dass bei einer geringen Varianz mögliche Strafkosten nicht sehr ins Gewicht fallen und deshalb auch bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ ein Deckungsbeitrag erzielt wird, der nahe am Optimum liegt. Selbst bei Einbeziehung von Strafkosten (Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$) kann der simulierte Deckungsbeitrag nur um 0,12 % gesteigert werden, wie der Tab. 4.75 auf der nächsten Seite zu entnehmen ist.

Die niedrige Varianz hat auf die Deckungsbeiträge der Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ und $3_{s,2}^{nK}$ des Händlers sowie auf die Deckungsbeiträge des Herstellers für alle vier Berechnungsmöglichkeiten insofern keinen Einfluss, als auch hier der Hersteller stets höhere Deckungsbeiträge erhält als er fordert und der Händler für die Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ und $3_{s,2}^{nK}$ gerade Deckungsbeiträge in Höhe seines Mindestgewinns erwartet.

⁴⁴⁷ Siehe S. 141 ff. unter „Zusammenfassung und weiterführende Betrachtung“.

		Berechnungsmöglichkeit				
		$1_{s,2}^{nK}$	$2_{s,2}^{nK}$	$3_{s,2}^{nK}$	$4_{s,2}^{nK}$	
Beispiel 6	Hersteller					
	Preis	4,50	6,43	4,40	4,50	
	Herstellmenge	65,03	64,64	218,17	64,21	
	Mindestgewinn	30,00	30,00	30,00	30,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	97,55	221,78	305,35	96,54
		simuliert	97,55	221,78	305,35	96,54
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	0,00	0,00	0,00	0,00
		sim./sim. ^(BM $1_{s,2}^{nK}$)	0,00	127,36	213,03	-1,03
	Händler					
	Preis	6,75	6,75	4,50	6,77	
	Bestellmenge	65,03	64,64	218,17	64,21	
	Mindestgewinn	20,00	20,00	20,00	20,00	
	Deckungsbeitrag	erwartet	146,32	20,00	20,00	144,81
		simuliert	143,26	18,93	17,06	143,43
	Abweichung [[%]]	sim./erw.	-2,09	-5,34	-14,72	-0,95
		sim./sim. ^(BM $1_{s,2}^{nK}$)	0,00	-86,78	-88,09	0,12
	Lieferkette					
	Deckungsbeitrag, simuliert	240,80	240,71	322,40	239,97	

Tab. 4.75: Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für Beispiel 4.2.2-6

Kann der Hersteller dem Händler den Preis vorschreiben (Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$), so ist sein Deckungsbeitrag mehr als dreimal so hoch als wenn der Händler seinen Preis selbst bestimmen kann (Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ und $4_{s,2}^{nK}$).

Abschließend werden mit Hilfe der Abbildungen 4.38 bis 4.40 die Ergebnisse bezüglich der simulierten Deckungsbeiträge des unter Abschnitt 4.2.2.2⁴⁴⁸ detailliert betrachteten Beispiels 1 sowie der zuvor weiter betrachteten Beispiele 2 bis 6 gegenübergestellt, um für die vorgestellten Beispiele allgemeingültige Aussagen treffen zu können.

Abb. 4.38 zeigt, dass der Händler vorzugsweise Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ wählen wird, da der simulierte Deckungsbeitrag höher ausfällt als bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$. Nur bei Beispiel 3 erhält der Händler einen geringfügig höheren Deckungsbeitrag, wenn er Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ gewählt.

⁴⁴⁸ Siehe S. 181 ff.

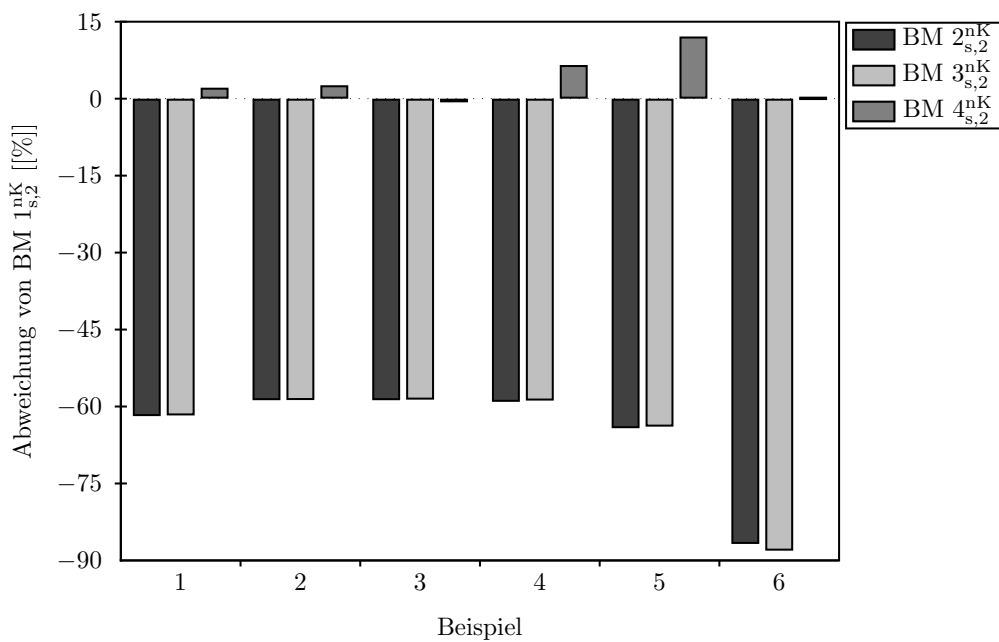


Abb. 4.38: Abweichung der simulierten Deckungsbeiträge des Händlers der Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ für die Beispiele 4.2.2-1 bis 6

Wird dem Händler ein Verkaufspreis vorgeschrieben (Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ und $3_{s,2}^{nK}$), so ist es für ihn unerheblich, wer diesen Preis festlegt. Im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ verschlechtert sich der Händler in jedem Fall erheblich.

Aus Sicht des Herstellers verschlechtert sich dessen Deckungsbeitrag im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$, wenn der Händler die Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ zur Bestimmung einer optimalen Preis-/Mengenkombination wählt (Abb. 4.39).

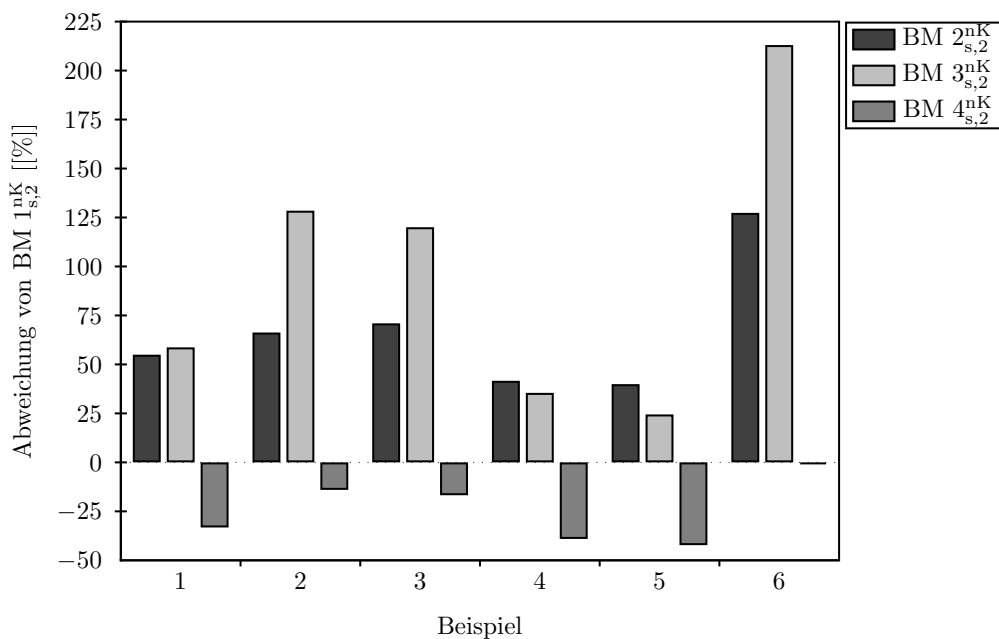


Abb. 4.39: Abweichung der simulierten Deckungsbeiträge des Herstellers der Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ für die Beispiele 4.2.2-1 bis 6

Vorzugswürdig für den Hersteller ist es, wenn er dem Händler einen Verkaufspreis vorschreiben kann (Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$). Aber auch im Fall der Preisvorgabe durch eine externe dritte Person (Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$) verbessert sich der Deckungsbeitrag des Herstellers im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$.

