Taskhiri

Modeling of a logistics network for wood flows from by-products and cascade utilization

Abstract.

Forest products provide many valuable renewable resources and replace many non-renewable resources, such as fossil fuels. At the same time, they help reduce the atmospheric accumulation of greenhouse gases (GHG). Therefore, waste wood and by-products have the potential to become attractive alternative sources of raw materials. Their efficient use is important due to the rising demand of wood in combination with a limited supply from forests. Cascade utilization is gaining interest as a strategy to bridge the gap between rising wood demand and fresh wood availability. However, the economic and environmental impacts of cascade utilization of wood-based products are not fully known. In this context, this dissertation endeavors to answer the following methodological questions:

- How does cascade utilization affect the economic and environmental results for the logistics network for wood products?
- How do various methods to solve multi-objective optimization help decision makers to obtain better approximations of optimal solutions?

To answer these questions, logistics networks for wood flow from primary resources (fresh wood) and cascade utilization are modeled. Using two case studies in Lower Saxony, five wood products [medium density fiber (MDF), oriented strand board (OSB), particleboard, coated paper, and wood pellets] are analysed, which are produced from industrial wood logs, by-products, and waste wood.

In the first case study, an approach for decision support is developed that consists of a mixed-integer linear programming (MILP) model. The MILP model was used first for minimizing the costs of the logistics network for three scenarios. Afterwards, the LCA-software UMBERTO was applied to determine the quantity of CO_2e of the minimized logistics network. In the second case study, a MILP model was developed and used for two objective functions, where cost and greenhouse gas emission potential (GWP, in terms of CO_2e) were considered simultaneously. This way, the trade-off between two contradictory objective functions can be analyzed.

Abstrakt.

Forstwirtschaftliche Produkte bieten viele wertvolle, erneuerbare Rohstoffe. Wenn sie als Substitute für nicht-erneuerbare Ressourcen, wie fossile Energieträger, eingesetzt werden, trägt dies zum Klimaschutz durch Reduzierung der Treibhausgasbildung bei. Altholz und Nebenprodukte aus der Holzindustrie werden als attraktive alternative Rohstoffquellen angesehen. Hierbei ist eine effiziente Nutzung dieser Rohstoffquelle wichtig, da der steigenden Holznachfrage nur eine beschränkte Menge an Waldholz gegenüber steht. Zudem konkurrieren bei der industriellen Nutzung von Holz die stofflichen Einsatzmöglichkeiten als Roh- und Baustoff mit der energetischen Nutzung als Brennstoff.

So rückt eine möglichst effiziente Ausnutzung des Rohstoffes in einer Kaskadennutzung in den Fokus des wissenschaftlichen Interesses. Allerdings sind die ökonomischen und ökologischen Konsequenzen einer Kaskadennutzung von holzbasierten Produkten wenig bekannt. Daher befasst sich die vorliegende Arbeit mit den folgenden methodischen Fragen:

- Wie beeinflusst die Kaskadennutzung, sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht, die logistischen Netzwerke für Holzprodukte?
- Wie können Methoden der multikriteriellen Optimierung zur Entscheidungsunterstützung beitragen?

Dafür wird ein Logistiknetzwerk für Holzprodukte von den primären Rohstoffen (Frischholz) und der Kaskadennutzung modelliert. Im Rahmen von zwei Fallstudien in Niedersachsen werden fünf Holzprodukte betrachtet, nämlich mitteldichte Fasern (MDF – medium density fibres), OSB-Platten (OSB – oriented stranded boards), Spanplatten, beschichtetes Papier und Holz-Pellets, die aus Holz, Nebenprodukten der Holzindustrie und aus Restholz hergestellt werden.

In der ersten Fallstudie wird ein Ansatz zur Entscheidungsunterstützung entwickelt, der aus einem Mixed-Integer Linear Programming (MILP)-Modell besteht. Das MILP-Modell wurde zuerst in drei verschiedenen Szenarien mit dem Ziel angewendet, die Logistikkosten des Netzwerks zu minimieren. Mithilfe der Ökobilanz-Software UMBERTO wurde anschließend die Menge von CO_2e für das Logistiknetzwerk bestimmt. In der zweiten Fallstudie wurde das Modell für zwei Zielfunktionen weiterentwickelt und eingesetzt, bei denen sowohl die die Kosten als auch die Treibhausgasemissionen (ausgedrückt in CO_2e) simultan betrachtet wurden. Damit konnte der Trade-off zwischen zwei widersprüchlichen Zielfunktionen analysiert werden.