

Automatisierbarkeit von Lkw im Hub-to-Hub-Verkehr: Eine Prozessanalyse

Svenja ESCHERLE¹, Jan HAENTJES², Anna SPRUNG³, Klaus BENGLER¹

¹ *Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,
Boltzmannstraße 15, D-85748 Garching b. München*

² *Spiegel Institut Mannheim GmbH,
Mies-van-der-Rohe-Straße 6, D-80807 München*

³ *MAN Truck & Bus SE,
Dachauer Straße 667, D-80995 München*

Kurzfassung: Mit dem Ziel, automatisierte Lkw in Zukunft in die Prozesse in Logistikterminals integrieren zu können, wurde eine Prozessanalyse an vier Hubs in Deutschland durchgeführt. Ein Hub-übergreifender Standardablauf wird vorgestellt sowie individuelle Unterschiede zwischen den Hub aufgezeigt. Die Analyse zeigt, dass die Automatisierbarkeit von Lkw im Hub-to-Hub-Verkehr vor allem von der Digitalisierung und der Standardisierung von Prozessen beeinflusst werden. Herausforderungen stellen die teilweise unangepasste Infrastruktur, individuelle Unterschiede zwischen den Hub sowie die Neuordnung von Verantwortlichkeiten dar.

Schlüsselwörter: Automatisierte Lkw, Hub-to-Hub-Verkehr, Prozessanalyse, Tätigkeitsanalyse

1. Thematischer Hintergrund

Automatisiertes Fahren bietet der Nutzfahrzeugbranche das Potenzial, aktuellen demografischen und wirtschaftlichen Herausforderungen erfolgreich begegnen zu können (Müller & Voigtländer 2019). Speziell treten hier automatisierte Lkw ab SAE-Level 4 in den Fokus. In SAE-Level 4 kann das automatisierte Fahrsystem innerhalb definierter Systemgrenzen, der Operational Design Domain (ODD; Czarnecki 2018; SAE International 2021), die Fahraufgabe komplett übernehmen und sich bei Überschreiten der Systemgrenzen selbstständig in einen risikominimalen Zustand zurückführen. Dadurch ist keine Überwachung des Systems mehr notwendig und es muss sich nicht mehr zwingend eine fahrzeugführende Person im Fahrzeug befinden.

Der Gütertransport im Hub-to-Hub-Verkehr wird als einer der ersten Anwendungsfälle für automatisierte Lkw genannt (Gräter et al. 2022; Hörl et al. 2016). Als Hub gelten z. B. Logistikzentren, Umschlagplätze oder Produktionswerke. Im Hub-to-Hub-Verkehr deckt die ODD somit die Strecke zwischen zwei Logistikzentren ab. Zur erfolgreichen Automatisierung des Hub-to-Hub-Transports gehört jedoch mehr, als die Entwicklung der automatisierten Fahrfunktionen für die ODD. Um eine Mobilitätswende erfolgreich durchzusetzen, bedarf es einer umfassenden Analyse der bestehenden Technologien, Prozesse, Kontexte sowie der jeweiligen Nutzenden (Hörl et al. 2016; Thüning & Mahlke 2007). Es gilt dabei zu klären, wie der zukünftige Lieferprozess funktionieren kann, wenn keine fahrzeugführende Person mehr im Fahrzeug ist. Aktuell übernehmen Lkw-Fahrende viele Tätigkeiten, die über das reine

