

# Erstellung eines Interaktiven Tools zur Modellierung von Intralogistischen Systemen für die Bewertung der Nachhaltigkeit von Paketen



Gerald Mahringer

## Einleitung

Die nachhaltige und CO<sub>2</sub> neutrale Zustellung stellt in Zeiten des Klimawandels eine wichtige und zukunftsorientierte Dienstleistungsform dar. Dieser Service wird von immer mehr Zustellern und Logistikdienstleistern angeboten, versprochen oder sogar garantiert. Doch was bedeutet eine nachhaltige Zustellung für die Lieferkette, bestehend aus Transportstrecken und mehrerer intralogistischer Knotenpunkten, an denen die Pakete und Sendungen umgeschlagen und sortiert werden? In Bild 1 ist ersichtlich, dass Verteilzentren mit 23% der Energiekosten der gesamten Lieferkette einen wesentlichen Anteil an deren Nachhaltigkeit leisten.

Dieses Forschungsprojekt beschäftigt sich mit Frage ob die Gestaltung intralogistischer Prozessketten direkten Einfluss auf die Nachhaltigkeit der gesamten Lieferkette und damit auf die Nachhaltigkeit von Paketen und Sendungen hat. Dabei werden verschiedene Aspekte der Energieeffizienz dargestellt und in Relation zur intralogistischen Prozesskette gebracht, um einen ganzheitlichen Einblick zu erhalten, in welchen Prozessschritten Optimierungspotentiale bzgl Nachhaltigkeit vorliegen.

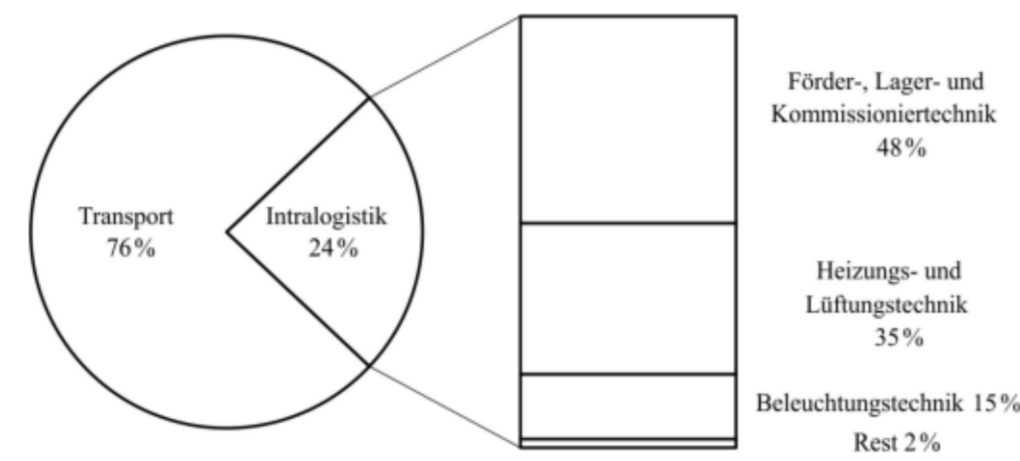


Bild 1: Energiekostenverteilung einer Lieferkette [1]

