

Influential Article Review - Understanding Retail Shelf-Space Planning

Alyssia Churchill

Alfie Liu

Yuvraj Griffiths

This paper examines logistics. We present insights from a highly influential paper. Here are the highlights from this paper: Shelf-space optimization models support retailers in making optimal shelf-space decisions. They determine the number of facings for each item included in an assortment. One common characteristic of these models is that they do not account for in-store replenishment processes. However, the two areas of shelf-space planning and in-store replenishment are strongly interrelated. Keeping more shelf stock of an item increases the demand for it due to higher visibility, permits decreased replenishment frequencies and increases inventory holding costs. However, because space is limited, it also requires the reduction of shelf space for other items, which then deplete faster and must be reordered and replenished more often. Furthermore, the possibility of keeping stock of certain items in the backroom instead of the showroom allows for more showroom shelf space for other items, but also generates additional replenishment costs for the items kept in the backroom. The joint optimization of both shelf-space decisions and replenishment processes has not been sufficiently addressed in the existing literature. To quantify the cost associated with the relevant in-store replenishment processes, we conducted a time and motion study for a German grocery retailer. Based on these insights, we propose an optimization model that addresses the mutual dependence of shelf-space decisions and replenishment processes. The model optimizes retail profits by determining the optimum number of facings, the optimum display orientation of items, and the optimum order frequencies, while accounting for space-elasticity effects as well as limited shelf and backroom space. Applying our model to the grocery retailer's canned foods category, we found a profit potential of about 29%. We further apply our model to randomly generated data and show that it can be solved to optimality within very short run times, even for large-scale problem instances. Finally, we use the model to show the impact of backroom space availability and replenishment cost on retail profits and solution structures. Based on the insights gained from the application of our model, the grocery retailer has decided to change its current approach to shelf-space decisions and in-store replenishment planning. For our overseas readers, we then present the insights from this paper in Spanish, French, Portuguese, and German.

Keywords: Shelf space, Backroom, Space-elastic demand, Optimization, Replenishment

SUMMARY

- In the following, we analyze the basic decisions retailers need to make in shelf-space and reorder planning, namely how much shelf space to allocate to items, and how often to reorder them.
- Shelf-space decision Shelf-space planning is a mid-term task and typically executed every six months, requiring a retailer to assign shelf space and shelf quantities to listed products under the constraints of limited shelf size . The results of these decisions are visualized in a planogram which displays the number of facings, display orientation and position on the shelf for every item.
- Shelf-space decisions impact customer demand. Item demand depends on the visible quantity on the shelf and the display orientation. The higher the visibility of an item, the higher its demand. The visibility of an item increases with the number of facings assigned to that item and its display orientation, i.e., the visible item width the customer sees. Empirical studies examine these so-called «space-elasticity effects», . Chandon et al. show that the number of facings is the most important in-store factor affecting customer demand. Using a meta-analysis across empirical studies, Eisend quantified the average space-elasticity factor as 17%, which implies a demand increase of 17% each time the number of facings is doubled.
- Following Seuring et al. and Kotzab et al. , we first defined the scope of our contribution , and then identified the related literature. The identification step included the material collection/selection and category selection. Finally, we completed a content analysis. Because we focus on quantitative decision models, we excluded literature that strictly covers general management, marketing and service management issues, and does not discuss modeling aspects and decision support systems at all. Papers were assessed based on their decision modeling, demand models and their relation to space and reorder planning.
- In the following we introduce the fundamental modeling papers and analyze only the shelf-space modeling papers that contain considerations of replenishment, inventory holding and store operations. Further modeling papers dealing with shelf-space problems that do not include any of these considerations or that are not related to our decision problem are not the focus and not further analyzed. Shelf-space models typically assume a given assortment with space-elastic demand, ignore substitution , and account for limited shelf space. Our problem relates to the shelf-space literature, and we therefore focus on this area.
- When retail shelf space is limited, retailers need to thoroughly consider the trade-off between shelf-space and ordering decisions. The two decisions are interdependent and impact in-store logistics processes for shelf replenishment, since every order triggers direct replenishment of shelves and since items that do not fit onto the showroom shelf must be indirectly replenished from the backroom.

HIGHLY INFLUENTIAL ARTICLE

We used the following article as a basis of our evaluation:

Hübner, A., & Schaal, K. (2017). Effect of replenishment and backroom on retail shelf-space planning. *Business Research*, 10(1), 123–156.

This is the link to the publisher's website:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s40685-016-0043-6>

INTRODUCTION

Retailers use shelves to offer their products to customers. In doing so, they must decide how much shelf space to allocate to which item. Because shelf quantities assigned to retail shelves become depleted over time due to customer purchases, retailers need to regularly refill shelves and reorder items. Reordering directly impacts replenishment processes. As soon as reorders arrive at the store, the respective items are

transported to the showroom, where shelves are replenished (i.e., direct replenishment). As a result, every order process triggers a direct replenishment process. Items that do not fit onto the showroom shelf space are stored in the backroom, from where shelves are later replenished (i.e., indirect replenishment from backroom).

Both decisions, i.e., shelf space and reordering, are interrelated, because, e.g., to meet customer demand, a retailer has the option of increasing the shelf quantity and decreasing the order frequency for a specific item, or vice versa. If space is limited, a higher shelf quantity for one item implies less frequent reorders and replenishments for this item, but also less space available for other items, which in turn must be reordered more frequently.

Shelf-space and reorder planning are of great importance to retailers for several reasons: The increasing number of products is in conflict with limited shelf space. Today, up to 30% more products than ten years ago compete for scarce space (EHI Retail Institute 2014; Hübner et al. 2016). This puts retailers under pressure to manage profitability with narrow margins and to maintain space productivity (Gutgeld et al. 2009). In fact, shelf space has been referred to as a retailer's scarcest resource (cf. e.g., Lim et al. 2004; Irion et al. 2012; Geismar et al. 2015; Bianchi-Aguiar et al. 2015a). Above all, changes in shelf space impact customer demand due to the higher visibility of items (Eisend 2014). In other words, the demand for an item grows, the more shelf space is allocated to it. This is referred to as "space-elastic demand". Additionally, the costs associated with in-store replenishment are significant, because in-store logistics costs amount to up to 50% of total retail supply chain costs (Kotzab and Teller 2005; Broekmeulen et al. 2006; Reiner et al. 2013; Kuhn and Sternbeck 2013). However, the options for changing replenishment frequencies are subject to the availability of backroom inventory for intermediate storage (Eroglu et al. 2013; Pires et al. 2016) and the degree of freedom to choose different delivery frequencies (Sternbeck and Kuhn 2014). Besides product margins and demand effects, the shelf-space planner should therefore also consider options for arranging items on the shelf, in-store replenishment frequencies and costs, and the availability of a backroom for replenishment.

Current literature on shelf-space management mainly addresses the demand side by modeling the effect of space-elastic demand. In this case, a retailer's profit is maximized under shelf-space constraints by defining the number of facings for each product (i.e., first visible unit of an item in the front row; Hübner and Kuhn 2012; Kök et al. 2015). Existing models do not account for replenishment frequencies and costs, or options for leveraging backroom inventory (Hübner and Kuhn 2012; Bianchi-Aguiar et al. 2016).

To investigate the above-mentioned relationships, we conducted a time and motion study for a German grocery retailer and identified both the relevant in-store replenishment processes and the associated costs. Building on these insights, we then develop an optimization model that simultaneously optimizes shelf-space and in-store replenishment decisions while also accounting for space-elastic demand as well as limited showroom and backroom space. The model accounts not only for product margins, but also for the costs of direct shelf replenishment upon delivery of orders to the store, and for replenishment from the backroom. Furthermore, we consider the cost of inventory kept in the showroom and the backroom. This extended model addresses the research question of how different replenishment procedures and the opportunity to use backroom space impact shelf-space planning. We apply the model to show why an integrated perspective on shelf-space and in-store replenishment optimization is worthwhile and demonstrate how retailers can apply the model to increase their profits.

We address the trade-offs between shelf-space allocation and in-store replenishment (e.g., more space, less frequent orders and replenishments). Because retailers use backrooms as a planned buffer or for excess inventory after shelf replenishment, we further investigate how the availability of a backroom impacts shelf-space decisions and order frequencies.

The remainder of this paper is organized as follows: Sect. 2 provides the conceptual background of our paper and presents the related literature on shelf-space optimization. The time and motion study, and the description of identified replenishment processes, are presented in Sect. 3. Section 4 explains the optimization model and presents a solution approach. Numerical results for testing our model and the impact of backroom space and replenishment cost on objective values and solution structures are presented in Sect. 5. Finally, Sect. 6 has the conclusion and outlook.

CONCLUSION

In this paper, we presented a capacitated shelf-space optimization model that contributes to the existing literature by accounting for in-store replenishment and the availability of backroom space. The model maximizes retail profits while considering costs for direct and backroom replenishment, cost for inventory, limited showroom and backroom space as well as space-elastic demand. Retailers are provided with additional flexibility from the optimized display orientations of items. We have quantified the relevant in-store processes cost by means of a time and motion study for a German retailer. Our process descriptions serve to further define in greater detail the in-store processes and cost types identified in the existing literature. To solve the resulting non-linear problem, we developed a mixed-integer model. Even for large-scale problems, our model yields optimal results efficiently within a feasible amount of time. We applied our model to the retailer's canned foods category and showed how profits can be increased significantly by applying our model. After the results were presented to the retailer, he decided to change his current approach to shelf-space and in-store replenishment planning by applying our model. Furthermore, we have shown that an integrated perspective on shelf-space and replenishment optimization is crucial for retailers, because backroom space and replenishment cost have a significant impact on retail profits and shelf-space planning. An integrated perspective for shelf planning is specifically important, since in practice shelf-space decisions are made by a central sales planning unit which oftentimes ignores the consequences of shelf planning on in-store operations. Our model will help retailers to develop this integrated perspective.

Limitations and future areas of research The limitations of our model point to a variety of future areas of research. We follow the general literature on shelf-space management and assume a deterministic and stationary demand for the tactical problem. Because of this, demand is always satisfied. Hence, one area is to further generalize the demand modeling. Some authors argue that demand volatility can be handled with exogenously determined safety stocks. The resulting shelf space for the safety stock needs to be deducted from the total shelf space and only the remaining space can be distributed. However, our modeling approach has the advantage of being flexible enough to determine safety stocks endogenously. As safety stocks protect against uncertainty in demand (demand volatility) and supply (lead time volatility), the impact of both decision variables (i.e., the impact of the number of facings on the demand and the impact of the order frequency on supply) need to be taken into account. Hence, for all precalculated combinations of the decisions variables, one can calculate the safety stocks accordingly within the model. Furthermore, our model and solution approach is a good starting point to account for further demand effects. Focusing on demand volatility would imply the development of a stochastic model for our decision problem with replenishment costs to account for demand variations (cf. e.g., Hübner and Schaal 2016a). In such cases, out-of-stock substitutions resulting from potentially insufficient shelf and backroom quantities for specific items would need to be taken into consideration as well (cf. e.g., Kök and Fisher 2007; Hübner et al. 2016). A stochastic model would need to balance the trade-offs between understock and overstock situations, which is specifically relevant in the case of perishable items. These additional costs can be included in the precalculations. Apart from stochastic demand, further demand effects, such as item positioning (cf. e.g., Lim et al. 2004; Bianchi-Aguiar et al. 2015b) or cross-space elasticities (cf. e.g., Corstjens and Doyle 1981), would be worth considering when the model is applied to certain categories with these demand effects.

Our model concentrates on the cost associated with direct and indirect replenishment of shelves. Future models could incorporate further decisions and associated cost, such as upstream supply chain decisions and the cost of deliveries from warehouses to stores (cf. Sternbeck and Kuhn 2014; Holzapfel et al. 2016). Moreover, retail managers typically try to keep shelves as filled as possible, since empty space is generally believed to have a negative impact on sales (cf. Baron et al. 2011). This may result in differentiated refill costs. We have shown that our solution approach is capable of solving a problem with up to 2000 items within less than a minute. Although shelf-space and reordering decisions are typically made for each category separately, our model could be extended for store-wide shelf-space optimization across all categories, where common order patterns for different categories would also be considered.

Finally, the investigation of multi-store environments can be considered. A corresponding model would support retailers in deciding whether planograms should be more standardized or adjusted to store-specific needs. Such a model would need to balance the trade-off between store-specific demand fulfillment and the efficiency of upstream logistics processes.

Our optimization model takes the perspective of a retailer who wants to optimize category profit. In contrast, a manufacturer follows the objective of brand profit optimization, which raises the topic of “category captainship” (cf e.g., Kurtulus and Toktay 2011; Martínez-de Albéniz and Roels 2011). A comprehensive study will need to address all the relevant subjects of negotiation between manufacturers and retailers, such as assortment, prices and shelf space.

The model and solution approach proposed within this paper will be a good starting point to address the open areas of research mentioned above.