Fahren des Lkws hinausgehen. Beispiele hierfür sind die Anmeldung auf einem Hub, die Dokumentation oder das Entladen des Lkws (Flämig 2016; Inninger et al. 2018; Müller & Voigtländer 2019). Um zu untersuchen, wie der Lieferprozess in Zukunft mit automatisierten Lkw ablaufen kann, müssen die aktuellen Prozesse und Tätigkeiten auf dem Hub genau erfasst und bestehende Herausforderungen für die Integration automatisierter Lkw identifiziert werden. Hierbei ist es wichtig auch kleinere Arbeitsschritte, wie z. B. das Öffnen von Twist-Locks, zu berücksichtigen (Inninger et al. 2018). Da der Stand der Digitalisierung und Informationsübertragung wichtige Aspekte für zukünftigen Prozesse darstellen (Inninger et al. 2018; Pernestål et al. 2021), gilt es diese im Rahmen der Analyse ebenfalls genauer zu betrachten. Es wird vermutet, dass der Einsatz von automatisierten Lkw vor allem mit den zusammenhängenden Rahmenbedingungen im Hub steht und fällt (Müller & Voigtländer 2019). Hierzu wird in der Logistikbranche noch hoher Forschungsbedarf gesehen (Inninger et al. 2018; Müller & Voigtländer 2019; Pöllänen et al. 2022).

Die Forschungsfragen dieses Beitrags lauten somit:

1. Welche Prozesse mit Beteiligung von Fahrer:innen oder Mitarbeitenden können in und um den Lkw auf Hubs beobachtet und unterschieden werden?
2. Welche Chancen und Herausforderungen für die Automatisierung von Lkw im Hub-to-Hub-Verkehr können identifiziert werden?

2. Methode

Um die Forschungsfragen zu untersuchen, wurden im Rahmen dieses Beitrags vier Hubs in Deutschland analysiert. Die ausgewählten Hubs unterscheiden sich unter anderem in der Nutzung unterschiedlicher Lkw-Aufbauten im Lieferprozess. Der Lieferprozess findet bei Hub 1 und Hub 2 mit der Nutzung von Containern statt. In Hub 3 wird hauptsächlich mit Wechselbrücken gearbeitet und in Hub 4 sind hauptsächlich Lkw mit Festaufbauten in den Prozess eingebunden.

Auf den Hub wurde jeweils eine ausführliche Tätigkeits- und Prozessanalyse durchgeführt. Hierbei wurde der Lieferprozess mit dem Lkw von Einfahrt bis zur Ausfahrt aus dem Hub über mehrere Tage begleitet und dabei Tätigkeiten, Abläufe, Informationen, Hilfsmittel und besondere Situationen genau dokumentiert. Des Weiteren wurden vor Ort kontextuelle Interviews mit allen am Prozess beteiligten Personen durchgeführt, um gezielt Nachfragen zu Abläufen, Tätigkeiten, genutzten Systemen, Informationsflüssen oder der Beschaffenheit des Hubs stellen zu können. Zusätzlich erfolgten Interviews mit leitenden Personen der Hub bezüglich aktueller Probleme im Prozess, Planungen für die Zukunft und Automatisierbarkeit der Hub. Auf Basis der gewonnenen Hub-spezifischen Informationen, konnte ein Hub-übergreifender Prozess identifiziert werden, der sich in unterschiedliche Arbeitsphasen mit unterschiedlichen Teilaufgaben und Umgebungsaspekte unterteilen lässt.

3. Ergebnisse

Die Arbeitsphasen, die sich über alle analysierten Hubs hinweg zeigten, umfassen die aufeinander folgenden Abschnitte: Anmeldung, Fahrt im Hub, Entladung, Beladung und Abmeldung. Diese Arbeitsphasen werden im Folgenden genauer beschrieben und Unterschiede zwischen den Hub herausgestellt.

3.1 Anmeldung

Unterschiede im Ablauf der Anmeldung zeigen sich vor allem in Abhängigkeit vom Digitalisierungsgrad des Hubs. Dementsprechend erfolgt die Anmeldung entweder vorab über ein System und Kennzeichenerkennung, vor Ort durch die digitale Identifikation mit einer ausweisähnlichen Karte oder persönlich mit Papierdokumenten durch die fahrende Person bei Büromitarbeitenden des Hubs. Bei einer digitalen Voranmeldung werden die relevanten Informationen zur Be- und Entladung im Vor herein über das System vermittelt. Bei der Anmeldung mithilfe einer ausweisähnlichen Karte wird diese an ein digitales Bedienterminal im Hub gehalten und eine zugehörige Identifikationsnummer eingegeben. Informationen zu den Be- und Entladestellen werden den Fahrenden über dieses Terminal vermittelt. Eine persönliche Anmeldung erfolgt mit schriftlichen Dokumenten. Hierfür muss der Lkw geparkt und die Strecke zu einem Bürogebäude zu Fuß zurückgelegt werden. Die Informationen der Dokumente werden von Hub-Mitarbeitenden in ein System übertragen und dadurch entsprechendes Personal für die Be- und Entladetätigkeiten informiert. Die Fahrenden erhalten die Informationen zu den Ent- und Beladestellen mündlich durch Büromitarbeitende des Hubs oder über ein Telematikgerät.

