

Abstract

Of all truck kilometers completed in the European Union in 2019, 20% were empty runs; this has an environmental impact, as transportation is responsible for more than a quarter of global carbon emissions. This also impacts the economy, as the cost of transport is added to the price of goods and services. Freight exchanges offer a mechanism to fill empty space in trucks, but they are not adequately used.

This dissertation investigates the current inhibitors and enablers of freight exchange usage in the transportation industry. Two of the biggest problems are trust between the participants and lack of transparency. These are the key characteristics of distributed ledger technology (DLT) tries to solve. This dissertation will report whether trust and transparency, as well as other properties of DLT, can address the main inhibitors of freight exchange. However, DLT comes with its own difficulties, such as lack of scalability, privacy issues, high energy usage, and security problems.

Nascent Design theories that could guide the implementation of freight exchange, which is also known by the more general term of electronic logistics marketplaces (ELM), are described here. Four design science research (DSR) cycles were used to create and evaluate a meta-model that can create different classes of ELMs in DLT. The meta-model aims to address the problems with ELM usage and the challenges of DLT development. The meta-model was evaluated on how well it addressed the meta-requirements. Additionally, a rigorous analysis of the security properties of the meta-model was conducted.

A theoretical model must prove itself through instantiation. Three instantiations were created using the meta-model and rigorously evaluated. The first instantiation of the meta-model, an ELM model running on non-DLT cloud technology, was argumentative and deductive. The second instantiation was created on permissionless public DLT, while the third was created on a permissioned private blockchain.

Every DSR instantiation generated new design knowledge, which was used to refine the meta-model. Through the development and instantiation of the meta-model, knowledge was generated, which was used to create design principles. These principles are a higher-level abstraction of the meta-model and should serve as a nascent design theory to guide the designers of new ELMs.

Zusammenfassung

20% aller Kilometer, die Lkw in der Europäischen Union fahren, waren 2019 Leerfahrten. Das hat negative Auswirkungen auf die Umwelt, da der Transportverkehr für mehr als ein Viertel der weltweiten Emissionen verantwortlich ist. Auch die Wirtschaft wird in Mitleidenschaft gezogen, da die Kosten für den Transport auf die Preise für Waren und Dienstleistungen aufgeschlagen werden. Frachtenbörsen bieten einen Mechanismus, um den Platz in den Lastkraftwagen zu füllen, werden aber noch nicht ausreichend genutzt.

In dieser Dissertation wird untersucht, wodurch die Nutzung von Frachtenbörsen derzeit gehemmt wird und welche Faktoren die Branche dazu veranlassen, sie zu nutzen. Zwei der größten Probleme sind das fehlende Vertrauen zwischen den Teilnehmern und die fehlende Transparenz. Dies sind die wichtige Vorteile der Distributed-Ledger-Technologie (DLT). Wenn diese und deren anderen Eigenschaften genutzt werden könnten, sollten die Haupthemmnisse gelöst werden können. Aber die DLT bringt ihre eigenen Probleme mit sich, wie fehlende Skalierbarkeit, Datenschutz, hoher Energieverbrauch und Sicherheitsprobleme.

Hier sollten Designtheorien entwickelt werden, die die Schaffung von Frachtenbörsen oder allgemeiner von elektronischen Logistikmarktplätzen (ELM) ermöglichen können. Vier Design Science Research (DSR)-Zyklen werden genutzt, um ein Metamodell zu erstellen und zu bewerten, das für die Erstellung verschiedener Klassen von ELMs auf DLT verwendet werden kann. Das Metamodell sollte die Probleme der ELM-Nutzung und die Herausforderungen, die mit der DLT-Entwicklung einhergehen, adressieren. Das Metamodell wurde danach bewertet, wie gut es die Meta-Anforderungen erfüllt. Zusätzlich wurde eine strenge Analyse der Sicherheitseigenschaften des Metamodells durchgeführt.

Ein theoretisches Modell muss sich durch Instanziierung bewähren. Unter Verwendung des Metamodells wurden drei Instanziierungen erstellt und rigoros bewertet. Die erste Instanziierung des Metamodells war argumentativ und deduktiv. Es wurde ein Modell eines ELM erstellt, das auf einer Nicht-DLT-Cloud-Technologie basiert. Die zweite Instanziierung erfolgte auf einer permissionless public DLT, während die dritte auf einer permissioned private Blockchain durchgeführt wurde.

Jede DSR-Instanziierung generierte neues Designwissen, das das Metamodell verfeinerte. Durch das Entwickeln und Instanziierung des Metamodells wurde Wissen gewonnen, welches genutzt wurde, um Design-Prinzipien zu erstellen. Sie sind eine Abstraktion des Metamodells auf höherer Ebene und sollten den Entwickler neuer ELMs als im Entstehen begriffene Design-Theorie unterstützen können.