Bezüglich des Gesamtdeckungsbeitrags kann im Gegensatz zur linearen Nachfragefunktion bei einer multiplikativen Nachfragefunktion nicht eindeutig festgelegt werden, welche Berechnungsmöglichkeit zu einer Steigerung im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ führt.⁴⁴⁹ Je nach Parameterwahl kann die Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ oder $3_{s,2}^{nK}$ den höchsten Gesamtdeckungsbeitrag erzielen, wie Abb. 4.40 zeigt. Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ führt für jedes der sechs Beispiele zu einer Verringerung des Gesamtdeckungsbeitrags im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$. Zwar erhält der Händler durch die Antizipation des Nachfrageschocks einen höheren Deckungsbeitrag als in Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$,⁴⁵⁰ der Deckungsbeitragsverlust ist jedoch für den Hersteller höher als der Deckungsbeitragszuwachs des Händlers,⁴⁵¹ so dass die Summe der Deckungsbeiträge letztendlich bei Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ geringer ist als bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$.

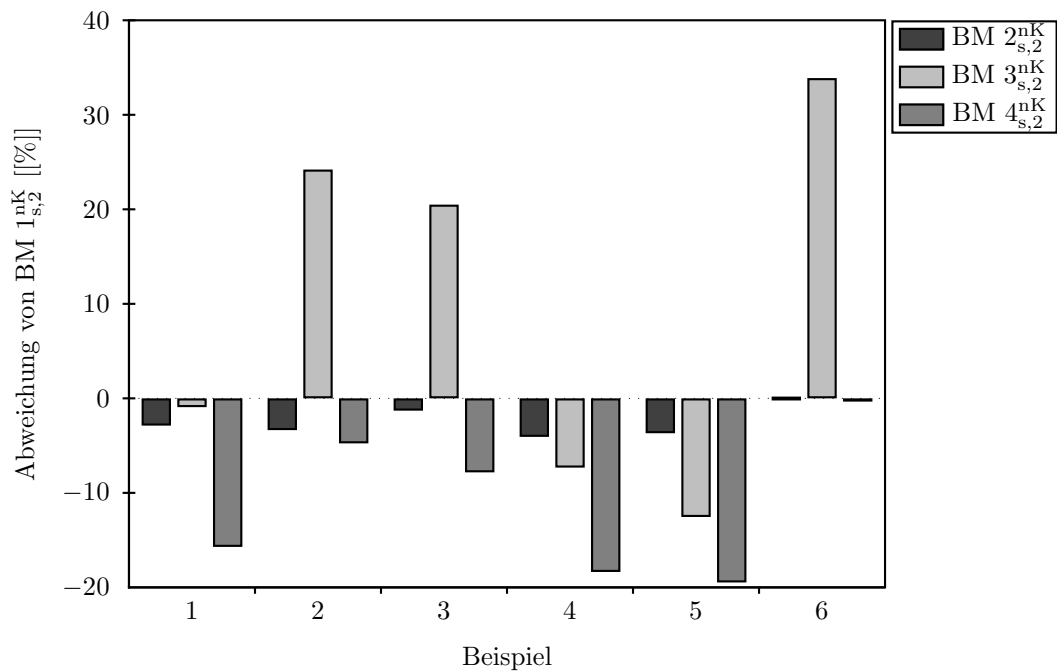


Abb. 4.40: Abweichung der simulierten Deckungsbeiträge der Lieferkette der Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ für die Beispiele 4.2.2-1 bis 6

⁴⁴⁹ Siehe Abb. 4.25, S. 144. Hier führten die Berechnungsmöglichkeiten $3_{s,2}^{nK}$ und $4_{s,2}^{nK}$ zu einer Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$. Bei beiden Nachfragefunktionen verschlechtert sich der Gesamtdeckungsbeitrag bzw. verbessert sich nur minimal, wenn ein Preis extern vorgegeben wird.

⁴⁵⁰ Siehe Tabellen 4.69 bis 4.75, S. 192–199.

⁴⁵¹ Ebenda.

Die kooperative Kette

Nach der beispielhaften Illustration einer nicht-kooperativen Kette erfolgt nachfolgend die beispielhafte Illustration einer kooperativen Kette. Dabei werden erneut die in Tab. 4.63⁴⁵² genannten Parameterwerte verwendet. Lediglich die Mindestgewinne von Hersteller und Händler wurden für jede der vier Berechnungsmöglichkeiten angepasst. Sie entsprechen jeweils dem erwarteten Deckungsbeitrag des Händlers und dem optimalen Deckungsbeitrag des Herstellers, wenn dieser bei Nicht-Kooperation den für ihn optimalen Preis p_M^* wählt. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse sollen keine Kosten der Kooperation für Hersteller und Händler für dieses Beispiel anfallen.

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ Hersteller und Händler optimieren bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ gemeinsam den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag, der sich aus dem Deckungsbeitrag des Herstellers und dem erwarteten Deckungsbeitrag des Händlers zusammensetzt:⁴⁵³

$$\begin{aligned} E[\Pi_T] &= (p_M - c_M) ap_R^{(-b)} \mu + (p_R - p_M) ap_R^{(-b)} \mu \\ &= (p_R - c_M) ap_R^{(-b)} \mu \\ E[\Pi_T] &= (p_R - 3) 10\,000 p_R^{-3} \cdot 1,1. \end{aligned}$$

Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag wird maximiert, wenn der Händler die Produkte zu einem Preis von

$$p_R^* = 4,50$$

verkauft.

Tab. 4.76 fasst die Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ zusammen.⁴⁵⁴ Der Händler verkauft demnach die Produkte zu einem Preis von $p_R^* = 4,50$. Der Hersteller kann einen Preis p_M aus dem Intervall $p_M \in [3,44, 3,83]$ wählen, bei welchem die geforderten Mindestgewinne von Hersteller und Händler erreicht werden. Der aus den vom Hersteller geforderten Preisen resultierende (erwartete) Deckungsbeitrag von Händler und Hersteller wird in Klammern angegeben, um zu verdeutlichen, wie hoch der (erwartete) Deckungsbeitrag bei den angegebenen Preisen wäre. Letztendlich kann der (erwartete) Deckungsbeitrag des Herstellers und des Händlers je nach Aufteilung des durch die Kooperation zusätzlich erwirtschafteten Deckungsbeitrags höher oder niedriger ausfallen als er in der Tabelle angegeben ist.⁴⁵⁵

⁴⁵² Siehe S. 182.

⁴⁵³ Der Händler bezieht lediglich den Mittelwert μ der Verteilungsfunktion in seine Berechnung mit ein.

⁴⁵⁴ Siehe Tab. A.16, S. 410, für die algebraische Lösung.

⁴⁵⁵ Jedoch in jedem Fall innerhalb des Bereichs zwischen minimalem und maximalem (erwarteten) Deckungsbeitrag.