APPENDIX

FIGURE 1
ILLUSTRATION OF FACING, SHELF QUANTITY AND DISPLAY ORIENTATION

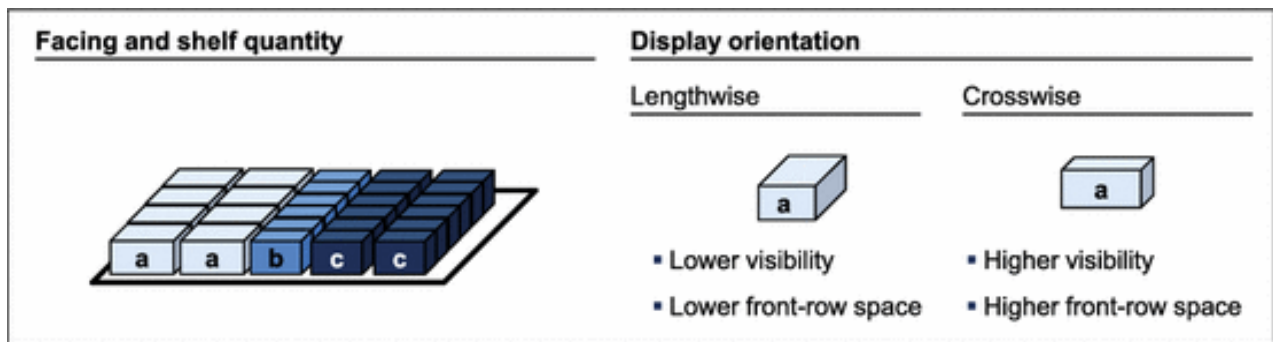


FIGURE 2
OVERVIEW OF RELATED IN-STORE LOGISTICS PROCESSES

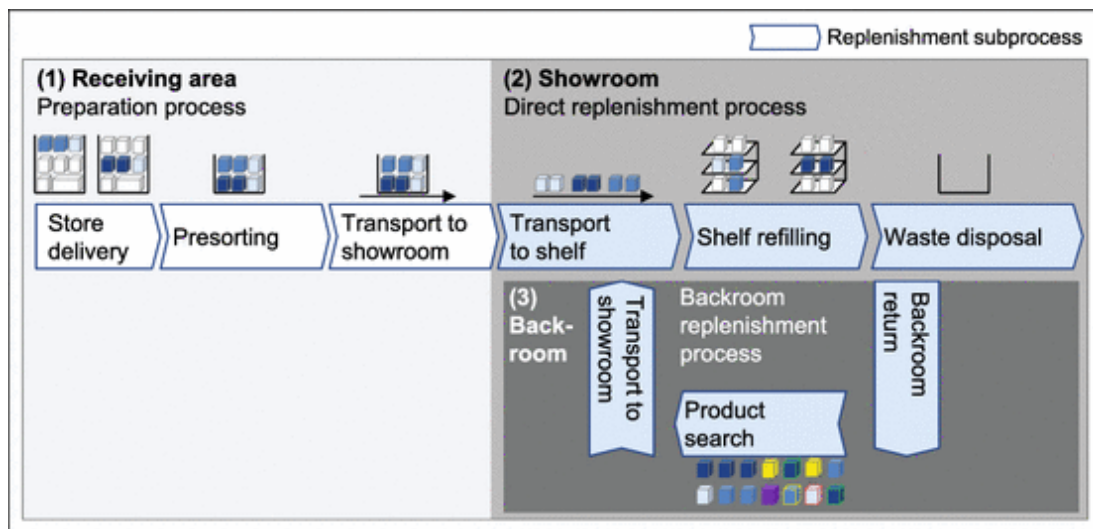


FIGURE 3
RELATIVE PROFIT ADVANTAGE OF INTEGRATED AND PARTIAL OPTIMIZATION
MODELS OVER STATUS QUO

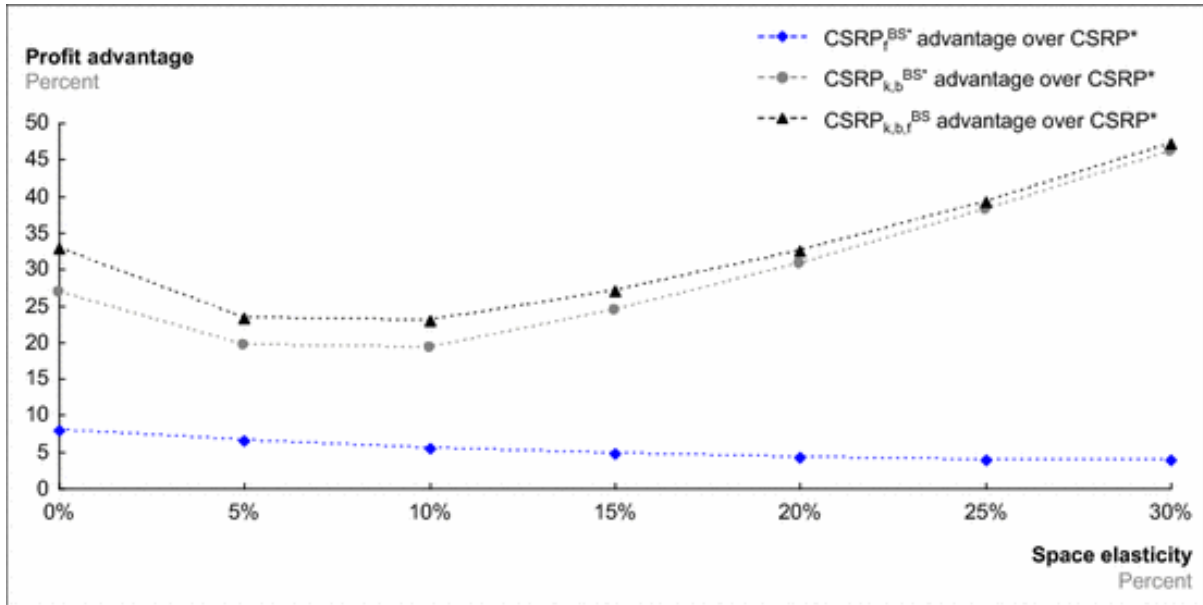


FIGURE 4
TOTAL PROFITS, TOTAL GROSS MARGINS AND TOTAL REPLENISHMENT COST FOR
EACH MODELING APPROACH

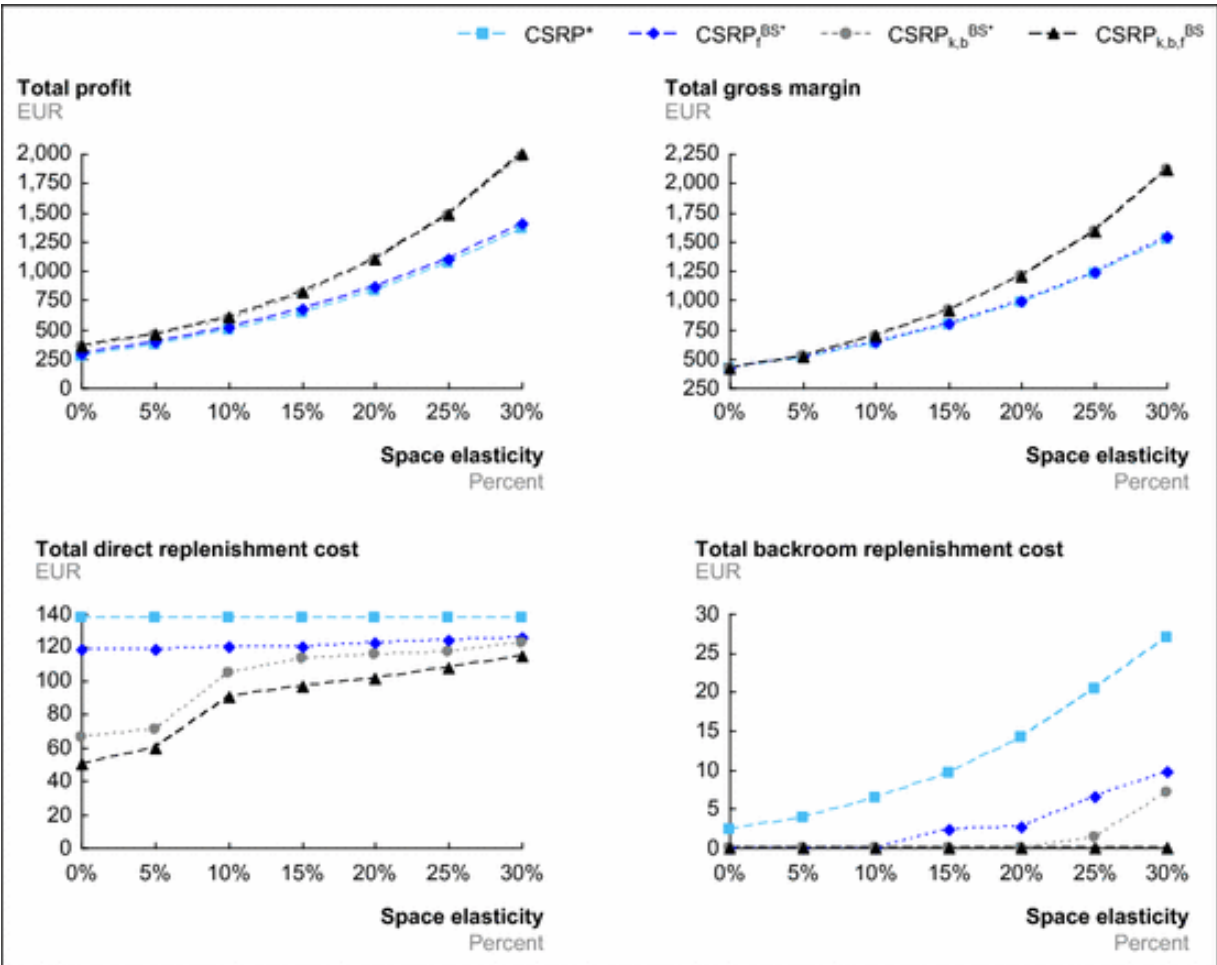


FIGURE 5
ANALYSIS OF AVAILABILITY OF SHOWROOM AND BACKROOM SPACE ON PROFIT
AND SOLUTION STRUCTURE

Space		Optimal shelf configuration (showroom shelf)	Profit	Showroom usage	Backroom usage	Item 1		Item 2	
S	B					f*	γ^*	f*	γ^*
6	0/1		100.0%	6	0	2	0	6	0
	2/3		105.2%	6	2	2	0	3	1
	4-6		106.7%	6	4	2	0	2	2
12	0/1		102.2%	8	0	2	0	3	0
	2/3		105.6%	7	2	2	0	3	1
	4/5		116.6%	12	4	1	2	3	0
	6/7		120.0%	11	6	1	2	3	1
	8-11		121.5%	11	8	1	2	2	2
	12		122.0%	12	12	1	2	1	4

2-item example (changes of decision variables between subsequent scenarios are in bold)