3.2 Fahrt

Die Fahrten auf dem Hub beinhalten städtische Verkehrssituationen wie Ampeln, Zebrastreifen, Schranken, Einfädeln, teilweise enge Kurven oder U-Turns. Es müssen im Mischverkehr verschiedene Verkehrsteilnehmende wie Fußgänger:innen, Pkw, oder andere Lkw bei der Fahrt beachtet werden. Die Verkehrsregelung entspricht zum Teil der StVO, teilweise sind diese unklar und die Verkehrsteilnehmenden „achten aufeinander“. Die Navigation zum nächsten Be- oder Entladeziel erfolgt in der Regel durch die Fahrenden selbst, teils mit Hilfe von Plänen auf Papier. Je nach Automatisierung der Schranken sind persönliche Konversationen, das Vorhalten einer Chipkarte oder keinerlei Interaktionen beim Passieren erforderlich.

3.3 Entladung

Zu Beginn der Entladung wird der Lkw Hub-übergreifend in manueller Fahrt in die dafür vorgesehene Position gebracht und geparkt. In dieser Arbeitsphase zeigen sich die größten Unterschiede in Abhängigkeit der genutzten Lkw-Aufbauten: Bei der Nutzung von Wechselbrücken und Containern werden diese vom Lkw entkoppelt, sodass dieser direkt weitergefahren werden kann. Hierbei fallen nur wenige Arbeitsschritte wie das Öffnen von Twist-Locks oder der Kupplung an. Die entkoppelten Aufbauten werden im Anschluss vom Hub-Personal entladen oder durch interne Fahrzeuge im Hub weiter transportiert. In Festaufbauten werden oft mehrere Teilladungen transportiert, die an unterschiedlichen Stellen auf dem Hub entladen werden. Hierfür wird der Aufbau nach Anmeldung an der Entladestelle von den Fahrenden geöffnet, die Ladungssicherung entfernt und Teile der Ware vom Hub-Personal mit Staplern entladen. Die Fahrenden unterstützen das Personal nach Bedarf und stellen die Ladungssicherung für die verbleibenden Teilladungen im Anschluss wieder her. Abgeschlossen wird diese Arbeitsphase durch die Dokumentation und Bestätigung der Entladung durch Unterschriften auf entsprechenden Papierdokumenten. Abbildung 1 zeigt diesen Prozess in einem Ablaufdiagramm.

