

APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA ENXUTA AO ABASTECIMENTO DE LINHA DE MONTAGEM PARA O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE: UM ESTUDO DE CASO

VICENTE MIGUEL SINKUNAS JUNIOR

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza - CEETPS

sinkunasjr@uol.com.br

ÁREA TEMÁTICA: OPERAÇÕES

Excelência em Operações – Qualidade, Produtividade e Lean Production

APLICAÇÃO DA LOGÍSTICA ENXUTA AO ABASTECIMENTO DE LINHA DE MONTAGEM PARA O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE: UM ESTUDO DE CASO

APPLICATION OF LEAN LINE FEEDING FOR INCREASING PRODUCTIVITY: A CASE STUDY

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar como a aplicação da Logística Enxuta (*Lean Logistics*) ao abastecimento de uma linha de montagem contribuiu para o aumento da produtividade do sistema produtivo de uma nova fábrica de caminhões. Foi realizada uma avaliação qualitativa da aplicação no ambiente operacional e identificou-se um conjunto de melhorias efetivas e melhores resultados alcançados.

Palavras-chave: Produtividade, Abastecimento enxuto de materiais, Linha de montagem de caminhões.

ABSTRACT

This article presents how the application of the lean logistics to the line feeding of an assembly line contributed to the increase of productivity in a new truck plant in Brazil. A qualitative assessment on the shop floor identified a set of effective improvements and better results.

Keywords: productivity; lean line feeding; truck assembly line

1 INTRODUÇÃO

A produção enxuta tem como pressuposto o aumento da produtividade, isto é, fazer mais com menos recursos e suprimir fontes de desperdícios ao longo da cadeia de valor (SHAH; WARD, 2003).

A produção enxuta é uma prática de gestão multidimensional, que inclui o *just in time*, sistemas da qualidade, trabalho em equipe, manufatura em células, gestão de fornecedores, entre outros, em um sistema integrado (SINGH *et al.*, 2011). A literatura científica complementa esta abordagem, em particular quanto à crescente importância da transferência dos conceitos para as áreas administrativas e às áreas indiretamente relacionadas à produção - como o planejamento, qualidade, manutenção e a logística - que com seus serviços de apoio, proporcionam agregação de valor aos produtos e serviços, os quais se completam, finalmente, na área de produção propriamente dita (DEIWIKS *et al.*, 2008).

Sob esse prisma, consegue-se conceber a abordagem de otimização denominada "*line back*", que percorre a ordem inversa da cadeia de agregação de valor, iniciando otimizações a partir da linha de montagem (ou posto de trabalho) até atingir os fornecedores (KLUG, 2010).

Esta pesquisa aborda como a Produção Enxuta se conecta idealmente à sua cadeia de abastecimento pela Logística Enxuta no ambiente operacional (chão-de-fábrica), e procurou responder: Quais os elementos fundamentais da logística enxuta a serem considerados numa avaliação qualitativa do abastecimento de linha de montagem automotiva com vistas ao aumento de produtividade?

A análise e avaliação da logística de abastecimento foram realizadas no chão-de-fábrica de uma linha de montagem de caminhões de uma nova fábrica de veículos comerciais de uma montadora multinacional localizada na região sudeste do Brasil.

A pesquisa foi organizada de modo a primeiro explicar, por meio de referências teóricas, a contribuição da logística enxuta para o incremento da produtividade, em particular no chão-de-fábrica. Na sequência são apresentados o método de pesquisa, o caso em estudo e os resultados obtidos. Ao final encontram-se conclusões e considerações acerca desta pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aumento da produtividade com a logística enxuta

Althoff (2009) reforça que a aplicação isolada de conceitos de produção enxuta não contribui para uma otimização sistêmica, pelo contrário, pode até mesmo prejudicar o desempenho operacional.