FIGURE 6
IMPACT OF BACKROOM AVAILABILITY ON FINANCIAL PERFORMANCE

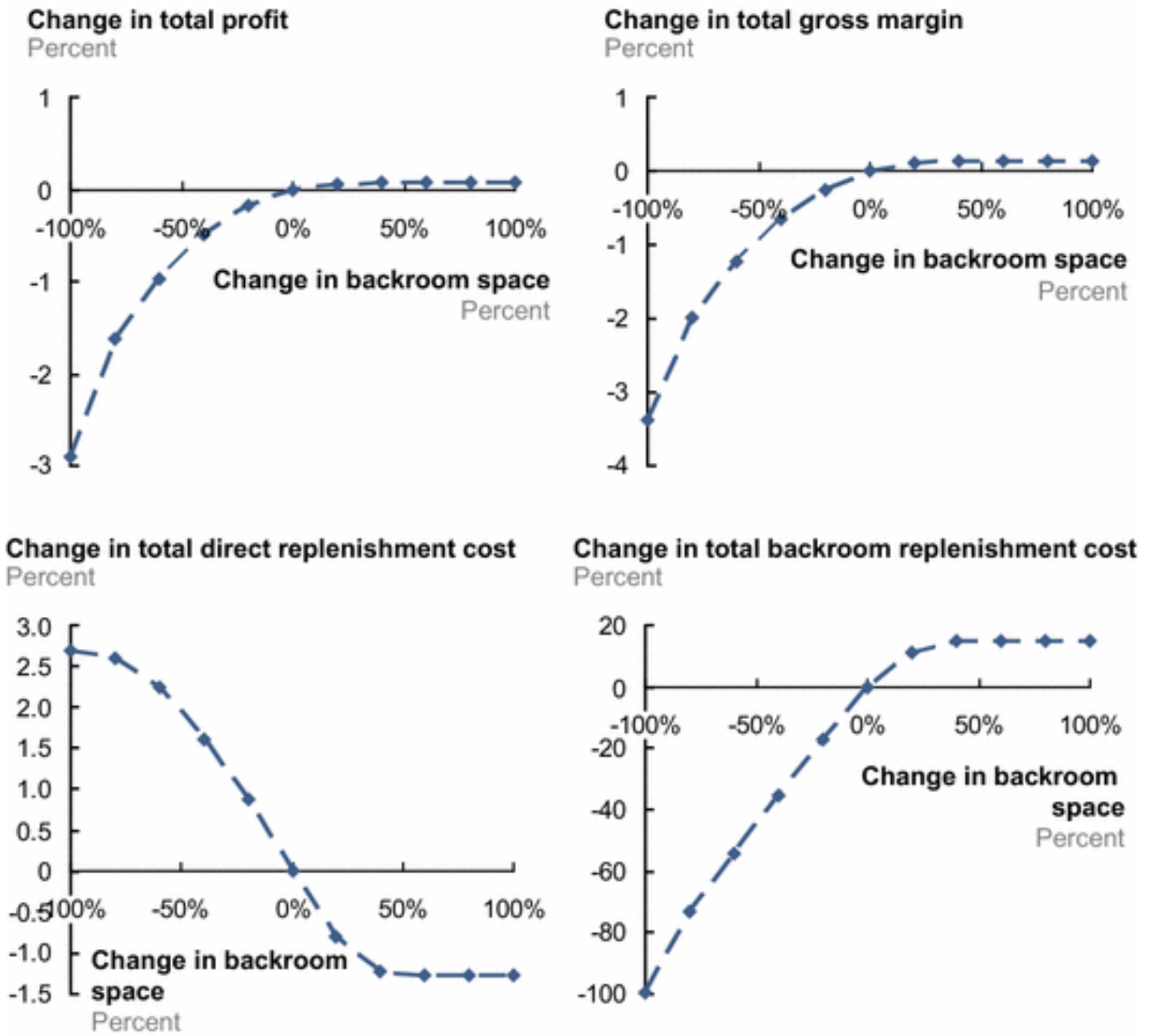
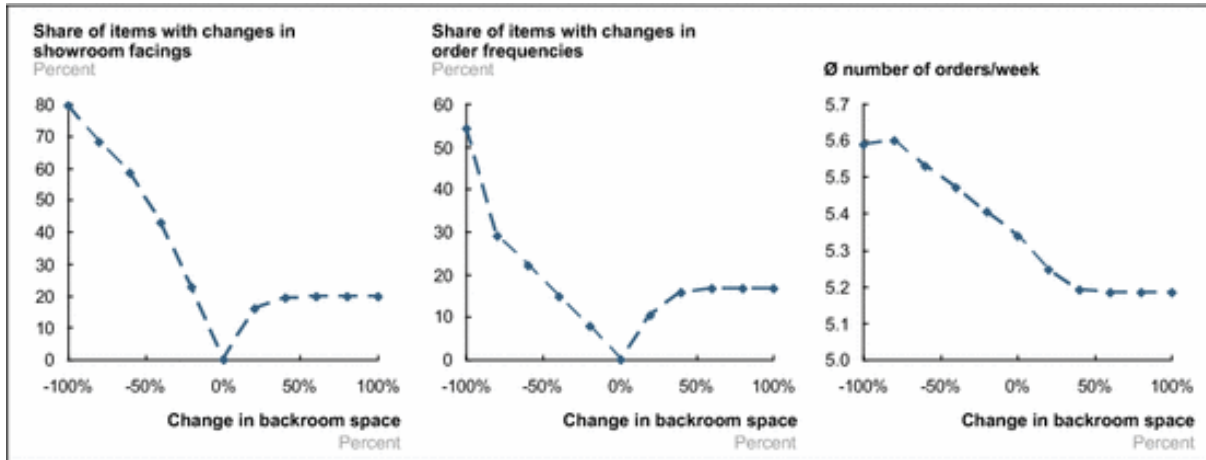


FIGURE 7
IMPACT OF BACKROOM AVAILABILITY ON SOLUTION STRUCTURE



Note: Figures show average of 100 randomly generated data sets

FIGURE 8
SOLUTION QUALITY OF HEURISTIC IN COMPARISON TO FE

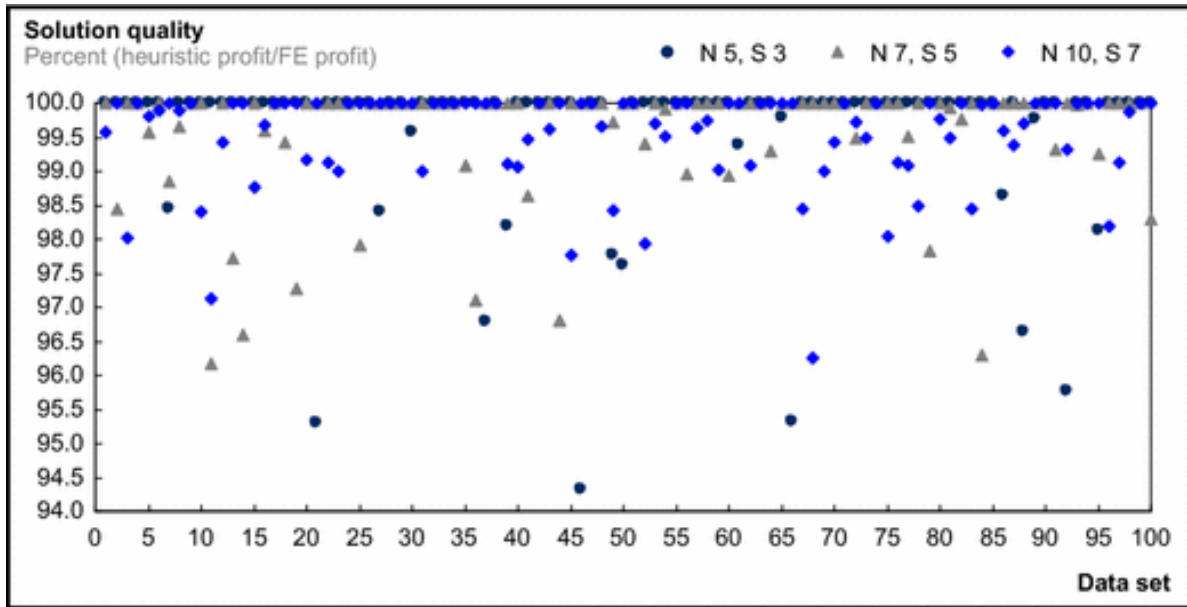


TABLE 1
NOTATION

<i>Sets and indices</i>	
i	Item index
N	Set of items a retailer must assign to the shelf, $N=\{1,2,\dots,i,\dots,N\}$

K_i	Set of facings a retailer can select for item i , $K_i \in [k_i^{\min}, k_i^{\max}]$
F_i	Set of order frequencies a retailer can select for item i , $F_i \in [f_i^{\min}, f_i^{\max}]$
O	Set of display orientations a retailer can select from $O \in \{1, 2\}$
<i>Parameters</i>	
B	Available backroom space (measured in number of space units, e.g., m^2)
c_i	Unit purchasing costs of item i
$C_i^{\text{DIR}}, C_i^{\text{BR}}$	Total direct (DIR) and backroom (BR) replenishment cost of item i
d_i	Minimum demand rate of item i (if it is assigned one facing only and has visible width of 1)
D_i	Total demand rate of item i (including space-elasticity effects)
f_i^{\min}, f_i^{\max}	Lower and upper bound on the order frequency of item i
$FC_i^{\text{DIR}}, FC_i^{\text{BR}}$	Fixed costs per replenishment of item i for direct replenishment (DIR) and replenishment from backroom (BR)
$h_i^{\text{SR}}, h_i^{\text{BR}}$	Inventory holding costs per unit of item i in the showroom (SR) and in the backroom (BR)
k_i^{\min}, k_i^{\max}	Lower and upper bound on the number of facings of item i
l_i	Length of item i (relevant if item i is displayed lengthwise)
m_i	Gross margin per unit of item i
r_i	Sales price per unit of item i
S	Available showroom shelf space (one-dimensional, front row)
$VC_i^{\text{DIR}}, VC_i^{\text{BR}}$	Variable costs per replenishment of one unit of item i for direct replenishment (DIR) and replenishment from backroom (BR)
w_i	Width of item i (relevant if item i is displayed crosswise)
β_i	Space-elasticity factor of item i
<i>Decision variables</i>	
k_i	Integer variable; number of facings assigned to item i on the showroom shelf; $i \in N$
b_i	Visible width of a facing of item i depending on its display orientation, i.e., lengthwise ($b_i = l_i$) or crosswise ($b_i = w_i$), $i \in N$
f_i	Integer variable; order frequency for item i , i.e., the number of times per period an item is ordered and directly replenished, $i \in N$

<i>Auxiliary variables</i>	
g_{ibi}	Number of units of item i per facing (i.e., stock per facing of item i), depending on b_i
x_{ibi}	Integer variable; total shelf quantity for each item i on the showroom shelf with $x_{ibi} = k_i \cdot g_{ibi}$
y_i	Integer variable; backroom inventory for each item i with $y_i = \max\{[D_i/f_i - x_{ibi}]; 0\}$

**TABLE 2
DIFFERENT APPROACHES FOR CASE STUDY**

Approach	[1] Status quo	Partial optimization		Full optimization
		[2] Order frequency	[3] Facings/Displ. orient.	[4] Integrated
Model applied	CSRP*	CSRPBS*(\bar{f})	CSRPBS*(\bar{k}, \bar{b})	CSRPBS($\bar{k}, \bar{b}, \bar{f}$)
Optimization	<i>None</i>	Order frequency f	Facings k	Facings k
Variables	(all as per current)		Visible facing width b	Visible facing width b Order frequency f

**TABLE 3
CHANGES IN SOLUTION STRUCTURE**

Models	Approaches	Change of		
		k	b	f
CSRP* versus CSRPBS*(\bar{f})	[1] versus [2]	–	–	95.7%
CSRP* versus CSRPBS*(\bar{k}, \bar{b})	[1] versus [3]	88.6%	61.4%	–
CSRP* versus CSRPBS($\bar{k}, \bar{b}, \bar{f}$)	[1] versus [4]	90.0%	58.6%	88.6%
CSRPBS*(\bar{f}) versus CSRPBS*(\bar{k}, \bar{b})	[2] versus [3]	88.6%	61.4%	95.7%
CSRPBS*(\bar{f}) versus CSRPBS($\bar{k}, \bar{b}, \bar{f}$)	[2] versus [4]	90.0%	57.1%	21.4%
CSRPBS*(\bar{k}, \bar{b}) versus CSRPBS($\bar{k}, \bar{b}, \bar{f}$)	[3] versus [4]	15.7%	2.9%	88.6%

Scenario with $b_i \frac{1}{4} 15\%$

**TABLE 4
RUNTIME TESTS FOR DIFFERENT PROBLEM SIZES, IN SECONDS**

Number of items N	5	50	100	200	400	2000
Showroom space S	20	200	400	800	1000	60,000
Backroom space B	5	100	200	400	500	30,000
Ø Runtime	0.86	1.48	1.91	3.21	6.62	45.93

Average of 100 examples

TABLE 5
IMPACT OF NEGLECTING REPLENISHMENT AND INVENTORY COSTS ON PROFITS
AND SOLUTION STRUCTURE FOR VARYING BACKROOM SIZES

Total profit increase [%]	13.8–21.5
Share of items with changes in facings k [%]	68.1–69.1
Share of items with changes in visible facing width b [%]	42.9–45.2
Share of items with changes in order frequency f [%]	77.3–87.1
Backroom usage [%]	
“A posteriori” (CSR _P *)	79.8–85.3
Optimal (CSR _P BS)	45.0–63.3

$S=800$, $B \in [0-100]$, 100 randomly generated data sets evaluated for each scenario

TABLE 6
PROFIT ADVANTAGE OF CSR_PBS OVER CSR_P* AND CHANGES IN SOLUTION
STRUCTURE

Order frequency [times per week]	1	2	3	4	5	6
Profit advantage of CSR _P BS over CSR _P * [%]	5.33	5.33	6.91	8.58	10.30	12.07
Share of items w/facing changes [%]	←← 98.00 →→					
Share of items w/order frequency changes [%]	58.00	62.00	92.00	94.00	98.00	98.00

$S=1000$, $B=100$, 100 randomly generated data sets evaluated for each scenario

TABLE 7
RUNTIME PERFORMANCE OF HEURISTIC

Number of items N	5	7	10	50	100	500	2000
Showroom space S	3	5	7	45	80	400	1500
Average runtime heuristic [s]	4.66	5.41	5.97	7.54	9.45	43.19	125.66
Average runtime FE [s]	0.01	0.14	10.01	← >14,400 →			

B=100, $\delta_i=0.3$, 100 data sets evaluated for each scenario

TABLE 8
ASSORTMENT CHANGES DEPENDING ON MARGIN, SPACE ELASTICITY AND COST

Scenario	Description	Facings		Order frequency	
		k_1	k_2	f_1	f_2
[1]	Both items equal	1	1	2	2
[2]	$\beta_1 = 35\%, \beta_2 = 0\%$	1	1	2	2
[3]	Margin ₁ = 50%, Margin ₂ = 5%	2	0	2	0
[4a]	Cost ₂ = 2 · Cost ₁	1	1	2	2
[4b]	Cost ₂ = 5 · Cost ₁	1	1	2	2
[4c]	Cost ₂ = 10 · Cost ₁	1	1	2	2
[4d]	Cost ₂ = 100 · Cost ₁	2	0	2	0