Hersteller			
Preis	minimal	3,44	–
	maximal	–	3,83
Herstellmenge		120,71	120,71
Mindestgewinn		53,65	53,65
Deckungsbeitrag		(53,65)	(100,59)
Händler			
Preis		4,50	
Bestellmenge		120,71	120,71
Mindestgewinn		80,48	80,48
Erw. Deckungsbeitrag		(127,42)	(80,48)
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		181,07	181,07
Aufzuteilender erw. DB		46,94	46,94

Tab. 4.76: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ für das Beispiel 4.2.2-1

Bedingt durch die Kooperation kann ein erwarteter Deckungsbeitrag von 46,94 zwischen den Parteien aufgeteilt werden.⁴⁵⁶

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ Die Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ wird analog zur entsprechenden Berechnungsmöglichkeit bei einer linearen Marktnachfrage berechnet.⁴⁵⁷

Auch hier bleibt der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag aufgrund der Maschinengenauigkeit weiter vom Preis p_M des Herstellers abhängig. Dieser Preis kann allerdings aus dem erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag eliminiert werden, da p_M nahe an Null liegt.⁴⁵⁸

Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag wird in Abb. 4.41 auf der nächsten Seite dargestellt.

⁴⁵⁶ Erwarteter Gesamtdeckungsbeitrag bei Kooperation abzüglich des erwarteten Deckungsbeitrags bei Nicht-Kooperation. Würden Kooperationskosten entstehen, wäre der zusätzlich erwartete Deckungsbeitrag kleiner.

⁴⁵⁷ Siehe S. 146 f. Der detaillierte Rechenweg findet sich unter B.3.7, „Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ “, S. 518 f.

⁴⁵⁸ Siehe Out[10], S. 518.

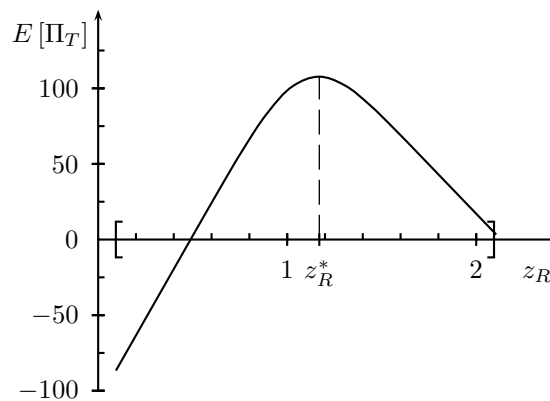


Abb. 4.41: Erwarteter Gesamtdeckungsbeitrag

Wird der Schock mit $z_R^* = 1,17$ antizipiert, wird der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag maximiert. Da die Vernichtungskosten geringer als die Kosten für den entgangenen Deckungsbeitrag und für den Ausgleich von Fehlmengen sind, werden mehr Produkte zum Verkauf angeboten als der Mittelwert μ der Verteilungsfunktion angibt.

In Tab. 4.77 sind die Ergebnisse für den Fall zusammengefasst, bei dem der Hersteller den Preis p_M so gewählt hat, dass jede Partei wenigstens ihren Mindestgewinn erhält:

Hersteller			
Preis	minimal	5,19	–
	maximal	–	5,31
Herstellmenge		37,89	37,89
Mindestgewinn		83,14	83,14
Deckungsbeitrag		(83,14)	(87,68)
Händler			
Preis		6,75	
Bestellmenge		37,89	37,89
Mindestgewinn		20,00	20,00
Erw. Deckungsbeitrag		(24,54)	(20,00)
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		107,68	107,68
Aufzuteilender erw. DB		4,54	4,54

Tab. 4.77: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ für das Beispiel 4.2.2-1

Tab. 4.77 zeigt, dass es sich für den Hersteller und den Händler lohnt, eine Kooperation einzugehen, wenn dem Händler ein Verkaufspreis vorgeschrieben wird (Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$). Es können ca. 4,4% des Gesamtdeckungsbeitrags auf beide Parteien aufgeteilt werden.

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ Bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ wird der Hersteller nur dann kooperieren, wenn der Händler die Produkte zu dem von ihm vorgeschriebenen Preis \bar{p}_R verkauft.⁴⁵⁹ Da der Verkaufspreis feststeht, wird analog zur zuvor betrachteten Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ das z_R^* antizipiert, welches den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag maximiert. Der Hersteller legt abschließend das Preisintervall $p_M \in [p_M^{min}, p_M^{max}]$ fest, innerhalb dessen beide Parteien ihre Mindestgewinne erhalten.

Die Ergebnisse sind in Tab. 4.78 zusammengefasst.

Hersteller			
Preis	minimal	3,70	–
	maximal	–	3,71
Herstellmenge		122,33	122,33
Mindestgewinn		85,15	85,15
Deckungsbeitrag		(85,15)	(86,85)
Händler			
Preis		4,50	
Bestellmenge		122,33	122,33
Mindestgewinn		20,00	20,00
Erw. Deckungsbeitrag		(21,70)	(20,00)
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		106,85	106,85
Aufzuteilender erw. DB		1,70	1,70

Tab. 4.78: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$ für das Beispiel 4.2.2-1

Obwohl der Hersteller dem Händler einen Preis vorschreibt, kann der Gesamtdeckungsbeitrag für diese Berechnungsmöglichkeit um 1,60 % gesteigert werden, wenn sich Hersteller und Händler entschließen zu kooperieren.⁴⁶⁰

Beispielhafte Illustration für Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ Bei Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ bestimmen Händler und Hersteller zusammen den Verkaufspreis und die Verkaufsmenge derart, dass diese Preis-/Mengenkombination den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag maximiert, wobei sie den Nachfrageschock bei ihren Berechnungen antizipieren.⁴⁶¹

Die aus den Berechnungen resultierenden Ergebnisse sind in Tab. 4.79 auf der nächsten Seite zusammengefasst.

⁴⁵⁹ Dieser Preis entspricht dem vom Hersteller festgelegten Preis \bar{p}_R aus Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$. Es kann das für Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$, unter B.3.7, S. 518 f., vorgestellte Programm angewendet werden. Lediglich die Parameterwerte für den vorgegebenen Preis und die geforderten Mindestgewinne müssen angepasst werden.

⁴⁶⁰ Bei Nicht-Kooperation beträgt der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag $E[\Pi_T] = 105,15$. Siehe Tab. 4.66, S. 188.

⁴⁶¹ Der detaillierte Rechenweg findet sich unter B.3.7, „Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ “, S. 520 ff.

Hersteller			
Preis	minimal	3,48	–
	maximal	–	3,90
Herstellmenge		74,32	74,32
Mindestgewinn		35,82	35,82
Deckungsbeitrag		(35,82)	(67,16)
Händler			
Preis		5,35	5,35
Bestellmenge		74,32	74,32
Mindestgewinn		53,73	53,73
Erw. Deckungsbeitrag		(85,07)	(53,73)
Lieferkette			
Erw. Deckungsbeitrag		120,89	120,89
Aufzuteilender erw. DB		31,34	31,34

Tab. 4.79: Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ für das Beispiel 4.2.2-1

Der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag kann im Vergleich zum Fall der Nicht-Kooperation um 35 % gesteigert werden. Damit kann insgesamt ein erwarteter zusätzlicher Deckungsbeitrag von 31,34 zwischen den beiden Parteien aufgeteilt werden.

Zusammenfassung

Um die Aussagekraft der in diesem Kapitel für die kooperative Kette gefundenen Ergebnisse zu erhöhen, werden diese nachfolgend mit den entsprechenden Ergebnissen, bezogen auf eine nicht-kooperative Kette, verglichen. Zusätzlich werden auch die im Abschnitt „Zusammenfassung und weiterführende Betrachtung“ unter 4.2.2.2⁴⁶² betrachteten weiteren Beispiele 2 bis 6 zum Vergleich herangezogen.⁴⁶³

In der folgenden Abbildung werden die erwarteten und simulierten zusätzlichen Gesamtdeckungsbeiträge, die im Vergleich zu einer nicht-kooperativen Kette durch eine kooperative Kette entstehen, für die Beispiele 1 bis 6 dargestellt.