A implantação de ferramentas e métodos enxutos nos processos produtivos tem reflexo em processos anteriores e posteriores, como é o caso da logística (GÜNTNER *et al.*, 2011). Tornar a manufatura mais enxuta a fim de aumentar a produtividade, implica em elevar os requisitos para os

processos logísticos. Por exemplo, uma redução nos tamanhos de lotes requer reposições confiáveis de quantidades menores com maior frequência, o que implica em aumento de tempos, custos e ajustes em processos de transporte, sequenciamento, *picking* (coleta) e armazenamento (WANNENWETSCH, 2010). A figura 1 ilustra o efeito da aplicação da logística enxuta na carga de trabalho:

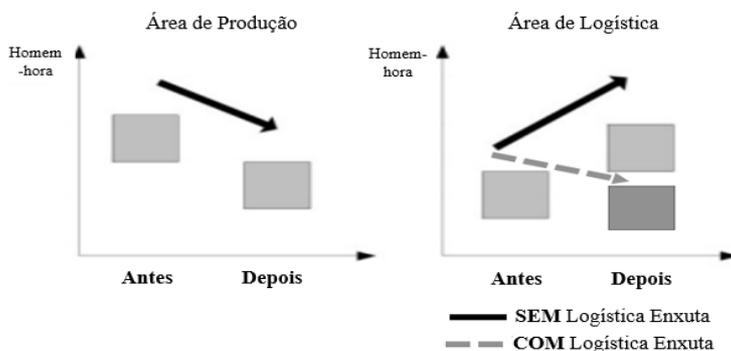


Figura 1 - Efeito da aplicação da logística enxuta na carga de trabalho

Fonte: Adaptado de Hóltz (2012)

FAVARO (2008) reforça que a literatura científica indica conceitos isolados de implementação da logística enxuta para o chão-de-fábrica, mas uma proposta de implantação de forma holística e sequenciada ainda não foi apresentada.

Uma otimização integral da cadeia de abastecimento interna deve se dar necessariamente de "dentro para fora", pela abordagem *line back*, conforme ilustra a figura 2.



Figura 2 - Otimização sistêmica segundo o princípio *line back*

Fonte: Autor

Esta forma de abordagem percorre a ordem inversa da cadeia de agregação de valor. Inicia-se a partir da otimização do posto de montagem, eliminando-se desperdícios e transferindo-se atividades que não agregam valor ao produto para o próximo estágio anterior na cadeia de valor, por exemplo,

para a logística de abastecimento. Continua-se com otimizações sucessivas pelos vários níveis de agregação de valor, até se chegar ao suprimento por fornecedores, por exemplo, de matéria-prima.

Pela abordagem *line back*, a cadeia de fornecimento de material é analisada e planejada de forma retroativa, a partir do ponto de uso (montagem final) até sua origem no fornecedor, incluindo todos os fluxos de materiais e de informação encontrados na cadeia de processos de produção.

Deve-se observar, porém, que, antes da tentativa de se sincronizar processos com parceiros da cadeia de suprimentos, os próprios processos logísticos devem ter atingido maturidade e estabilidade suficientes, para que se consiga um desempenho desejado.

A maior padronização e a estabilidade de processos levam a menores custos de produção, enquanto estoques menores e definidos melhoram o capital de giro. Com isso, consegue-se uma maior produtividade com efeito positivo nos lucros, rápida disponibilidade para vendas e maior retorno sobre o capital investido (HÖLTZ, 2012).

2.2 O abastecimento enxuto de linhas de montagem

As linhas de montagem atualmente são aptas à produção de uma larga variedade de modelos em combinações de escolhas (mix) quase ilimitadas, o que se traduz em diferencial competitivo na indústria automobilística. Este tipo de linha requer um abastecimento variável de peças diversas para cada uma das estações de trabalho que compõe a linha de montagem e, frequentemente, é necessária uma adequação na forma e nas quantidades de entrega originalmente recebidas dos fornecedores (BAUDIN, 2004).

O abastecimento de material tem como preocupação principal a decisão sobre qual princípio de fornecimento adotar para suprir uma ou mais estações de trabalho de uma linha de montagem. Johansson (1991) descreve três diferentes princípios de abastecimento de material: contínuo, em lotes e em kits (conjuntos de peças).

Usualmente as áreas disponíveis próximas às estações são escassas e insuficientes para comportar a diversidade de materiais. Os montadores podem se servir de peças fornecidas com ou sem embalagens ou em conjuntos específicos (kits), dispostos no posto de trabalho pela logística de abastecimento, e consumidos conforme as ordens de produção.