S=2, B=10

REFERENCES

- Barnes, R.M. 1949. Motion and time study. New York: Wiley.
- Baron, O., O. Berman, and D. Perry. 2011. Shelf space management when demand depends on the inventory level. *Production and Operations Management* 20 (5): 714–726.
- Bianchi-Aguiar, T., A. Hübner, M.A. Carravilla, and J.F. Oliveira. 2016. Retail shelf space planning problems: A comprehensive review and classification framework. Working paper University Porto.
- Bianchi-Aguiar, T., E. Silva, L. Guimarães, M.A. Carravilla, and J.F. Oliveira. 2015b. Allocating products on shelves under merchandising rules: Multi-level product families with display directions. Working paper University Porto.
- Bianchi-Aguiar, T., M.A. Carravilla, and J.F. Oliveira. 2015a. Replicating shelf space allocation solutions across retail stores. Working paper University Porto.
- Borin, N., P. Farris, and J. Freeland. 1994. A model for determining retail product category assortment and shelf space allocation. *Decision Sciences* 25 (3): 359–384.
- Broekmeulen, R., K. van Donselaar, J. Fransoo, and T. van Woensel. 2006. The opportunity of excess shelf space in grocery retail store. *Operations Research* 49: 710–719.
- Chandon, P., W.J. Hutchinson, E.T. Bradlow, and S.H. Young. 2009. Does in-store marketing work? Effects of the number and position of shelf facings on brand attention and evaluation at the point of purchase. *Journal of Marketing* 73 (November): 1–17.
- Corstjens, M., and P. Doyle. 1981. A model for optimizing retail space allocations. *Management Science* 27 (7): 822–833.
- Cox, K. 1964. The responsiveness of food sales to shelf space changes in supermarkets. *Journal of Marketing Research* 1 (2): 63–67.
- Curhan, R.C. 1972. The relationship between shelf space and unit sales in supermarkets. *Journal of Marketing Research* 9 (4): 406–412.
- Curşeu, A., T. van Woensel, J. Fransoo, K. van Donselaar, and R. Broekmeulen. 2009. Modelling handling operations in grocery retail stores: An empirical analysis. *Journal of the Operational Research Society* 60 (2): 200–214.

- DeHoratius, N., and T. Zeynep. 2015. The role of execution in managing product availability. In *Retail supply chain management. International series in operations research & management science*, vol. 122, ed. N. Agrawal, and S.A. Smith, 53–77. New York: Springer.
- Desmet, P., and V. Renaudin. 1998. Estimation of product category sales responsiveness to allocated shelf space. *International Journal of Research in Marketing* 15 (5): 443–457.
- Donselaar, KHv, V. Gaur, Tv Woensel, R.A. Broekmeulen, and J.C. Fransoo. 2010. Ordering behavior in retail stores and implications for automated replenishment. *Management Science* 56 (5): 766–784.
- Drèze, X., S.J. Hoch, and M.E. Purk. 1994. Shelf management and space elasticity. *Journal of Retailing* 70 (4): 301–326.
- EHI Retail Institute. 2014. Retail data 2014: Structure, key figures and profiles of international retailing.
- Eisend, M. 2014. Shelf space elasticity: A meta-analysis. *Journal of Retailing* 90: 168–181.
- Eroglu, C., B.D. Williams, and M.A. Waller. 2013. The backroom effect in retail operations. *Production and Operations Management* 22 (4): 915–923.
- Fisher, M. 2009. Or forum-rocket science retailing: The 2006 Philip Mccord Morse Lecture. *Operations Research* 57 (3): 527–540.
- Frank, R.E., and W.F. Massy. 1970. Shelf position and space effects on sales. *Journal of Marketing Research* 7 (1): 59–66.
- Geismar, H.N., M. Dawande, B.P. Murthi, and C. Sriskandarajah. 2015. Maximizing revenue through two-dimensional shelf-space allocation. *Production and Operations Management* 24: 1148–1163.
- Gutgeld, Y., S. Sauer, and T. Wachinger. 2009. Growth-but how? *Akzente* 3 (3): 14–19.
- Hansen, J.M., S. Raut, and S. Swami. 2010. Retail shelf allocation: A comparative analysis of heuristic and meta-heuristic approaches. *Journal of Retailing* 86 (1): 94–105.
- Hansen, P., and H. Heinsbroek. 1979. Product selection and space allocation in supermarkets. *European Journal of Operational Research* 3 (6): 474–484.
- Hariga, M.A., A. Al-Ahmari, and A.-R.A. Mohamed. 2007. A joint optimisation model for inventory replenishment, product assortment, shelf space and display area allocation decisions. *European Journal of Operational Research* 181 (1): 239–251.
- Hariga, M.A., and A. Al-Ahmari. 2013. An integrated retail space allocation and lot sizing models under vendor managed inventory and consignment stock arrangements. *Computers and Industrial Engineering* 64 (1): 45–55.
- Holzapfel, A., A. Hübner, H. Kuhn, and M.G. Sternbeck. 2016. Delivery pattern and transportation planning in grocery retailing. *European Journal of Operational Research* 252 (1): 54–68.
- Hübner, A., and K. Schaal. 2016. When does cross-space elasticity matter in shelf-space planning? A decision analytics approach. Working Paper KU Eichstätt-Ingolstadt.
- Hübner, A., and K. Schaal. 2017. A shelf-space optimization model when demand is stochastic and space-elastic. *Omega* 68: 139–154.
- Hübner, A., H. Kuhn, and S. Kühn. 2016. An efficient algorithm for capacitated assortment planning with stochastic demand and substitution. *European Journal of Operational Research* 250 (2): 505–520.
- Hübner, A.H., and H. Kuhn. 2011. Shelf and inventory management with space-elastic demand. In *Operations research proceedings 2010*, ed. B. Hu, K. Morasch, M. Siegle, and S. Pickl, 405–410. Berlin: Springer.
- Hübner, A.H., and H. Kuhn. 2012. Retail category management: A state-of-the-art review of quantitative research and software applications in assortment and shelf space management. *Omega* 40 (2): 199–209.
- Hübner, A.H., H. Kuhn, and M.G. Sternbeck. 2013. Demand and supply chain planning in grocery retail: An operations planning framework. *International Journal of Retail & Distribution Management* 41 (7): 512–530.
- Hwang, H., B. Choi, and G. Lee. 2009. A genetic algorithm approach to an integrated problem of shelf space design and item allocation. *Computers and Industrial Engineering* 56 (3): 809–820.

- Hwang, H., B. Choi, and M.-J. Lee. 2005. A model for shelf space allocation and inventory control considering location and inventory level effects on demand. *International Journal of Production Economics* 97 (2): 185–195.
- Irion, J., J.-C. Lu, F. Al-Khayyal, and Y.-C. Tsao. 2012. A piecewise linearization framework for retail shelf space management models. *European Journal of Operational Research* 222 (1): 122–136.
- Kellerer, H., U. Pferschy, and D. Pisinger. 2004. *Knapsack problems*. Berlin: Springer.
- Kök, G., M.L. Fisher, and R. Vaidyanathan. 2015. Assortment planning: Review of literature and industry practice. In *Retail supply chain management. International series in operations research & management science*, vol. 223, ed. N. Agrawal, and S.A. Smith, 175–236. New York: Springer.
- Kök, G.A., and M.L. Fisher. 2007. Demand estimation and assortment optimization under substitution: Methodology and application. *Operations Research* 55 (6): 1001–1021.
- Kotzab, H., and C. Teller. 2005. Development and empirical test of a grocery retail instore logistics model. *British Food Journal* 107 (8): 594–605.
- Kotzab, H., G. Reiner, and C. Teller. 2007. Beschreibung, Analyse und Bewertung von Instore-Logistikprozessen. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft* 77 (11): 1135–1158.
- Kotzab, H., S. Seuring, M. Müller, and G. Reiner (eds.). 2005. *Research methodologies in supply chain management*. Heidelberg: Springer.
- Kuhn, H., and M.G. Sternbeck. 2013. Integrative retail logistics: An exploratory study. *Operations Management Research* 6 (1–2): 2–18.
- Kurtulus, M., and B.L. Toktay. 2011. Category captainship vs. retailer category management and limited retail shelf space. *Production and Operations Management* 20 (1): 47–56.
- Lim, A., B. Rodrigues, and X. Zhang. 2004. Metaheuristics with local search techniques for retail shelf-space optimization. *Management Science* 50 (1): 117–131.
- Martínez-de Albéniz, V., and G. Roels. 2011. Competing for shelf space. *Production and Operations Management* 20 (1): 32–46.
- Maynard, H.B., G.J. Stegemerten, and J.L. Schwab. 1948. *Methods-time measurement*. New York: McGraw-Hill.
- Murray, C.C., D. Talukdar, and A. Gosavi. 2010. Joint optimization of product price, display orientation and shelf-space allocation in retail category management: Special issue: Modeling retail phenomena. *Journal of Retailing* 86 (2): 125–136.
- Niebel, B.W. 1988. *Motion and time study*. Homewood: Richard D. Irwin.
- Pires, M., J. Pratas, J. Lizy, and P. Amorim. 2016. A framework for designing backroom areas in grocery stores. *International Journal of Retailing and Distribution Management* (forthcoming)
- Pisinger, D. 2005. Where are the hard knapsack problems? *Computers & Operations Research* 32 (9): 2271–2284.
- Ramaseshan, B., N.R. Achuthan, and R. Collinson. 2008. Decision support tool for retail shelf space optimization. *International Journal of Information Technology & Decision Making* 7 (3): 547–565.
- Ramaseshan, B., N.R. Achuthan, and R. Collinson. 2009. A retail category management model integrating shelf space and inventory levels. *Asia-Pacific Journal of Operational Research* 26 (4): 457–478.
- Reiner, G., C. Teller, and H. Kotzab. 2013. Analyzing the efficient execution on in-store logistics processes in grocery retailing—The case of dairy products. *Production and Operations Management* 22 (4): 924–939.
- Russell, Ra, and T.L. Urban. 2010. The location and allocation of products and product families on retail shelves. *Annals of Operations Research* 179: 131–147.
- Seuring, P.D.S., P.D.M. Müller, M. Westhaus, and R. Morana. 2005. Conducting a literature review—The example of sustainability in supply chains. *Research methodologies in supply chain management*. Physica-Verlag: HD, 91–106.
- Smith, S.A., and N. Agrawal. 2000. Management of multi-item retail inventory systems with demand substitution. *Operations Research* 48 (1): 50–64.

- Sternbeck, M.G., and H. Kuhn. 2014. An integrative approach to determine store delivery patterns in grocery retailing. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 70: 205–224.
- Urban, T.L. 1998. An inventory-theoretic approach to product assortment and shelf-space allocation. *Journal of Retailing* 74 (1): 15–35.
- Yang, M.-H., and W.-C. Chen. 1999. A study on shelf space allocation and management. *International Journal of Production Economics* 60–61 (4): 309–317.
- Zelst, S, K. van Donselaar, T. van Woensel, R. Broekmeulen, and J. Fransoo. 2009. Logistics drivers for shelf stacking in grocery retail stores: Potential for efficiency improvement. *International Journal of Production Economics* 121 (2): 620–632.
- Zufryden, F.S. 1986. A dynamic programming approach for product selection and supermarket shelf-space allocation. *Journal of the Operational Research Society* 37 (4): 413–422.

TRANSLATED VERSION: SPANISH

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSION TRADUCIDA: ESPAÑOL

A continuación se muestra una traducción aproximada de las ideas presentadas anteriormente. Esto se hizo para dar una comprensión general de las ideas presentadas en el documento. Por favor, disculpe cualquier error gramatical y no responsabilite a los autores originales de estos errores.

INTRODUCCIÓN

Los minoristas utilizan estantes para ofrecer sus productos a los clientes. Al hacerlo, deben decidir cuánto espacio de estante asignar a qué artículo. Debido a que las cantidades de estantes asignadas a los estantes minoristas se agotan con el tiempo debido a las compras de los clientes, los minoristas necesitan rellenar estantes regularmente y reordenar los artículos. La reordenación afecta directamente a los procesos de reabastecimiento. Tan pronto como los reordenados llegan a la tienda, los artículos respectivos se transportan a la sala de exposición, donde se reponen los estantes (es decir, reabastecimiento directo). Como resultado, cada proceso de pedido desencadena un proceso de reabastecimiento directo. Los artículos que no caben en el espacio del estante de la sala de exposición se almacenan en la trastienda, desde donde los estantes se reponen más tarde (es decir, reabastecimiento indirecto desde la trastienda).