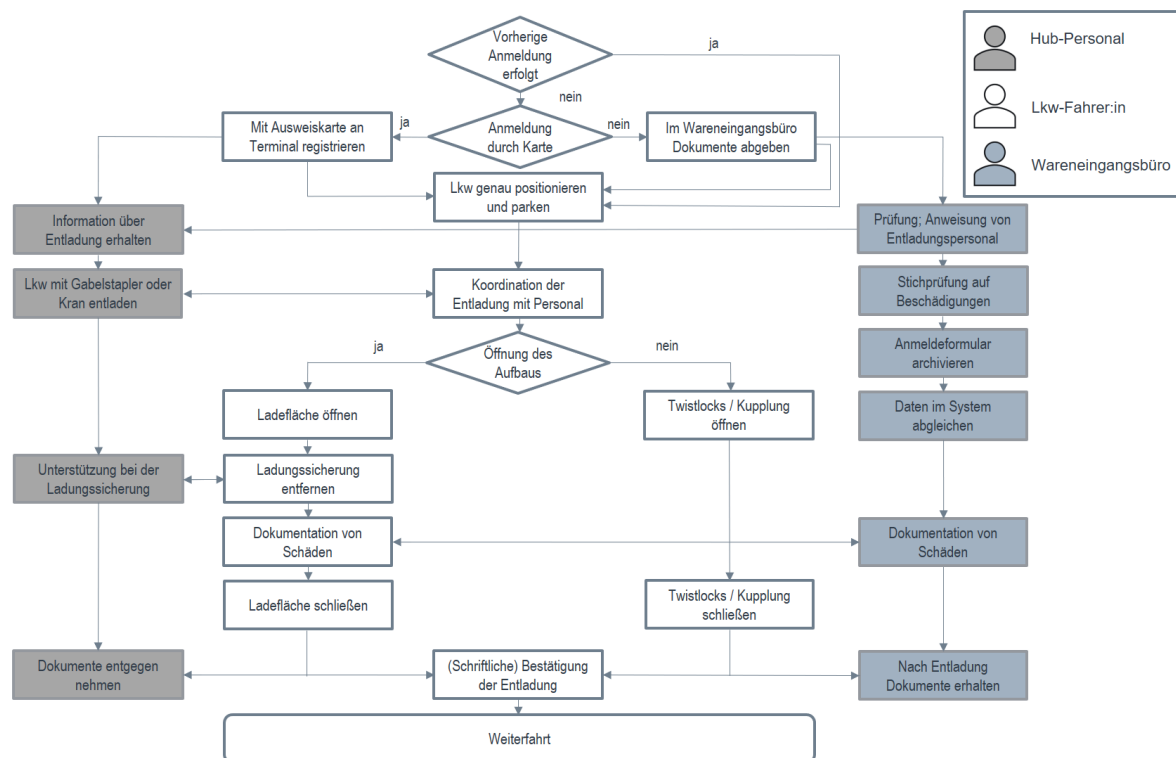


Abbildung 1: Hub-übergreifende Tätigkeiten in den Arbeitsphasen Anmeldung und Entladung.

3.4 Beladung und Abmeldung

Nach Abschluss der Entladung wird der Lkw zur Beladestelle auf dem Hub gefahren. Analog zur Entladephase zeigen sich auch bei der Beladung Unterschiede in Abhängigkeit der Lkw-Aufbauten. Bei Hub mit Containern und Wechselbrücken werden diese entweder im Vorfeld durch Hub-Personal mit Ware beladen und gesichert, oder die Aufbauten werden als Leergut transportiert. Der Beladeprozess am Lkw umfasst damit nur wenige Arbeitsschritte zum Koppeln der Aufbauten, wie das Schließen der Twist-Locks oder Kupplung, und eine äußere Sichtkontrolle durch die Fahrenden. Bei der Nutzung von Festaufbauten wird der Aufbau geöffnet und die Ware oder leere Behälter durch das Hub-Personal mit Staplern beladen. Die Fahrenden sind dabei für die korrekte Ladungssicherung und das anschließende Schließen des Aufbaus zuständig. Die Arbeitsphase wird durch die Dokumentation und schriftliche Bestätigung abgeschlossen. Je nach Digitalisierungsgrad des Hubs erfolgt die finale Abmeldung des Lkw persönlich durch die Übergabe von Dokumenten, oder digital durch ein System. Im Anschluss verlässt der Lkw den Hub.

3.6 Herausforderungen

Aus der Analyse konnten Herausforderungen für die Automatisierung im Hub-to-Hub-Verkehr identifiziert werden. Diese umfassen vor allem kurzfristige Änderungen von Be- und Entladestellen, spontane Kommunikation, wenig Parkmöglichkeiten für wartende Lkw, hohe Kosten bei Standzeitüberschreitungen, zeitaufwendige händische Prüfung bei fehlender Übereinstimmung von Lieferscheinen und Systemeinträgen, unrealistische Routenplanung durch entstehende Staus auf dem Hub sowie fehlende Fahrbahnmarkierungen und Beschilderung.