No ambiente do chão-de-fábrica, a logística de materiais precisa atender a produção e a montagem assim que requerido, sem que recursos sejam desperdiçados em estoques ou em esperas no fluxo de abastecimento. Isso requer, o envolvimento e sincronização de toda a cadeia de suprimento para viabilizar a produção e entrega *just in time* por fornecedores internos e externos à empresa, num esforço de gerenciamento para flexibilização de capacidades produtivas com os custos e qualidade planejados (SCHNIEDERJANS *et al.*, 2010).

2.3 Avaliação qualitativa da aplicação da logística enxuta

A literatura científica não apresenta atualmente nenhum quadro geral de métodos e ferramentas da logística enxuta. Os componentes básicos são amplamente identificados pelos autores, porém, a realização dos componentes individuais tem um nível muito diferenciado de detalhamento (BAUDIN, 2004; TRENT, 2008; TAYLOR; BRUNT, 2002; KERBER; DRECKSHAGE, 2011).

Para fins desta pesquisa, adotou-se como referência Klug (2010), que diferencia as áreas interna e externa da logística enxuta. A interna diz respeito aos aspectos: (a) posto de trabalho, (b) chamada (para reabastecimento) de materiais, (c) disposição de materiais no posto, (d) transporte interno e (e) transbordo e armazenamento internos. A logística externa foca em todos os aspectos da gestão de fornecedores e atividades de transporte, transbordo e armazenamento externos à empresa.

O foco desta pesquisa concentra-se na logística interna com ênfase nos métodos e elementos fundamentais relevantes ao abastecimento de linha, delineados conforme o estado atual do conhecimento e a importância dos componentes dentro da logística enxuta sistêmica. Para avaliação qualitativa da aplicação dos elementos de logística pertinentes ao abastecimento da linha de montagem de caminhões da empresa em estudo, foram utilizados os requisitos e descrições definidos por Höltz (2012).

3. MÉTODO

Esta pesquisa desenvolveu-se segundo os pressupostos das pesquisas bibliográfica e descritiva e do estudo de caso único.

A pesquisa bibliográfica, segundo Bervian e Cervo (2002), procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos e foi utilizada para fundamentar as contribuições da produção e da logística enxutas para o incremento da produtividade e apresentar referências teóricas sobre as mesmas, em particular nas aplicações voltadas ao chão-de-fábrica.

A Pesquisa descritiva, segundo os mesmos autores, observa, registra, analisa e correlaciona os fatos ou fenômenos colhidos da própria realidade, sem manipulá-los. Procura-se descobrir com a precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e características.

Um estudo de caso é um estudo empírico em que várias unidades de medida são usadas para coletar dados como evidências. Ele permite um detalhamento de investigação, onde o objetivo é descrever as características, contexto e processos de um determinado fenômeno (YIN, 2009). O estudo empírico desta pesquisa envolveu os fenômenos que uma organização experimenta durante a aplicação da logística enxuta em seu sistema produtivo. A obtenção de evidências se deu por meio de visitas ao chão-de-fábrica e observações diretas pelos próprios pesquisadores. A coleta dos dados foi realizada ainda por meio de entrevistas semiestruturadas com gestores e colaboradores das áreas de

montagem e logística, bem como pela análise de sistemas de informação, documentos e arquivos históricos, de divulgação restrita pela própria empresa.

Segundo Yin (2009), o estudo de caso único se justifica em várias circunstâncias, em especial sob alguns argumentos lógicos. Dentre aqueles observados nesta pesquisa, está a importante experimentação da teoria, neste caso relacionada à aplicação dos elementos fundamentais da logística enxuta verificados por Höltz (2012). Outro argumento é a representatividade deste caso, típico e revelador da indústria automobilística. Além disso, o caso teve a rara oportunidade de acesso a uma empresa com aplicação moderna e exemplar dos conceitos da produção e da logística enxuta.

4. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO E RESULTADOS

4.1 A empresa

No começo de 2012 iniciou-se a produção de uma nova fábrica de caminhões de uma montadora multinacional, localizada na região sudeste do Brasil. A nova fábrica e seus sistemas de trabalho e gerenciamento da produção foram concebidos segundo os mais modernos princípios da Produção Enxuta (*Lean Production*), de forma que esta filosofia fosse incorporada à cultura da empresa desde o início de operação.