Ambas decisiones, es decir, el espacio de estantería y el reordenamiento, están interrelacionadas, ya que, por ejemplo, para satisfacer la demanda del cliente, un minorista tiene la opción de aumentar la cantidad de estante y disminuir la frecuencia de pedido para un artículo específico, o viceversa. Si el espacio es limitado, una cantidad de estante más alta para un artículo implica reordenes y reabastecimientos menos frecuentes para este artículo, pero también menos espacio disponible para otros artículos, que a su vez deben reordenarse con más frecuencia.

La planificación del espacio de estanterías y reordenes es de gran importancia para los minoristas por varias razones: El creciente número de productos está en conflicto con un espacio limitado en estanterías. Hoy en día, hasta un 30% más de productos que hace diez años compiten por el espacio de estante (EHI Retail Institute 2014; 2016). Esto pone a los minoristas bajo presión para gestionar la rentabilidad con márgenes estrechos y para mantener la productividad del espacio (Gutgeld et al. 2009). De hecho, el espacio de estanterías se ha denominado el recurso más escaso de un minorista (véase, por ejemplo, Lim et al. 2004; 2012; 2015; Bianchi-Aguilar et al. 2015a). Por encima de todo, los cambios en el espacio de los estantes afectan la demanda de los clientes debido a la mayor visibilidad de los artículos (Eisend 2014). En otras palabras, la demanda de un artículo crece, cuanto más espacio de estante se le asigne. Esto se conoce como

"demanda de espacio-elástico". Además, los costos asociados con la reposición en la tienda son significativos, porque los costos logísticos en la tienda ascienden hasta el 50 por ciento de los costos totales de la cadena de suministro minorista (Kotzab y Teller 2005; 2006; Reiner et al. 2013; Kuhn y Sternbeck 2013). Sin embargo, las opciones para cambiar las frecuencias de reabastecimiento están sujetas a la disponibilidad de inventario de trastienda para almacenamiento intermedio (Eroglu et al. 2013; 2016) y el grado de libertad para elegir diferentes frecuencias de entrega (Sternbeck y Kuhn 2014). Además de los márgenes de los productos y los efectos de la demanda, el planificador de espacio en estanterías también debe considerar opciones para organizar artículos en el estante, frecuencias y costos de reabastecimiento en la tienda, y la disponibilidad de una trastienda para el reabastecimiento.

La literatura actual sobre la gestión del espacio de estanterías aborda principalmente el lado de la demanda modelando el efecto de la demanda elástica del espacio. En este caso, el beneficio de un minorista se maximiza bajo restricciones de espacio de estante mediante la definición del número de caras para cada producto (es decir, la primera unidad visible de un artículo en la primera fila; Hebner y Kuhn 2012; 2015). Los modelos existentes no representan las frecuencias y los costos de reabastecimiento, ni las opciones para aprovechar el inventario de trastienda (Hebner y Kuhn 2012; Bianchi-Aguiar et al. 2016).

Para investigar las relaciones antes mencionadas, realizamos un estudio de tiempo y movimiento para un minorista de comestibles alemán e identificamos tanto los procesos de reabastecimiento en la tienda relevantes como los costos asociados. Basándonos en estos conocimientos, desarrollamos un modelo de optimización que optimiza simultáneamente las decisiones de reabastecimiento en el espacio de estanterías y en la tienda, al tiempo que tiene en cuenta la demanda de espacio-elástico, así como el espacio limitado de showroom y backroom. El modelo cuenta no sólo para los márgenes de producto, sino también para los costos de reabastecimiento directo de estante en la entrega de pedidos a la tienda, y para el reabastecimiento desde la trastienda. Además, consideramos el costo del inventario guardado en la sala de exposición y la trastienda. Este modelo extendido aborda la cuestión de la investigación de cómo los diferentes procedimientos de reabastecimiento y la oportunidad de utilizar el espacio de trastienda afectan la planificación del espacio en estanterías. Aplicamos el modelo para mostrar por qué vale la pena una perspectiva integrada en el espacio de estante y la optimización de reabastecimiento en la tienda y demostramos cómo los minoristas pueden aplicar el modelo para aumentar sus ganancias.

Abordamos las compensaciones entre la asignación de espacio de estante y la reposición en la tienda (por ejemplo, más espacio, pedidos y reabastecimientos menos frecuentes). Debido a que los minoristas utilizan las salas traseras como un búfer planificado o para el exceso de inventario después del reabastecimiento de estante, investigamos más a fondo cómo la disponibilidad de una trastienda afecta a las decisiones del espacio de los estantes y a las frecuencias de pedido.

El resto de este artículo está organizado de la siguiente manera: La secta 2 proporciona el trasfondo conceptual de nuestro artículo y presenta la literatura relacionada sobre la optimización del espacio de estanterías. El estudio de tiempo y movimiento, y la descripción de los procesos de reabastecimiento identificados, se presentan en la Sección 3. La Sección 4 explica el modelo de optimización y presenta un enfoque de solución. Los resultados numéricos para probar nuestro modelo y el impacto del espacio de trastienda y el costo de reabastecimiento en los valores objetivos y las estructuras de la solución se presentan en la secta 5. Por último, la Sección 6 tiene la conclusión y las perspectivas.

CONCLUSIÓN

En este artículo, presentamos un modelo de optimización de espacio de estante capacitado que contribuye a la literatura existente al contabilizar el reabastecimiento en la tienda y la disponibilidad de espacio en la trastienda. El modelo maximiza los beneficios minoristas al tiempo que considera los costos de reabastecimiento directo y de trastienda, el costo para el inventario, la sala de exposición limitada y el espacio en la trastienda, así como la demanda elástica de espacio. Los minoristas reciben flexibilidad

adicional gracias a las orientaciones de visualización optimizadas de los artículos. Hemos cuantificado el costo relevante de los procesos en la tienda mediante un estudio de tiempo y movimiento para un minorista alemán. Nuestras descripciones de procesos sirven para definir más detalladamente los procesos en la tienda y los tipos de costos identificados en la literatura existente. Para resolver el problema no lineal resultante, desarrollamos un modelo de entero mixto. Incluso para problemas a gran escala, nuestro modelo produce resultados óptimos de manera eficiente en un período de tiempo factible. Aplicamos nuestro modelo a la categoría de alimentos enlatados del minorista y mostramos cómo los beneficios pueden aumentar significativamente aplicando nuestro modelo. Después de que los resultados fueron presentados al minorista, decidió cambiar su enfoque actual de la planificación de reabastecimiento en el espacio de estante y en la tienda mediante la aplicación de nuestro modelo. Además, hemos demostrado que una perspectiva integrada sobre el espacio de estanterías y la optimización de reabastecimiento es crucial para los minoristas, ya que el espacio de trastienda y el costo de reabastecimiento tienen un impacto significativo en los beneficios minoristas y la planificación del espacio de estanterías. Una perspectiva integrada para la planificación de estanterías es específicamente importante, ya que en la práctica las decisiones de espacio en estanterías son tomadas por una unidad central de planificación de ventas que a menudo ignora las consecuencias de la planificación de estanterías en las operaciones en la tienda. Nuestro modelo ayudará a los minoristas a desarrollar esta perspectiva integrada.

Limitaciones y futuras áreas de investigación Las limitaciones de nuestro modelo apuntan a una variedad de futuras áreas de investigación. Seguimos la literatura general sobre la gestión del espacio de estanterías y asumimos una demanda determinista y estacionaria para el problema táctico. Debido a esto, la demanda siempre está satisfecha. Por lo tanto, un área es generalizar aún más el modelado de la demanda. Algunos autores argumentan que la volatilidad de la demanda se puede manejar con existencias de seguridad determinadas exógenamente. El espacio de estante resultante para el stock de seguridad debe deducirse del espacio total del estante y solo se puede distribuir el espacio restante. Sin embargo, nuestro enfoque de modelado tiene la ventaja de ser lo suficientemente flexible como para determinar las existencias de seguridad endógenamente. Dado que las existencias de seguridad protegen contra la incertidumbre en la demanda (volatilidad de la demanda) y la oferta (volatilidad del plazo de entrega), es necesario tener en cuenta el impacto de ambas variables de decisión (es decir, el impacto del número de caras en la demanda y el impacto de la frecuencia de la orden en la oferta). Por lo tanto, para todas las combinaciones precalculadas de las variables de decisión, se pueden calcular las existencias de seguridad en consecuencia dentro del modelo. Además, nuestro modelo y enfoque de solución es un buen punto de partida para tener en cuenta los efectos adicionales de la demanda. Centrarse en la volatilidad de la demanda implicaría el desarrollo de un modelo estocástico para nuestro problema de decisión con costes de reposición para tener en cuenta las variaciones de la demanda (por ejemplo, H-bner y Schaal 2016a). En tales casos, también habría que tener en cuenta las sustituciones fuera de stock resultantes de cantidades potencialmente insuficientes de estanterías y trastiendas para artículos específicos (por ejemplo, K-k y Fisher 2007; 2016). Un modelo estocástico tendría que equilibrar las compensaciones entre las situaciones de stock inferior y de exceso, lo que es específicamente relevante en el caso de los artículos perecederos. Estos costes adicionales se pueden incluir en los cálculos. Aparte de la demanda estocástica, otros efectos de la demanda, como el posicionamiento de los artículos (véase, por ejemplo, Lim et al. 2004; Bianchi-Aguiar et al. 2015b) o elasticidades entre espacios (cf. Por ejemplo, Corstjens y Doyle 1981), valdría la pena considerar cuando el modelo se aplica a ciertas categorías con estos efectos de demanda.

Nuestro modelo se concentra en el costo asociado con la reposición directa e indirecta de los estantes. Los modelos futuros podrían incorporar nuevas decisiones y costes conexos, como las decisiones iniciales de la cadena de suministro y el coste de las entregas de los almacenes a las tiendas (cf. Sternbeck y Kuhn 2014; Holzapfel et al. 2016). Además, los gerentes minoristas suelen tratar de mantener los estantes lo más llenos posible, ya que generalmente se cree que el espacio vacío tiene un impacto negativo en las ventas (cf. Baron et al. 2011). Esto puede resultar en costos de recarga diferenciados. Hemos demostrado que nuestro enfoque de solución es capaz de resolver un problema con hasta 2000 elementos en menos de un minuto. Aunque las decisiones de espacio de almacenamiento y reordenación se toman normalmente para cada categoría por separado, nuestro modelo podría ampliarse para la optimización del espacio de estante

en toda la tienda en todas las categorías, donde también se considerarían los patrones de orden comunes para diferentes categorías.

Por último, se puede considerar la investigación de entornos de varias tiendas. Un modelo correspondiente ayudaría a los minoristas a decidir si los planogramas deben estar más estandarizados o ajustados a las necesidades específicas de la tienda. Este modelo tendría que equilibrar el equilibrio entre el cumplimiento de la demanda específica de la tienda y la eficiencia de los procesos logísticos iniciales.

Nuestro modelo de optimización toma la perspectiva de un minorista que quiere optimizar el beneficio de la categoría. Por el contrario, un fabricante sigue el objetivo de la optimización de los beneficios de la marca, que plantea el tema de la "capitanía de categoría" (cf., por ejemplo, Kurtulus y Toktay 2011; Martínez-de Albéniz y Roels 2011). Un estudio exhaustivo deberá abordar todos los temas pertinentes de negociación entre fabricantes y minoristas, como el surtido, los precios y el espacio de estanterías.

El modelo y el enfoque de solución propuestos en este documento serán un buen punto de partida para abordar las áreas abiertas de investigación mencionadas anteriormente.

TRANSLATED VERSION: FRENCH

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSION TRADUITE: FRANÇAIS

Voici une traduction approximative des idées présentées ci-dessus. Cela a été fait pour donner une compréhension générale des idées présentées dans le document. Veuillez excuser toutes les erreurs grammaticales et ne pas tenir les auteurs originaux responsables de ces erreurs.

INTRODUCTION

Les détaillants utilisent des étagères pour offrir leurs produits aux clients. Ce faisant, ils doivent décider de la quantité d'espace d'étagère à allouer à quel article. Étant donné que les quantités d'étagères attribuées aux tablettes de détail s'épuisent au fil du temps en raison des achats des clients, les détaillants doivent remplir régulièrement les étagères et réorganiser les articles. La réorganisation a un impact direct sur les processus de réapprovisionnement. Dès que les commandes arrivent au magasin, les articles respectifs sont transportés à la salle d'exposition, où les étagères sont réapprovisionnées (c.-à-d. Le réapprovisionnement direct). En conséquence, chaque processus de commande déclenche un processus de réapprovisionnement direct. Les articles qui ne s'intègrent pas sur l'espace d'étagère de la salle d'exposition sont stockés dans l'arrière-salle, d'où les étagères sont ensuite réapprovisionnées (c.-à-d. Le réapprovisionnement indirect de l'arrière-salle).

Les deux décisions, c'est-à-dire l'espace d'étagère et la réorganisation, sont interdépendantes, parce que, par exemple, pour répondre à la demande des clients, un détaillant a la possibilité d'augmenter la quantité d'étagère et de diminuer la fréquence de commande d'un article particulier, ou vice versa. Si l'espace est limité, une quantité d'étagère plus élevée pour un article implique des réorganisations et des réapprovisionnements moins fréquents pour cet article, mais aussi moins d'espace disponible pour d'autres articles, qui à leur tour doivent être réorganisés plus fréquemment.