⁴⁶² Siehe S. 181 ff.

⁴⁶³ Die Ergebnisse der kooperativen und nicht-kooperativen Kette sind in den Tabellen A.10 bis A.15 zusammengefasst. Siehe unter A.2.5, S. 398 ff.

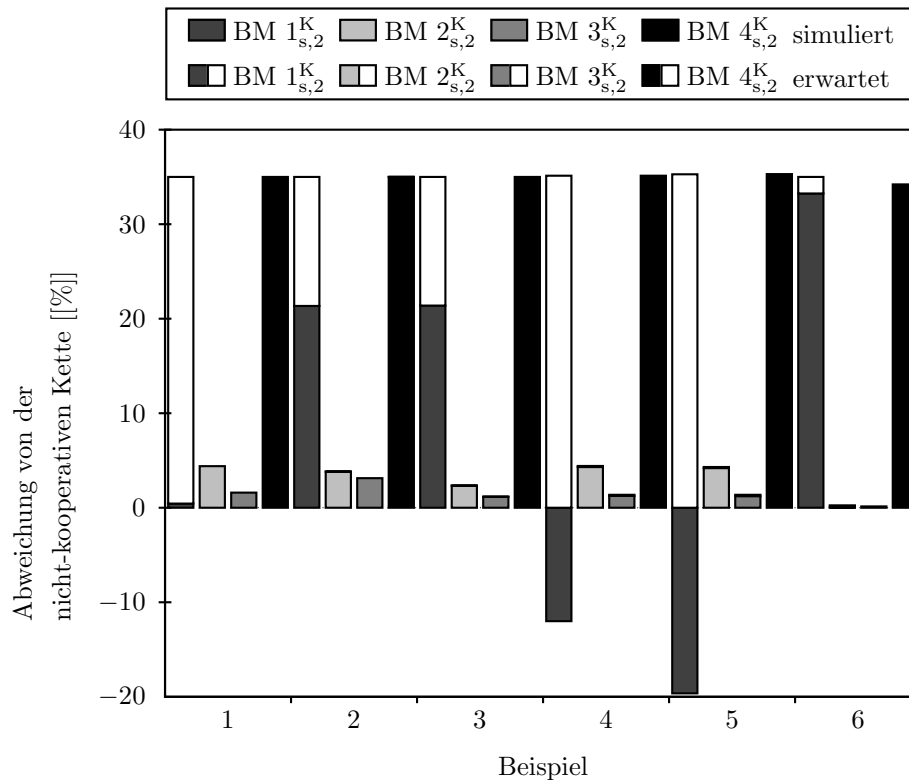


Abb. 4.42: Erwarteter und simulierter zusätzlicher Gesamtdeckungsbeitrag, der im Vergleich zur nicht-kooperativen Kette durch eine kooperative Kette für die Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^K$ bis $4_{s,2}^K$ der Beispiele 4.2.2-1 bis 6 entsteht

Bezogen auf die gesamte Lieferkette kann sich, obwohl durch die Kooperation von Hersteller und Händler eine Deckungsbeitragssteigerung zu erwarten ist und demzufolge der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag steigt, rückblickend herausstellen, dass aufgrund der tatsächlich auftretenden Nachfrage eine Kooperation nachteilig war. Bei Betrachtung der simulierten Gesamtdeckungsbeiträge in Abb. 4.42 zeigt sich, dass (im Nachhinein) eine Kooperation bei den Beispielen 4 und 5 nicht lohnenswert ist, wenn die Preis-/Mengenkombination durch Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ festgelegt wurde. Dies liegt daran, dass der Händler zwar einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns erwartet hat, er aber letztendlich durch die Nicht-Beachtung von Strafkosten einen so geringen Deckungsbeitrag erhält, dass der Gesamtdeckungsbeitrag bei einer Kooperation geringer ist als bei einer Nicht-Kooperation. Aber auch bei Beispiel 1 ist der tatsächlich zusätzlich erwirtschaftete Deckungsbeitrag so gering, dass im Fall von anfallenden Kooperationskosten $\kappa_R + \kappa_M > 0$ diese Berechnungsmöglichkeit ebenfalls nachteilig ist. Für alle anderen Berechnungsmöglichkeiten entspricht der erwartete zusätzliche Deckungsbeitrag nahezu dem simulierten. Wird der Verkaufspreis vorgegeben (Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^K$ bzw. $3_{s,2}^K$), kann durch eine Kooperation nur ein zusätzlicher Deckungsbeitrag von maximal 5% erwirtschaftet werden. Können Hersteller und Händler jedoch gemeinsam die Preis-/Mengenkombination unter Berücksichtigung von Nachfrageschocks festlegen, die den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag maximiert (Berech-

nungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$), so können sie einen um ca. 35 % höheren Deckungsbeitrag als bei Nicht-Kooperation erwirtschaften.

4.2.2.3 Fazit

Analog zur linearen Nachfragefunktion wurde im Abschnitt 4.2.2 eine Supply Chain betrachtet, bei der sich der Händler einer stochastischen Marktnachfrage, hier jedoch mit einer multiplikativen Nachfragefunktion gegenüber sieht.

Wegen der stochastischen Marktnachfrage kann der Händler durch die Wahl einer optimalen Preis-/Mengenkombination seinen erwarteten Deckungsbeitrag maximieren. Der Hersteller kann die Wahl des Händlers aufgrund der globalen Information exakt antizipieren und sieht sich deshalb einer deterministischen Nachfrage gegenüber.

Im Gegensatz zur deterministischen Marktnachfrage kann für eine stochastische Marktnachfrage weder für eine nicht-kooperative noch für eine kooperative Kette eine algebraische Lösung angegeben werden, wenn die Verteilungsfunktion des Nachfrageschocks nicht bekannt ist.⁴⁶⁴

Es wurden daher anhand von sechs Beispielen mit gewählten Parameterwerten die optimalen Lösungen für die verschiedenen Berechnungsmöglichkeiten illustriert, wobei jeweils auf ein Beispiel detailliert eingegangen wurde.

Insgesamt können für die sechs Beispiele einer nicht-kooperativen Kette folgende wesentliche Aussagen getroffen werden:

- Geht der Händler bei der Bestimmung einer optimalen Preis-/Mengenkombination von einem Mittelwert der Verteilungsfunktion aus (Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$), so erwartet er zwar einen Deckungsbeitrag, der höher ist als sein geforderter Mindestgewinn. Tatsächlich erhält der Händler aber einen Deckungsbeitrag, der unter dem erwarteten Deckungsbeitrag oder sogar unter dem geforderten Mindestgewinn liegt. Der Hersteller erhält hingegen immer einen Deckungsbeitrag, der größer als sein geforderter Mindestgewinn ist.
- Der Händler erwartet stets einen Deckungsbeitrag in Höhe seines Mindestgewinns, wenn ihm ein Verkaufspreis vorgeschrieben wird (Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ und $3_{s,2}^{nK}$). Der Hersteller erzielt den höchsten Deckungsbeitrag, wenn er dem Händler einen Verkaufspreis vorschreiben kann (Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$).
- Bei Anwendung der Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ erhält der Händler einen Deckungsbeitrag, der seinem erwarteten Deckungsbeitrag entspricht. Der erwartete Deckungsbeitrag ist bei dieser Berechnungsmöglichkeit für alle sechs Beispiele höher als der geforderte Mindestgewinn.

⁴⁶⁴ Einzige Ausnahme ist Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ bzw. $1_{s,2}^K$. Hier ist jeweils die Angabe einer algebraischen Lösung möglich, da vom Mittelwert einer Verteilungsfunktion ausgegangen wird.