4. Diskussion

Wie die Literatur zeigt die Analyse der Hub, dass sich diese aktuell in einer Übergangsphase von manuellen zu automatisierten Abläufen befinden (Müller & Voigtländer 2019). So konnten z. B. deutliche Unterschiede zwischen den Hub bei der Anmeldung beobachtet werden. Während die Anmeldung in einem Hub größtenteils automatisiert und ohne die Interaktion mit Mitarbeitenden verläuft, erfolgt in anderen Hub deutlich mehr persönlicher Kontakt. Auf Basis der durchgeführten Analysen und der Literatur lassen sich folgende Handlungsempfehlungen für eine Eingliederung automatisierter Lkw ableiten.

Konsequente Digitalisierung von Prozessen: Digitalisierung wird als ein zentrales Mittel genannt, um die Eingliederung automatisierter Lkw zu gewährleisten (Pernestål et al. 2021). In den betrachteten Hub erfolgt die Informationsübertragung teilweise ohne persönliche Interaktion durch den Austausch entsprechender Daten im Vorfeld oder mithilfe einer Kennzeichenerkennung. Auf diese Weise könnte gewährleistet werden, dass automatisierte Lkw auch ohne Person im Fahrzeug angemeldet und zur Be- und Entladestelle geleitet werden können. Eine automatische, volldigitale Registrierung der Fahrzeuge zeigt sich hier als einer der zentralen Punkte, um automatisierten Verkehr auf einem Hub zu ermöglichen.

Standardisierung von in-Hub Prozessen: Die Literatur zeigt, je höher die Standardisierung eines Prozesses, desto besser ist dieser automatisierbar (Hörl et al. 2016; Inninger et al. 2018; Müller & Voigtländer 2019). Standardisierte Prozesse konnten vor allem in Hub mit Nutzung von Wechselbrücken oder Containern beobachtet werden, da die Fahrenden hier kaum noch in den Be- und Entladungsprozess involviert sind. Bei Hub mit Festaufbauten sind die Prozesse tendenziell weniger standardisiert. Fahrende werden hier teilweise spontan nach Bedarf tiefer in den Prozess eingebunden. Darüber hinaus erfolgen kurzfristige Änderungen der zusätzlichen Be- und Entladestellen oder deren Reihenfolge. Dies stellt eine potenziell größere Hürde für die Automatisierung auf den Hub mit Festaufbauten und Teillaadungen dar.

Definition von Verantwortlichkeiten: Vor allem im Bereich Ladungssicherung zeigt sich, dass hier eine Neuverteilung der Verantwortlichkeiten erfolgen muss. Aktuell tragen die Fahrenden die Verantwortung für die korrekte Ladungssicherung, wenn der Aufbau nicht verplombt wird. Für automatisierte Lkw muss geklärt werden, wer in Zukunft diese Verantwortung trägt, welche Schulungen dafür notwendig sind und wie die Nachverfolgung dieser Tätigkeiten rechtsverbindlich sichergestellt werden kann. In diesem Zusammenhang stellt sich vor allem auch die Frage nach der Haftung bei Kontrollen, Beschädigungen und Unfällen.

Infrastruktur: Die Realisierbarkeit von automatisierten Fahrzeugen geht stark mit der umgebenden Infrastruktur einher (Inninger et al. 2018; Müller & Voigtländer 2019; Pernestål et al. 2021; Pöllänen et al. 2022). Die Infrastruktur des analysierten Hubs erfordert tendenziell die Umsicht einer fahrenden Person. Fehlende Fahrbahnmarkierungen, häufig keine eindeutigen Verkehrsregeln und viel Querverkehr stellen eine Herausforderung für automatisierte Fahrzeuge dar. Durch den Mangel an Parkplätzen können Lkw aktuell nicht immer auf den für sie vorgesehen Stellen parken. Eine Anpassung der Hub-Infrastruktur an die Anforderungen automatisierter Fahrzeuge würde deren Integration erleichtern.