La planification de l'espace sur les étagères et de la réorganisation est d'une grande importance pour les détaillants pour plusieurs raisons : le nombre croissant de produits est en conflit avec un espace limité sur les tablettes. Aujourd'hui, jusqu'à 30 % de produits de plus qu'il y a dix ans se disputent l'espace de peur (EHI Retail Institute 2014; Hübner et coll. 2016). Cela met les détaillants sous pression pour gérer leur rentabilité avec des marges étroites et maintenir la productivité spatiale (Gutgeld et al., 2009). En fait, on a qualifié les fonds d'étagères de ressources les plus rares d'un détaillant (cf. P. Ex., Lim et coll., 2004; Irion et coll. 2012; Geismar et coll. 2015; Bianchi-Aguiar et coll. 2015a). Par-dessus tout, les changements dans

l'espace d'étagère ont un impact sur la demande des clients en raison de la visibilité accrue des articles (Eisend 2014). En d'autres termes, la demande pour un article augmente, plus l'espace d'étagère lui est alloué. C'est ce qu'on appelle la « demande espace-élastique ». En outre, les coûts associés au réapprovisionnement en magasin sont importants, car les coûts logistiques en magasin représentent jusqu'à 50 % des coûts totaux de la chaîne d'approvisionnement au détail (Kotzab et Teller, 2005; Broekmeulen et coll. 2006; Reiner et coll. 2013; Kuhn et Sternbeck 2013). Toutefois, les options de modification des fréquences de réapprovisionnement sont subordonnées à la disponibilité d'inventaires en coulisses pour le stockage intermédiaire (Eroglu et al., 2013; Pires et coll. 2016) et le degré de liberté de choisir différentes fréquences de livraison (Sternbeck et Kuhn 2014). Outre les marges des produits et les effets de la demande, le planificateur de l'espace sur les tablettes devrait donc également envisager des options pour l'organisation d'articles sur l'étagère, les fréquences et les coûts de réapprovisionnement en magasin, et la disponibilité d'une arrière-salle pour le réapprovisionnement.

La littérature actuelle sur la gestion de l'espace sur les étagères aborde principalement le côté de la demande en modélisant l'effet de la demande espace-élastique. Dans ce cas, le bénéfice d'un détaillant est maximisé en raison des contraintes d'espace d'étagère en définissant le nombre de faces pour chaque produit (c.-à-d. La première unité visible d'un article au premier rang; Hübner et Kuhn 2012; Kök et coll. 2015). Les modèles existants ne comptaient pas les fréquences et les coûts de réapprovisionnement, ni les options permettant de tirer parti des stocks en coulisses (Hübner et Kuhn 2012; Bianchi-Aguiar et coll. 2016).

Pour étudier les relations susmentionnées, nous avons mené une étude de temps et de mouvement pour un détaillant d'épicerie allemand et identifié à la fois les processus pertinents de réapprovisionnement en magasin et les coûts associés. En nous appuyant sur ces informations, nous développons ensuite un modèle d'optimisation qui optimise simultanément les décisions de réapprovisionnement en rayon et en magasin tout en tenant compte de la demande espace-élastique ainsi que de la salle d'exposition limitée et de l'espace arrière. Le modèle tient compte non seulement des marges des produits, mais aussi des coûts de réapprovisionnement direct des étagères lors de la livraison des commandes au magasin, et pour le réapprovisionnement de l'arrière-salle. En outre, nous considérons le coût de l'inventaire conservé dans la salle d'exposition et l'arrière-salle. Ce modèle étendu aborde la question de la recherche sur la façon dont les différentes procédures de réapprovisionnement et la possibilité d'utiliser l'impact de l'espace en coulisses sur les étagères. Nous appliquons le modèle pour montrer pourquoi une perspective intégrée sur l'optimisation de l'espace sur les tablettes et de la reconstitution en magasin vaut la peine et démontre comment les détaillants peuvent appliquer le modèle pour augmenter leurs profits.

Nous nous attaquons aux compromis entre l'allocation des espaces d'étagère et le réapprovisionnement en magasin (p. Ex., plus d'espace, commandes moins fréquentes et réapprovisionnement). Étant donné que les détaillants utilisent les coulisses comme tampon prévu ou pour les stocks excédentaires après le réapprovisionnement des tablettes, nous étudions plus avant comment la disponibilité d'une salle arrière influe sur les décisions relatives à l'espace sur les tablettes et les fréquences de commande.

Le reste de cet article est organisé comme suit: Sect. 2 fournit le fond conceptuel de notre article et présente la littérature connexe sur l'optimisation de l'espace-étagère. L'étude du temps et du mouvement, ainsi que la description des processus de reconstitution identifiés, sont présentées dans la section 3. La section 4 explique le modèle d'optimisation et présente une approche de solution. Les résultats numériques pour tester notre modèle et l'impact de l'espace en coulisses et du coût de réapprovisionnement sur les valeurs objectives et les structures de solution sont présentés dans la section 5. Enfin, la section 6 a la conclusion et les perspectives.

CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté un modèle d'optimisation de l'espace-étagère capaciténé qui contribue à la littérature existante en tenant compte de la reconstitution en magasin et de la disponibilité de l'espace en coulisses. Le modèle maximise les bénéfices de détail tout en tenant compte des coûts de réapprovisionnement direct et en coulisses, du coût de l'inventaire, de la salle d'exposition et de l'espace

arrière limités ainsi que de la demande d'espace-élastique. Les détaillants bénéficient d'une flexibilité supplémentaire par rapport aux orientations optimisées de l'affichage des articles. Nous avons quantifié le coût des processus en magasin au moyen d'une étude de temps et de mouvement pour un détaillant allemand. Nos descriptions de processus servent à définir plus en détail les processus en magasin et les types de coûts identifiés dans la littérature existante. Pour résoudre le problème non linéaire qui en résulte, nous avons développé un modèle mixte. Même pour les problèmes à grande échelle, notre modèle donne des résultats optimaux efficacement dans un laps de temps réalisable. Nous avons appliqué notre modèle à la catégorie des aliments en conserve du détaillant et nous avons montré comment les profits peuvent être augmentés de façon significative en appliquant notre modèle. Après que les résultats aient été présentés au détaillant, il a décidé de changer son approche actuelle de la planification de l'espace sur les étagères et de la réapprovisionnement en magasin en appliquant notre modèle. En outre, nous avons montré qu'une perspective intégrée sur l'optimisation de l'espace sur les étagères et du réapprovisionnement est cruciale pour les détaillants, car l'espace en coulisses et les coûts de réapprovisionnement ont un impact significatif sur les bénéfices de détail et la planification des espaces de conservation. Une perspective intégrée pour la planification des étagères est particulièrement importante, puisque, dans la pratique, les décisions relatives à l'espace sur les tablettes sont prises par une unité centrale de planification des ventes qui ignore souvent les conséquences de la planification des tablettes sur les opérations en magasin. Notre modèle aidera les détaillants à développer cette perspective intégrée.

Limitations et domaines de recherche futurs Les limites de notre modèle indiquent une variété de domaines de recherche futurs. Nous suivons la littérature générale sur la gestion de l'espace d'étagère et supposons une demande déterministe et stationnaire pour le problème tactique. Pour cette raison, la demande est toujours satisfaite. Par conséquent, un domaine est de généraliser davantage la modélisation de la demande. Certains auteurs soutiennent que la volatilité de la demande peut être gérée avec des stocks de sécurité exogènement déterminés. L'espace d'étagère résultant pour le stock de sécurité doit être déduit de l'espace total de l'étagère et seul l'espace restant peut être distribué. Cependant, notre approche de modélisation a l'avantage d'être suffisamment souple pour déterminer les stocks de sécurité endogènement. Comme les stocks de sécurité protègent contre l'incertitude de la demande (volatilité de la demande) et de l'offre (volatilité du temps de plomb), l'impact des deux variables de décision (c.-à-d. L'impact du nombre de faces sur la demande et l'impact de la fréquence des commandes sur l'offre) doit être pris en compte. Par conséquent, pour toutes les combinaisons précalculées des variables de décision, on peut calculer les stocks de sécurité en conséquence dans le modèle. En outre, notre approche du modèle et de la solution est un bon point de départ pour tenir compte des effets supplémentaires de la demande. Mettre l'accent sur la volatilité de la demande impliquerait le développement d'un modèle stochastique pour notre problème de décision avec les coûts de réapprovisionnement pour tenir compte des variations de la demande (cf. Ex. Hübner et Schaal 2016a). Dans de tels cas, il faudrait également tenir compte des substitutions hors stock résultant de l'insuffisance potentielle des quantités d'étagères et de pièces de l'arrière-plan pour des articles spécifiques (cf. Ex. Kök et Fisher, 2007; Hübner et coll. 2016). Un modèle stochastique devrait équilibrer les compromis entre les situations de sous-stock et les surstocks, ce qui est particulièrement pertinent dans le cas des articles périssables. Ces coûts supplémentaires peuvent être inclus dans les précalculations. Outre la demande stochastique, d'autres effets de la demande, tels que le positionnement des articles (cf. P. Ex., Lim et al., 2004; Bianchi-Aguiar et coll. 2015b) ou des élasticités inter-espaces (cf. P. Ex., Corstjens et Doyle, 1981), mériteraient d'être examinées lorsque le modèle est appliqué à certaines catégories ayant ces effets sur la demande.

Notre modèle se concentre sur le coût associé au réapprovisionnement direct et indirect des étagères. Les futurs modèles pourraient intégrer d'autres décisions et les coûts associés, tels que les décisions relatives à la chaîne d'approvisionnement en amont et le coût des livraisons des entrepôts aux magasins (cf. Sternbeck et Kuhn 2014; Holzapfel et coll. 2016). De plus, les gestionnaires de la vente au détail essaient généralement de garder les étagères aussi remplies que possible, puisque l'espace vide est généralement considéré comme ayant un impact négatif sur les ventes (cf. Baron et al., 2011). Cela peut entraîner des coûts de recharge différenciés. Nous avons montré que notre approche de solution est capable de résoudre un problème avec jusqu'à 2000 articles en moins d'une minute. Bien que les décisions relatives à l'espace

sur les étagères et à la réorganisation soient généralement prises pour chaque catégorie séparément, notre modèle pourrait être étendu pour l'optimisation de l'espace-étagère à l'échelle du magasin dans toutes les catégories, où des modèles d'ordre communs pour différentes catégories seraient également pris en considération.

Enfin, l'étude des environnements multi-magasins peut être envisagée. Un modèle correspondant aiderait les détaillants à décider si les planogrammes devraient être plus normalisés ou ajustés aux besoins propres aux magasins. Un tel modèle devrait équilibrer le compromis entre l'exécution de la demande par magasin et l'efficacité des processus logistiques en amont.

Notre modèle d'optimisation prend le point de vue d'un détaillant qui veut optimiser le profit de catégorie. En revanche, un fabricant suit l'objectif de l'optimisation des bénéfices de la marque, qui soulève le thème de la « capitainerie de catégorie » (cf par exemple, Kurtulus et Toktay 2011; Martínez-de Albéniz et Roels 2011). Une étude approfondie devra aborder tous les sujets pertinents de la négociation entre les fabricants et les détaillants, tels que l'assortiment, les prix et l'espace de rayon.

L'approche du modèle et de la solution proposée dans le présent document constituera un bon point de départ pour aborder les domaines de recherche ouverts mentionnés ci-dessus.

TRANSLATED VERSION: GERMAN

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

ÜBERSETZTE VERSION: DEUTSCH

Hier ist eine ungefähre Übersetzung der oben vorgestellten Ideen. Dies wurde getan, um ein allgemeines Verständnis der in dem Dokument vorgestellten Ideen zu vermitteln. Bitte entschuldigen Sie alle grammatikalischen Fehler und machen Sie die ursprünglichen Autoren nicht für diese Fehler verantwortlich.

EINLEITUNG

Einzelhändler nutzen Regale, um ihre Produkte den Kunden anzubieten. Dabei müssen sie entscheiden, wie viel Regalfläche welchem Artikel zugeteilt werden soll. Da die Regalmengen, die den Einzelhandelsregalen zugewiesen werden, im Laufe der Zeit aufgrund von Kundenkäufen erschöpft sind, müssen Einzelhändler regelmäßig Regale auffüllen und Artikel nachbestellen. Die Neuordnung wirkt sich direkt auf Nachschubprozesse aus. Sobald nachbestellungen im Laden eintreffen, werden die entsprechenden Artikel in den Showroom transportiert, wo die Regale aufgefüllt werden (d.h. Direkte Auffüllung). Daher löst jeder Bestellprozess einen direkten Nachschubprozess aus. Artikel, die nicht in den Showroom-Regalplatz passen, werden im Hinterzimmer gelagert, von wo aus Regale später aufgefüllt werden (d.h. Indirekte Auffüllung aus dem Hinterzimmer).