Durch eine Kooperation ergibt sich der folgende wesentliche Unterschied verglichen mit einer nicht-kooperativen Kette:

- Für alle sechs Beispiele wird der Gesamtdeckungsbeitrag nur bei Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ durch eine Kooperation deutlich gesteigert. Bei den Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^K$ und $3_{s,2}^K$ hängt das Potenzial einer Steigerung von der Varianz des Nachfrageschocks ab. Bei Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ kann der Gesamtdeckungsbeitrag in Abhängigkeit von den gewählten Parametern steigen oder fallen.

4.3 Zusammenfassung

Auf dem 3. Kapitel aufbauend wurden in Kapitel 4 für eine zweistufige Supply Chain Preis- und/oder Mengenkombinationen berechnet, die für eine deterministische und eine stochastische Marktnachfrage die (erwarteten) Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler maximieren. Den Berechnungen wurde zum einen eine lineare und zum anderen eine multiplikative Nachfragefunktion zugrunde gelegt.

In diesem Kapitel wurde ein neuer Parameter „Mindestgewinn“ eingeführt. Der Mindestgewinn gibt an, welchen Deckungsbeitrag der Händler und der Hersteller wenigstens fordern, um einen Vertrag mit der jeweils anderen Partei einzugehen. Der Mindestgewinn wurde für den Händler mit Π_R^{Min} bei Nicht-Kooperation und $\Pi_R^{Min(K)}$ bei Kooperation sowie für den Hersteller mit Π_M^{Min} bei Nicht-Kooperation und $\Pi_M^{Min(K)}$ bei Kooperation benannt. Für die Mindestgewinne gilt:

$$\Pi_R^{Min} \geq 0, \quad \Pi_R^{Min(K)} \geq 0, \quad \Pi_M^{Min} \geq 0 \text{ und } \Pi_M^{Min(K)} \geq 0.$$

Deterministische Marktnachfrage Bei einer deterministischen Marktnachfrage musste aufgrund der Zweistufigkeit der Supply Chain unterschieden werden, welche Informationen beiden Stufen zur Verfügung stehen,⁴⁶⁵ d. h. ob Informationen lokal oder global vorliegen.

Besitzt jede Stufe nur *lokale Informationen*, kann der Hersteller nicht antizipieren, welche Menge der Händler bei ihm bestellen wird. Er kann deshalb nur einen Aufschlag γ_M auf seine Kosten verlangen. In Tab. 4.80 sind die algebraischen Ergebnisse für die lineare und die multiplikative Nachfragefunktion zusammengefasst.

⁴⁶⁵ Siehe Abschnitt 2.2.2, S. 10 ff.

	Nachfragefunktion	
	linear	multiplikativ
Hersteller		
(optimaler) Preis $p_M^{(*)}$	$c_M \cdot \gamma_M$	$c_M \cdot \gamma_M$
optimale Menge q_M^*	$\frac{(a-bc_M\gamma_M)}{2}$	$a \left(\frac{bc_M\gamma_M}{b-1} \right)^{-b}$
maximaler Deckungsbeitrag Π_M^*	$\frac{(a-bc_M\gamma_M)(\gamma_M-1)c_M}{2}$	$\frac{p_R^* q_R^* (b-1)(\gamma_M-1)}{b \gamma_M}$
Händler		
optimaler Preis p_R^*	$\frac{a+bc_M\gamma_M}{2b}$	$\frac{bc_M\gamma_M}{b-1}$
optimale Menge q_R^*	$\frac{(a-bc_M\gamma_M)}{2}$	$a \left(\frac{bc_M\gamma_M}{b-1} \right)^{-b}$
maximaler Deckungsbeitrag Π_R^*	$\frac{(a-bc_M\gamma_M)^2}{4b}$	$\frac{p_R^* q_R^*}{b}$
Lieferkette		
Deckungsbeitrag Π_T^*	$\frac{(a-bc_M)^2 - ((\gamma_M-1)bc_M)^2}{4b}$	$(p_R^* - c_M)q_R^*$

Tab. 4.80: Ergebnisse für eine deterministische Marktnachfrage bei lokaler Information

Damit der Händler wenigstens seinen geforderten Mindestgewinn Π_R^{Min} erhalten kann, muss für den vom Hersteller verlangten Preis $p_M^{(*)}$ bei einer linearen Nachfragefunktion

$$p_M^{(*)} \leq \frac{a - 2\sqrt{b}\sqrt{\Pi_R^{Min}}}{b}$$

und für eine multiplikative Nachfragefunktion

$$p_M^{(*)} \leq \frac{b-1}{b} \left(\frac{b\Pi_R^{Min}}{a} \right)^{\frac{1}{1-b}}$$

gelten. Der Hersteller verlangt bei beiden Nachfragefunktionen einen Mindestabsatz von

$$q_M \geq \frac{\Pi_M^{Min}}{c_M(\gamma_M-1)},$$

damit er seinen Mindestgewinn Π_M^{Min} erreichen kann.

Liegen die *Informationen* hingegen *global* vor, ist zwischen dem Fall der Nicht-Kooperation der einzelnen Kettenglieder untereinander und dem Fall der Kooperation der einzelnen Kettenglieder zu unterscheiden. Grundlage der Untersuchung war zunächst der Fall der Nicht-Kooperation. Für diesen wurden die folgenden vier Berechnungsmöglichkeiten unterschieden:

- Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$: Hersteller und Händler bestimmen jeder für sich den optimalen Preis und die optimale Menge.
- Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$: Der Händler berechnet die optimale Menge bei einem exogen vorgegebenen Verkaufspreis. Der Hersteller bestimmt seinen optimalen Preis und die optimale Menge.
- Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$: Der Hersteller legt den Verkaufspreis des Händlers fest. Der Händler bestimmt die optimale Menge. Anschließend berechnet der Hersteller seinen optimalen Preis und seine optimale Menge.
- Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$: Der Hersteller bestimmt seinen Verkaufspreis und den Verkaufspreis des Händlers. Der Händler legt die optimale Menge fest.

Bei der Lösung von Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ muss danach unterschieden werden, wie hoch Hersteller und Händler ihre geforderten Mindestgewinne festlegen. Gelten für die Mindestgewinne bei einer linearen Nachfragefunktion

$$\Pi_R^{Min} \leq \frac{(a - bc_M)^2}{16b} \quad \text{und} \quad \Pi_M^{Min} \leq \frac{(a - bc_M)^2}{8b}$$

sowie bei einer multiplikativen Nachfragefunktion

$$\Pi_R^{Min} \leq \frac{abc_M}{(b-1)^2} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b} \quad \text{und} \quad \Pi_M^{Min} \leq \frac{ac_M}{b-1} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b},$$

so sind die optimalen Lösungen unabhängig von den geforderten Mindestgewinnen:

	Nachfragefunktion	
	linear	multiplikativ
Hersteller		
Preis p_M^*	$\frac{a+bc_M}{2b}$	$\frac{bc_M}{b-1}$
Menge q_M^*	$\frac{a-bc_M}{4}$	$a \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag Π_M^*	$\frac{(a-bc_M)^2}{8b}$	$\frac{b-1}{b} \frac{p_R^* q_R^*}{b}$
Händler		
Preis p_R^*	$\frac{3a+bc_M}{4b}$	$\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2}$
Menge q_R^*	$\frac{a-bc_M}{4}$	$a \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag Π_R^*	$\frac{(a-bc_M)^2}{16b}$	$\frac{p_R^* q_R^*}{b}$
Lieferkette		
Deckungsbeitrag Π_T^*	$\frac{3(a-bc_M)^2}{16b}$	$\frac{2b-1}{b} \frac{p_R^* q_R^*}{b}$

Tab. 4.81: Ergebnisse für Berechnungsmöglichkeit 1_{d,2}^{nK} und Beschränkung 1

Gelten hingegen für die geforderten Mindestgewinne bei einer linearen Nachfragefunktion

$$\Pi_R^{Min} > \frac{(a - bc_M)^2}{16b} \quad \text{und} \quad \Pi_M^{Min} \leq \frac{(a - bc_M) \sqrt{\Pi_R^{Min}}}{\sqrt{b}} - 2\Pi_R^{Min},$$

so ergeben sich die in Tab. 4.4 genannten Ergebnisse.⁴⁶⁶

Für eine multiplikative Nachfragefunktion konnte aufgrund der mathematischen Komplexität keine algebraische Lösung gefunden werden, falls der Händler einen Mindestgewinn von

$$\Pi_R^{Min} > \frac{abc_M}{(b-1)^2} \left(\frac{b^2 c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$$

verlangt.