Individualisierte Betrachtung der Werke: Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass es zwar einen groben Standardprozess für Hubs gibt, die Abläufe sich im Detail jedoch je Hub stark unterscheiden. Dies ist v. a. den jeweiligen Transportgütern und verschiedenen Lkw-Aufbauten geschuldet, die unterschiedliche Anforderungen an Ladungssicherung und Beladetätigkeiten stellen. Ein generalisierter Vorschlag zur Integration automatisierter Lkw in alle Hub-Prozesse würde hierbei zu kurz greifen. Somit sollten die Hubs möglichst in Abhängigkeit der individuellen Faktoren betrachtet und Lösungsmöglichkeiten auf tieferer Ebene diskutiert werden.

Im Hinblick auf die Einführung automatisierter Lkw und die Planung der zukünftigen Prozesse auf dem Hub, gilt es im Anschluss an diese Analyse zu untersuchen, welche der identifizierten Tätigkeiten in Zukunft weiterhin manuell in welcher Rollenverteilung und mit welchen Kompetenzprofilen ausgeführt werden müssen. Hierbei sind die Entwicklungen weiterer Trends in der Logistik, wie die fortschreitende Digitalisierung, bis zum Markteintritt der automatisierten Lkw zu berücksichtigen. Weiterhin ist die Entwicklung der zukünftigen Arbeitsplätze rund um den automatisierten Lkw im Hub-to-Hub-Verkehr von Interesse. Die Definition und Gestaltung der zugehörigen zukünftigen Berufsprofile sollten betrachtet werden, um diese von Beginn an so attraktiv wie möglich zu gestalten.

6. Literatur

- Czarnecki K (2018) Operational Design Domain for Automated Driving Systems – Taxonomy of Basic Terms. Univ. of Waterloo: Waterloo Intelligent Systems Engineering (WISE) Lab, Technical Report.
- Flämig H (2016) Autonomous Vehicles and Autonomos Driving in Freight Transport. In: Maurer M, Gerdes JC, Lenz B, Winner H (Eds), Autonomous Driving. Berlin/Heidelberg: Springer, 365–385.
- Gräter A, Harrer M, Rosenquist M, Steiger E (2022) Connected, Cooperative and Automated Mobility Roadmap. Brüssel: ERTRAC.
- Hörl S, Ciari F, Axhausen KW (2016) Recent perspectives on the impact of autonomous vehicles. ETH Zürich: Institute for Transport Planning and Systems, Working Paper.
- Inninger W, Schellert M, Schulz H (2018) Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr. FAT-Schriftenreihe 312.
- Müller S, Voigtländer F (2019) Automated trucks in road freight logistics: the user perspective. Interdisciplinary Conference on Production Logistics and Traffic 102–115.
- Pernestål A, Engholm A, Bemler M, Gidofalvi G (2021) How Will Digitalization Change Road Freight Transport? Scenarios Tested in Sweden. Sustainability 13:304.
- Pöllänen M, Liimatainen H, Kallionpää E, Utriainen R, Tiikkaja H, Liljamo T, Viri R, O'Hern S. (2022) Perceptions of Transport Automation amongst Small- and Medium-Sized Road Haulage Companies in Finland. Vehicles 4: 433–444.
- SAE International (2021) Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. J3016.
- Thüring M, Mahlke S (2007) Usability, aesthetics and emotions in human–technology interaction. International Journal of Psychology 42: 253–264.

Danksagung: Diese Forschung wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen des Projekts RUMBA (19A20007E) gefördert.



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Nachhaltig Arbeiten und Lernen

**Analyse und Gestaltung lernförderlicher
und nachhaltiger Arbeitssysteme
und Arbeits- und Lernprozesse**

69. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover

01. – 03. März 2023

GfA-Press

Bericht zum 69. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 01. – 03. März 2023

**Fakultät Maschinenbau, Institut für Berufswissenschaften der Metalltechnik (IBM) und
Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA), Leibniz Universität Hannover**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2023
ISBN 978-3-936804-32-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© GfA-Press, Sankt Augustin

Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Geschäftsstelle der GfA

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de · www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de

Screen design und Umsetzung

© 2023 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de