Para fabricação de dois modelos distintos de caminhões na mesma linha de montagem – um do segmento de mercado leve e outro do extrapesado - um conceito inovador foi introduzido na nova unidade. Ao invés de uma linha de arraste com estrutura fixa no piso, a linha de montagem é uma das únicas no mundo a utilizar veículos autoguiados (AGV) para transporte dos caminhões em montagem entre as estações de trabalho (Figura 3). Isto flexibiliza notavelmente eventuais mudanças da linha para expansão ou para a montagem de outros modelos e racionaliza o uso de área produtiva.



Figura 3 – Caminhão sendo montado sobre AGV

Fonte: AutoNewsTV

Conforme observado em visita à unidade, a logística interna enfrenta desafios de abastecer uma grande variedade de componentes para os vários modelos das duas linhas de caminhões distintas. Para viabilizar essa imensa gama de possibilidades de abastecimentos, sem consumir uma enorme

área para disposição de cada tipo de peça individualmente ao longo da linha, optou-se pelo abastecimento de carrinhos com kits (conjuntos) de peças definidas, deixados nos pontos de uso demarcados nas estações (Figura 4). Praticamente só elementos de fixação e peças pequenas são fornecidos em embalagens pequenas e dispostas em prateleiras ao longo das estações de montagem. Em ambos os casos, a entrega é realizada por rebocadores que circulam em rotas fixas e cadenciadas pelo consumo na linha, de acordo com a demanda exigida (*takt time*).



Figura 4 – Exemplo de carrinhos com kits de peças

Fonte: AutoNewsTV

As chamadas de peças ocorrem por escaneamento à laser de cartões Kanban. Todas as atividades de logística são realizadas por um provedor de serviços terceirizado, o que inclui a formação de kits preparados conforme a sequência de montagem, em uma unidade externa à empresa. Não há circulação de empilhadeiras no interior da fábrica.

O sistema de produção de veículos comerciais é fundamentado no sistema de produção enxuta e padronizado no grupo mundialmente. Pode-se verificar que os conceitos da produção enxuta são bem dominados pelos colaboradores próprios e de terceiros.

Não se constata a formação de estoques desnecessários. Um exemplo é a produção de cabinas acabadas, executada em prédio diferente da montagem, que é totalmente sincronizada com a linha de montagem de veículos, sem a estoques intermediários, à exceção das cabinas no próprio trajeto.

4.2 Resultados

Com base no referencial teórico, os pesquisadores realizaram uma avaliação qualitativa da aplicação dos elementos fundamentais da logística enxuta pertinentes ao abastecimento da linha de montagem. As avaliações foram compiladas pelos pesquisadores e validadas pelos entrevistados.

Os resultados encontram-se no Quadro 1 e referem-se às contribuições relacionadas ao aumento de produtividade, seja pelo aumento da produção útil, seja pela redução de recursos empregados.

A coluna de Observações da tabela retrata o grau de implementação da aplicação dos elementos, julgado pelos pesquisadores, conforme a progressão de fases seguinte: “fase conceitual”, “fase de planejamento”, “fase de implementação” e “implementado”.

Quadro 1 – Contribuições da aplicação dos elementos fundamentais da logística de abastecimento para a produtividade