Wird dem Händler ein Preis extern vorgeschrieben (Berechnungsmöglichkeit 2_{d,2}^{nK}), so lauten die optimalen Ergebnisse wie in Tab. 4.82 angegeben, sofern

$$\Pi_R^{Min} + \Pi_M^{Min} \leq \Pi_T^*$$

gilt.

⁴⁶⁶ Siehe S. 73.

	Nachfragefunktion	
	linear	multiplikativ
Hersteller		
Preis p_M^*	$\bar{p}_R - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R^*}$	$\bar{p}_R - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R^*}$
Menge q_M^*	$a - b\bar{p}_R$	$a\bar{p}_R^{(-b)}$
Deckungsbeitrag Π_M^*	$(\bar{p}_R - c_M)q_R^* - \Pi_R^{Min}$	$(\bar{p}_R - c_M)q_R^* - \Pi_R^{Min}$
Händler		
Preis p_R^*	\bar{p}_R	\bar{p}_R
Menge q_R^*	$a - b\bar{p}_R$	$a\bar{p}_R^{(-b)}$
Deckungsbeitrag Π_R^*	Π_R^{Min}	Π_R^{Min}
Lieferkette		
Deckungsbeitrag Π_T^*	$(\bar{p}_R - c_M)q_R^*$	$(\bar{p}_R - c_M)q_R^*$

 Tab. 4.82: Ergebnisse für Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$

Die Ergebnisse von linearer und multiplikativer Nachfragefunktion unterscheiden sich nur durch die Höhe der vom Händler bestellten Menge q_R^* .

Die Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^{nK}$ und $4_{d,2}^{nK}$ betrachten die Situation, in welcher der Hersteller dem Händler einen Verkaufspreis vorschreiben kann. Sofern der Hersteller in der Position ist, dem Händler einen Preis vorzugeben, wird er dies tun, da er immer einen höheren Deckungsbeitrag erhält als bei Festlegung des Verkaufspreises durch den Händler selbst.⁴⁶⁷

Beide Berechnungsmöglichkeiten unterscheiden sich in der Bestimmung des Preises $p_R^* := \bar{p}_R$. Die optimalen Lösungen sind für beide Berechnungsmöglichkeiten identisch und sind in Tab. 4.83 zusammengefasst.⁴⁶⁸

⁴⁶⁷ Dies allerdings nur, wenn Beschränkung 1 der Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ gilt.

⁴⁶⁸ Wie schon bei Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^{nK}$ muss die Summe der Mindestgewinne von Hersteller und Händler geringer oder gleich dem Gesamtdeckungsbeitrag sein.

	Nachfragefunktion	
	linear	multiplikativ
Hersteller		
Preis p_M^*	$p_R^* - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R^*}$	$p_R^* - \frac{\Pi_R^{Min}}{q_R^*}$
Menge q_M^*	$\frac{a-bc_M}{2}$	$a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag Π_M^*	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b} - \Pi_R^{Min}$	$\frac{p_R^* q_R^*}{b} - \Pi_R^{Min}$
Händler		
Preis p_R^*	$\frac{a+bc_M}{2b}$	$\frac{bc_M}{b-1}$
Menge q_R^*	$\frac{a-bc_M}{2}$	$a \left(\frac{bc_M}{b-1} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag Π_R^*	Π_R^{Min}	Π_R^{Min}
Lieferkette		
Deckungsbeitrag Π_T^*	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b}$	$\frac{p_R^* q_R^*}{b}$

Tab. 4.83: Ergebnisse für die Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^{nK}$ und $4_{d,2}^{nK}$

Die Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeit $3_{d,2}^{nK}$ unterscheiden sich nur dann von denen der Berechnungsmöglichkeit $4_{d,2}^{nK}$, wenn der Hersteller aus preis- oder mengenpolitischer Sicht von seinem optimalen Preis p_M^* abweicht.

Ausgehend von den Ergebnissen der Nicht-Kooperation wurde dann der Fall der *Kooperation* betrachtet. Dabei wurden die Ergebnisse der vier Berechnungsmöglichkeiten für den Fall der Nicht-Kooperation als Basis verwendet und daraufhin untersucht, ob und inwiefern sich Hersteller und Händler durch eine Kooperation besser stellen würden. Die betrachteten Berechnungsmöglichkeiten wurden dabei wie folgt auf den Fall der Kooperation angepasst:

- Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$: Hersteller und Händler legen gemeinsam den optimalen Verkaufspreis und die optimale Verkaufsmenge fest, um so den Gesamtdeckungsbeitrag zu maximieren. Der Hersteller legt anschließend die Preisspanne bezüglich seines Preises p_M fest, bei dem jeder jeweils den Mindestgewinn der Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^{nK}$ zuzüglich anfallender Kooperationskosten erhält.
- Berechnungsmöglichkeit $2_{d,2}^K$: Hersteller und Händler maximieren den Gesamtdeckungsbeitrag unter einem extern vorgegebenen Verkaufspreis.
- Berechnungsmöglichkeiten $3_{d,2}^K$ und $4_{d,2}^K$: Hersteller und Händler maximieren den Gesamtdeckungsbeitrag unter dem vom Hersteller vorgegebenen Verkaufspreis.

Den durch die Kooperation erwirtschafteten Gesamtdeckungsbeitrag können beide Parteien untereinander aufteilen. Der Anteil jeder Partei am Gesamtdeckungsbeitrag muss dabei aber

wenigstens genauso hoch sein wie derjenige Deckungsbeitrag, den sie ohne eine Kooperation erhalten hätten und muss außerdem die anfallenden Kooperationskosten κ_R und κ_M decken. Damit muss gelten

$$\begin{aligned} \Pi_R^{Min(K)} &\geq \Pi_R^* + \kappa_R \text{ und} \\ \Pi_M^{Min(K)} &\geq \Pi_M^* + \kappa_M \text{ sowie} \\ \Pi_R^{Min(K)} + \Pi_M^{Min(K)} &\leq \Pi_T^*. \end{aligned}$$

Es wurde gezeigt, dass im Falle einer linearen Nachfragefunktion bei anfallenden Kooperationskosten von $\kappa_M + \kappa_R > 0$ nur dann kooperiert wird, wenn der Händler selbst seinen Verkaufspreis festlegen kann (Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$) und für die Höhe der Kooperationskosten

$$\kappa_M + \kappa_R \leq \frac{(a - bc_M)^2}{16b}$$

gilt.

Auch bei einer multiplikativen Nachfragefunktion darf die Summe der Kooperationskosten höchstens dem zusätzlichen Gesamtdeckungsbeitrag entsprechen, der durch eine Kooperation erzielt werden kann. Aufgrund der Komplexität des Terms des zusätzlichen Gesamtdeckungsbeitrags war dessen Angabe nicht möglich.

Die optimalen Ergebnisse für eine Kooperation bei Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$ sind in Tab. 4.84 angegeben.