Beide Entscheidungen, d. H. Regalfläche und Nachbestellung, sind miteinander verknüpft, da z.B. Um die Kundennachfrage zu befriedigen, ein Händler die Möglichkeit hat, die Regalmenge zu erhöhen und die Bestellhäufigkeit für einen bestimmten Artikel zu verringern oder umgekehrt. Wenn der Platz begrenzt ist, bedeutet eine höhere Regalmenge für einen Artikel weniger häufige Nachbestellungen und Nachschub für diesen Artikel, aber auch weniger Platz für andere Artikel, die wiederum häufiger nachbestellt werden müssen.

Regalflächen- und Nachbestellungsplanung sind für den Handel aus mehreren Gründen von großer Bedeutung: Die steigende Anzahl von Produkten steht im Widerspruch zu begrenzter Regalfläche. Heute konkurrieren bis zu 30 % mehr Produkte als vor zehn Jahren um Angstplatz (EHI Retail Institute 2014; Hübner et al. 2016). Dies setzt die Einzelhändler unter Druck, die Profitabilität mit engen Margen zu managen und die Raumproduktivität zu erhalten (Gutgeld et al. 2009). Tatsächlich wurde die Regalfläche

als die knappste Ressource eines Einzelhändlers bezeichnet (vgl. Z. B. Lim et al. 2004; Irion et al. 2012; Geismar et al. 2015; Bianchi-Aguiar et al. 2015a). Vor allem Veränderungen der Regalfläche wirken sich durch die höhere Sichtbarkeit von Artikeln auf die Kundennachfrage aus (Eisend 2014). Mit anderen Worten, die Nachfrage nach einem Artikel wächst, desto mehr Regalfläche wird ihm zugewiesen. Dies wird als "raumelastische Nachfrage" bezeichnet. Darüber hinaus sind die Kosten für die Nachschubversorgung im Laden erheblich, da die Logistikkosten im Lager bis zu 50 % der gesamten Endkundenkosten ausmachen (Kotzab und Teller 2005; Broekmeulen et al. 2006; Reiner et al. 2013; Kuhn und Sternbeck 2013). Die Optionen zur Änderung der Nachschubfrequenzen unterliegen jedoch der Verfügbarkeit von Hinterzimmerinventar für die Zwischenlagerung (Eroglu et al. 2013; Pires et al. 2016) und den Grad der Freiheit, unterschiedliche Lieferfrequenzen zu wählen (Sternbeck und Kuhn 2014). Neben Produktmargen und Nachfrageeffekten sollte der Regalraumplaner daher auch Optionen für die Anordnung von Artikeln im Regal, Nachschubhäufigkeiten und -kosten im Laden sowie die Verfügbarkeit eines Nachschubraums in Betracht ziehen.

Die aktuelle Literatur zum Regalraummanagement befasst sich vor allem mit der Nachfrageseite, indem sie die Auswirkungen der raumelastischen Nachfrage modelliert. In diesem Fall wird der Gewinn eines Einzelhändlers unter Beschränkungen des Regalraums maximiert, indem die Anzahl der Verkleidungen für jedes Produkt definiert wird (d. H. Die erste sichtbare Einheit eines Artikels in der ersten Reihe; Hübner und Kuhn 2012; Kök et al. 2015). Vorhandene Modelle berücksichtigen weder Nachschubhäufigkeiten und -kosten noch Optionen zur Nutzung des Hinterzimmerinventars (Hübner und Kuhn 2012; Bianchi-Aguiar et al. 2016).

Um die oben genannten Zusammenhänge zu untersuchen, haben wir für einen deutschen Lebensmittelhändler eine Zeit- und Bewegungsstudie durchgeführt und sowohl die relevanten Nachschubprozesse im Laden als auch die damit verbundenen Kosten identifiziert. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen entwickeln wir dann ein Optimierungsmodell, das gleichzeitig Regalflächen- und Nachschubentscheidungen optimiert und gleichzeitig platzelastischen Bedarf sowie begrenzten Showroom- und Hinterraumraum berücksichtigt. Das Modell berücksichtigt nicht nur die Produktmargen, sondern auch die Kosten für die direkte Regalauffüllung bei Lieferung von Aufträgen an den Shop und für die Nachfüllung aus dem Hinterzimmer. Darüber hinaus berücksichtigen wir die Kosten für das Inventar im Showroom und im Hinterzimmer. Dieses erweiterte Modell befasst sich mit der Forschungsfrage, wie sich unterschiedliche Nachschubverfahren und die Möglichkeit, Denroomraum zu nutzen, auf die Raumplanung auswirken. Wir verwenden das Modell, um zu zeigen, warum sich eine integrierte Perspektive auf Regalflächen und Nachschuboptimierung im Laden lohnt und zeigen, wie Einzelhändler das Modell anwenden können, um ihre Gewinne zu steigern.

Wir befassen uns mit den Kompromissen zwischen Regalraumallokation und Nachschub im Laden (z.B. Mehr Platz, weniger häufige Bestellungen und Nachschub). Da Einzelhändler Hinterzimmer als geplanten Puffer oder für einen Überschuss nach Regalauffüllung verwenden, untersuchen wir weiter, wie sich die Verfügbarkeit eines Hinterraums auf Regalraumentscheidungen und Bestellfrequenzen auswirkt.

Der Rest dieses Beitrags ist wie folgt organisiert: Sekte 2 liefert den konzeptionellen Hintergrund unseres Papiers und stellt die dazugehörige Literatur zur Regalraumoptimierung vor. Die Zeit- und Bewegungsstudie sowie die Beschreibung der identifizierten Nachschubprozesse werden in Abschnitt 3 dargestellt. Abschnitt 4 erläutert das Optimierungsmodell und stellt einen Lösungsansatz vor. Numerische Ergebnisse zum Testen unseres Modells und die Auswirkungen von Hinterraumraum und Nachschubkosten auf objektive Werte und Lösungsstrukturen werden in Abschnitt 5 vorgestellt. Schließlich hat Abschnitt 6 die Schlussfolgerung und den Ausblick.

SCHLUSSFOLGERUNG

In diesem Beitrag haben wir ein kapazitiertes Modell zur Optimierung des Regalraums vorgestellt, das zur bestehenden Literatur beiträgt, indem wir die Auffüllung im Laden und die Verfügbarkeit von Hinterraumraum berücksichtigen. Das Modell maximiert die Einzelhandelsgewinne und berücksichtigt gleichzeitig die Kosten für die Direkte- und Hinterzimmerauffüllung, die Lagerkosten, den begrenzten

Showroom- und Hinterzimmerraum sowie die raumelastische Nachfrage. Der Handel wird durch die optimierte Displayausrichtung der Artikel zusätzlich flexibel. Wir haben die relevanten In-Store-Prozesse anhand einer Zeit- und Bewegungsstudie für einen deutschen Einzelhändler quantifiziert. Unsere Prozessbeschreibungen dienen dazu, die in der bestehenden Literatur identifizierten In-Store-Prozesse und Kostenarten genauer zu definieren. Um das daraus resultierende nichtlineare Problem zu lösen, haben wir ein Gemischt-Ganzzahl-Modell entwickelt. Selbst bei großen Problemen liefert unser Modell innerhalb einer machbaren Zeit optimale Ergebnisse effizient. Wir haben unser Modell auf die Kategorie konservierte Lebensmittel des Händlers angewendet und gezeigt, wie die Gewinne durch die Anwendung unseres Modells deutlich gesteigert werden können. Nachdem die Ergebnisse dem Händler vorgestellt wurden, beschloss er, seinen derzeitigen Ansatz in Bezug auf Regalflächen- und Nachschubplanung durch Anwendung unseres Modells zu ändern. Darüber hinaus haben wir gezeigt, dass eine integrierte Perspektive auf Regalflächen- und Nachschuboptimierung für den Handel von entscheidender Bedeutung ist, da Hinterzimmerraum und Nachschubkosten erhebliche Auswirkungen auf die Einzelhandelsgewinne und die Regalflächenplanung haben. Eine integrierte Perspektive für die Regalplanung ist besonders wichtig, da in der Praxis Regalraumentscheidungen von einer zentralen Verkaufsplanungseinheit getroffen werden, die oft die Folgen der Regalplanung für den Ladenbetrieb ignoriert. Unser Modell wird Einzelhändlern helfen, diese integrierte Perspektive zu entwickeln.

Grenzen und zukünftige Forschungsbereiche Die Grenzen unseres Modells weisen auf eine Vielzahl zukünftiger Forschungsbereiche hin. Wir folgen der allgemeinen Literatur zum Regalraummanagement und gehen von einer deterministischen und stationären Nachfrage nach dem taktischen Problem aus. Aus diesem Grund wird die Nachfrage immer befriedigt. Ein Bereich besteht daher darin, die Bedarfsmodellierung weiter zu verallgemeinern. Einige Autoren argumentieren, dass die Volatilität der Nachfrage mit exogen ermittelten Sicherheitsaktien gehandhabt werden kann. Der entstehende Regalplatz für den Sicherheitsbestand muss von der gesamten Regalfläche abgezogen werden und nur der restliche Platz kann verteilt werden. Unser Modellierungsansatz hat jedoch den Vorteil, dass er flexibel genug ist, um Sicherheitsbestände endogen zu bestimmen. Da Sicherheitsaktien vor Unsicherheit in Derinanspruch (Nachfragevolatilität) und Angebot (Vorlaufzeitvolatilität) schützen, müssen die Auswirkungen beider Entscheidungsvariablen (d. H. Die Auswirkungen der Anzahl der Verkleidungen auf die Nachfrage und die Auswirkungen der Auftragshäufigkeit auf das Angebot) berücksichtigt werden. Somit kann man für alle vorberechneten Kombinationen der Entscheidungsvariablen die Sicherheitsbestände innerhalb des Modells entsprechend berechnen. Darüber hinaus ist unser Modell- und Lösungsansatz ein guter Ausgangspunkt, um weitere Nachfrageeffekte zu berücksichtigen. Die Konzentration auf die Nachfragevolatilität würde die Entwicklung eines stochastischen Modells für unser Entscheidungsproblem mit Nachschubkosten zur Berücksichtigung von Nachfrageschwankungen bedeuten (vgl. Z.B. Hübner und Schaal 2016a). In solchen Fällen müssten auch nicht vorrätige Substitutionen berücksichtigt werden, die sich aus potenziell unzureichenden Regal- und Hinterzimmerräumen für bestimmte Artikel ergeben (vgl. Z. B. Kök und Fisher 2007; Hübner et al. 2016). Ein stochastisches Modell müsste die Kompromisse zwischen Unter- und Überbeständen ausgleichen, was bei verderblichen Gegenständen besonders relevant ist. Diese zusätzlichen Kosten können in die Vorkalkulationen einbezogen werden. Neben der stochastischen Nachfrage weitere Nachfrageeffekte, wie z.B. Artikelpositionierung (vgl. Z.B. Lim et al. 2004; Bianchi-Aguiar et al. 2015b) oder raumübergreifende Elastizitäten (vgl. Z.B. Corstjens und Doyle 1981) wären eine Überlegung wert, wenn das Modell auf bestimmte Kategorien mit diesen Nachfrageeffekten angewendet wird.

Unser Modell konzentriert sich auf die Kosten, die mit der direkten und indirekten Auffüllung von Regalen verbunden sind. Zukünftige Modelle könnten weitere Entscheidungen und damit verbundene Kosten beinhalten, wie z. B. Vorgelagerte Entscheidungen in der Lieferkette und die Kosten für Lieferungen von Lagern in Die Läden (vgl. Sternbeck und Kuhn 2014; Holzapfel et al. 2016). Darüber hinaus versuchen Einzelhandelsmanager in der Regel, die Regale so gefüllt wie möglich zu halten, da allgemein davon ausgegangen wird, dass Leerflächen negative Auswirkungen auf den Umsatz haben (vgl. Baron et al. 2011). Dies kann zu differenzierten Nachfüllkosten führen. Wir haben gezeigt, dass unser Lösungsansatz in der Lage ist, ein Problem mit bis zu 2000 Artikeln innerhalb von weniger als einer Minute zu lösen. Obwohl Regalplatz- und Neuordnungentscheidungen in der Regel für jede Kategorie separat

getroffen werden, könnte unser Modell für die Optimierung von Lagerflächen über alle Kategorien hinweg erweitert werden, wobei auch allgemeine Auftragsmuster für verschiedene Kategorien berücksichtigt werden.

Schließlich kann die Untersuchung von Multi-Store-Umgebungen in Betracht gezogen werden. Ein entsprechendes Modell würde die Einzelhändler bei der Entscheidung unterstützen, ob Planogramme stärker standardisiert oder an die lagerspezifischen Bedürfnisse angepasst werden sollen. Ein solches Modell müsste den Kompromiss zwischen filialspezifischer Nachfrageerfüllung und der Effizienz vorgelagerter Logistikprozesse ausbalancieren.