Aspecto	Elemento da Logística Enxuta	Contribuições para a Produtividade	Observações
Posto de trabalho	Cadeia de fornecimento orientada à demanda do cliente (<i>takt time</i>)	Abastecimento de linha integrado à cadeia de suprimento e sincronizado com o ritmo de consumo da linha; melhor utilização e planejamento de recursos (inclusive mão-de-obra)	implementado
	Materiais em pequena distância de alcance	Carrinhos com Kits e prateleiras de peças situados de modo a minimizar a movimentação dos montadores na linha	implementado
	Produtividade de Área	Todos os materiais e caixas necessários estão dentro da estação de trabalho respectiva; entregas por meio de kits minimizam a ocupação de área ao longo das estações	implementado
	<i>Poka Yoke</i> (à prova de erros)	Filosofia <i>Poka Yoke</i> adotada também para as atividades da logística (ex. Kits para variantes) evitando produtos defeituosos	fase de planejamento
	<i>Andon</i> (<i>display</i> com status de anormalidades)	Monitores LCD ao longo da linha sinalizam também problemas com o abastecimento logístico (ex. peças faltantes ou erradas) e disparam reação rápida para a retomada da produção	implementado
	Triângulo de montagem (percurso do montador)	O material alocado na estação possibilita a coleta única ou minimizada de peças antes da montagem (mínimo percurso)	implementado
Chamada para reabastecimento	Chamada de peças orientada à demanda (<i>pull</i>)	Uso intensivo de Kanbans com escaneamento de código de barras para a reposição eficiente de embalagens pequenas	implementado
	Gerenciamento visual de áreas e pulmões (estoques)	Metodologia 5S bem implementada para a montagem e logística: auxilia detecção e evita ocorrência de desperdícios (ex. tempo de procura)	implementado
Disposição de Materiais no posto	Embalagens pequenas padronizadas	Menores embalagens possíveis para cada item (menor inventário e espaço) dispostas conforme utilização e ergonomia	implementado
	Peças grandes dispostas sem embalagens	Peças em carros Kit somente com peças desembaladas; não há desembalamentos pelo montador no posto (desperdício)	implementado
	Troca 1:1 de embalagens cheias e vazias	Embalagens vazias são retiradas dentro das rotas de entrega; melhor eficiência e espaço requerido	implementado
	Princípio de uma embalagem	Menor necessidade de área e estoques: não implantado, mas possível com o uso dos scanners pelo montador	fase de conceito
	Formação de Kits	Opção prioritária; redução de desperdícios na montagem compensa acréscimo na carga de trabalho da logística	implementado
Transporte interno	Transporte sem empilhadeiras	Não há uso no interior dos prédios de montagem: segurança maior, tráfego definido e eficiência (sem transporte vertical)	implementado
	Rebocadores com rotas cíclicas orientadas à demanda	Maiores capacidades de transporte com tempos de entrega definidos; sem tempo de procura por necessidades de material	implementado
	Supermercados próximos à área de montagem	Supermercados para reposição de carros de kits e embalagens pequenas são externos e administrados por terceiros	n/a
Armazenagem interna	Entregas de material próximas ao ponto de uso	Entregas em cada estação com demarcação e gestão visual do consumo; menor movimentação e percurso dos montadores	implementado
	Logística de mínimos trajetos	Carros de kit cheios e vazios em ponto único dentro do prédio de montagem: menores percursos e uso de pessoal	implementado
	Gerenciamento visual de áreas e giros de estoque	Área de reabastecimento central com tempos de processamento otimizados, fluxos claros, menos erros e controles visuais	implementado

Fonte: Autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As modernas linhas de montagem de veículos impõem desafios cada vez maiores à logística das empresas automobilísticas, sobretudo num ambiente de produção enxuta, onde as restrições operacionais têm que ser muito bem gerenciadas.

A viabilidade operacional do abastecimento de linhas requer necessariamente o planejamento e aplicação de elementos da logística enxuta, para que a enorme variedade de modelos de produtos e combinações de componentes e acessórios desejados pelos clientes possa ser atendida.

Para realização de uma operação com aumento contínuo de produtividade é importante que as ações de melhoria do sistema produtivo sejam conduzidas "de dentro para fora", a partir da estação de trabalho (abordagem *line back*), privilegiando a aplicação de princípios e elementos fundamentais do sistema enxuto que garantam processos estáveis e produtivos, focados na agregação de valor, eliminando ou transferindo desperdícios para fora do sistema e propiciando a simplificação e aprendizagem pelos funcionários.

A análise da aplicação dos elementos da logística enxuta interna mostrou que não só a sofisticação e tecnologia são necessárias para alcançar bons resultados, mas também a disciplina e a gestão apoiadora, que são altamente dependentes de pessoas.

Esta pesquisa teve como objetivo apresentar uma compreensão comum de quais elementos da logística enxuta devem ser considerados no abastecimento de uma linha de montagem automotiva. A aplicação desses elementos, de forma progressiva e compatível com a cultura empresarial, certamente levará a ganhos de produtividade sistêmica.