	Nachfragefunktion	
	linear	multiplikativ
Hersteller		
Preis p_M^*	$\frac{3a+5bc_M}{8b} - \frac{\kappa_R}{q_R^*}$	$\frac{bc_M}{b-1} - \frac{bc_M}{(b-1)^2} \left(\frac{b}{b-1}\right)^{-b} - \frac{\kappa_R}{q_R^*}$
Menge q_M^*	$\frac{a-bc_M}{2}$	$a \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{-b}$
Deckungsbeitrag Π_M^*	$\frac{3(a-bc_M)^2}{16b} - \kappa_R$	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{1-b} \left(1 - \left(\frac{b}{b-1}\right)^{1-b}\right) - \kappa_R$
Händler		
Preis p_R^*	$\frac{a+bc_M}{2b}$	$\frac{bc_M}{b-1}$
Menge q_R^*	$\frac{a-bc_M}{2}$	$a \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{-b}$
Deckungsbeitrag Π_R^*	$\frac{(a-bc_M)^2}{16b} + \kappa_R$	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{1-b} \left(\frac{b}{b-1}\right)^{1-b} + \kappa_R$
Lieferkette		
Deckungsbeitrag Π_T^*	$\frac{(a-bc_M)^2}{4b}$	$\frac{a}{b} \left(\frac{bc_M}{b-1}\right)^{1-b}$

Tab. 4.84: Ergebnisse für Berechnungsmöglichkeit $1_{d,2}^K$

Bei den Berechnungsmöglichkeiten $2_{d,2}^K$ bis $4_{d,2}^K$ kam keine Kooperation zustande, da der im Vergleich zur Nicht-Kooperation zusätzlich erwirtschaftete Deckungsbeitrag nicht ausreichend ist, um die anfallenden Kooperationskosten zu decken.

Stochastische Marktnachfrage Anders als bei der deterministischen Marktnachfrage ist bei der stochastischen Marktnachfrage nur der Fall der globalen Information gegeben. Für diesen Fall wurde auch hier unterschieden, wie sich die einzelnen Stufen der Supply Chain im Falle einer Nicht-Kooperation stellen und ob sie durch eine Kooperation einen Mehrwert erzielen können, sich also besser stellen. Für den Fall der *Nicht-Kooperation* wurden zunächst die folgenden Berechnungsmöglichkeiten betrachtet:

- Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$: Hersteller und Händler bestimmen jeweils für sich den optimalen Preis und die optimale Menge. Der Händler vernachlässigt allerdings die Unsicherheit der Marktnachfrage.
- Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$: Der Händler berechnet die optimale Menge bei einem vorgegebenen Verkaufspreis. Der Hersteller bestimmt seinen optimalen Preis und die optimale Menge.
- Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$: Sie entspricht der Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ mit dem Unterschied, dass der Verkaufspreis nicht von einer außerhalb der Lieferkette stehenden, dritten Person, sondern vom Hersteller vorgegeben wird.
- Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$: Hersteller und Händler bestimmen jeweils für sich den optimalen Preis und die optimale Menge, wobei der Händler die unsichere Marktnachfrage in seine Rechnungen mit einbezieht.

Bei allen vier Berechnungsmöglichkeiten sieht sich der Händler einer stochastischen Marktnachfrage gegenüber. Er kann deshalb seinen erwarteten Deckungsbeitrag nur durch die Ermittlung der optimalen Preis- und/oder Mengenkombination bestimmen. Der Hersteller hingegen produziert und verkauft genau die vom Händler bei ihm bestellte Menge. Er muss daher nicht mit Unsicherheiten rechnen.

Bei der Modellformulierung für die Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ wird davon ausgegangen, dass der Händler die auftretende Unsicherheit durch Nachfrageschocks vernachlässigt. Er antizipiert lediglich den Mittelwert μ der Verteilungsfunktion als Abweichung von der Kernnachfrage. Die Art der Verteilungsfunktion ist deshalb in dieser Berechnungsmöglichkeit irrelevant.

Wie bereits zuvor für Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ bei einer deterministischen Marktnachfrage beschrieben, hängen die optimalen Ergebnisse von der Höhe der von Hersteller und Händler geforderten Mindestgewinne ab. Für

$$\Pi_R^{Min} \leq \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{16b} \quad \text{und} \quad \Pi_M^{Min} \leq \frac{(a - bc_M + \mu)^2}{8b}$$

bei einer linearen Nachfragefunktion und

$$\Pi_R^{Min} \leq \frac{abc_M\mu}{(b-1)^2} \left(\frac{b^2c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b} \quad \text{und} \quad \Pi_M^{Min} \leq \frac{ac_M\mu}{b-1} \left(\frac{b^2c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$$

bei einer multiplikativen Nachfragefunktion sind die optimalen Ergebnisse in Tab. 4.85 zusammengefasst.

	Nachfragefunktion	
	linear	multiplikativ
Hersteller		
Preis p_M^*	$\frac{a+bc_M+\mu}{2b}$	$\frac{bc_M}{b-1}$
Menge q_M^*	$\frac{a-bc_M+\mu}{4}$	$a \left(\frac{b^2c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$
Deckungsbeitrag Π_M^*	$\frac{2(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$	$\frac{b-1}{b} \frac{p_R^*q_R^*}{b}$
Händler		
Preis p_R^*	$\frac{3a+bc_M+3\mu}{4b}$	$\frac{b}{b-1} \cdot \frac{bc_M}{b-1}$
Menge q_R^*	$\frac{a-bc_M+\mu}{4}$	$a \left(\frac{b^2c_M}{(b-1)^2} \right)^{-b}$
Erw. Deckungsbeitrag $E[\Pi_R^*]$	$\frac{(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$	$\frac{p_R^*q_R^*}{b}$
Lieferkette		
Erw. Deckungsbeitrag $E[\Pi_T^*]$	$\frac{3(a-bc_M+\mu)^2}{16b}$	$\frac{2b-1}{b} \frac{p_R^*q_R^*}{b}$

Tab. 4.85: Ergebnisse für Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$

Da bei der Maximierung des erwarteten Deckungsbeitrags des Händlers keine Strafkosten berücksichtigt wurden, wird der simulierte Deckungsbeitrag allerdings vom erwarteten abweichen.

Für die Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ der nicht-kooperativen Kette konnte für die lineare Nachfragefunktion nur eine sehr allgemeine algebraische Lösung gefunden werden, die sich nur auf die Ergebnisse des Händlers bezog. Für den Hersteller konnte keine algebraische Lösung für eine optimale Preis-/Mengenkombination angegeben werden, weil die Ergebnisse abhängig von der Verteilungsfunktion sind. Aus dem gleichen Grund konnte für eine multiplikative Nachfragefunktion weder für den Händler noch für den Hersteller eine algebraische Lösung hergeleitet werden.

Um dennoch Aussagen bezüglich der einzelnen Berechnungsmöglichkeiten treffen zu können, wurden die Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ mit Hilfe von sechs Zahlenbeispielen illustriert. Die Zahlenbeispiele wurden so gewählt, dass die Auswirkungen bestimmter Variationen der Parameter auf Preise, Mengen und (erwartete) Deckungsbeiträge von Hersteller und

Händler untersucht werden konnten. Alle sechs Beispiele unterlagen einem normalverteilten Nachfrageschock.

- Beispiel 1: Anhand dieses Beispiels wurden die Rechenschritte der Berechnungsmöglichkeiten $1_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ detailliert vorgestellt und zum Teil grafisch illustriert.
- Beispiele 2 und 3: Bei diesen beiden Beispielen wurden die Auswirkungen auf die Ergebnisse betrachtet, wenn die Strafkosten c_u und c_o variiert werden.
- Beispiele 4 und 5: Diese beiden Beispiele unterschieden sich lediglich in der Höhe des Parameters b .
- Beispiel 6: Dieses Beispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass eine geringe Varianz des Nachfrageschocks gewählt wurde.