Unser Optimierungsmodell nimmt die Perspektive eines Händlers, der den Kategoriegewinn optimieren möchte. Im Gegensatz dazu verfolgt ein Hersteller das Ziel der Markengewinnoptimierung, das das Thema "Kategorie Kapitänenschaft" aufwirft (vgl. Z.B. Kurtulus und Toktay 2011; Martinez-de Albéniz und Roels 2011). Eine umfassende Studie muss sich mit allen relevanten Verhandlungsthemen zwischen Herstellern und Einzelhändlern befassen, wie Sortiment, Preise und Regalflächen.

Der in diesem Papier vorgeschlagene Modell- und Lösungsansatz wird ein guter Ausgangspunkt sein, um die oben genannten offenen Forschungsbereiche anzugehen.

TRANSLATED VERSION: PORTUGUESE

Below is a rough translation of the insights presented above. This was done to give a general understanding of the ideas presented in the paper. Please excuse any grammatical mistakes and do not hold the original authors responsible for these mistakes.

VERSÃO TRADUZIDA: PORTUGUÊS

Aqui está uma tradução aproximada das ideias acima apresentadas. Isto foi feito para dar uma compreensão geral das ideias apresentadas no documento. Por favor, desculpe todos os erros gramaticais e não responsabilize os autores originais responsáveis por estes erros.

INTRODUÇÃO

Os retalhistas usam prateleiras para oferecer os seus produtos aos clientes. Ao fazê-lo, devem decidir quanto espaço de prateleira deve atribuir a que item. Dado que as quantidades de prateleiras atribuídas às prateleiras de retalho se esgotam ao longo do tempo devido às compras dos clientes, os retalhistas precisam de encher regularmente prateleiras e recomendar artigos. Reordenar diretamente impacta processos de reabastecimento. Assim que os recomendantes chegam à loja, os respetivos itens são transportados para o showroom, onde as prateleiras são reabastecidas (ou seja, reabastecimento direto). Como resultado, cada processo de encomenda desencadeia um processo de reabastecimento direto. Os itens que não se encaixam no espaço da prateleira da sala de exposição são armazenados na sala dos fundos, de onde as prateleiras são posteriormente reabastecidas (ou seja, reabastecimento indireto da sala dos fundos).

Ambas as decisões, ou seja, o espaço de prateleira e o reordenamento, estão interligadas, porque, por exemplo, para satisfazer a procura do cliente, um retalhista tem a opção de aumentar a quantidade da prateleira e diminuir a frequência de encomenda de um item específico, ou vice-versa. Se o espaço for limitado, uma quantidade de prateleira mais alta para um item implica encomendas e reabastecimentos menos frequentes para este item, mas também menos espaço disponível para outros itens, que por sua vez devem ser reordenados com mais frequência.

O planeamento do espaço de prateleiras e do reordenamento são de grande importância para os retalhistas por várias razões: O número crescente de produtos está em conflito com o espaço de prateleiras limitado. Hoje, até 30% mais produtos do que há dez anos competem pelo espaço de susto (EHI Retail Institute 2014; Hübner et al. 2016). Isto coloca os retalhistas sob pressão para gerir a rentabilidade com margens estreitas e para manter a produtividade do espaço (Gutgeld et al. 2009). Com efeito, o espaço de prateleira foi referido como o recurso mais escasso de um retalhista (por exemplo, Lim et al. 2004; Irion et al. 2012;

Geismar et al. 2015; Bianchi-Aguiar et al. 2015a). Acima de tudo, as alterações na procura de clientes no espaço de prateleiras devido à maior visibilidade dos itens (Eisend 2014). Por outras palavras, a procura de um item aumenta, quanto mais espaço de prateleira lhe é atribuído. Isto é referido como "procura espacial-elástica". Além disso, os custos associados à reposição nas lojas são significativos, uma vez que os custos logísticos nas lojas ascendem a 50% dos custos totais da cadeia de fornecimento a retalho (Kotzab e Teller 2005; Broekmeulen et al. 2006; Reiner et al. 2013; Kuhn e Sternbeck 2013). No entanto, as opções de alteração das frequências de reabastecimento estão sujeitas à disponibilidade de inventário de backroom para armazenamento intermédio (Eroglu et al. 2013; Pires et al. 2016) e o grau de liberdade para escolher diferentes frequências de entrega (Sternbeck e Kuhn 2014). Para além das margens do produto e dos efeitos da procura, o planejador do espaço de prateleira deve também considerar opções para a organização de itens na prateleira, frequências e custos de reabastecimento na loja e a disponibilidade de um backroom para reabastecimento.

A literatura atual sobre a gestão do espaço de prateleiras aborda principalmente o lado da procura modelando o efeito da procura espacial-elástica. Neste caso, o lucro de um retalhista é maximizado sob restrições de espaço de prateleira, definindo o número de facetas para cada produto (isto é, primeira unidade visível de um item na primeira fila; Hübner e Kuhn 2012; Kök et al. 2015). Os modelos existentes não explicam as frequências e custos de reabastecimento, nem opções para alavancar o inventário de backroom (Hübner e Kuhn 2012; Bianchi-Aguiar et al. 2016).

Para investigar as relações acima mencionadas, realizámos um estudo de tempo e movimento para um retalhista de mercearia alemão e identificámos tanto os processos de reabastecimento relevantes na loja como os custos associados. Com base nestes insights, desenvolvemos então um modelo de otimização que simultaneamente otimiza as decisões de reabastecimento no espaço de prateleiras e na loja, ao mesmo tempo que contabilizamos a procura de espaço-elástico, bem como o espaço limitado de showroom e backroom. O modelo é responsável não só pelas margens do produto, mas também pelos custos de reabastecimento direto da prateleira aquando da entrega das encomendas à loja, e pela reposição da sala dos fundos. Além disso, consideramos o custo do inventário mantido na sala de exposições e nos bastidores. Este modelo alargado aborda a questão da investigação de como diferentes procedimentos de reabastecimento e a oportunidade de usar o planeamento do espaço de backroom. Aplicamos o modelo para mostrar por que razão vale uma perspetiva integrada sobre a otimização do reabastecimento no espaço de prateleira e na loja e demonstra como os retalhistas podem aplicar o modelo para aumentar os seus lucros.

Abordamos as compensações entre a atribuição de espaço de prateleira e reabastecimento na loja (por exemplo, mais espaço, encomendas menos frequentes e reabastecimentos). Como os retalhistas usam os backrooms como tampão planeado ou para o excesso de inventário após a reabastecimento da prateleira, investigamos ainda como a disponibilidade de um backroom impacta as decisões do espaço de prateleiras e as frequências de encomendas.

O restante deste trabalho é organizado da seguinte forma: Sect. 2 fornece o fundo conceptual do nosso trabalho e apresenta a literatura relacionada sobre a otimização do espaço de prateleira. O estudo do tempo e do movimento, bem como a descrição dos processos de reabastecimento identificados, são apresentados na Seita. A secção 4 explica o modelo de otimização e apresenta uma abordagem de solução. Os resultados numéricos para testar o nosso modelo e o impacto do espaço de backroom e do custo de reabastecimento em valores objetivos e estruturas de solução são apresentados na Seita. Finalmente, seita. 6 tem a conclusão e perspetiva.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, apresentamos um modelo de otimização capacitado do espaço de prateleira que contribui para a literatura existente, contabilizando a reposição na loja e a disponibilidade de espaço nas traseiras. O modelo maximiza os lucros de retalho ao considerar os custos de reabastecimento direto e de backroom, custos para inventário, showroom limitado e espaço de backroom, bem como procura espacial elástica. Os retalhistas têm flexibilidade adicional a partir das orientações otimizadas do visor dos artigos. Quantificámos o custo dos processos na loja relevantes através de um estudo de tempo e movimento para

um retalhista alemão. As nossas descrições do processo servem para definir mais detalhadamente os processos e tipos de custos identificados na literatura existente. Para resolver o problema não linear resultante, desenvolvemos um modelo de inteiros mistos. Mesmo para problemas de grande escala, o nosso modelo produz resultados ótimos de forma eficiente dentro de um período de tempo exequível. Aplicámos o nosso modelo na categoria de alimentos enlatados do retalhista e mostrámos como os lucros podem ser aumentados significativamente aplicando o nosso modelo. Após a apresentação dos resultados ao retalhista, decidiu alterar a sua atual abordagem ao planeamento de reabastecimento no espaço de prateleiras e na loja, aplicando o nosso modelo. Além disso, demos demonstrou que uma perspetiva integrada sobre a otimização do espaço de prateleira e da reposição é crucial para os retalhistas, uma vez que o espaço de backroom e o custo de reabastecimento têm um impacto significativo nos lucros do retalho e no planeamento do espaço de prateleiras. Uma perspetiva integrada para o planeamento das prateleiras é especificamente importante, uma vez que, na prática, as decisões de espaço de prateleira são tomadas por uma unidade central de planeamento de vendas que muitas vezes ignora as consequências do planeamento de prateleiras nas operações na loja. O nosso modelo ajudará os retalhistas a desenvolver esta perspetiva integrada.

Limitações e futuras áreas de investigação As limitações do nosso modelo apontam para uma variedade de áreas futuras de investigação. Seguimos a literatura geral sobre a gestão do espaço de prateleiras e assumimos uma procura determinística e estacionária para o problema tático. Por causa disso, a procura está sempre satisfeita. Assim, uma área consiste em generalizar ainda mais a procura de modelos. Alguns autores argumentam que a volatilidade da procura pode ser tratada com stocks de segurança exogenicamente determinados. O espaço de prateleira resultante para o estoque de segurança deve ser deduzido do espaço total da prateleira e apenas o espaço restante pode ser distribuído. No entanto, a nossa abordagem de modelação tem a vantagem de ser suficientemente flexível para determinar as unidades populacionais de segurança de forma endógena. Dado que as unidades populacionais de segurança protegem contra a incerteza da procura (volatilidade da procura) e da oferta (volatilidade do tempo de entrega), é necessário ter em conta o impacto das duas variáveis de decisão (isto é, o impacto do número de facetas na procura e o impacto da frequência da encomenda na oferta). Assim, para todas as combinações pré-calculadas das variáveis de decisões, pode-se calcular as existências de segurança em conformidade dentro do modelo. Além disso, a nossa abordagem modelo e solução é um bom ponto de partida para dar conta de novos efeitos da procura. Concentrar-se na volatilidade da procura implicaria o desenvolvimento de um modelo estocástico para o nosso problema de decisão com custos de reposição para responder às variações da procura (por exemplo, Hübner e Schaal 2016a). Nesses casos, as substituições fora de stock resultantes de quantidades potencialmente insuficientes de prateleiras e de backroom para itens específicos também teriam de ser tomadas em consideração (por exemplo, Kök e Fisher 2007; Hübner et al. 2016). Um modelo estocástico teria de equilibrar as trocas entre situações de substock e excesso de stock, o que é especificamente relevante no caso de itens perecíveis. Estes custos adicionais podem ser incluídos nos pré-cálculos. Para além da procura estocástica, os efeitos adicionais da procura, tais como o posicionamento do item (por exemplo, Lim et al. 2004; Bianchi-Aguiar et al. 2015b) ou elasticidades do espaço cruzado (por exemplo, Corstjens e Doyle 1981), valeriam a pena considerar quando o modelo é aplicado a determinadas categorias com estes efeitos da procura.

O nosso modelo concentra-se no custo associado à reposição direta e indireta das prateleiras. Os modelos futuros poderão incorporar novas decisões e custos associados, tais como as decisões da cadeia de abastecimento a montante e o custo das entregas de armazéns para lojas (cf. Sternbeck e Kuhn 2014; Holzapfel et al. 2016). Além disso, os gestores de retalho normalmente tentam manter as prateleiras o mais preenchidas possível, uma vez que o espaço vazio é geralmente acreditado ter um impacto negativo nas vendas (cf. Barão et al. 2011). Isto pode resultar em custos de recarga diferenciados. Mostrámos que a nossa abordagem de solução é capaz de resolver um problema com até 2000 itens em menos de um minuto. Embora as decisões de espaço de prateleira e reordenamento sejam normalmente tomadas para cada categoria separadamente, o nosso modelo poderia ser alargado para otimização de espaço de prateleira em todas as categorias, onde também seriam considerados padrões de ordem comuns para diferentes categorias.

Finalmente, a investigação de ambientes multi-lojas pode ser considerada. Um modelo correspondente apoiaria os retalhistas na decisão de se os planogramas deveriam ser mais normalizados ou ajustados às

necessidades específicas da loja. Este modelo teria de equilibrar a compensação entre o cumprimento da procura específica da loja e a eficiência dos processos logísticos a montante.

O nosso modelo de otimização assume a perspetiva de um retalhista que quer otimizar o lucro de categorias. Em contrapartida, um fabricante segue o objetivo da otimização dos lucros da marca, o que levanta o tema da "capitania de categoria" (por exemplo, Kurtulus e Toktay 2011; Martínez-de Albéniz e Roels 2011). Um estudo exaustivo terá de abordar todos os assuntos relevantes de negociação entre fabricantes e retalhistas, tais como o sortido, os preços e o espaço de prateleiras.

O modelo e a abordagem de solução propostos no âmbito deste documento será um bom ponto de partida para abordar as áreas abertas de investigação acima mencionadas.