Procurou-se ainda dar subsídios à uma avaliação qualitativa abrangente da logística enxuta interna, que pode evidenciar o grau de implementação ou maturidade da mesma e ainda servir como parâmetro para priorização de ações de implementação e otimização.

O estudo de caso contribuiu para a melhoria e complementação de aspectos da aplicação da logística enxuta na empresa em estudo, que serão estendidos para outras linhas de montagem.

O estudo também apoiou a pesquisa acadêmica, com o acesso a informações e melhores práticas da produção enxuta, obtidas diretamente do chão de fábrica de uma moderna montadora multinacional de caminhões.

A pesquisa continua sendo desenvolvida para avaliação de resultados quantitativos e de desempenho de indicadores operacionais.

Recomenda-se para futuras pesquisas considerar as melhores práticas e referências apresentadas acerca da aplicação dos elementos da logística enxuta interna e suas contribuições para a melhoria da produtividade na montagem no segmento automobilístico, em outras situações de montagem seriada de outros segmentos e empresas.

Referências

ALTHOFF, K. *Erfolgreich mit Lean Logistics*. in: Logistik für Unternehmen, Vol. 23, 2009.

AUTONEWSTV. Imagens extraídas de vídeo da inauguração da empresa. Disponível na internet: <https://www.youtube.com/watch?v=J-ZIB6QHjCg>. Acessado em 20. out. 2014.

BAUDIN, M. *Lean logistics: the nuts and bolts of delivering materials and goods*. New York: Productivity Press, 2004.

BERVIAN, P.A; CERVO, A.L. *Metodologia Científica*. 5°. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

DEIWIKS, J.; FAUST, P.; BECKER, H.; NIEMAND, S.: "*Lean*" im indirekten Bereich. in: zfo - Zeitschrift Führung + Organisation, Vol. 77, 2008.

FAVARO, C. *Application of axiomatic design to develop a lean logistics design methodology*, in: Mitsubishi, Mamoru u. a. (Hrsg.), Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier. The 41st CIRP Conference on Manufacturing Systems May 26-28, 2008, Tokyo, Japan, 2008.

GÜNTNER, W.; KLENK, E.; KNÖSSL, T. *Neue Wege zur Gestaltung schlanker Logistikprozesse*, in: Wolf-Kluthausen, Hanne Verlag, Jahrbuch Logistik, Korschbroich, 2011.

HÖLTZ, N.: *Lean Logistics Maturity Model - Ein Reifegradmodell zur Bewertung schlanker intralogistischer Unternehmensstrukturen*. Fakultät für Maschinenbau, Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen der Brandenburgischen Technischen Universität, Cottbus, 2012.

JOHANSSON, M.I. *Kitting systems for small size parts in manual assembly systems*. In: M. Pridham, and C. O'Brien, eds. Production research - approaching the 21st. century., p. 225-230. London: Taylor & Francis, 1991.

KERBER, B.; DRECKSHAGE, B.: *Lean supply chain management essentials. A framework for materials managers*. Boca Raton, New York, 2011.

KLUG, F. *Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau*, Berlin, 2010.

SHAH, Rachna; WARD, Peter T. *Lean manufacturing: context, practice bundles and performance*. Journal of Operations Management, v. 21, n. 2, p. 129-149, 2003.

SCHNIEDERJANS, M. J.; SCHNIEDERJANS, D. G.; SCHNIEDERJANS, A. M *Topics in Lean Supply Chain Management*. New Jersey: World Scientific, 2010.

SINGH, B; SHARMA, S.; GUPTA, R.D., KUMAR, A. *Supplier Issues for Lean Implementation*. International Journal of Engineering Science and Technology, 3(5), 3900-3905, 2011.

TAYLOR, David; BRUNT, David, *Manufacturing operations and supply chain management. The LEAN approach*, London, 2002.

TRENT, R. *End-to-end lean management: A guide to complete supply chain improvement*, Fort Lauderdale, Fla, 2008.

WANNENWETSCH, R. *Schlanke Logistik, aber bitte mit Köpfchen.* in: Logistik für Unternehmen, Vol. 24, 2010.

YIN, R.K. *Case Study Research Design and Methods* 4th ed.,: California: SAGE Publications, Inc., 2009.