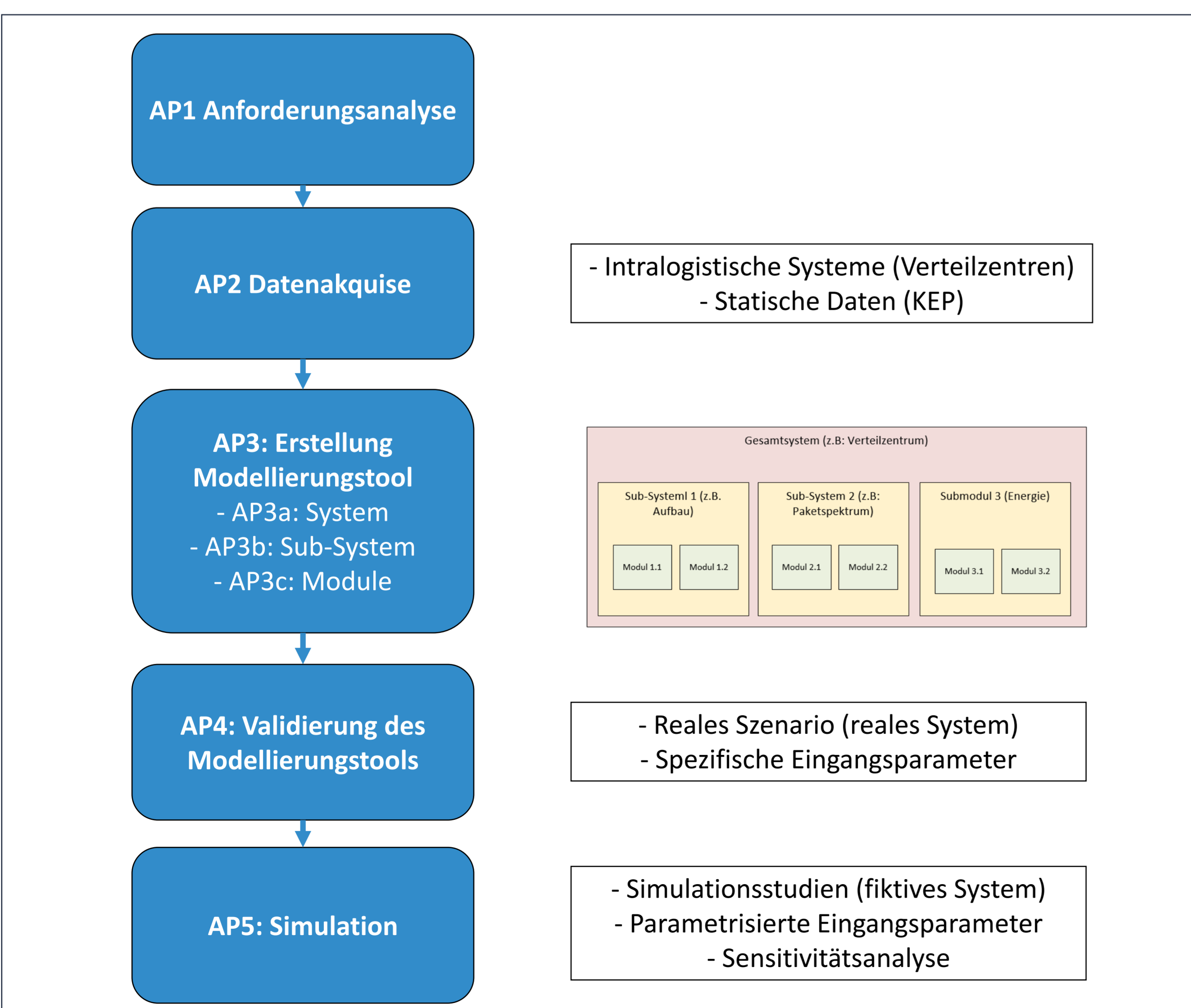
## Zielsetzung

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, darzustellen ob und in welchem Umfang es möglich ist, die **Nachhaltigkeit** eines **bestimmten Paketes** auf dem Weg durch ein **intralogistisches System innerhalb einer Lieferkette** (z.B. Verteilzentrum) zu erfassen und darzustellen. Das zentrale Element innerhalb dieses Projektes stellt dabei die **Entwicklung und Bereitstellung eines interaktiven Tools** dar, welches ermöglicht einfach und intuitiv intralogistische Systeme zu modellieren.

Die Anwendung verschiedener Eingangsparameter auf die mit diesen Tool erstellen Modelle liefert dabei Antworten auf unter anderem folgende Fragestellungen:

- Wieviel Energie wird an welchen Stationen im Verteilzentrum (Eingang, Ausgang, Einschleusung, Ausschleusung, ...) benötigt um ein bestimmtes Paket handeln und sortieren zu können
- Wovon ist es abhängig, wieviel Energie für die Sortierung eines bestimmtes Paketes benötigt wird (Uhrzeit, Jahreszeit, Wochentag, Auslastung des Verteilzentrums, Sortierplan, ...)
- Ist die benötigte Energie für die Sortierung einer Sendung abhängig von der Sendungsart (Polybag, Kartonage, Großbrief, ...)
- Kann eine Aussage über die Nachhaltigkeit der Sortierung eines bestimmtes Paket unter bestimmten Eingangsparametern (z.B.: zu einem spezifischen Zeitpunkt) getroffen werden

## Ablauf



## Methodik

Die Modellierung des intralogistischen Gesamtsystems erfolgt mittels Erstellung und Verknüpfung einzelner Subsystemen und Module. Dabei wird nach dem Top-Down Prinzip vorgegangen wobei von der Systemebene „Interlogistisches Gesamtsystem“ ausgegangen wird, welches aufgebaut aus verschiedenen Subsystemen dargestellt werden kann. Diese Subsysteme können wiederum mittels einzelner Module und deren Verknüpfungen dargestellt werden.

Dieser Aufbau erlaubt eine modulare Modellierung des Gesamtsystems. Dies ermöglicht eine interaktive Parametrisierung der Module und Subsysteme um schnell und einfach verschiedene Systeme darstellen zu können und somit das Gesamtsystem unter verschiedenen Gesichtspunkten auf verschiedene Faktoren (Energieverbrauch, CO<sub>2</sub>, ...) untersuchen zu können.