Trotz der unterschiedlich gewählten Beispiele ließen sich für die lineare und die multiplikative Nachfragefunktion Gemeinsamkeiten und Unterschiede hinsichtlich der Abweichungen der simulierten Deckungsbeiträge für den Händler, den Hersteller und die Lieferkette für die vier Berechnungsmöglichkeiten feststellen. Diese Gemeinsamkeiten und Unterschiede sind in Tab. 4.86 zum besseren Vergleich schematisch dargestellt.⁴⁶⁹

	Berechnungsmöglichkeit					
	$2_{s,2}^{nK}$		$3_{s,2}^{nK}$		$4_{s,2}^{nK}$	
Nachfragefunktion	lin.	mult.	lin.	mult.	lin.	mult.
Deckungsbeitrag des Herstellers	↗↘	↗	↑	↑	↘	↘
Deckungsbeitrag des Händlers	↑↓	↓	↑↓	↓	↑↗	↗
Deckungsbeitrag der Lieferkette	↗↘	↘	↑	↗↘	↗	↘

Tab. 4.86: Abweichung der Ergebnisse der simulierten Deckungsbeiträge von Hersteller, Händler und Lieferkette der Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ der Beispiele 4.1.2-1 bis 6 und 4.2.2-1 bis 6

Der Hersteller erhält in jedem Beispiel nur bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ den höchsten simulierten Deckungsbeitrag. Bei Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ verschlechtert er sich im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$. Bei Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ steigt oder sinkt der simulierte Deckungsbeitrag des Herstellers je nach Parameterwahl.

⁴⁶⁹ Die Pfeile deuten die Abweichung der simulierten Deckungsbeiträge gegenüber der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ an:

- ↑↓: der simulierte Deckungsbeitrag steigt bzw. fällt mehr als 40 % und
- ↗↘: der simulierte Deckungsbeitrag steigt bzw. fällt weniger als 40 %.

Ein Pfeil in einem Feld gibt an, dass die angegebene Abweichung für alle sechs Beispiele gilt. Zwei Pfeile in einem Feld geben an, dass mindestens ein Beispiel von den anderen Beispielen abweicht. Bei keinem der betrachteten Beispiele wichen die Abweichungen derart ab, dass sie in mehr als zwei der oben genannten Kategorien fielen.

Der simulierte Deckungsbeitrag des Händlers konnte sowohl bei der linearen als auch bei der multiplikativen Nachfragefunktion im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ nur durch die Anwendung der Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^{nK}$ jeweils in allen sechs Beispielen gesteigert werden. Die Ergebnisse der Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ und $3_{s,2}^{nK}$ unterscheiden sich in Abhängigkeit der Nachfragefunktion. So steigen oder fallen die simulierten Deckungsbeiträge des Händlers im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ je nach Parameterwahl bei einer linearen Nachfragefunktion. Bei einer multiplikativen Nachfragefunktion sinken die simulierten Deckungsbeiträge für alle Beispiele. Sowohl Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ als auch Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ führen zu annähernd gleich hohen simulierten Deckungsbeiträgen für den Händler.

Ob der simulierte Gesamtdeckungsbeitrag der Lieferkette für die Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^{nK}$ bis $4_{s,2}^{nK}$ im Vergleich zu Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^{nK}$ steigt oder fällt, hängt von der Stärke der Deckungsbeitragsänderungen von Hersteller und Händler ab. Tendenziell erhöht sich bei einer linearen Nachfragefunktion der simulierte Gesamtdeckungsbeitrag. Nur bei Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^{nK}$ ist die Parameterwahl maßgeblich dafür, ob der Gesamtdeckungsbeitrag steigt. Bei einer multiplikativen Nachfragefunktion sinkt der simulierte Gesamtdeckungsbeitrag. Bei Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^{nK}$ kann der simulierte Gesamtdeckungsbeitrag je nach Parameterwahl steigen.

Wie bei einer deterministischen Marktnachfrage wurde auch bei einer stochastischen Marktnachfrage sodann aufbauend auf den Erkenntnissen der Betrachtung der Nicht-Kooperation untersucht, ob und inwiefern Hersteller und Händler durch eine *Kooperation* profitieren. Die verwendeten Berechnungsmöglichkeiten wurden dabei wie folgt auf den Fall der Kooperation angepasst:

- Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$: Hersteller und Händler maximieren den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag gemeinsam, wobei die Unsicherheit der Marktnachfrage vernachlässigt wird.
- Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$: Hersteller und Händler maximieren gemeinsam den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag bei einem extern vorgegebenen Verkaufspreis.
- Berechnungsmöglichkeit $3_{s,2}^K$: Sie entspricht der Berechnungsmöglichkeit $2_{s,2}^K$ mit dem Unterschied, dass der Verkaufspreis nicht von einer außerhalb der Lieferkette stehenden, dritten Person, sondern vom Hersteller vorgegeben wird.
- Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$: Hersteller und Händler bestimmen gemeinsam den optimalen Preis und die optimale Menge, wobei der Händler die unsichere Marktnachfrage in seine Rechnungen mit einbezieht.

Auch für eine kooperative Kette bei einer stochastischen Marktnachfrage konnte nur für die Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ bei linearer Nachfrage eine algebraische Lösung angegeben werden. Diese umfasst den optimalen Verkaufspreis und die optimale Verkaufsmenge des Händlers, die optimale Herstellmenge des Herstellers sowie das Preisintervall, aus dem der

Hersteller seinen Preis wählen kann, bei welchem der Hersteller und der Händler jeweils ihren Mindestgewinn erhalten. Weiter wurden die (erwarteten) Deckungsbeiträge berechnet, die aus den Grenzen des Preisintervalls resultieren. Abschließend konnte angegeben werden, wie hoch der zusätzliche Deckungsbeitrag war, der durch eine Kooperation erwirtschaftet werden konnte. Dieser kann auf die Kettenglieder aufgeteilt werden.

Für die multiplikative Nachfragefunktion konnte für eine kooperative Kette gleichfalls keine algebraische Lösung angegeben werden.

Um dennoch untersuchen zu können, ob und in welcher Höhe die (erwarteten) und simulierten Deckungsbeiträge von Hersteller und Händler durch eine Kooperation gesteigert werden können, wurden die Ergebnisse der sechs betrachteten Beispiele für den Fall der Nicht-Kooperation mit den korrespondierenden Ergebnissen der Beispiele für den Fall der Kooperation verglichen.

Kooperieren Hersteller und Händler, so kann bei einer linearen Nachfragefunktion für jedes der sechs Beispiele der Gesamtdeckungsbeitrag, unabhängig von der verwendeten Berechnungsmöglichkeit, gesteigert werden.⁴⁷⁰ Gerade bei den Berechnungsmöglichkeiten $2_{s,2}^K$ und $3_{s,2}^K$ ist die Steigerung allerdings so gering, dass bei Kooperationskosten von $\kappa_R + \kappa_M > 0$ eine Kooperation keinen Vorteil mehr bringt, da davon auszugehen ist, dass die erzielte Steigerung des Gesamtdeckungsbeitrags nicht die Kooperationskosten deckt. Vergleicht man den erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ mit dem erwarteten Gesamtdeckungsbeitrag der Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$, so fällt dieser geringer aus. Tatsächlich wird aber durch Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ der höchste Gesamtdeckungsbeitrag erwirtschaftet.

Bei einer multiplikativen Nachfragefunktion wird zudem nicht immer der simulierte Gesamtdeckungsbeitrag gesteigert.⁴⁷¹ So kann bei der Berechnungsmöglichkeit $1_{s,2}^K$ der erwartete Deckungsbeitrag des Händlers stark vom simulierten Deckungsbeitrag abweichen, so dass der erwartete Gesamtdeckungsbeitrag zunächst für eine Kooperation steigt, tatsächlich aber geringer ist als bei einer Nicht-Kooperation. Nur durch Berechnungsmöglichkeit $4_{s,2}^K$ kann für jedes der sechs Beispiele eine tatsächliche Deckungsbeitragssteigerung von ca. 35 % im Vergleich zur Nicht-Kooperation erzielt werden.

⁴⁷⁰ Siehe Abb. 4.27, S. 151.

⁴⁷¹ Siehe Abb. 4.42, S. 207.