Folgende Methoden werden unter anderem in dieser Arbeit angewandt.

### 1. Top-Down Systemmodellierung

Aufbau eines Modells des intralogistischen Gesamtsystems bestehend aus einzelnen Subsystemen und Modulen.

- Erstellung von parametrisierbaren Modulen
- Definition von Verknüpfungen und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Modulen und Submodellen



Bild 2: Life Cycle Analysis LCA [2]

### 2. Life Cycle Analysis (LCA)

Zur Erfassung aller relevanten Einflüsse bzgl Energieverbrauch in den einzelnen Modulen des Gesamtsystems

- Definition von Systemgrenzen

### 3. Design of Experiments

Erfassung des Einflusses verschiedener Eingangsparameter auf die Outputparameter (Energieverbrauch, CO<sub>2</sub>, ...) des Gesamtsystems

- Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Parametern
- Grenzbereiche, Limits und Geltungsbereiche verschiedener Eingangsparameter

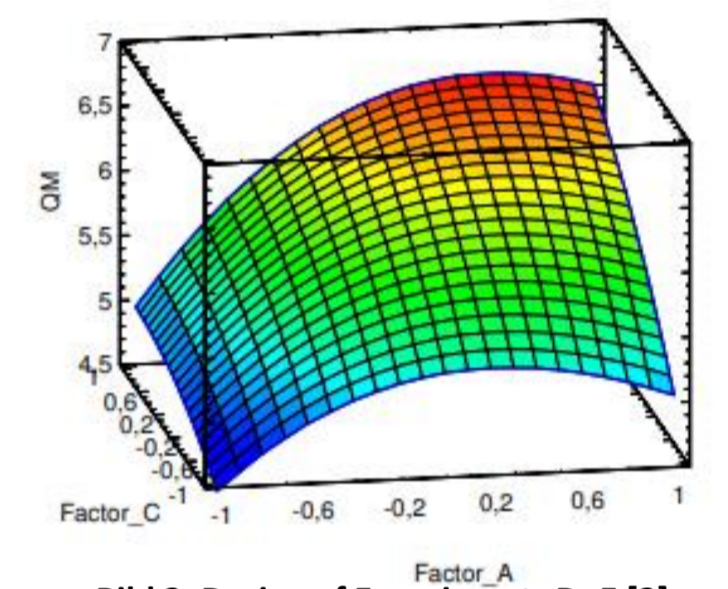


Bild 3: Design of Experiments DoE [3]

## Ausblick

Mit den gewonnen Erkenntnissen aus den Forschungsergebnissen dieses Projektes, als auch mit dem, im Zuge dieser Arbeit erstellten, interaktiven Modellierungs- und Simulationstools, wird die Grundlage geschaffen für weiterführende wissenschaftliche Überlegungen und Ansätze hinsichtlich Nachhaltigkeit von Paketen und Lieferketten:

- Ganzheitlichen Darstellung der Nachhaltigkeit einer gesamten Lieferkette (interdisziplinäres Forschungsfeld)
- Bewertung der Nachhaltigkeit von einzelnen Paketen oder spezifischen Paketspektren in Verteilzentren („Nachhaltigkeitslabel“ für Pakete)
- Handlungsempfehlung für die Konzeptionierung von intralogistischen Systemen hinsichtlich Nachhaltigkeit

Als Teil der **Forschungsinitiative Nachhaltige Personen und Gütermobilität** ist der Bearbeiter dieses Forschungsvorhabens in eine Gemeinschaft aus wissenschaftlichen Mitarbeiter und Dissertanten an der Fakultät für Maschinenbau und Betriebswirtschaft an der TU Graz eingebunden. Erklärtes Ziel dieser Forschungsinitiative ist ein interdisziplinärer Forschungs- und Wissensaustausch der beteiligten Forscher und Institute mit dem übergeordneten Ziel der Weiterentwicklung der Nachhaltigkeit in den Bereichen Personen- und Gütertransport sowie Logistik



## Literatur

- [1] F. Lotterberger; „Beitrag zu einer energieeffizienten Materialflusstechnik Grundlagen zur Ermittlung, zum Vergleich und zur Steigerung der Energieeffizienz“; S4; 2016
- [2] J.Hill; „Life Cycle Analysis of Biofuels“; In: Encyclopedia of Biodiversity; S 627-630; 2013
- [3] K. Siebertz, D. v. Bebbber, T. Hochkirchen; „Design of Experiments (DoE)“; S50; 2017